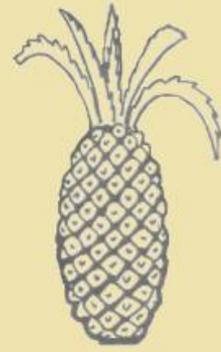


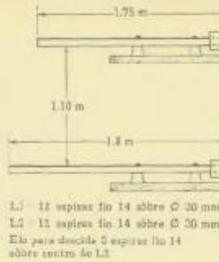
NÚMERO 1/21 (1213)

JANEIRO/2021

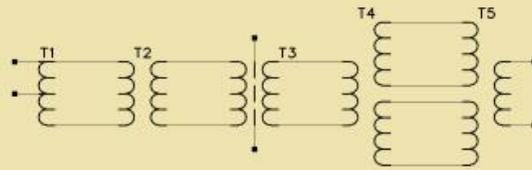
# antenna



TVKX



ELETRÔNICA - SOM - TELECOMUNICAÇÕES



## O Transformador Queimou?

### Fundamentos de Eletrônica - Resistores

### Projeto de Fonte de Alimentação em Corrente Contínua

### Memória - Conheça a História de ANTENNA

### Conhecendo os Subwoofers

### CQ - RADIOAMADORES - A Antena Jungle Job



### Projeto de Pré-Amplificadores e Equalizadores RIAA



### Análise do Amplificador WB505

# antenna

Número 1/21 – janeiro de 2021 – Ref. 1213

**NOTAS DA EDIÇÃO** – Prezados leitores, neste ano teremos algumas novidades que acreditamos serão do agrado de muitos.

Já neste número, na seção de memória, vocês poderão acompanhar o nascimento e a evolução de Antenna, com o testemunho de quem a acompanha há muito tempo. Adicionalmente, reiniciamos a seção **CQ-Radioamadores** com um colaborador “das antigas”, o Ademir, PT9HP, que retorna agora na edição on-line.

Sabemos também que alguns leitores hobistas, que hoje são chamados de “makers”, sentem falta dos tradicionais artigos com montagens que Antenna e outras publicações ofereciam; então, a partir do mês que vem começaremos a publicar montagens úteis, com esquemas e leiautes de placa impressa, relação de componentes e instruções de montagem. Isso ocorrerá também em relação aos artigos de teoria que nossos professores colaboradores estão desenvolvendo. Esperamos que esta edição seja de seu agrado. Boa leitura.

## SUMÁRIO

3 ANTENNA – Uma História – Capítulo I.....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
7 Subwoofers.....	<i>João Yazbek</i>
12 TVKX – CHAPA QUENTE .....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
18 O Transformador Queimou e Não Sei as Especificações, o Que Fazer? .....	<i>Paulo Brites</i>
21 Projeto de Fonte de Alimentação em Corrente Contínua Com Regulador Linear – Parte V .....	<i>Álvaro Neiva</i>
34 CQ – RADIOAMADORES – Antena Jungle Job para 11 Metros .....	<i>Ademir – PT9HP</i>
35 Fundamentos de Eletrônica – Parte V.....	<i>Alfredo Manhães</i>
42 Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA Para Toca-Discos – Parte V.....	<i>Álvaro Neiva</i>
52 Análise do Amplificador WB505 .....	<i>Marcelo Yared</i>

# ANTENNA – Uma História

## Capítulo 1



*Após mais de noventa anos, pouquíssimas publicações possuem uma história tão rica e emocionante como a da Revista Antenna, a qual vivencio desde a década de 1940, quando ainda criança observava meu pai folhear as páginas da revista.*

*É minha intenção registrar para a posteridade pelo menos parte dessa História, que se inicia com o surgimento do Rádio no Brasil, em 1922.*

**Jaime Gonçalves de Moraes Filho\***

### **A Exposição de 1922**

Para comemorar o Centenário da Independência do Brasil, o Governo decidiu montar uma Exposição Internacional, em que cada país pudesse apresentar aos visitantes os diversos aspectos da Cultura, das Artes e da Tecnologia. Aproveitando-se o desmonte do Morro do Castelo, na cidade do Rio de Janeiro, uma grande área aterrada foi destinada à exposição.

Enquanto as obras da Exposição Internacional de 1922 entravam na fase de acabamento, no alto do Corcovado uma outra obra estava quase terminada. Como objeto de exposição, a Westinghouse trouxe para o Brasil um dos expoentes da evolução tecnológica: o transmissor de radiodifusão.

A opinião de que os pontos elevados eram os mais favoráveis para a montagem de estações de rádio levou o Sr. John C. Stroebe, antigo radioamador norte-americano, enviado pela Westinghouse Electric International Co., a escolher o Alto do Corcovado para a instalação do seu transmissor, mais exatamente no coreto denominado “Chapéu do Sol”, que serviria de abrigo para a estação.

Com a cooperação de José Jonostkoff de Almeida Gomes, Mario Liberatti e Henrique Ribeiro, postos à disposição pela empresa em que trabalhavam, a Light & Power, foi montado o transmissor no coreto envidraçado, o qual serviria também como estúdio para a transmissão de discos e notícias durante os sete meses de atividade da exposição.

**\*Engenheiro de Eletrônica**

A antena horizontal, suportada por dois mastros de 45 metros de altura, projetados e executados nas oficinas da Light, em Triagem, que foram mais tarde utilizados em uma outra emissora. Um destes mastros ainda serve de sinaleiro no quartel dos Fuzileiros Navais, na Ilha das Cobras.

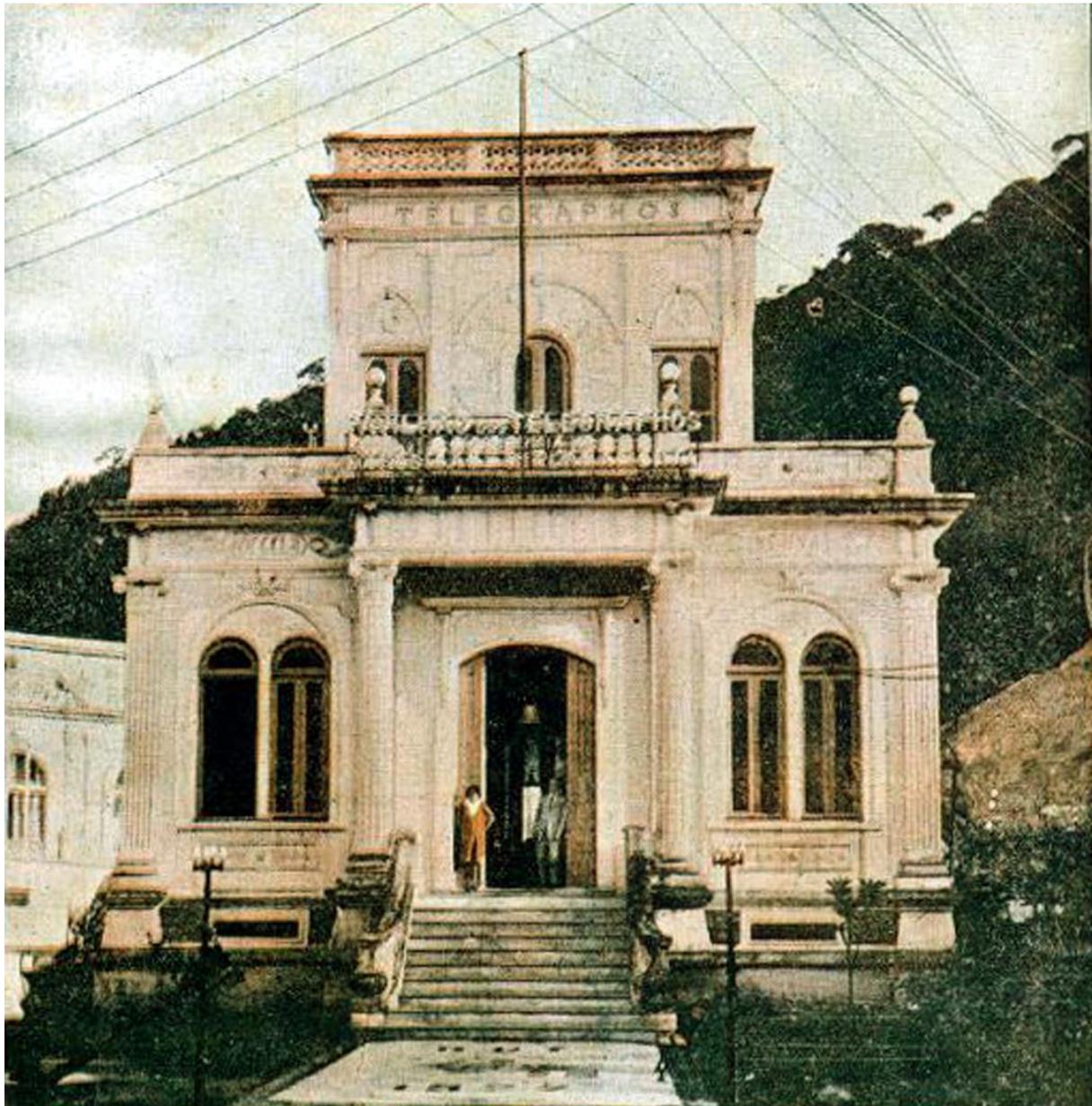


**Torre e estúdio da Estação do Corcovado**

O transmissor, com potência de 500 Watts, transmitia na frequência de 800 KHz.

O segundo transmissor de Rádio, enviado para o Brasil como artigo de Exposição, foi fabricado pela “Western Electric” (que mais tarde teria o nome mudado para Standard Electric) e montado no antigo “Pavilhão dos Correios e Telegraphos”, construído para a Exposição de 1908 na Praia Vermelha.

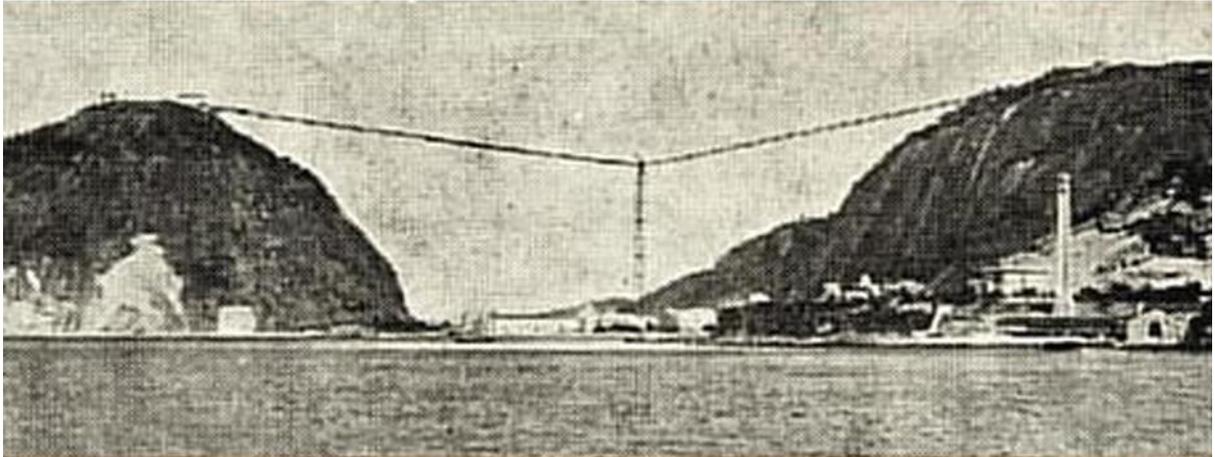
Embora sua potência de 500 Watts fosse a mesma do transmissor do Corcovado da Westinghouse, possuía a facilidade de ser comutado rapidamente tanto para a transmissão de sinais em código Morse (radiotelegrafia) como sinais de áudio (radiofonia).



**Prédio da Estação da Praia Vermelha**

Na ocasião optou-se por uma antena vertical e para tal foi construída uma “gaiola” (*cage*) composta por seis fios de cobre espaçados em torno de vários isoladores circulares.

Para manter-se tal estrutura com 150 metros de comprimento na vertical foi içado um cabo de aço entre os topos dos morros da Urca e da Babilônia, em mais um feito de engenharia, extraordinário para aquela época.



**Antena da estação da Western Electric, entre os morros da Urca e da Babilônia**

Talvez este seja o único registro, tal como foi publicado na revista “Radio News” em 1923.



**Transmissor Western Electric 1-A de 500W, que foi o primeiro transmissor para broadcast de fabricação comercial americano. O gabinete da direita controla o motor-gerador que fornece tensão DC para o transmissor. Foto: <http://www.theradiohistorian.org/transmitters/wwj.jpg>**

Como veremos mais adiante, este transmissor terá quatro anos depois uma grande influência no surgimento da Revista Antenna.

## Subwoofers – Parte II



**João Yazbek\***

Continuando com nossa discussão sobre subwoofers, abordaremos neste mês alguns outros itens também importantes que o integrador ou usuário final precisa conhecer para que faça uma escolha consciente.

Os drivers de subwoofer usualmente são alto-falantes de maior tamanho (usualmente acima de oito polegadas) e que estão sujeitos a movimentos de longa excursão quando da reprodução de passagens mais intensas de subgraves em um filme ou trilha sonora.

Logo, é importante que o cone do subwoofer seja bastante rígido (evitando deformações durante a operação) e que simultaneamente seja leve. Essa combinação de leveza e rigidez é difícil de ser achada em todos os materiais. A rigidez depende não somente do material utilizado, mas também do formato do cone. O desenho mecânico do cone faz um papel importante na obtenção da rigidez do conjunto móvel. Existem no mercado cones dos mais diversos materiais, como papelão, polipropileno, alguns tipos de metal (como, por exemplo, o alumínio) e materiais mais sofisticados como o kevlar e a fibra de carbono.

Após essa breve introdução, as perguntas que surgem são as seguintes: os materiais fazem diferença no timbre e resultado sonoro de um subwoofer? Qual será o melhor material para o cone de um subwoofer? A resposta a estas perguntas irá surpreender muita gente: se tivermos dois cones rígidos o suficiente e de mesmo peso, o material utilizado não tem influência alguma no resultado sonoro final do subwoofer. A questão de material, dado que o cone seja rígido e leve, tem pouca influência no resultado sonoro, e é mais uma questão de estética e de aparência do que uma questão de materiais com melhor ou pior sonoridade. Tanto isso é verdade que muitos fabricantes ainda usam o velho cone de papelão com resultados muito bons.

O resultado sonoro de um driver de subwoofer depende menos do cone e mais de outros detalhes construtivos que estão fora da capacidade de avaliação do integrador ou usuário final. Detalhes como construção do conjunto magnético, excursão, e amortecimento mecânico (definidos pela borda e centragem) são muito mais importantes do que o material do cone para o resultado final.

**\*Engenheiro Eletricista**

Portanto, o que o comprador mais detalhista deve fazer, se não é possível avaliar o desempenho de um alto-falante de subwoofer pela sua aparência? A experiência diz que se deve ouvir antes de comprar. Uma audição comparativa pode decidir a questão entre um produto e outro.

Outra tendência que se vê em subwoofers de alta performance é o uso de bordas largas no cone. A borda larga dá uma aparência mais robusta ao produto, mas faz com que, para um mesmo tamanho de alto falante, a área do cone se reduza e usualmente ocorre uma pequena perda de eficiência do sistema. Isso faz com que sejam necessárias correções na sintonia da caixa e na potência do amplificador para que voltemos à condição anterior. Novamente, aparência não é tudo quando se trata de drivers de subwoofer.

A qualidade de um driver irá definir grande parte da qualidade do subwoofer. As características que o alto-falante afeta com mais impacto são as seguintes: resposta em frequência (logicamente associado ao conjunto acústico), distorção harmônica, pressão sonora e dinâmica.

A resposta em frequência é basicamente dada pelo tamanho subwoofer e de seu conjunto acústico. Temos visto no mercado subwoofers com processamento digital integrado, que pode melhorar significativamente a resposta em frequência, mas que não opera milagres. Muitas vezes, fabricantes utilizam processamento digital para apresentar um subwoofer de pequeno porte que atinge frequências incrivelmente baixas, algo como 20 Hz para um driver de 8". É uma tarefa bastante fácil fazer com que um subwoofer seja equalizado para chegar até uma resposta desse nível, mas o mais importante é saber se o subwoofer responde de forma consistente em toda a faixa de operação e qual a pressão sonora média. O DSP faz com que um subwoofer pequeno responda a 20 Hz, mas não irá fazer com que esse mesmo produto tenha pressão sonora média igual ao de um subwoofer de maior tamanho e potência. Subwoofers de maior porte tem mais capacidade de gerar pressão sonora elevada do que subs menores, e o DSP não irá resolver esse problema físico. Ou seja, em níveis baixos de pressão sonora, o subwoofer pequeno processado digitalmente é capaz de chegar até 20 Hz, mas ao se aumentar o volume ele não terá o resultado de um subwoofer de maior porte, processado ou não. Tamanho continua sendo documento e não será o processamento digital que irá resolver isso. Leis físicas não se alteram com processamento digital.

A distorção gerada em um subwoofer é dada principalmente pelo alto-falante e ocorre geralmente por não linearidade durante excursões maiores do cone do mesmo. Disse principalmente porque hoje em dia os amplificadores têm distorção harmônica entre 1/10 e 1/100 daquela do alto-falante. Existem alto-falantes bem projetados que apresentam baixas taxas de distorção, mas eles são caros em função do desenvolvimento necessário e materiais utilizados para se chegar a este resultado. Uma solução que existe há mais de 25 anos, introduzida pela Philips na forma analógica, é a uma tecnologia chamada de Motional Feedback (em tradução livre, "Realimentação do Movimento do Cone"), que utiliza um acelerômetro que mede o movimento do cone e o realimenta de volta para o amplificador. Esta faz uma comparação entre o movimento do cone e o sinal que o produz. Dessa forma se gera um sinal corrigido que é usado para excitar o alto-falante. O resultado final desse processamento é uma redução bem

considerável na distorção e uma melhoria na resposta do subwoofer, gerando a possibilidade da redução do tamanho do gabinete, resultando em um produto onde o desempenho é bastante melhorado. Essa tecnologia, em sua forma analógica ou implementada através de processamento digital, é utilizada por alguns fabricantes atualmente com resultados significativos na melhoria de desempenho.

A pressão sonora é dada pela potência do subwoofer, pela eficiência e tamanho do alto-falante e também, em menor grau, pelo tipo de caixa e sua sintonia e pode ser especificada de forma mais precisa como falamos anteriormente, como um valor médio em uma faixa de frequências. Com o advento dos amplificadores classe D, potência elétrica elevada deixou de ser problema, de forma que a limitação de pressão sonora é dada pela potência que o alto-falante suporta e pela sua eficiência. Já a dinâmica dos graves é dada em parte pelas características do amplificador, como capacidade de corrente, e resposta do amplificador e em parte pelas características do alto-falante, como força do conjunto magnético e leveza do cone. Como esses itens não são fáceis de verificar em um produto montado, fica a dica: avalie o produto auditivamente antes de comprar ou peça indicação a alguém que conheça o assunto.

Quando se necessita fazer a escolha de um subwoofer para um cliente ou tão somente para uso pessoal, a primeira questão a ser levantada é relativa ao tamanho do produto. Isso porque o subwoofer é um equipamento que necessariamente ocupa um espaço considerável e deve ficar posicionado de forma visível em um canto da sala. E muitos usuários desejam que o subwoofer tenha o menor tamanho possível.

Já falamos que subwoofers em teto não são uma boa opção em função das vibrações que serão produzidas no gesso, por melhor que o gesso seja montado no teto do ambiente. A alternativa de escondê-lo em móveis também não é recomendada pelas possibilidades de vibração de partes do móvel quando o subwoofer está em uso. Essas vibrações, sejam do gesso ou do móvel, são incômodas para o usuário e muitas vezes são de difícil solução, fazendo com que o instalador usualmente gaste tempo e material na busca de uma solução para um problema que poderia ser evitado de antemão.

Em resumo, o subwoofer deve ser instalado em um canto de sala, preferencialmente na parte frontal da mesma, onde não deve haver móveis ou partes que possam vibrar por estar em proximidade com a onda sonora do subgrave produzido. Como já vimos, há um ganho acústico considerável quando se posiciona o subwoofer em um canto, de forma que isso é importante para um bom resultado final.

Existem no mercado alguns receivers com 7.2 ou 9.2 canais que exigem o uso de dois subwoofers posicionados no ambiente. Para esses casos, a regra é usar duas unidades, uma em cada canto frontal da sala.

Como regra geral, quando se utiliza apenas um subwoofer, recomendamos modelos de ao menos oito polegadas para salas de até 20 m<sup>2</sup>, modelos de dez polegadas para salas entre 20 e 30 m<sup>2</sup> e modelos de doze polegadas para salas maiores. Essa é uma regra geral, e existem casos específicos onde o usuário exige um subgrave bastante forte. Nesse caso, subwoofers maiores precisarão ser usados para dar conta do recado.

No caso dos subwoofers, o tamanho do alto-falante é geralmente mais importante que a potência do produto, pois é mais fácil gerar graves potentes e profundos com um alto falante grande do que com um pequeno, por mais potente que o amplificador interno seja. Um falante pequeno não fará milagres, nem com processamento digital o auxiliando.

As potências mais comuns encontradas em subwoofers para uso residencial são de 100 a 150W para subwoofers de oito polegadas, de 150 a 250W para subwoofers de 10 polegadas e acima de 250W para subwoofers de 12 polegadas. Naturalmente, estamos falando em potência contínua (RMS) e não de potência máxima de qualquer tipo. As potências apresentadas acima também são uma regra geral, porém existem subwoofers com potências fugindo bastante a essa regra, geralmente com um custo de aquisição bastante superior. Mas não espere que o desempenho de unidades desse tipo, com muita potência, seja muito superior à média. O que ocorre é que há um forte aumento de custo nessas unidades de potência superior. Em uso residencial, potências reais (e cuidado com a declaração de potência real) ao redor dos valores descritos acima dão conta do resultado com folga.

Ao se usar dois subwoofers, a situação muda e passa a ser possível, por exemplo, utilizar-se duas unidades de oito polegadas em um ambiente de porte médio ou grande com excelentes resultados, pois se consegue uma maior pressão sonora com o uso de duas unidades e com isso, consegue-se trabalhar com subwoofers menores. Como a grande maioria dos subwoofers do mercado são bass-reflex, é pouco provável o uso de outro tipo de sintonia para o produto. Quase a totalidade dos subwoofers é projetada como bass-reflex e alguns outros (em quantidade muito menor) em suspensão acústica.

Muitas vezes, em uma instalação, o subwoofer é rejeitado pelo cliente, pois é visto como uma caixa preta, sem design e com acabamento em vinil imitando madeira, o que destoa completamente da decoração do ambiente. Isso mudou muito nos últimos anos, com o surgimento de subwoofers com design “clean” e acabamento sofisticado, que não interfere negativamente na decoração do ambiente. Essa tendência acaba conquistando o público feminino, que sempre foi reticente em relação àquela caixa preta e mal-acabada que ficava poluindo a decoração. E hoje existem subwoofers coloridos em laca em qualquer cor, fazendo com que o produto se adeque ao ambiente em questão, e não precise ser mais escondido.

