



TVKX

ANTENNA

ELETRÔNICA

• SOM

• TELECOMUNICAÇÕES

Número 2/23 (1227)

março de 2022



6	5	4	3	2	1
B	C	N	O	F	
13	14	15	16	17	
Al	Si	P	S	Cl	
31	32	33	34	35	
Ga	Ge	As	Se	Br	
49	50	51	52	53	
In	Sn	Sb	Te	I	
81	82	83	84	85	
Tl	Pb	Bi	Po	At	
113	114	115	116	117	
Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	

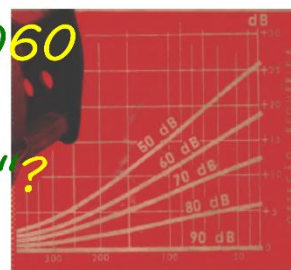
Semicondutores



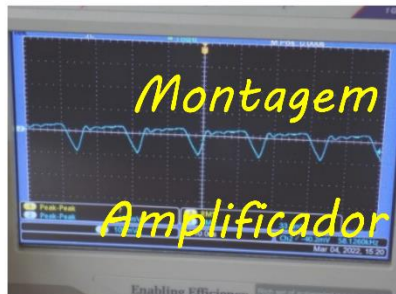
O Spectro SQA 2060



O que é o "Loudness"?



Escolhendo Caixas Acústicas



Montagem do Pré RIAA PP3

Amplificador Para Fones - Final



Base Caseira para Operação Portátil



Você sabe o que é hFE?





NOTAS DA EDIÇÃO – Março é o mês da cor [azul marinho](#), lembrando dos cuidados com o câncer de intestino, o segundo tipo mais comum no Brasil. Veja [aqui](#) o que ele é e as medidas de prevenção.

As edições impressas de Antenna, a partir de janeiro de 2021, podem ser adquiridas na livraria virtual UICLAP (www.uiclap.com.br), bastando fazer a busca por Antenna no sítio da livraria.

Um lembrete para nossos leitores: Observamos que os artigos publicados em Antenna têm sido objeto de comentários, no mais das vezes positivos, nas redes sociais, e, também, citados como referência em vídeos e matérias nas mídias sociais e no Youtube. Isso nos orgulha bastante, pois todos os colaboradores da revista o fazem de forma gratuita e espontânea, dedicando parte de seu tempo livre para levar informação de qualidade aos que militam na eletrônica e nas telecomunicações, gratuitamente. Dito isto, nos deparamos com vídeo, recente, em que um especialista explica a técnica de identificação de transistores falsos que foi descrita em nosso artigo de outubro de 2020, mas não faz menção a ele. Acreditando tratar-se de lapso ou desconhecimento de onde viria a informação, fizemos um comentário no vídeo, mostrando sua origem e onde encontrar o artigo, que é bem mais detalhado e contém mais dados técnicos do que o vídeo em questão, acreditando que seria útil para aqueles que o vissem. Infelizmente o autor, aparentemente, excluiu o comentário. Numa época em que vemos reclamações generalizadas acerca de cópias e plágios de circuitos e ideias no campo da eletrônica, particularmente em projetos de áudio amplificação, lembramos que não há óbice em que os artigos de nosso site sejam citados ou utilizados, mas seria elegante, por parte de quem usa ou copia, citar a fonte, como nós sempre fazemos em nossas publicações.

Lembramos, novamente, que o sucesso das montagens aqui descritas depende muito da capacidade do montador, e que estas 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 manipularem-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

2 - ANTENNA – Uma História – Capítulo XV.....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
5 - CQ-RADIOAMADORES – Uma Base simples Para Operação Portátil.....	<i>Ademir – PT9HP</i>
6 - Escolhendo Caixas Acústicas.....	<i>João Yazbek</i>
9 - Semicondutores.....	<i>Alfredo Manhães</i>
16 - Amplificador para Fones. Ou Será Mais? Parte VI - Final.....	<i>Álvaro Neiva</i>
23 - TVKX – Telas e Mais Telas.....	<i>Jaime Gonçalves de Moraes Filho</i>
27 – O Amplificador Spectro SQA 2060.....	<i>Marcelo Yared</i>
37 – Experimentos com Python Para Técnicos em Eletrônica – Parte IV.....	<i>João Alexandre Silveira</i>
48 - Você sabe o que é h_{fe} , h_{FE} ou β (beta)?.....	<i>Paulo Brites</i>
55 – Montando o Pré RIAA PP3.....	<i>Álvaro Neiva e Miguel Nabuco</i>
70 - O CONTROLE DE AUDIBILIDADE... trocado em miúdos.....	<i>Oswaldo de Albuquerque Lima</i>

ANTENNA – Uma História - Capítulo XV

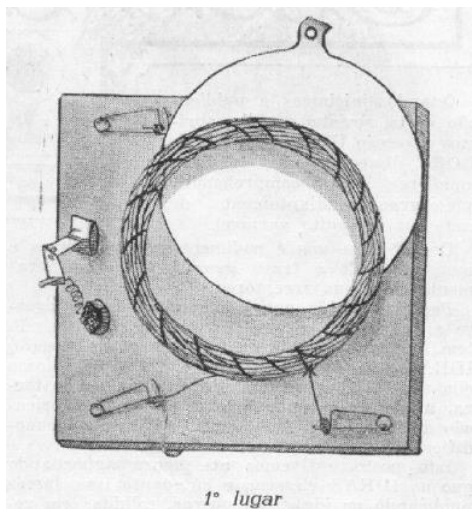
Jaime Gonçalves de Moraes Filho*



Através da Edição Comemorativa dos 50 anos de Antenna, tomamos conhecimento de um concurso, cujas normas foram publicadas no número 3, junho de 1926, que iria premiar o “receptor mais original”, o qual teria de permitir a escuta das duas estações de rádio em funcionamento, com razoável seletividade (um dos grandes problemas, comum à maioria dos receptores da época, era justamente a falta de seletividade, acarretando o que se chamava uma “mistura de estações”).

Ainda, segundo as normas do concurso, não poderiam ser empregados componentes comerciais, citando como exemplo “um receptor construído por um radioamador, em que a bobina de antena foi enrolada em uma garrafa de cerveja, tendo como detetor uma batata inglesa espetada em um alfinete” (Acreditem... a coisa funcionava!).

Uma vez encerrado o concurso, no número 6 de Antenna, os vencedores foram apresentados aos leitores, cabendo o primeiro lugar ao Sr. Jayme Borges de Araújo, com um receptor montado em uma base de madeira com 10cm x 10cm, em que, segundo o autor, apenas o cristal de Galena foi adquirido no comércio.

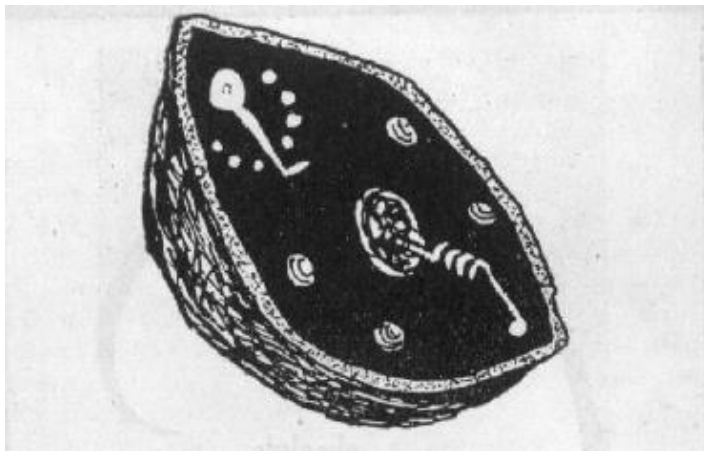


Receptor do Sr. Jayme Borges de Araújo – Primeiro lugar

* Professor de Física e Engenheiro de Eletrônica

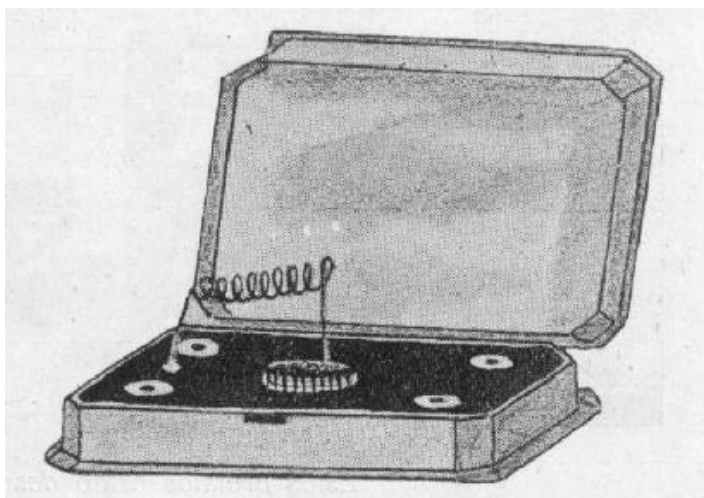
Como se pode observar, a sintonia era realizada por uma placa metálica colocada sob a bobina e as conexões para antena e fones foram construídas com alfinetes de fraldas. Como prêmio, foi entregue ao vencedor, um carregador para baterias A e B.

O segundo lugar coube ao Sr. Manoel Isidoro da Silva, com um receptor construído dentro da metade de uma casca de noz, uma verdadeira façanha para a época. Digna de nota o sistema de seleção das derivações para a bobina (naquele tempo conhecidas por "Self"), construído com cabeças de alfinetes.



Receptor do Sr. Manoel Isidoro – Segundo lugar

O receptor correspondente ao terceiro lugar foi montado pelo Sr. João Baptista dos Santos, usando uma pequena caixa de joias como gabinete. Todos os receptores apresentados eram simples "Galenas", com um circuito sintonizado.



Terceiro lugar

Embora os receptores tenham cumprido a exigência de sintonizar as duas emissoras em funcionamento, as montagens podem nos parecer bastante primárias, tais como trabalhos executados por algum estudante do Ensino Fundamental para uma Feira de Ciências.

No entanto, devemos lembrar que se trata de um material impresso de 1926, quando até mesmo as ferramentas mais simples, como alicates de bico, soldadores elétricos e soldas adequadas ainda eram inacessíveis para a maioria dos entusiastas da Radiofonia.

Imagine-se, agora, realizar a montagem de um circuito, que embora simples, possuía uma chave seletora construída com cabeças de alfinetes... Sem contar com a dificuldade de obtenção de um cristal detetor adequado.

Vamos lembrar que, mesmo para a montagem de um simples receptor a Cristal, existiam dois grandes obstáculos: os “Phones de ouvido” e o Cristal de Galena. Em relação ao primeiro, Antenna, anos mais tarde, chegou a publicar um artigo sobre a construção caseira de um fone, empregando a ferragem e o enrolamento de um transformador de saída.

Já o cristal detetor podia ser “fabricado” em casa, aquecendo-se uma mistura de limas-lhas de chumbo com flor de enxofre, o que resultava na maioria dos casos em uma borra sem utilidade, porém com a capacidade de impregnar todo o ambiente com gases tóxicos.

Tal como registrado nas páginas de Antenna, na tentativa de se obter algum tipo de detetor, uma infinidade de dispositivos foram tentados: rodela de batata, sabão, lâminas de corte e, até mesmo... antenas de baratas!



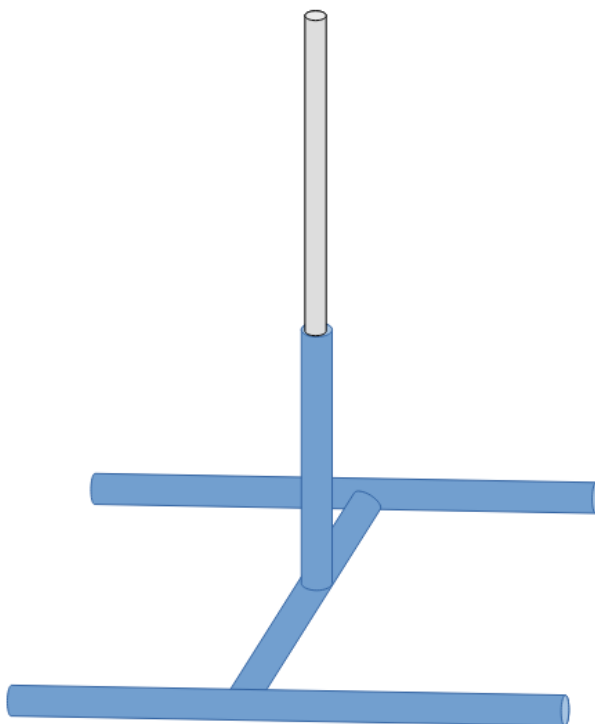
*A cargo de Ademir, PT9HP

Uma Base Simples Para Operação Portátil

Nesta edição apresentamos uma sugestão simples para um suporte de mastro feita com tubos de PVC ou conduíte (mais resistente), ideal para operação portátil em VHF.

As emendas dos tubos são feitas com conexão tipo "T", que inclusive andam se tornando raras no mercado de materiais de construção. Nada impede que você monte o sistema com tubos metálicos, talvez com roscas, facilitando sua desmontagem e guarda.

Por ser leve, esta sugestão aplica-se bem a antenas de V/UHF ou mesmo para bandas mais altas, como 50 MHz. Se a rigidez do sistema for suficiente e você tiver uma maneira de fixar ou firmar mais os tubos debaixo, você até que poderia usar uma antena vertical para 10 ou 20 metros, desde que o mastro seja devidamente estaiado ou escorado, como por exemplo, com cordas de náilon ou de fibra, dessas que os caminhoneiros usam hoje em dia.



Se você tiver alguma ideia original, pode enviar para nós, que publicaremos e daremos seu devido crédito (nome do autor, ok?)

Escolhendo Caixas Acústicas

João Yazbek*

Em nossos artigos anteriores sobre caixas acústicas, abordamos diversos temas relacionados ao assunto. Iremos, neste mês, discutir como avaliar e escolher as caixas de um sistema estéreo ou de Home Theater e, após essa discussão, abordaremos rapidamente a questão de audição crítica de caixas acústicas, dado que as caixas são os itens da cadeia de reprodução que apresentam as maiores variações de qualidade e timbre.

A escolha de uma caixa acústica deve levar em conta uma série de fatores, sejam eles cosméticos, ambientais, de comodidade ou de desempenho.

A primeira pergunta a ser feita é se o usuário deseja um ambiente “clean” com ausência de caixas no ambiente ou está procurando melhor qualidade de reprodução. Isso porque a aparência “clean” é conseguida usualmente com caixas de teto (algumas vezes são usadas caixas de parede – que não ficam tão “clean” assim).

Essa solução, por melhor que seja, não tem a qualidade e a imagem sonora de um sistema tradicional, com caixas aparentes colocadas nos lugares corretos. A localização sonora pensada pelo produtor do filme fica bastante prejudicada quando usamos caixas de teto. Por exemplo, nada mais estranho do que ouvir um filme com a voz do ator saindo do teto em vez de sair da frente da tela. O resultado final é totalmente fora do planejado pelo diretor do filme e é um pouco artificial.

Para melhorar significativamente o resultado, sem comprometer a aparência, uma escolha intermediária que está sendo vista no mercado é o uso de caixas do tipo bookshelf ou torre para os canais frontais, uma caixa central compacta de boa qualidade e caixas de teto para os canais surround, com o sistema complementado por um ou dois subwoofers de boa qualidade.

Quando se têm sistemas de áudio com mais de cinco canais, como os surround com sete e nove canais, a ausência de pequenas caixas espalhadas na sala deixa o ambiente mais limpo e visualmente muito mais agradável, às custas de uma piora no resultado final obtido do som surround, o que, para muita gente, é plenamente aceitável.

Essa é uma solução de compromisso, que não prejudica tanto o visual com uma quantidade grande de caixas surround e proporciona boa qualidade de áudio frontal com o uso de caixas frontais e central tradicionais.

***Mestre em Engenharia Eletrônica**

O autor concorda que a partir de 7.1 canais o ambiente de audição fica um pouco congestionado visualmente com caixas surround espalhadas pelo ambiente. Uma vez que se decidiu que tipo de caixas serão utilizadas no Home theater, a escolha delas pode ser feita de acordo com as premissas delineadas abaixo.

A probabilidade de uma pessoa que está escolhendo um conjunto de caixas para Home-Theater, seja estas de teto ou do tipo tradicional, se deparar com produtos de baixa qualidade sonora é bastante elevada.

O pior de tudo é que as caixas vão definir o resultado final do investimento total feito no sistema, uma vez que são elas que apresentam os resultados mais diferentes do ponto de vista sonoro em toda a cadeia de reprodução sonora do Home Theater. E, muitas vezes, caixas de qualidade ruim podem ser caras, de forma que preço não tem relação alguma com qualidade.

Dada essa informação, como escolher produtos com alguma certeza de estar fazendo a coisa certa? Há dois caminhos que podem convergir.

Um, que os leitores já devem conhecer, é acompanhar as avaliações dos produtos que ocorrem com frequência na mídia especializada. Isso porque os avaliadores são pessoas que têm contato com muitos produtos do mercado e conseguem em suas avaliações descrever quando o produto é realmente bom.

Em conversas com avaliadores, sabemos que, caso o produto em avaliação não tenha uma qualidade mínima para o mercado a que ele se destina, ele não tem a avaliação publicada. Uma avaliação em revista especializada, ao contrário de uma avaliação publicada na Internet, pode ser um indicador da qualidade do produto.

O outro caminho é ir a um instalador ou revendedor de confiança com uma lista de produtos já pré-definidos em mãos e ouvir os produtos. Com certeza, as diferenças se tornarão muito aparentes nesse caso. Nada impede de seguirmos o primeiro caminho, fazendo uma pré-seleção com base nas avaliações publicadas e de escolhermos o produto com base nas audições críticas no revendedor.

Deixando de lado a questão do tipo de caixa, já citado acima, (tradicional ou de teto), a próxima opção seria escolher o tamanho e o casamento da caixa com o receptor ou amplificador. Ambientes grandes devem ser excitados por caixas maiores (sim, elas também existem para embutir no teto) e subwoofers correspondentemente maiores. Já ambientes menores podem trabalhar com bookshelves pequenas ou caixas de teto de tamanho reduzido.

