

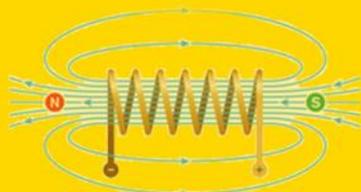
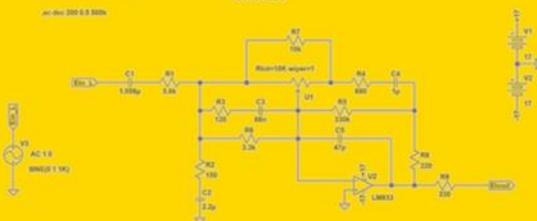


TVKX

include potentiometer_standard.lib

at the 200 0.0 500k

LOUDNESS



20043201



NÚMERO 8/21 (1220)

AGOSTO 2021

antenna

ELETRÔNICA - SOM - TELECOMUNICAÇÕES

SAE Scientific Audio Electronics, Inc. **2200** STEREO POWER AMPLIFIER



NESTE NÚMERO:

Não Jogue No Lixo

O Amplificador SAE 2200

Loudness - Circuito Prático

Caixas Acústicas e Alto-Falantes

ANTENNA – Uma História – Capítulo VIII

Recuperando um Amplificador da Década de 1970

Fundamentos da Eletrônica VIII - Eletromagnetismo

Radioamadorismo - Configurando Programas Para Modos Digitais

Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA Para Toca-Discos

antenna

Número 8/21 – agosto/2021 – Ref. 1220

NOTAS DA EDIÇÃO – Prezados leitores, agosto é o mês **dourado**, para nos lembrar da importância do leite materno e da amamentação. [Neste link](#), podemos nos informar melhor sobre essa importante etapa da vida das mães e dos recém-nascidos.

Lembramos, novamente, que o sucesso das montagens aqui descritas depende muito da capacidade do montador, e que estes e quaisquer outros circuitos em Antenna são protótipos, devidamente montados e testados, entretanto, os autores não podem se responsabilizar por seu sucesso, e, também, recomendamos **cuidado ao manipular-se as tensões secundárias e da rede elétrica comercial. Pessoas sem a devida qualificação técnica não devem fazê-lo ou devem procurar ajuda qualificada.**

SUMÁRIO

4 - ANTENNA – Uma História – Capítulo VIII.....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
7 - CQ-RADIOAMADORES – Configurando Programas Para Modos Digitais.....	<i>Ademir – PT9HP</i>
16 – Caixas Acústicas e Alto-Falantes - II.....	<i>João Yazbek</i>
22 - Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA Para Toca-Discos – Parte XII.....	<i>Álvaro Neiva</i>
27 - TVKX – O Palpiteiro.....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
32 – Loudness – Uma História - Parte II.....	<i>Álvaro Neiva</i>
47 – Não Jogue No Lixo.....	<i>Paulo Brites</i>
51 - Análise do Amplificador SAE 2200.....	<i>Marcelo Yared</i>
65 – Fundamentos da Eletrônica VIII - Eletromagnetismo.....	<i>Alfredo Manhães</i>
77 – Recuperando um Amplificador da Década de 1970.....	<i>Marcelo Yared</i>

ANTENNA – Uma História - Capítulo VIII

Jaime Gonçalves de Moraes Filho*

Como vimos anteriormente, o Rádio Clube do Brasil, que inicialmente transmitia diretamente da Estação da Praia Vermelha, passou a funcionar com o prefixo SQ-1B no prédio da Repartição dos Correios, situado no Largo do Machado. No entanto, apesar das adaptações, a qualidade musical não atingia os padrões desejados, o que levou Elba Dias a procurar um local onde pudesse construir um estúdio adequado.

Após uma série de adaptações, a emissora mudou-se para parte do prédio do “Lyceu de Artes e Offícios”, onde também funcionava o jornal O Globo, ocupando todo o terceiro andar do imóvel localizado na Rua Bithencourt da Silva 21, no Centro da Cidade (ao lado da antiga Galeria Cruzeiro), local ocupado atualmente pelo prédio da Caixa Econômica .



Foto 1

Prédio do Rádio Club do Brasil No terceiro andar a inscrição Rádio Club do Brasil

* Professor de Física e Engenheiro de Eletrônica

Com uma área total de 300 metros quadrados, incluía o Salão Social, o Estúdio com 80 metros quadrados e uma Central Técnica. Os sinais eram levados até o transmissor da Praia Vermelha através de cabos telefônicos, prática utilizada por diversas estações até o final da década de 1960, quando foi substituída pelos “links” de FM.

Segundo depoimento de Elba Dias, “Possantes alto-falantes, os maiores produzidos pela International Western Electric, collocados em suas janellas, reproduzem para as immediações, compreendendo o Largo da Carioca, as Ruas 13 de Maio e Bithencourt da Silva (Ponto Chic) e Galeria Cruzeiro, todos os seus programmas, ao mesmo tempo em que oferece ao publico a oportunidade de controlar as suas transmissões”.

Felizmente, pouco tempo depois o prefeito Alfredo Agache proibiu tal prática.



Foto 2

Vista parcial dos estúdios do Rádio Clube - Ao piano o Maestro Affonso Hungerer

Uma das dependências do prédio, frequentemente visitada pelos associados, era a Sala de Leitura, onde se reuniam os entusiastas da Radiodifusão, não só para discutirem assuntos ligados ao rádio, mas principalmente para folhear as revistas (em sua maioria, estrangeiras) ligadas à construção e à manutenção de aparelhos rádio receptores.



Foto 3

Sala de Leitura do Rádio Clube do Brasil Onde Antenna começa a surgir

A maioria dos títulos era de origem estrangeira, tal como a *Radio Craft*, *Radio News*, *QST* e a *Wireless Age*, porém, havia a “Rádio” e a “Electron”, publicadas pela Rádio Sociedade, que serviram de inspiração a Elba Dias para que o Rádio Club do Brasil também tivesse um órgão oficial de imprensa.

Através de uma correspondência enviada À Rádio Sociedade, observamos que, desde janeiro de 1926, já existia oficialmente a Revista Antenna, como veremos no próximo capítulo.



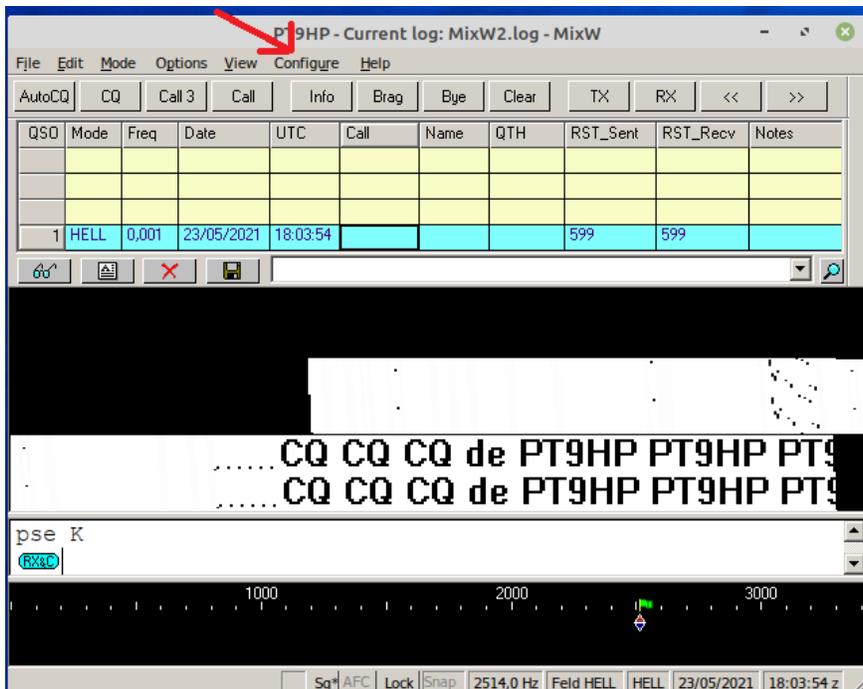
CONFIGURANDO PROGRAMAS PARA MODOS DIGITAIS

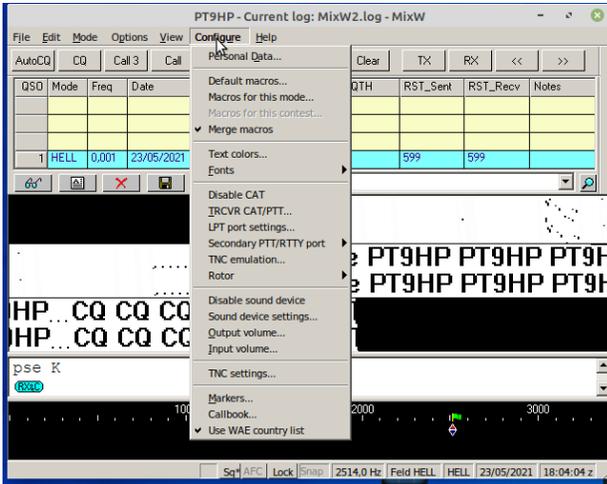
Ademir – PT9HP

Existem vários programas para a transmissão em modos digitais e a configuração deles tem tudo a ver se você será bem sucedido ou não. Um dos erros mais comuns e que impedem o programa de funcionar corretamente, é a configuração errada.

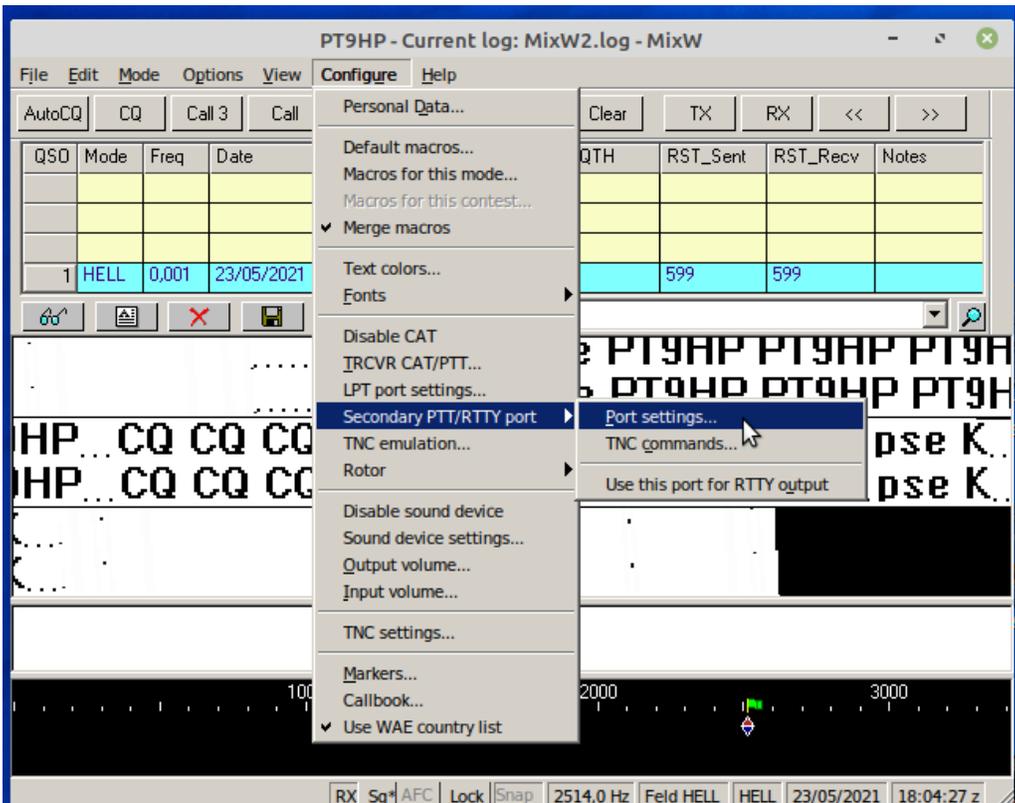
Vamos tomar por exemplo os programas mais comuns, gratuitos e que têm funcionamento garantido. Alguns são dedicados a uma determinada modalidade, mas outros permitem a você usar várias delas em um único programa.

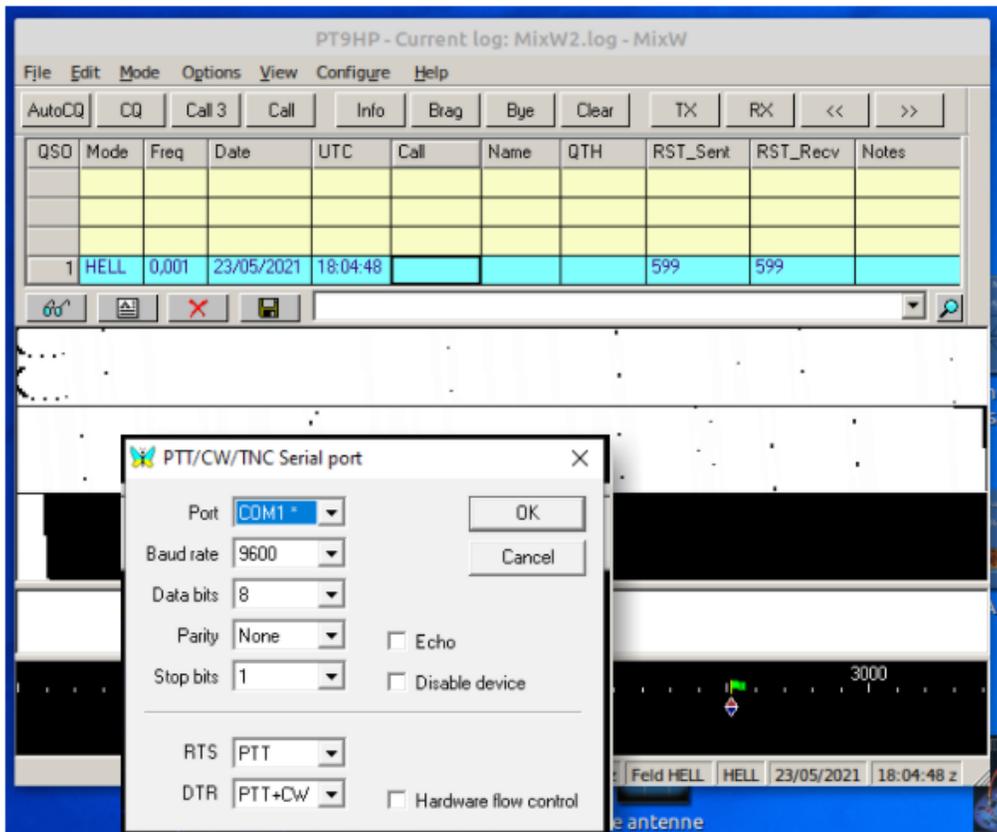
Nosso primeiro exemplo é o **MixW**, um dos melhores e que temos usado com sucesso. Quando você o instala, ele pede para preencher uns campos onde você coloca seu indicativo, grid locator e outros dados. Mas o importante para começar a brincadeira é abrir o menu “configure”.





Aqui está o segredo do seu sucesso ou fracasso: configurar corretamente a porta serial de seu computador (se tiver!) Clique em “Secondary PTT/RTTY port”. Vai abrir um sub menu onde você escolhe trabalhar os sinais DTR ou RTS. Veja que, na interface modificada, usamos a porta DTR, que corresponde ao pino 4 do conector DB-9.





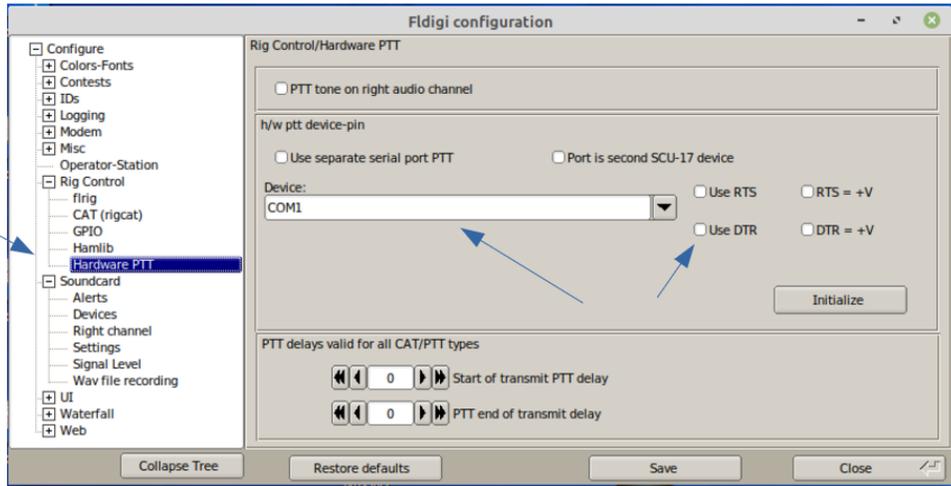
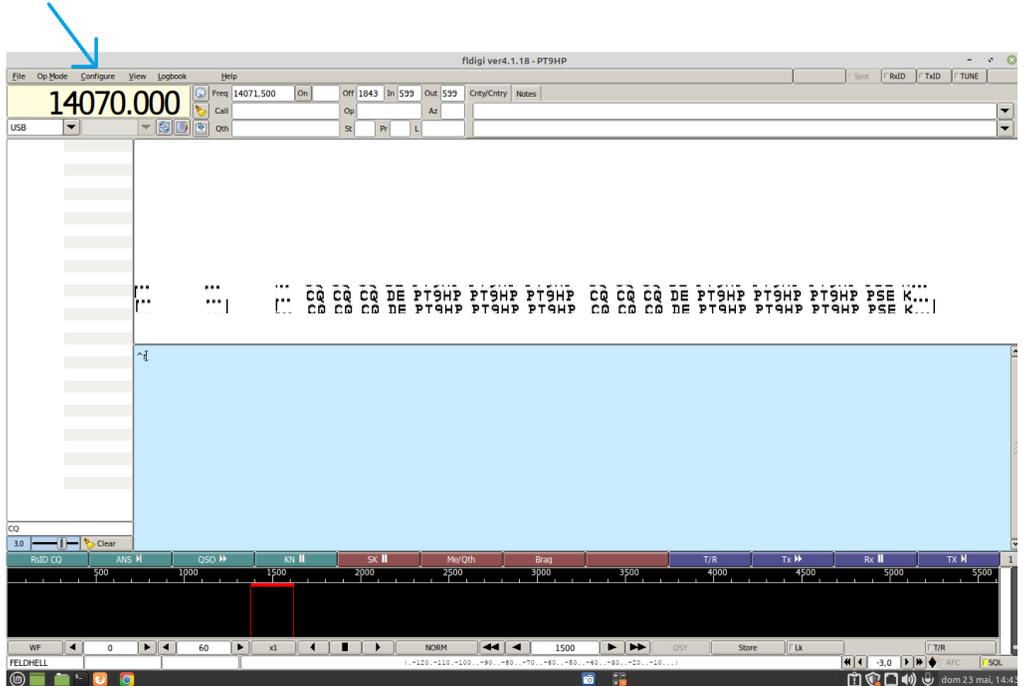
A configuração da porta COM1 e a escolha dos sinais RTS ou DTR permitem ao programa acionar a chave CW (se usar esta modalidade) ou iniciar/encerrar a transmissão, tudo de modo automático. Em um rádio Faixa do Cidadão isto é necessário. Rádio com VOX nem precisaria deste recurso

Outra dica muito importante, especialmente se você usa Windows, é configurar corretamente as preferências de áudio do seu computador.

Normalmente você vai usar o recurso “microfone” como entrada de áudio e “alto falantes” como saída de áudio. Se seu computador tiver mais de uma saída/entrada de áudio, você deve usar as entradas e saídas corretas. No nosso caso, usamos um HP servidor e ele tem saídas na parte de trás e na frente, onde se conecta um microfone ou fones de ouvido.

Abaixo outro programa muito bom e bem completo, o **Fldigi**. É um dos nossos preferidos e, se você já configurou seu áudio em outros programas, ele irá funcionar corretamente.

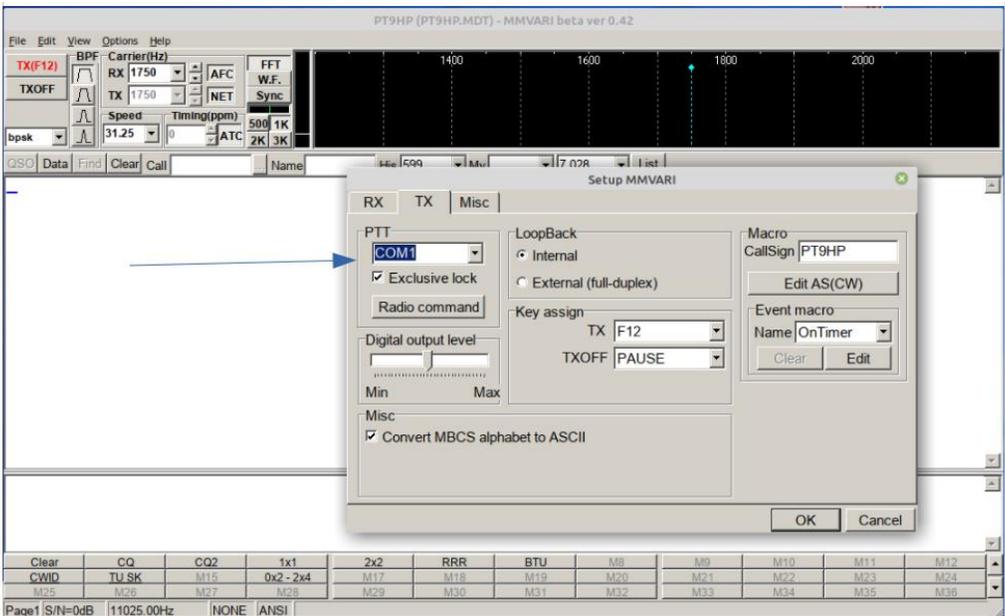
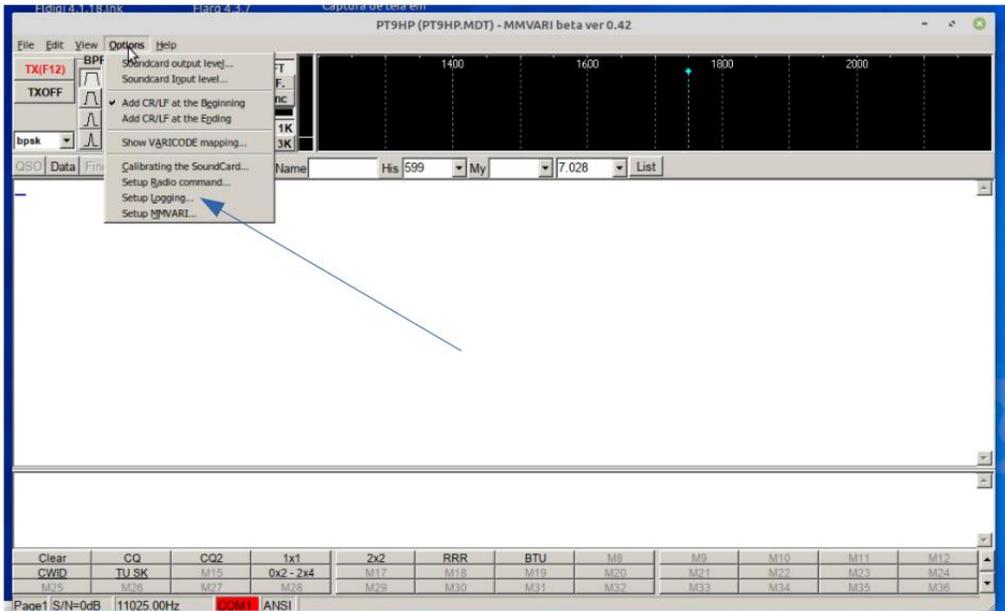
Lembrando que a maioria dos programas pede que você configure as chamadas “macros”, ou informações como seu indicativo, seu nome, localidade etc. Só depois disso é que o programa é instalado completamente.