Um outro item a ser considerado na escolha correta do subwoofer é a facilidade de conexões. Entradas RCA são comuns, mas em alguns casos se torna necessário ter a disponibilidade da entrada de alto nível para ligação em sistemas estéreo ou em sistemas de Home Theater de entrada, os chamados “in a Box”. Uma entrada de alto nível de boa qualidade, que funcione bem com um receiver “in a Box”, pode ser uma excelente solução para fazer um upgrade de subwoofer nesses sistemas, que usualmente usam subwoofers passivos por uma questão de custo.

O tipo de amplificação se torna importante somente em sistemas de maior preocupação com a performance. Sistemas com amplificadores digitais classe D são maioria no mercado, pois apresentam custo de fabricação mais baixo. Mas amplificadores classe AB ainda apresentam melhor performance, mesmo oferecendo potências menores. Tanto é que, no momento atual, os subwoofers mais conceituados no mercado

de áudio profissional para uso em estúdio são classe AB. Lembrando novamente a questão da potência, conforme já alertamos diversas vezes nessa coluna, o que vale é a potência (RMS) medida pela norma ABNT NBR IEC 60268-5 e esta deve ser especificada como contínua (RMS) e não potência máxima ou potência RMS máxima. Atenção para esse detalhe muito importante.

Por último, é sabido que existem subwoofers voltados para uso em Home Theater e outros voltados para a reprodução de áudio. Alguns outros modelos estão na fronteira entre ambos, áudio e Home Theater. A diferença principal entre eles é que subwoofers para Home Theater podem apresentar uma característica especial, que é a de reforçar frequências na região de explosões e outros efeitos especiais do cinema. Isso faz com que eles sejam excepcionais para filmes e ruins para música. Há modelos que são mais planos e, portanto, mais musicais, ou seja, são mais adequados para a reprodução de música. E existem aqueles que tentam abraçar os dois mundos com uma solução de compromisso entre os dois mundos. Ela é perfeitamente possível e o resultado costuma ser agradável em ambas as situações. Quando estiver avaliando a compra de um subwoofer, verifique a proposta dele, se ele atende somente ao mercado de Home Theater ou se possui alguma característica adicional que o credencie para o uso em música. Isso pode revelar a proposta do produto e algo mais sobre a sua performance.

Ao ouvir um subwoofer, após posicioná-lo no local adequado e ajustar o nível sonoro, cross-over, casamento das caixas e fase, uma audição crítica irá revelar muito sobre o produto. Um bom subwoofer tem resposta que desce aos mais baixos tons graves, reproduzindo-os com autoridade e de forma rápida e seca. O grave tem de ser firme, rápido e sua extinção deve também ser rápida. A caixa não deve ficar entrando em ressonância em certos tons graves, o que em casos extremos caracteriza os chamados “graves de uma nota só”, que são pouco musicais, não têm harmonia com a música tocada e são bastante desagradáveis de se ouvir. Esses subwoofers são mais comuns do que se imagina, e são a maioria no mercado de subwoofers automotivos. Essa característica denota um produto de baixa qualidade e pode funcionar bem em filmes de ação, mas é um desastre em condições musicais.

Tons graves diversos e musicais em consonância com o programa a ser ouvido caracterizam um subwoofer musical. Portanto, considere ouvir músicas conhecidas que possuam um conteúdo de graves intenso e presente e avalie o resultado final. Se for necessário realinhar o subwoofer ou o sistema, o faça e reavalie novamente. Só após uma audição crítica será possível determinar se um subwoofer é bom ou ruim.

Este mês ficamos por aqui. Até o mês que vem!



## CHAPA QUENTE

Depois que a oficina foi reaberta, o ponto de encontro antes do expediente começar passou a ser na padaria do Mário, onde nossos amigos aproveitam para tomar o café pingado e saborear um pão com manteiga na chapa. Tudo com o olho no relógio, pois afinal de contas, tempo é dinheiro.

- Nada como o pão bem torrado na chapa, não é mesmo, Zé Maria?
- Pois é... Mas fico pensando na enorme quantidade de energia que se perde para esquentar um pãozinho de setenta centavos, não é mesmo?
- Bote lá uns 1500 Watts! Observe o tamanho da placa.... Caberiam uns dez pãesinhos!
- Cinco para as nove! Terminou o recreio!
- Dia de aulinha do professor Carlito. Esqueceu que iríamos tirar pelo menos três horas por semana para colocar as novidades em dia e trocar ideias?
- Esqueci não. E sabem qual assunto escolhi?

\* Professor de Física – Engenheiro de Eletrônica

- COF!

- OLED!

- Nada disso... Troca de LEDs! Temos de investir mais na recuperação das barras do *backlight*. Os nossos orçamentos estão ficando nas alturas e com isso perdemos alguns clientes.

- Confesso que já andei tentando substituir os LED's queimados, porém o máximo que consegui foi acabar com toda a barra. Aposto que a coisa tem seus macetes!

- Não chega a tanto, Toninho, mas vamos partir do zero!

- O ideal seria uma máquina completa para fazer isso, não é mesmo?

- Hei!!! O Silvano, lá do Fórum Tecnet, fabricou algumas. Muito boas, por sinal. Na ocasião não me animei a comprar uma. Tínhamos fechado a oficina e não pensava em retornar as atividades.

- Pois eu fui mais esperto, Zé Maria. Quando vi a máquina do Silvano anunciada, me apertei de tudo quanto era jeito, mas comprei uma!

- Hei!!! Quer dizer que já temos uma máquina para auxiliar na troca dos LED's?

- EU tenho, Toninho... Mas digamos que todos podem usa-la à vontade.

-E onde está a máquina, Carlito?

- Na mala do carro. Vá apanhar, Toninho, mas muito cuidado!

Não foi preciso esperar muito para que Toninho depositasse sobre a bancada a tão falada máquina:



- Me parece bem simples... Um soprador térmico, uma placa aquecedora e um suporte.

- Quer dar uma de gato mestre, Toninho? Quer tentar trocar um LED, assim no escuro?

- Infelizmente o Silvano, quem fabricou essa obra prima de simplicidade, deixou de produzir. Mas não se preocupe: Com um pouco de trabalho e engenhosidade, o Toninho é capaz de montar uma máquina semelhante.

- Veja bem, Zé Maria: Temos três partes principais: Uma base de "Metalon", uma

placa aquecedora com temperatura controlada e um soprador térmico, montado em um suporte.

- Acho que entendi, Carlito: Não fosse a placa aquecedora, o serviço seria praticamente impossível.

- Parecida com a chapa quente da padaria, apenas menor. Mas... Onde conseguir uma dessas, já que o Silvano não fabrica mais?

- Provavelmente da China. Atualmente com o comércio eletrônico e um pouco de sorte, não será difícil conseguir uma. Procure em um dos sites de eletrônicos por "SMD Rework Station". Provavelmente você irá achar vários tipos, claro com preços distintos.

- Ou então no ML. Encontrei algumas, sem o controle de temperatura, claro, por menos de cem Reais. Creio que de 250 Watts.

- Então vamos lá... Qual a primeira providência? Evidentemente depois de retirar a barra do televisor, antes que você venha com seus comentários!

- Acho que antes de qualquer coisa é preciso testar cada LED, para saber qual deles está avariado!

- Erro número um, Zé Maria. Os LED's ficam em série e quando um deles "abriu o bico" provavelmente os outros já estão devendo.

- Opinião sua, Toninho. Nada contra a testar cada um deles e substituir aqueles que apresentam alguma discrepância de luminosidade ou de corrente.

- Então vamos continuar! Retirada a barra do TV e identificado o LED avariado, vamos identificar o tipo de base da barra, ou seja, qual o tipo de superfície em que estão soldados; se é uma tira de alumínio, de cobre ou uma base de fibra ou fenolite.

- Atualmente nenhum fabricante usa mais tiras de cobre, não é mesmo, Carlito?

- Custos, Toninho! Mas vamos lá: o ajuste de temperatura da base aquecedora é muito importante. Para placas de fibra de vidro ou fenolite, a temperatura deve ser ajustada em 235 graus Célsius. No caso de tira de alumínio a temperatura deve ser fixada em torno de 300 graus Célsius.

- E como podemos ter certeza de que a temperatura é essa?

- Usando a ponta de prova para a medida de temperatura de seu multímetro, ora...

- Vejamos se estou certo: Ajusto a temperatura para 300 °C, uma vez que esta régua é de alumínio. Confiro a temperatura com o termômetro do multímetro e depois coloco a régua sobre a placa, tal e qual o pãozinho na manteiga, lá na padaria, correto?

- Isso, Toninho!

- Deixe ver.... vou encostar bem o termopar e.... quase!



- Agora vamos ao soprador térmico: O bico deve ter cerca de 8 mm de diâmetro, um pouco maior do que o LED a ser substituído ficar entre 1 até 1,2 cm de distância da barra. Mas só use o soprador em casos especiais, como naqueles LED retangulares que ficam nas laterais. Na grande maioria dos casos você não irá usar o soprador no caso das atuais barras de alumínio.

- E se deixamos o soprador ligado até o LED soltar?

- Não, Toninho. Não me venha com invenções. Vamos usar só a placa pré-aquecedora. Deixe ela aquecer quietinha por uns dez minutos.

- E para que este alicate de corte?

- Aí é que está o pulo do gato! Vamos retirar parte do LED com o alicate de corte, deixando apenas a sua base. Com muito cuidado para não causar qualquer dano na barra.

- Entendi... Deixe que eu faça, Carlito!



- Certo! É isso mesmo, Toninho! Retire só a “casquinha” do LED, deixando a parte metálica soldada na régua.
- Agora coloque a régua sobre a placa aquecida e coloque um pingüinho de Fluxo sobre o LED. Às vezes um pouquinho de solda em pasta também irá ajudar. Vamos lá!
- Com a ponta o soldador da estação de solda, remova a parte metálica do LED. Viu só como se movimenta fácil?
- Agora é só limpar com a malha de cobre.



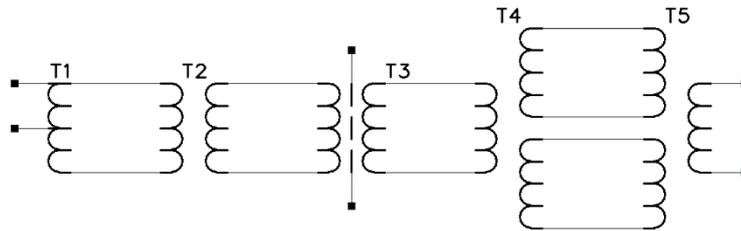
- Está ficando como eu sempre quis fazer!
- Agora é deixar esfriar e limpar com álcool isopropílico e uma escovinha. Viu só como ficou? Nem parece que um dia teve alguma coisa soldada nesse lugar!



- Agora vamos para a parte final: Instalar o novo LED.
- Chegue para lá, Zé Maria.... Não estou vendo bem... Agora sim!
- Vou colocar um pouco de solda em pasta no lugar do LED. Observe que é muito pouca quantidade. Agora é aquecer na nossa chapa.
- Veja como praticamente vai para o lugar sozinho. A essa altura você poderá ajeitar a posição correta.
- Gostei! E agora, está pronto?
- Falta uma boa limpeza com álcool isopropílico.
- E para retirar componentes SMD maiores? Um BGA, por exemplo!
- Aí é que entra em cena o soprador. Mais isso fica para o próximo encontro.

**Agradecimentos a Silvano Fernandes (Servitec)**

## O Transformador Queimou e Não Sei as Especificações, o Que Fazer?



**Paulo Brites\***

No artigo da edição de dezembro/2020 eu apresentei uma maneira prática de se descobrir a potência (aproximada) de um transformador.

Coloquei também no [meu canal no Youtube](#) um vídeo complementando o artigo e aí, um aluno do [Clube Aprenda Eletrônica com Paulo Brites](#) me enviou um e-mail questionando que as suas contas não batiam com as minhas.

Gosto muito quando isso acontece e nunca digo que eu estou “absolutamente certo” pois, como dizia Sócrates, “só sei que nada sei”. Então, é hora de investigar quem tem razão.

O questionamento do aluno acabou por me fazer escrever um post sobre o assunto que está no meu site com o título “[Transformadores, gatos e lebres](#)” e, sugiro a leitura.

Mas, a história não ficou por aí.

Estava eu dando uma passada pelos grupos de *Facebook* quando vi um “técnico” pedindo ajuda para saber a tensão de saída de um transformador de algo que ele estava tentando reparar e parecia ser um radinho antigo de cabeceira.

Coloquei uma sugestão rápida no grupo dizendo que ele não precisaria pedir ajuda a ninguém, bastaria fazer uma continha e chegaria à solução.

Não acompanhei mais o assunto, mas fiquei a pensar que talvez valesse a pena escrever um artigo sobre o “problema” que deve afligir a muita gente. Aqui está ele.

### Reparar alguma coisa não é apenas trocar peça

Quando temos tudo “mastigadinho” à mão, até pode funcionar, mas na hora que nos deparamos com algo sobre o que não temos nenhuma informação, e não encontramos a peça original para fazer o troca-troca, aí o bicho pega e um pouquinho de teoria básica pode nos ajudar.

Não me canso de repetir que **não há mais espaço para amadores** e temos que buscar soluções para resolver problemas simples com auxílio da teoria e evitar que mais um aparelho vá parar num lixão e poluir planeta que pede socorro.

Quem me segue há algum tempo, já sabe que nunca dou “receitas de bolo”, mas se você está chegando agora, vá se acostumando.

\*Técnico em Eletrônica

## Uma breve revisão sobre fontes lineares

Toda fonte que vai ser alimentada por AC precisa de um circuito retificador e um circuito de filtro para a “brincadeira” começar.

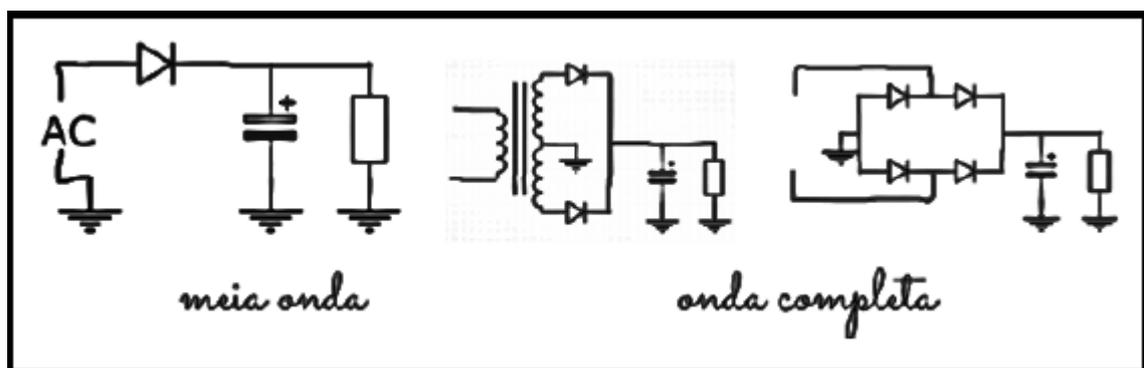
A retificação pode ser tipo meia onda ou onda completa.

Se for do tipo meia onda poderá, ou não, ter um transformador de entrada a depender da tensão DC que precisamos.

Já as retificações tipo onda completa se dividem em dois tipos de circuito:

- 1) Em ponte com quatro diodos e, neste caso, podem ou não ter transformador de entrada. O caso típico é o circuito de entrada de **TODA** fonte chaveada que não tem transformador de entrada (você saberia dizer por quê?).
- 2) Em meia ponte com dois diodos e neste caso, **OBRIGATORIAMENTE** precisamos de um transformador de entrada com derivação central (*center tap*) no secundário.

Algumas figuras para ajudar os novatos (só a eles?)



Qualquer seja o circuito o que importa saber é que a tensão MÁXIMA que aparecerá sobre o capacitor de filtro será o valor RMS da tensão do secundário multiplicado por 1,41.

Essa é a primeira dica importante para tentarmos descobrir a provável tensão do secundário do transformador.

### Fazendo uma “engenharia reversa”

Suponhamos que o transformador “anônimo” está num circuito de retificação de onda completa com dois diodos (meia ponte) e que a tensão de isolamento do capacitor de filtro é 16V.

Aqui é importante que este capacitor é o original (veja as soldas) pois, se “desconfiar” que ele já foi trocado, não podemos garantir que quem o fez não usou um capacitor de tensão de isolamento maior.

Sejamos otimistas e voltemos ao nosso capacitor “original” de 16V, do exemplo.

Ora, esta é a tensão máxima que ele suporta, **sem explodir**, portanto, o valor RMS da tensão AC aplicada a ele será  $16 \div 1,41$  ou, o que dá no mesmo (você saberia dizer por quê?),  $16 \times 0,707$  que é igual a 11,32VRMS.

Então, **provavelmente**, neste caso, o secundário do transformador **deve ser** 9V + 9V.

Se fosse no circuito de retificação em ponte (com 4 diodos) seria 9V.

CUIDADO! Não vá “pensar” que seria 18V, a menos que você seja um candidato a “homem bomba”!

Pronto, você acabou de descobrir a **provável** tensão do secundário do transformador “sem CPF”!

Agora, falta saber a potência ou corrente no secundário, mas isso eu tratei no artigo de dezembro de 2020.

### **Resumo da ópera**

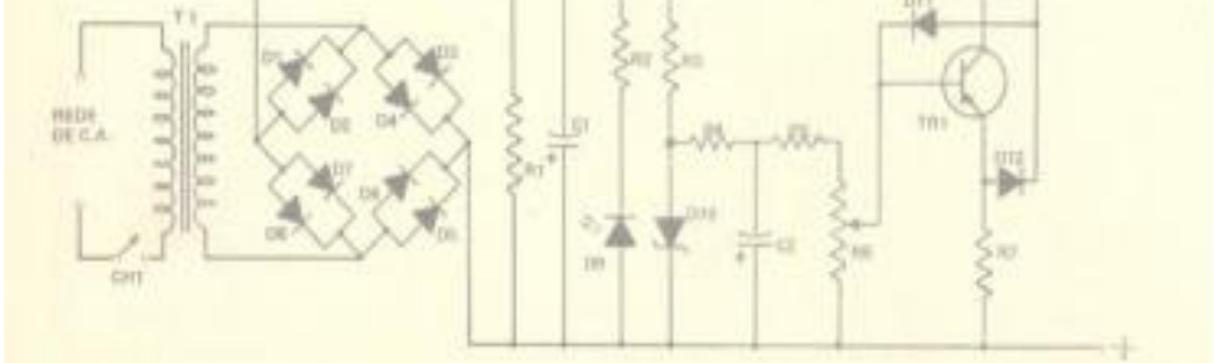
A intenção deste artigo, como eu disse lá atrás, não é fornecer uma “receita de bolo” e sim, mostrar que o “verdadeiro técnico”, mesmo reparador, tem que ser capaz de encontrar, ou pelo menos tentar arranjar, soluções para os problemas que lhe aparecem para resolver.

Ir na loja da esquina, comprar a peça e trocar dá para ganhar um dinheirinho rápido; e quando não tem a peça?

Vai dizer que não tem conserto, sem antes colocar a “massa cinzenta” do seu cérebro preguiçoso para trabalhar e encontrar uma solução criativa, sem comprometer a segurança?

Aguardo os comentários em [contato@paulobrites.com.br](mailto:contato@paulobrites.com.br) (eu sempre respondo).

## Projeto de Fonte de Alimentação em Corrente Contínua (conversor CA/CC) Com Regulador Linear – Parte V



Álvaro Neiva\*

### Regulação II

#### Os Reguladores Lineares, Análise

Circuitos usados até agora:

- I. Estabilizador com diodo Zener

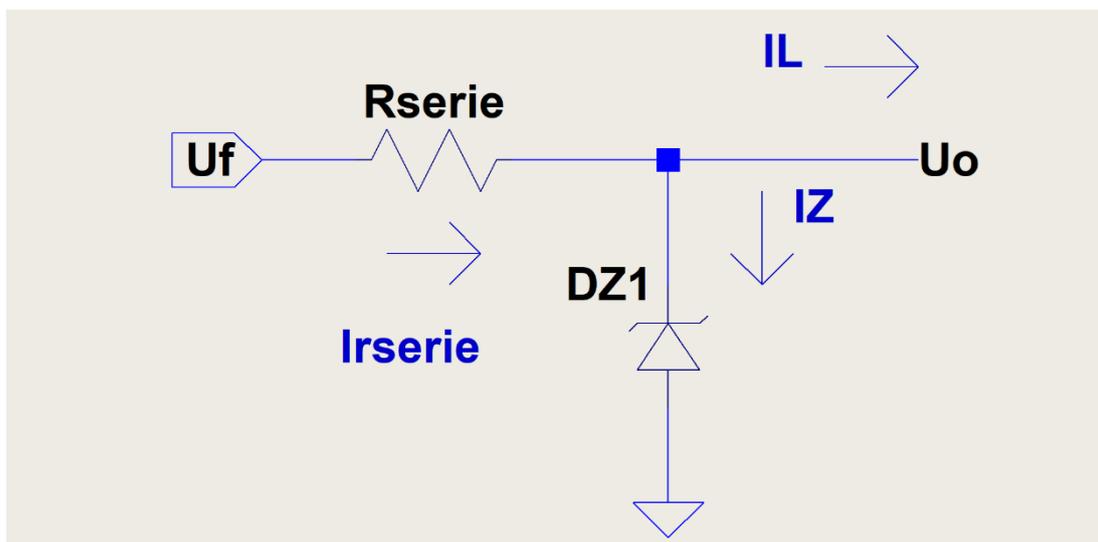
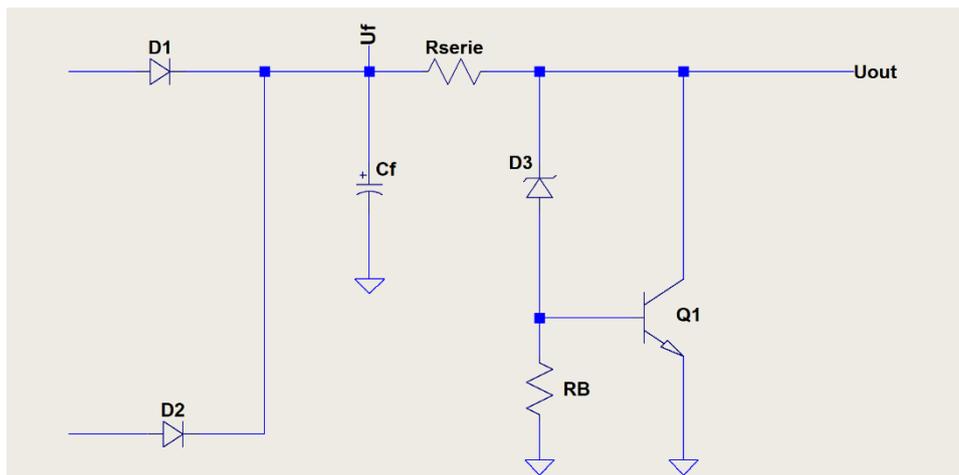


Figura 1

\*Engenheiro Eletricista

Já foi visto na edição anterior e funciona de forma viável apenas para pequenas correntes tendo a menor eficiência de todos os circuitos. Foram apresentadas a substituição do resistor em série por uma fonte de corrente constante e o uso de um transistor ligado como seguidor de emissor para aumentar a capacidade de corrente fornecida.