Do ponto de vista de especificações, devemos olhar inicialmente a potência suportada pela caixa e sua impedância. Usualmente os fabricantes indicam a potência recomendada do amplificador e a impedância nominal da caixa. Ambos têm de se casar, de forma que a caixa não seja sobrecarregada pela potência excessiva do amplificador e que o amplificador não seja sobrecarregado pela impedância baixa da caixa ou da associação entre elas.

Esses são os dois critérios iniciais. Em seguida, é prudente observar a resposta em frequência e a sensibilidade da caixa. Uma resposta em frequência mais extensa diz muito em relação à qualidade da caixa. Porém, caixas com resposta em frequência extensa muitas vezes tem sensibilidade baixa e irão precisar de muita potência para gerar certo nível sonoro desejado. O contrário também é verdadeiro, de forma que caixas com sensibilidade elevada tendem a ter resposta em frequência limitada.

Um item importante na escolha das caixas é a questão do timbre sonoro entre elas. É importante que as caixas tenham o mesmo timbre sonoro, para que o resultado final seja homogêneo. O timbre sonoro varia entre fabricantes, mas isso não significa que não se possam misturar caixas de fabricantes diferentes. Só será preciso tomar mais cuidado com o casamento, mas isso é perfeitamente possível, entretanto, é mais fácil obter o mesmo timbre em caixas que compõem o portfolio do mesmo fabricante, pois em geral os fabricantes possuem um timbre característico que costuma ser homogêneo entre produtos.

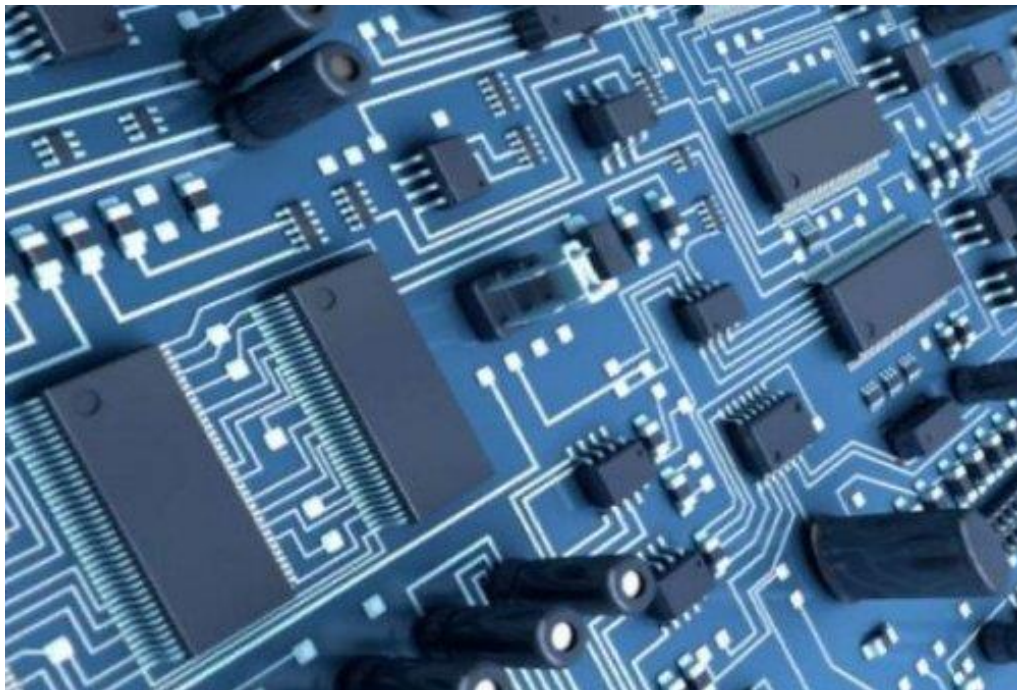
É um pouco mais difícil casar o timbre de caixas tradicionais com caixas de teto, dado que estas têm resposta limitada no espectro baixo de frequências, mas é possível a avaliação na região das frequências médias e agudas. O restante das características importantes a serem consideradas pode ser obtido da leitura atenta de nossos artigos anteriores.

Se você gosta de graves profundos, procure uma caixa do tipo bass-reflex com drivers de Kevlar® (uma marca registrada da Dupont) ou de fibra de carbono. Se você gosta de detalhamento nos agudos, busque tweeters de domo de seda e fuja dos domos metálicos ou escolha uma caixa que tenha um tweeter do tipo ribbon.

Ao usar amplificadores mais potentes, fuja das caixas com crossover de primeira ordem ou 6 dB/8ª, pois este tipo não protege bem o tweeter e o que, a princípio, pode ser mais barato, se revela mais caro no longo prazo, pois a probabilidade do tweeter ser danificado por sobrecarga aumenta muito nessa condição.

Enfim, as opções são várias, e o que vale é ouvir e gostar. Até a próxima!

SEMICONDUCTORES



Alfredo Manhães*

Com este artigo iniciaremos o estudo dos semicondutores, dispositivos que possuem propriedades elétricas bastante específicas e desempenham um papel importante no controle de equipamentos nas mais diversas áreas.

As tecnologias que envolvem os semicondutores têm promovido uma série de benefícios à vida no planeta, favorecendo, por exemplo, a utilização de satélites de comunicação e imageamento, permitindo o condicionamento de temperatura e umidade do ar dos mais diversos ambientes, melhorando a segurança de veículos, auxiliando a manipulação de equipamentos médicos de última geração, dentre outras aplicações.

Os avanços nas pesquisas sobre semicondutores têm impulsionado a eficiência dos sistemas, a redução no consumo de energia e a preservação do ambiente global. É o que será visto neste e em outros artigos.

***Mestre em Engenharia de Computação**

Introdução

A **Química** é a ciência natural que estuda a constituição da matéria, suas propriedades e transformações, bem como as trocas de energia desses processos. Vimos em artigos anteriores que a matéria é constituída de átomos, e que seu agrupamento resulta na formação dos elementos químicos, em grupos de átomos que apresentam a mesma quantidade de prótons, ou seja, o mesmo número atômico (Z).

Para organizar e classificar os elementos químicos foi criada por **Antoine Lavoisier**, em 1789, uma tabela que continha os 33 elementos químicos conhecidos na época, agrupados por metais, não metais e materiais terrosos.

Com o passar dos séculos surgiram diversas contribuições de cientistas como Johann W. Döbereiner, Leopold Gmelin, Julius L. Meyer, August Kekulé, Henry G. J. Moseley, Dmitri I. Mendeleiev e outros, que foram modificando a organização dessa tabela. Atualmente ela engloba 118 elementos químicos, dos quais 92 são naturais e 26 são produzidos de maneira artificial (figura1).

Tabela Periódica

1
H

2
He

3
Li

4
Be

5
B

6
C

7
N

8
O

9
F

10
Ne

11
Na

12
Mg

13
Al

14
Si

15
P

16
S

17
Cl

18
Ar

19
K

20
Ca

21
Sc

22
Ti

23
V

24
Cr

25
Mn

26
Fe

27
Co

28
Ni

29
Cu

30
Zn

31
Ga

32
Ge

33
As

34
Se

35
Br

36
Kr

37
Rb

38
Sr

39
Y

40
Zr

41
Nb

42
Mo

43
Tc

44
Ru

45
Rh

46
Pd

47
Ag

48
Cd

49
In

50
Sn

51
Sb

52
Te

53
I

54
Xe

55
Cs

56
Ba

57-71

72
Hf

73
Ta

74
W

75
Re

76
Os

77
Ir

78
Pt

79
Au

80
Hg

81
Tl

82
Pb

83
Bi

84
Po

85
At

86
Rn

87
Fr

88
Ra

89-103

104
Rf

105
Db

106
Sg

107
Bh

108
Hs

109
Mt

110
Ds

111
Rg

112
Cn

113
Nh

114
Fl

115
Mc

116
Lv

117
Ts

118
Og

57
La

58
Ce

59
Pr

60
Nd

61
Pm

62
Sm

63
Eu

64
Gd

65
Tb

66
Dy

67
Ho

68
Er

69
Tm

70
Yb

71
Lu

89
Ac

90
Th

91
Pa

92
U

93
Np

94
Pu

95
Am

96
Cm

97
Bk

98
Cf

99
Es

100
Fm

101
Md

102
No

103
Lr

A Tabela Periódica é um modelo que agrupa todos os elementos químicos conhecidos e suas propriedades. Eles estão organizados em ordem crescente correspondente aos números atômicos (número de prótons).

Não metais

Metais alcalinos

Semimetais

Outros metais

Lantanídeos

Gases nobres

Metais alcalino-terrosos

Halogênios

Metais de transição

Actinídeos

Figura 1 – Tabela Periódica IUPAC

Fonte: Toda Matéria - <https://www.todamateria.com.br/tabela-periodica/>

Antigamente a classificação dos elementos químicos tinha por base os grupos dos metais, não metais e metaloides. Hoje, a União Internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda a classificação em metais e não metais.

Até algum tempo a IUPAC mantinha a classificação de alguns elementos como semimetais, mas atualmente ela não define ou indica quais são os elementos classificados assim.

Usualmente, os semimetais formam uma linha diagonal entre os metais e não metais, sendo em número de sete: boro (B), silício (Si), germânio (Ge), arsênio (As), antimônio (Sb), telúrio (Te) e polônio (Po).

Eles possuem propriedades intermediárias entre os metais e não metais, como por exemplo:

- Apresentam brilho metálico como os metais;
- Podem se fragmentar como os não metais. São quebradiços e se despedaçam com facilidade, dificultando sua moldagem;
- Assim como os metais, podem formar cátions ou ânions, de acordo com a situação e se carregarem tanto positivamente quanto negativamente;
- Atuam como semicondutores de eletricidade, ou seja, podem se comportar tanto como os metais, que são bons condutores de eletricidade, quanto como ametais, que são isolantes.

Essa última propriedade dos semimetais é a que se destaca para aplicações em eletrônica, em especial do germânio e do silício, pois favorece a fabricação de componentes semicondutores, com vasta utilização em inúmeros dispositivos.

A Origem dos Semicondutores

As pesquisas que deram origem aos semicondutores remontam ao século XIX, com Michael Faraday, ao perceber que a resistência de uma amostra de sulfeto de prata diminuía quando era aquecida.

Outros cientistas, como Edmond Becquerel, Willoughby Smith e Karl Ferdinand Braun, também observaram o comportamento de alguns materiais com efeitos semicondutores.

Data deste período a invenção, por Braun, de um dispositivo que convertia corrente alternada em contínua, sendo este o primeiro retificador conhecido.

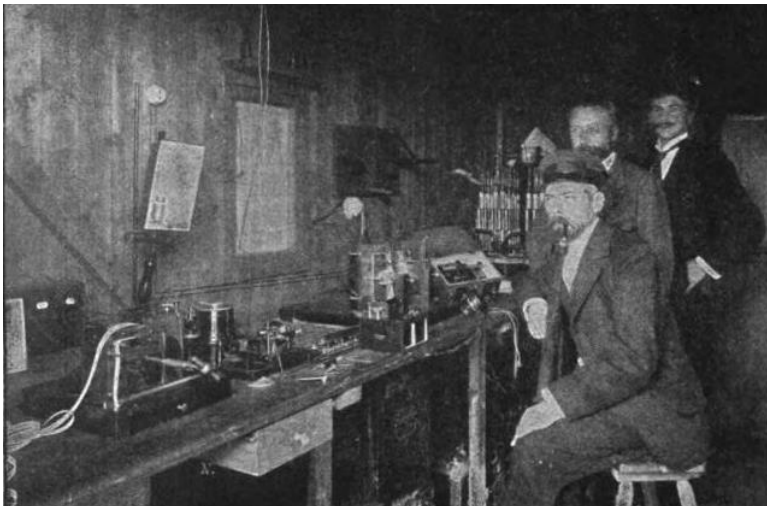


Figura 2 – O Professor Braun em seu laboratório – 1874.

Sabe-se que a necessidade de controlar corrente elétrica em um circuito surgiu junto com a invenção do rádio. Uma das invenções desse período é a válvula tríodo (evolução do diodo termiônico) pelo austríaco Robert von Lieben em 1906.

O tríodo é um [diodo termiônico](#) (dois elementos - placa e filamento) onde é incluído um terceiro elemento, a [grade de controle](#), posicionada entre o [cátodo](#) e o [ânodo](#) (figura 3). Sua função principal é controlar a corrente do ânodo, sendo utilizada normalmente para a amplificação de sinais, além de outras possibilidades.

Vale lembrar que o efeito Edison ou emissão termiônica é o processo no qual o aumento de temperatura faz com que os elétrons atinjam energia suficiente para deixar o [elemento metálico emissor](#) e chegar ao elemento coletor, ou seja, do cátodo para o ânodo.

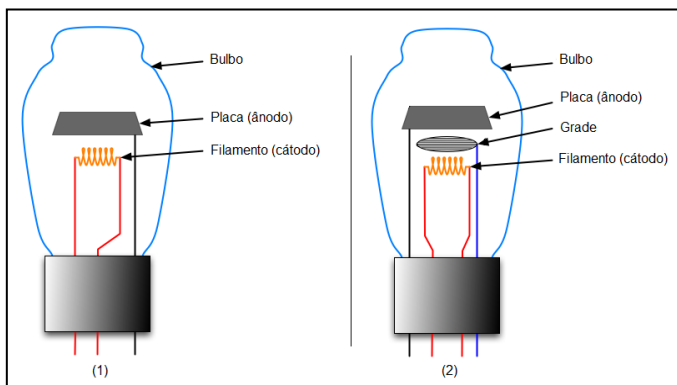


Figura 3 – O diodo termiônico (1) em comparação ao tríodo termiônico (2).

No mesmo ano em que von Lieben criou seu tríodo, o norte-americano Lee de Forest desenvolveu um dispositivo similar, que foi batizado e patenteado com o nome de Audion, tornando-se o primeiro tríodo comercial desenvolvido (figura 4).

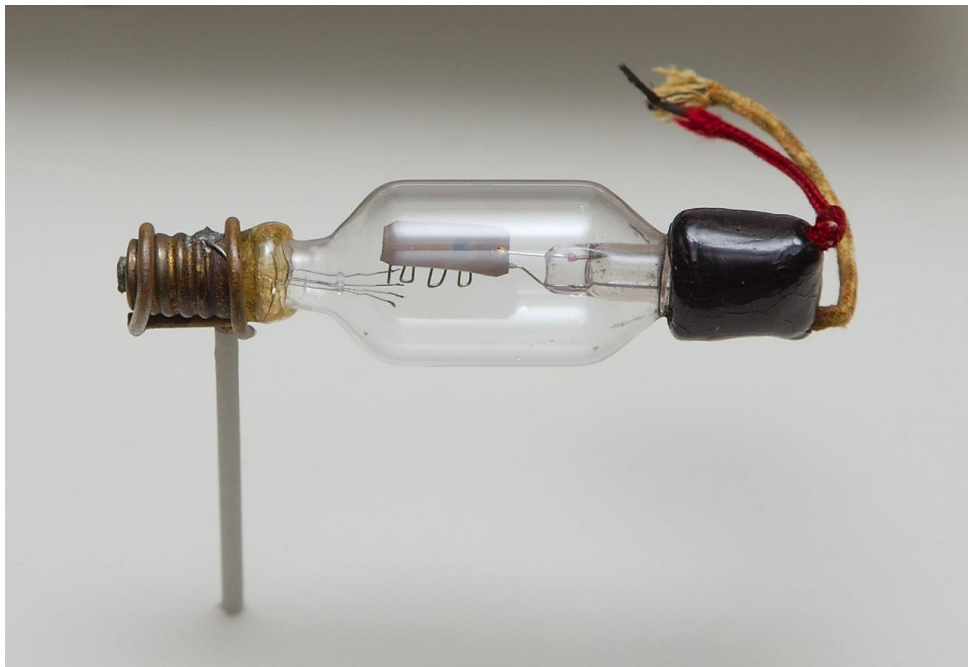


Figura 4 – O tríodo Audion.

O Audion apresentava características amplificadoras que estimularam sua utilização em grande escala, a despeito do filamento ter vida útil curta e seu comportamento ser irregular. Acredita-se que essa vulnerabilidade se devia ao fato dele não ser completamente a vácuo e ter em seu interior um gás em baixa pressão. Mesmo assim, ele foi amplamente utilizado.

O advento das válvulas termiônicas trouxe grandes avanços para a eletrônica ao longo do século XX, mas elas eram grandes, caras e consumiam muita energia elétrica. Diversos pesquisadores na época tentaram criar um dispositivo compacto e de baixo custo para substituir as válvulas.

O primeiro trabalho a descrever o princípio de um dispositivo que teria essa condição foi a do transistor de efeito de campo (*field-effect transistor*, ou *FET*) feito no Canadá em 1925 pelo físico húngaro [Julius Lilienfeld](#). Depois, em 1934, foi a vez do físico alemão Oskar Heil patentear outro transistor de efeito de campo. Não se sabe, porém, se esses dispositivos foram construídos.

O Transistor

O resultado mais relevante nessas pesquisas viria em 1947, nos Laboratórios Bell, com a criação do transistor bipolar de germânio (figura 5) pelos físicos John Bardeen e Walter House Brittain, que, juntamente com William Bradford Shockley, receberam o prêmio Nobel de Física por sua grande contribuição.

Assim começava a era dos “componentes de estado sólido”, que promoveu uma revolução na indústria eletrônica.



Figura 5 – Réplica do primeiro transistor.

O termo “transistor” provém do inglês *transfer resistor* (resistência de transferência), denominação dada por seus inventores. Ele é composto de um material semicondutor com três terminais (ou mais) para conexão a um circuito.