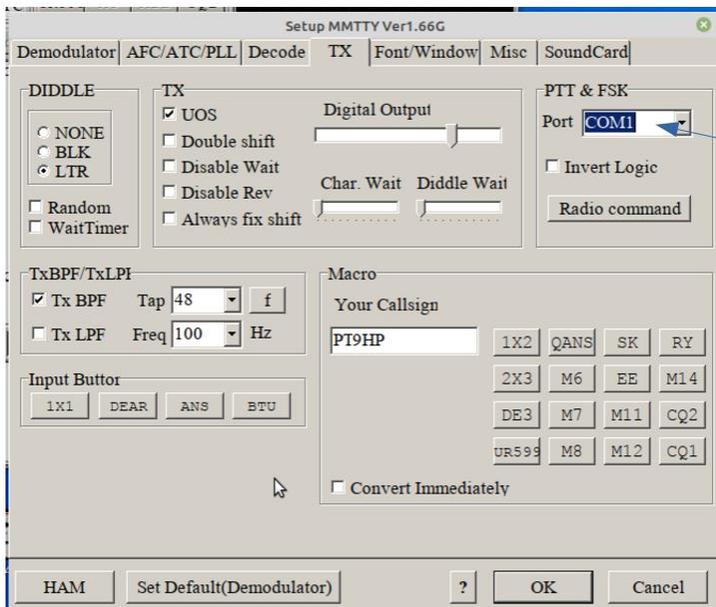
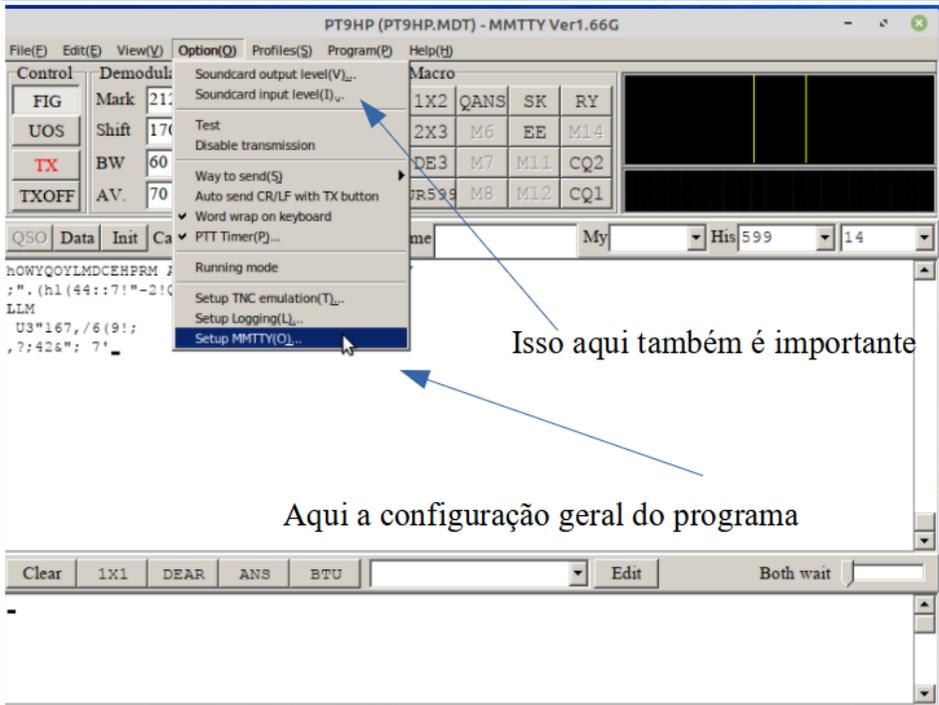
Outro lembrete muito importante: se você usar Linux, as coisas podem se complicar um pouco, embora alguns programas também sejam nativos para este sistema operacional. No caso dos programas produzidos para o Windows, eles funcionam muito bem através do aplicativo “Wine”. O complicado mesmo é configurar sua porta COM e, se

seu computador não tiver uma porta serial, teria que usar um adaptador para utilizar uma porta USB. Aí já é outra novela – melhor dizendo – outro seriado!

Abaixo, um dos programas do Makoto Mori, para modos PSK.



MMTY é outro excelente programa do Makoto Mori, este exclusivamente para RTTY ou “radioteletipo”. Só uma curiosidade: RTTY é o mesmo sinal que a gente usava nos anos 70 e 80 nas famosas máquinas “Telex” para envio de textos noticiosos aos jornais e revistas da época.



TRANSMITINDO E RECEBENDO IMAGENS SSTV

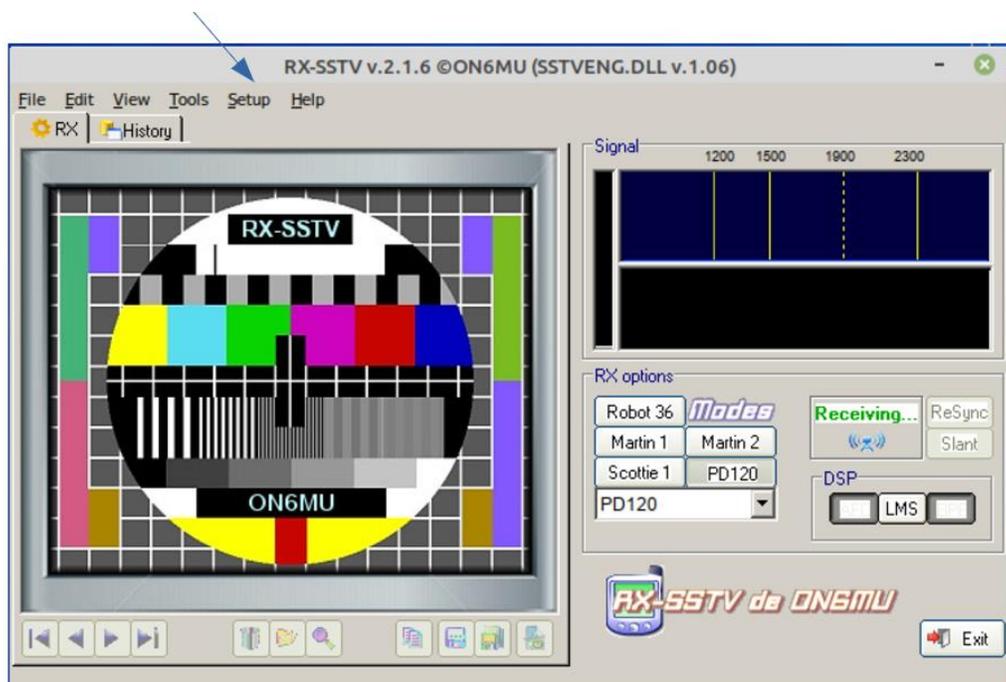
Este é um fascinante mundo à parte: receber e transmitir imagens via rádio.

Lá por volta de 1972, a revista Eletrônica Popular (irmã mais nova de Antena) publicou um artigo sobre a transmissão e recepção de imagens de TV em modo lento ou de leitura lenta (SSTV é sigla de Slow Scan Television). As fotos mostradas aguçaram a curiosidade de toda uma geração de radioamadores.

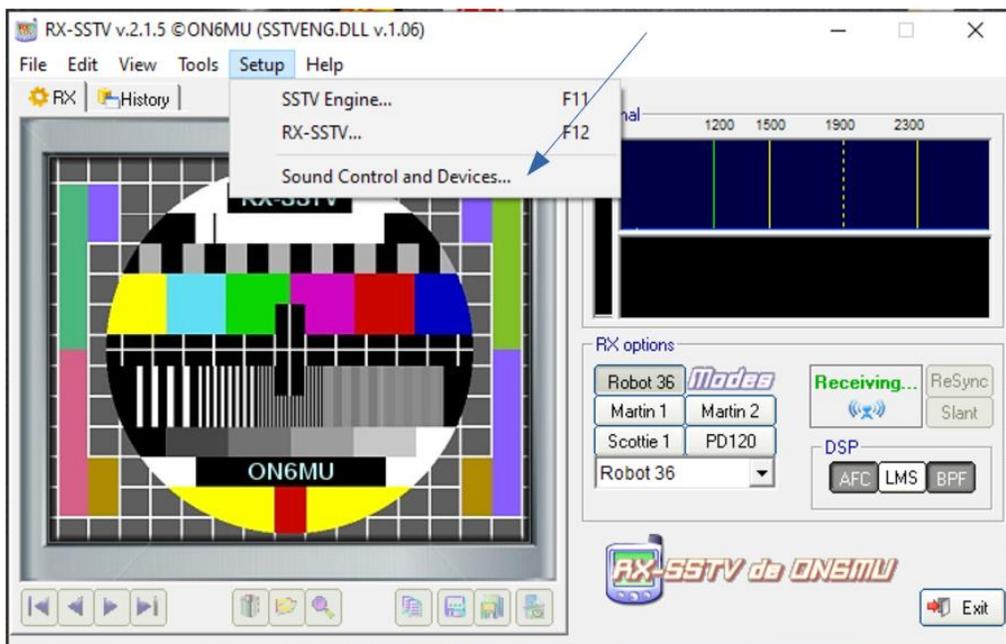
A diferença para os anos 70 é que naquela época quase tudo era valvulado e os aparelhos usados eram câmeras e receptores de TV comerciais, modificados pelos próprios interessados nesta modalidade. O surgimento dos computadores “estes dias atrás” mudou completamente o cenário.

Não entraremos em detalhes sobre o funcionamento dos programas, mas daremos algumas dicas para sua operação. As configurações são basicamente as mesmas para outros programas de modalidades digitais.

Começamos mostrando um programinha muito bom, que inclusive usamos para fazer a configuração rápida de áudio em nosso micro com Win10. Este é o **RX-SSTV**, apenas para receber imagens. Gostamos dele para usar com nosso dongle SDR, decodificando imagens enviadas especialmente pela Estação Espacial Internacional, a ISS.

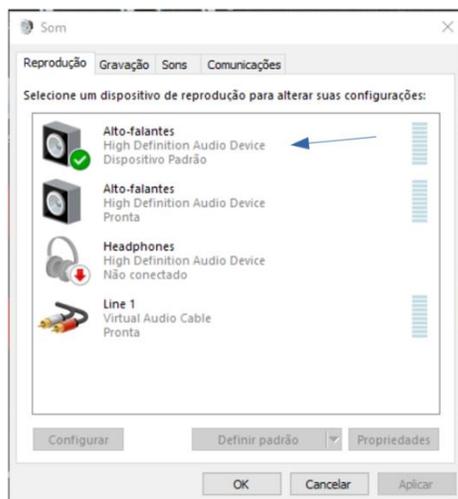


Veja o menu de configurações. Basicamente você vai escolher entrada de microfone e saída de alto falantes. Essa configuração altera as configurações de som de seu computador, o que facilita em muito. Se, por acaso, o programa informar que não há uma placa ou hardware de som, você deve abrir as configurações do computador e verificar. Pode ser que algo esteja desativado. Em todos os casos, é necessário desativar alguma configuração e ativar outra, para que tudo funcione, especialmente quem tem vários *drivers* de som instalados no computador, como é o meu caso.



Clicando sobre as ícones ou símbolos do alto-falante (reprodução) ou no menu “gravação”, você pode ativar – se não estiver ativado – e desativar outros que estão indicando algo como pronto ou ativado. Isso faz com que apenas um drive de som seja usado.

Fazendo isso, você não terá problemas em fazer seu programa funcione e também com sua interface para modos digitais.



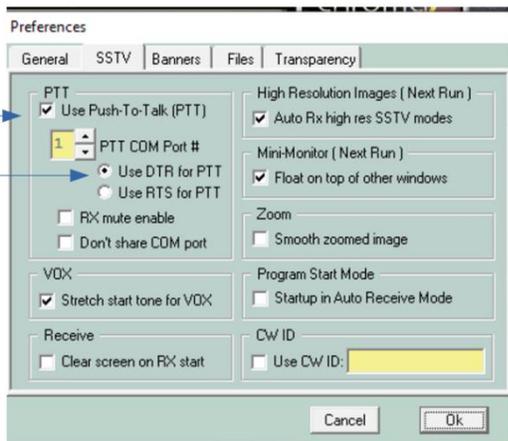
Aqui, mostramos um dos mais antigos e bonitos programas para se fazer SSTV, o **ChromaPix**. Ele trabalha tanto na recepção como transmissão. Lembre-se de que você poderá criar belas imagens para transmitir para o mundo. A faixa de 20 metros era bem povoada com experimentadores em SSTV, mas, nos últimos anos, é raro eles aparecerem. A QRG usada é em torno de 14.230 kHz.

Foi um dos primeiros que conheci e que usei com sucesso para transmitir e receber sinais de SSTV. Suas configurações seguem o mesmo padrão dos outros programas para modalidades digitais.

Clique aqui para abrir as configurações



Estas configurações são fundamentais para o funcionamento da nossa interface. Elas fazem com que o micro ative a porta COM e acione o PTT do seu aparelho. No nosso caso, um transceptor Faixa do Cidadão que obviamente não tem VOX incorporado.



Caixas Acústicas e Alto-Falantes - II

João Yazbek*

Na coluna do mês passado introduzimos nosso novo tema e demos uma pincelada nos itens que pretendemos abordar. O assunto é bastante extenso, e, logicamente, devemos escolher por onde começar a abordagem.

Nada mais lógico que começar falando um pouco sobre os alto-falantes, pois são eles os elementos principais das caixas acústicas.

A função do alto-falante é transformar o sinal elétrico que ele recebe em um movimento de ar que corresponde à onda sonora. Existem três tipos de alto-falantes no mercado. São eles: o alto-falante dinâmico, o alto-falante tipo ribbon e o tipo eletrostático.

A esmagadora maioria dos produtos existentes no mercado de áudio utiliza o tipo dinâmico, que é o alto-falante tradicional que estamos acostumados a ver. Ele é composto por um cone (cujo formato varia do tipo tradicional a domos, domos invertidos e suas variantes), que no centro possui uma bobina que se movimenta dentro de um ímã permanente, quando a bobina é atravessada pelo sinal de áudio.

Sua enorme popularidade é dada pelas seguintes características básicas: dinâmica extensa, sensibilidade elevada, capacidade de absorver potências elevadas, conceito e montagem bastante simples, impedância cujo valor é facilmente gerenciável pelos modernos amplificadores transistorizados e o preço baixo. Esses alto-falantes são produzidos aos milhões e seu custo é baixo. Essa combinação de fatores, com o preço sendo o item mais importante, faz com que a tecnologia dominante seja o tipo dinâmico.

Mas como nem tudo é perfeito, eles têm limitações de resposta em frequência dada pelo seu tamanho. Uma caixa acústica que tenha como objetivo uma reprodução de qualidade usualmente possui uma combinação de alto-falantes dinâmicos de diversos tamanhos para conseguir responder desde os graves mais baixos até o extremo agudo do espectro de frequências audíveis.

Essa combinação de dois ou três alto-falantes no mesmo gabinete é bastante conhecida do público. Utiliza-se um woofer, um alto-falante de maior tamanho, com cone geralmente feito de papelão, plástico, como o polipropileno ou kevlar (e mais uma infinidade de variantes menos comuns), para reproduzir os sons graves. Um tweeter, que é um alto-falante pequeno, usualmente com seu cone em formato de domo, e geralmente feito de seda ou de um metal como alumínio, titânio e similares, é utilizado para reproduzir as frequências médias e agudas.

***Mestre em Engenharia Eletrônica**

Em caixas mais sofisticadas utiliza-se um terceiro alto-falante para a reprodução dos sons médios, como a voz humana, de tamanho intermediário e com cones que podem ser tradicionais ou domo e materiais dos mais diversos como seda, papelão ou kevlar.

Com essas soluções, entram em cena os divisores de frequência passivos, que fazem com que cada alto-falante receba somente o sinal que consegue reproduzir adequadamente.

Já os alto-falantes planares, do tipo ribbon (ou fita), são menos conhecidos do grande público, apesar de, nos últimos anos, alguns produtos bastante acessíveis terem sido lançados no mercado utilizando essa tecnologia em seus tweeters. A grande vantagem dos ribbons é o baixo peso de sua fita, que se traduz em uma capacidade de responder a transitórios de forma mais rápida que os tradicionais alto-falantes de cone.

Isso porque um alto-falante ribbon é feito basicamente por uma tira de matéria condutora fina e leve que é imersa em um conjunto de ímãs e nessa fita circula o sinal elétrico que produz o som. A capacidade de reproduzir som de forma extremamente clara e com detalhes dos transitórios musicais extremamente definidos faz com que o ribbon tweeter seja um produto que está atraindo cada vez mais usuários, conforme produtos mais acessíveis chegam ao mercado.

Mas as desvantagens deles são significativas: além do custo maior, eles são pouco sensíveis e têm impedância extremamente baixa, de forma que para serem utilizados com os amplificadores tradicionais é necessário adaptar um transformador para aumentar a impedância da caixa para algo próximo aos quatro ou oito ohms comuns dos alto-falantes dinâmicos tradicionais.

Além disso, há a questão da reprodução dos graves, muitas vezes não tão satisfatória como aquela dos falantes dinâmicos. Dessa limitação surgiram as caixas acústicas híbridas, que utilizam um woofer tradicional dinâmico para a reprodução dos graves e ribbons para as frequências médias e agudas ou somente para as agudas. A maioria das caixas acústicas no mercado que utilizam ribbon lançam mão dessa combinação híbrida, que proporciona uma performance muito interessante.

O alto-falante eletrostático já é mais difícil de ser visto do que os ribbons. Ele utiliza uma folha de material isolante como o mylar (um tipo de plástico) para gerar o som. Essa folha fica suspensa entre dois elementos chamados de estatores, e é energizada com alta tensão. O sinal de áudio percorre os estatores. A interação entre o campo eletrostático gerado pelo estator e o campo fixo gerado pela membrana isolante faz essa última vibrar e produz som.

Painéis eletrostáticos têm a grande vantagem de serem ainda mais leves que os ribbons, produzindo som com mais dinâmica (ou seja, com um detalhamento extremo) que os ribbons. Mas isso não vem de graça: o grande problema desses alto-falantes é que eles têm que ser ligados à energia elétrica para funcionarem e gerarem alta-tensão.

Trabalhar com alta tensão por si só já gera uma série de inconvenientes, como complexidade, segurança do produto e manutenção maior. Além do mais, eles são pouco sensíveis, precisando de muita energia para funcionarem de forma adequada e não tem também graves profundos. Usualmente um sistema eletrostático é auxiliado por um subwoofer dinâmico para que possa oferecer graves de impacto.

Os tipos planares, como os ribbons e eletrostáticos, podem irradiar som para frente e para trás se montados em uma estrutura aberta, que é o caso comum quando se usa uma solução sem o gabinete necessário para os alto-falantes dinâmicos. Por isso, esses produtos têm características diferentes dos alto-falantes dinâmicos, que são montados para produzir som somente para frente. Essa característica confere a eles uma dificuldade adicional para a colocação do equipamento no local de audição. Para que funcionem corretamente, gerando uma reprodução agradável, o posicionamento costuma ser crítico.

Dada a esmagadora presença dos alto-falantes dinâmicos no mercado de áudio, vamos nos limitar somente a essa tecnologia e deixaremos de lado os alto-falantes ribbon e eletrostáticos. Na realidade, a tecnologia de alto-falantes dinâmicos evoluiu tanto nos últimos anos que eles são a tecnologia dominante em produtos áudio, mesmo em produtos muito sofisticados que utilizam esses drivers em detrimento dos outros.

Como nosso foco está voltado aos alto-falantes do tipo dinâmico, os gabinetes se tornam parte integrante do sistema, seja este uma caixa pequena voltada para reprodução de som ambiente ou uma caixa acústica com propósitos mais sérios, voltada à reprodução de qualidade. Todos os tipos de caixa que utilizam alto-falantes do tipo dinâmico necessitam de um gabinete para funcionarem adequadamente.

A real importância do gabinete é que nele se montam os alto-falantes e que estes, ao reproduzirem o sinal sonoro, fazem com que o gabinete comece a vibrar um pouco e altere o som reproduzido. Em alguns casos o gabinete entra em ressonância em certas frequências produzindo um som bastante desagradável.

A necessidade de um gabinete sólido somente é percebida quando se compra uma caixa de baixa qualidade, construída com madeira do tipo aglomerado com espessura muito pequena e, ao se ouvir uma passagem de um filme ou música com maior intensidade, você descobre que o som está muito estranho e pouco natural, pois está sendo bastante alterado pela vibração ou ressonância do gabinete.

Por esse motivo, os gabinetes têm de ser bem construídos, utilizando madeira de boa qualidade para evitar vibrações. Uma medida de qualidade é verificar se a caixa é construída com madeira ou MDF de espessura suficiente (no mínimo 15 mm de espessura) para que esses problemas sejam minimizados. Neste caso, peso é tudo: quanto mais pesado um conjunto, mais preocupação com a rigidez estrutural teve o fabricante.

Produtos mais sofisticados utilizam internamente braços segurando as paredes internas para garantir ausência de vibrações. Hoje em dia, há também caixas com gabinete plástico ou metálico, das mais variadas qualidades construtivas, alguns sendo muito bem construídos, mas a melhor relação custo-benefício ainda é dada pela madeira de boa qualidade.

Outra função do gabinete é garantir o alinhamento da caixa acústica conforme o fabricante a projetou. Ou seja, o volume interno da caixa e o alinhamento utilizado têm influência enorme na reprodução dos sons graves. Isso porque, se um woofer não for montado em um gabinete, o som produzido pela frente do cone tende a cancelar o som produzido pela parte de trás dele, produzindo um cancelamento muito forte dos graves e resultando em um som muito ruim, do tipo “radinho de pilha”.

O desenho do gabinete, com seu volume e alinhamento, define exatamente como será tratado o som da parte traseira do alto-falante, que pode ser não usado ou ser somado de forma correta ao som produzido pela parte frontal do woofer.

Desse conceito surgem algumas formas de tratar o problema, que chamaremos de alinhamento. Por simplicidade, vamos falar aqui somente dos três tipos mais comuns de alinhamento, o refletor de graves, popularmente chamado de caixa dutada, o tipo selado ou suspensão acústica e o tipo chamado de radiador passivo.

A caixa dutada

O alinhamento do tipo refletor de graves (ou “bass-reflex”) aproveita o som produzido pela traseira do cone do alto-falante, corrigindo-o de forma que ele não mais cancele o som produzido pela parte frontal do alto-falante e sim se some ao sinal produzido.

Dessa forma, o som tratado da parte traseira é somado ao som frontal e aumenta o volume dos graves reproduzidos, fazendo com que a resposta seja estendida nos graves. Justamente por esse motivo é que esse alinhamento é o tipo dominante no mercado, pois dele se conseguem extrair graves mais profundos em uma caixa de tamanho modesto. O projeto de uma caixa dutada evoluiu muito nos últimos anos, com o uso de programas dedicados para a simulação em computador, fazendo com que o desempenho delas tenha evoluído demais nos últimos anos.

Por esse motivo, hoje temos caixas acústicas de pequeno porte que conseguem reproduzir graves com boa qualidade e também subwoofers compactos de alta performance que conseguem reproduzir aquele grave de impacto de uma trilha sonora de um filme com autoridade.

As vantagens da caixa dutada são as seguintes: ela aumenta o volume sonoro reproduzido pela caixa (ou seja, ela toca mais alto), deixa a caixa com mais sensibilidade fazendo com que ela precise de menos potência que os outros tipos na extensão da resposta da caixa, mais para baixo, ou seja, os graves se tornam mais profundos.

São três vantagens que fazem com que o tipo domine o mercado. Uma caixa dutada pode ser reconhecida pela existência de uma abertura, geralmente circular, onde há um tubo conectado para fazer a sintonia correta do sistema. Essa abertura pode estar em qualquer parte da caixa acústica, sendo mais usual na frente ou na parte de trás da caixa.

A caixa selada

Já o tipo selado não utiliza a onda sonora traseira para reforçar o som produzido pela parte frontal do cone. A caixa selada, quando dimensionada de forma adequada, utiliza o ar interno para frear o cone do alto-falante, produzindo uma resposta bastante agradável e natural, com uma diminuição da resposta bem gradual e também com a reprodução de transitórios musicais bastante precisos, o que faz com que o tipo seja bastante apreciado por sua naturalidade.

Mas, como ela não apresenta o reforço de sensibilidade e pressão sonora obtida pelo refletor de graves, acaba sendo um tipo menos utilizado pelos fabricantes. Uma caixa selada de tamanho muito grande perde o efeito de frear o cone e se torna outro tipo de alinhamento, chamado de defletor infinito (ou “infinite baffle”).

A caixa com radiador passivo

Esse tipo é uma variação da caixa refletora de graves e utiliza um segundo alto-falante de graves, sem o conjunto magnético (logo ele não pode se mover sozinho) para substituir a sintonia do duto do tipo bass-reflex.

A ideia é que um cone faça as vezes do duto, se movendo para frente e para trás adicionando o sinal da parte traseira do alto-falante principal em fase com o radiador pela parte frontal. As vantagens desse alinhamento são a redução de picos na resposta e também de ruídos gerados pelo duto no sistema bass-reflex. A desvantagem é a maior área utilizada pelo segundo cone, que aumenta o tamanho da caixa, e a complexidade adicional, o que se reflete em um custo maior.

Vimos como o alinhamento pode alterar consideravelmente a resposta de uma caixa acústica, mas existe no mercado uma categoria de caixas para embutir em teto, ou em paredes, cuja grande maioria não possui um gabinete fechado e sim somente uma tela frontal onde os alto-falantes são montados, e é aberta atrás.

O leitor deve estar se perguntando: elas funcionam direito sem ter um gabinete? A resposta é sim, desde que ela seja instalada no teto de forma que o som gerado pela parte traseira seja dissipado totalmente dentro da parede ou do teto e não haja vazamento sonoro para a parte frontal. Neste caso, essas arandelas são utilizadas no alinhamento do tipo defletor infinito, visto acima, desde que a parte posterior tenha um volume de ar considerável. Nesse alinhamento, os alto-falantes não se beneficiam do efeito de “freio” proporcionado pela suspensão acústica, e devem ter sua potência limitada para não sofrerem danos por sobre excursão, assim, não se deve esperar um desempenho igual a uma caixa alinhada corretamente em suspensão acústica ou bass-reflex, mas o resultado é aceitável.

O que não se pode esperar de uma caixa de teto é que ela reproduza graves profundos, se ela não tiver um gabinete e sintonia adequados, e também que o local onde ela esteja instalada (gesso ou dry-wall, por exemplo) não vibre. A vibração e a necessidade de alto-falantes múltiplos para limitar a sobre excursão em arandelas abertas são os dois principais problemas existentes que limitam o volume e a qualidade dos graves que se pode obter com esse conceito.

Estes são os motivos pelos quais os subwoofers não são instalados em teto e continuarão sendo utilizados como unidades separadas em um sistema de Home-theater.

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

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

E um pouco mais de Teoria de Circuitos...