### I. Estabilizador Shunt ou Paralelo

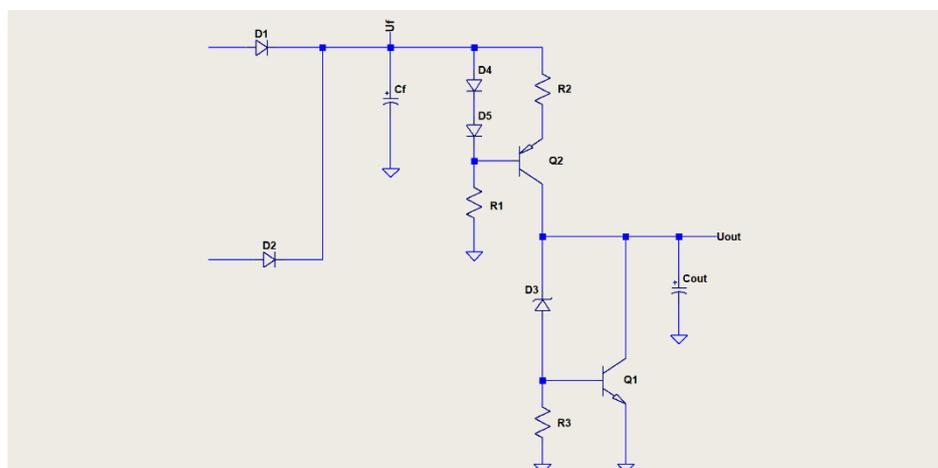


**Figura 2**

Pode ser considerado como um “Zener amplificado”, reduzindo-se a dissipação no diodo Zener e reduzindo-se a resistência dinâmica do diodo Zener por realimentação negativa.

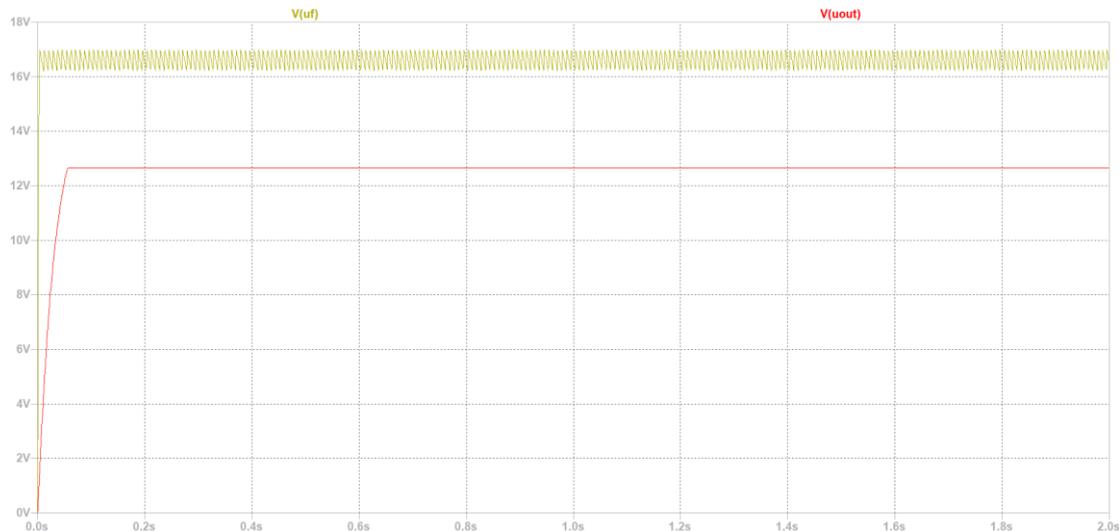
O resistor  $R_B$  pode ser usado para ajustar a corrente mínima no diodo Zener, mas seu uso não é indispensável.

Da mesma forma que no estabilizador com Zener, o resistor  $R_{serie}$  pode ser substituído com vantagem por uma fonte de corrente constante, formada por Q2, D4, D5, R1, R2:



**Figura 3**

A alta impedância interna da fonte de corrente aumenta a atenuação da ondulação de 120Hz presente na tensão sobre o capacitor de filtro, reduzindo a ondulação de saída (figura 4).



**Figura 4**

Nesse tipo de regulador, a corrente de curto está limitada ao valor definido para a fonte de corrente. A dissipação de Q1 deve ser suficiente para suportar a desconexão da carga e a de Q2 para suportar a condição de curto-circuito.

Passos do projeto:

1. Escolher Q1 e Q2;

$$P_{DQ1} > U_{out} \cdot I_{out}$$

$$P_{DQ2} > U_f \cdot I_{out}$$

2. Escolher o diodo Zener,  $I_{Zmín}$  e  $I_{CQ1mín}$ :

Uma ideia interessante é fazer  $I_{Zmín} = I_T$ , a corrente de teste do diodo, para aumentar a precisão do valor de tensão regulado.

$$I_{Zmín} = I_T > I_{BQ2máx} = \frac{I_{Lmáx}}{H_{FEQ1mín}}$$

$$I_{CQ1mín} \geq I_{Zmín}$$

$$R_3 = \frac{0,6}{(I_{Zmín} - I_{BQ2máx})}$$

3. Determinar a corrente da fonte de corrente ( $I_{CQ2}=0,6V/R_6$ ):

Lei das Correntes de Kirchoff para o nó  $U_{out}$ :

$$-I_{CQ2} + I_{Zmín} + I_{CQ1mín} + I_{out} = 0$$

Então:

$$I_{CQ2} = I_{Zmín} + I_{CQ1mín} + I_{out}$$

$$R_6 = \frac{0,6}{I_{CQ2}}$$

4. Determinar a tensão secundária do transformador e capacitor de filtro, para que  $U_{fmin}$  seja no mínimo uns 2V maior que a saída (folga para a fonte de corrente), em valor instantâneo, com a corrente de carga máxima;
5. Um dado interessante é que há um cancelamento de ruído por realimentação. A ondulação presente na tensão de saída devido à ondulação restante na corrente de coletor de Q2 aparece sobre R3 e gera uma corrente de coletor em Q1 em oposição de fase com a ondulação presente na corrente de coletor de Q2, cancelando os componentes alternados e mantendo o componente CC.

Exemplo de Projeto:

Projetar um regulador Shunt para fornecer 12V e 100mA. Tensão de entrada CA entre 108 e 140  $V_{rms}$ , ondulação na saída menor que 1,2mV<sub>rms</sub>.

1. Escolher Q1;  
Q1 deve ser capaz de suportar a condição de desconexão da carga, que o faz absorver toda a corrente da fonte:

$$P_{DQ1máx} > U_{out} \cdot I_{out} = 12 \cdot 0,1 = 1,2W$$

Devemos escolher um transistor de potência que permita essa dissipação com o menor dissipador possível para reduzir o tamanho e custo do circuito.

Uma alternativa será usar um transistor que possa dissipar essa potência sem dissipador externo, para a maior temperatura ambiente esperada.

Observando a folha de características, uma alternativa interessante parece ser o TIP31:

**TIP31, TIP31A, TIP31B,  
TIP31C, (NPN), TIP32,  
TIP32A, TIP32B, TIP32C,  
(PNP)**

**Complementary Silicon  
Plastic Power Transistors**

Designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

**Features**

- Collector-Emitter Saturation Voltage –  
 $V_{CE(sat)} = 1.2 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 3.0 \text{ Adc}$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage –  
 $V_{CE(oms)} = 40 \text{ Vdc (Min) – TIP31, TIP32}$   
 $= 60 \text{ Vdc (Min) – TIP31A, TIP32A}$   
 $= 80 \text{ Vdc (Min) – TIP31B, TIP32B}$   
 $= 100 \text{ Vdc (Min) – TIP31C, TIP32C}$
- High Current Gain – Bandwidth Product  
 $f_T = 3.0 \text{ MHz (Min) @ } I_C = 500 \text{ mAdc}$
- Compact TO-220 AB Package
- Pb-Free Packages are Available\*

**MAXIMUM RATINGS**

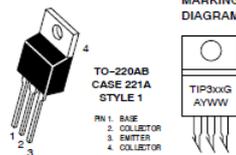
Rating	Symbol	Value	Unit
Collector – Emitter Voltage TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	$V_{CE0}$	40 60 80 100	Vdc
Collector-Base Voltage TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	$V_{CB}$	40 60 80 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EB}$	5.0	Vdc
Collector Current Continuous Peak	$I_C$	3.0 5.0	Adc
Base Current	$I_B$	1.0	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	40 0.32	W W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	2.0 0.016	W W/ $^\circ\text{C}$
Uncamped Inductive Load Energy (Note 1)	E	32	mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.  
1.  $I_C = 1.8 \text{ A, L} = 20 \text{ mH, P.R.F.} = 10 \text{ Hz, } V_{CC} = 10 \text{ V, } P_{BE} = 100 \text{ W}$   
\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



ON Semiconductor®  
http://onsemi.com

**3 AMPERE  
POWER TRANSISTORS  
COMPLEMENTARY SILICON  
40-60-80-100 VOLTS,  
40 WATTS**



TIP3xx = Device Code  
xx = 1, 1A, 1B, 1C,  
2, 2A, 2B, 2C,  
A = Assembly Location  
Y = Year  
WW = Work Week  
G = Pb-Free Package

**ORDERING INFORMATION**

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 3 of this data sheet.

**Figura 5**

O fator de desclassificação ou “derating” de 0,016W/°C para temperatura ambiente é o inverso da resistência térmica entre a junção e o ambiente.

Portanto, podemos verificar qual a máxima temperatura ambiente que será possível tolerar, para uma determinada temperatura máxima de junção, abaixo do limite de 150°C.

Vamos verificar para  $T_{jm\acute{a}x} = 125^\circ\text{C}$ :

$$R_{Thja} = \frac{1}{0,016} = 62,5^\circ\text{C/W}$$

$$T_{ambm\acute{a}x} = T_{jm\acute{a}x} - P_D \cdot R_{Thja} = 125 - 1,2 \cdot 62,5 = 125 - 75 = 50^\circ\text{C}$$

Adequada com folga às condições usuais, lembrando que a dissipação máxima só ocorrerá com a desconexão da carga.

Outro candidato seria o BD241C.

2. Determinar a tensão secundária do transformador e capacitor de filtro, para que  $U_{fmin}$  seja uns 2V maior que a saída (folga  $V_{DROP}$  para a fonte de corrente), em valor instantâneo, com a corrente de carga máxima:

3. Seguindo os passos determinados em artigos anteriores

a.  $C_f = \frac{10^7 \cdot I_{CC}}{377 \cdot U_{fmin}} = \frac{10^7 \cdot 0,1}{377 \cdot 14} = \frac{10^6}{5278} = 190 \mu F$ , e podemos usar, no mínimo, **220 $\mu F$** ;

b.  $U_{secmin} > \left[ \frac{U_o + V_{DROP} + \left( \frac{4166 \cdot I_{CC}}{C_f} \right) + V_D}{1,2} \right] = \left[ \frac{12 + 2 + 1,9 + 0,7}{1,2} \right] = \frac{16,6}{1,2} = 13,8 V_{rms}$

c. Calculamos também  $U_{fmin}$ :

$$U_{fmin} = 0,85 \cdot 13,8 \cdot \sqrt{2} - \frac{4166 \cdot I_{CC}}{C_f} - V_D = 16,6 - 1,9 - 0,7 = 14V$$

$C_f$  está com um valor no limite, um pouco baixo para manter o funcionamento adequado do regulador com rede elétrica baixa. Vamos usar então **470 $\mu F$** .

$$U_{fmin} = 0,85 \cdot 13,8 \cdot \sqrt{2} - \frac{4166 \cdot I_{CC}}{C_f} - V_D = 16,6 - 0,9 - 0,7 = 15V$$

d. Para compensar a variação da rede elétrica:

e.  $U_{rms} = 1,15 \cdot U_{secmin} = 1,15 \cdot 13,8 = 15,9V \cong 16V_{rms}$  em valor nominal;

f. Isso leva a uma tensão máxima de entrada CA de:

$$U_{rmsmax} = 1,1 \cdot U_{rms} = 1,1 \cdot 16 = 17,6V_{rms}$$

Então:

$$U_{fmax} = 1,1 \cdot 16 \cdot \sqrt{2} - \frac{4166 \cdot I_{CC}}{C_f} - V_D = 24,9 - 1,9 - 0,7 = 22,3V$$

$$P_{DQ2max} > U_{fmax} \cdot I_{CQ2}$$

$$I_{CQ2} = I_{zmin} + I_{CQ1min} + I_{out}$$

Escolhemos o Zener:

Para referência de tensão, escolhemos o BZX79C12:

Type y = B for $\pm 2\%V_Z$ y = F for $\pm 3\%V_Z$ y = C for $\pm 5\%V_Z$	Dynamic resistance		Temp coefficient of Zener Voltage at $I_Z = 5 \text{ mA}$ $\infty \text{ mVZ \%K}$		Reverse leakage Current		Admissible Zener current <sup>(2)</sup> $I_Z$ (mA)	Capacitance $V_R = 0$ $f = 1 \text{ MHz}$ (pF) max.	Non-Repetitive Peak Reverse Current at $t_p = 100\mu\text{s}$ $I_{ZSM}$ (A)
	at $I_Z = 5 \text{ mA}$ $f = 1 \text{ kHz}$ $r_{zj} \Omega$ max.	at $I_Z = 1 \text{ mA}$ $f = 1 \text{ kHz}$ $r_{zj} \Omega$ max.	min.	max.	$I_R$ nA	at $V_R$ V			
	BZX79 – y2V4	100	< 600	- 0.08	- 0.06	50,000	1	167	450
BZX79 – y2V7	100	< 600	- 0.08	- 0.06	20,000	1	135	450	6.0
BZX79 – y3V0	95	< 600	- 0.08	- 0.06	10,000	1	125	450	6.0
BZX79 – y3V3	95	< 600	- 0.08	- 0.05	5,000	1	115	450	6.0
BZX79 – y3V6	90	< 600	- 0.08	- 0.04	5,000	1	105	450	6.0
BZX79 – y3V9	90	< 600	- 0.07	- 0.03	3,000	1	95	450	6.0
BZX79 – y4V3	90	< 600	- 0.04	- 0.01	3,000	1	90	450	6.0
BZX79 – y4V7	80	500	- 0.03	+0.01	3,000	1	85	300	6.0
BZX79 – y5V1	60	480	- 0.02	+0.05	2,000	1	80	300	6.0
BZX79 – y5V6	40	400	- 0.01	+0.06	1,000	1	70	300	6.0
BZX79 – y6V2	10	150	0	+0.07	3,000	2	64	200	6.0
BZX79 – y6V8	15	80	+0.01	+0.08	2,000	3	58	200	6.0
BZX79 – y7V5	15	80	+0.01	+0.09	1,000	5	53	150	4.0
BZX79 – y8V2	15	80	+0.01	+0.09	700	6	47	150	4.0
BZX79 – y9V1	15	100	+0.02	+0.10	500	7	43	150	3.0
BZX79 – y10	20	150	+0.03	+0.11	200	7.5	40	90	3.0
BZX79 – y11	20	150	+0.03	+0.11	100	8.5	36	85	2.5
BZX79 – y12	25	150	+0.03	+0.11	100	9	32	85	2.5

Figura 6

BZX79C12,  $I_{ZT}=5\text{mA}$ , faremos  $I_{Z\text{mín}}=I_{ZT}$ ;

$$I_{CQ2} = 2 \cdot I_{Z\text{mín}} + I_{out} = 0,01 + 0,1 = 0,11\text{A}$$

g. Escolher Q2:

Na condição de curto-circuito e máxima tensão de entrada:

$$P_{DQ2\text{máx}} > U_{f\text{máx}} \cdot I_{CQ2} = 22,3 \cdot 0,11 \cong 2,5\text{W}$$

Poderemos usar um TIP32, mas vai ser preciso um dissipador de no máximo uns 20°C/W, para proteção contra curto. Em carga, a dissipação máxima será de 1,1W.

Se detectarmos a condição de curto-circuito e cortarmos Q2, não precisaremos de dissipador, ou esse poderá ser bem pequeno.

h. Verificar  $I_{Z\text{mín}}$  e  $I_{CQ1\text{mín}}$

$$I_{Z\text{mín}} = I_T > I_{BQ2\text{máx}} = \frac{I_{L\text{máx}}}{H_{FEQ1\text{mín}}}$$

$$I_{Z\text{mín}} = I_T = 5\text{mA} > I_{BQ2\text{máx}} = \frac{0,1}{25} = 4\text{mA}$$

$$I_{CQ1\text{mín}} \geq I_{Z\text{mín}}$$

$I_{Z\text{mín}}$  deve atender também à tensão  $V_Z$  desejada, então:

$$R_3 = \frac{0,6}{(I_{Z\text{mín}} - I_{BQ2\text{máx}})} = \frac{0,6}{(0,005 - 0,004)} = 600\Omega \cong 620\Omega$$

i. Determinar a corrente da fonte de corrente ( $I_{CQ2}=0,6\text{V}/R_6$ ):

$$I_{CQ2} = I_{Z\text{mín}} + I_{CQ1\text{mín}} + I_{out} = 0,005 + 0,005 + 0,1 = 0,11\text{A}$$

$$R_6 = \frac{0,6}{I_{CQ2}} = \frac{0,6}{0,11} = 5,5\Omega \cong 5,6\Omega$$

j. Determinar  $R_1$ :

$R_1$  deve ser determinado para drenar uma corrente umas 5 vezes maior que a corrente de base necessária para  $Q_2$ , em primeira aproximação.

$$R_1 = \frac{(U_{f\text{mín}} - 2 \cdot V_D)}{5 \cdot \left( \frac{I_{CQ2}}{H_{FE\text{mín}Q2}} \right)} = \frac{(15 - 1,2)}{5 \cdot \left( \frac{0,11}{25} \right)} = 627\Omega \approx 620\Omega \text{ ou } 680\Omega$$

Valores muito baixos de  $R_1$  vão aumentar a ondulação e baixar a eficiência do retificador, portanto, ao simular o circuito podemos testar valores maiores e adotá-los no teste de bancada do circuito. Isso vai tornar o circuito um pouco mais sensível a variações de  $H_{FE}$  de  $Q_2$ , mas o valor mínimo é bem pessimista também. Na simulação adotaremos  $1\text{k}\Omega$ .

Circuito Simulado para rede CA baixa (108V<sub>rms</sub>):

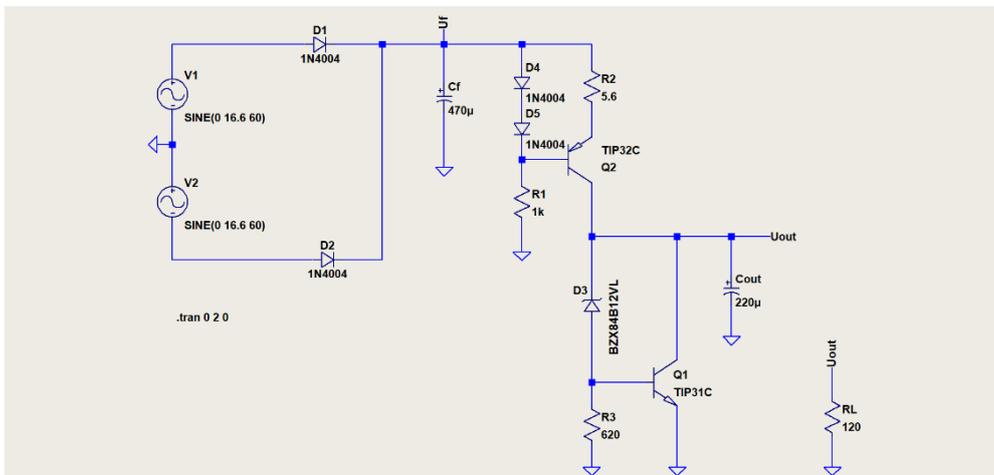


Figura 7

Resultados:

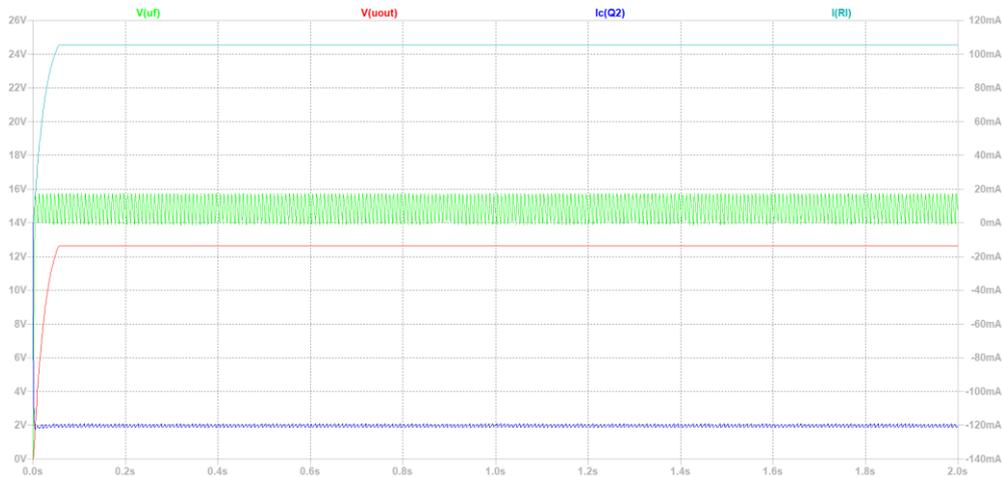


Figura 8

Para rede CA alta (140V<sub>rms</sub>):