Para uso com fones:

1. Deve-se manter os capacitores eletrolíticos na saída;
2. O indutor de saída deve ser usado com a chave de alta ou baixa impedância, como no diagrama, ou montado de forma permanente se os fones tiverem impedância menor que 24Ω ;
3. Com fones de média ou alta impedância ($32\Omega \leq Z \leq 600\Omega$), pode-se experimentar a melhor posição da chave...
4. Os fusíveis da fonte devem ser de 1A.

Para uso como amplificador de linha:

1. Deve-se manter os capacitores eletrolíticos na saída;
2. O indutor de saída deve ser usado de forma permanente, e a menor impedância de carga deve ser de 24Ω ;
3. Os fusíveis da fonte devem ser de 0,5A.

Para reduzir o aquecimento da caixa e dos circuitos, sem sair da operação em classe A para fones ($Z_L \geq 24\Omega$), ou AB com polarização alta, para caixas acústicas ou fones de baixa impedância ($8\Omega \leq Z \leq 16$), adotei reguladores chaveados para a fonte, que usam LM2596 e funcionam a uns 60kHz, são fáceis de obter e de baixo custo (figuras 2 e 3), usando mais um filtro LC adicional para reduzir a ondulação de 60kHz a um valor bastante baixo.

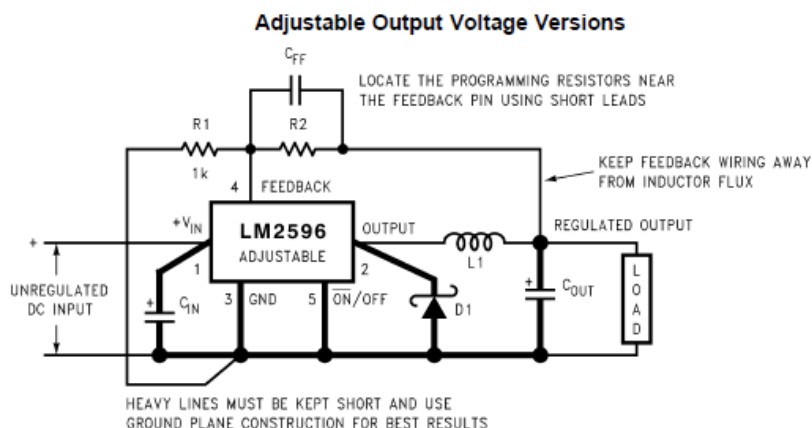


Fig. 2



Fig. 3

A fonte agora aproveita o transformador, a retificação e primeira filtragem da anterior, embora montada em pontes de terminais.

Foi possível usar, sem muita dificuldade, o transformador porque ele tem dois secundários separados, que alimentam pontes retificadoras separadas, capacitores de filtro também separados e então os reguladores, ambos positivos, mas ligados em série, com a junção entre ambos ligada ao 0V do amplificador e saídas positiva e negativa ligadas às linhas correspondentes da placa do amplificador (figura 4).

Na figura 6, podemos ver a ondulação e ruído presentes na saída do regulador apenas, e, na figura 7, o ruído após o filtro LC, feito por um indutor de 1µH aproximadamente (que ia usar na saída) e um capacitor eletrolítico de 2200µF x 35V. A corrente fornecida durante as fotos é apenas a de repouso, de 300mA por linha de alimentação.

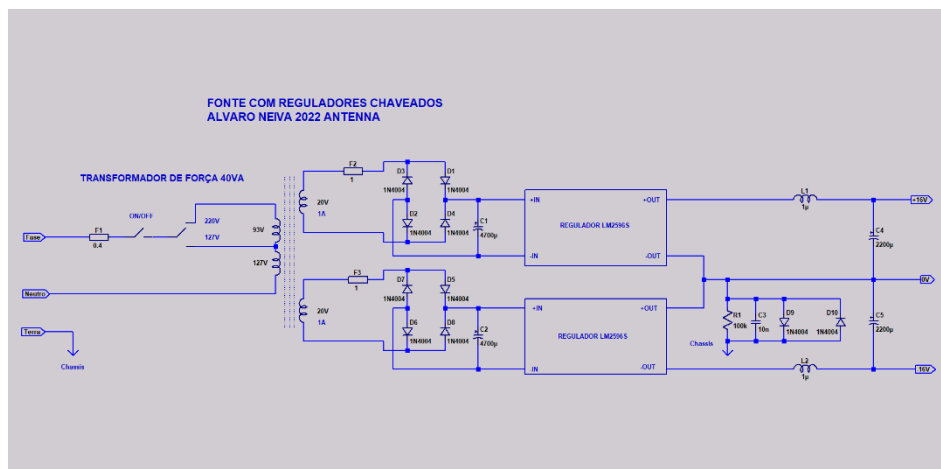


Fig. 4

Na figura 5, a ondulação na saída do retificador (120Hz+60kHz).

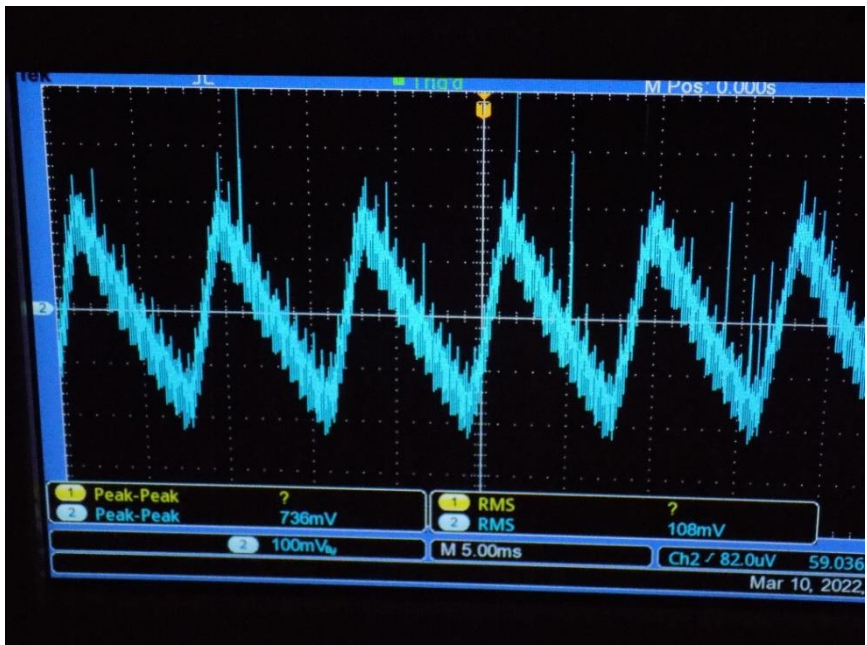


Fig. 5 (saída do retificador, 100mV/divisão vertical, 5ms/divisão horizontal)

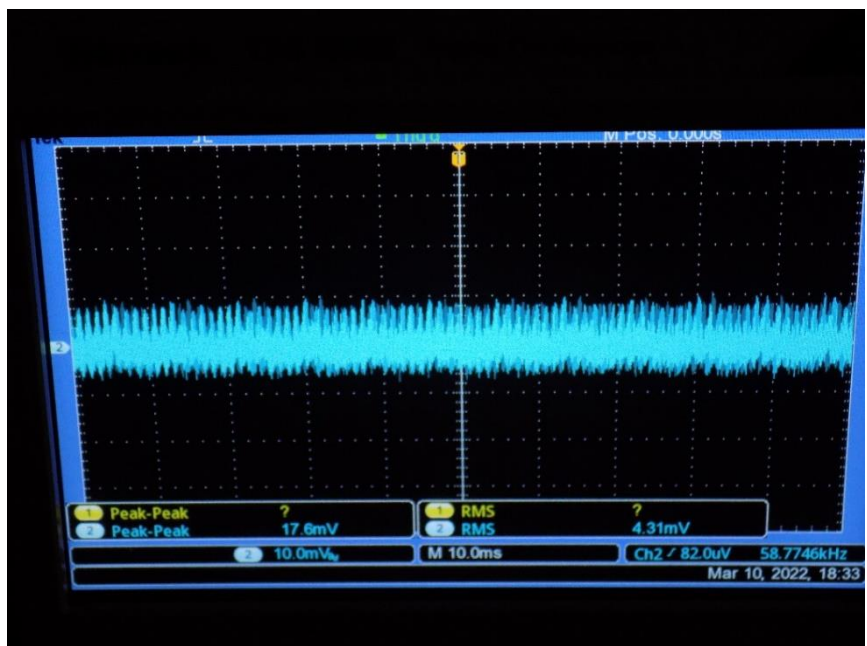
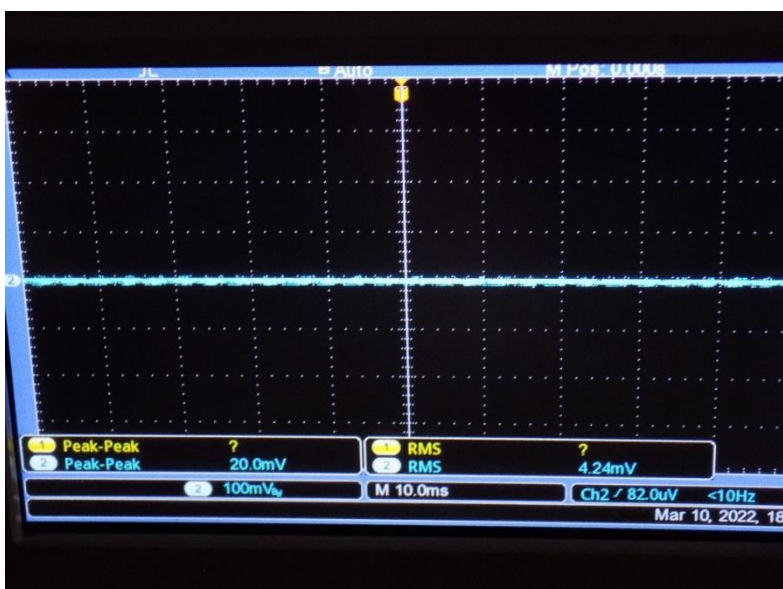
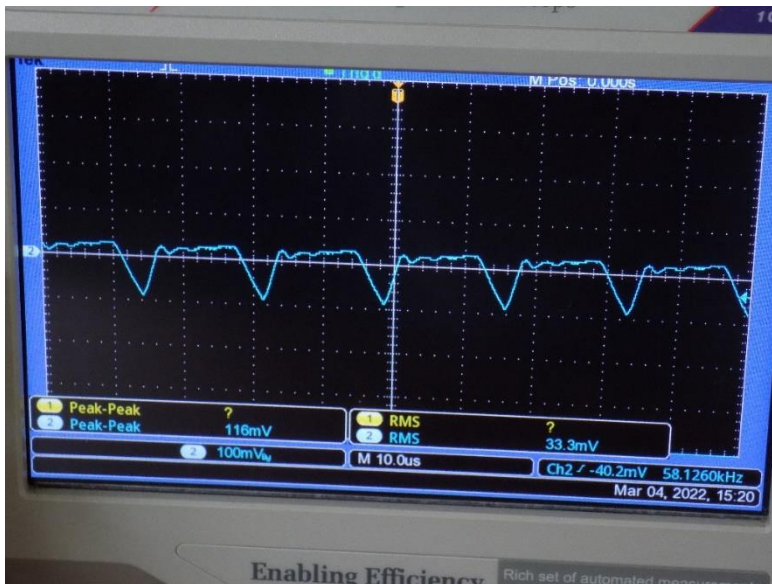


Fig. 6 (saída do regulador, 10mV/divisão vertical, 10ms/divisão horizontal)



Observando na figura 8 um período maior para detectar algum ruído de baixa frequência, 120Hz e harmônicos... e ficou difícil identificar a ondulação. A maior parte é ruído de 60kHz e harmônicos, e com baixa amplitude.

Olhando mais de perto a ondulação perto de 50kHz a 60kHz:



$$R_{\%} = \frac{0,00447V}{16,53V} \cdot 100 = 0,027\% \quad R_{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{0,00447V}{16,53V} \right) = -71dB$$

Testado no meu sistema doméstico, nenhum ruído audível...

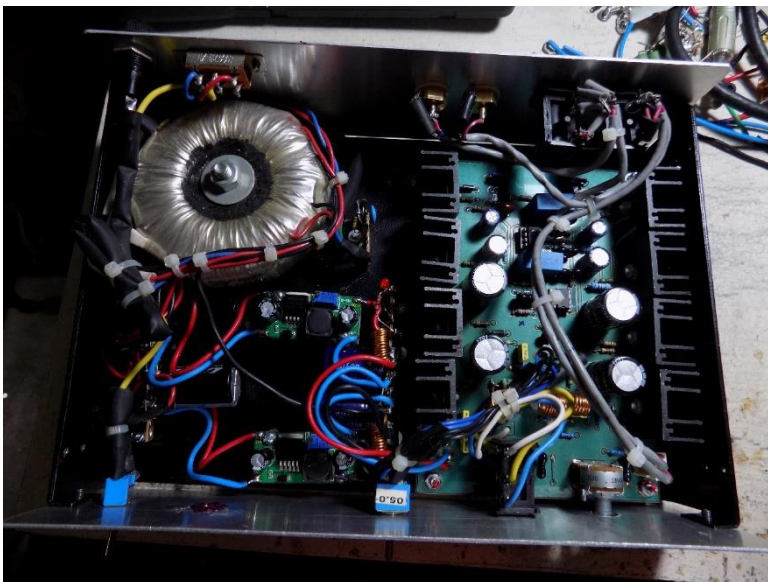


Fig. 11 - Montagem final.

Verificando a Distorção Harmônica Total +Ruído:

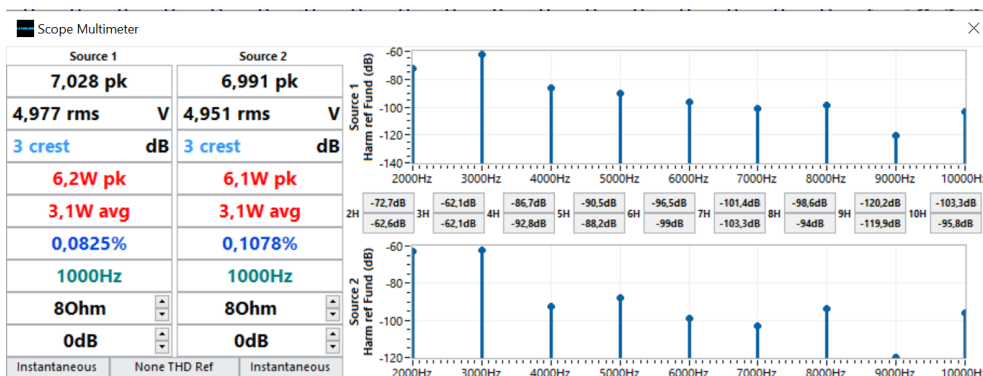


Fig. 12

Até o próximo artigo!

Referências:

1. Self, Douglas. SMALL SIGNAL AUDIO DESIGN. 1ª edição 2010, Elsevier Ltd.
2. Graeme, Jerald G. APPLICATIONS OF OPERATIONAL AMPLIFIERS (THIRD GENERATION TECHNIQUES). 1ª edição. Burr-Brown Research Corporation; 1973.
3. Metzler, Bob. AUDIO MEASUREMENT HANDBOOK. 1ª edição 1993.

TVKX

E outros casos de oficina

Você, Leitor amigo, já esteve às voltas com algum problema (pouco comum) na instalação, manutenção ou conserto de um televisor, rádio, amplificador de som, ou mesmo qualquer outro aparelho eletrodoméstico?

Então ajude a seus colegas, divulgando o que você observou e como resolveu o problema. Basta escrever um resumo do caso, mandá-lo para o e-mail contato@revistaantenna.com.br, deixando o resto por conta do Redator desta seção. Se ele considerar o assunto de interesse para os leitores, aqui será feito um relato da estória, da qual participarão os populares personagens de TVKX. O seu nome será mencionado no artigo.

*A cargo de: JAIME GONÇALVES DE MORAES Fº**

Telas e Mais Telas...

Passava pouco das oito e meia, quando encontramos, mais uma vez, nossos amigos na mesinha junto à parede, trocando ideias sobre os assuntos do dia.

- Veja ali na parede, Carlito! O quilo do pãozinho já está custando R\$18,90!

- Ué? Lembro que estava a R\$14,50 na semana passada...

- Quero ver quando esse aumento geral alcançar os componentes e serviços. Lá vamos nós ter de entrar na onda de recalculando todos os custos.

- Com essa instabilidade econômica, é certo que vamos receber algumas sobras. Daqui a pouco começam a faltar componentes, uma vez que tudo é importado.

- Já se foi o tempo em que componentes eletrônicos de qualidade eram fabricados aqui no Brasil... Infelizmente perdemos o bonde. Para retomar o que perdemos, será preciso pelo menos uns quinze anos daqui para adiante.

- Acerte lá com o Mário, Zé Maria! Temos dois problemas para resolver agora pela manhã!

Já na oficina, a reunião agora era em torno de um Samsung de 32 polegadas, série UM 7100.

-O que você arrumou aí, Toninho ?

- Eu? Nada, ué...Abri e já estava assim! Recebi o televisor ontem à tarde e fiz o orçamento para a troca dos LEDs e dos resistores da fonte para baixar um pouco a corrente. Quando fui iniciar o trabalho, vi que estava desse jeito.

***Engenheiro de Eletrônica**



Tela Samsung UN7100

- Boa...Quem vai explicar isso ao proprietário do televisor, que vai jurar que a imagem estava perfeita?... Que o televisor tem pouco uso, etc... etc!
- Reparem bem: a lâmina de policarbonato trincou, além dos LEDs terem literalmente queimado a lâmina. Garanto que essa trinca vai fazer com que surjam áreas esbranquiçadas na tela.
- Vocês estão esquecendo um detalhe: Onde arrumar uma lâmina de policarbonato igual a essa?
- Na sucata... Claro!
- Rezando para que esteja em bom estado, não é mesmo? Pois eu tenho quase certeza de que vamos ter mais um aparelho descartado aqui na oficina.
- Também acho que este Samsung vai é ser largado por aqui! Veja que esses painéis aquecem bastante e como não existe a possibilidade de circulação de ar para manter a superfície limpa, o resultado é este!
- Olhe, Carlito: Existir à venda um painel desses, até que existe! O problema é o custo. Veja aqui o anúncio que achei na Internet: São só 580 Reais para o modelo de 50 polegadas.
- Terminamos então, Carlito?