Álvaro Neiva*

Circuitos de Equalização RIAA

Apresentando o PP3:

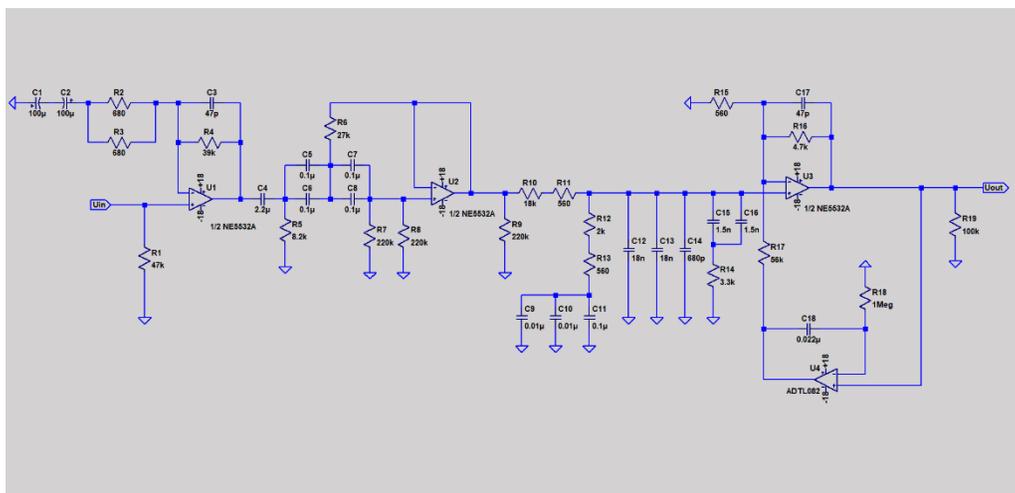


Fig. 1

A principal diferença entre esse circuito e o PP2 de edição anterior com o filtro passa altas, vai ser a eliminação do capacitor de saída C18 (no PP2) e capacitores C15, C16 e C20 no estágio final de amplificação. Para isso, introduzimos o amplificador operacional U4, funcionando como um quase integrador, não inversor. O ajuste da resposta em frequência depois dessa alteração, que começou com a alteração de valor do R6 no filtro passa-altas, ainda trouxe um bônus com a redução do valor de C1 e C2.

*Engenheiro Eletricista

Densidade de ruído na saída:

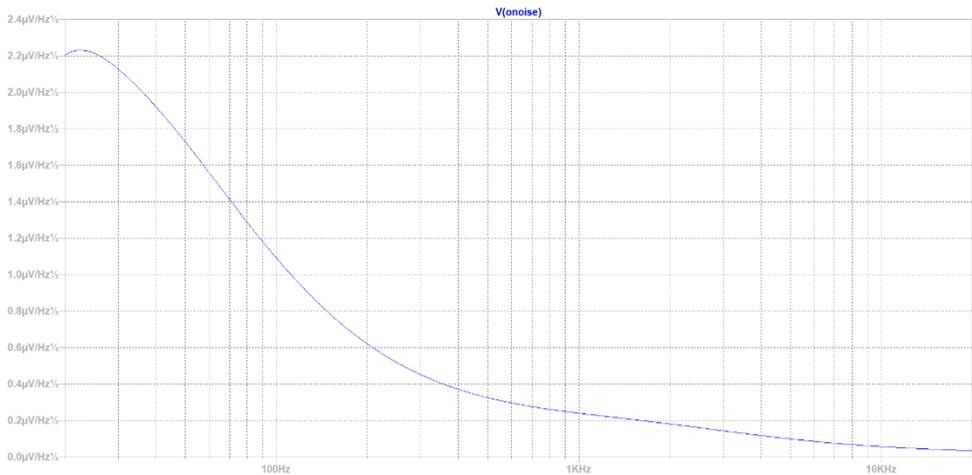


Fig. 2

A tensão de ruído na saída foi obtida por integração no LTSpice (Ctrl+click em V(noise)) e resultou em $23\mu\text{V}_{\text{rms}}$. Na simulação, foi usado o opamp LM833.

Isso equivale a 86,7dB de relação sinal a ruído, referida a $500\text{mV}_{\text{rms}}$, nada mal, na verdade compatível com especificações de alto nível e com outras realizações como a da Ref.[15].

Resposta em frequência (5Hz-50kHz):

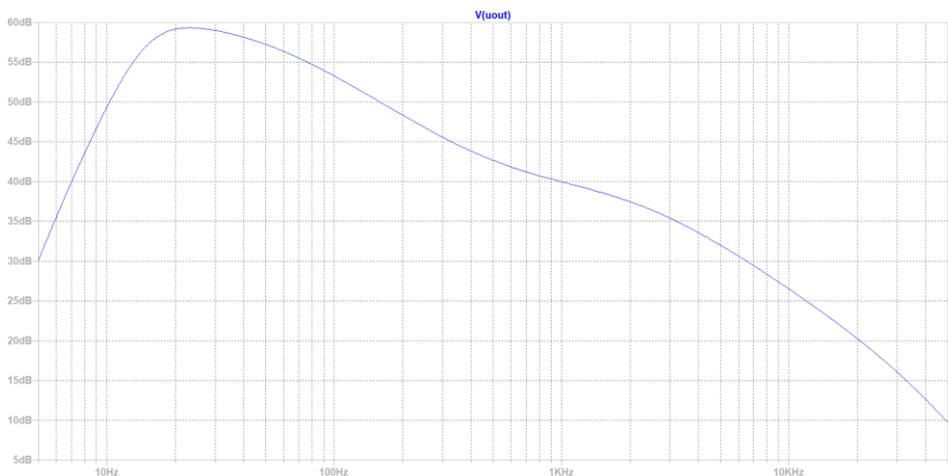


Fig. 3

Foi escolhido o amplificador operacional NE5532 por sua combinação de baixa tensão e baixa corrente de ruído, além de baixa corrente de polarização na entrada e muito baixo offset, boa facilidade de obtenção e custo razoável.

Confirmando a resposta no tempo com $93\text{ mV}_{\text{rms}}$ ou 132mV de pico na entrada:

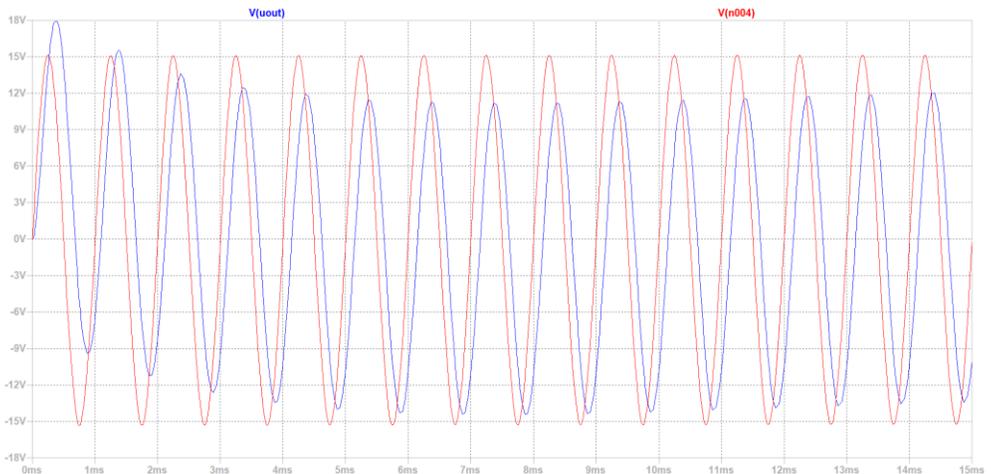


Fig. 4

Com 130mV de pico, ou 92mV_{rms} , deixa de acontecer o clipping no primeiro ciclo a 1 kHz . Isso dá 25dB de margem dinâmica, muito difícil de ser ultrapassada na maioria das situações práticas.

Com o ganho total de 40dB a 1kHz , o ruído na saída baixou para $23\mu\text{V}$, apenas do pré, sem considerar a resistência interna da cápsula. Uma relação sinal a ruído de 87dB , muito respeitável! Se considerarmos a resistência interna da cápsula como $2.2\text{k}\Omega$, a relação sinal a ruído fica em 78dB , um valor excelente para essa condição. O primeiro estágio tem agora 41dB e o segundo 19dB aproximadamente.

Lista de Material (apenas 1 canal do equalizador)

Capacitores, poliéster metalizado ou polipropileno se não indicado outro tipo.

- C1** capacitor eletrolítico, $100\mu\text{F}$, 35V ;
- C2** capacitor eletrolítico, $100\mu\text{F}$, 35V ;
- C3** capacitor mica prateada, 47pF , 500V , 5% ;
- C4** capacitor, $2.2\mu\text{F}$, 10% (K), 63V ;
- C5** capacitor, 100nF , 5% (J), 63V ;
- C6** capacitor, 100nF , 5% (J), 63V ;
- C7** capacitor, 100nF , 5% (J), 63V ;
- C8** capacitor, 100nF , 5% (J), 63V ;
- C9** capacitor, 10nF , 5% (J), 63V ;

- C10** capacitor, 10nF, 5% (J), 63V;
- C11** capacitor, 100nF, 5% (J), 63V;
- C12** capacitor, 18nF, 5% (J), 63V;
- C13** capacitor, 18nF, 5% (J), 63V;
- C14** capacitor, 680pF, 5% (J), 500V;
- C15** capacitor, 1.5nF, 5% (J), 63V;
- C16** capacitor, 1.5nF, 5% (J), 63V;
- C17** capacitor mica prateada, 47pF, 5%, 500V;
- C18** capacitor de poliéster metalizado, 22nF, 5% (J), 63V;
- R1** resistor de filme metálico, 47k Ω , 1%, 1/8W;
- R2** resistor de filme metálico, 680 Ω , 1%, 1/8W;
- R3** resistor de filme metálico, 680 Ω , 1%, 1/8W;
- R4** resistor de filme metálico, 39k Ω , 1%, 1/8W;
- R5** resistor de filme metálico, 8.2k Ω , 1%, 1/8W
- R6** resistor de filme metálico, 27k Ω , 1%, 1/8W
- R7** resistor de filme metálico, 220K Ω , 1%, 1/8W
- R8** resistor de filme metálico, 220K Ω , 1%, 1/8W
- R9** resistor de filme metálico, 220K Ω , 5%, 1/8W
- R10** resistor de filme metálico, 18K Ω , 1%, 1/8W
- R11** resistor de filme metálico, 560 Ω , 1%, 1/8W
- R12** resistor de filme metálico, 2k Ω , 1%, 1/8W;
- R13** resistor de filme metálico, 560 Ω , 1%, 1/8W;
- R14** resistor de filme metálico, 3.3k Ω , 1%, 1/8W;
- R15** resistor de filme metálico, 560 Ω , 1%, 1/8W;
- R16** resistor de filme metálico, 4.7k Ω , 1%, 1/8W;
- R17** resistor de filme metálico, 56k Ω , 1%, 1/8W;
- R18** resistor, 1M Ω , 5%, 1/8W;
- R19** resistor de filme metálico, 100k Ω , 1%, 1/8W;
- U1** 1/2 NE5532A;
- U2** 1/2 NE5532A;
- U3** 1/2 NE5532A;
- U4** 1/2 TL082;

Nos artigos seguintes, versões a válvula e usando apenas um amplificador operacional ou um amplificador com transistores. Sempre com resultados simulados para comparação e decisão sobre qual utilizar.

Até lá!

Referências:

1. Bohn, Dennis, editor. **AUDIO HANDBOOK** 1st 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**, 1st ed. Howard W. Sams & Co. Inc.; 1960.
4. Gray, Paul E.; Searle, Campbell L.; **Princípios de Eletrônica**, vol. 3, Circuitos Eletrônicos II; 1^a 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) (internet).
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)**, (internet).
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.
15. **AN-346, High-Performance Audio Applications of The LM833**, Texas Instruments, agosto de 1985, revisado em maio de 2013.



O Palpiteiro

Ao se encontrarem na padaria para tomar o cafezinho da manhã, nossos amigos perceberam que o ambiente e suas imediações estavam um pouco diferentes. Parecia que a epidemia havia combinado com o frio, afastando mais ainda o público das ruas e assustando os comerciantes locais.

- Veja aqui na padaria, Toninho! Onde estão os nossos conhecidos habituais na hora do cafezinho? Muitos não aparecem por aqui já faz tempo.

- Precaução. Acho eu, Carlito! A epidemia, apesar das campanhas de vacinação ainda se faz presente. Não é hora de abrir a guarda. Quem pode, fica em casa o quanto puder.

- Pois eu acho que é a economia, mesmo! Faltam recursos até mesmo para o básico. Repare só no mercado... Mesmo no início do mês tenho notado que aqueles carrinhos de compras transbordando de mercadorias desapareceram da paisagem.

* Professor de Física e Engenheiro de Eletrônica

- Diria que é toda uma conjuntura, sabe? Veja a nossa oficina: Com o pessoal mais em casa, seria de se prever que os televisores devido a um uso mais prolongado aparecessem em maior número na oficina. E o que aconteceu?

- Esqueceu-se dos orçamentos que não foram aprovados, Zé Maria?

- Pudera! Muitos deles, aliás, a maioria estava relacionada com a troca de barras de LEDs ou telas avariadas. Aí o custo de um reparo é pelo menos um quarto do preço de um televisor novo.

-E temos de ouvir a mesma história... É quase a metade de um televisor novo, com um ano de garantia, adquirido em doze meses sem juros. E com isso acabam “desovando” os televisores na oficina.

- Pague a conta, Toninho! Hora de ir para a oficina. Temos um SEMP nos aguardando!

Agora, já no ambiente de trabalho, nossos amigos se reuniram em volta de um SEMP modelo DL2971W

- Dona Tereza já avisou que só tem cento e cinquenta Reais...

- Olhe, Toninho: A amizade é sua! Negócios são negócios. Sei que a Dona Tereza confiou na gente, o que de certo modo é muito bom, porque não temos de consertar para fazer um orçamento. Mas não sou Irmã de Caridade. Vamos cobrar o que é justo!

- Para facilitar, já baixei o Manual de Serviço no site da Electrónica Pt. Está aqui na tela do Notebook. Quer que passe para o papel, Carlito?

- Por enquanto não, Toninho. Vamos ligar e ver o que acontece. Encaixe o plugue na tomada!

Uma vez ligado, viram que a única coisa que se observava era o LED indicador verde piscar sem parar. No resto, tudo parado.

- Vamos abrir e examinar a placa de fiação impressa, que inclui a “main” e a fonte.

- Se for problema que necessite a substituição da placa principal, será mais um televisor descartado! Uma usada está a mais de duzentos Reais!

- Não creio, Zé Maria. Esse sintoma é típico de problema na fonte de alimentação. Veja aí no esquema, que ela possui saídas para 12 e 24 Volts. Agora, se você soltar essas duas tomadinhas CNV 12 e CNV 24 poderá medir a saída das duas fontes.

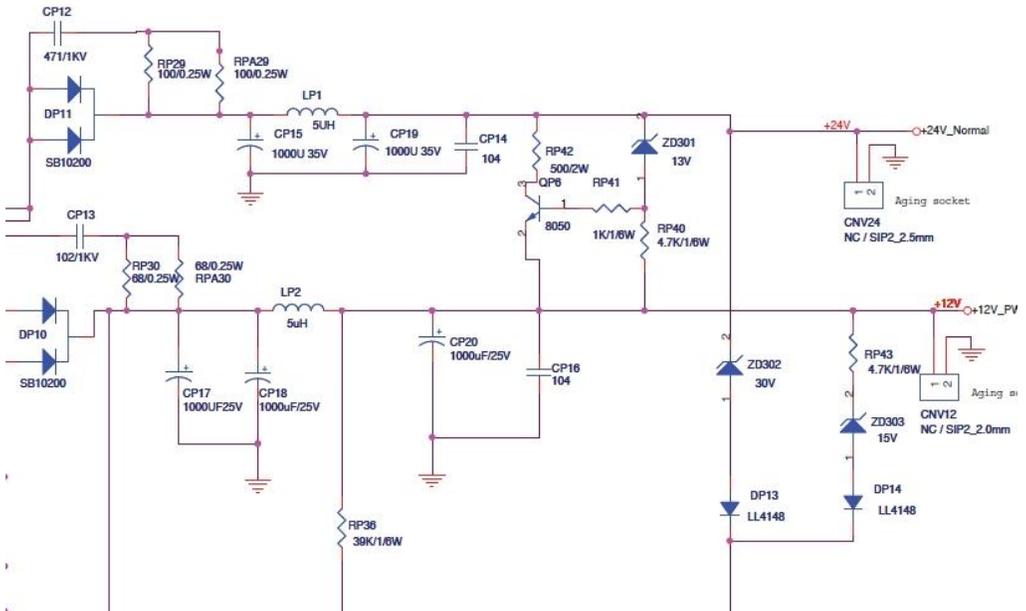


Figura 1 - Fonte de Alimentação SEMP DL2971

- Me parece que essa fonte de alimentação tem um histórico de problemas já identificados e bem conhecidos, a maioria fazendo com que os sintomas sejam muito semelhantes: Televisor inoperante e LED verde piscando

- Acabei de medir a tensão aqui no conector CNV12. Doze Volts... e estáveis!

- Se tivéssemos cerca de 7 Volts, variando, os possíveis culpados seriam o TL431 ou o fotoacoplador.

- Estou lembrando que assisti a um vídeo na Internet, em que um curioso pegou uma serrinha e simplesmente cortou a parte da fonte e adaptou por fora uma fonte retirada de outro televisor.

- Imagine o técnico que abriu a tampa do TV e der de cara com uma placa serrada e uma outra fonte pendurada....

- Mas funcionou, Carlito! Pelo menos o TV não foi descartado...

- Uma fonte tão simples, Toninho! Impossível não achar o componente avariado! Nem que tenha de retirar alguns componentes da PCI para efetuar um teste mais seguro!

- Olhe com cuidado, bem aqui... Alguém já andou bulindo nessa fonte. Repare nas soldas!

- Não falei? Quase todas as avarias desse modelo estão ligadas a algum componente nas redondezas do fotoacoplador.



Figura 2 - Componentes da fonte – SEMP DL 2971

- Mas, como já disse: Se temos 12 V estáveis, nos terminais de saída CNV12, não temos que nos preocupar com a fonte.

- E como esses 12 V chegam até a “main” para ligar o televisor?

- Para isso é que serve o esquema, Toninho. Torne a ligar os cabos de 12 Volt e meça agora na “main”.

- Praticamente 6,5 V e ainda por cima oscilando!

- Falta agora ver quem faz esta conexão. Em algum lugar existe um chaveamento

- Achei ! É através do chaveamento de um MosFET. Olhe aqui no esquema:

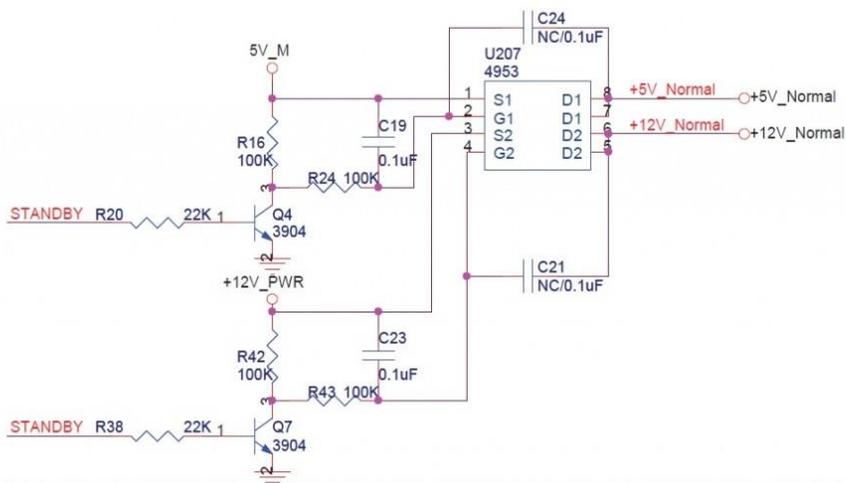


Figura 3 - Chaveamento de 12 V

- Meu palpite estava certo! ! Olhe....com 6,5V o TV não irá funcionar, mesmo!
- Vamos ter de retirar esse MosFET duplo, que parece mais um CI e fazer a substituição.
- Esse daqui, o U 207, certo?
- Ele mesmo!
- Acho que Dona Tereza vai até receber um bom troco...
- Não antes de efetuarmos a substituição do MosFET duplo e verificarmos se tudo está normal!

Mas, felizmente, tudo funcionou e Toninho pôde comemorar seu palpite!

De um caso de oficina do Fórum Tecnet relatado por F.J. Silva

Loudness, Uma História...

Parte II

Álvaro Neiva*

Na edição passada, começamos a apresentar um circuito para aproximar uma resposta em frequência capaz de compensar a mudança da resposta do ouvido humano em função do nível de pressão sonora recebido, como mostrado pelas curvas iso-audíveis ou isofônicas abaixo (Fig. 1) descritas nas referências [1][2][3][4].

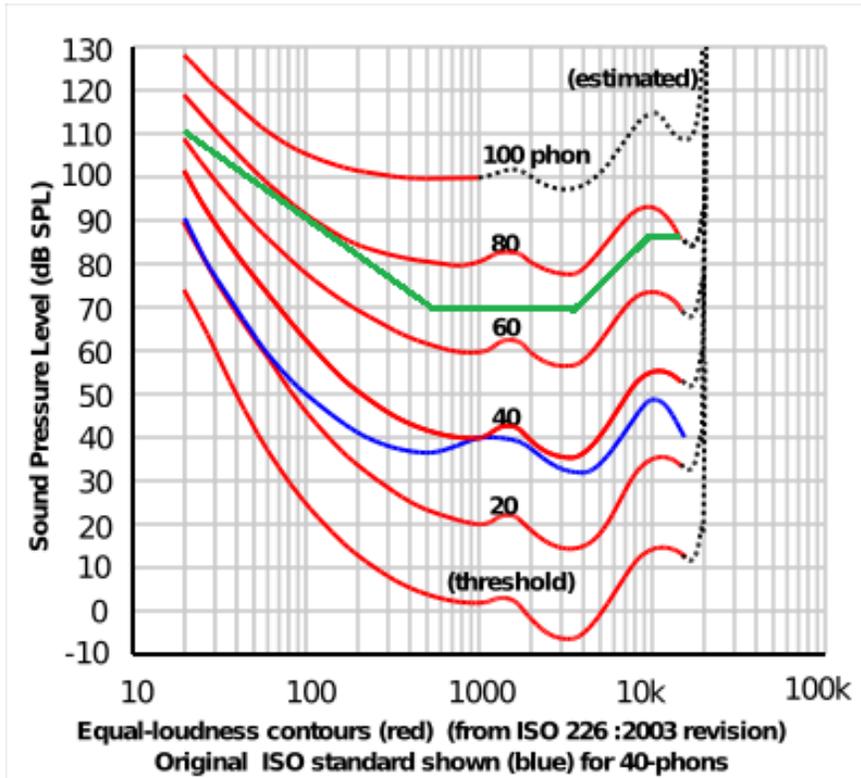


Fig. 1

Em verde a aproximação adotada para compensar uma queda de 40dB na região média, ao reduzir o volume entre 110dB e 70dB, excluindo níveis acima de 110dB abaixo de 40Hz, região difícil para os alto-falantes.