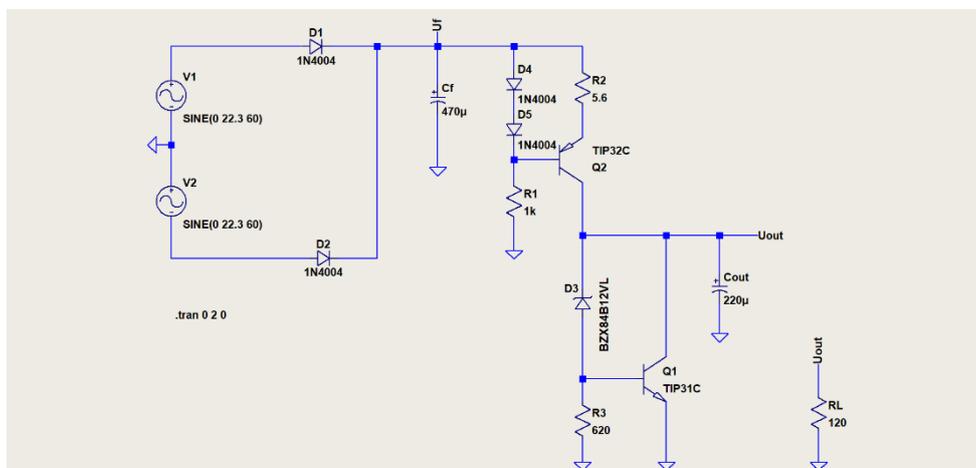


Figura 9

## Resultados:

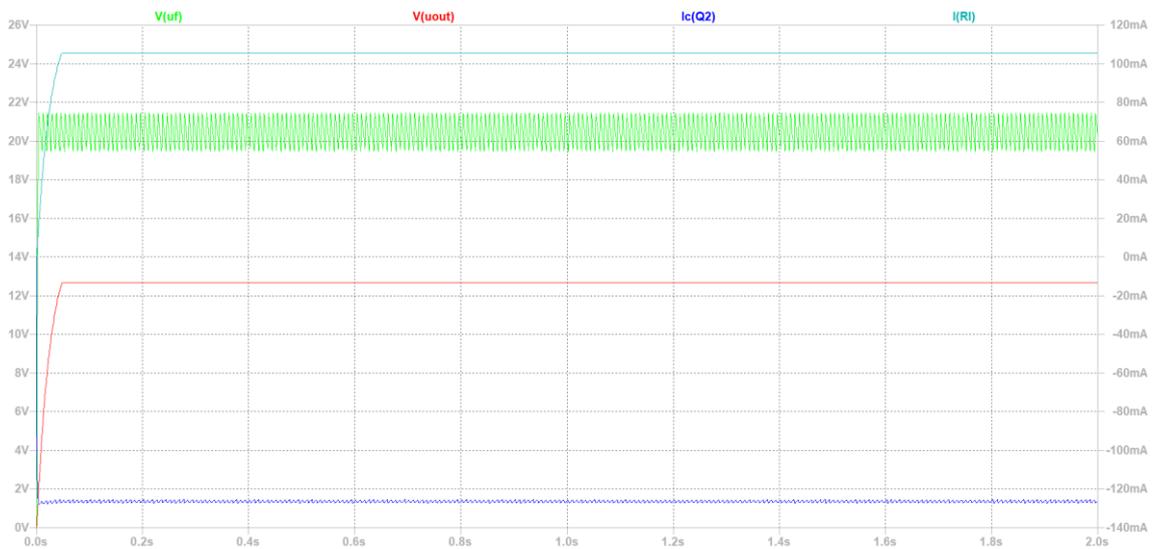


Figura 10

## Protegendo contra curto:

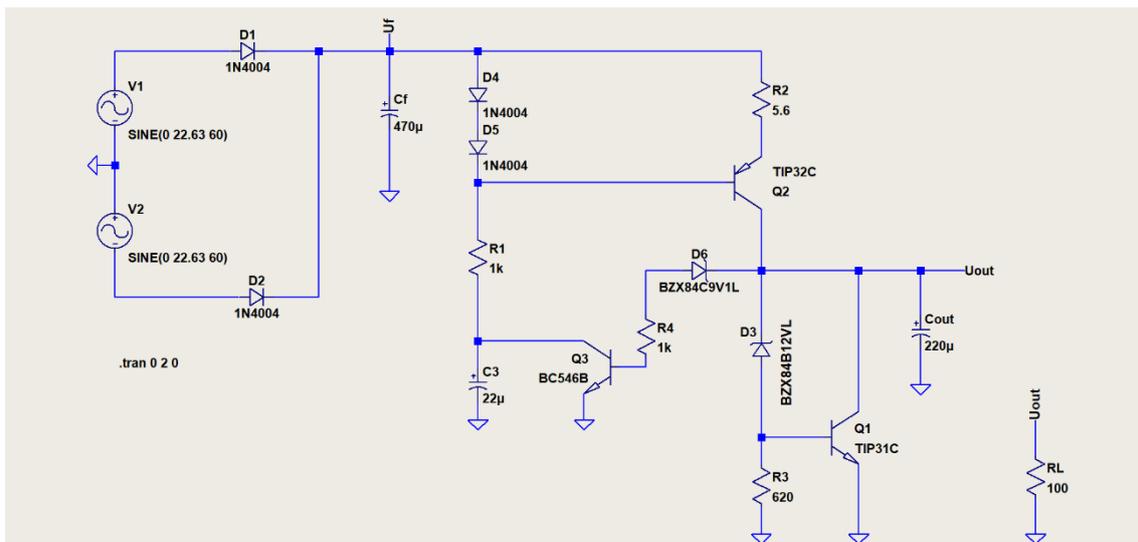


Figura 11

Neste circuito, D6, um Zener com tensão um pouco abaixo da de saída, mantém Q2 conduzindo em condições normais de funcionamento. Ao acontecer um curto na saída, a tensão no catodo de D6 cai para zero e Q3 para de conduzir, cortando Q2. Caso haja sobrecorrente na saída, 15% de queda na tensão de saída já cortam Q2. A dissipação média de Q2 fica sempre abaixo de 1W e o valor de pico em 2,5W por alguns milissegundos. O capacitor C3, ao se carregar, absorve uma corrente usada para iniciar o funcionamento da fonte.

Simulando uma sobrecarga:

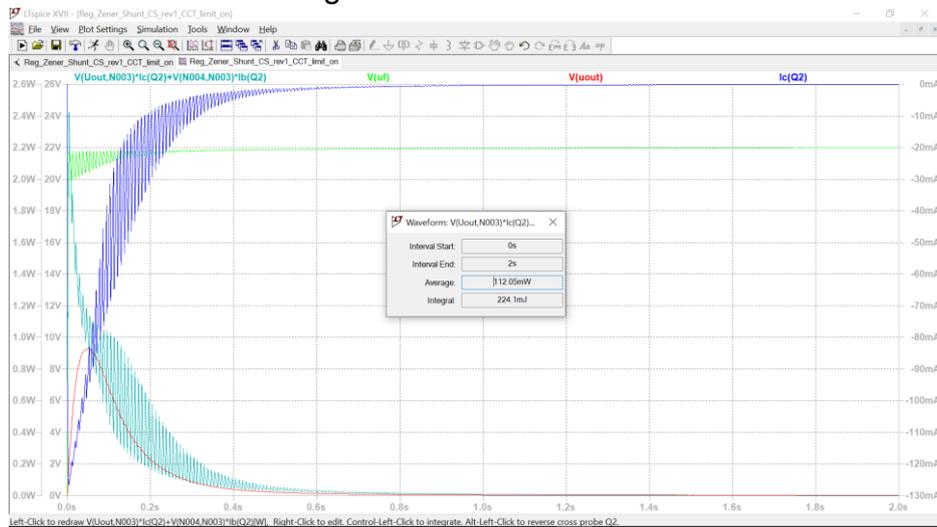


Figura 12

Observando mais de perto o ruído na saída com rede normal:

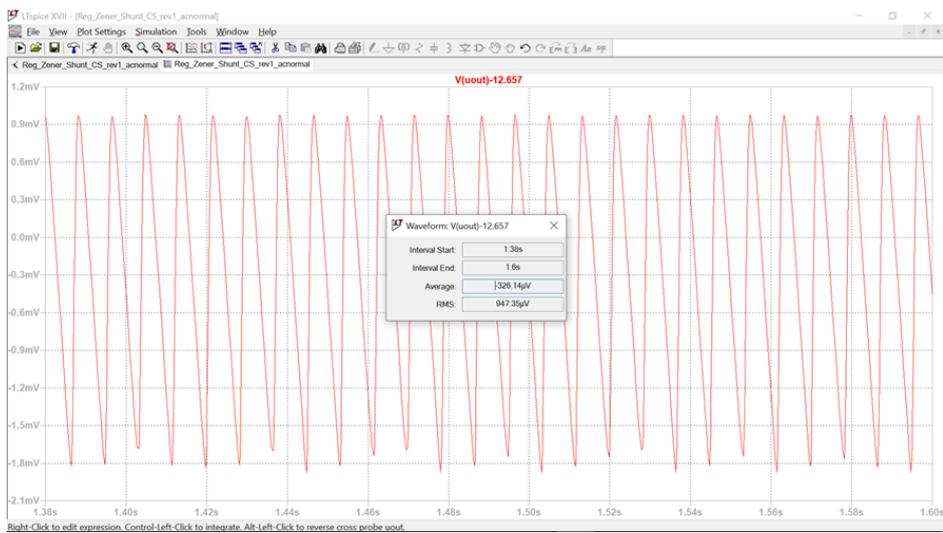


Figura 13 ( $U_{rms} < 1mV$ )

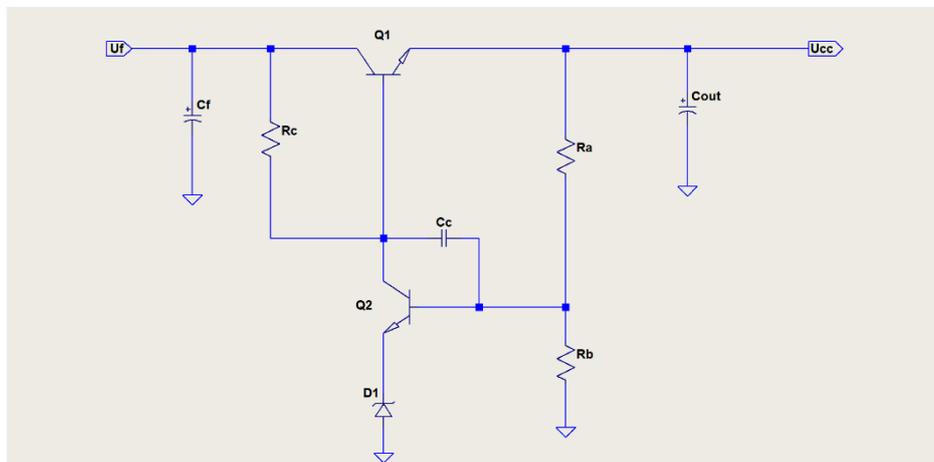


Figura 14

## II. Regulador Série (básico)

O regulador série básico da figura 14 pode ter o desempenho melhorado e ampliado com algumas alterações bastante simples (figura 15):

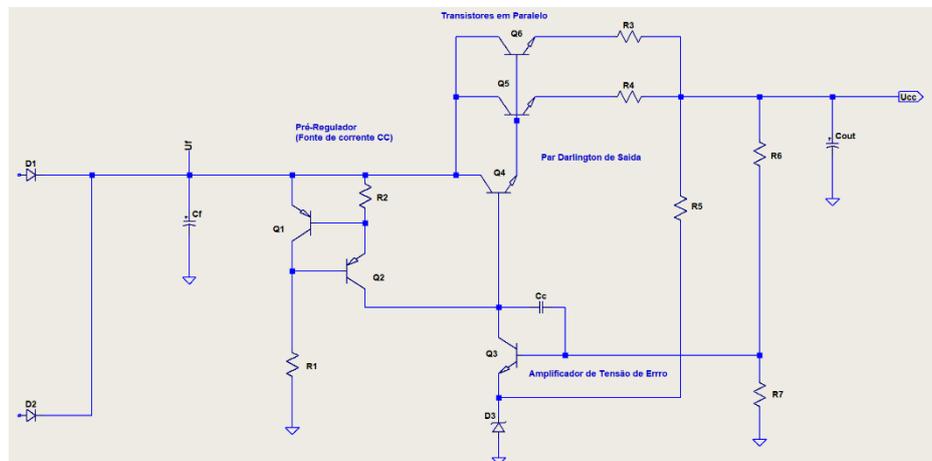


Figura 15

Essa realização do regulador linear com transistores discretos pode ser interessante para tensões e correntes acima da capacidade de reguladores integrados, essencialmente por sua simplicidade.

Descrição do funcionamento:

1. Os transistores Q1 e Q2 formam uma fonte de corrente constante com valor determinado por R2;
2. Q3 é um amplificador de erro, funcionando no modo de transcondutância, já que a corrente de coletor de Q3 vai ser determinada pela sua  $V_{be}$ , que vai ser a diferença entre uma fração da tensão de saída e a tensão do Zener de referência;
3. Q4, Q5 e Q6 formam um transistor de passagem, usando a configuração Darlington para aumentar o ganho de corrente do conjunto. Q5 e Q6 são usados em paralelo para aumentar a capacidade de corrente e reduzir a dissipação e temperatura de operação em cada um deles. R3 e R4 são resistores de emissor para equilibrar as correntes entre Q5 e Q6 e podem ser usados para definir uma corrente limite para Q5 e Q6;
4. R1 deve ter o valor necessário para fornecer umas 5 vezes o valor de corrente de base que Q2 vai precisar para conduzir a corrente de saída pretendida, isso vai garantir corrente suficiente através do transistor Q1;
5. R2 determina a corrente CC de coletor de Q2 através da condução de Q1, controlada por sua  $V_{be}$ ;
6. A corrente de base do Darlington de passagem virá da diferença entre a corrente de coletor de Q2 e a de Q3;

7. R5 vai ajustar a corrente ótima para o diodo Zener escolhido e acelera a partida da fonte, com uma pequena realimentação positiva;
8. R6 e R7 ajustam o ganho do amplificador de erro, determinando a tensão de saída em função da tensão do Zener e  $V_{BE}$  de Q3;
9.  $C_{out}$  e  $C_c$  vão determinar o comportamento da fonte para cargas com componentes CA ou comportamento transitório;
10. Os diodos retificadores e capacitor de filtro vão ser dimensionados, em primeira aproximação, de acordo com a corrente de carga CC e a tensão mínima aceitável sobre o capacitor de filtro.
11. Mas o efeito de componentes CA na corrente drenada pela carga terá de ser considerado.

Nas próximas edições, o projeto completo dessa fonte, circuitos de proteção contra curto, sobrecarga e sobretensão na entrada e saída. Outras configurações de circuito discreto e uso de reguladores em CI. Também a ampliação da capacidade de tensão e corrente dos reguladores integrados.

Até lá!

#### **Referências:**

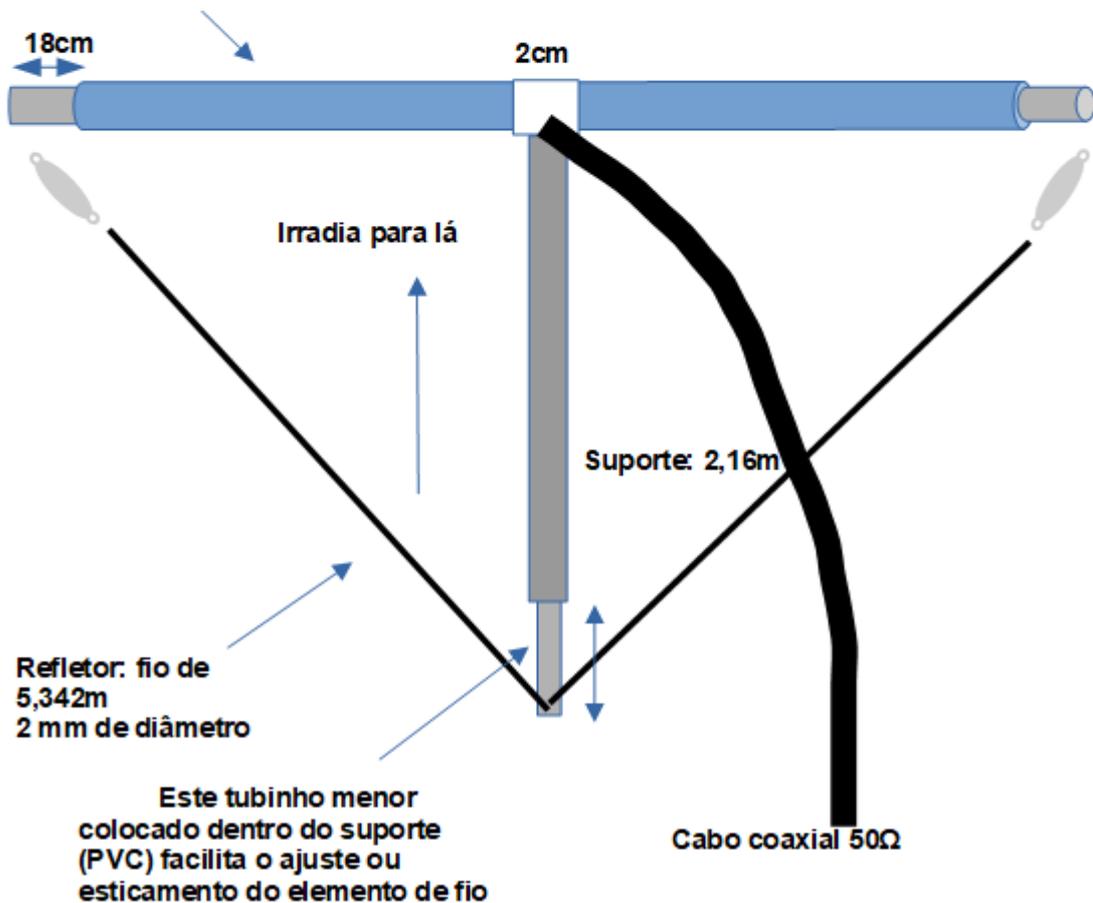
1. MILLMAN, Jacob; HALKIAS, Christos. **ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUITS**. 1ª edição. International Student Edition: McGraw-Hill Kogakusha LTD; 1967.
2. BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS E TEORIA DE CIRCUITOS**. 11ª edição. Pearson Education do Brasil LTDA; 2013.
3. BOHN, Dennis et al. **AUDIO HANDBOOK**. 1ª edição. National Semiconductor Corporation; 1976.
4. CIPELLI, ANTONIO MARCO VICARI; SANDRINI, WALDIR JOÃO. **TEORIA E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS**. 4ª edição. Distribuidora de Livros Érica LTDA; 1980.

**ANTENA JUNGLE JOB PARA 11 METROS**  
 - Jungle Job – quase 5dB de ganho -  
 Texto e desenhos: Ademir – PT9HP (ex PT9AIA)

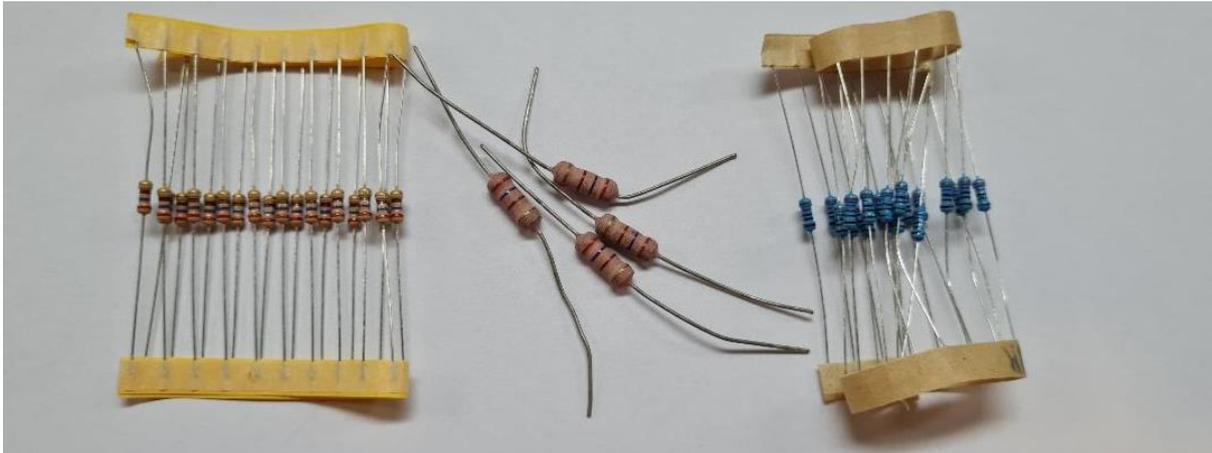
Varição de antena Yagi criada por Dick Bird G4-ZU. Esta antena, que apresentamos abaixo, é uma Yagi de dois elementos, sendo que a vareta maior – refletor – tem o formato de um V ou uma seta e está otimizada para 27.500Khz ou canal 50 da Faixa do Cidadão.

A antena dá um ganho de quase 5dB de relação frente-costas e é fácil de montar. Ela irradia em direção ao elemento menor, que no caso é o irradiante ou drive. Pode-se também funcionar ao contrário; no caso o irradiante será a “flecha” e o diretor menor. Os cálculos são os tradicionais:  $142,5/F$ , sendo a frequência em MHz. O refletor é de 3% a 5% maior que o irradiante e o diretor é sempre 3% a 5% menor em relação ao irradiante (drive)

Irradiante: tubo de alumínio de 4,85m com isolador no centro onde liga-se o coaxial



## Fundamentos de Eletrônica – Parte V



Alfredo Manhães\*

### Resistores

No artigo da edição anterior de Antena (dezembro/2020) tratamos das leis de Ohm e da resistência, grandeza cujo conceito é aplicado no desenvolvimento dos resistores, componentes utilizados nos circuitos eletrônicos.

Complementando o assunto falaremos das possibilidades de associação entre estes elementos.

### Função dos Resistores

O resistor é um dispositivo criado para controlar a passagem de corrente elétrica em um circuito, por meio de sua resistência. Neste processo há conversão de energia elétrica em energia térmica (calor), caracterizando o fenômeno físico denominado efeito Joule.

Os resistores são constituídos por materiais de alta resistência elétrica, também conhecidos como dielétricos. A simbologia usual desse componente é mostrada na figura 1.



Figura 1 – Simbologia padrão para resistores.

### Associação de Resistores

Na montagem de um circuito eletrônico pode ocorrer uma situação bastante comum, quando precisamos de um resistor com determinado valor de resistência, mas não dispomos do mesmo, seja por não o ter em estoque na bancada ou mesmo por não ser fabricado dentro do valor exato que buscamos.

\*Engenheiro de Computação

Uma possível solução para esse problema é associar dois ou mais resistores para que se obtenha o valor de resistência desejado. A figura 2 mostra uma associação de 6 resistores entre os pontos A e B, de valores  $R_1$  a  $R_6$ , submetidos a uma diferença de potencial  $U$  e a uma corrente  $I$ .

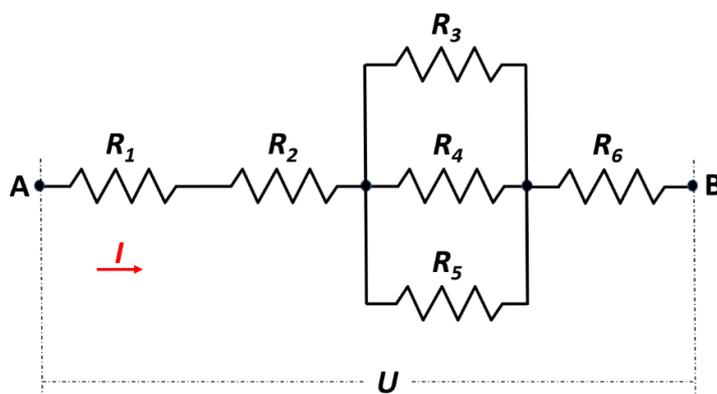


Figura 2 – Exemplo de uma associação de resistores.