- Considero que sim! Com a lâmina trincada, nada feito. Se essa estivesse inteira, faria o seguinte: Mudava a régua cerca de 1 cm da posição em que está originalmente e pronto!.

- Mas olhe aqui...

- Não terminei ainda, Zé Maria: Seria necessário furar a moldura, onde existe um resalto. Agindo assim, o LED da régua nova não vai ficar na mesma direção do antigo, que queimou a lâmina.

- Começamos bem o dia! Pãozinho mais caro, televisor sem reparo... e o que temos agora ?

- Um TV Proview, Modelo 3200. A tela está com rugas e bolhas de ar. A imagem me parece normal. Olhe aqui:



TV Proview 3200

- De início, diria que é mais um para fazer companhia ao Samsung. Por enquanto só consertamos televisores. Milagres, ainda não fazemos!

- Pois bem: Eu ainda não fiz nada nesse TV, mas também não queria perder tempo desmontando tudo sem necessidade. Estou me baseando em um monte de displays quebrados e desmontados que temos por aqui e me parece não ser viável a troca da película polarizadora em nenhum deles !

- Possível é sim, Zé Maria. Mas será necessário praticar um pouco. O pior será remover a película danificada.

- Deixe dar uma ligadinha no TV, Carlito. Só para ver...



Imagem do TV Preview 3200

- Está vendo, Toninho? Já sei o que vai dizer...

- Bem... Eu já vi dezenas de vídeos no YouTube sobre o assunto. Quanto ao pessoal trocando as películas, parecia super fácil. Daí parti para uma tentativa que foi um desastre. Logo percebi que a bancada tem que estar 100% limpa, de preferência com a porta fechada para os clientes, pois qualquer erro é fatal, e, no meu caso, consegui passar por todos eles! Não consegui nenhum resultado sequer razoável.

- Venho falando nisso faz tempo! No Youtube tudo é fácil! Certo que existem vídeos excelentes, mas muitos se passam por sabichões e, se embarcarmos em suas histórias, estaremos fritos.

- Pois eu assisti a um vídeo em que o técnico pegou uma tela na sucata, mas sem estar quebrada, e do mesmo tamanho. Com uma lâmina ele separou a tela em duas, pois a tela é um tipo sanduíche. Na parte em que fica a película, ele colocou sobre a tela que estava como essa do Preview, mas antes ele retirou a película danificada, usando uma lâmina, raspando bem e depois limpando o resto de cola, daí colocou a outra boa sobre a da tv.

- Pois eu não perderia meu tempo fazendo isso, Zé Maria! O correto é trocar a película de Polaróide, que, aliás, existe em dois ângulos diferentes, e depois aplicar a mesma, tal como os vidraceiros aplicam a película para escurecer os vidros dos automóveis.

-É... até agora estamos perdendo de dois a zero! Vamos ver se daqui para o resto do dia melhoramos o placar!

De casos de oficina relatados no Fórum Tecnet, com a participação de; Silvano (Servitec); Claucinei; Ramoseldo; Capacheck; Marcos e Schiavon;

O Spectro SQA 2060



Marcelo Yared*

O SQA 2060 foi objeto de uma análise em Antenna, na edição de fevereiro de 1973.



*Engenheiro Eletricista

Na época, Antenna não dispunha de equipamentos de medição de áudio em seu laboratório, assim, as características técnicas dos equipamentos avaliados eram apenas informadas pelos articulistas, e não havia como compará-las com resultados reais no equipamento.

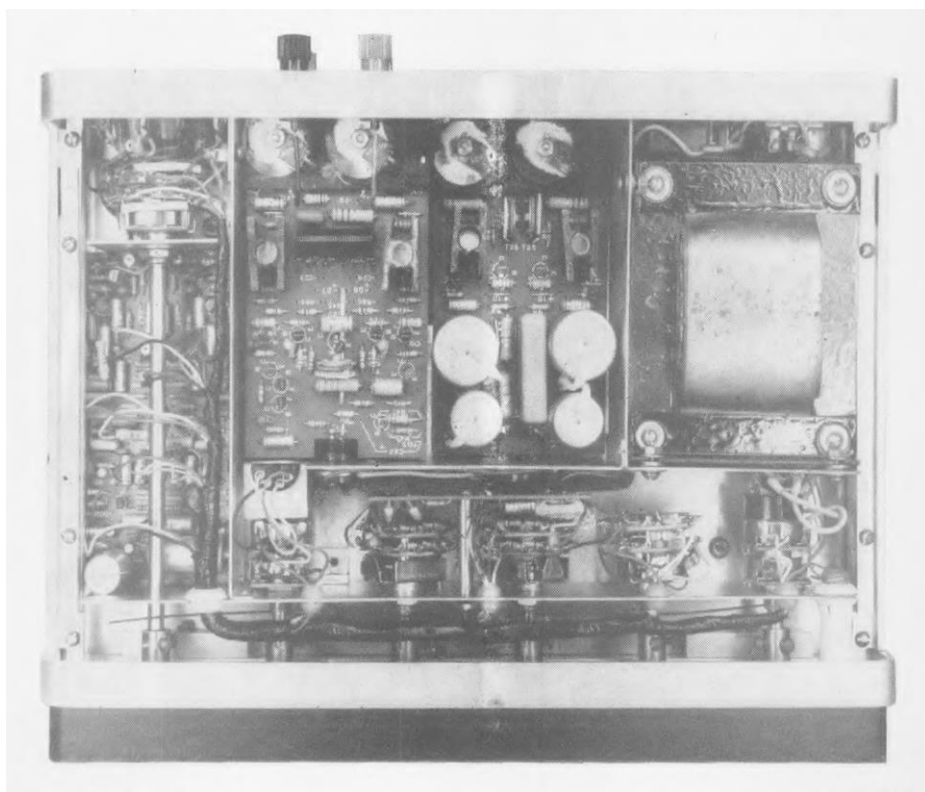
Observe-se que em 1973 a indústria de áudio no Brasil seguia os passos das indústrias americanas e europeias, assim, não havia, ainda, generalizadamente, a "inflação" de números e os exageros que viriam a ocorrer. Também não era comum o uso arraigado da língua inglesa nos equipamentos.

No caso particular da Spectro, sediada no Rio de Janeiro, RJ, seus produtos se destacavam pelo design inovador, e, esteticamente, eram considerados diferenciados.

A unidade que restaurei, e analisaremos para complementar o artigo de Antena de 1973, foi adquirida por um amigo de uma lista de discussão, o Carlos Monteiro, e estava ainda com o lacre original da fábrica, ou seja, estava do jeito que saiu dela, há mais de 45 anos.

Esse amplificador é difícil de se achar hoje, e mesmo imagens na Internet não são muito comuns.

Seus circuitos são montados em módulos, com conectores de fácil montagem. Na fotografia da época, em Antena: vejam que os módulos tornavam a montagem limpa.



Uma vantagem alardeada pelo fabricante, à época, era o uso de fonte estabilizada para alimentar inclusive o estágio de saída, o que tem seus aspectos positivos mas também diminui a eficiência global do equipamento, além de agregar mais complexidade ao projeto.

Na sua parte inferior pode ser encaixado um módulo, que era adquirido à parte; uma expansão para o uso de duas caixas adicionais, permitindo quadrifonia sintética.

A Spectro oferecia três anos de garantia em seus equipamentos, algo não muito comum na época. Os valores do 2060 e do acessório, em 1973: Cr\$ 1.590,00 e Cr\$ 120,00 respectivamente, o que, corrigido por um dos índices disponíveis na época (IGP-DI), representa, a valores de hoje, R\$ 9.866,51 e R\$ 744,64.

Da imagem anterior, podemos observar algumas coisas em relação ao equipamento que reformei:

- os transistores de saída originais AR17, da Philco, foram substituídos por 2N3055 da Fairchild, mais robustos. Creio que isso deveu-se, entre outras coisas, ao fato de o equipamento não ter aberturas para ventilação, o que aumenta a temperatura interna e o estresse dos componentes;

- no módulo da fonte, o que tem os quatro capacitores grandes, podemos ver um componente retangular claro entre eles. É a ponte retificadora, que deve ser Semikron ou Siemens, e foi substituída por quatro diodos BY127 montados em um grande dissipador de calor.

Foi com dor no coração que cortei o lacre de chumbo e abri o equipamento. Estava um pouco sujo e com alguma oxidação no grande transformador de força. O pino de ligação na tomada infelizmente estava com mau contato, e teve que ser substituído também.

O processo de abertura é meio chato, mas depois de aberto a manutenção é bem simples, exceto pela placa do pré-amplificador, muito amontoadada e cheia de fios. Troquei todos os capacitores eletrolíticos dela, o que foi uma tarefa de muita paciência... No total do amplificador foram substituídos 46 capacitores eletrolíticos.

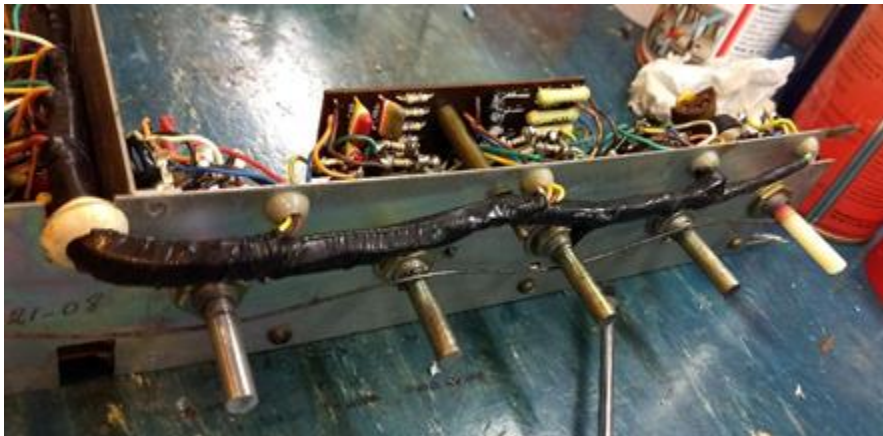


Observem que o painel traseiro, de alumínio, é utilizado para dissipar o calor dos módulos de amplificação e da fonte, o que deixa o conjunto quente, particularmente nos testes de potência contínua.



Após algumas horas de trabalho, todos os eletrolíticos foram trocados, as chaves foram lubrificadas e os potenciômetros receberam um pouco de Fospro.

Aliás, dentro da heterodoxia da Spectro neste projeto, os controles de graves e agudos são executados por chaves de 11 posições. Isso limita um pouco o uso mas é melhor do que usar potenciômetros, em termos de durabilidade. Interessante é que, hoje, não sei se se acham chaves 11X2 fácil no comércio, mas potenciômetros duplos ainda são comercializados.



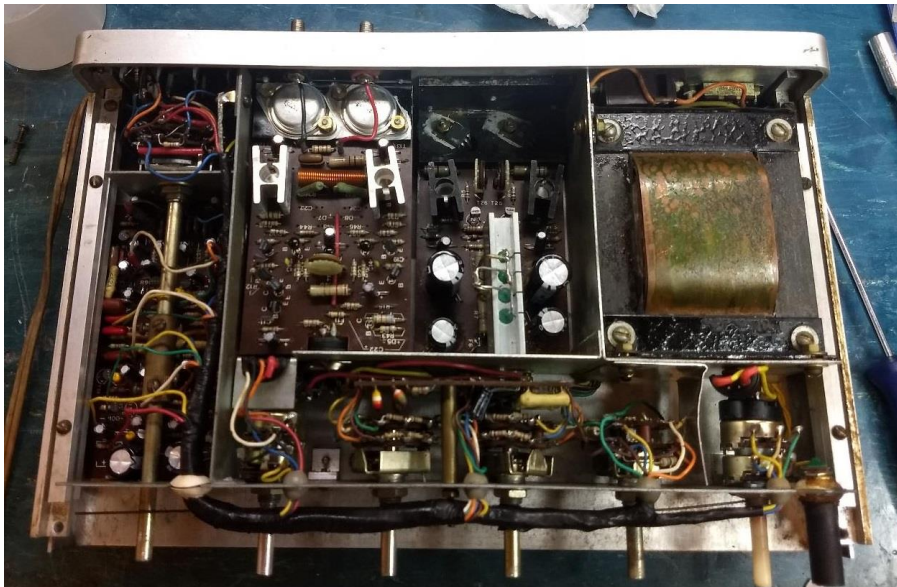
A fiação de interconexão, ao contrário do procedimento da maioria dos fabricantes da época, não é amarrada com barbante encerado (do qual nunca gostei, pois solta fácil e pega sujeira fácil), mas sim por uma espécie de fita, parecida com fita isolante preta, mas que adere bem e ainda estava perfeita após 46 anos de colocada.

Nas fotos abaixo, podemos ver os resultados e os “rescaldos” da restauração.



Após algumas horas de trabalho, remontamos os módulos no chassis e procedemos ao ajuste de corrente de repouso.

Não encontramos na Internet nenhuma informação técnica sobre os circuitos do SQA2060, mas, de nossa experiência com o SQA2100, do qual pode-se achar esquemas elétricos, nos parece que na verdade este último é uma atualização do primeiro, particularmente com a internalização do módulo de alto-falantes adicionais e de quadrfonia sintética, aumento da potência de saída, além da colocação de filtros adicionais e de outras funcionalidades. Uma resposta às demandas de mercado, com certeza.



Observem que, mesmo após tanto tempo, o fato de não haver aberturas no chassis manteve o interior do equipamento relativamente limpo.

Medições

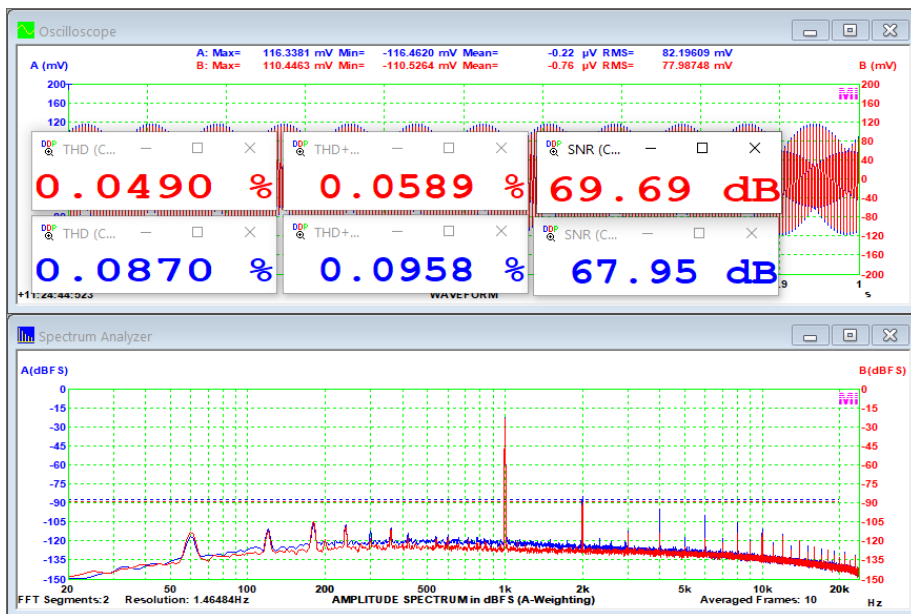
Comparei os valores divulgados por Antenna, que coloquei entre parênteses, com nossas medidas. A entrada utilizada foi a Auxiliar e o aparelho foi alimentado com 220VCA/60Hz, com carga de 8Ω , somente.