Vamos lembrar da configuração adotada para realizar essa aproximação da resposta em frequência desejada:

*Engenheiro Eletricista

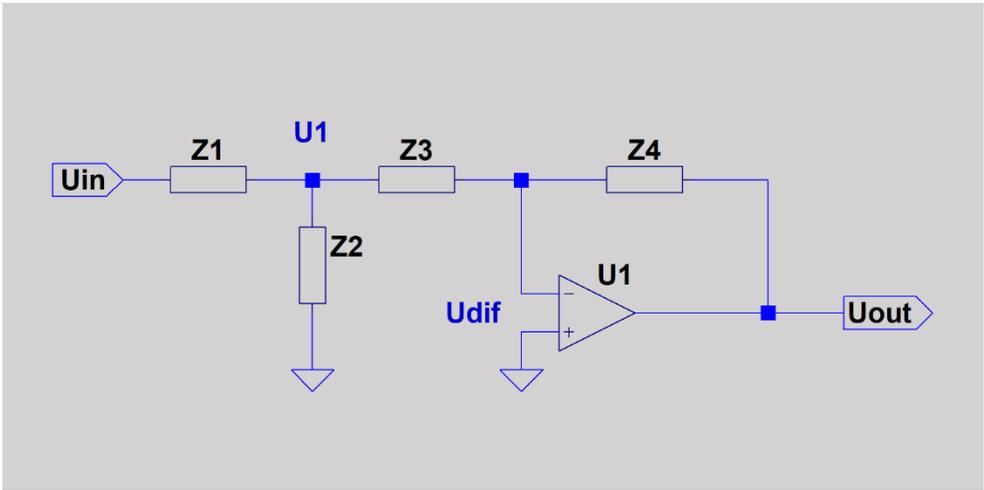


Fig. 2

E o circuito com os componentes calculados e com valores ajustados após a simulação:

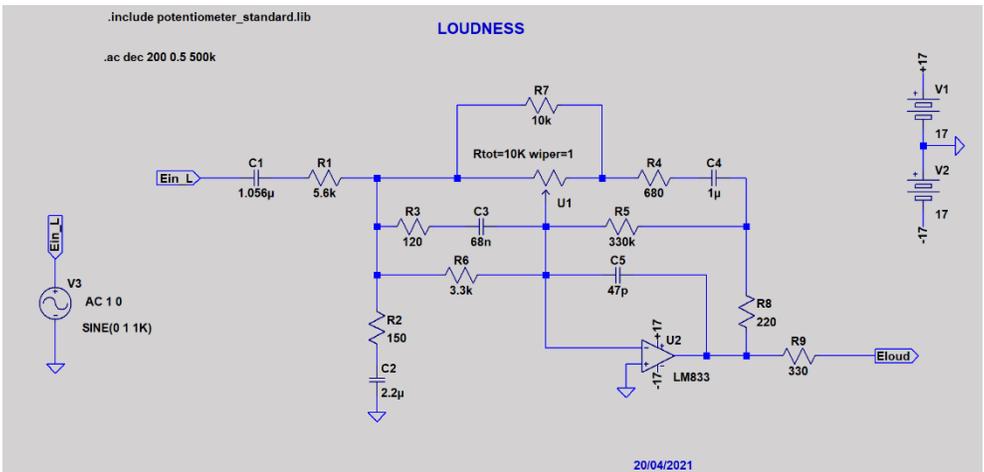


Fig. 3

$$T_1 = (R_1 + R_2)C_2$$

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_1 + R_2)C_2}$$

$$T_2 = R_2 \cdot C_2$$

$$f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2}$$

$$T_3 = (R_p + R_3)C_3$$

$$f_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_p + R_3)C_3}$$

$$T_4 = R_3 \cdot C_3$$

$$f_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot C_3}$$

A aproximação, aqui traçada sobre a resposta simulada, para indicar a região afetada por cada constante de tempo:

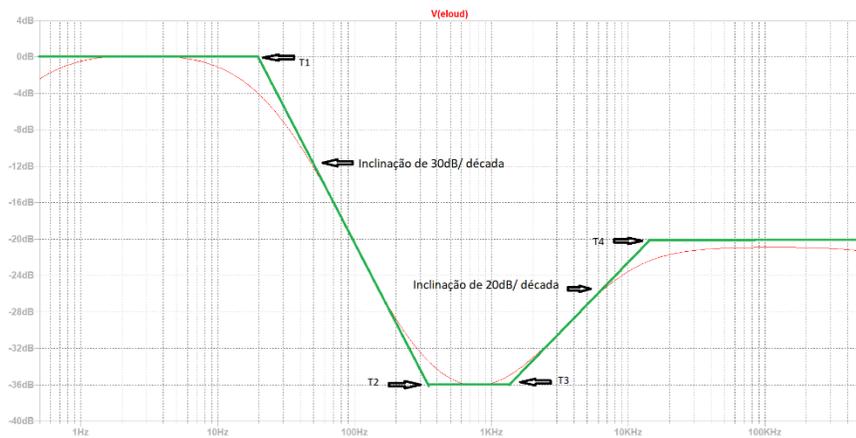


Fig. 4

Curva real:

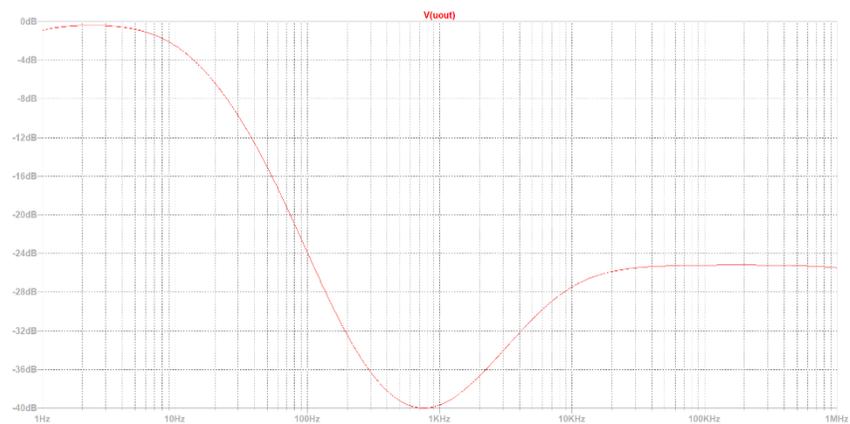


Fig. 5

A inclinação de 30dB/oitava na região de baixa frequência vem da interação entre a impedância RC na realimentação, de primeira ordem, que aumenta o ganho para baixas frequências numa taxa de 20dB/década, e o atenuador de entrada, que reduz a atenuação nas baixas frequências com a mesma taxa. Mas a interação entre os polos e zeros do circuito não deixa a taxa alcançar os 40dB/década de um circuito de segunda ordem.

Resposta flat.

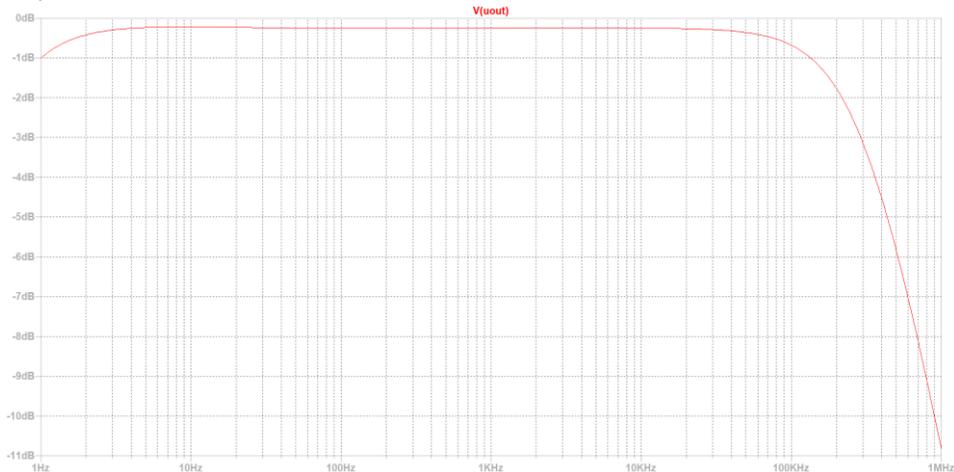


Fig. 6

Com os resistores e capacitores com os valores usados na simulação, a resposta está plana, dentro de $\pm 0,1$ dB, de 20Hz a 20kHz, na posição flat.

Uma simulação simples supõe componentes passivos ideais e lineares, com valores exatos, mas o circuito real vai usar componentes reais, com tolerâncias de fabricação em seus valores, fora outras características não ideais. No LTSpice XVII é possível incluir o coeficiente de temperatura dos resistores, resistência série, paralela e indutância série nos capacitores, capacitância paralela, resistência série, paralela mais a variação não linear da indutância com a corrente, nos indutores.

Algumas versões do Spice, mais potentes, permitem fazer o uso da chamada técnica de Monte Carlo, onde valores aleatórios dentro da faixa de tolerância são atribuídos aos resistores e capacitores do circuito. Não nessa versão free.

Mas, mesmo assim, vamos avaliar agora, qual a variação na resposta para variações nos capacitores, que são mais difíceis de achar com tolerâncias menores que $\pm 10\%$ e mais caros que resistores de 1%.

Na figura 6, o efeito de variar o valor de C1 em +-10% na posição flat do controle. Em azul o valor nominal, em vermelho +10%, em verde -10%. Temos uma variação correspondente de +0,5 a -0,6dB na resposta.

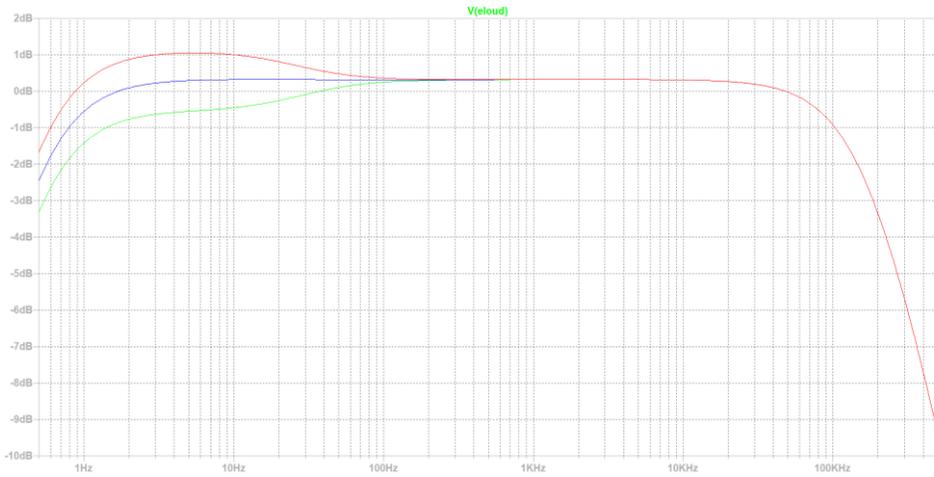


Fig. 7

Na figura 7, o efeito de variar o valor de C4 em +-10% na posição flat do controle. Em azul o valor nominal, em vermelho +10%, em verde -10%, Temos uma variação correspondente de -0,5 a +0,6dB na resposta.

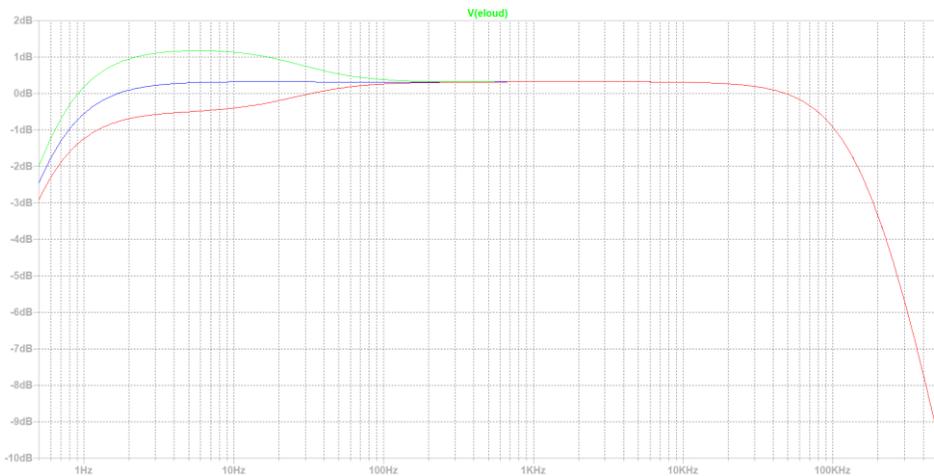


Fig. 8

Vamos agora investigar a variação da resposta com o controle na posição de máxima atenuação.

Primeiro, variando $\pm 10\%$ C1:

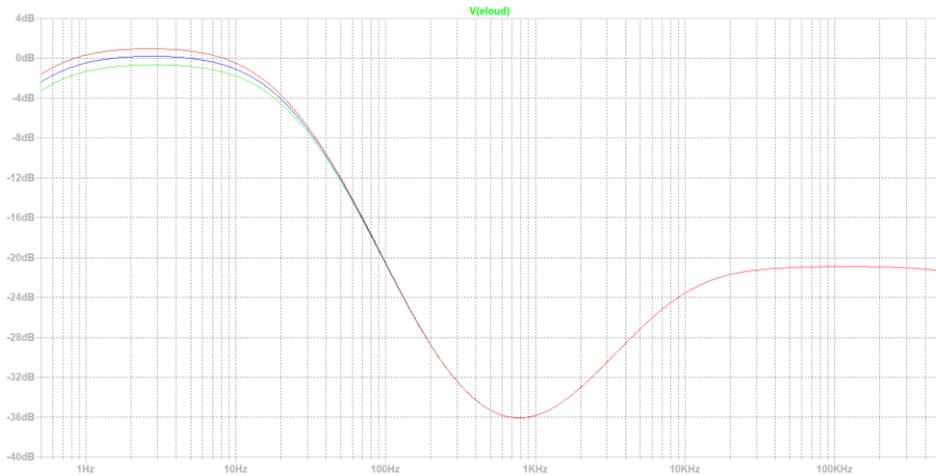


Fig. 9

Uma influência bem pequena, na faixa de áudio, como podemos conferir abaixo:



Fig. 10

Uma variação de 10% no ganho de tensão de um circuito equivale a 0,8dB, o que significa que o circuito escolhido tem uma sensibilidade* baixa às variações do valor dos capacitores, não variando mais que 0,6dB no pior caso.

Variando $\pm 10\%$ C2 (Fig.10):

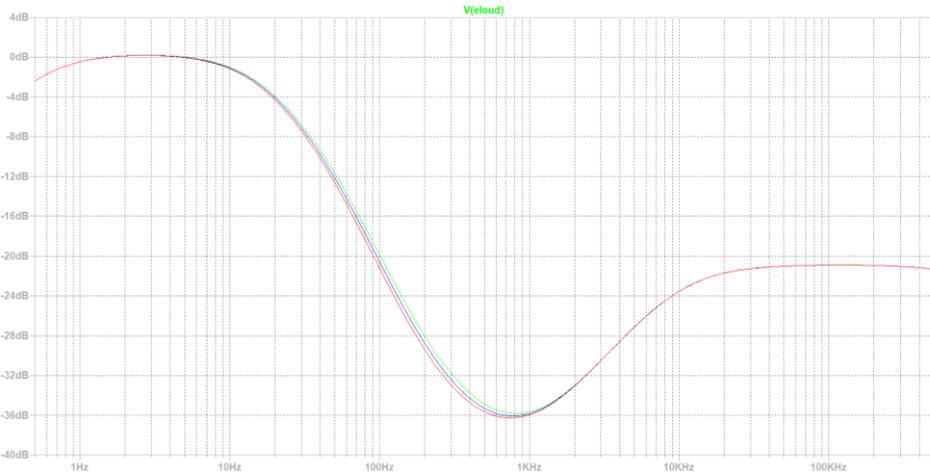


Fig. 11

Olhando mais de perto:

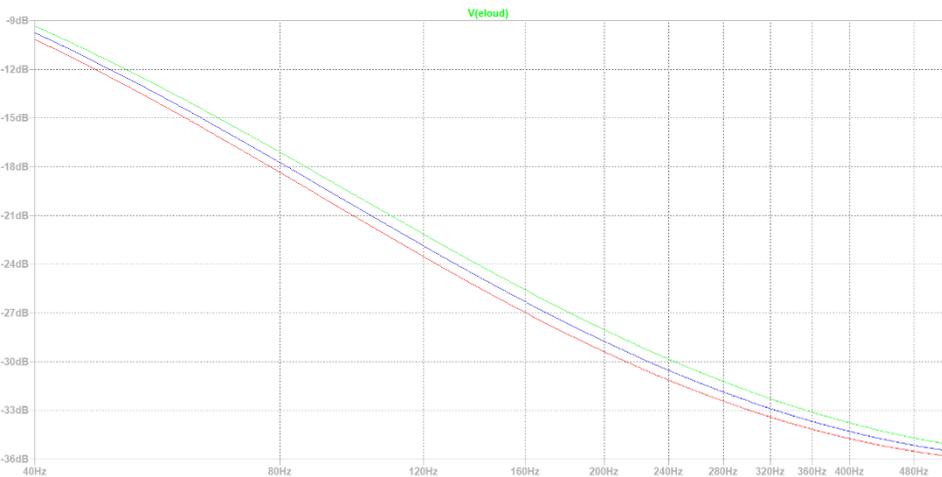


Fig. 12

Uma variação máxima de $\pm 0,3\text{dB}$. O que mostra não haver necessidade de usar uma tolerância menor em C2, como 5% por exemplo, para ter um erro menor que 0,5dB (Fig. 11).

*Sensibilidade de um circuito é uma medida da variação de uma característica desse circuito, como o ganho, em função de variações de valores dos seus componentes [5].

Variando +-10% C3:

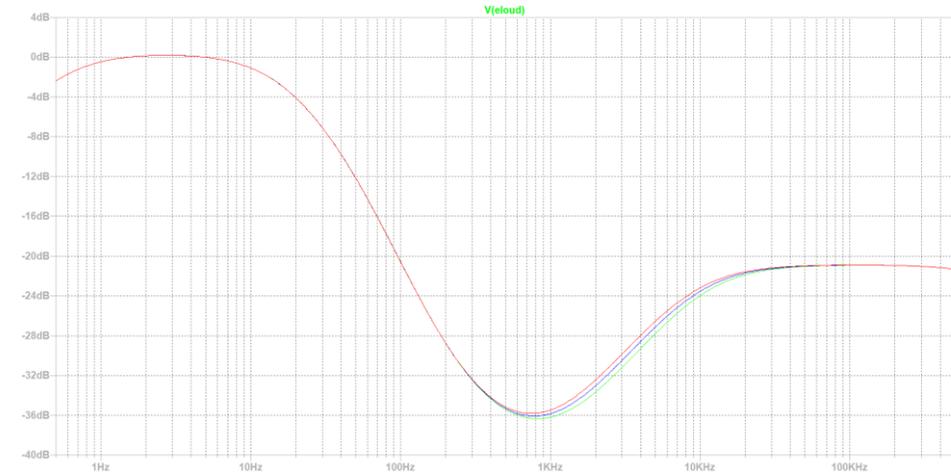


Fig. 13

Olhando mais de perto:

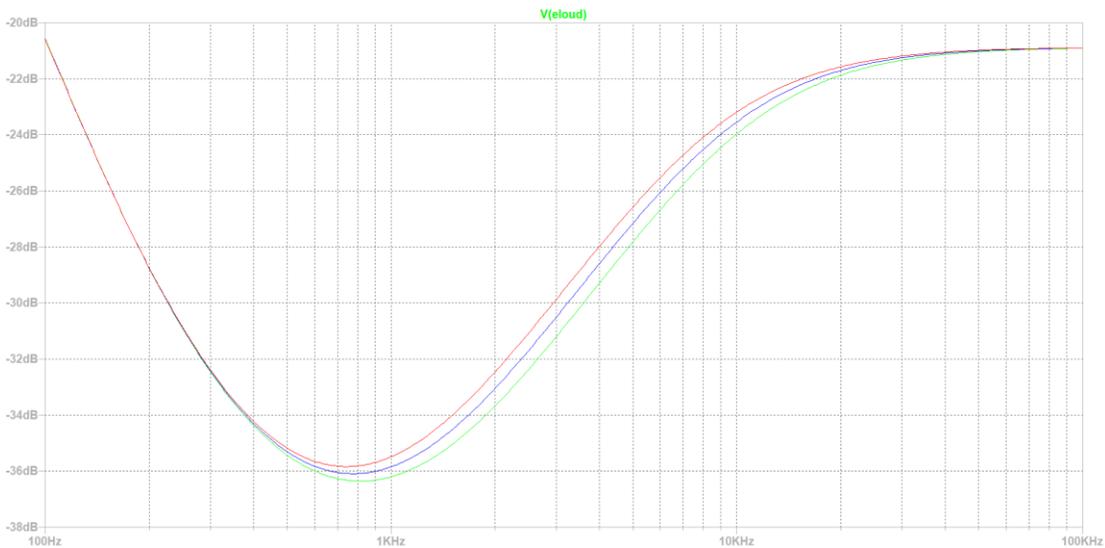


Fig. 14

Para C3, uma tolerância de 5% será necessária para manter o erro na resposta abaixo de 0,5dB.

Variamos C5 dentro da tolerância de 5%, valor fácil de achar em capacitores de mica prateada.

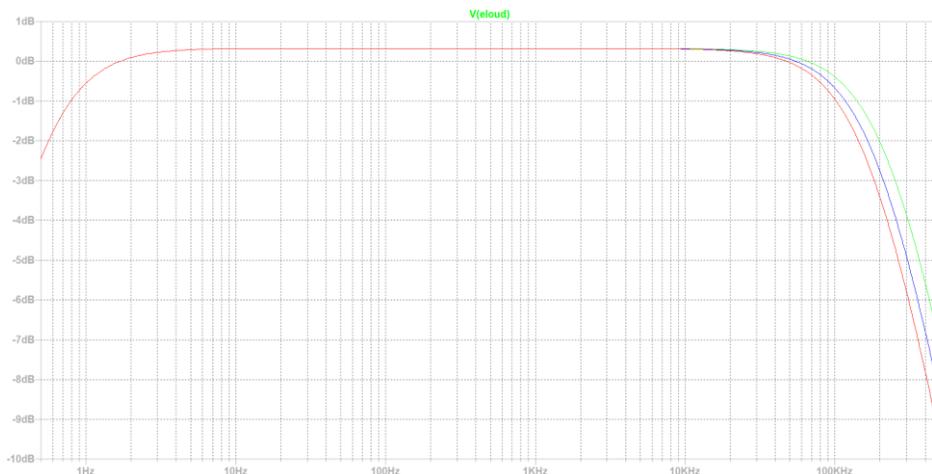


Fig. 15

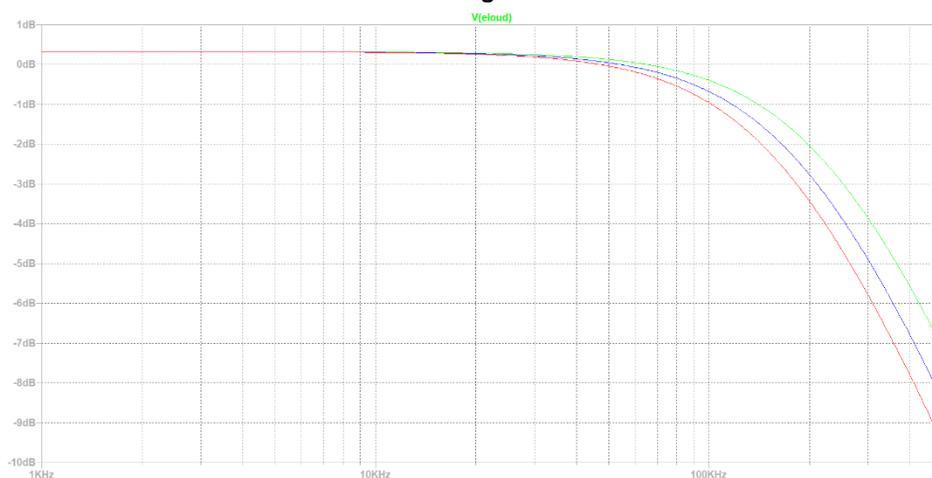


Fig. 16

No pior caso, temos menos que 0,1dB de queda a 20kHz e 0,3dB a 40kHz, ficando o ponto de -3dB em 180kHz, usando o LM833 ou Ne 5532.

Portanto, temos um circuito capaz de ser montado sem grande seleção de componentes, usando apenas resistores de 1%, dois capacitores, C3 e C5, com 5% de tolerância (letra J) e 3 que podem ser de 10% (letra K).

Caso haja a possibilidade de medir a capacitância de C4, C1 e C6, deve-se ajustar C6 para que $(C1+C6)=1,056 \times C4$ e escolher C4 para o valor mais próximo de $1\mu\text{F}$ que for possível.

Amplificadores operacionais que tenham $GB > 4\text{MHz}$ ($GB = \text{produto ganho} \times \text{banda passante}$) e baixa tensão de ruído, serão capazes de oferecer um resultado bastante satisfatório. Os valores dos resistores foram mantidos relativamente baixos, então a especificação de corrente de ruído não é muito crítica e a tensão de ruído vai predominar.

Também é importante que os operacionais escolhidos possam lidar com impedâncias de carga da ordem de 600Ω.

Nessa classificação se enquadram:

Os seguintes tradicionais, com ótima relação custo/benefício:

LM833



LM833-N

www.ti.com

SNOSB08E –MAY 2004–REVISED MAY 2012

LM833-N Dual Audio Operational Amplifier

Check for Samples: [LM833-N](#)

FEATURES

- **Wide Dynamic Range:** >140dB
- **Low Input Noise Voltage:** 4.5nV/√Hz
- **High Slew Rate:** 7 V/μs (typ); 5V/μs (Min)
- **High Gain Bandwidth:** 15MHz (typ); 10MHz (Min)
- **Wide Power Bandwidth:** 120KHz
- **Low Distortion:** 0.002%
- **Low Offset Voltage:** 0.3mV
- **Large Phase Margin:** 60°
- **Available in 8 Pin VSSOP Package**

DESCRIPTION

The LM833-N is a dual general purpose operational amplifier designed with particular emphasis on performance in audio systems.

This dual amplifier IC utilizes new circuit and processing techniques to deliver low noise, high speed and wide bandwidth without increasing external components or decreasing stability. The LM833-N is internally compensated for all closed loop gains and is therefore optimized for all preamp and high level stages in PCM and HiFi systems.

The LM833-N is pin-for-pin compatible with industry standard dual operational amplifiers.