Nas associações de resistores os componentes são interligados uns aos outros por seus terminais, havendo pontos de junção de dois ou mais ramos do circuito denominados “nós”.

Qualquer que seja a associação realizada, é necessário saber como obter a resistência equivalente do grupo de resistores associados, ou seja, qual é o valor que um único resistor teria para que substituísse toda a associação entre os pontos A e B, estando sujeito à mesma diferença de potencial e à mesma intensidade de corrente.

Os resistores podem ser interligados de várias maneiras e daremos ênfase às associações em série, paralelo e mista.

### Associação em Série

Na associação em série os resistores estão interligados de maneira que a corrente elétrica segue em uma única via. Sendo assim todos os resistores da associação são percorridos pela mesma corrente, embora cada um apresente uma diferença de potencial distinta. A resistência equivalente da associação é obtida pela soma dos valores das resistências (figura 3).

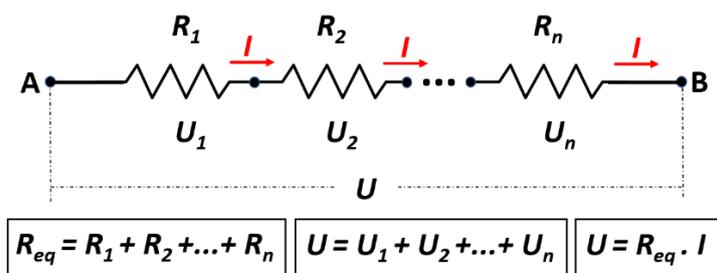


Figura 3 - Associação de resistores em série e respectivos cálculos.

A associação de resistores em série apresenta as seguintes características:

- A corrente elétrica é a mesma para todos os resistores.
- A diferença de potencial (**ddp**) nos extremos da associação é obtida pela soma das ddp em cada resistor.
- A resistência equivalente é obtida pela soma das resistências dos resistores associados.
- O resistor de maior resistência elétrica na associação estará submetido à maior ddp.
- O resistor de menor resistência elétrica apresenta a menor potência dissipada.
- A potência total é obtida pela soma das potências dissipadas por cada resistor.

Exemplo: determine a intensidade de corrente no resistor de 25 Ω no circuito a seguir.



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = 10 \Omega + 15 \Omega + 25 \Omega$$

$$R_{eq} = 40 \Omega$$

$$U = R_{eq} \cdot I$$

$$10 \text{ V} = 40 \Omega \cdot I$$

$$I = 0,25 \text{ A ou } 250 \text{ mA}$$

### Associação em Paralelo

Na associação em paralelo os resistores estão interligados de maneira que a corrente elétrica segue pelos nós em vias diferentes. Neste caso os resistores da associação são percorridos por correntes distintas, mas a diferença de potencial é a mesma em todos deles. Desta forma, para se obter a resistência equivalente é necessário obter por relação inversa a soma dos inversos dos valores das resistências (figura 3).

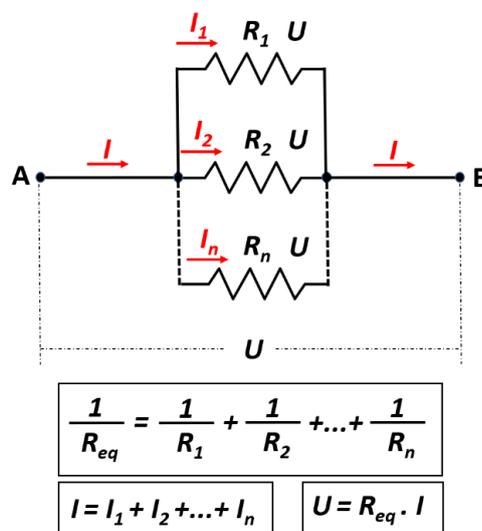


Figura 4 – Associação de resistores em paralelo e respectivos cálculos.

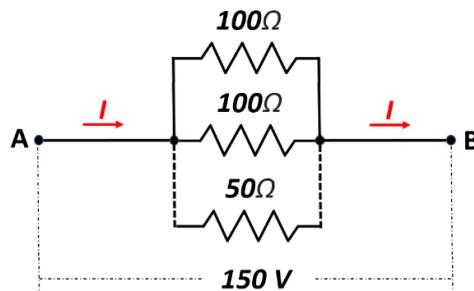
Quando uma associação em paralelo é composta por apenas dois resistores  $R_1$  e  $R_2$ , a resistência equivalente pode ser obtida por:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

A associação de resistores em paralelo apresenta as seguintes características:

- A ddp é a mesma para todos os resistores.
- A corrente elétrica da associação é a soma das correntes elétricas em cada resistor.
- O inverso da resistência equivalente é obtido pela soma dos inversos das resistências associadas.
- A maior corrente elétrica passa pela menor resistência.
- A potência elétrica é inversamente proporcional à resistência elétrica, e no menor resistor temos a maior dissipação de energia.
- A potência total consumida é a soma das potências consumidas em cada resistor.

Exemplo: determine a intensidade de corrente total no circuito e a potência dissipada no resistor de  $50 \Omega$ .



Corrente total no circuito

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$1/R_{eq} = 1/100 + 1/100 + 1/50$$

$$1/R_{eq} = 1/0,04$$

$$R_{eq} = 25 \Omega$$

$$U = R_{eq} \cdot I$$

$$150 = 25 \cdot I$$

$$I = 6 A$$

Corrente no resistor de  $50 \Omega$

$$U = R \cdot I$$

$$150 = 50 \cdot I$$

$$I = 3A$$

Potência no resistor de  $50 \Omega$

$$P = U \cdot I$$

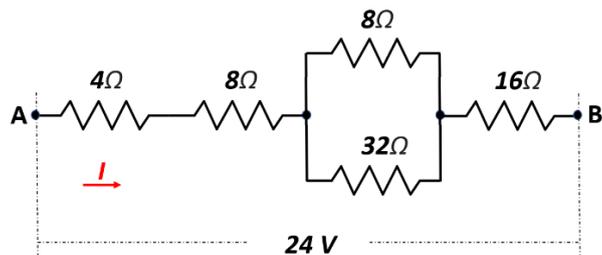
$$P = 150 \cdot 3$$

$$P = 450W$$

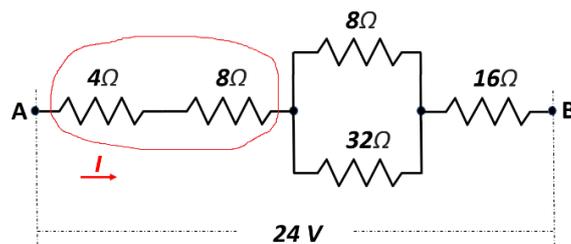
## Associação Mista

Na associação mista de resistores estão combinadas as associações em série e em paralelo. Para determinar a resistência equivalente é necessário resolvê-lo por partes e simplificar o circuito, de acordo com as associações que ele apresentar.

Exemplo: determine a intensidade de corrente total no circuito misto a seguir.



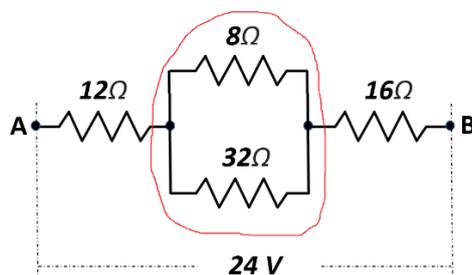
1ª etapa – associação em série



$$R_{eq} = 4 \Omega + 8 \Omega$$

$$R_{eq} = 12 \Omega$$

2ª etapa – associação em paralelo

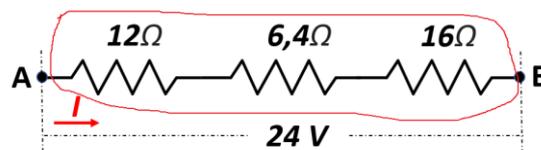


$$R_{eq} = (8 \cdot 32) / (8 + 32)$$

$$R_{eq} = 256 / 40$$

$$R_{eq} = 6,4 \Omega$$

3ª etapa – associação em série



$$R_{eq} = 12 \Omega + 6,4 \Omega + 16 \Omega$$

$$R_{eq} = 34,4 \Omega$$

4ª etapa – cálculo da corrente



$$U = R \cdot I$$

$$24 = 34,4 \cdot I$$

$$I = 0,7 \text{ A ou } 700 \text{ mA}$$

## Curto-Circuito

Observe o circuito mostrado na figura 5, destacando o resistor  $R_3$ .

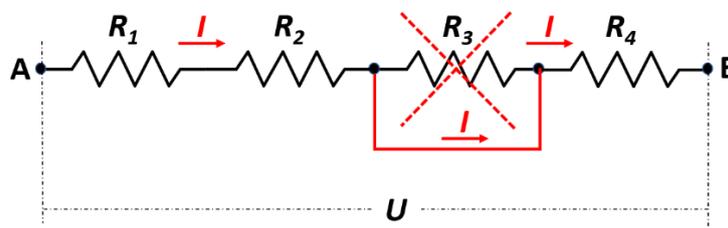


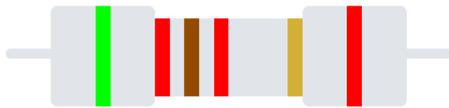
Figura 5 – Elemento em curto-circuito.

Observe que  $R_3$  está com seus terminais interligados por um condutor de resistência elétrica desprezível onde há corrente. Quando isso ocorre verificamos que o elemento está submetido a uma diferença de potencial nula e dizemos que ele está em curto-circuito. Em termos práticos, é como se o resistor não estivesse fazendo parte da associação.

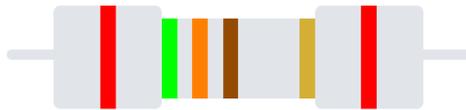
## Problema proposto

Agora que você já conhece os resistores, sabe identificá-los pelo código de cores e como associá-los, experimente montar algumas associações utilizando os resistores abaixo e alimentando os circuitos com uma ddp de 5 V. Procure obter os valores de corrente e potência dissipadas para exercitar seus conhecimentos.

R1



R2



R3



### Resistores de 6 faixas

1ª Faixa: Primeiro algarismo do valor da resistência

2ª Faixa: Segundo algarismo do valor da resistência

3ª Faixa: Terceiro algarismo do valor de resistência

4ª Faixa: Multiplicador para determinar a ordem da resistência (mil, milhão, etc.)

5ª Faixa: Tolerância do resistor

6ª Faixa: Coeficiente de temperatura em PPM/°C (PPM = Partes por milhão)

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância	Coef. de Temperatura
Preto	0	0	0	x 1 $\Omega$	+/- 1%	
Marrom	1	1	1	x 10 $\Omega$	+/- 2%	100 PPM/°C
Vermelho	2	2	2	x 100 $\Omega$		50 PPM/°C
Laranja	3	3	3	x 1K $\Omega$		15 PPM/°C
Amarelo	4	4	4	x 10K $\Omega$	+/- .5%	25 PPM/°C
Verde	5	5	5	x 100K $\Omega$	+/- .25%	
Azul	6	6	6	x 1M $\Omega$	+/- .1%	10 PPM/°C
Violeta	7	7	7	x 10M $\Omega$	+/- .05%	5 PPM/°C
Cinza	8	8	8			
Branco	9	9	9		+/- 5%	
Dourado				x .1 $\Omega$	+/- 10%	
Prateado				x .01 $\Omega$		

No próximo artigo continuaremos a explorar os fundamentos da eletrônica abordando um importante componente que é o capacitor.

Até lá!

# Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA Para Toca-Discos – Parte V



Álvaro Neiva\*

E um pouco de Teoria de Circuitos...

## Circuitos com impedâncias

### Associando impedâncias

Relembrando o número anterior, impedâncias podem ser associadas em série e paralelo, já vimos o caso dos resistores, que possuem **resistância**. Agora, vamos nos deter nos capacitores e indutores, que possuem **reatância**. Reatâncias são impedâncias com fase  $\pm 90^\circ$  e magnitude ou módulo que depende da frequência.

### Capacitores

Capacitores oferecem um valor de reatância com fase  $-90^\circ$  (corrente adiantada em relação à tensão), portanto não podem ser representados na mesma reta que os resistores. Podemos representar seus valores numa reta perpendicular à usada para os resistores, no sentido negativo.

Numa ligação em série, a corrente é a mesma em todos os elementos, sejam resistências, reatâncias ou impedâncias.

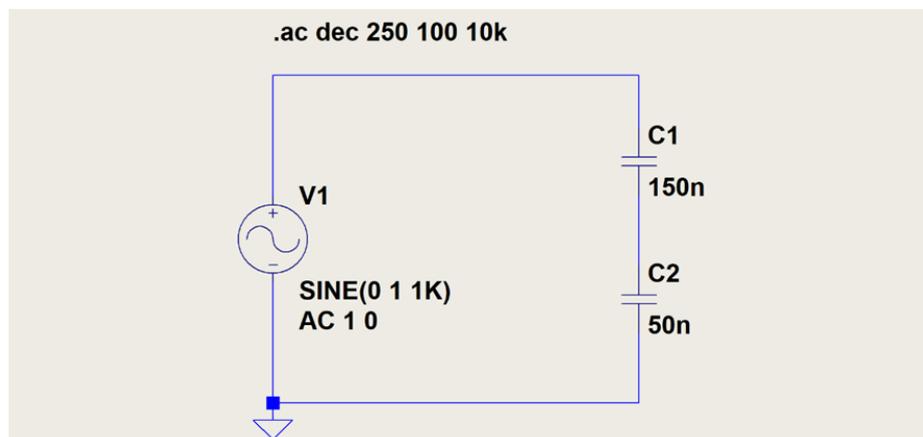


Figura 50

\*Engenheiro Eletricista

Então:

(Em **negrito** quantidades que dependem da frequência em módulo e fase)

$$I_{in} = I_{C1} = I_{C2}$$

$$U_{in} = U_{C1} + U_{C2} = I_{in} \cdot (Z_{C1} + Z_{C2})$$

$$Z_{eq} = \frac{U_{in}}{I_{in}} = (Z_{C1} + Z_{C2})$$

$$|Z_{C1}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1}, \text{ em ohms, } \theta_{ZC1} = -90^\circ \text{ em graus;}$$

$$|Z_{C2}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2}, \text{ em ohms, } \theta_{ZC2} = -90^\circ \text{ em graus;}$$

Na frequência de 1kHz:

$$|Z_{C1}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1} = \frac{1}{6283 \cdot 150 \cdot 10^{-9}} = 1061 \Omega$$

$$|Z_{C2}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} = \frac{1}{6283 \cdot 50 \cdot 10^{-9}} = 3183 \Omega$$

$$|Z_{C1}| + |Z_{C2}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} = \frac{(C_1 + C_2)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1 \cdot C_2} = 4244 \Omega$$

$$|Z_{C1}| + |Z_{C2}| = \frac{(C_1 + C_2)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1 \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{(C_1 + C_2)}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_{eq}}$$

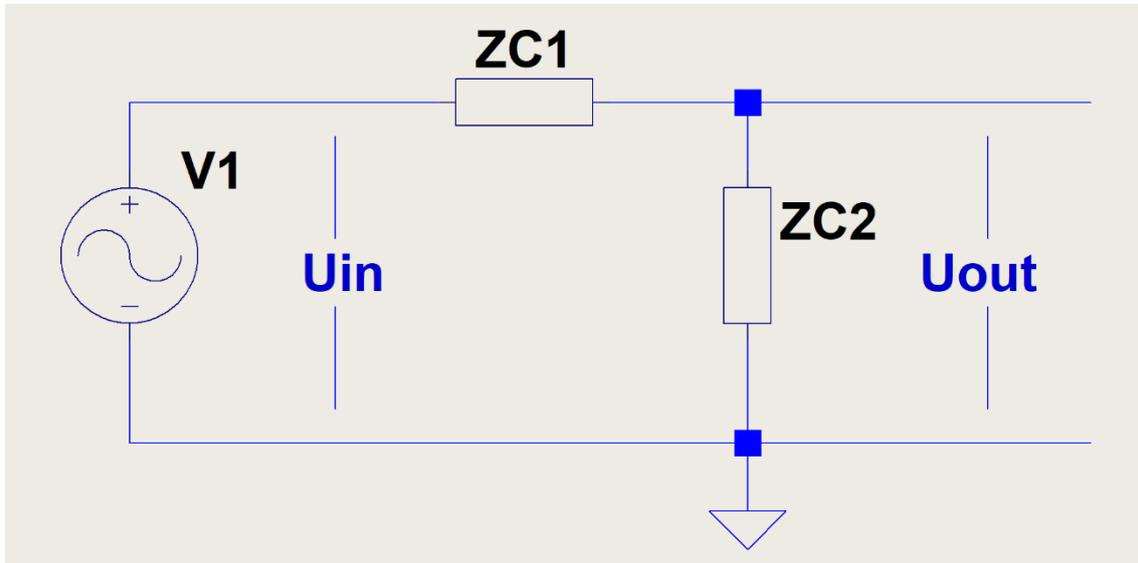
O que permite descobrir que a capacitância equivalente a dois capacitores em série será:

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{(C_1 + C_2)}$$

E as duas reatâncias tem o mesmo ângulo de fase, mas valores (módulos ou magnitudes) diferentes, na mesma frequência.

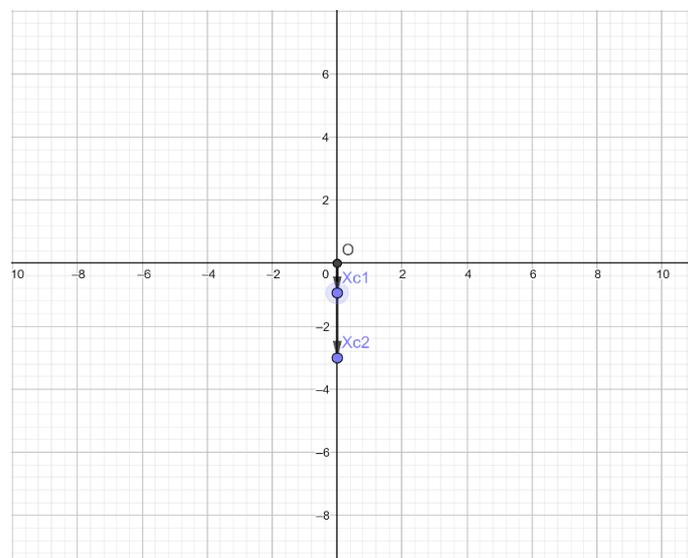
As tensões sobre os dois capacitores serão também diferentes, esse é um exemplo de um divisor de tensão reativo, não mais resistivo, e nesse caso, capacitivo.

$$U_{out} = U_{in} \cdot \frac{Z_{C2}}{(Z_{C1} + Z_{C2})}$$



Num plano Cartesiano\*, o eixo dos y tem um ângulo de  $90^\circ$  com o dos x, que pode ser usado para as resistências, então vamos associá-lo com as **reatâncias**. Uma **impedância** pode ser decomposta num valor de **resistência** e outro de **reatância**.

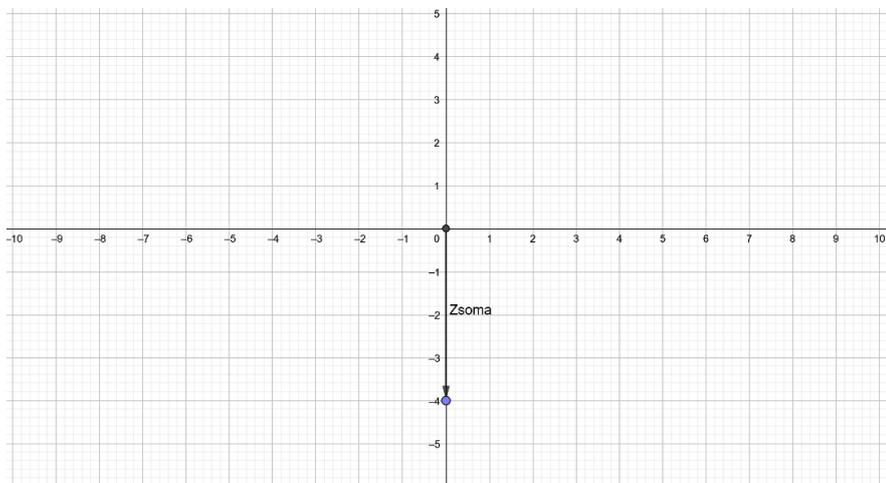
No gráfico abaixo (figura 51), o valor da reatância pura (em  $k\Omega$ ), na frequência de 1kHz, para cada um dos capacitores, C1 e C2, é plotada em separado:



**Figura 51**

\*Nome tirado do filósofo e matemático francês **René Descartes** (1596-1650), também conhecido por **Renatus Cartesius**, que criou a Geometria Analítica.