Potência de saída antes do ceifamento - $29W/8\Omega/1kHz$ (30W)

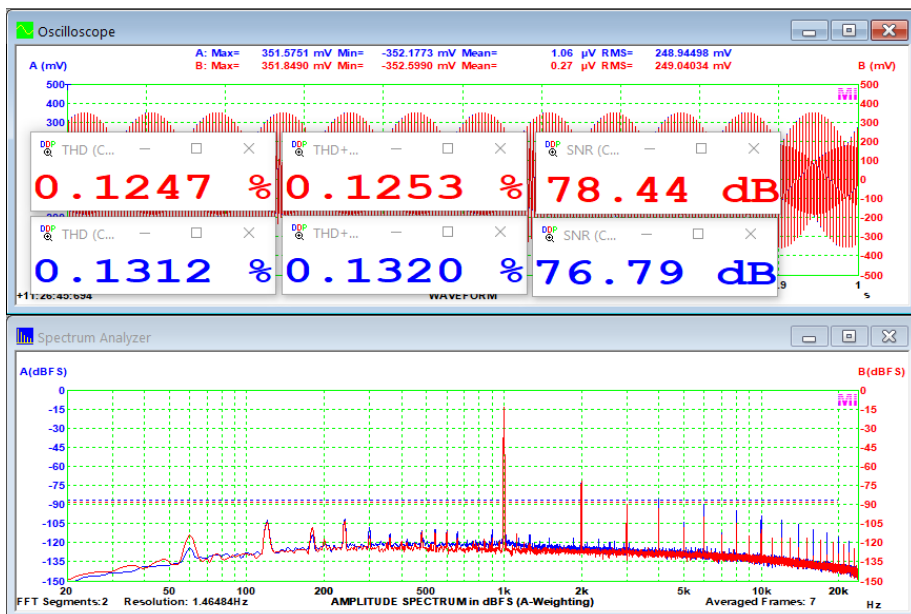


Distorção Harmônica Total

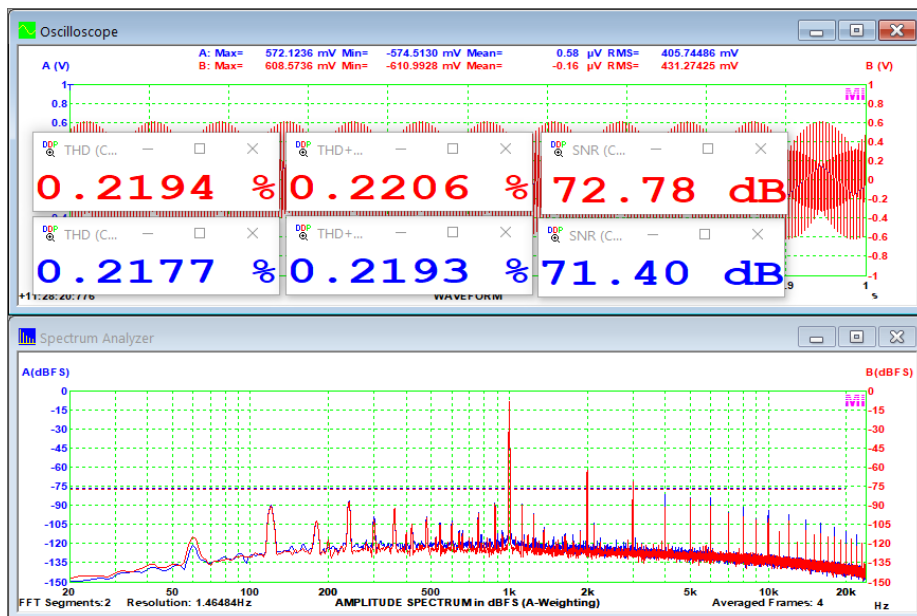
A 1W/8Ω/1kHz (<0,1% em qualquer potência até 25W)



10W/8Ω/1kHz (<0,1% em qualquer potência até 25W)



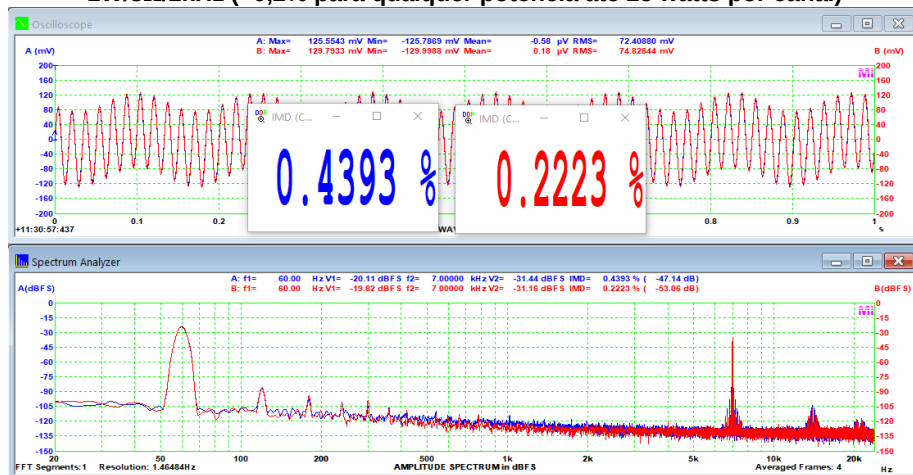
25W/8Ω/1kHz (<0,1% em qualquer potência até 25W)



Os valores estão bons, para a época, apesar de superiores ao especificado em 10 watts e a 25 watts, conforme a especificação fornecida. A relação sinal-ruído foi melhor que 60dB para a entrada Fono e melhor que 70dB para a entrada Auxiliar. Os valores obtidos na entrada auxiliar são superiores aos divulgados, e são bons.

Distorção por Intermodulação SMPTE

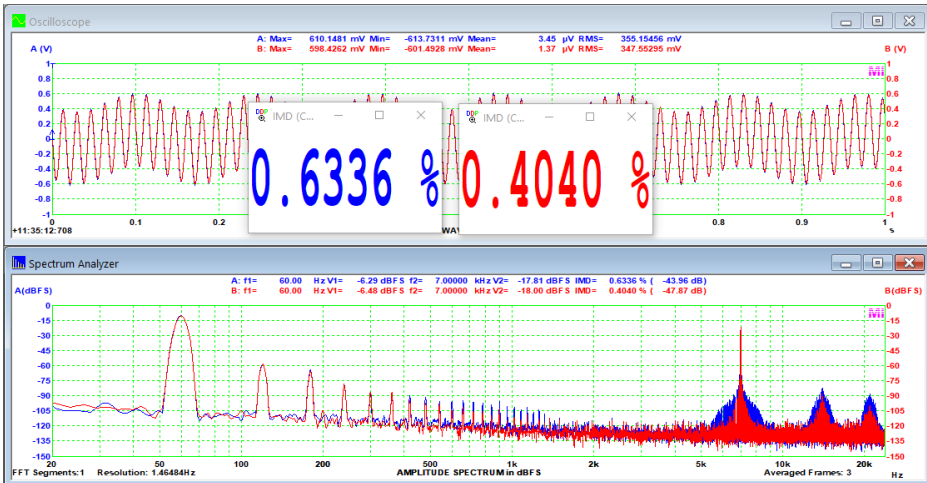
1W/8Ω/1kHz (<0,2% para qualquer potência até 25 watts por canal)



10W/8Ω/1kHz (<0,2% para qualquer potência até 25 watts por canal)

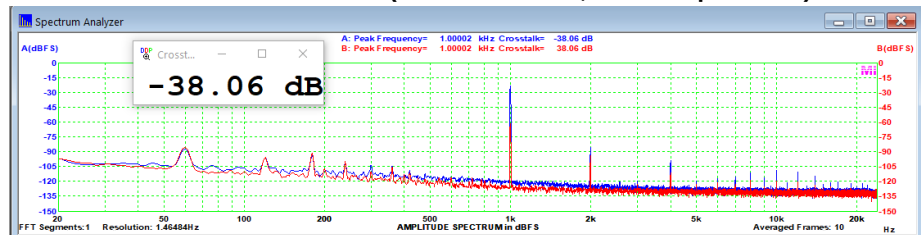


25W/8Ω/1kHz (<0,2% para qualquer potência até 25 watts por canal)



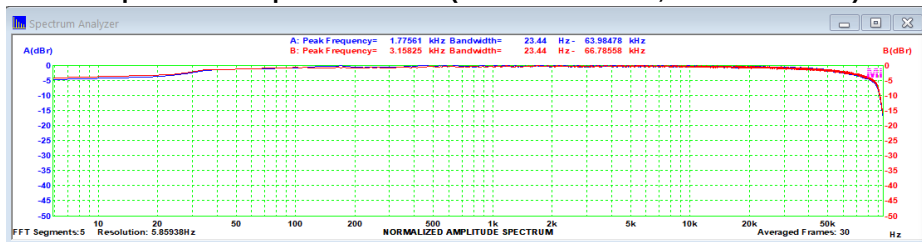
Neste caso, os valores são superiores aos divulgados, mas são razoáveis.

Crosstalk 1KHz/1W/8Ω (>65 dB em 1 kHz, até 25 W por canal)



Resultado bastante inferior ao divulgado. Com o controle de balanço totalmente virado para o canal do sinal, obtive -45dB, o que é bem melhor, mas ainda baixo em relação ao divulgado.

Resposta em frequência a 1W/Ω (de 20 Hz a 80 kHz, ±1 dB em 1 watt)



Apesar de não alcançar o publicado, a resposta é muito boa – (20kHz a 70kHz ±3dB).



Os resultados acima são bons e o aparelho ainda apresenta características boas, mesmo após 46 anos de uso. Verificamos a efetividade dos controles de tonalidade, com performance consistente com a anunciada.

Vê-se que o SQA 2060 é um amplificador de funções básicas, suficientes, mas de boa performance e excelente acabamento. Os knobs são usinados, os painéis bem construídos e a montagem interna inteligente. Tem um belo design, diferenciado.

A Spectro não poupou no quesito qualidade mas, pouco tempo depois, em nossa opinião, teve que lançar um equipamento mais completo, o SQA 2100, mais potente, e que agregou diversas funções que apareceram na concorrência, tais como filtros, loudness, monitoração de tape e a quadrifonia sintética da época.

As audições mostraram um bom resultado e o funcionamento contínuo durante horas não trouxe fadiga auditiva, ruídos ou quaisquer outros resultados negativos.

Um bom amplificador, inovador para o mercado brasileiro da época.



João Alexandre Silveira*

Chegamos à quarta etapa dessa nossa trilha a um objetivo: aprender Python fazendo experiências com Eletrônica. Até aqui somente com *software*, mas logo vamos integrar também alguns circuitos eletrônicos à linguagem.

Vamos em frente, pois tão importante quanto o caminho, é o caminhante e o caminhar.

Até aqui vimos os comandos principais de qualquer linguagem de programação moderna: os laços de repetição *for*, *while* e *if*; e duas estruturas de dados: as *tuplas* e as *listas*.

Nessa parte IV vamos conhecer mais uma estrutura de dados: os *dicionários* em Python. Os dicionários são também variáveis compostas, onde podemos guardar conjuntos de diferentes objetos em Python.

E como tudo na linguagem Python é objeto, veremos que num dicionário podemos guardar qualquer tipo de números, *strings*, variáveis simples, tuplas, listas e até outros dicionários.

Depois, vamos conhecer as bibliotecas em Python; são métodos e funções prontas, disponíveis por desenvolvedores Python na forma de código aberto, para quase qualquer área de aplicação.

***Autor do livro “Experimentos com o Arduino”, disponível em www.amazon.com.br**

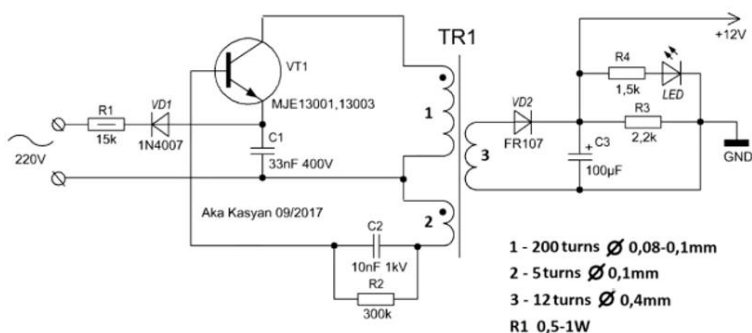
Dicionários em Python

Dicionários na linguagem Python são, como as tuplas e as listas, também estruturas de dados na forma de *containers* com divisões internas. Nas tuplas e nas listas essas divisões internas têm como índice fixo para cada elemento armazenado um número inteiro. Nos dicionários, esse índice, em vez de um número, pode ser uma *string*, uma sequência de caracteres alfanuméricos. Assim fica muito mais fácil ir buscar um valor em uma estrutura desse tipo por um nome, como nas variáveis simples, em vez de pôr um número. Com isso conseguimos personalizar os índices dos itens nessa estrutura de dados.

Ainda estamos falando de formatos de listas, estruturas de dados lineares, como uma lista de compras de mercado. Mais adiante vamos combinar essas listas em objetos bidimensionais: os **dataframes** no Python, tabelas como uma planilhas tipo Excel. *En passant*: existem métodos na linguagem Python para ler e escrever diretamente em planilhas Microsoft Excel.

Já vimos na parte III dessa série, que as tuplas são identificadas por seus elementos virem entre parênteses - '(' e ')' - e as listas entre colchetes - '[' e ']' . Os dicionários em Python são identificados por seus elementos virem entre chaves - '{' e '}' .

Agora vejamos o circuito da figura abaixo. Trata-se de um inversor CA/CC muito simples que achamos na *internet*: uma fonte de alimentação, conhecida como *fonte chaveada* (*smmps-switched mode power supply*), sem o clássico transformador de entrada. São dois estágios isolados: à esquerda, um oscilador *Hartley*, formado pelo transistor Q1 e o duplo enrolamento primário de T1, é alimentado com alta tensão retificada e filtrada diretamente da rede AC de 127/220 volts. Essa alta tensão oscilatória em alta frequência induz no secundário de T1 uma tensão menor mas com alta corrente. O estágio da direita é também uma clássica fonte retificadora de meia-onda formada pelo secundário de T1 e D2-C3. R3 é o resistor de carga e o LED com seu limitador de corrente R4 serve para indicar que temos tensão de saída. Veja no [youtube](#) essa fonte funcionando.



Vamos então criar um dicionário em Python para guardar somente 6 dos componentes do circuito da nossa fonte chaveada. Veja na tela do Colab abaixo. Demos o nome de *smps* ao nosso dicionário, e, entre suas chaves, colocamos as informações correlacionadas em pares, separados por vírgulas.

+ Código + Texto

```
1 smps = { 'Q1':'MJE13001',
2          'D1':'1N4007',
3          'C1':'33nF',
4          'T1':'200mH',
5          'D2':'FR107',
6          'C3':'100uF'
7        }
8
9 print(smps.keys())           # nomes das variaveis
10 print(smps.values())        # valores das variaveis
11 print(smps.items())         # nomes e valores

dict_keys(['Q1', 'D1', 'C1', 'T1', 'D2', 'C3'])
dict_values(['MJE13001', '1N4007', '33nF', '200mH', 'FR107', '100uF'])
dict_items([('Q1', 'MJE13001'), ('D1', '1N4007'), ('C1', '33nF'), ('T1', '200mH'), ('D2', 'FR107'), ('C3', '100uF')])
```

Veja que *smps* é um dicionário Python onde guardamos a identificação de cada componente no diagrama elétrico e seu correspondente valor ou tipo. Aqui, cada item do dicionário é formado por um par *key:value* (chave:valor). Os elementos de cada par são separados por dois pontos (':'). No nosso dicionário *smps* o primeiro par é 'Q1':'MJE13001', o último é 'C3':'100uF'.

Podemos listar os nomes de todas as variáveis (as chaves) de nosso dicionário *smps* com o método *keys()* do dicionário Python: *smps.keys()*. Para conhecer somente os valores guardados nessas variáveis usamos o método *values()*: *smps.values()*. Se queremos saber tudo o que existe no dicionário, usamos o método *items()*: *smps.items()*.

A chave é o nome da variável simples dentro da variável composta; valor é... o valor guardado nessa variável simples. No dicionário *smps* criado acima, as chaves são os índices, os nomes das variáveis simples, que vem antes dos dois pontos (':'); os valores das variáveis vêm depois dos dois pontos.

Depois de criado o dicionário, digamos que queremos saber somente o valor de alguns componentes e depois incluir mais um que não estava listado. Veja a tela Colab a seguir.

```
1 print(smps['D2'])           # valor da variavel 'D2'
2 print(smps['C3'])           # valor da variavel 'C3'
3
4 smps['R1'] = '15K'          # inclui R1 e seu valor no dicionario
5 print(smps['R1'])           # valor da variavel 'R1'
6

FR107
100uF
15K
```

Também podemos remover qualquer item do nosso dicionário com o comando *del* da biblioteca básica do Python:

```
[12] 1 del smps['C1']      # exclui C1 do dicionário
      2 print(smps)        # ver dicionario atualizado

{'Q1': 'MJE13001', 'D1': '1N4007', 'T1': '200mH', 'D2': 'FR107', 'C3': '100uF', 'R1': '15K'}
```

Podemos listar todas as chaves (nomes das variáveis) do nosso dicionário com o laço de repetição *for*, com na tela abaixo. Experimente também: *smpls.values()*. Se formos testar *smpls.items()* com esse laço *for* vamos obter uma lista de tuplas.

```
✓ 0s 1 for i in smpls.keys():
      2     print(i)

Q1
D1
T1
D2
C3
R1
```

Mas, se o método *items()* do dicionário Python nos fornece uma lista de tuplas com os nomes das variáveis e seus valores, podemos então fazer uma iteração direta nessa lista e criar uma nova lista mais inteligível para humanos, utilizando iteradores no laço de repetição *for* da seguinte forma:

```
✓ 0s 1 for k,v in smpls.items():
      2     print(f'{k} é do tipo {v}')

Q1 é do tipo MJE13001
D1 é do tipo 1N4007
T1 é do tipo 200mH
D2 é do tipo FR107
C3 é do tipo 100uF
R1 é do tipo 15K
```

O que temos nesse laço de repetição *for* no *script* acima? Esse laço atribui a cada par de variáveis *k-v* a chave e o valor do par *key-value* (uma tupla) em *smpls.items()*; depois mostra na tela uma listagem com as identificações e os valores dos componentes do circuito da nossa fonte chaveada.

Essa forma do laço *for* nos dicionários é semelhante àquela com *for...enumerate()*, já vista por aqui.

Vamos agora mudar na nossa listagem de componentes o valor do capacitor C3 de 100uF para 470uF. Veja no *script* a seguir que basta indicar junto ao nome do dicionário, a chave (a variável) que queremos mudar e o novo valor dela.

Também mostramos como formatar um texto com dados para a tela com a agora função *print()* do Python. Para formatar um texto dessa forma, inicie o conteúdo da linha que será mostrada na tela, entre os parênteses, com a letra minúscula *f* (de *format*). Coloque tanto o texto quanto os dados trazidos de variáveis dentro de um par de aspas simples; só que esses dados devem ser ainda colocados dentro de chaves '{' e '}'. Importante: essas chaves dentro da função *print()* fazem parte da sintaxe dessa função, não são dicionários!

```
1 smps['C3'] = '470uF'
2
3 for k,v in smps.items():
4     print(f'{k} é do tipo {v}')
```

Q1 é do tipo MJE13001
D1 é do tipo 1N4007
T1 é do tipo 200mH
D2 é do tipo FR107
C3 é do tipo 470uF
R1 é do tipo 15K

Podemos criar listas com os dados nos dicionários passando como parâmetros esses dados para a função *list()* do Python, como podemos na tela seguinte.

```
1 lst_k = list(smps.keys()) # lista de variaveis
2 lst_v = list(smps.values()) # lista de valores
3 lst_i = list(smps.items()) # lista de tuplas com variaveis e valores
4
5 print(lst_k[0]) # primeiro elemento da lista de variaveis
6 print(lst_v[4]) # quinto elemento da lista de valores
7 print(lst_i[-1][0]) # primeiro elemento da ultima tupla.
```

Q1
FR107
C3

Agora, só para brincar com dicionários em Python, vamos criar um novo dicionário ainda com os componentes da nossa fonte chaveada. E criar um texto com as informações que temos nos dois dicionários.