Fig. 17

NE5532



NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A

SLOS075J –NOVEMBER 1979–REVISED JANUARY 2015

NE5532x, SA5532x Dual Low-Noise Operational Amplifiers

1 Features

- **Equivalent Input Noise Voltage:** 5 nV/√Hz Typ at 1 kHz
- **Unity-Gain Bandwidth:** 10 MHz Typ
- **Common-Mode Rejection Ratio:** 100 dB Typ
- **High DC Voltage Gain:** 100 V/mV Typ
- **Peak-to-Peak Output Voltage Swing** 26 V Typ With $V_{CC\pm} = \pm 15$ V and $R_L = 600$ Ω
- **High Slew Rate:** 9 V/μs Typ

2 Applications

- AV Receivers
- Embedded PCs
- Netbooks
- Video Broadcasting and Infrastructure: Scalable Platforms
- DVD Recorders and Players
- Multichannel Video Transcoders
- Pro Audio Mixers

3 Description

The NE5532, NE5532A, SA5532, and SA5532A devices are high-performance operational amplifiers combining excellent DC and AC characteristics. They feature very low noise, high output-drive capability, high unity-gain and maximum-output-swing bandwidths, low distortion, high slew rate, input-protection diodes, and output short-circuit protection. These operational amplifiers are compensated internally for unity-gain operation. These devices have specified maximum limits for equivalent input noise voltage.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE (NOM)
NE5532x, SA5532x	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
NE5532x, SA5532x	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm
NE5532x	SO (8)	6.20 mm × 5.30 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fig. 18

Uma alternativa mais em conta, mas com excelente desempenho:

RC4580



RC4580

SLOS412D – APRIL 2003 – REVISED NOVEMBER 2014

RC4580 Dual Audio Operational Amplifier

1 Features

- $\pm 2\text{-V}$ to $\pm 18\text{-V}$ Operating Voltage
- $0.8\text{-}\mu\text{Vrms}$ Low Noise Voltage
- 12-MHz Gain Bandwidth Product
- 0.0005% Total Harmonic Distortion
- $5\text{-V}/\mu\text{s}$ Slew Rate
- Drop-In Replacement for NJM4580
- Pin and Function Compatible with LM833, NE5532, NJM4558/9, and NJM4560/2/5 devices

2 Applications

- Audio Preamplifiers
- Active Filters
- Headphone Amplifiers
- Industrial Measurement Equipment

3 Description

The RC4580 device is a dual operational amplifier that has been designed optimally for audio applications, such as improving tone control. It offers low noise, high gain bandwidth, low harmonic distortion, and high output current, all of which make the device ideally suited for audio electronics, such as preamplifiers, active filters, and industrial measurement equipment. When high output current is required, the RC4580 device can be used as a headphone amplifier. Due to its wide operating supply voltage, the RC4580 device can also be used in low-voltage applications.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
RC4580	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TSSOP (8)	3.00 mm × 4.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fig. 19

Um pouco mais recentes e caros, mas com uma melhora de uns 4,5dB na relação sinal a ruído e distorções desprezíveis:

LM4562



LM4562

www.ti.com

SNAS326K – AUGUST 2006 – REVISED DECEMBER 2013

LM4562 Dual High-Performance, High-Fidelity Audio Operational Amplifier

Check for Samples: LM4562

FEATURES

- Easily Drives 600Ω Loads
- Optimized for Superior Audio Signal Fidelity
- Output Short Circuit Protection
- PSRR and CMRR Exceed 120dB (Typ)
- SOIC, PDIP, and TO-99 Packages

APPLICATIONS

- Ultra High-Quality Audio Amplification
- High-Fidelity Preamplifiers
- High-Performance Professional Audio
- High-Fidelity Active Equalization and Crossover Networks
- High-Performance Line Drivers and Receivers

KEY SPECIFICATIONS

- Power Supply Voltage Range: $\pm 2.5\text{V}$ to $\pm 17\text{V}$
- THD+N ($A_V = 1$, $V_{OUT} = 3V_{RMS}$, $f_N = 1\text{kHz}$)
 - $R_L = 2\text{k}\Omega$: 0.00003% (typ)
 - $R_L = 600\Omega$: 0.00003% (typ)
- Input Noise Density: $2.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ)
- Slew Rate: $\pm 20\text{V}/\mu\text{s}$ (typ)
- Gain Bandwidth Product: 55MHz (typ)
- Open Loop Gain ($R_L = 600\Omega$): 140dB (typ)
- Input Bias Current: 10nA (typ)
- Input Offset Voltage: 0.1mV (typ)
- DC Gain Linearity Error: 0.000009%

DESCRIPTION

The LM4562 is part of the ultra-low distortion, low-noise, high-slew-rate operational amplifier series optimized and fully specified for high-performance, high-fidelity applications. The LM4562 audio operational amplifiers deliver superior audio signal amplification for outstanding audio performance. The LM4562 combines extremely low voltage noise density ($2.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$) with vanishingly low THD+N (0.00003%) to easily satisfy the most demanding audio applications. To ensure that the most challenging loads are driven without compromise, the LM4562 has a high slew rate of $\pm 20\text{V}/\mu\text{s}$ and an output current capability of $\pm 26\text{mA}$. Further, dynamic range is maximized by an output stage that drives $2\text{k}\Omega$ loads to within 1V of either power supply voltage and to within 1.4V when driving 600Ω loads.

The LM4562's outstanding CMRR (120dB), PSRR (120dB), and V_{OS} (0.1mV) give the amplifier excellent operational amplifier DC performance.

The LM4562 has a wide supply range of $\pm 2.5\text{V}$ to $\pm 17\text{V}$. Over this supply range the LM4562's input circuitry maintains excellent common-mode and power supply rejection, as well as maintaining its low input bias current. The LM4562 is unity gain stable. This Audio Operational Amplifier achieves outstanding AC performance while driving complex loads with values as high as 100pF .

The LM4562 is available in an 8-lead narrow body SOIC, an 8-lead PDIP, and an 8-lead TO-99.

Fig. 20

Ou LME49720



LME49720

SNAS393D – MARCH 2007 – REVISED NOVEMBER 2016

LME49720 Dual High Performance, High Fidelity Audio Operational Amplifier

1 Features

- Easily Drives 600Ω Loads
- Optimized for Superior Audio Signal Fidelity
- Output Short Circuit Protection
- PSRR and CMRR Exceed 120dB (typ)
- SOIC, PDIP, TO-99 Metal Can Packages
- Key Specifications
 - Power Supply Voltage Range: ± 2.5 to ± 17 V
 - THD+N ($A_V = 1$, $V_{OUT} = 3V_{RMS}$, $f_{IN} = 1$ kHz):
 - $R_L = 2k\Omega$: 0.00003% (typ)
 - $R_L = 600\Omega$: 0.00003% (typ)
 - Input Noise Density: $2.7nV/\sqrt{Hz}$ (typ)
 - Slew Rate: $\pm 20V/\mu s$ (typ)
 - Gain Bandwidth Product: 55MHz (typ)
 - Open Loop Gain ($R_L = 600\Omega$): 140dB (typ)
 - Input Bias Current: 10nA (typ)
 - Input Offset Voltage: 0.1mV (typ)
 - DC Gain Linearity Error: 0.000009%

3 Description

The LME49720 device is part of the ultra-low distortion, low noise, high slew rate operational amplifier series optimized and fully specified for high performance, high fidelity applications. Combining advanced leading-edge process technology with state-of-the-art circuit design, the LME49720 audio operational amplifiers deliver superior audio signal amplification for outstanding audio performance. The LME49720 combines extremely low voltage noise density ($2.7nV/\sqrt{Hz}$) with vanishingly low THD+N (0.00003%) to easily satisfy the most demanding audio applications.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LME49720	TO-99 (8)	9.08mm × 9.08mm
	SOIC (8)	4.90mm × 3.91mm
	PDIP (8)	9.81mm × 6.35mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fig. 21

Ou um dos mais recentes:

OPA1656



OPA1656

SBOS901A – MARCH 2019 – REVISED JULY 2019

OPA1656 Ultra-Low-Noise, Low-Distortion, FET-Input, Burr-Brown™ Audio Operational Amplifier



1 Features

- Ultra-low noise:
 - Voltage noise: $2.9nV/\sqrt{Hz}$ at 10 kHz
 - Current noise: $6fA/\sqrt{Hz}$ at 1 kHz
- Low distortion:
 - 0.000029% (–131 dB) at 1 kHz
 - 0.000035% (–129 dB) at 20 kHz
- High open-loop gain: 150 dB
- High output current: 100 mA
- Low input bias current: 10 pA
- Slew rate: 24 V/ μs
- Gain bandwidth product: 53 MHz
- Rail-to-rail output
- Wide supply range: ± 2.25 V to ± 18 V or 4.5 V to 36 V
- Quiescent current: 3.9 mA per channel

2 Applications

- Soundbar

3 Description

The OPA1656 is a Burr-Brown™ operational amplifier (op amp) designed specifically for audio and industrial applications, where maintaining signal fidelity is crucial. The FET-input architecture achieves a low $2.9nV/\sqrt{Hz}$ voltage noise density and $6fA/\sqrt{Hz}$ current noise density, allowing for very low noise performance in a wide variety of circuits. The high bandwidth and high open-loop-gain design of the OPA1656 delivers a low distortion of 0.000035% (–129 dB) at 20 kHz, and improves audio signal fidelity across the full audio bandwidth. This device also features excellent output current drive capability, offering rail-to-rail output swing to within 250 mV of the power supplies with a 2-kΩ load, and can deliver 100 mA of output current.

The OPA1656 operates over a very wide supply range of ± 2.25 V to ± 18 V or (4.5 V to 36 V) on 3.9 mA of supply current to accommodate the power supply constraints of many types of audio products. The temperature range is specified from $-40^\circ C$ to $+125^\circ C$. The device is offered in an 8-pin SOIC package.

Fig. 22

Quem quiser pode usar também os OPA2134 ou OPA2132, com uma relação sinal a ruído um pouco pior em relação aos tradicionais (4dB) ou uns **8,5dB** pior (em primeira aproximação) em relação aos mais recentes e caros (um valor significativo):

OPAx134 SoundPlus™ High Performance Audio Operational Amplifiers

1 Features

- Superior Sound Quality
- Ultra Low Distortion: 0.00008%
- Low Noise: 8 nV/√Hz
- True FET-Input: $I_b = 5\text{pA}$
- High Speed:
 - Slew Rate: 20 V/μs
 - Bandwidth: 8 MHz
- High Open-Loop Gain: 120 dB (600 Ω)
- Wide Supply Range: $\pm 2.5\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$
- Single, Dual, and Quad Versions

2 Applications

- Professional Audio and Music
- Line Drivers
- Line Receivers
- Multimedia Audio
- Active Filters
- Preamplifiers
- Integrators
- Crossover Networks

3 Description

The OPA134 series are ultra-low distortion, low-noise operational amplifiers fully specified for audio applications. A true FET input stage is incorporated to provide superior sound quality and speed for exceptional audio performance. This, in combination with high output drive capability and excellent DC performance, allows for use in a wide variety of demanding applications. In addition, the OPA134 has a wide output swing, to within 1 V of the rails, allowing increased headroom and making it ideal for use in any audio circuit.

The OPA134 SoundPlus™ audio operational amplifiers are easy to use and free from phase-inversion and the overload problems often found in common FET-input operational amplifiers. They can be operated from $\pm 2.5\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$ power supplies. Input cascode circuitry provides excellent common-mode rejection and maintains low input bias current over its wide input voltage range, minimizing distortion. OPA134 series operational amplifiers are unity-gain stable and provide excellent dynamic behavior over a wide range of load conditions, including high load capacitance. The dual and quad versions feature completely independent circuitry for lowest crosstalk and freedom from interaction, even when overdriven or overloaded.

Fig. 23

Todos os CI's com 2 opamps num invólucro DIP (Dual in Line Plastic) de 8 pinos. O OPA1656 não tem versão DIP de 8 pinos, apenas SOIC.

Observem que os NE5532, LM833 ou RC4580 só perdem para concorrentes bem mais caros...

Atuação

Na figura 23, gráfico da variação de atuação, em passos de 10% da rotação do controle de audibilidade (com potenciômetro linear):

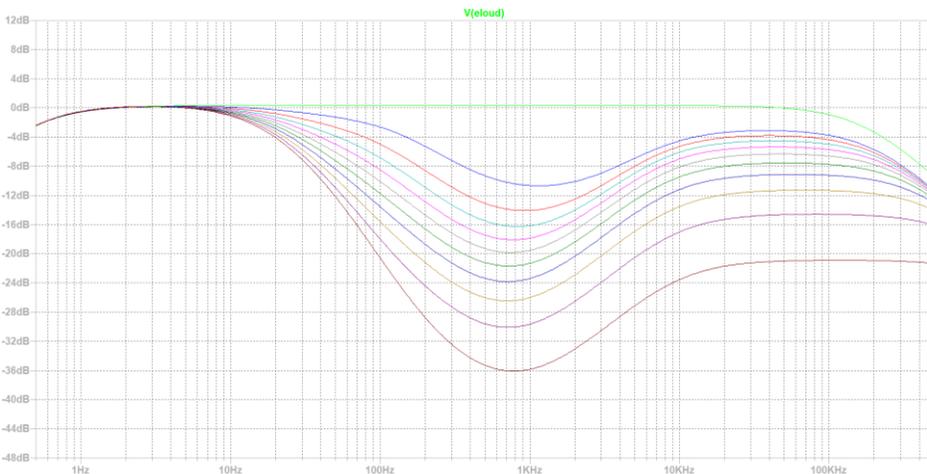


Fig. 24

Circuito final.

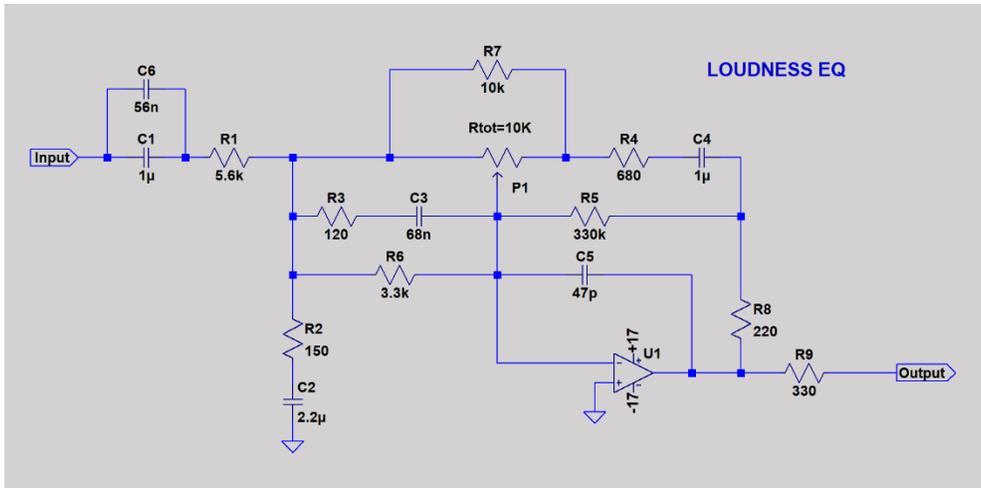


Fig. 25

Para uso num pré-amplificador, basta colocar antes do equalizador um estágio que sirva como buffer, com impedância de saída menor que 100Ω, e um controle de volume que deve ser depois do equalizador, já que esse também atenua o sinal. Pode ser um controle ativo, que vai permitir obter ganho e compensar a inversão de polaridade introduzida pelo estágio. A saída do equalizador deve ter acoplamento capacitivo para evitar offset CC.

Lista de Material (apenas 1 canal do equalizador)

Capacitores, poliéster metalizado ou polipropileno se não indicado outro tipo.

- C1** 1µF, 63V ou 100V, K(10%);
- C2** 2.2µF, 63V ou 100V, K(10%);
- C3** 68nF, 63V ou 100V, J(5%);
- C4** 1µF, 63V ou 100V, K(10%);
- C5** capacitor de mica prateada, 47pF, 500V, J(5%);
- C6** 56nF, 63V ou 100V, K(10%);

Potenciômetro

- P1** Rtot=10KΩ potenciômetro linear (duplo para sistema estéreo);

Resistores

- R1** 5.6KΩ, 1%, 1/8W, filme de metal;
- R2** 150Ω, 1%, 1/8W, filme de metal;
- R3** 120Ω, 1%, 1/8W, filme de metal;
- R4** 680Ω, 1%, 1/8W, filme de metal;

- R5 330K Ω , 1%, 1/8W, filme de metal;
- R6 3.3K Ω , 1%, 1/8W, filme de metal;
- R7 10K Ω , 1%, 1/8W, filme de metal;
- R8 220 Ω , 1%, 1/8W, filme de metal;
- R9 330 Ω , 1%, 1/8W, filme de metal;

Circuito integrado

U1 opamp, metade de um CI duplo, ver texto.

Para o próximo número as medições do protótipo e configuração a ser usada num pré-amplificador.

Referências:

1. Nepomuceno, Luiza de Arruda. **ELEMENTOS DE ACÚSTICA FÍSICA E PSICOACÚSTICA** 1ª ed., São Paulo, Edgard Blücher; 1994.
2. Bistafa, Sylvio R., **ACÚSTICA APLICADA AO CONTROLE DE RUÍDO**, 1ª ed., São Paulo, Edgard Blücher; 2006.
3. Nepomuceno, Lauro Xavier. **ACÚSTICA** 1ª ed. Edgard Blücher; 1977.
4. **ISO226, revisão 2003, Acoustics: Normal Equal Loudness Level Contours**, International Standards Organization, Genebra, Suíça.
5. Daryanani, Gobind, **Principles of Active Network Synthesis and Design**, Bell Laboratories, John Wiley & Sons, 1976.

NÃO JOGUE NO LIXO

Transformando Recarregadores de Bateria de Celular Em Fontes Ajustáveis

Paulo Brites*

Parte II

Na edição de julho eu apresentei, no primeiro artigo da série NÃO JOGUE NO LIXO, uma maneira de aproveitar recarregadores de bateria de celulares usando um módulo conversor DC-DC, para transformá-los em mini fontes ajustáveis.

Na edição deste mês, agosto, eu vou mostrar duas outras maneiras de fazer isso sem usar o conversor, fazendo uma pequena alteração no circuito.

Eu já as havia mencionado esta opção no artigo anterior, e que consiste em encontrar, na PCI do recarregador, o CI TL431 ou um diodo Zener, para que se possa realizar a modificação.

Entretanto, essas modificações exigem um pouco mais de conhecimento técnico e habilidade de quem pretende utilizá-las.

Muitas vezes esses componentes estão em encapsulamento SMD, o que torna bem difícil localizá-los e por isso deixei esta opção para a Parte II.

O regulador de tensão TL431.

Quem quiser saber mais sobre esse CI, que está presente em quase todas as fontes chaveadas, [CLIQUE AQUI](#).

Na fig. 1, temos um circuito básico de um recarregador que utiliza esse CI. Trata-se de um circuito genérico para ser utilizado apenas como referência.

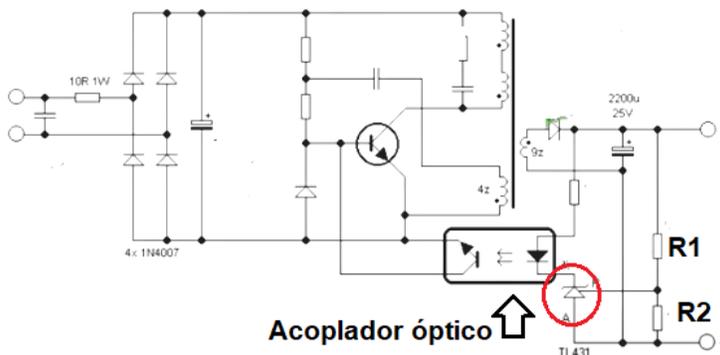


Fig. 1 – Circuito básico de um recarregador utilizando o TL431

*Professor de Matemática e Técnico em Eletrônica

Uma dica para encontrarmos o TL431 ou Zener é começar por procurar o acoplador óptico.

Esses componentes, seja o CI ou o Zener, terão o seu cátodo ligado ao cátodo do foto diodo do acoplador óptico, como vemos no exemplo da fig.1.

Entretanto, esta não é uma regra geral, pois existem recarregadores de qualidade tão ruim, ou melhor, sem qualidade alguma, que não possuem o acoplador óptico.

No caso de recarregador que utilizei como exemplo e que vai mostrado na fig.2, R1 e R2 eram, respectivamente, de 2k Ω e 3k Ω .

Removi R1 e coloquei no lugar um potenciômetro **linear** de 10k Ω .

Esta simples modificação permitiu que eu passasse a ter uma fonte ajustável de 2,6V a 12V.

Uma outra combinação de valores permitiria aumentar o valor da tensão de 12V o que leitor poderá descobrir lendo o post do meu blog [Diamantes são eternos, TL431 também.](#)

Cabe ressaltar que é preciso estar atento à tensão de isolamento do capacitor de saída, que talvez precise ser trocado.



Fig. 2 – Modificação no recarregador com TL431

Modificando recarregadores com diodo Zener

Como eu disse anteriormente, alguns recarregadores de segunda linha não possuem o TL431 e no seu lugar encontraremos apenas um diodo Zener ligado de forma similar à que vemos na fig.1.

Neste caso devemos remover o Zener e colocar no seu lugar o TL431 e o potenciômetro para ajuste da tensão como mostrado na fig.3.

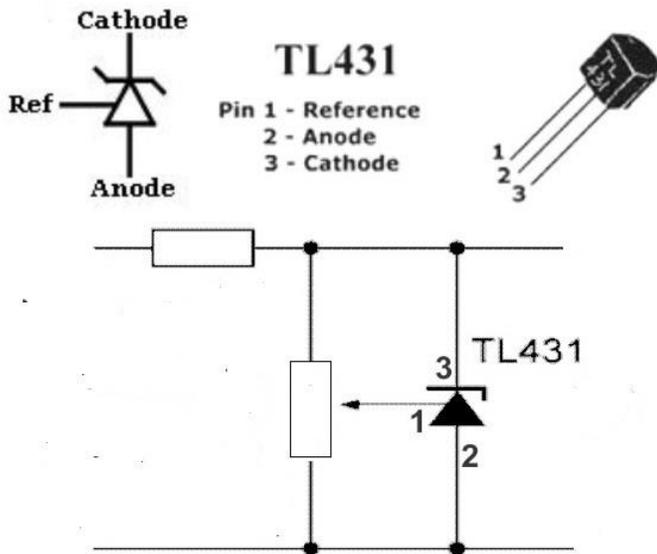


Fig. 3 – Como ligar o TL431

Antes de passar ao circuito prático que modifiquei e está na fig.4, vai uma dica de como encontrar o Zener na PCI.

O método mais simples é seguir o pino 1 do acoplador óptico, onde deverá estar ligado o cátodo do Zener.

A simbologia do Zener serigrafada na PCI ou a marcação ZD também ajudam.

Para ter certeza de que realmente se trata de um diodo Zener, meça a queda de tensão que aparece em seus terminais.

Se a tensão for da ordem de 0,2V a 0,7V então, não se trata de um Zener e sim de um diodo Schottky ou um retificador comum.

No caso de recarregador que usei, ele não tinha acoplador óptico, mas havia a inscrição ZD na PCI o que me ajudou a resolver o problema.

Todo técnico precisa ter um pouco de Sherlock Holmes, ou seja, espírito investigativo.

Leia o meu e-book [Sherlock Holmes e a Oficina de Reparos em Eletrônica](#) e descubra por quê.

Na fig. 4, eu mostro a instalação que fiz num recarregador que só possuía um Zener de 5,6V e um resistor de 100 Ohms em série

Removi o Zener e instalei o potenciômetro e o TL431 como mostrado na fig.4.

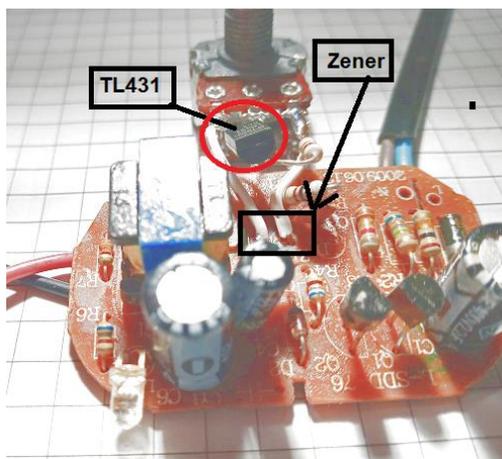


Fig. 4 – Modificação no recarregador substituindo o Zener pelo TL431.

Considerações Finais

Como eu mencionei no início do artigo, essas modificações exigem mais conhecimento técnico e, portanto, não são para iniciantes.

Não tive a intenção de apresentar uma “receita de bolo” pronta porque cada situação exigirá soluções com valores diferentes.

Todavia, parece-me um bom exercício prático para quem pretende aprender eletrônica de verdade e não se contentar em montar circuitos que aparecem no *Youtube* e, quando funcionam, não se sabe por que, nem como, resolver.

Como sempre, os comentários dos leitores serão sempre muito bem-vindos.

SAE
Scientific Audio Electronics, Inc.

2200

STEREO POWER AMPLIFIER



Marcelo Yared*

A SAE é muito conhecida, e admirada, pelos apreciadores de equipamentos de som clássico. encerrou suas atividades em 1988 e, após passar pelo controle de outras empresas, está de novo ativa e produzindo amplificadores de alta qualidade.

A história do fabricante pode ser vista em http://www.wardsweb.org/audio/sae_history.html.

Seu site, atualmente, é <https://hear-sae.com/>.

Os equipamentos da SAE têm muita fama de robustez e excelente qualidade técnica, e tinham também um design diferenciado na época.

*Engenheiro Eletricista

Adquiri este equipamento no Mercado Livre. Uma barganha, pois ele estava em péssimo estado e, se fosse um amplificador comum, iria para o lixo... Mas é um SAE, portanto, é algo como o que vi certo dia na Internet: o exército ucraniano recuperou um tanque de guerra alemão do fundo de um lago, onde foi jogado pelo exército alemão em retirada em 1943/44... Foi feita uma limpeza, lama foi retirada de seu interior, colocado combustível no tanque, óleo no cárter e... o motor deu partida, após mais que sessenta anos no fundo do lago.

Assim, a estética estava bem ruim, muito arranhado e maltratado pelo seu dono, para o qual prestou serviço e que fez o favor de riscar seu nome no tampo superior de alumínio.