No gráfico abaixo, é plotada a soma das reatâncias puras, (em  $k\Omega$ ) na frequência de 1kHz, dos capacitores C1 e C2 (figura 52):

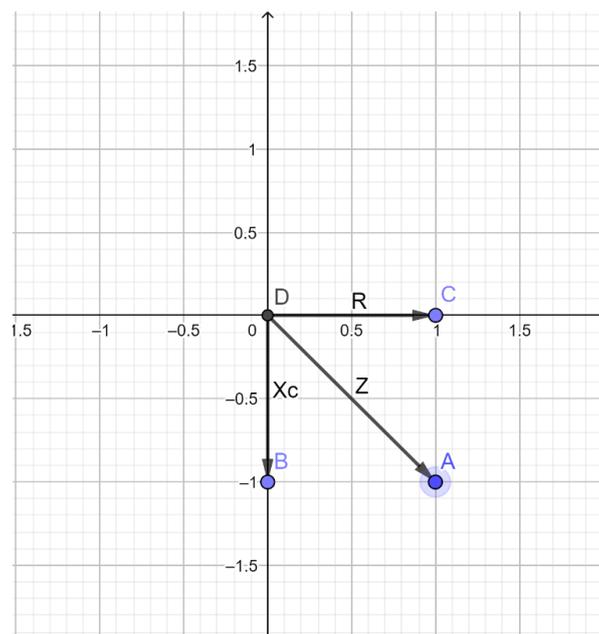


**Figura 52**

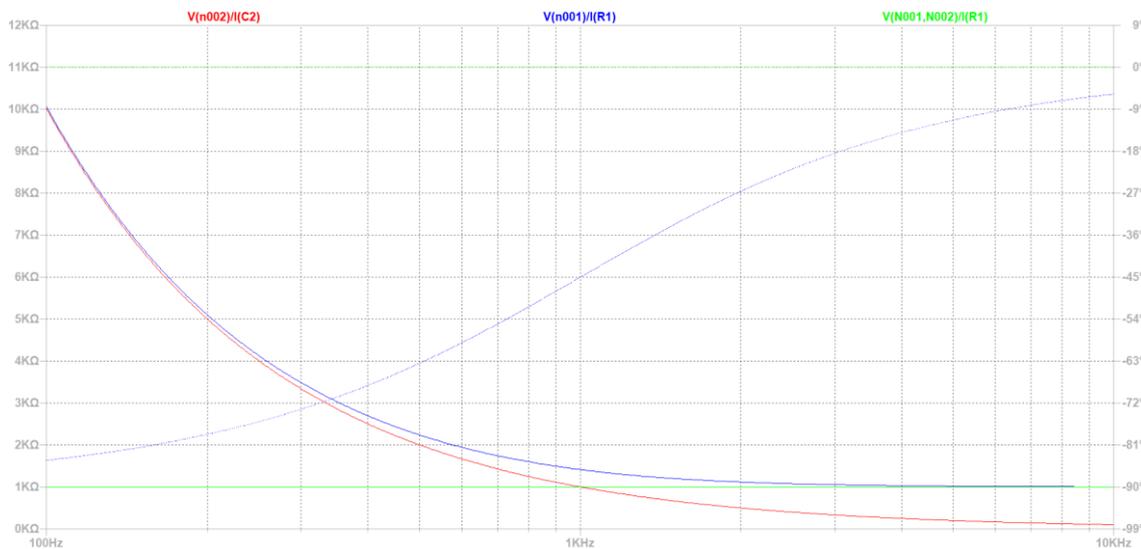
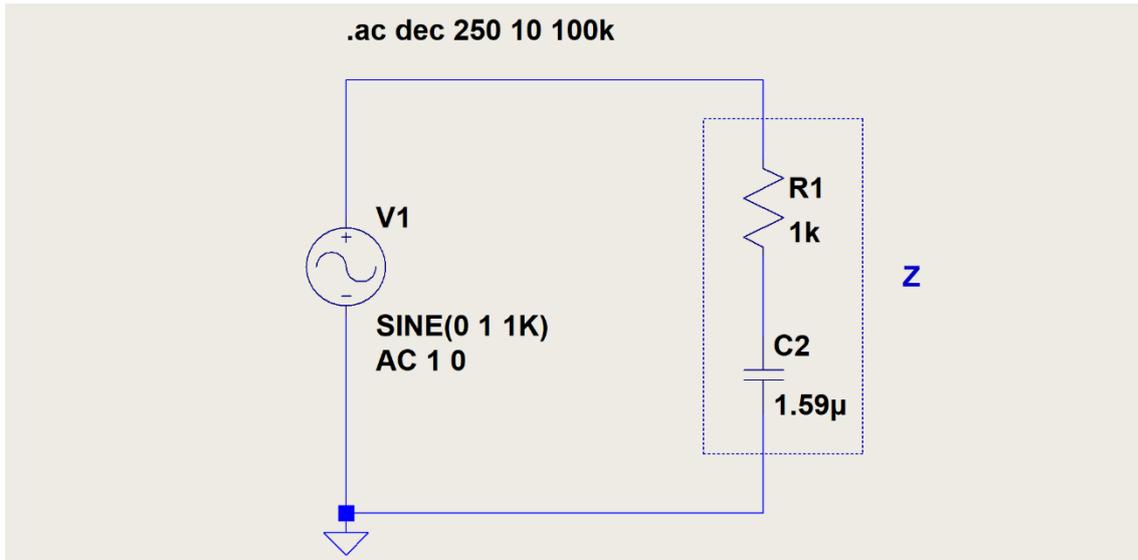
A visão gráfica é interessante, e permite obter o valor da soma de impedâncias em série, numa determinada frequência, em magnitude e ângulo.

Quando as impedâncias estão sobre o mesmo eixo e tem o mesmo sinal, multiplicar e dividir não será um problema..., mas e quando não estão?

Vamos ligar **em série** um resistor de  $1k\Omega$  e um capacitor com reatância de  $1k\Omega$  na frequência de 1kHz.



**Figura 53**



$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Ângulo de  $Z = \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$ , o sinal vai depender da natureza da impedância, capacitiva ou indutiva.

Calculando o valor para a impedância da figura 54 (valores em  $k\Omega$ ), na frequência de 1kHz:

$$R = 1k\Omega \quad (\text{Em verde})$$

$$|X| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 1,59 \cdot 10^{-6}} = 1k\Omega \quad (\text{Em vermelho})$$

$$|Z| = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1,414k\Omega \quad (\text{Em azul})$$

$$\theta = -\tan^{-1}\left(\frac{1}{1}\right) = -45^\circ, \text{ ou } -\frac{\pi}{2} \text{ radianos}$$

Como mostrado nas figuras 53 e 55.

Soma e subtração são operações fáceis de visualizar.

Mas é preciso multiplicar e dividir para usar as leis de Ohm e Kirchoff na análise de circuitos.

Voltando ao gráfico da figura 53, a impedância  $\mathbf{Z}$  pode ser considerada como um ponto no plano definido pelas duas retas, a das resistências e a das reatâncias.

**Isso nos leva a pensar nos Números Complexos!** 😞 🐼

Pode parecer assustador, mas é uma forma compacta de lidar com impedâncias... 😊

Podemos escrever:

$$\mathbf{Z} = R \pm jX$$

A impedância  $\mathbf{Z}$  pode ser representada por um número complexo  $\mathbf{Z}$ , composto por um valor no eixo que usamos para as resistências e outro valor no eixo das reatâncias, que tem um ângulo de  $90^\circ$  com o outro, isso indicado pela multiplicação por “ $j$ ”, um número que indica uma rotação de  $90^\circ$ , e que é definido por  $j \cdot j = j^2 = -1$ , ou uma rotação de  $180^\circ$  no plano formado pelas duas retas... em matemática, “ $j$ ” é a unidade imaginária que corresponde à  $\sqrt{-1}$ . Multiplicar por  $j$  equivale a girar  $90^\circ$  o ângulo da impedância, então:

$$j = \sqrt{-1}$$

$$j^2 = -1$$

$$j^3 = -\sqrt{-1}$$

$$j^4 = 1$$

Etc...

A álgebra das impedâncias é a mesma dos números complexos...

Isso quer dizer que valem as mesmas regras para fazer contas.

Para calcular a corrente que passa por uma impedância, precisamos expressar a tensão da fonte como um número complexo também (talvez, se chamássemos os complexos de números  $\mathbf{Z}$ , eles fossem menos intimidadores... 😊)

Valem então as operações de soma, subtração, multiplicação e divisão, da mesma forma que para os números reais, e as propriedades associativa e distributiva. Sempre lembrando que se somam as partes resistivas e reativas de forma correspondente.

Por exemplo:

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

$$Z_1 + Z_2 = (R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2)$$

Se

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_3 = R_3 - jX_3$$

$$Z_1 + Z_3 = (R_1 + R_3) + j(X_1 - X_3)$$

O que mostra que as reatâncias de impedâncias em série podem se anular numa determinada frequência, basta que as reatâncias tenham sinais opostos, restando apenas a resistência. Essa frequência será a **frequência de ressonância do circuito RLC série**.

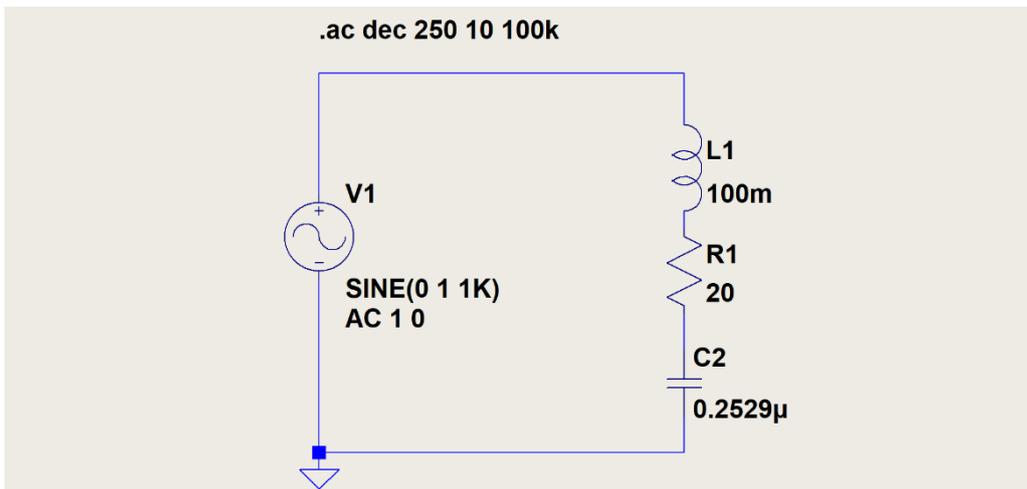


Figura 56

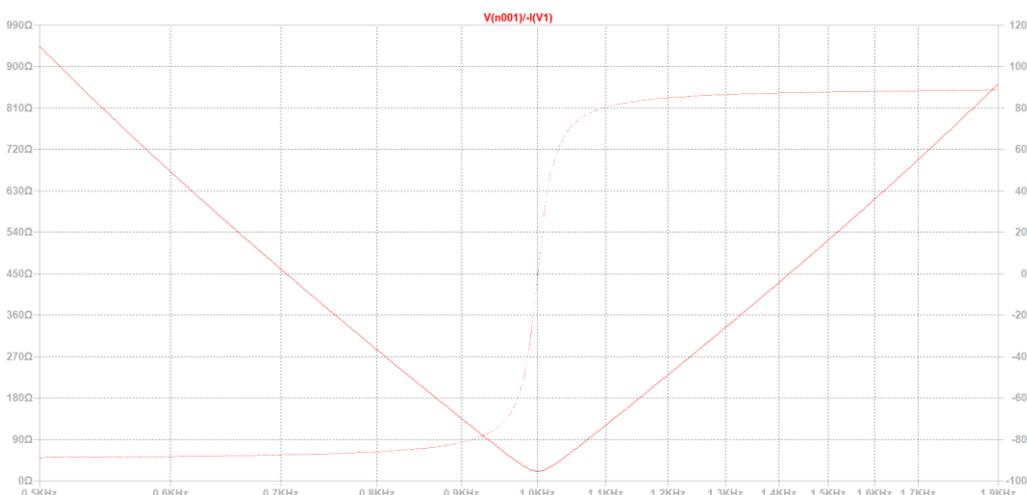


Figura 57

Observem que, do lado esquerdo da frequência de ressonância a impedância se comporta de forma capacitiva (módulo aumenta e fase tende a  $-90^\circ$ ), e do lado direito de forma indutiva (módulo aumenta e fase tende a  $+90^\circ$ ). Na frequência de ressonância o comportamento é resistivo (módulo constante e fase  $0^\circ$ ).

Essa vai ser uma impedância usada para fazer filtros rejeita-faixa.

Exemplo:

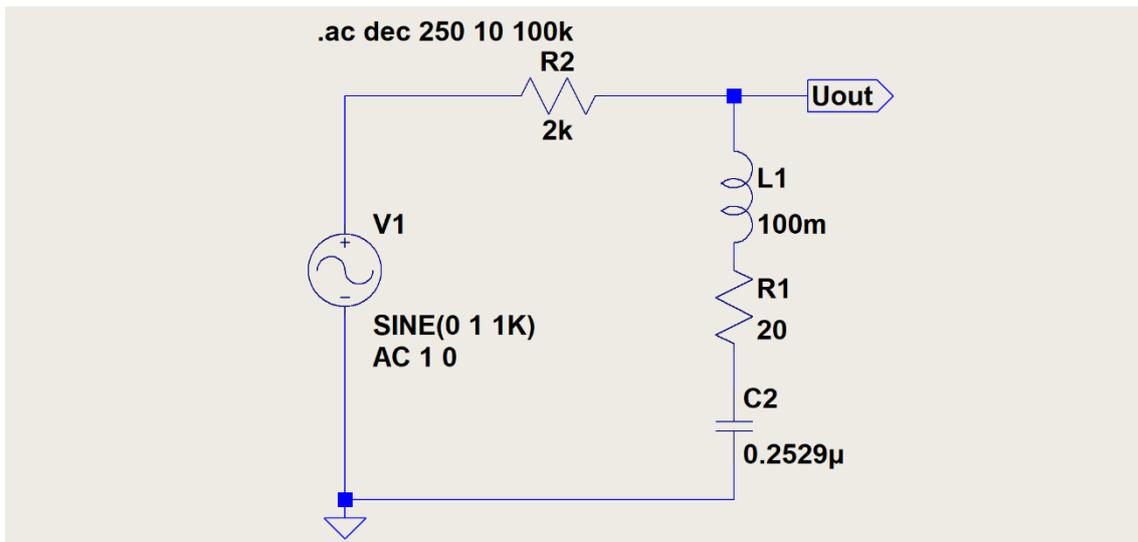


Figura 58

Ganho de tensão  $U_{out}/V1$ :

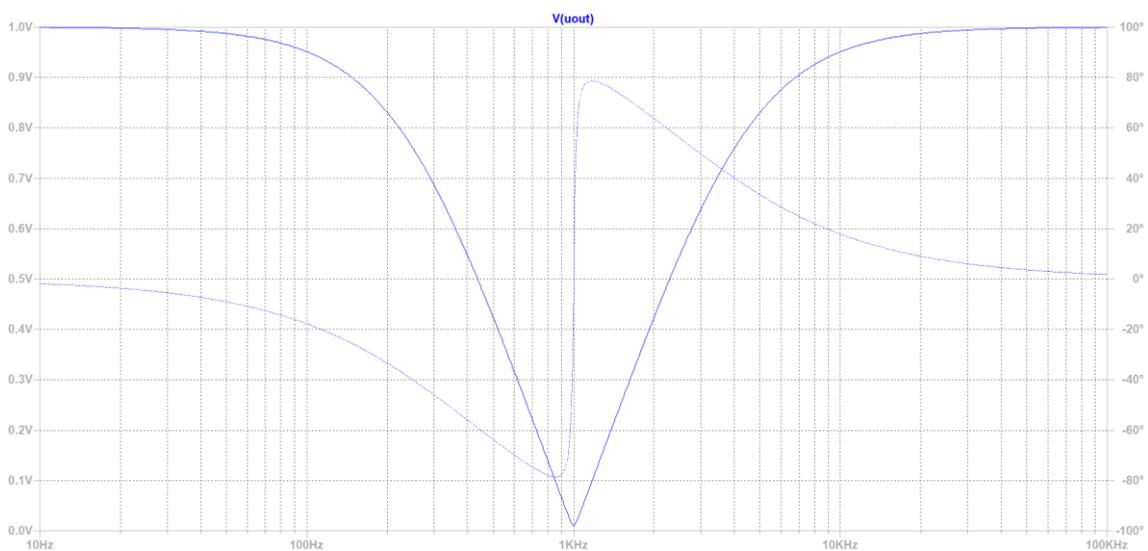


Figura 59

Ganho em dB:

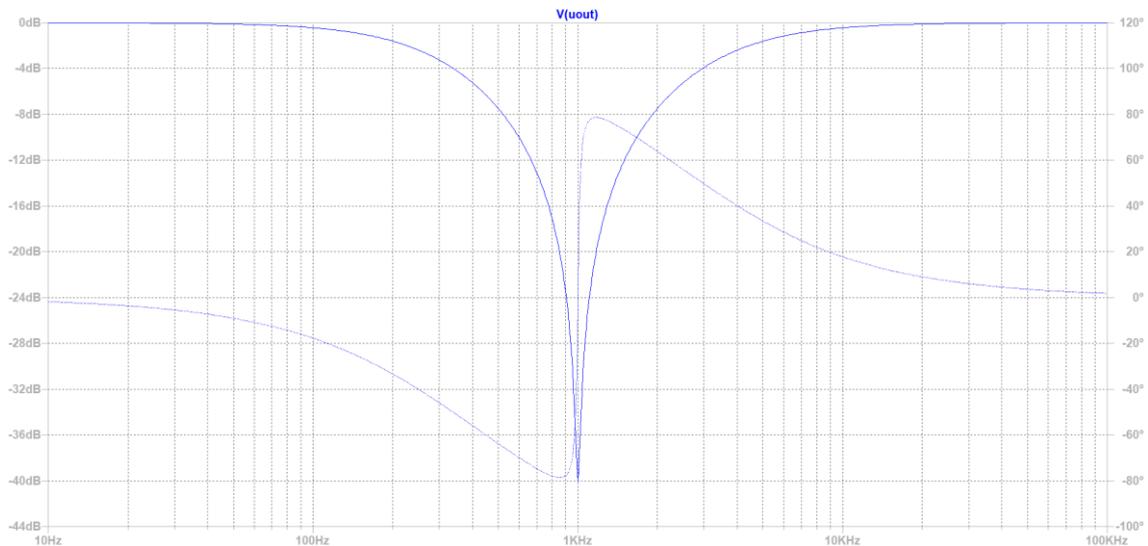


Figura 60

E começamos a ver que podemos usar impedâncias para criar circuitos seletores de frequência, os **filtros**.

Até o próximo artigo!

### Referências:

1. Bohn, Dennis, editor. **AUDIO HANDBOOK** 1<sup>st</sup> ed. National Semiconductor Corporation; 1976.
2. Holman, Tomlinson. **AUDIO**, "Dynamic Range Requirements of Phonographic Preamplifiers", July 1977.
3. Tomer, Robert B.; **Getting The Most Out of Vacuum Tubes**, 1<sup>st</sup> ed. Howard W. Sams & Co. Inc.; 1960.
4. Gray, Paul E.; Searle, Campbell L.; **Princípios de Eletrônica**, vol. 3, Circuitos Eletrônicos II; 1<sup>a</sup> edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.; 1974.
5. Zobel, O.J. (1923), **Theory and Design of Uniform and Composite Electric Wave-filters**. Bell System Technical Journal, 2: 1-46. doi:[10.1002/j.1538-7305.1923.tb00001.x](https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1923.tb00001.x)
6. Cauer, W, "**Die Verwirklichung der Wechselstromwiderstände vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit**", *Archiv für Elektrotechnik*, vol 17, pp355–388, 1926. **The realisation of impedances of prescribed frequency dependence (in German)**.
7. Maloberti, Franco; Davies, Anthony C.; **A Short History of Circuits and Systems**. River Publishers, 2016. © IEEE 2016.
8. Kuo, Frank F., **Network Analysis and Synthesis**, John Wiley & Sons, 1966.
9. Daryanani, Gobind, **Principles of Active Network Synthesis and Design**, Bell Laboratories, John Wiley & Sons, 1976.

10. Van Valkenburg, M. E., **Introduction to Modern Network Synthesis**, John Wiley & Sons, 1960.
11. Tedeschi, Frank P.; **The Active Filter Handbook**, Tab Books, 1979.
12. Stephenson, Frederick William; et al, **RC Active Filter Handbook**, John Wiley & Sons, 1985.
13. Close, Charles M.; **Circuitos Lineares**, (*The Analysis of Linear Circuits*); tradução: Ana Lucia Serio de Almeida, José Abel Royo dos Santos e José Carlos Goulart de Siqueira (Escola Federal de Engenharia de Itajubá); Copyright © 1966 by Harcourt, Brace Jovanovitch, Inc.; Copyright © 1975 by LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.
14. Desoer, Charles A.; Kuh, Ernest S.; **Teoria Básica de Circuitos** (*Basic Circuit Theory*); tradução: Carlos Peres Quevedo; Copyright © 1969 by McGraw-Hill, Inc.; Copyright © 1979 Ed. Guanabara Dois

## Análise do Amplificador WB505

Marcelo Yared\*

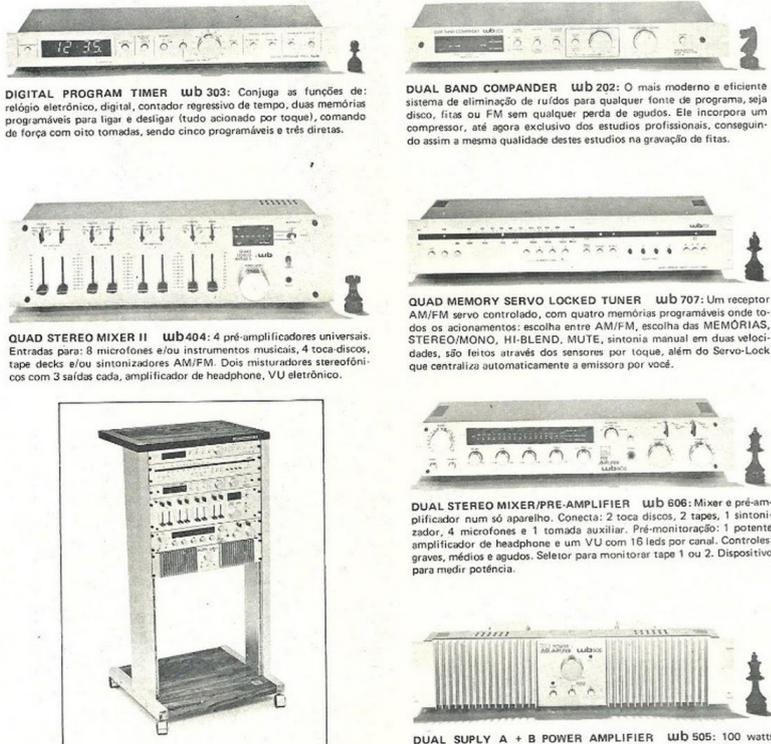
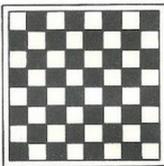
Iniciando o novo ano, vamos mostrar a recuperação e os testes do amplificador WB 505, da WB Electronics.

Os produtos da WB Electronics, que não teve uma vida longa no mercado brasileiro de áudio, foram comercializados de meados da década de 1970 até meados da década de 1980. A empresa tinha uma linha de produtos tradicionais para uso doméstico, tais como amplificador, pré, sintonizador etc, mas também oferecia equipamentos diferenciados, com funções normalmente não disponíveis em outras marcas nacionais. Produziu equipamentos não relacionados a áudio, como um computador de bordo para veículos.

Podemos ver, abaixo, sua linha em um informe comercial, reproduzido em <http://vintage7080.blogspot.com/2017/02/wb-01.html>

*à venda em todo Brasil*

# Xeque Mate



**DIGITAL PROGRAM TIMER w/b 303:** Conjuga as funções de: relógio eletrônico, digital, contador regressivo de tempo, duas memórias programáveis para ligar e desligar (tudo acionado por toque), comando de força com oito tomadas, sendo cinco programáveis e três diretas.

**DUAL BAND COMPANDER w/b 202:** O mais moderno e eficiente sistema de eliminação de ruídos para qualquer fonte de programa, seja disco, fitas ou FM sem qualquer perda de agudos. Ele incorpora um compressor, até agora exclusivo dos estúdios profissionais, conseguindo assim a mesma qualidade destes estúdios na gravação de fitas.