Veja a tela Colab abaixo.

```

[12] 1 smps_2 = { 'Q1': 'NPN Alta Freq.',
2             'D1': 'Retif 700V',
3             'C1': '400V',
4             'T1': 'Toroidal',
5             'D2': 'Retif rapido',
6             'C3': '25V'
7             }
8
9 print(smps_2)

{'Q1': 'NPN Alta Freq.', 'D1': 'Retif 700V', 'C1': '400V', 'T1': 'Toroidal', 'D2': 'Retif rapido', 'C3': '25V'}

1 print(f'0 transistor {list(smps.keys())[0]} tipo {list(smps.values())[0]} é um {list(smps_2.values())[0]}')
0 transistor Q1 tipo MJE13001 é um NPN Alta Freq.

```

Vamos desenhar um *script* um pouco mais interativo? Copie e execute o código na tela a seguir no editor da sua plataforma Colab.

```

[21] 1 dic_1 = dict()      # ou dic_1 = {}
2 lst_1 = list()
3
4 for i in range(4):
5     dic_1['ID'] = input('Componente?: ') # identificacao do componente
6     dic_1['Valor'] = input('Valor?: ')  # valor
7     dic_1['Preço'] = input('Preço?: ')  # preço
8
9     lst_1.append(dic_1.copy())           # adiciona novo dicionario na lista
10    #print(lst_1)

Componente?: q1
Valor?: mjf13001
Preço?: 1.5
Componente?: t1
Valor?: toroide
Preço?: 2.2
Componente?: d2
Valor?: fr107
Preço?: 1.3
Componente?: r3
Valor?: 2k2
Preço?: 0.15

```

Começamos criando um dicionário *dic_1* e uma lista *lst_1* vazios (linhas 1 e 2 no código Python no Colab). Na linha 4 temos um laço *for* que vai pedir ao usuário que entre pelo teclado do PC com 3 informações para somente 4 componentes do circuito: uma identificação para o componente, um valor e um preço – linhas 5, 6 e 7. Essas 3 informações vão ser guardadas nas chaves 'ID', 'Valor' e 'Preço' do dicionário *dic_1*. Portanto o dicionário *dic_1* pode guardar até 3 pares casados de dados para cada componente. Na linha 9 uma cópia desse dicionário *dic_1* vai ser adicionado a lista *lst_1*.

Na última linha do *script* você pode remover o sinal de comentário (*hash* '#') antes da função *print()* e observar na tela como a cada iteração do laço a lista *lst_1* vai aumentando de tamanho.

Só para relembrar como acessar qualquer elemento numa lista Python, vimos isso na parte III dessa série, experimente 'pinçar' uma informação de um componente num dos dicionários da lista *lst_1* testando os comandos da tela Colab a seguir.


```

✓ [31] 1 print(lst_1[0])           # tudo do primeiro componente
      2 print(lst_1[2]['Valor'])    # valor do terceiro componente
      3 print(lst_1[-1]['Preço'])   # preço do ultimo

      {'ID': 'q1', 'Valor': 'mje13001', 'Preço': '1.5'}
      fr107
      0.15

```

Se o leitor observar a lista *lst_1* depois de todas as entradas dos dados dos 4 componentes da fonte chaveada, verá que os quatro dicionários (um para cada componente) lá guardados têm em comum os nomes das chaves: 'ID', 'Valor' e 'Preço'. Somente seus valores são diferentes.

Pensemos: se colocarmos as 3 chaves comuns desses 4 dicionários em 3 colunas, seus valores ficariam em 4 linhas. O que temos aí? Claro: uma matriz bidimensional! Veja na tela abaixo como ficaria essa matriz com os dados nos dicionários da lista *lst_1*.

	ID	Valor	Preço
0	q1	mje13001	1.5
1	t1	toroide	2.2
2	d2	fr107	1.4
3	r3	2k2	0.15

OK, mas *matrizes* e *dataframes* (*datasets*) são temas para um novo artigo inteiro, e vai depender de fazermos importações de algumas bibliotecas para dentro de nosso compilador Python. E é esse o papo a seguir: bibliotecas no Python.

Mas, antes, veja o resumo das principais operações que podemos fazer com os métodos dos dicionários Python, na tabela abaixo.

<i>clear()</i>	remove todos os itens do dicionário	<i># dic_1.clear()</i>
<i>get()</i>	retorna o valor de uma chave no dicionário	<i># dic_1.get('Preço')</i>
<i>items()</i>	retorna uma lista de tuplas com os pares k-v	<i># dic_1.items()</i>
<i>keys()</i>	retorna uma lista das chaves no dicionário	<i># dic_1.keys()</i>
<i>values()</i>	retorna uma lista com os valores no dicionário	<i># dic_1.values()</i>
<i>pop()</i>	remove uma chave do dicionário	<i># dic_1.pop('ID')</i>

Bibliotecas em Python

Antes dos computadores pessoais existiam as calculadoras eletrônicas pessoais. Todo mundo tinha a sua; até relógios digitais de pulso vinham com teclados de calculadoras, umas muito simples, para cálculos básicos, e outras bem especializadas. Para cálculos financeiros tinha a *HP-12C* e para cálculos mais avançados tinha a *HP-41C*, ambas da *Hewlett-Packard*.

Já existiam calculadoras que aceitavam módulos, cartões de memória *ROM*, comprados separadamente para áreas específicas, como química e geologia, que eram inseridos num compartimento próprio na calculadora; da mesma forma como inserimos um módulo USB ao nosso PC hoje. A *TI-59* da *Texas Instruments* era uma dessas calculadoras. Era como trocar cartucho no videogame *Atari 2600*.

Esses cartuchos, ou melhor, módulos, eram bibliotecas que agregavam novas funções à calculadora. Essas bibliotecas eram conjuntos de pequenos programas já prontos voltados para áreas, como dissemos, específicas, e que só podiam ser executados naquele modelo de calculadora.

A linguagem Python aplica esse conceito de bibliotecas. O núcleo do Python já vem com todas as funções básicas como qualquer outra moderna linguagem de programação, mas, no Python, é possível acrescentar novas funções à linguagem através da importação de bibliotecas para dentro do núcleo.

Lá na segunda parte dessa nossa série de artigos já fizemos uso de uma biblioteca Python. Foi a biblioteca *random*, da qual usamos a função *randint()* para gerar os números inteiros das faces de um dado virtual.

A tabela com os componentes eletrônicos da página anterior foi criada com um módulo de uma biblioteca importada chamada *pandas*. Tudo o que fizemos, depois de importar a biblioteca, foi chamar o módulo *DataFrame()* dessa biblioteca e passar para ele a lista *lst_1* com os dicionários que contêm as informações sobre os componentes da fonte chaveada. Fica mais claro vendo a tela Colab abaixo.

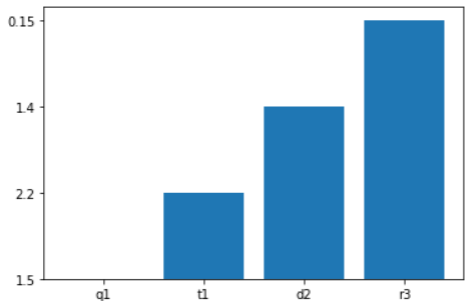
```
[21] 1 import pandas as pd
      2
      3 df_1 = pd.DataFrame(lst_1)
      4 print(df_1)
```

	ID	Valor	Preço
0	q1	mje13001	1.5
1	t1	toroide	2.2
2	d2	fr107	1.4
3	r3	2k2	0.15

Na primeira linha importamos toda a biblioteca *pandas* e a chamamos de *pd*, para simplificar o código. Depois, numa única linha chamamos o módulo *DataFrame()* dentro da biblioteca *pandas* e lhe passamos como parâmetro toda a lista *lst_1*. O resultado guardamos na variável *df_1*, para depois exibi-la na tela.

Vejamos mais uma demonstração de uma das bibliotecas Python, talvez a mais requisitada pelos desenvolvedores Python para gerar gráficos: a biblioteca *matplotlib*. Veja a tela Colab a seguir.

```
[33] 1 import matplotlib.pyplot as plt
      2
      3 plt.bar(df_1['ID'], df_1['Preço'])
      4 plt.show()
      5
```



Na primeira linha importamos como *plt* o módulo *pyplot()* de plotar gráficos da biblioteca *matplotlib*. Depois mandamos plotar na forma de barras, diretamente do dataframe *df_1*, os preços dos componentes. Não se assuste, isso é só uma degustação, todas essas bibliotecas ainda vamos ter a oportunidade de estudá-las mais a fundo nos trabalhos futuros.

Uma biblioteca bastante interessante é a *yfinance*, uma ferramenta de código aberto que permite baixarmos os dados de negociações de preços e volume das ações nas bolsas de valores ao redor do mundo. Esses dados são apanhados diretamente do site da *yahoo!finance*. Se uma biblioteca não faz parte do conjunto padrão da linguagem Python, antes de importá-la precisamos instalá-la no nosso PC. É o caso da biblioteca *yfinance* e grande maioria das bibliotecas de finanças e científicas. Conforme formos avançando em nossos experimentos com Python, iremos mostrar como instalar e importar partes ou toda uma biblioteca para o nosso PC. Veja na tela a seguir como se comportaram os papéis da Petrobras nos primeiros meses deste ano.

```
[13] 1 petr4_df = yfinance.download('PETR4.SA',
      2                             start='2022-01-01',
      3                             end='2022-03-31',
      4                             progress=False,
      5                             )
      6 print(petr4_df.tail())
```

Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume
2022-02-24	34.799999	35.290001	32.680000	33.389999	33.389999	139674100
2022-02-25	33.450001	34.000000	32.900002	34.000000	34.000000	86189100
2022-03-02	35.259998	35.290001	34.389999	34.669998	34.669998	58071800
2022-03-03	34.820000	34.930000	34.160000	34.240002	34.240002	69237400
2022-03-04	0.000000	0.000000	0.000000	34.230000	34.230000	0

Outras duas bibliotecas interessantes são a *Requests* e a *BeautifulSoup*. A primeira nos permite fazer requisições de páginas *web* (documentos *HTML*) diretamente da rede digital mundial, como se fosse um usuário humano comum diante de seu PC. Nesses documentos *HTML* podemos fazer uma “raspagem” (*scraping*) e coletar somente dados importantes de tabelas e textos.

E tudo isso não é nada complicado: veja o *script* na tela abaixo, rodando num outro editor de linguagens: a plataforma *Spider*. Aqui capturamos a principal manchete do portal G1 da Globo, que era a seguinte no dia e hora que rodamos o *script*:



Com o método *get()* da biblioteca *requests* requisitamos na web a página principal do portal G1. Com o método *find()* da biblioteca *BeautifulSoup* encontramos a manchete no documento *HTML* recebido. De posse dessa informação, podemos criar um outro *script-robô* para enviar para nosso *e-mail* a lista de notícias desse portal, digamos, a cada 3 horas.

```
1#!/usr/bin/env python3
2# -*- coding: utf-8 -*-
3
4import requests
5from bs4 import BeautifulSoup
6
7response = requests.get('https://g1.globo.com/')
8content = response.content
9soup = BeautifulSoup(content, 'html.parser')
10
11noticia = soup.find('div', attrs={'class':'feed-post-body-title gui-color-primary gui-color-hover'})
12print(noticia.text)
13
```

```
In [12]: runfile('/home/johnny/Desktop/ANTENNA/MAR_2022/g1_scraping_07mar22.py', wdir='/home/johnny/Desktop/ANTENNA/MAR_2022')
```

```
CENTRAL GLOBONEWS traz tudo da 3ª rodada de negociações entre Rússia e Ucrânia
```

```
In [13]:
```

Também muito interessante é a biblioteca *Scikit-learn*, que é uma coleção de ferramentas para criação de algoritmos para *aprendizado de máquinas (machine learning)*, um ramo da hoje tão propalada *Inteligência Artificial*. Tem grande aplicação no descobrimento de padrões ocultos em grandes volumes de dados, como é o caso de séries históricas de preços de papéis negociados em bolsas de valores.

A lista de bibliotecas para a linguagem Python é imensa, todas disponíveis gratuitamente para desenvolvedores como nós. Aqui vai uma pequena coletânea de algumas das bibliotecas que temos usado bastante.

<i>Pandas</i>	biblioteca para tratamento de grandes volumes de dados
<i>Numpy</i>	para pesquisa em computação científica e cálculos com matrizes
<i>Matplotlib</i>	criação de todo tipo de gráfico 2D ou 3D
<i>Requests</i>	usada para requisições de documentos HTML na web
<i>BeautifulSoup</i>	a mais utilizada em <i>web scraping</i> (coleta de dados na web)
<i>Scipy</i>	para matemáticos e afins, com módulos de álgebra linear e estatística
<i>Scikit-Learn</i>	criação de algoritmos para aprendizado de máquina
<i>Tkinter</i>	conjunto de ferramentas para criação de interfaces gráficas

Links de fontes citadas no artigo:

“*Experimentos com o Arduino*” - ebook do autor, à venda na [Amazon.com.br](https://www.amazon.com.br)

<https://www.youtube.com/watch?v=qaHXlrQFPYk> - montagem da fonte chaveada

<https://www.electro-tech-online.com/threads/oscillator-in-a-simple-smps.158509/> - diagrama

Até breve!

Você sabe o que é h_{fe} , h_{FE} ou β (beta)?

Paulo Brites*

Enquanto trabalho em “novos episódios” para a “segunda temporada” da série **Não Jogue no Lixo** e concluo as aulas do meu [Curso Descomplicando o Osciloscópio com Paulo Brites](#), resolvi, para passar o tempo, escrever sobre alguns assuntos que a minha experiência profissional e o contato com os técnicos, nos últimos mais de 20 anos, têm me mostrado que fazem parte daquelas dúvidas que muita gente que lida com a Eletrônica ainda guarda escondida em suas mentes.

E, diga-se de passagem, não são apenas os iniciantes.

O título deste artigo pode parecer teórico mas, ao longo dele, irei provar que é muito mais prático do que você pode imaginar.

Aliás, gosto sempre de lembrar uma frase atribuída a James Watt, “aquele cara” que dá o nome à unidade de potência – ***Nada é mais prático que uma boa teoria.***

Então, continua comigo e, ao final da leitura, me diga se você se surpreendeu ou não. Esperarei, ansiosamente, nos comentários.

Destrinchando a sopa de letrinhas

Gosto sempre de começar pelo começo, ou seja, pelos “alicerces”, que é a melhor maneira de se construir uma casa, seja ela para morar ou abrigar o conhecimento.

Nas siglas h_{fe} ou h_{FE} a letra **h** vem da palavra híbrido que constitui um conjunto de parâmetros dos transistores chamados de **parâmetros híbridos**.

Não irei me aprofundar neste tema, por enquanto basta saber de onde veio o “h” e estamos conversados.

Em seguida vem o “f” e o “e” que andam sempre juntos, ora como “fe” (minúsculo) ora como “FE” (maiúsculo).

Você certamente já viu o “grandão” (h_{FE}) nos multímetros digitais que tem esta funcionalidade agregada.

***Professor de Matemática e Técnico em Eletrônica**

O “f” e o “e”, não importa se maiúsculo ou minúsculo, são, respectivamente, as iniciais de *forward*, que neste caso nos remete as características de transferência direta, e de *emitter* que você, sabiamente, já desconfiou que deve ser de emissor já que estamos a falar de transistores.

Trocando em miúdos, “fe” ou “FE”, ambos se referem a polarização direta de transistores bipolares (BJT, para o “íntimos”).

Há controvérsias sutis entre autores sobre quando devemos usar letras minúsculas, mas isso não é relevante e podemos considerar, em princípio, como a mesma coisa.

E o β (beta)?

Embora também existam algumas interpretações diferentes sobre o significado desta letra grega, quando nos referimos aos parâmetros dos BJT's, a tendência atual é considerarmos como a mesma coisa que h_{FE} (maiúsculo).

Não vale a pena perder tempo discutindo sobre estas questões semânticas. Sigamos em frente.

Mas, afinal, o que significa tudo isso?

O que interessa mesmo é saber que, seja lá como se escreva, que o tal do “aga efe ê” expressa o ganho de corrente dos BJT's, ou seja, a relação

$$\frac{I_C}{I_b}$$

Como é uma relação entre duas correntes, ela é adimensional.

E qual a importância PRÁTICA de sabermos o valor do h_{FE} ?

Vale dizer que, daqui em diante, irei sempre usar a notação “ h_{FE} ” (maiúsculo) que é a tendência de como este parâmetro vem sendo apresentado nos *data sheets* dos transistores.

A importância de se saber o valor do h_{FE} pode ser vista sob dois aspectos: teórico, no desenvolvimento de projetos, e prático, ou seja, na reparação de equipamentos.

Neste artigo, irei abordar apenas o lado prático e tentar mostrar **se, e quando, vale a pena nos preocuparmos** em medir o h_{FE} de um transistor usando para tal a funcionalidade oferecida por muitas marcas e modelos de multímetros digitais.

Sob o ponto de vista didático eu diria que sim, vale a pena, entretanto, como medida auxiliar à análise de transistores em uma reparação, devo confessar que, de uns tempos para cá, passei a ser um tanto cético quanto ao resultado obtido e já explicarei por quê.

A primeira coisa que me chamou a atenção é o fato dos soquetes dos multímetros para encaixar o transistor, cujo h_{FE} pretendemos medir, não nos permitirem encaixar transistores “grandes”, ou seja, de potência com encapsulamentos TO3, TO247 ou TO220, para citar alguns exemplos.

Por que esta “transistorfobia” dos DMM's na hora de medir h_{FE} de transistores grandes?

A razão desta “discriminação” com esses transistores é simples. Basta entender como os DMM “medem” o h_{FE} .

Já, já, irei explicar qual é a “mágica” para medir h_{FE} em multímetros digitais. Antes, porém, quero mencionar mais um ponto do meu ceticismo sobre o assunto.