Vejam como estava o valente 2200:



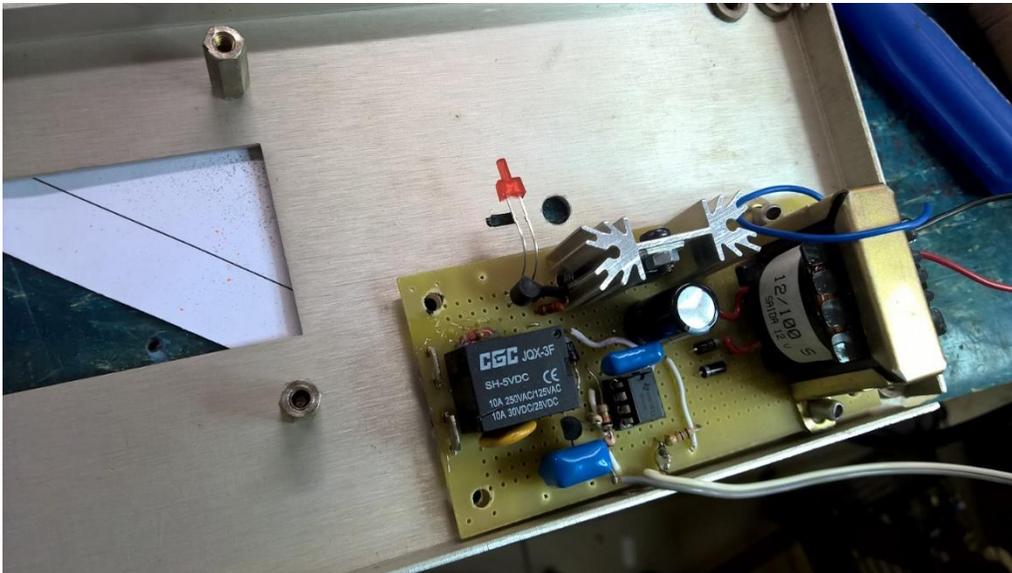
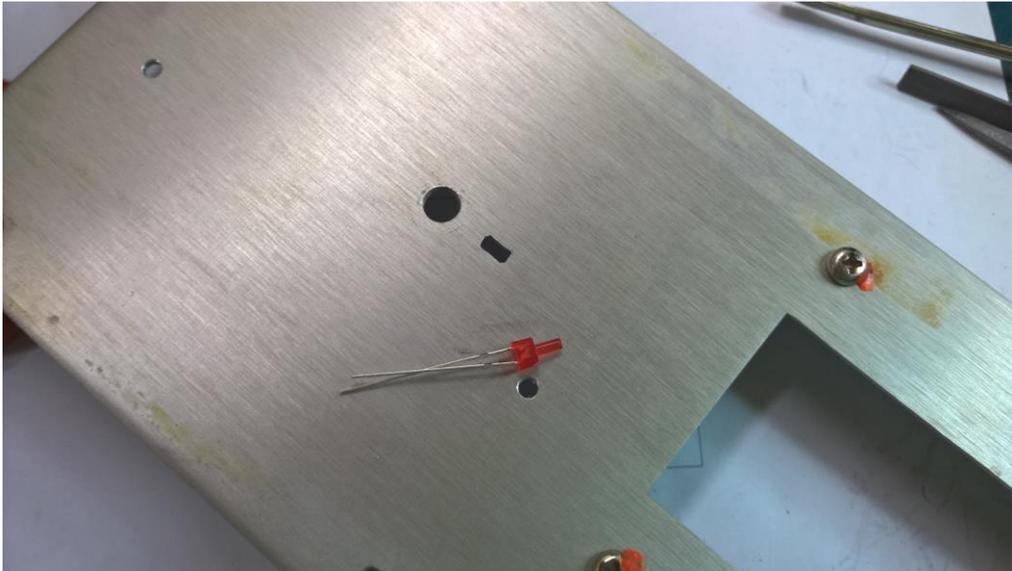
Uma boa demão de tinta preta Alúmen resolveu os riscados de forma bem satisfatória.

Não refiz a serigrafia dos painéis, pois, apesar de eles estarem meio encardidos, um amigo de nossa lista de discussão, o Jimmy Bolha, fez uma defesa tão enfática da qualidade dessa serigrafia, justificada aliás, que preferi manter tudo original.

Havia ainda o problema da chave "on/off" colocada no painel frontal, abrindo um furo tôsko e, por sorte, pequeno, no painel. Inicialmente pensei em fechar com um para fuso similar aos das alças do painel, mas depois, após consultas ao conselho de anciãos da nossa lista de discussão, resolvi montar um circuito para acionamento por relé e colocar um pequeno botão e pressão para ligar e desligar o aparelho.

Originalmente, o SAE 2200 é energizado pelo pré a que estiver conectado, assim, não tem chave liga/desliga.

Coloquei também um led para indicar que o aparelho está ligado na tomada porém em "stand-by", o que é útil pois não tinha com acrescentar serigrafia para indicar a função do "push-button". Acho que ficou bom.





Preliminarmente, desmontei todo o aparelho, e neste aspecto, tirando a quantidade de parafusos, o equipamento é de manutenção muito fácil, à exceção de um detalhe: se for necessário substituir-se um led dos VUS, por exemplo, a coisa fica meio complicada; são duas placas formando um sanduíche, e, pelo que pude perceber, teriam que ser dessoldados todos os conectores para se separar uma placa da outra...

Mas o restante é bastante tranquilo, os materiais de excelente qualidade, com placas impressas de fibra de vidro bastante robustas.



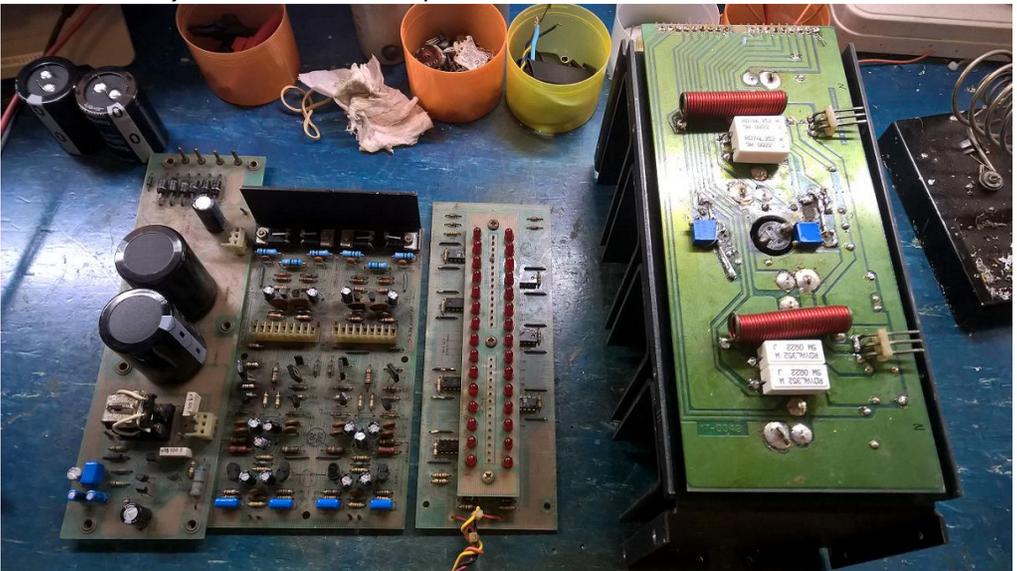
Infelizmente, apesar da robustez, a placa dos transistores de saída literalmente pegou fogo, creio que por conta de alguma "mãozada" de algum técnico de manutenção, o que destruiu as trilhas e também um dos contatos do relé de saída, na placa da fonte.

Passei à manutenção. Anos de abuso e manutenção incorreta no 2200 cobraram seu preço, e revi praticamente tudo. Sofreu o coitado... nem os pés sobreviveram. E vejam que ele realmente parece um pequeno tanque de guerra.

Após um completo recap, por descargo de consciência, recuperei, com base em um esquema disponível na Internet, as ligações na placa de saída, utilizando trimpots multivoltas selados e substituindo os MJ15003/4 que estavam na saída pelos modelos mais indicados para o 2200 (MJ15022/23). Os MJ colocados estavam bons e não eram falsos. Por isso aguentaram o "tranco". Foram para o estoque. Estava assim:



E ficou assim, junto com as demais placas:



Este foi o rescaldo:



Posteriormente fiz mais três modificações:

- substitui o relé original, apesar de ter reparado o contato danificado, por dois relés miniatura selados;
- troquei os diodos 1N5403 originais por uma ponte retificadora de 8A/400V com um pequeno dissipador;
- tinha utilizado transistores BD139/140 no VAS por unidades equivalentes às originais e troquei por unidades da Toshiba, com VCE mais adequado - (funcionou com os BD, mas depois verifiquei que seu VCEo não era adequado para esse amplificador).

Com isso, e mais os transistores ON Semi de 250W a 25 graus Celsius na saída, preparei o amplificador para funcionar com cargas de 4 ohms, coisa que seria complicado com os originais do projeto (2SD424/2SB554).

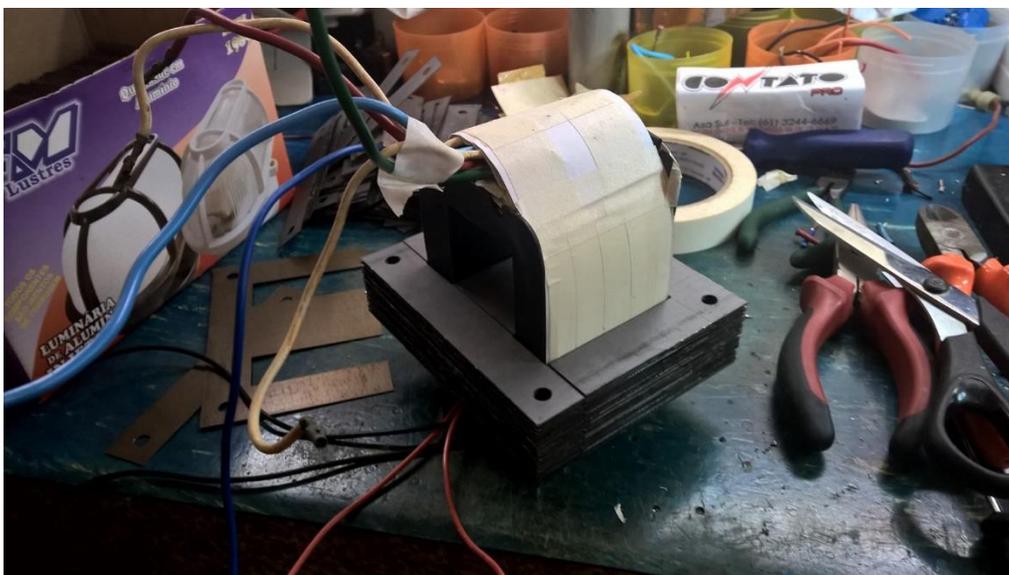
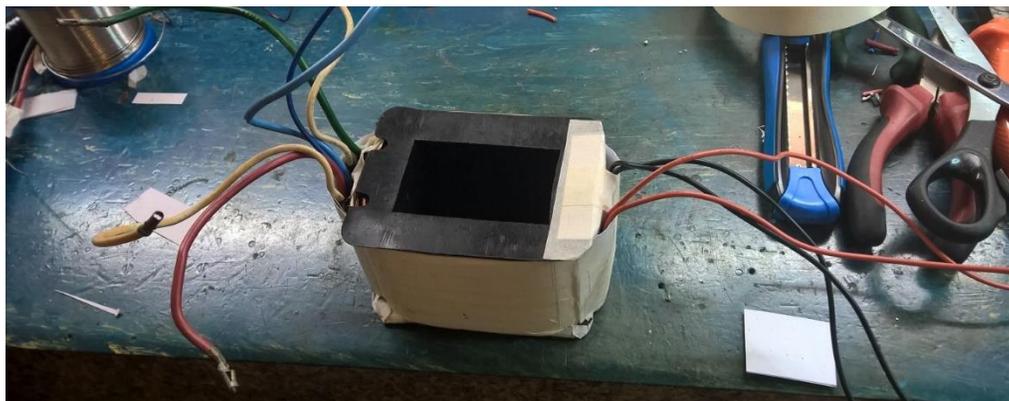
Com as placas reparadas o amplificador foi ajustado com uma fonte estabilizada para a corrente de repouso ótima. Neste ponto, lembrei-me de uma discussão acerca de como a potência de saída é dependente da qualidade da fonte.

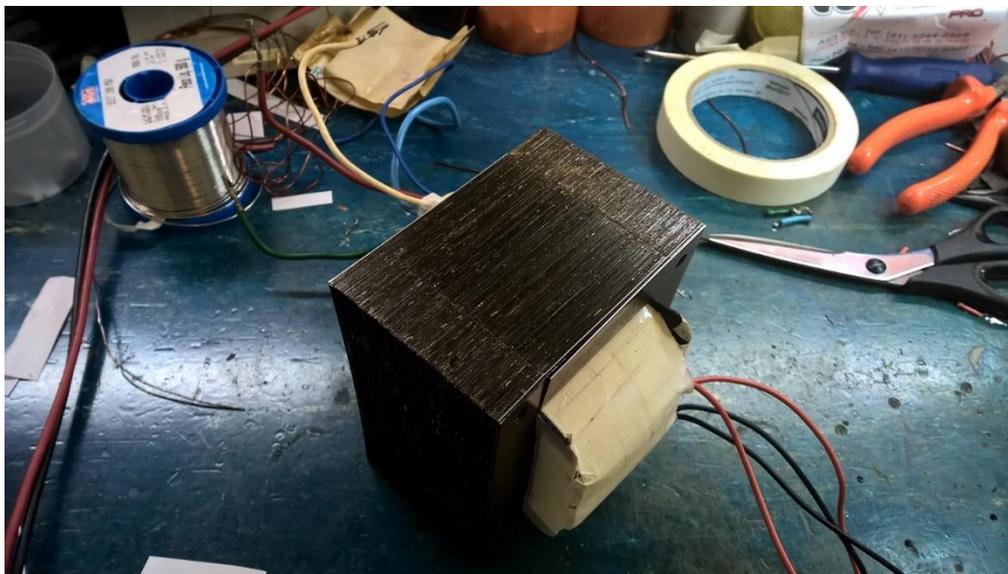
A fonte do 2200 é muito boa, transformador muito bem dimensionado e de qualidade, a fiação tem bitola adequada e os contatos são de baixa resistência. Tudo isso, e um projeto criterioso resultaram em um bom equipamento. Justifica a fama do fabricante.

O amplificador é muito bom etc, mas tem duas limitações para "nosotros" que não estamos no Rio ou em SP e nem temos acesso ao pré da SAE que compõe o conjunto: ele, na versão que adquiri, funciona somente em 120VCA e a sensibilidade de entrada é um pouco baixa (1,5v rms para 0dB na saída - referência 100W/8 ohms).

A segunda resolve-se com um bom pré, mas a primeira... teria que se levar o trafo a uma empresa e mandar reenrolar ou, fazer como o besta aqui, reenrolar na mão. Resultado, após uma trabalhadeira do cão:







Ao fim, o transformador ficou com uma regulação com carga máxima (4,5A, estimada) de 6% de perda, o que é muito bom. Alguns pontos interessantes:

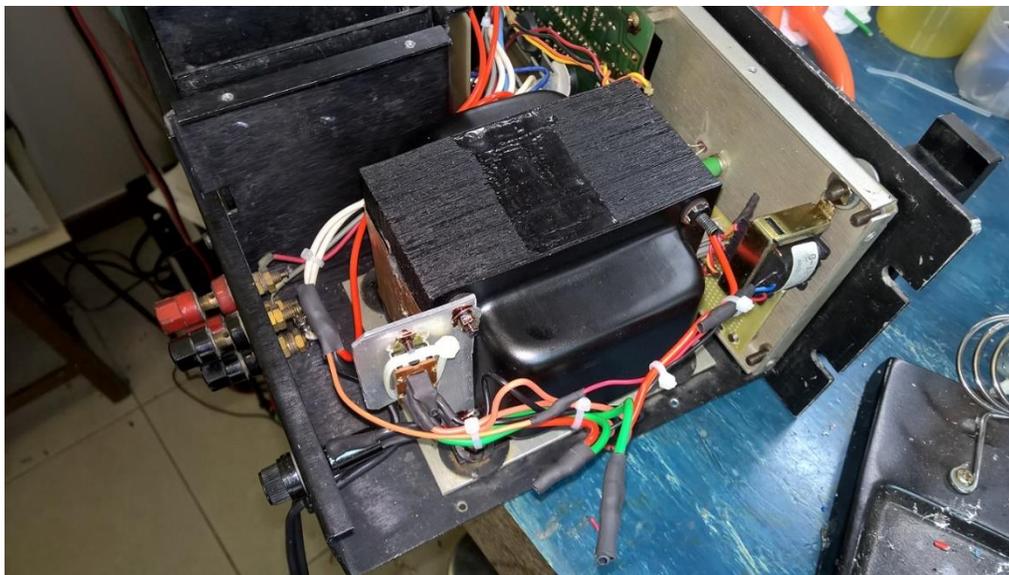
- O material do trafo é de muito boa qualidade;
- o enrolamento original é superior ao que fiz, na mão; o empilhamento perdeu uns 2mm de chapas devido à minha dificuldade de remontá-lo, mas o resultado, conforme os testes mostrarão, ficou muito bom;

- a perda das chapas, somada ao ajuste meio "no chute" da pressão nas arruelas de borracha que fixam o trafo no chassi fizeram a unidade zumbir, mecanicamente, um pouquinho mais;
- não peguei, até hoje, nos amplificadores nacionais, transformador, com núcleo EI, com essas qualidades gerais;
- não me lembrava mais de como é chato enrolar transformadores na mão...

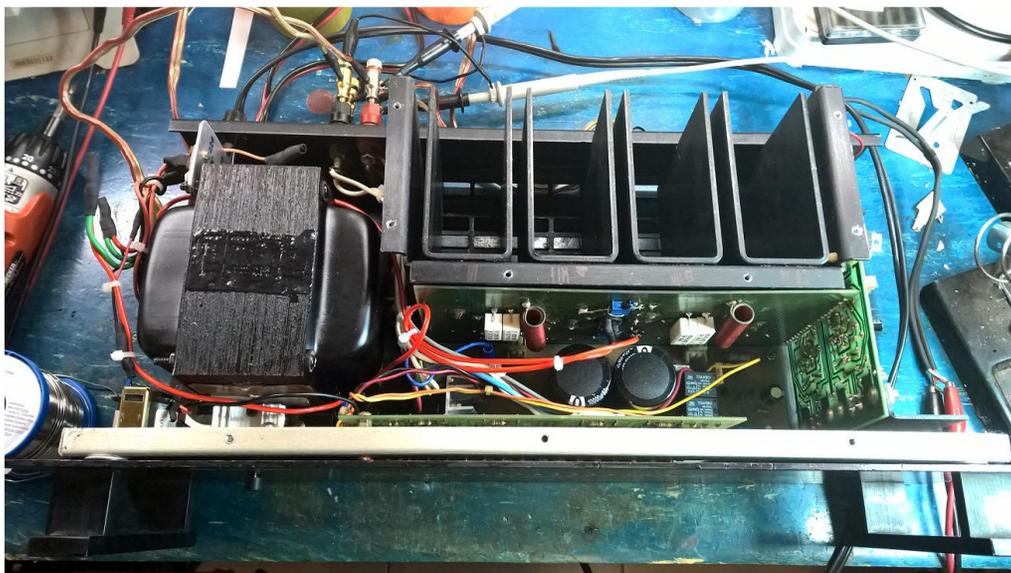
Assim, após essa trabalheira toda, procedi à pintura dos painéis laterais e superior do 2200, de forma a torná-lo mais apresentável. A anodização sofreu um bocado na mão do usuário anterior...



A próxima etapa foi adaptar um pequeno painel de alumínio no transformador de força de modo a acomodar, internamente, a chave comutadora 110/220VCA:



Então, mais algumas noites montando toda a "tralha" junto e ficou assim:



Após a colocação de "trocentos" parafusos, que dão trabalho para aparafusar mas proporcionam uma boa estabilidade mecânica para a montagem:



Aliás, para se ter uma ideia do cuidado da SAE com seus projetos e montagens, essa foto mostra o amplificador alimentado por uma onda senoidal de 1kHz com cargas de 8 ohms. O VU aponta precisamente a potência eficaz entregue à carga: 100W. Não fiz nenhum ajuste nesses VU. Estão como vieram de fábrica, há uns 40 anos, ou mais...

Medições na Bancada

Não tenho nenhum manual desse amplificador, assim, tomei por base o folheto publicitário da SAE para comparar as medições, obtendo os valores abaixo, em 220VCA:

Característica	Folheto SAE	Medida
Potência Máxima 8Ω/1kHz	100W (0,05% DHT)	125W (lim. ceifamento)
Potência Máxima 4Ω/1kHz	Não informada	173W (lim. ceifamento)
Resposta em Frequência (Máx Pot 8Ω)	20Hz/20kHz (+/-0,25dB)	5Hz/60kHz (-2/-3dB)/1W
Relação Sinal-Ruído (vol=0) Máx Pot 8Ω	-100dB	-90dB
Fator de Amortecimento (100Hz/8Ω)	150 mínimo	190
Distorção Harmônica Total (10W/1kHz/8Ω)	menor que 0,05%	0,0070%
Distorção Harmônica Total (100W/1kHz/8Ω)	menor que 0,05%	0,0047%
Distorção por Intermod. SMPTE (1W/8Ω)	menor que 0,05%	0,0132%
Distorção por Intermod. SMPTE (10W/8Ω)	menor que 0,05%	0,0126%
Distorção por Intermod. SMPTE (100W/8Ω)	menor que 0,05%	0,0183%
Diafonia	Não Divulgado	-49dB
“Slew Rate”	40V/μs	aprox 20V/μs

Todos os valores são excelentes a menos da diafonia, mas esta também não compromete.

Observem a qualidade da fonte, que permitiu valores expressivos de potência, acima até do valor nominal, bem como a excelência do projeto e construção geral, com medidas de qualidade, mesmo se considerarmos equipamentos atuais.

O amplificador, com fonte estabilizada de bancada, entregou aproximadamente 150 watts eficazes em 8Ω e caiu para 125 watts com a fonte original, o que é muito bom, se considerarmos que ela é não estabilizada e atende aos dois canais.

Apesar de algumas correntes advogarem o uso de fonte estabilizada para estágios de saída, não há grande vantagem nisso, no caso de fontes lineares, para amplificadores em classe B. A boa e conhecida fonte comum é a melhor opção.

Observem também que não adiantam "zilhões" de microfarads de capacitor se o transformador não for de qualidade e corretamente dimensionado, como é o caso desse SAE.

Como vi que o transformador era adequado, mantive o valor da capacitância da fonte, apenas utilizei unidades para 105 graus Celsius, ao invés das de 85 originais, pois sabia que o bicho ia esquentar.

Essa pequena usina de força entrega quase 350 watts eficazes em 4 ohms com alta qualidade sonora, montada em um gabinete de 43cm x 21cm x12cm, sem contar as abas padrão rack!

Por outro lado, todo o gabinete de alumínio e o painel frontal estão termicamente acoplados ao dissipador principal, aumentando significativamente sua capacidade de dissipação, o que é muito bom.

Assim, todo o conjunto, notadamente em potências elevadas, fica bem quente. Em uso residencial isso não é problema, mas nos testes de estresse que executo, o amplificador alcançou temperaturas externas próximas de 60 graus Celsius, o que demanda atenção.

A eficiência, nesses testes (máxima potência), foi de aproximadamente 43% em 4 ohms e de 50% em 8 ohms. Apesar de boa, o bicho esquenta...

Por fim, abaixo, reproduzo uma explicação sobre o chassi dos SAE, bastante detalhada, entre outras informações úteis, do nosso já citado amigo Jimmy Bolha, das listas de discussão, fã dos SAE:

“Essa família de SAE tem parafusos a dar com pau, pois a estrutura é tipo "monocock", ou seja, é a "pele" externa de alumínio que suporta todos os esforços.

Então, as peças têm que ser muito bem ancoradas umas às outras para dar rigidez, já que ele não tem nenhuma estrutura interna de aço, como é comum em outros amplificadores. Essa tecnologia é herdada da aviação e da Fórmula 1.

A vantagem é o peso reduzido, uma maior dissipação de calor e a durabilidade, pois, como você deve ter observado, exceto onde ele foi riscado por prego ou esfregado no cimento, o gabinete está exatamente como saiu de fábrica há 40 anos...

Eu achava que esse seu era dos últimos, mas descobri que é o contrário: Ele é dos primeiros. Os últimos são aqueles que tem painel com desenhos em branco e azul e tem também os dissipadores com desenho diferente, aparentemente com maior área.

Legal lembrar que o 2200 foi concebido inicialmente para ser o "entry level" da linha "00". Dentro da linha SAE, o 2200 foi criado para ser uma opção boa e principalmente barata, mas com a mesma qualidade dos irmão maiores. E "barato" dentro dos padrões da SAE, claro, pois um 2200 na época custava o preço de um bom receiver Sansui.

Depois resolveram pegar o Mark XXXI e agregá-lo à linha 00 com o nome de 3100. Ficou engraçado, pois os amplificadores eram 2200, 2300, 2400, 2500 e 2600. Então o novo "caçula" deveria ser o 2100, mas o pré dessa linha já se chamava 2100. Ele acabou virando o 3100 o que fez todo o sentido já que na linha Mark ele era o 31... E acabaram fazendo um pré mais barato, chamado 3000, especialmente para acompanhar o amplificador 3100.

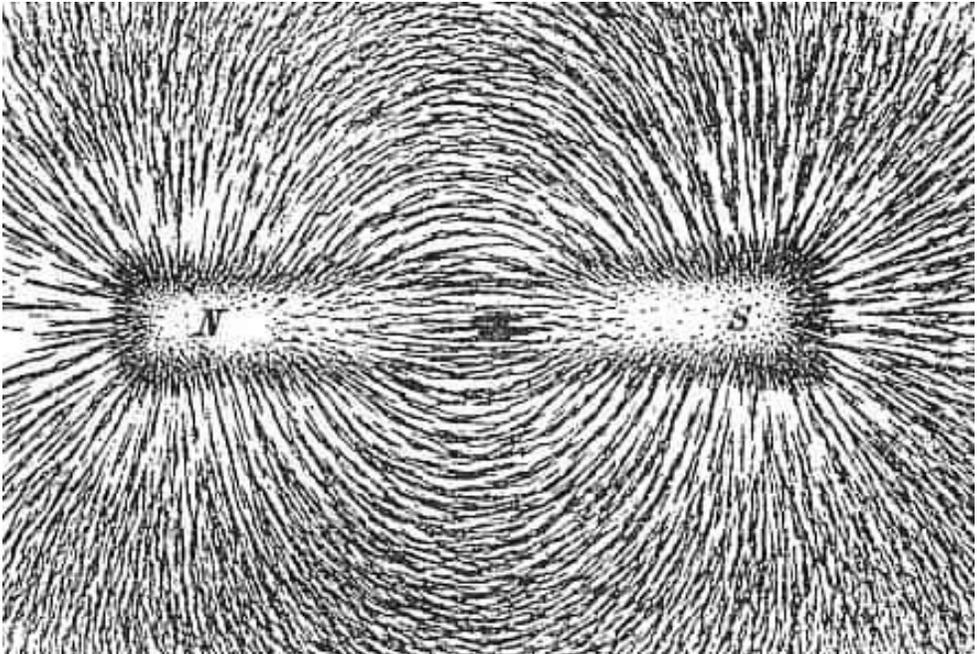
Isso foi necessário, pois o 2100 era bem caro e ninguém usaria com o 3100 um pré que custava o triplo do preço dele. Esse pré poderia opcionalmente vir com um equalizador paramétrico de duas bandas no lugar dos ajustes tradicionais de graves e agudos. Essa linha 3x00 acabou virando uma opção mais popular dentro da linha "00".