**QUAD STEREO MIXER II w/b 404:** 4 pré-amplificadores universais. Entradas para: 8 microfones e/ou instrumentos musicais, 4 toca-discos, tape decks e/ou sintonizadores AM/FM. Dois misturadores estéreo com 3 saídas cada, amplificador de headphone, VU eletrônico.

**QUAD MEMORY SERVO LOCKED TUNER w/b 707:** Um receptor AM/FM servo controlado, com quatro memórias programáveis onde todos os acionamentos: escolha entre AM/FM, escolha das MEMÓRIAS, STEREO/MONO, HI-BLEND, MUTE, sintonia manual em duas velocidades, são feitos através dos sensores por toque, além do Servo-Lock que centraliza automaticamente a emissora por você.

**DUAL STEREO MIXER/PRE-AMPLIFIER w/b 606:** Mixer e pré-amplificador num só aparelho. Conecta: 2 toca-discos, 2 tapes, 1 sintonizador, 4 microfones e 1 tomada auxiliar. Pré-monitoração: 1 potente amplificador de headphone e um VU com 16 leds por canal. Controles: graves, médios e agudos. Seletor para monitorar tape 1 ou 2. Dispositivo para medir potência.

**DUAL SUPPLY A + B POWER AMPLIFIER w/b 505:** 100 watts RMS sobre 8 Ohms por canal. Baixa potência em classe "A" puro e alta potência em classe "B". Sistema de dissipação de potência frontal. Indicador de pico, um circuito de proteção contra curtos; dois sistemas de caixas acústicas.

**RACK:** A fixação dos aparelhos se dá através de porcas deslizantes em guias de duralumínio (sistema patentado pela WB).

**wb**  
QUALIDADE  
PROFISSIONAL

**wb**  
eletrônica <http://vintage7080.blogspot.com>

\*Engenheiro Eletricista

Havia compressores/expansores, temporizadores e mesmo o sintonizador da empresa era diferente, com um sistema de sintonia com servomecanismo.

O desenho industrial também era diferente e os equipamentos formavam um conjunto muito bonito no rack da WB.

Antenna analisou o WB303 (temporizador) em setembro de 1979, o WB404 (misturador) em dezembro de 1979 e o WB202 (compressor/expansor) em setembro de 1980.



Destaca-se no equipamento seu desenho, bonito e com aparência de robustez.

Trata-se de um amplificador bem simples nas funcionalidades, conta com um controle de nível, chave de força e seletores para dois sistemas de falantes. A propaganda cita um indicador de pico de sinal, que não existe no painel do amplificador analisado.



O painel traseiro tem o necessário para sua operação e, adicionalmente, oferece tomadas de rede elétrica não comutadas e saída de baixo nível para medidores de VU.

Os grandes transformadores de força ficam fora do chassis, o que não era muito comum nos produtos brasileiros de então.

Não há muita informação disponível na Internet sobre a WB e seus produtos e mesmo na época havia poucas informações. Antenna de março de 1978 noticiava que eram feitos pela Micrologic, talvez em OEM, pois relataram também uma visita à empresa e entrevistas com seus gestores.

Os produtos WB — e esta informação é quente — são realmente produzidos pela Micrologic Ltda., cá de São Paulo. Firma que será bem cedo visitada por Mani, para informar o que vai lá por dentro... Dos equipamentos, é claro!

O fato é que a WB teve apenas uma linha, que vendeu relativamente bem, mas sumiu após alguns anos. Os panfletos publicitários diziam que os produtos da WB ostentavam “qualidade profissional”. Vamos verificar isso também.

## RESTAURAÇÃO

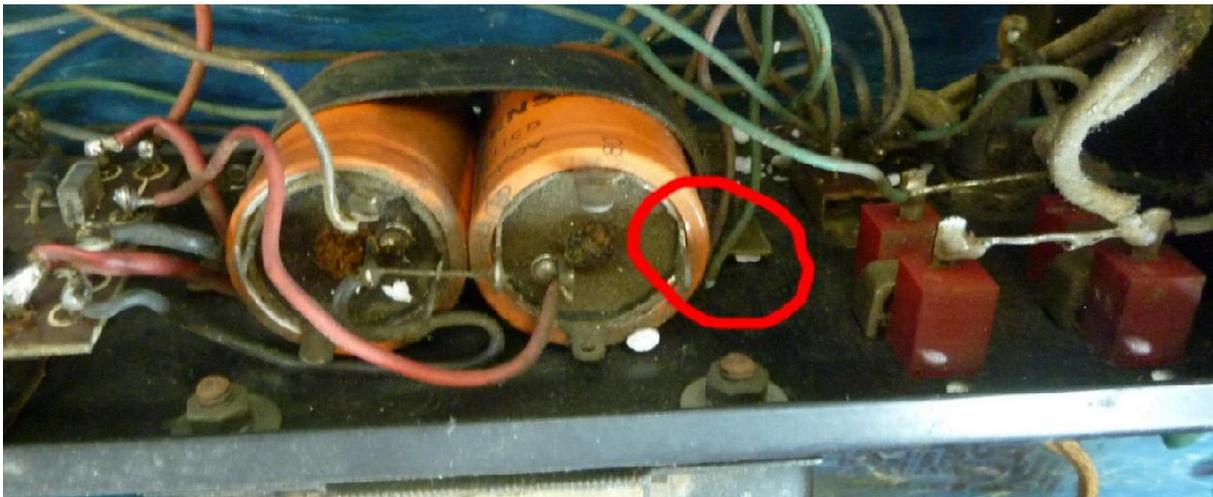
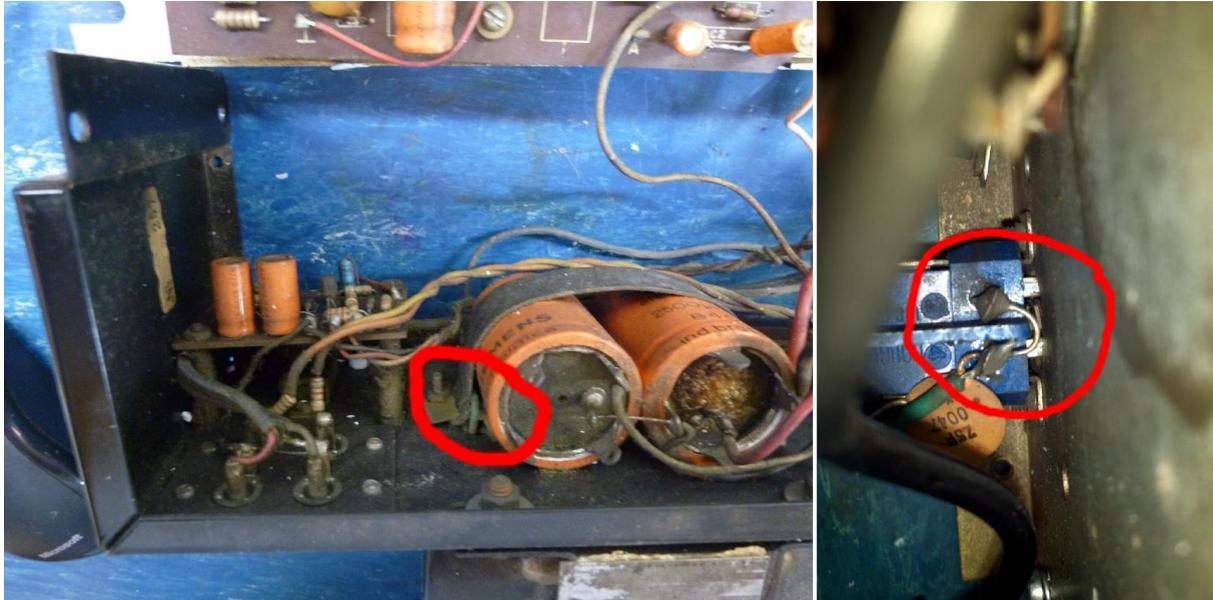


O equipamento desta análise teve que passar por uma boa reforma, pois estava há muito parado, com defeitos e sem o knob de volume. Coloquei outro e refiz a serigrafia do painel.

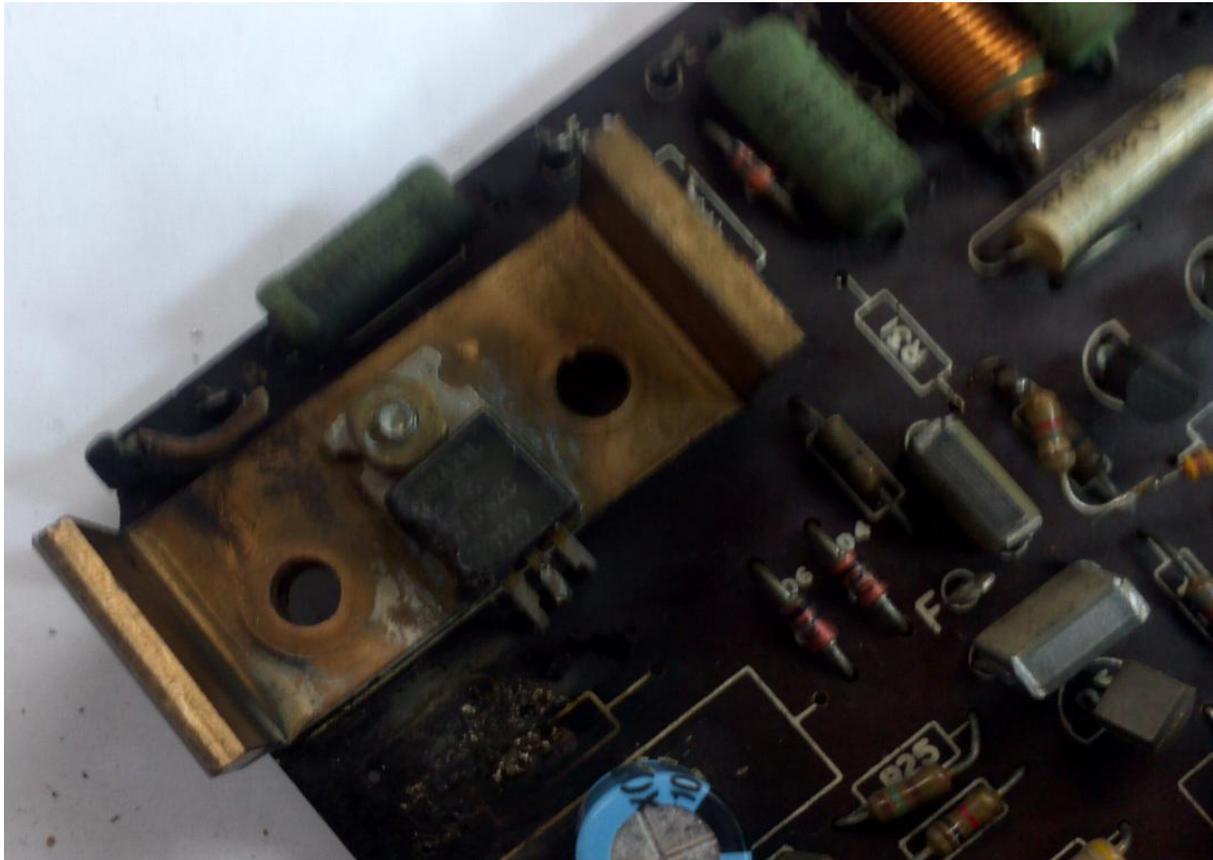
Na desmontagem para limpeza e conserto começamos a perceber melhor as condições de projeto.

Quanto a isso, a montagem, infelizmente, pelas fotos, mostra problemas; as marcações em vermelho indicam fiação da linha de alimentação (110/220VAC) sem nenhuma proteção e sendo "mordida" pelos acabamentos mecânicos e pelo chassis metálico do aparelho, bem como o interruptor de CA, tomadas internas etc sem ne-

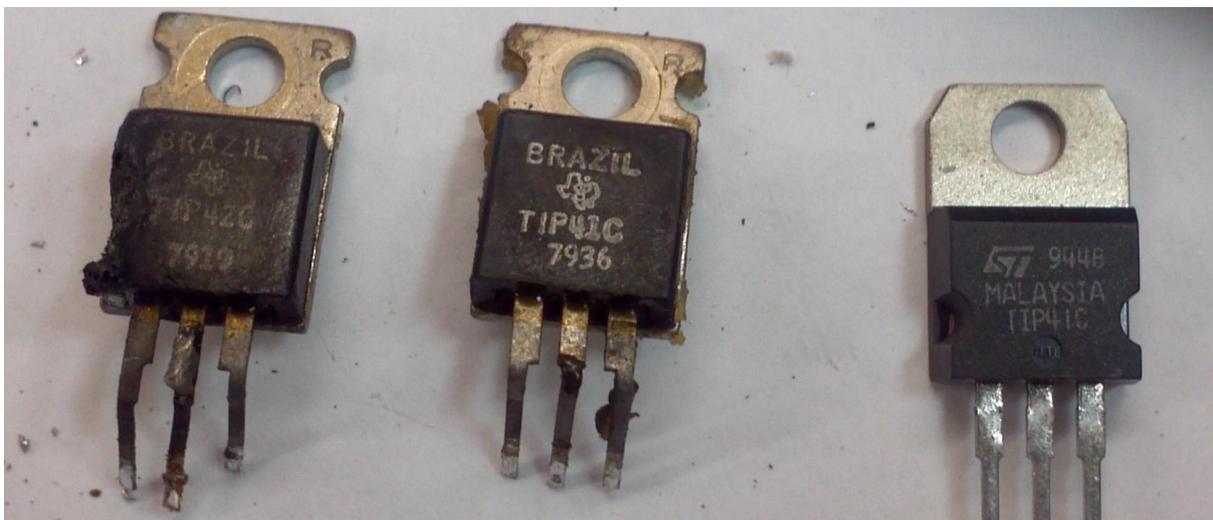
nhum isolamento e ficando, no caso do interruptor, a um ou dois milímetros de distância do chassi. Não creio que na época, mesmo no Brasil, esse tipo de montagem passasse em qualquer teste de segurança mais severo.

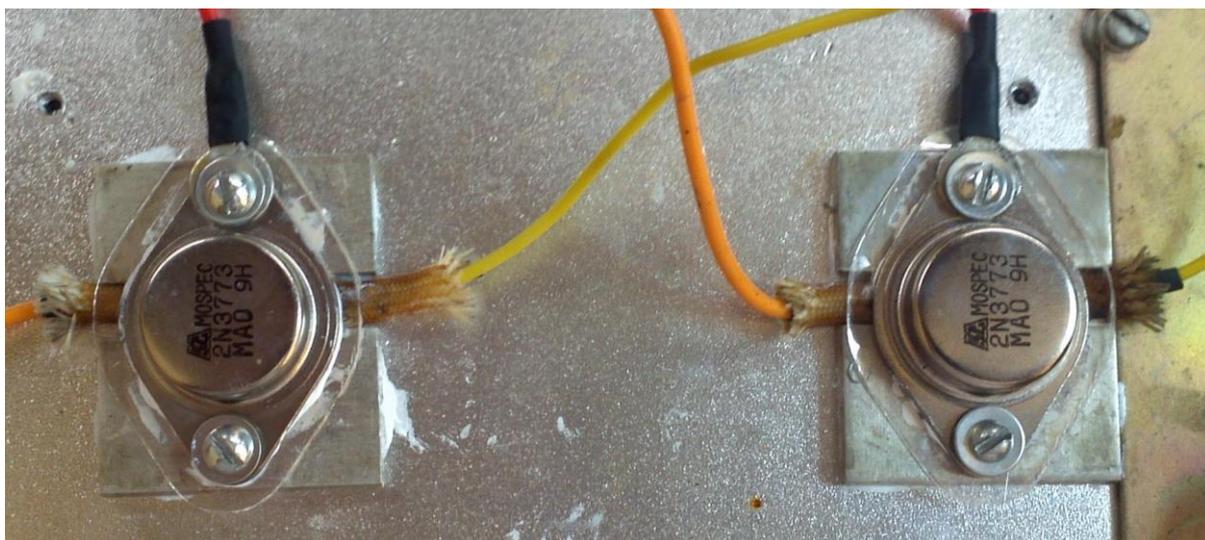


Os circuitos de amplificação também mostravam danos e alguma manutenção efetuada, com marcas de derretimento e carbonização em componentes.

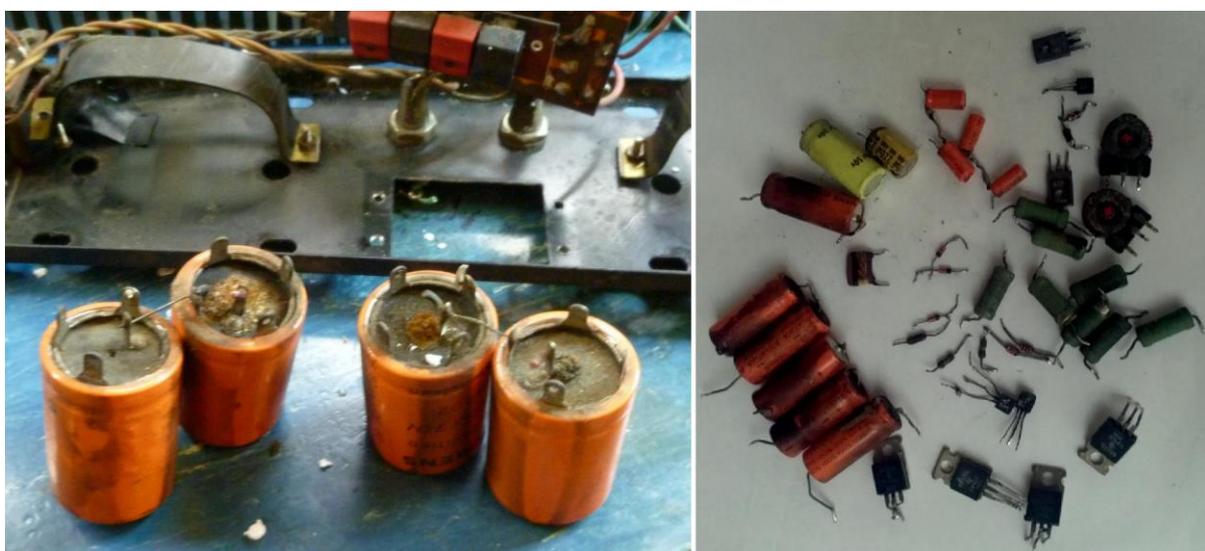


Os transistores de potência que vieram no amplificador eram MJ15015, que são similares aos 2N3055, exceto pela robustez (VCE melhor), e seriam adequados, porém eu desconfio que eram falsos, pois os que estavam bons antes do reparo não aguentaram os testes de carga. Troquei-os por 2n3773, Mospec, que ficaram muito bons e são típicos da época. Todos os demais transistores foram substituídos por originais, ainda disponíveis facilmente no mercado.





Foi feita também a troca de todos os capacitores eletrolíticos.



## MODIFICAÇÕES

Apesar das ideias inovadoras adotadas, creio que a execução poderia ter sido melhor, com mais atenção às questões de segurança e mecânicas, mas temos que nos lembrar de que as regras e cuidados com essas coisas, no Brasil, há 40 anos atrás, eram diferentes...

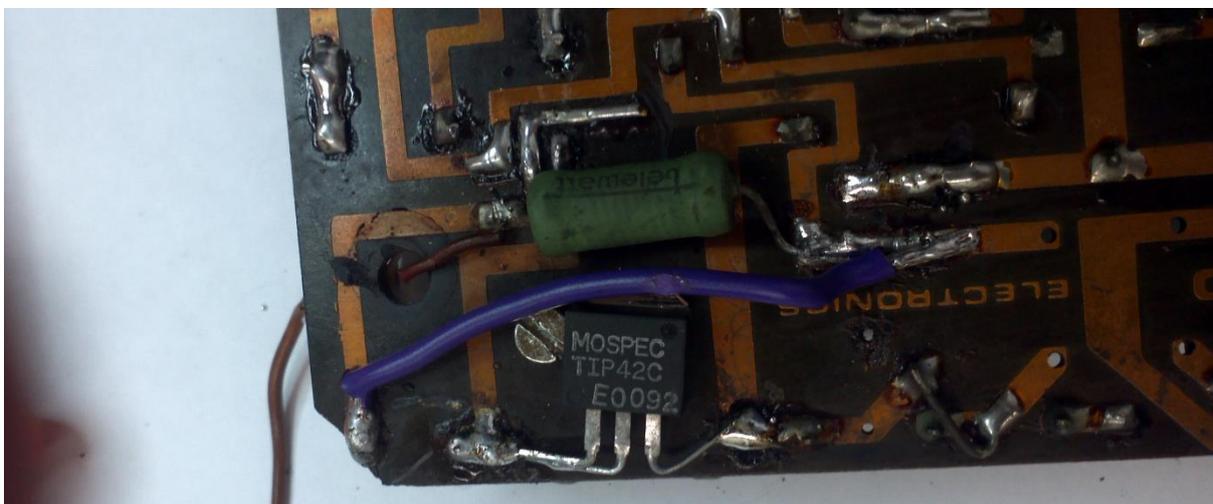
Como os capacitores eletrolíticos modernos são bem menores que os da época, resolvi fazer placas em fibra de vidro para acomodá-los.

E, apesar de o chassi ser um pouco apertado, aproveitei para colocar também um circuito de proteção de DC à saída. Não altera o projeto e é uma garantia a mais para seu uso.