Comecei a reparar que os DMM's top de linha e, portanto, mais caros, não oferecem essa funcionalidade. Só encontramos o soquete para inserir alguns tipos de BJT a fim de medir o h_{FE} nos modelos de baixo ou médio custo, que eu chamo de multímetros X-Tudo, numa alusão àqueles sandubas “pró colesterol” das barraquinhas de *fast food*.

A “mágica” dos DMM's para medir h_{FE}

Começemos analisando o soquete, mostrado na fig.1, onde será encaixado o transistor para medir o h_{FE} .

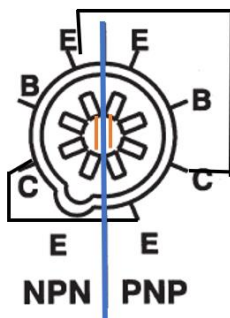


Fig. 1 – Soquete para medir h_{FE}

Seja no formato circular ou linear, a interligação dos terminais será a mesma como vemos na fig.1.

Tanto do lado NPN como PNP temos dois terminais para emissor ligados entre si (linha vermelha) para permitir encaixar o transistor da melhor forma possível dependendo da posição da Base e do Coletor.

Agora vem a parte mais interessante. Repare que o terminal para o coletor de um tipo de transistor vai ligado ao terminal do emissor do outro tipo, como se vê na fig.2.

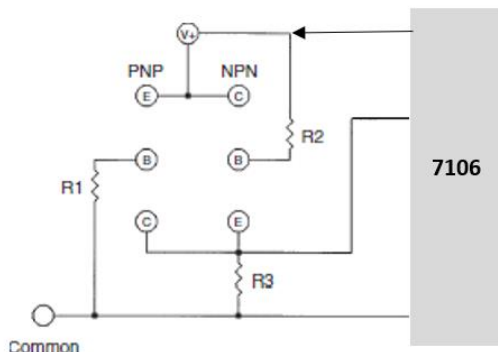


Fig.2 - Digrma mostrando o circuito para leitura do h_{FE} DMM's

Em resumo, temos o coletor do NPN ligado ao emissor do PNP e vice-versa.

Você deve estar querendo saber como eu sei isso. Simples. De duas maneiras.

A primeira foi examinando o [manual do Kit ELENCO M-1007K](#) (fig.3) onde podemos encontrar várias explicações interessantes e, dentre elas, o diagrama da fig.2.



Fig. 3 – DMM ELENCO M-1007 K – Qualquer semelhança com o DT-830B e outros similares NÃO é mera coincidência.

A outra maneira foi desmontado o Hikari HM-100, que, “por coincidência”, é igual ao ELENCO M-1007 (e tantos outros por aí) e fazendo medidas de continuidade no soquete.

Aproveitei para fazer uma “extensão” deste soquete, como mostro na Fig.4, e, assim, poder realizar algumas medidas e tirar conclusões, que serão **mostradas num vídeo do meu canal no Youtube**.

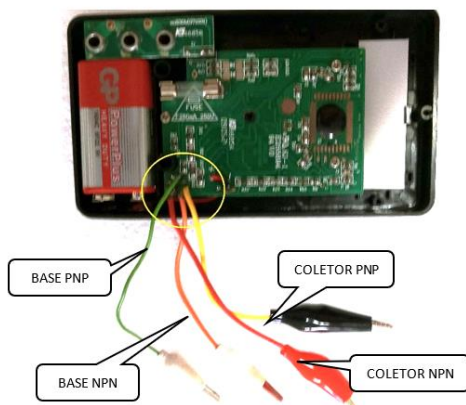


Fig. 4 – Extensão do conector para medir h_{FE}

Voltando ao diagrama da fig.2, pode-se perceber facilmente por que o terminal de emissor do NPN vai ligado ao terminal de coletor do PNP e vice-versa. Basta lembrar que a polarização do NPN é invertida em relação ao PNP.

Analisemos, com auxílio da fig.5, como é feita a determinação do h_{FE} para um transistor NPN.

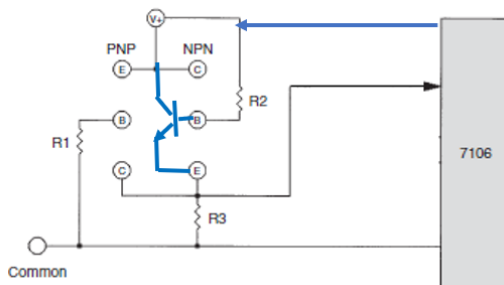


Fig. 5 – Leitura do h_{FE} para um transistor NPN

- 1) R_2 conectado ao $+V = 3V$ proveniente do 7106 que irá polarizar a base;
- 2) A tensão sobre R_3 vai ao 7106;
- 3) O valor de R_1 ou R_2 é calculado de modo a produzir uma corrente de base de $10\mu A = 0,01mA$;

- 4) O valor de R_3 é 10Ω , assim a queda de tensão sobre ele medida pelo 7106 vai corresponder diretamente a relação $(I_c \div I_b) = h_{FE}$.

Em outras palavras, o 7106 vai medir os milivolts que aparecerão sobre R_3 e o valor indicado “corresponderá” ao h_{FE} .

Mas essa “mágica” vai funcionar com qualquer transistor? Tem alguns truques que o mágico não faz porque sabe que, na hora H, nenhum coelho vai sair da cartola e os “us” das vaias irão substituir os “ós” da surpresa.

No caso dos DMM, os fabricantes sabem que não vai dar para medir o h_{FE} de um transistor de potência usando uma corrente de base de $10\mu A$ para excitar estes transistores.

A saída (ou esperteza), é colocar um soquete no qual não seja possível encaixar transistores “grandões” e não se fala no assunto. Simples assim!

Entenderam a razão do meu ceticismo em relação a esta funcionalidade oferecida nos multímetros digitais “x-tudo”?

Então a função h_{FE} nos DMM's não serve para nada?

Calma aí, eu não disse isso. Não ponha palavras na minha boca. O que eu mostrei e provei é que a medida de h_{FE} nos DMM's fica restrita a transistores “pequenos”, praticamente os de encapsulamento TO-92, por exemplo.

E qual o interesse em medir o h_{FE} ?

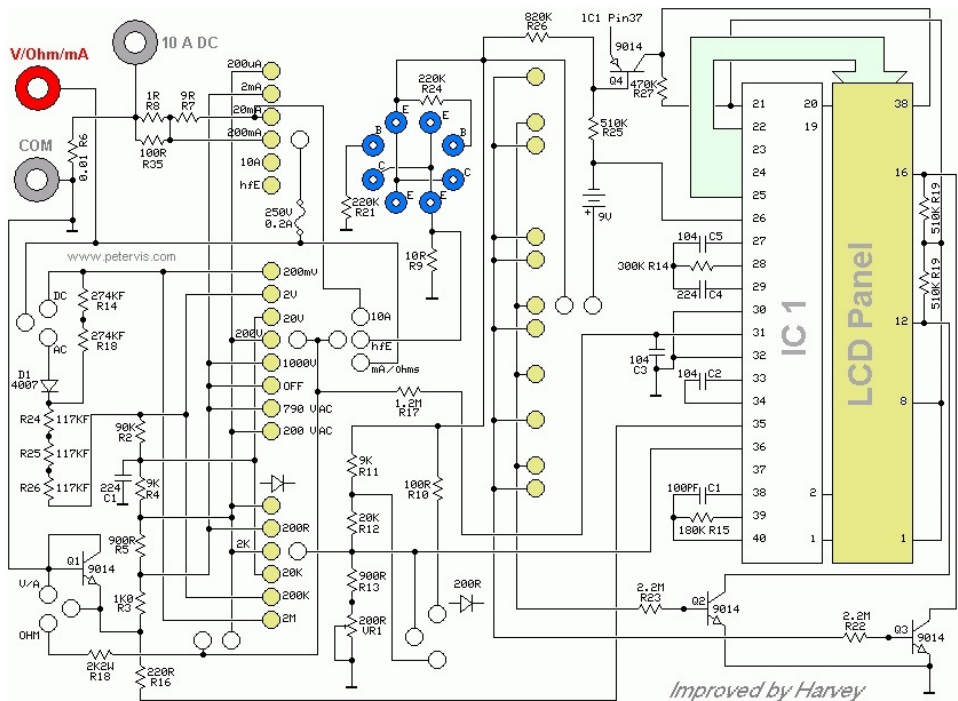
Falando sob o ponto de vista da reparação, a meu ver, o interesse seria poder selecionar pares casados de transistores e, neste caso, interessa saber apenas os valores relativos do h_{FE} .

Digo isso porque encontraremos valores de h_{FE} diferentes para um mesmo transistor quando medido em outros DMM's que utilizem outras configurações do circuito.

Em resumo, sabendo usar e interpretar os resultados, a funcionalidade pode ter alguma serventia, mas não coloque a mão no fogo pelo resultado encontrado, porque você poderá se queimar.

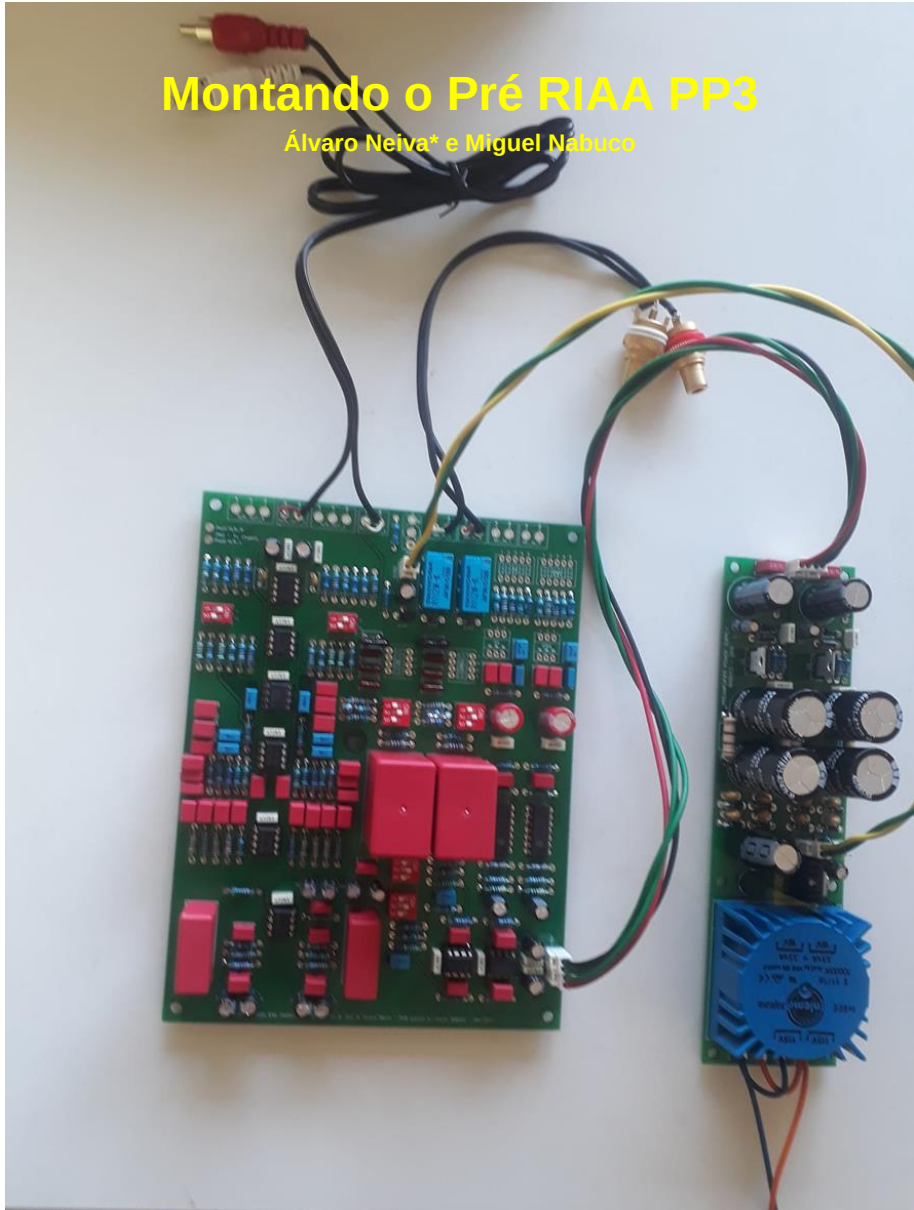
Como dizem os comerciais, use com moderação e, se os sintomas persistirem, procure um médico ou, neste caso, um medidor de h_{FE} “verdadeiro”.

Abaixo, podemos ver o diagrama esquemático do multímetro DT830B, que, como o Elenco M-1007K, é baseado no mesmo circuito de vários outros instrumentos de baixo custo do mercado, com seu medidor de h_{FE} .



Montando o Pré RIAA PP3

Álvaro Neiva* e Miguel Nabuco



O Miguel Nabuco desenvolveu uma PCI para o projeto PP3, que foi apresentado na edição de setembro de 2021, mas acrescentando um estágio pré-pré-amplificador para cápsulas de bobina móvel (Moving Coil ou MC), proposto por D. Self na ref. [1].

***Engenheiro Eletricista**

O pré-amplificador para cápsula fonocaptora magnética, completo, teria saídas balanceadas XLR e desbalanceadas RCA (fig. 1).



São usadas chaves DIP para escolher entre diversas alternativas de impedância de carga para as cápsulas e valores de ganho das duas etapas do pré-amplificador (MC e MM).

Uma vez montado, com os valores de projeto ajustados na simulação no LTSpice, e usando componentes selecionados, iniciamos nossa verificação de desempenho pela resposta em frequência, medida através do software **Crosslite+**:

Ganho especificado a 1kHz: 40dB

Ganho medido: 40,5dB

Tensão de offset nas saídas, em módulo (acopladas para CC): <5mV

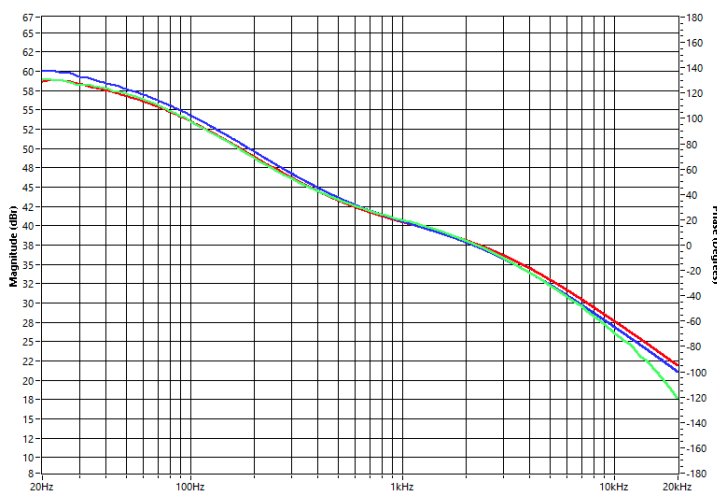


Fig. 2

Em azul, a curva padrão, ajustada para o ganho medido de 40,5dB @ 1kHz, em verde, a resposta medida com o pré ESP P06 original e, em vermelho, o circuito proposto.

As primeiras alterações (sempre repetidas para o outro canal, com os componentes de numeração R1XX ou C1XX no lugar de RXX ou CXX):

- Ajustar o atenuador em L formado por R27, R29, R30, R31, C28, C29, C31, que atua na região próxima a 50Hz, onde há atenuação em excesso;
- Reduzir o valor da associação formada por C28, C29, C31 para aumentar a frequência onde começa a atenuação;
- Aumentar o valor de R29 e R30, para ajustar o ganho em 1kHz e começar a ajustar o ganho acima desta frequência, reajustando ao mesmo tempo a queda em 50Hz;
- Ajustar o resistor R16 para 10k Ω , valor com que havia simulado, mas esquecido de trocar na lista de material (ops...).

Segunda etapa de ajustes:

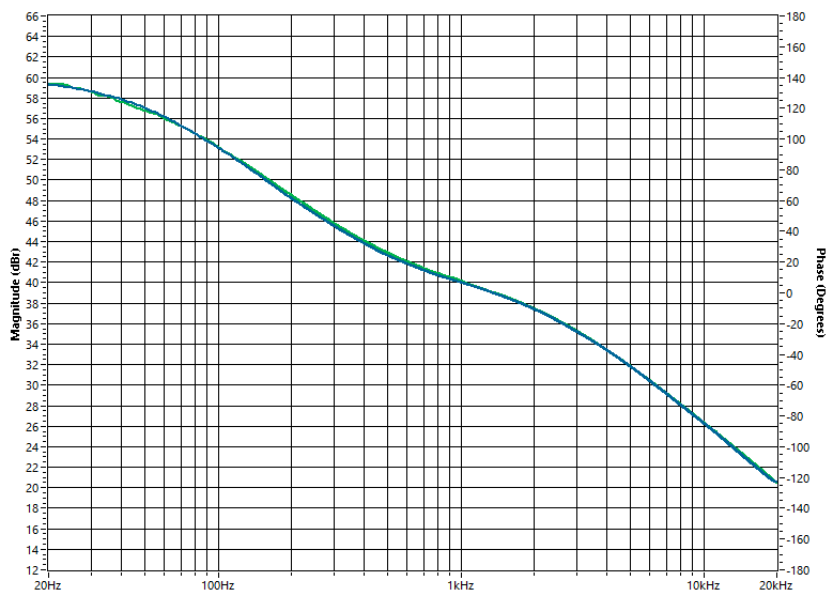


Fig. 3

Gráfico de erro em função da frequência, entre 20Hz e 20kHz:

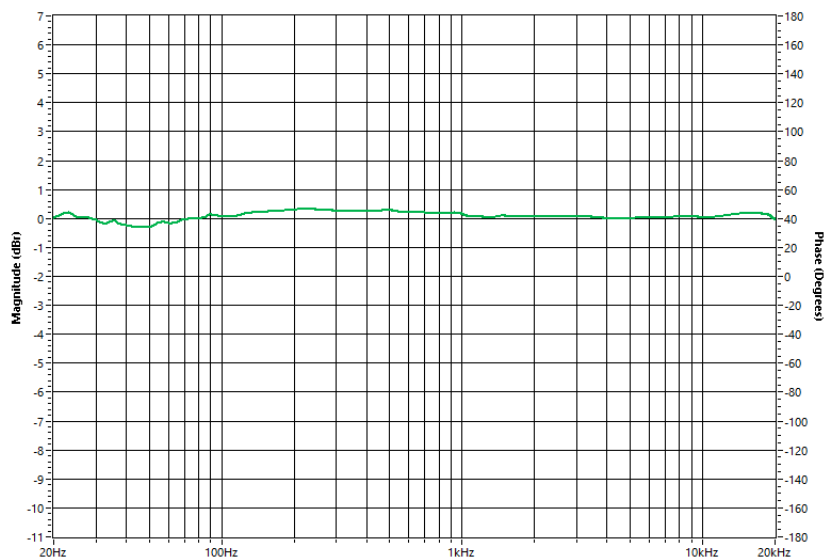


Fig. 4

Um resultado muito bom, $\pm 0.3\text{dB}$, no máximo.