Encerrados os trabalhos, providenciei uma audição do álbum Works, de Emerson, Lake and Palmer, no Tidal, e o SAE empurrou sem nenhuma dificuldade minhas caixas de bancada, de baixa sensibilidade e de 4Ω, com um som muito limpo e agradável.

Um excelente amplificador.

A SAE, emho, fez jus ao bom nome que tinha.

Fundamentos de Eletrônica - VIII



Alfredo Manhães*

Eletromagnetismo

Em artigos anteriores foram apresentados os conceitos iniciais de eletricidade, incluindo os princípios da corrente elétrica e grandezas como tensão, resistência, potência e capacitância. A partir de agora serão tratados os princípios do eletromagnetismo, assunto de extrema importância para aplicação em eletrônica.

Origens

A Grécia antiga é o ponto de partida para os estudos em eletromagnetismo. A natureza oferece uma série de materiais que têm a capacidade de atrair outros. Um destes é a magnetita, um mineral cristalino de cor alaranjada e brilho metálico, formado por óxido de ferro, na proporção aproximada de 70% de ferro e 30% de oxigênio.

***Mestre em Engenharia da Computação**

A magnetita era encontrada numa região da Grécia chamada Magnésia, que significa "lugar das pedras mágicas", já que elas se atraíam sem que houvesse uma explicação racional para o fenômeno. Daí se origina o termo "magnetismo".



FIGURA 1 – CRISTAL DE MAGNETITA.

O filósofo Thales de Mileto, por volta do século VI a.C., realizou um experimento esfregando pele de carneiro em âmbar, um tipo de resina fóssil derivada de árvores coníferas e de plantas leguminosas, que, enterradas, sofreram um processo de polimerização ao longo de milhões de anos.



Figura 2 – Fóssil de coleóptero anobídeo preservado em âmbar báltico.

Após promover o atrito entre os dois materiais, ele observou que o âmbar atraía pequenos pedaços de palha e madeira, demonstrando que havia ali a ação de uma força de atração entre os dois materiais.

Como a palavra *eléktron* (ἤλεκτρον) significa âmbar em grego, ela deu origem aos termos “elétron” e “eletricidade”, representando assim o início das pesquisas sobre esse campo da Física, embora ainda não houvesse um conhecimento mais aprofundado sobre o assunto.

Com o passar dos tempos diversas mentes criativas ofereceram contribuições relevantes às pesquisas em eletromagnetismo:

- Pierre Pèlerin de Maricourt (1269): realizou experimentos sobre o magnetismo e as bússolas, sendo autor da “Epístola do Magneto”, considerado o primeiro tratado da história sobre as propriedades dos ímãs;
- William Gilbert (1602): desenvolveu trabalhos científicos sobre os ímãs e corpos magnéticos, concluindo experimentalmente que a Terra era magnética e influenciava o comportamento da bússola, uma invenção chinesa do século I, que sempre aponta para o norte;
- Otto von Guericke (1672): inventou uma máquina geradora de cargas elétricas feita com uma esfera de enxofre que girava atritando-se em terra seca;
- Stephen Gray (1720): distinção entre materiais condutores e isolantes elétricos;

- Ewald Georg von Kleist e Petrus van Musschenbroek (1745): desenvolveram um dispositivo para armazenar cargas elétricas com dois corpos condutores separados por material isolante (condensador);
- Benjamin Franklin (1752): criou o para-raios, a partir de experimentos com descargas atmosféricas;
- Luigi Aloisio Galvani (1780): desenvolveu experimentos com o sistema nervoso e muscular de sapos, associando a contração dos músculos a um impulso nervoso resultante da existência de potencial elétrico;
- Alessandro Volta (1796): deu continuidade aos estudos de Galvani e desenvolveu pesquisas aprofundadas sobre potenciais elétricos, que resultaram na invenção da primeira pilha elétrica, precursora das pilhas e baterias elétricas atuais;
- Humphry Davy (1807): utilizou a pilha desenvolvida por Volta para realizar os primeiros experimentos com eletrólise e separação de sais em água, isolando sódio, potássio, cálcio, estrôncio e magnésio, o que deu origem ao campo da eletroquímica.

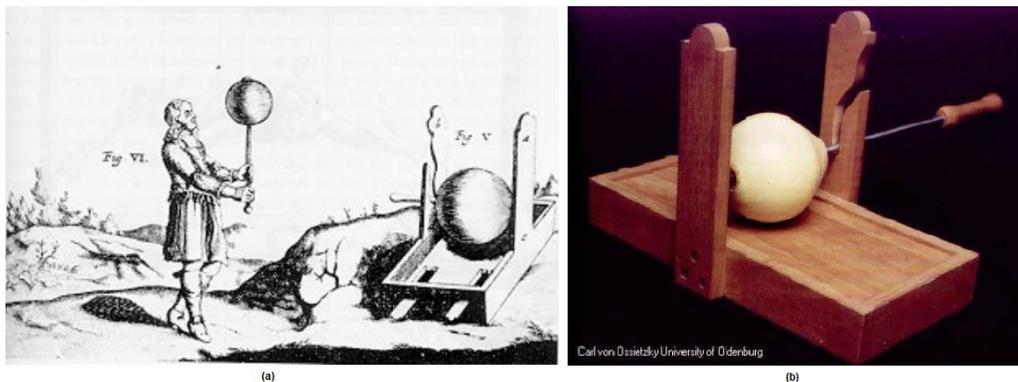


FIGURA 3 – GRAVURA DO SÉCULO XVII (A) MOSTRANDO VON GUERICKE E SUA ESFERA; REPRODUÇÃO ATUAL DA ESFERA (B). FONTE: UNICAMP (2006).

A partir do século XVIII, com a evolução do pensamento científico provocada pelo Iluminismo, a eletricidade e o magnetismo passaram a ser tratados não apenas na forma empírica, mas também teórica.

O formalismo conceitual que se desenvolveu, apoiado principalmente na Matemática, promoveu um avanço significativo nestas áreas de conhecimento, com a definição de teorias, leis etc, que até hoje são aplicadas.

Para relembrar o que já foi abordado sobre Eletrostática e Eletrodinâmica, conceitos necessários à compreensão do que será visto em seguida, verifique nas edições anteriores:

- Lei de Coulomb e Campo Elétrico.
- 1ª e 2ª Lei de Ohm e Potencial Elétrico.

- Grandezas elétricas: corrente elétrica, ddp, potência, resistência e capacitância.

Conceitos

Eletromagnetismo é o campo da Física que estuda os fenômenos da eletricidade e do magnetismo, tendo por base o conceito de campo eletromagnético, ou seja, a interação entre os campos elétrico e magnético.

O pesquisador dinamarquês Hans Christian Oersted desenvolveu um importante experimento em 1820, que permitiu de forma simples verificar a relação entre a eletricidade e o magnetismo.

Uma bússola foi colocada próxima de um fio condutor de eletricidade feito de platina (figura 4).

Quando o circuito elétrico era energizado e havia corrente elétrica circulante no fio, a agulha da bússola se movimentava. Assim, o desvio da posição original da agulha mostrava que a corrente elétrica circulante em um condutor gerava um campo magnético.

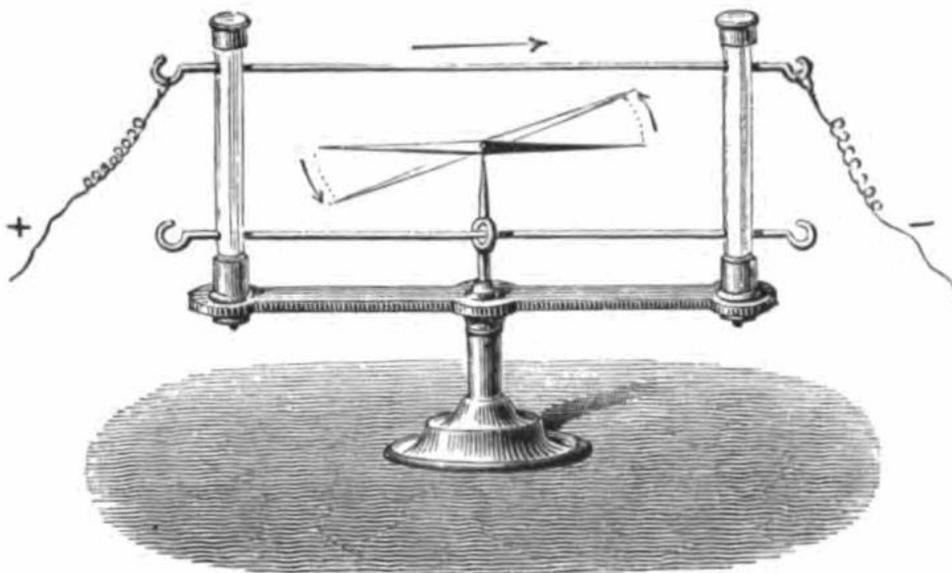


FIGURA 4 – EXPERIMENTO DE OERSTED.

Outro cientista que realizou diversas experiências com eletromagnetismo foi o britânico Michael Faraday.

Após inúmeros testes ele chegou ao arranjo experimental que é visto na figura 5, utilizando fios condutores de cobre enrolados em núcleos cilíndricos (A e B), uma bússola (C), uma bateria (D) e outro fio de cobre (E).

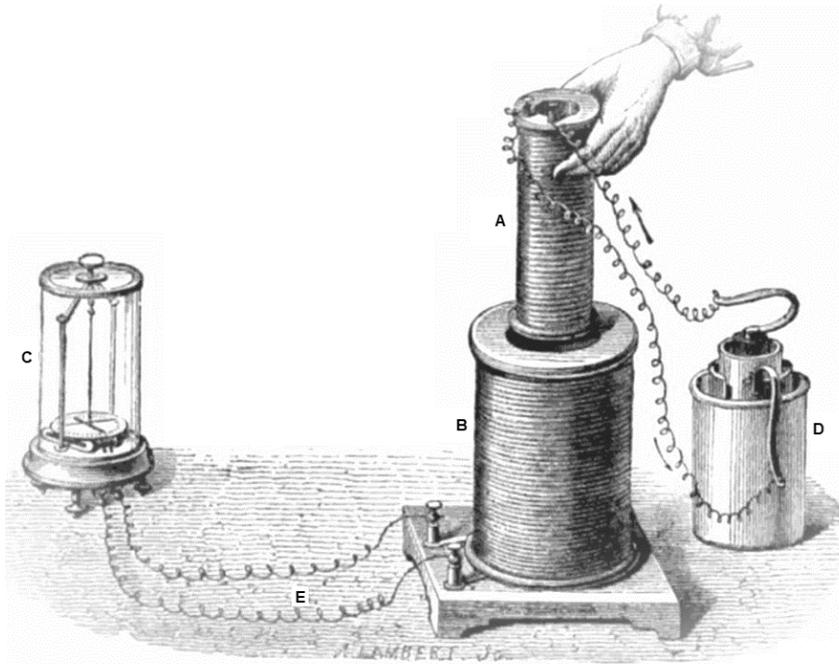


FIGURA 5 – EXPERIMENTO DE FARADAY.

Os polos da bateria são conectados às extremidades do fio A, ao passo que os bornes do fio B ficam ligados às extremidades do outro fio (E) que passava sob a bússola.

Posicionando o fio A próximo do fio B e ligando-se a bateria, Faraday percebeu que a agulha da bússola mudava de direção. Esse experimento levou Faraday a desenvolver outros testes utilizando ímãs permanentes.

Lei de Faraday-Neumann-Lenz

Além de Faraday, os princípios da indução magnética tiveram a contribuição dos físicos Heinrich Lenz (russo) e Franz Ernst Neumann (alemão), resultando na Lei de Faraday-Neumann-Lenz, que afirma o seguinte:

A variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica.

Esta lei é expressa pela equação:

$$\epsilon = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Onde:

ϵ : força eletromotriz induzida (Volt)

$\Delta\Phi$: variação do fluxo magnético (Weber)

Δt : intervalo de tempo (segundo)

Observações:

1. O Weber (símbolo Wb) é a unidade do SI para o fluxo magnético, em homenagem a Wilhelm Eduard Weber, físico alemão que desenvolveu pesquisas em eletromagnetismo no século XIX.
2. O sinal negativo da fórmula foi proposto por Lenz devido ao sentido da corrente elétrica induzida no condutor.

Fluxo Magnético

A grandeza escalar **fluxo magnético** mede a quantidade de linhas de campo magnético que atravessam uma área fechada, de acordo com o ângulo que as linhas do campo magnético fazem com a reta normal à área de estudo.

A figura 6 a seguir ilustra o fluxo magnético B atravessando uma superfície A , formando com a reta normal N a esta área um ângulo θ .

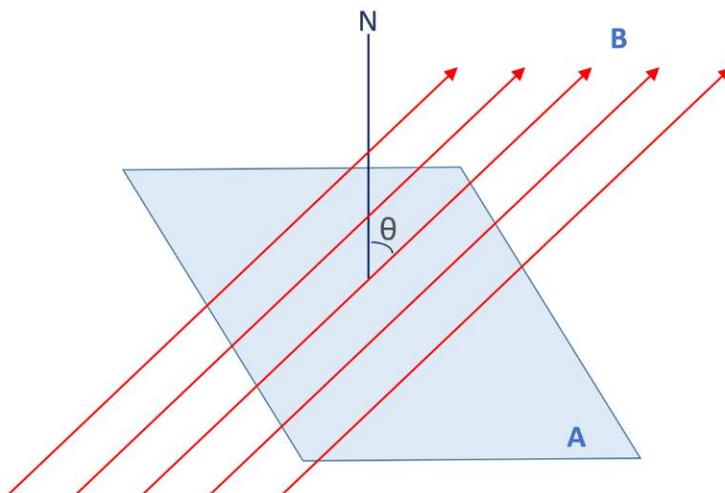


FIGURA 6 – FLUXO MAGNÉTICO EM UMA SUPERFÍCIE PLANA.

O fluxo magnético pode ser calculado pela expressão $\Phi = B.A.\cos\Theta$, onde:

Φ - fluxo magnético (Wb - weber ou T/m²)

B - campo magnético (T - tesla)

A - área (m²)

Θ - ângulo entre as linhas do campo magnético.

Campo Magnético

O **campo magnético** (B) é uma grandeza vetorial que representa uma região do espaço onde cargas elétricas em movimento estão sujeitas a interações magnéticas que podem alterar suas trajetórias.

O campo magnético é composto de linhas sempre fechadas e que nunca se cruzam e observa-se que, quanto mais próximas elas estiverem, maior será a intensidade do campo magnético naquela região (figura 7). Convencionou-se chamar o ponto de saída das linhas de norte magnético, enquanto o ponto de chegada delas é denominado sul magnético.

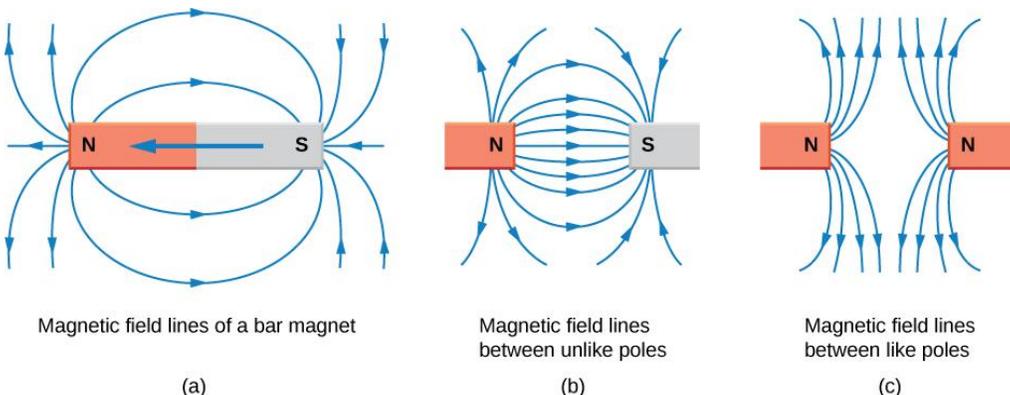


FIGURA 7 – COMPORTAMENTO DAS LINHAS DE FORÇA DE UM CAMPO MAGNÉTICO.

FONTE: RICE UNIVERSITY (2021).

A unidade de medida de campo magnético no SI é o tesla (T), em homenagem a Nikola Tesla, engenheiro e inventor sérvio que se dedicou ao estudo dos fenômenos eletromagnéticos e é responsável por inúmeras contribuições nesta área de conhecimento.

O cálculo do campo magnético depende da forma do corpo que o produz. Normalmente as aplicações práticas para uso do campo magnético envolvem a disposição dos condutores na forma linear como fios ou em enrolamentos formando espiras (voltas) e bobinas.

O cálculo do campo magnético em um fio condutor pode ser obtido pela expressão

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$

onde:

B – Campo magnético (T)

μ_0 – permeabilidade magnética do vácuo ($4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A)

i – corrente elétrica (A)

d – Distância do ponto de referência até o fio (m)

A permeabilidade magnética é uma grandeza que exprime o comportamento dos materiais quando expostos a campos magnéticos. Os materiais ferromagnéticos apresentam valores mais elevados de permeabilidade que outros, ou seja, tem maior facilidade em receber as linhas de fluxo magnético em seu interior.

Outros materiais são classificados como paramagnéticos e diamagnéticos, na medida em que os valores de permeabilidade magnética decaem (tabela 1).

TABELA 1 – COMPARAÇÃO DA PERMEABILIDADE MAGNÉTICA ENTRE ALGUNS MATERIAIS.

Material	Permeabilidade magnética relativa (μ_R)	Classificação magnética
Bismuto	0,999833	diamagnética
Água	0,999991	diamagnética
Cobre	0,999995	diamagnética
Ar	1,000000	paramagnética
Oxigênio	1,000002	paramagnética
Alumínio	1,000021	paramagnética
Cobalto	170	ferromagnética
Níquel	1.000	ferromagnética
Ferro	7.000	ferromagnética
Permalloy ¹	100.000	ferromagnética

(1) Liga composta por ferro (17%), molibdênio (4%) e níquel (79%).

FONTE: ELECTRIC MACHINERY - THE MCGRAW-HILL COMPANIES, INC.(2003).

Para determinar o sentido do campo elétrico no condutor utiliza-se a “Regra da Mão Direita”, uma forma prática que está representada na figura 8.

O polegar aponta no sentido da corrente elétrica i, enquanto os outros dedos apontam para a direção das linhas do campo magnético.

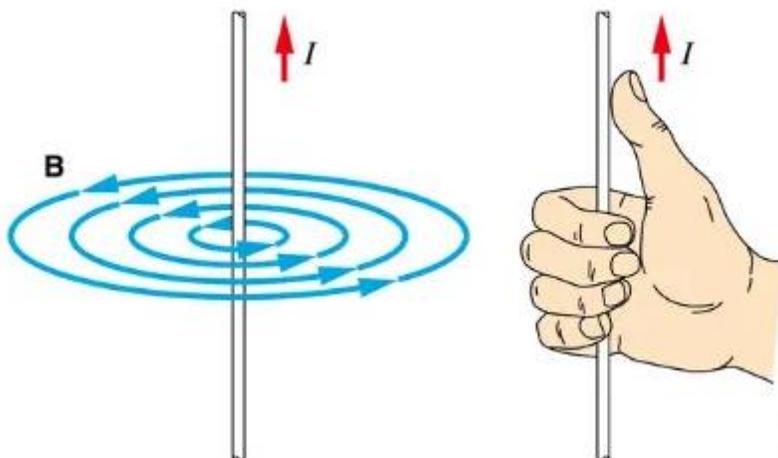


Figura 8 – Determinação da direção do campo magnético no fio pela mão direita.

Para calcular o campo magnético gerado por uma espira utiliza-se a expressão

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

onde R é o raio da espira em metros. Usualmente se representa a espira como uma figura plana na forma de retângulo, triângulo, elipse ou círculo.

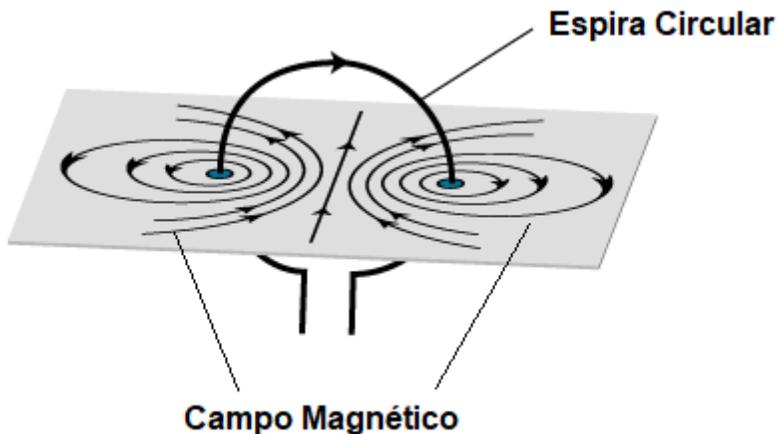


FIGURA 9 – ESPIRA CIRCULAR E CAMPO MAGNÉTICO GERADO.

Quando o cálculo envolver mais de uma espira, basta acrescentar o número de voltas

ou espiras (N) à expressão do campo magnético, resultando em $B = \frac{n\mu_0 i}{2R}$.

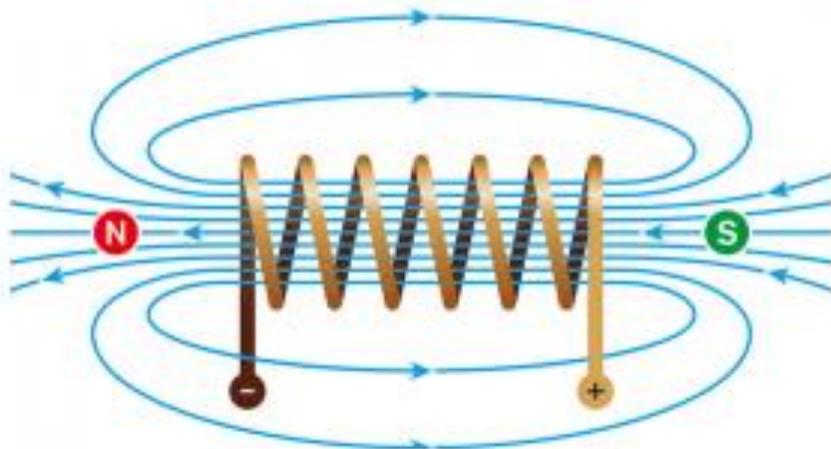


Figura 10 – Campo magnético em um solenoide.

FONTE: CIRCUIT DIGEST, 2019.

A estrutura formada por um fio condutor disposto em várias espiras e enroladas sobre um núcleo também é conhecida por enrolamento, indutor, bobina ou solenoide. Há um número significativo de dispositivos cujo princípio de funcionamento envolve o eletromagnetismo, fazendo parte de nosso dia a dia mas sem que o percebamos.



FIGURA 11 – ALGUMAS APLICAÇÕES: MOTORES, RELÉS, TRANSFORMADORES, VÁLVULAS, FECHADURAS, INDUTORES.

Campo Magnético da Terra

As principais camadas da Terra são a crosta, o manto e o núcleo (externo e interno). O núcleo é rico em metais, em especial o ferro, e apresenta uma grande quantidade de cargas elétricas. Acredita-se que a intensa movimentação de cargas elétricas no núcleo do planeta dá origem ao campo magnético da Terra.

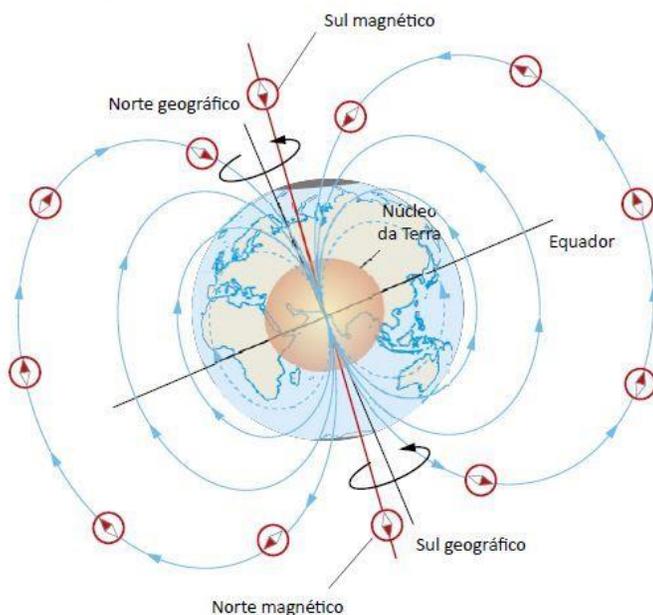


FIGURA 12 – CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA.
FONTE: SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM, 2019.