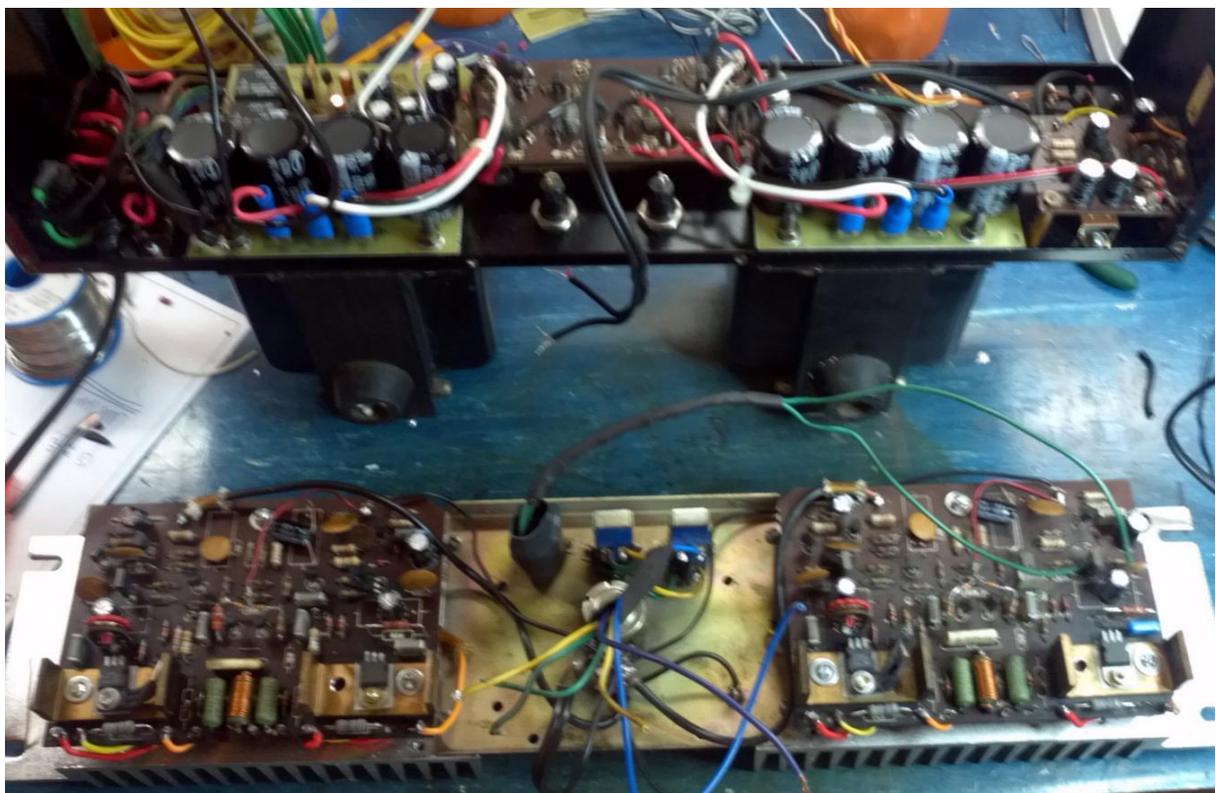
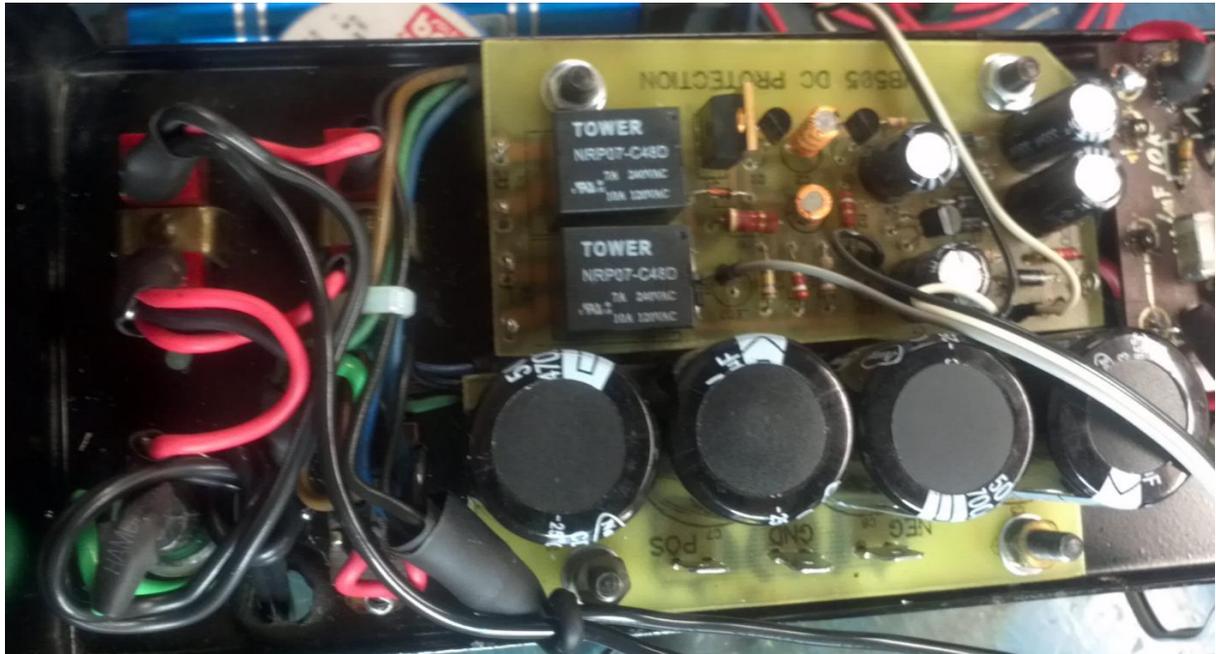
O projeto é convencional para amplificadores de média para boa qualidade do começo a meados da década de 70 e apresenta características boas.

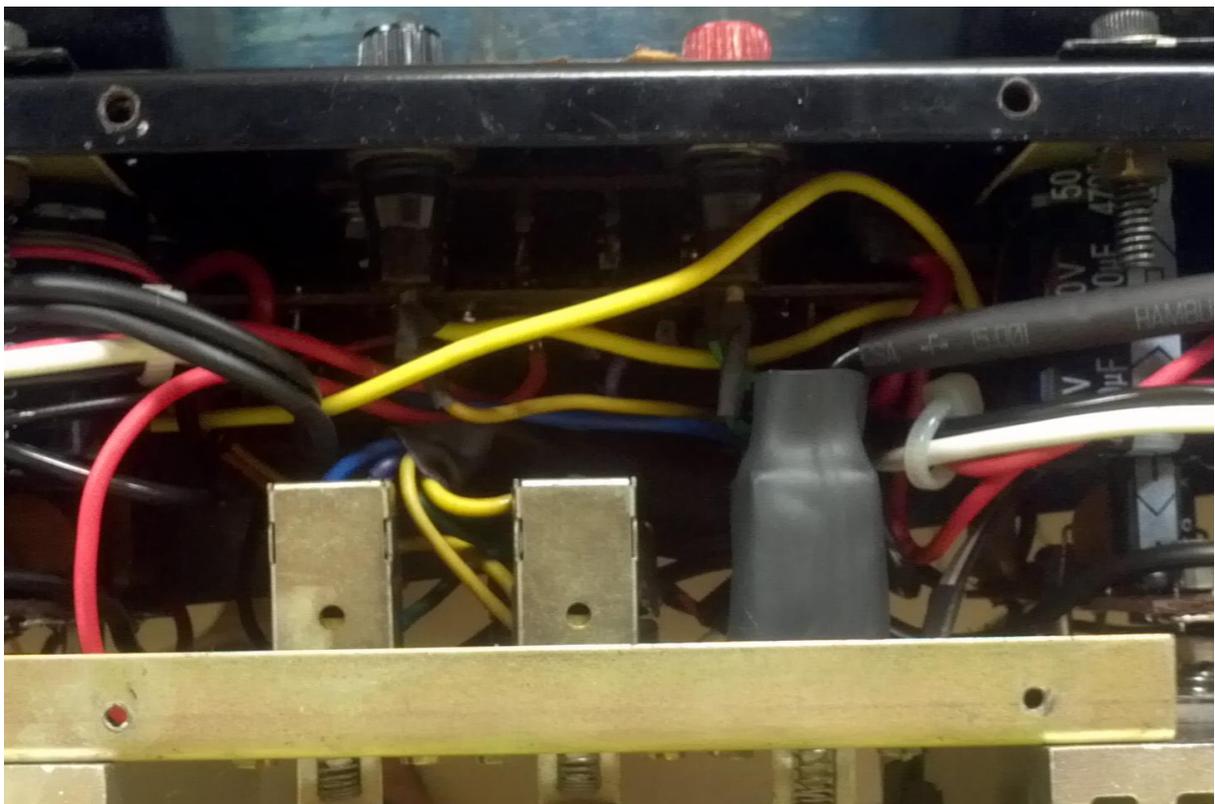
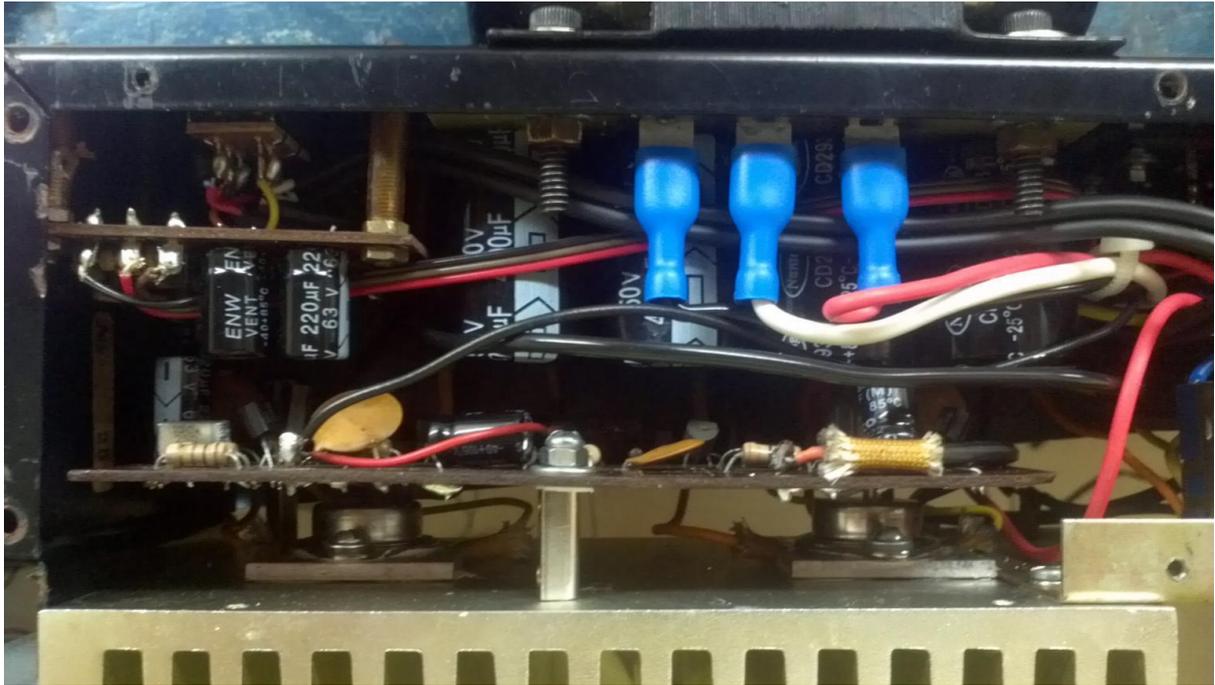
Um ponto interessante é que o circuito adotado (em simetria quase complementar) utilizava um diodo em configuração sugerida por Baxandall (P. Baxandall - Radio, TV & Audio Technical Reference Book, 1977) para melhorar a linearidade na região de crossover. Já que estava reparando o amplificador, substituí o diodo por um transistor de mesmo modelo do driver ao qual ele está conectado, em configuração conhecida como transdiodo, conforme sugestão do próprio Baxandall também, pois as características de junção de diodos, apesar de similares, não são idênticas às dos transistores, e essa mudança melhora a linearidade na região de transição, um dos "calos" dessa configuração.



Aliás, levantei o diagrama esquemático da etapa de potência e ele segue no fim do artigo, caso alguém precise para manutenção no aparelho. Aumentei a capacitância de filtro de 5000uF para aproximadamente 10000uF por malha, pois havia espaço na placa.

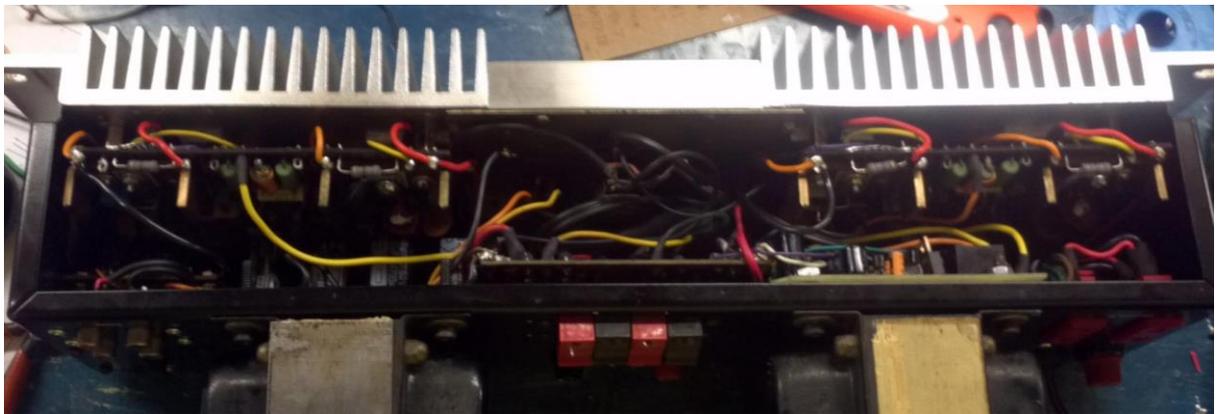
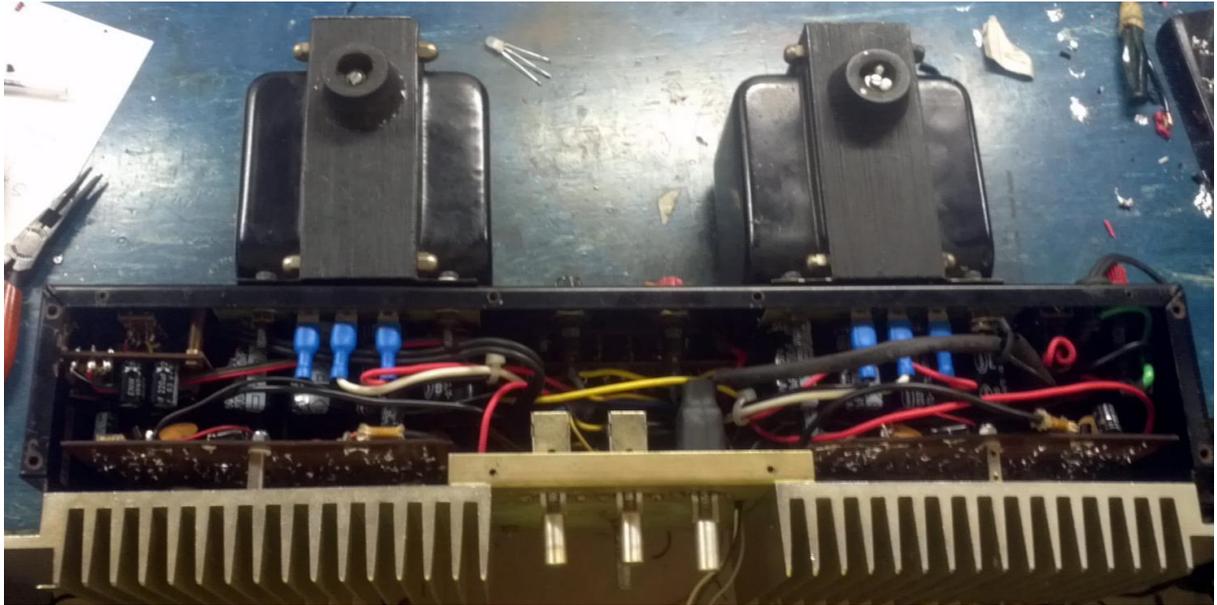
Verifiquei e ajustei corretamente a corrente de repouso, para evitar “torrar” novamente o circuito. As buchas isoladoras estavam torradas, literalmente, nos drivers.





Toda a fiação foi refeita e os pontos onde há CA da rede elétrica foram devidamente isolados.

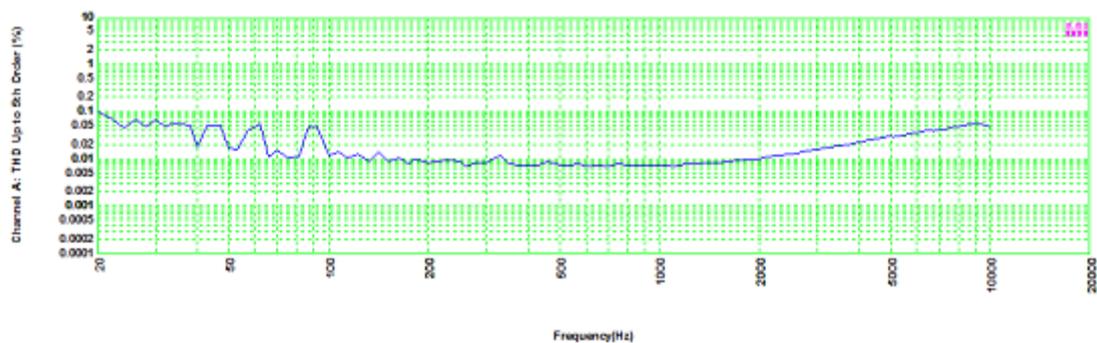
Após os ajustes, remontamos o equipamento e o preparamos para as medições de suas características elétricas, em rede de 240VCA/60Hz.



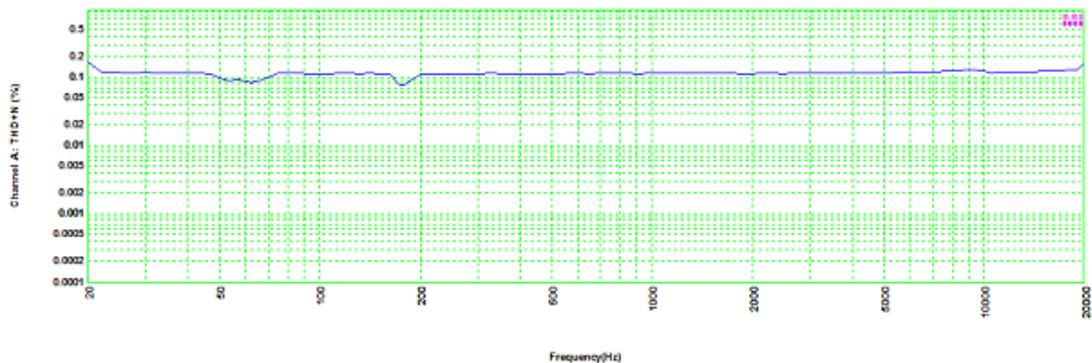
# MEDIÇÕES

Comparando com as informações do site Audiorama.com.br, temos:

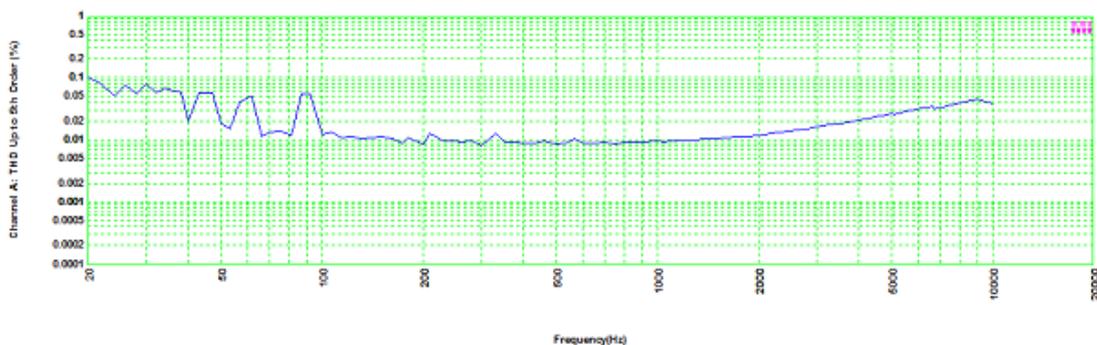
	Bancada	Audiorama
Potência de Saída Contínua em 8Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	85W	100W
Potência de Saída Contínua em 4Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	132W	160W
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 1W	Vide Gráfico	Não Informado
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 10W	Vide Gráfico	Não Informado
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω Máxima Potência	0,05%	Não Informado
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 1W	0,054%	Não Informado
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 10W	0,16%	Não Informado
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω Máxima Potência	0,32%	Não Informado
Relação Sinal-Ruído a 1kHz/8Ω 67W	-72dB	-90dB
Resposta em Frequência de 20Hz a 30kHz a 10W/8Ω	-2dB a -2dB	-1dB a -1dB
Fator de Amortecimento a 1kHz/8Ω 1W	120	50
Slew Rate a 1kHz/8Ω	10V/μs	50V/μs
Diafonia (Crosstalk) a 1kHz/8Ω 10W	-63dB	Não Informado



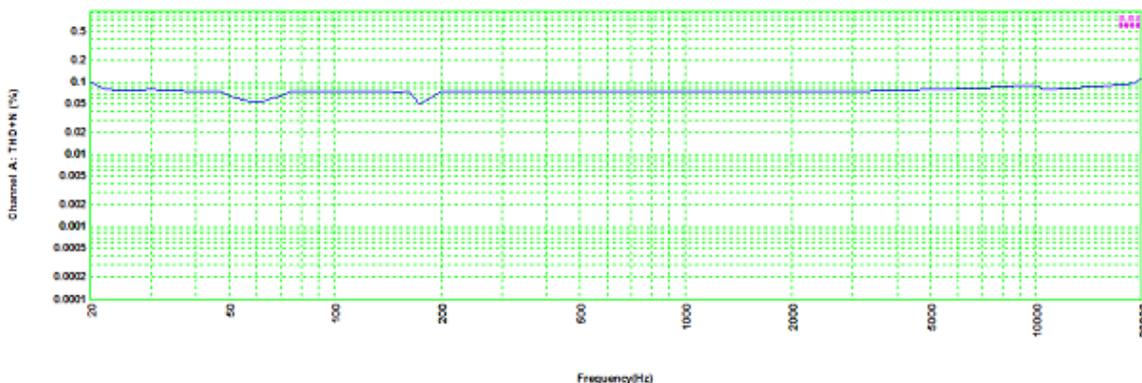
**Distorção Harmônica Total a 1W/8Ω**



**Distorção Harmônica Total + Ruído a 1W/8Ω**



**Distorção Harmônica Total a 10W/8Ω**



**Distorção Harmônica Total + Ruído a 10W/8Ω**

Quando fiz a análise original, faz algum tempo, medi a potência de saída a 220VCA de tensão de rede. Observei, mais tarde, que isso leva a discrepâncias em relação a equipamentos antigos, pois as medidas a 120VCA equivalem, na maior parte dos casos, às feitas em 240VCA.

Com isso, os valores, que eram de 67W em 8 ohms e 113W em 4 ohms, subiram e chegaram mais próximos aos especificados. Em cidades com redes elétricas mais modernas, em 220VCA, a potência real será um pouco menor.

Os valores medidos são bons para a época. DHT e DHT+ruído estão com valores adequados e bastante baixos; a diafonia tem um bom valor, que poderia ser melhor para um equipamento com fontes independentes; fator de amortecimento excelente e “*slew rate*”, apesar de muito inferior ao especificado, adequado. A DI é que destoa dos demais parâmetros, em altas potências. A resposta em frequência é bem plana e satisfatória.

A temperatura dos dissipadores, frontais e, portanto, alcançáveis facilmente pelas mãos de qualquer um, chegou facilmente a 65 graus Celsius no teste de potência. Em níveis normais, ou mesmo altos, de audição residencial, tudo bem, mas esse amplificador não se presta a serviço contínuo em alta potência, sem ventilação forçada.

Podemos concluir que o WB505 apresenta características técnicas adequadas e um projeto ousado em design, mas peca na sua construção, que poderia ser melhor. Aliás, na análise do misturador WB404 em Antenna, esses pecados de qualidade construtiva já haviam sido observados.

Um abraço e até a próxima!