No passado, ele teve um papel fundamental no ciclo das grandes navegações, onde a bússola era um dos principais instrumentos de orientação naval. Sabe-se hoje que esse campo funciona como um escudo e filtro eficiente para conter a quantidade de radiação que chega do espaço e atinge a superfície, protegendo a vida do planeta.

A ciência descobriu que diversas espécies animais com hábitos migratórios se orientam pelo magnetismo terrestre. Acredita-se que esses animais mantêm uma espécie de memória associada à percepção do campo magnético do planeta, sendo capazes de retornar às rotas migratórias que já percorreram.

No próximo artigo continuaremos explorando conceitos em eletromagnetismo. Até lá!

Recuperando Um Amplificador da Década de 1970

Marcelo Yared*

Quem é mais “experiente” deve se lembrar da indústria de equipamentos de som da década de 1970 no Brasil.

Havia vários fabricantes nacionais e, no Rio de Janeiro, alguns se destacavam. De cabeça, lembro-me da Embrasom (Tonos), da Yang, da Spectro e da FBL.

Todos desapareceram na passagem da década de 1980. Alguns equipamentos tinham qualidade muito boa, a ponto de se tornarem referência no mercado de áudio e cobijados pelas equipes de sonorização. O “mixer” IC-3 Tonos era um exemplo.

Diversos desses equipamentos foram avaliados por Antenna, na Revista do Som. O amplificador AS-1120, da FBL, foi um deles, em fevereiro de 1974. Apesar de qualificado como bom e de ter uma montagem bem organizada citada pelos articulistas, os valores objetivos de distorção, potência e outros deixaram um pouco a desejar.

Este articulista e alguns amigos, dentre os quais um carioca, não desterrado como eu, o Jorge Chame, vez por outra aproveitamos alguma oportunidade para adquirir esses equipamentos. Coisa de gente saudosista, já se vê.

Pois bem, calhou de nós dois termos comprado exemplares desse amplificador citado, de versões com pequenas diferenças estéticas, mas, por dentro, idênticos.

Após alguns dias fuçando para colocar o meu amplificador para funcionar, resolvi testá-lo na bancada e, realmente, seu desempenho deixou muito a desejar. Não sei se por conta de algum problema de projeto ou fabricação, mas o Jorge também não ficou muito satisfeito com o dele.

Interessante é o fato de a montagem ser bem feita, modular, utilizar bons componentes etc, mas ele não se saiu bem. O projeto é bem típico do começo da década de 1970 e, eu diria, de concepção da década de 1960.

***Engenheiro Eletricista**

Não quero dizer que naquela época não havia bons projetos, mas apenas ressaltar o contexto de época, nos projetos: muitos eram circuitos em simetria semi-complementar, sem estágios diferenciais de entrada, acoplados a capacitor etc.

É o caso do FBL AS-1120. Os estágios de saída são conectados por soquetes de cinco pinos ao chassis, e podem ser facilmente destacados, como pode ser visto abaixo.



Segundo o Jorge, o amplificador teria sido inspirado no kit Dynaco SCA-80Q, mas eu fiquei com preguiça de levantar o circuito do FBL e comparar com o do kit.

O fato é que eu não gostei do seu desempenho. Conversando sobre isso com o Jorge, ele me falou que estava recuperando um amplificador muito famoso da mesma época, e que conta, até hoje, com uma legião de fãs.



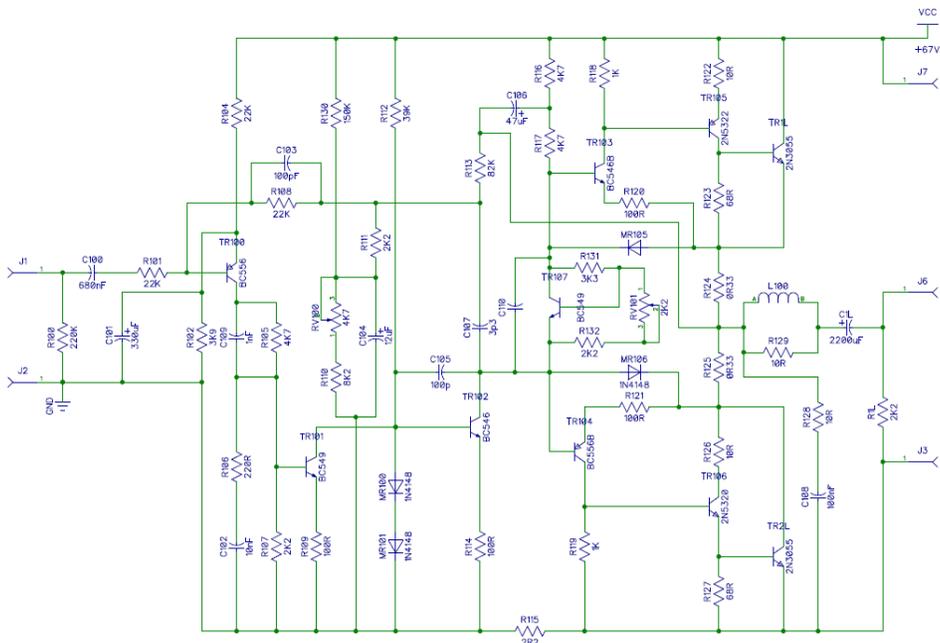
Trata-se do Quad modelo 303. Que fazia um conjunto com um pré-amplificador e um sintonizador da empresa (imagem: graff-audio.com).

Esse conjunto - amplificador 303, pré 33 e sintonizador FM 3 - fez muito sucesso e o seu design era muito marcante, bastante fora do tradicional para a época. Eu, particularmente, achava muito bonito e arrisco-me a dizer que esse estilo “retrô-moderno” deve ser bastante procurado hoje em dias por decoradores e arquitetos.

Pois bem. No bate-papo, saiu uma daquelas “ideias malucas”, tipo “dá vontade de colocar um Quad dentro desse chassis do FBL”. O fato é que os circuitos são da mesma época, as fontes de alimentação têm mais ou menos as mesmas tensões e a construção modular permitiria a colocação de um outro amplificador no FBL. A ideia não era tão maluca assim, no final das contas.

Com isso em mente, resolvi estudar melhor o Quad 303, que dispõe de vasta literatura e vários sites de fãs, com muita informação sobre ele. Foi fácil conseguir esquemas, leiautes, descrição técnica, sugestões de melhorias etc. Alguns oferecem, inclusive, upgrades para o equipamento.

Inicialmente, observei que o Quad utiliza fonte de alimentação estabilizada e provê isolamento do terra da fonte de sinal do terra dos estágios de potência por intermédio de um resistor de pequeno valor, ao contrário do FBL, mas isso não seria, a meu ver, um problema maior. Em um dos sites consegui o manual de serviço do aparelho e



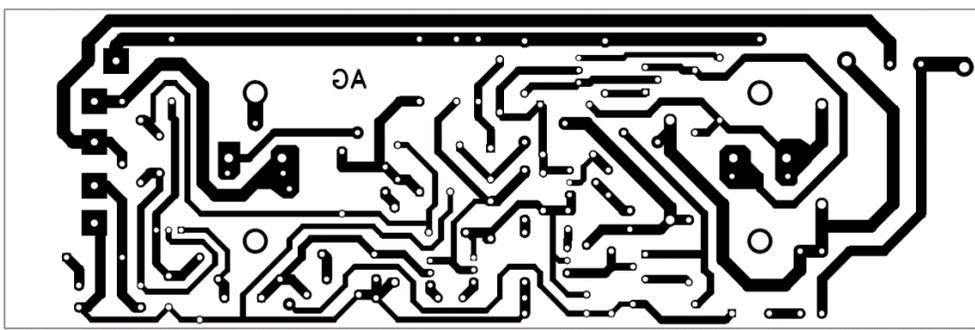
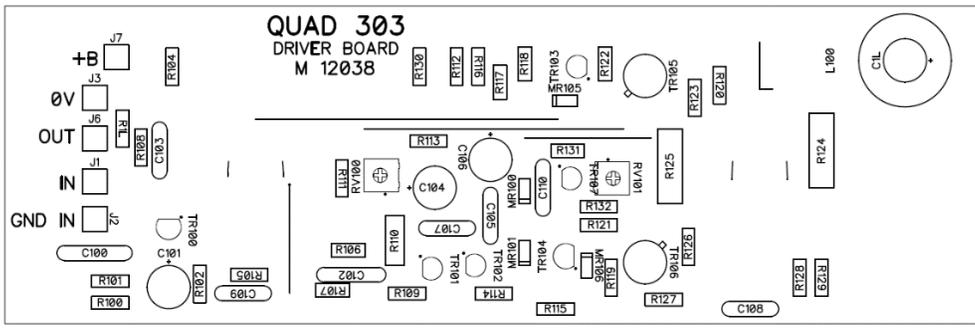
coloquei o esquema de sua etapa de potência no CAD. Escolhi uma das versões, a que me pareceu melhor.

Inicialmente, podemos ver que haverá diferenças entre as montagens. O módulo de potência dos FBL é montado em placas de circuito de 21cm por 6,5cm, e têm os transistores de potência montados nelas, além dos conectores.

O Quad utilizar uma montagem das etapas de baixa potência em uma placa separada, que é chamada de Driver Board, de dimensões completamente diferentes, praticamente quadrada.

O divertido do projeto seria, então, conseguir fazer um leiaute que permitisse uma montagem de boa qualidade nas dimensões do módulo do FBL.

Como os circuitos são bastante simples, isso não foi difícil, e o leiaute ficou pronto rapidamente.



As dimensões são 20cm por 6,5cm. Resolvi diminuir em 1cm a largura para poder usar placa de fenolite padrão.

Todos os componentes utilizados são fáceis de se encontrar, inclusive os 2N5320 e 2N5322, mas o BD139 e o BD140 podem ser usados. A atenção costumeira, neste caso, é a da compra dos 2N3055. No Mercado Livre, eBay etc há muitos falsos e a falsificação mais comum, e grosseira, é a dos fabricados pela ST. No artigo sobre identificação de transistores falsos, publicado em Antena recentemente, dou dicas de como se precaver de comprar falsificações.

Quando não posso comprar no exterior, tento adquirir no Mercado Livre com garantia de devolução.

Vejam este caso, onde o anúncio dizia que o produto tinha “qualidade superior” e mostrava imagens de caixas da própria ST, com fotos de transistores originais:



À esquerda temos um verdadeiro e, à direita, a falsificação, que foi enviada. Observem a péssima serigrafia e o amassado no corpo do transistor.

No artigo mostro que, para esse transistor da ST, devemos medir capacitâncias entre base e emissor da ordem de 1,2nF. O falso apresentou 0,45nF, indicação de que se tratar de um transistor de menor capacidade.

Uma sugestão, nesses casos, é exigir do vendedor fotos do produto que irá remeter no anúncio e comprar apenas com garantia de devolução.

A montagem também foi rápida, e uma boa camada de verniz deixou as trilhas de cobre bonitas e protegidas contra corrosão.



Partimos então para os ajustes. O manual de serviço do Quad tem todas as informações necessárias, e tudo ocorreu sem problemas, utilizando nossa fonte de bancada.

O ajuste da corrente de repouso seguiu o limite superior sugerido pelo fabricante, de 15mV sobre os resistores dos transistores de saída (aproximadamente 45mA).



Antes de montar os módulos no chassis, resolvi testar suas características técnicas e cotejá-las com as publicadas pela Quad.

POWER OUTPUT AND DISTORTION:
(with unrestricted bandwidth)

70 Hz <0.03% } Any level up to 28W 16 ohms load
700 Hz <0.03% } Any level up to 45W 8 ohms load
10 kHz <0.1% }

FREQUENCY RESPONSE:

—1dB (ref: 1kHz) at 30 Hz and 35kHz into 8 ohms.
—1dB (ref: 1kHz) at 20 Hz and 35kHz into 16 ohms
0.3 ohms in series with 2000 μ F and 6 μ H.

OUTPUT SOURCE IMPEDANCE:

INPUT LEVEL:

0.5 V rms for 30 watts into 16 ohms

INPUT IMPEDANCE:

22K ohms in parallel with 60pF

HUM AND NOISE:

—100dB below full output

INTERCHANNEL CROSSTALK:

30–10,000 Hz better than 60dB. Input load 1 K ohms.

STABILITY:

Unconditionally stable with any load.

POWER INPUT:

100–125 or 200–250 V 50–60 Hz.

40–200 watts depending on signal level.

WEIGHT:

18lb. (8.2Kg).

DIMENSIONS:

Width 120mm.

Height 159mm.

Depth 324mm.

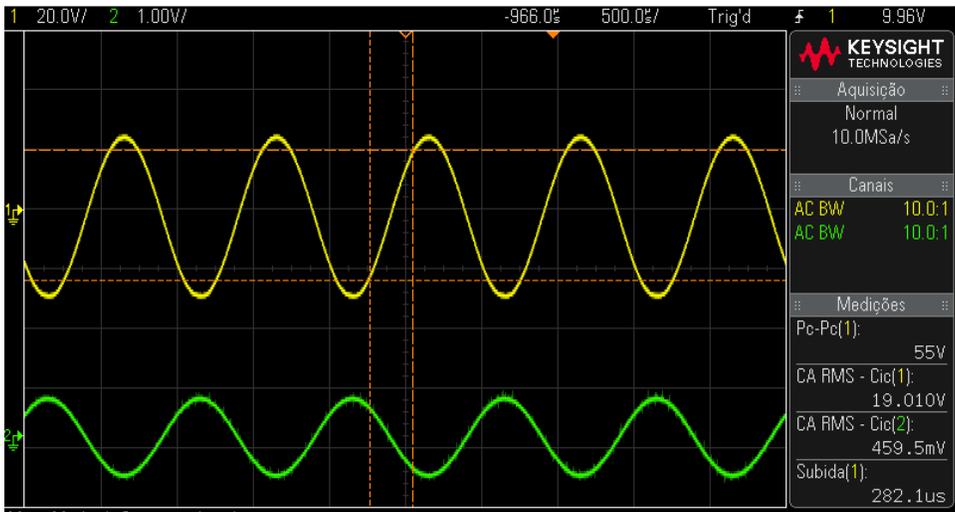
(plus 38mm. for connectors).

OTHER APPLICATIONS:

For music in the home the amplifier is suitable for use with speakers of all impedances between 4 and 25 ohms. For high level sine-wave duty and other special applications involving reactive loads the load impedance should be not less than 8 ohms.

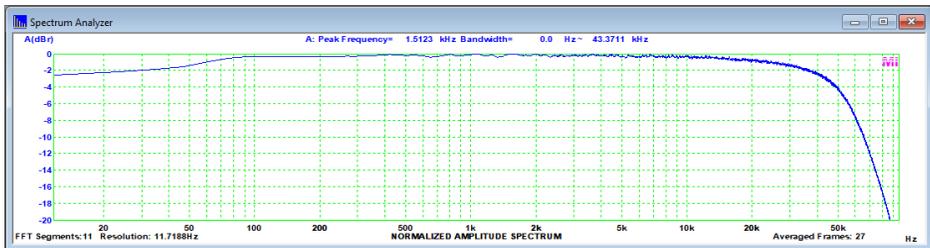
Vamos a elas, lembrando que os módulos estão na bancada, sem blindagem, de forma que algum ruído ou interferência a mais pode ocorrer. Todas as medidas foram feitas com fonte de 64VCC/5A, estabilizada.

Potência no limite do ceifamento em 8Ω/1kHz – 45W

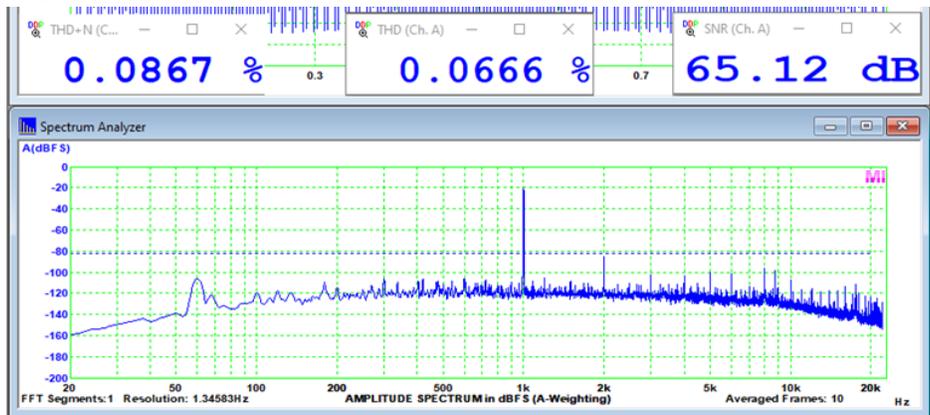


Observamos também que o amplificador é bastante eficiente, consumido, nessa condição, 66W da fonte, ou algo em torno de 66%.

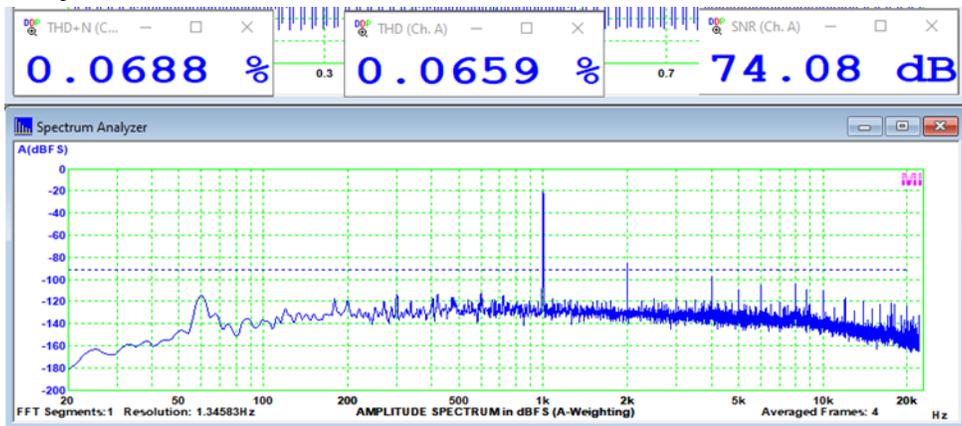
Resposta em frequência a 1W/8Ω - 10Hz a 43kHz (-3dB)



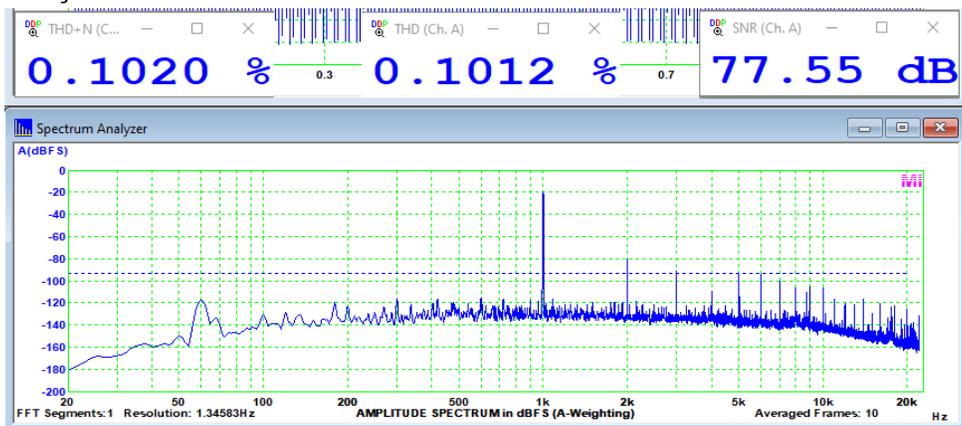
Distorção harmônica total a 1W/8Ω/1kHz



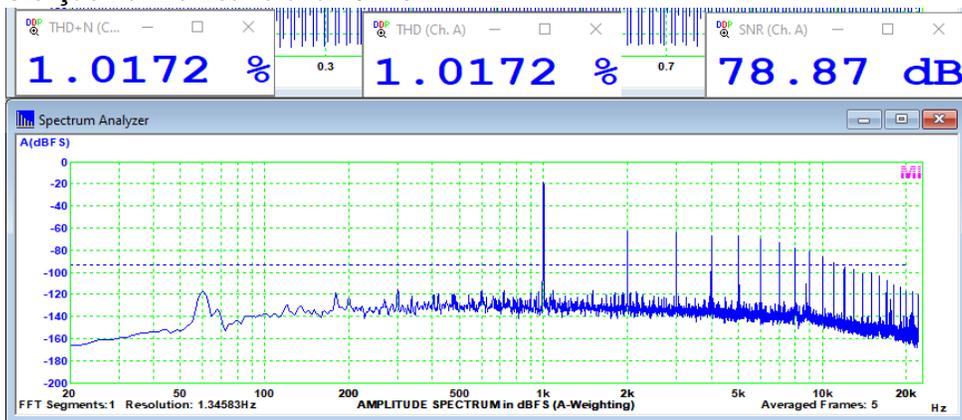
Distorção harmônica total a 10W/8Ω/1kHz



Distorção harmônica total a 30W/8Ω/1kHz

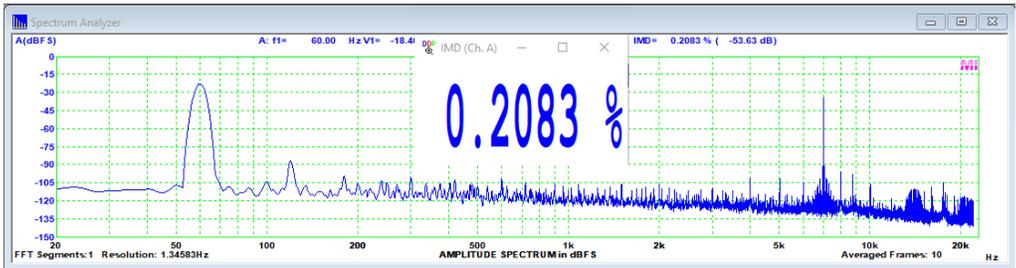


Distorção harmônica total a 45W/8Ω/1kHz

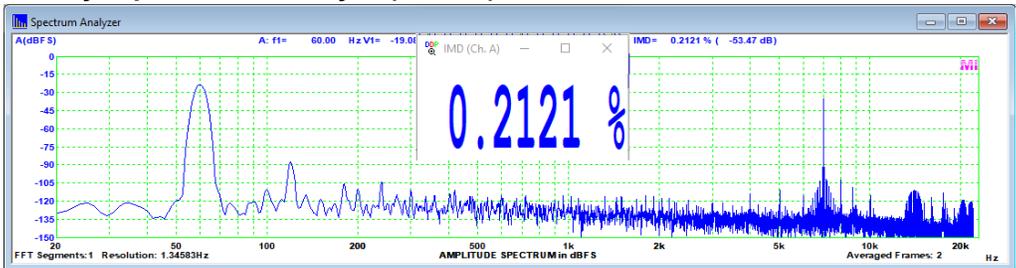


Em relação à distorção harmônica, apesar da diferença entre o medido e o anunciado, vemos um bom amplificador. No manual de serviço a tensão de alimentação é informada como sendo 67VCC, e a diferença a menor de 3V da nossa fonte pode explicar satisfatoriamente a distorção mais elevada na potência máxima. Distorção medida a 1kHz também tende a ser maior que a medida a 700Hz, mas é o padrão para medições do tipo.

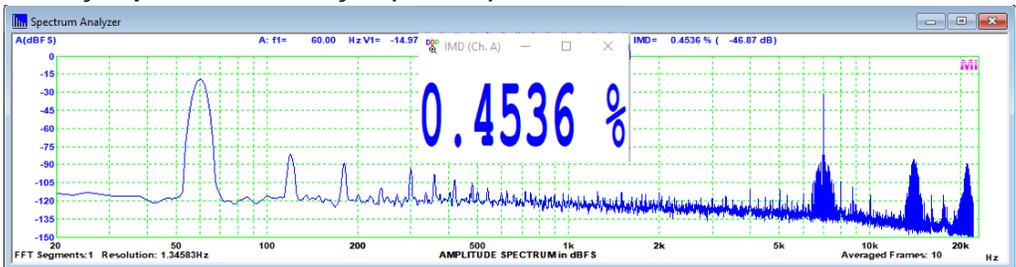
Distorção por intermodulação (SMPTE) a 1W/8Ω



Distorção por intermodulação (SMPTE) a 10W/8Ω



Distorção por intermodulação (SMPTE) a 30W/8Ω



Não há referência à distorção por intermodulação no manual do Quad 303, mas os valores são bons até uns 30W, considerando-se o tipo de circuito. O fabricante não recomenda o uso de cargas inferiores a 4Ω e informa condições para uso em 16Ω, o que me leva a crer que esse equipamento foi projetado para trabalho com impedâncias mais elevadas, muito comuns na década de 1960 e no começo da década subsequente.

O **fator de amortecimento** medido foi de 53, que é muito bom, para o tipo de circuito utilizado. O manual cita que a impedância de saída é composta de um valor resistivo de $0,3\Omega$, com em série com o valor do capacitor e o do indutor de saída.

O "**slew rate**", em $1\text{kHz}/8\Omega$, foi medido em torno de $8\text{V}/\mu\text{s}$, o que é um valor muito bom, neste caso.

Do ponto de vista das características objetivas, esse amplificador, com projeto de 50 anos atrás, saiu-se muito bem.

O Quad 303 deve mesmo apresentar reprodução bastante satisfatória, em sua forma original, particularmente com caixas de alta sensibilidade e de 16Ω de impedância nominal, muito comuns na época.

Veremos se isso ocorre no próximo artigo sobre a modificação no FBL, onde mostraremos a montagem no equipamento e faremos algumas medições adicionais.

Até lá!