Passamos, então, a investigar a resposta no tempo, procurando determinar a máxima tensão de saída em função da frequência.

Ao usar dois estágios com ganho independente da frequência e um equalizador passivo, uma dificuldade é evitar o ceifamento de sinal ou clipping em qualquer uma das duas, e equilibrar essa necessidade com a de ter o máximo de ganho, no primeiro estágio de amplificação, antes da atenuação.

Comecei a observar a máxima tensão de saída e concluí que não conseguiria mais que $1V_{rms}$ a 20kHz.

De fato, bastariam uns $90mV_{rms}$ para chegar ao limite do estágio de entrada em qualquer frequência, com cerca de $10V_{rms}$ de excursão do sinal. A partir daí, o comportamento do pré-amplificador vai depender da atenuação da rede de equalização e do ganho do segundo estágio.

A 1kHz, a atenuação da rede é cerca de 20dB e teremos 1V na entrada do segundo estágio e de novo 10V na saída.

O valor típico de saída das cápsulas é da ordem de $5mV_{rms}$ a $10mV_{rms}$ na frequência de 1kHz, o que cria uma margem de segurança de $90/5 = 18$ vezes ou $20\log(18)=25dB$ a $90/10=9$ ou $20\log(9)=19dB$, no mínimo.

A 20kHz, porém, os 10V serão reduzidos a 0,1V e teremos 1V na saída do segundo estágio. Não é possível aumentar o nível de entrada mais que 90mV. Usar os $\pm 16,5V$ de alimentação pode resolver isso, levando o limite para uns $100mV_{rms}$.

Mas mudar a distribuição de ganho entre os dois estágios, mesmo que sacrificando 1dB de relação Sinal/Ruído, também pode resolver essa questão sem nenhum sacrifício na confiabilidade e usando uma tensão de alimentação bastante padronizada...

Vamos adotar essa solução. Para isso, reduziremos o resistor de realimentação do primeiro estágio de $39k\Omega$ para $18k\Omega$ e aumentaremos de $5.1k\Omega$ para $13k\Omega$ o resistor de realimentação do segundo estágio.

Uma razão é que podemos ter que lidar com cápsulas de bobina móvel (MC ou Moving Coil) com saída mais elevada, e um ganho menor na primeira etapa do pré-amplificador vai deixar uma margem de segurança maior, facilitando o ajuste de ganho.

Ops, Ruído no opamp integrador...

Observamos um ruído curioso no teste auditivo, antes da terceira etapa de ajustes... uma movimentação suave do falante, claramente subsônico, que gerava um sopro suave e irregular... provavelmente no duto de sintonia da caixa, mesmo com o toca-discos desconectado e apenas no canal direito... uma tarefa para o osciloscópio...

Canal R defeituoso:

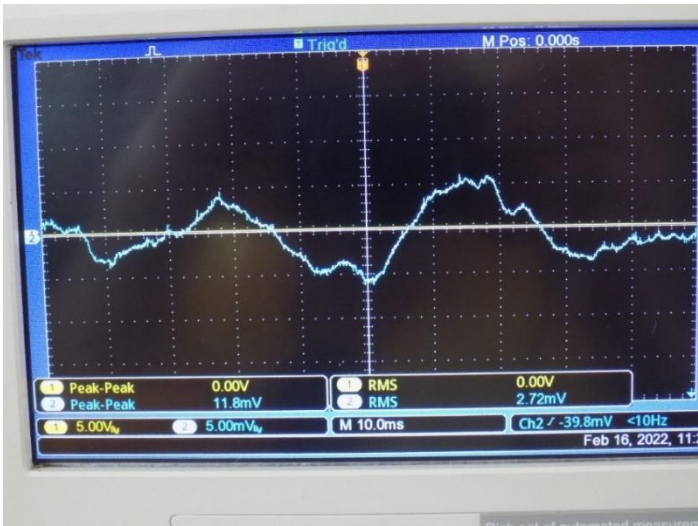


Fig. 5

Claramente do tipo $1/f$ (ruído rosa).

Canal L :

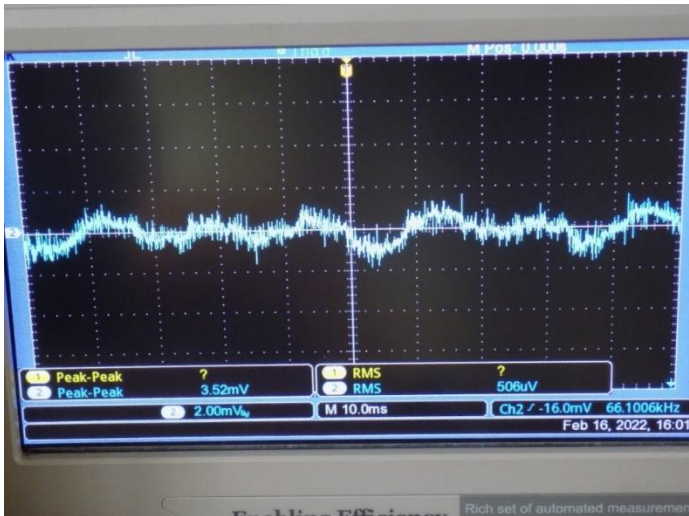


Fig. 6

Suspeitamos do CI TL082 (opamp), usado no integrador que cancela o offset do último estágio de amplificação. Um integrador tem altíssimo ganho em CC e frequências muito baixas.

Fizemos a sua substituição por outro igual e conseguimos este resultado.

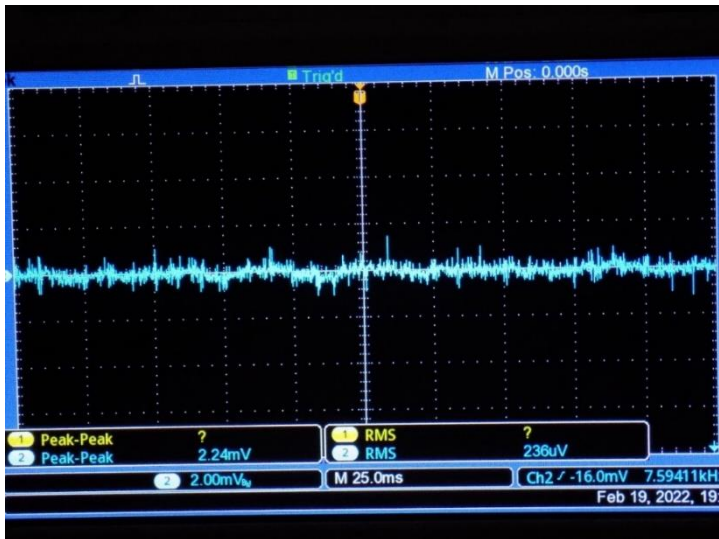


Fig. 7, após substituição do TL082 por outro.

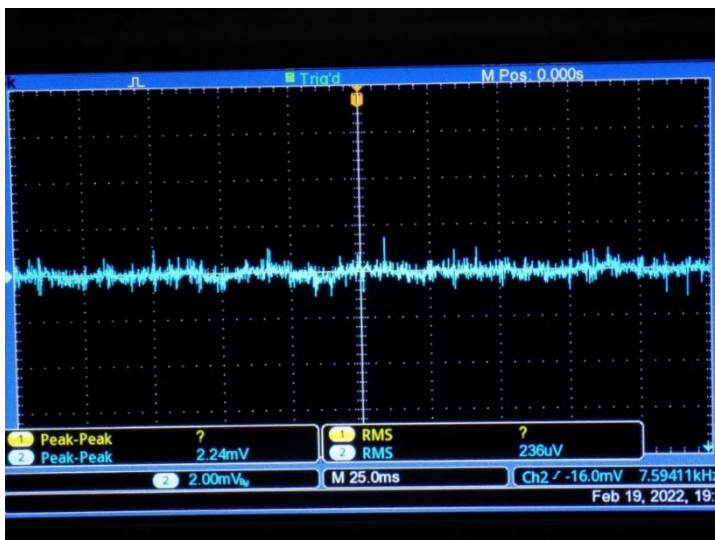


Fig. 8

A tensão de offset ficou entre +1mV e -1mV.

Experimentando um OPA2134 como integrador...

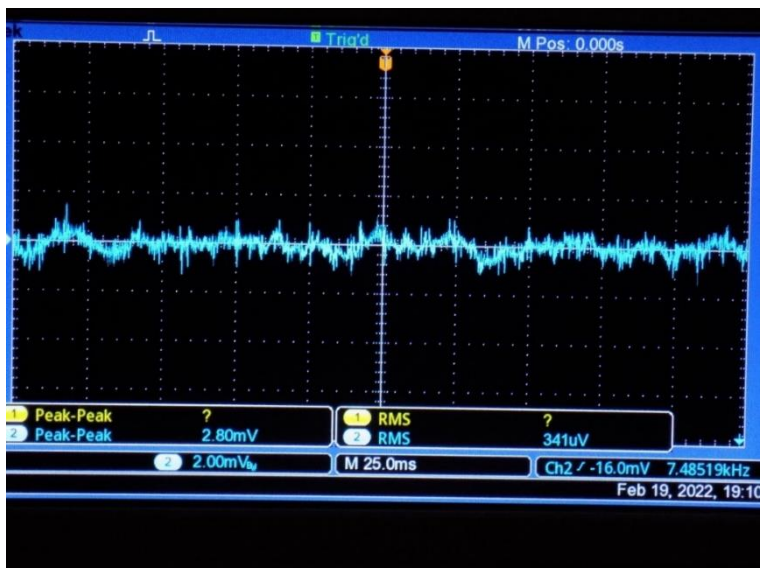


Fig. 9, um canal

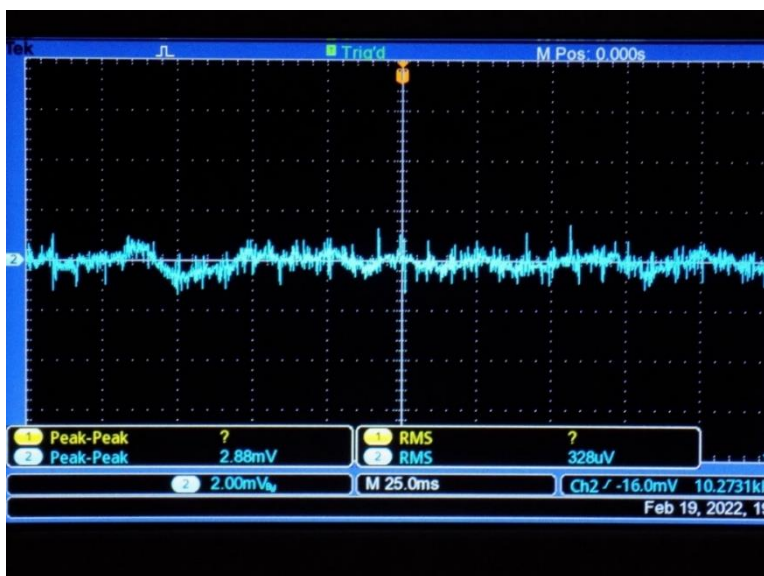


Fig. 10, outro canal.

Nenhuma vantagem, na verdade o valor rms do ruído subiu... isso me levou a manter o TL082, ou ADTL082, apesar do offset CC ter caído para menos que $\pm 1\text{mV}$ com o OPA2134...

Terceira etapa de ajustes. Mudei a distribuição de ganho entre as etapas.

Medidas feitas com o software **CrossLite+**

Medindo distorção + ruído (THD+N) @ 1kHz, com 1,5V_{rms} de saída.



Fig. 11

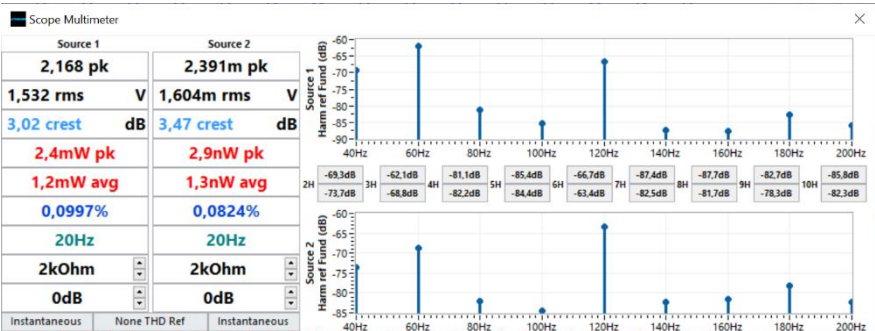


Fig. 12

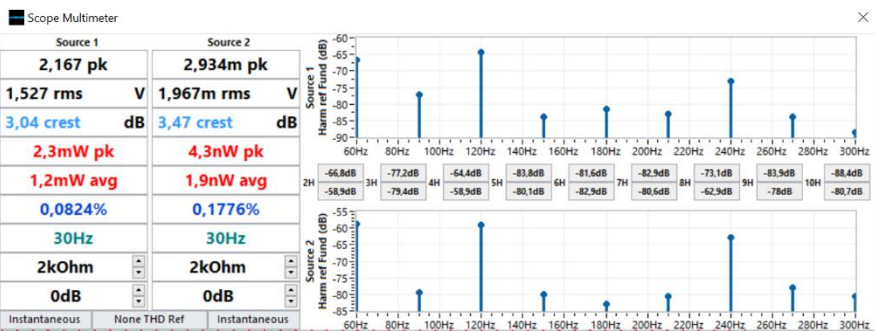


Fig. 13

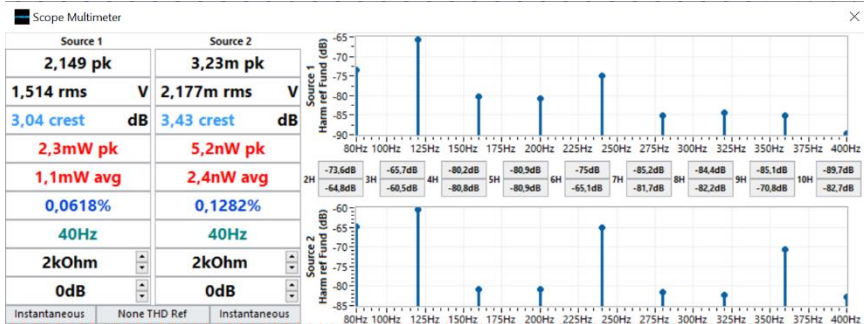


Fig. 14

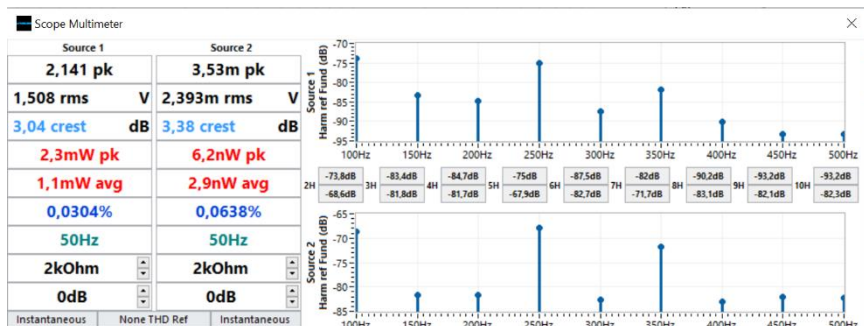


Fig. 15

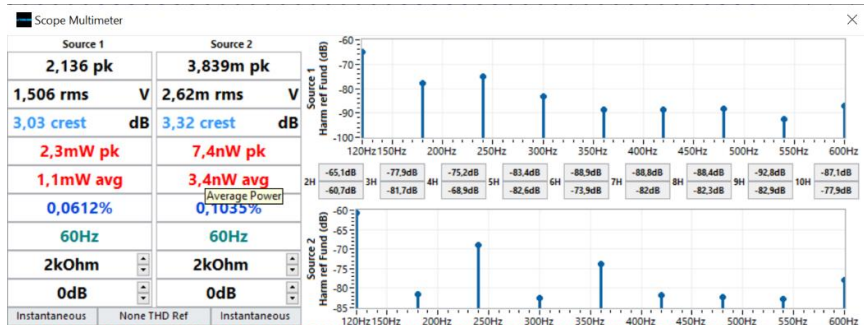


Fig. 16

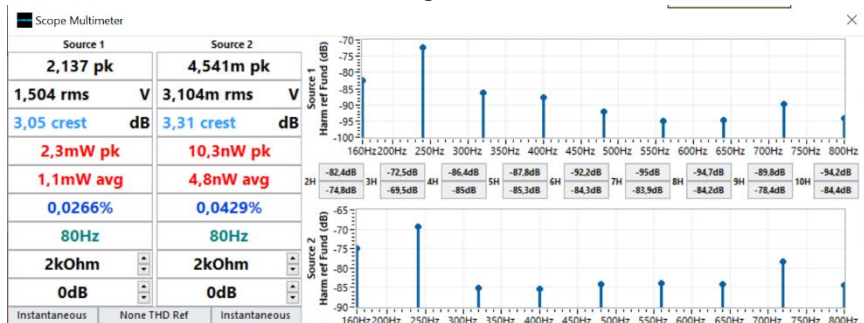


Fig. 17

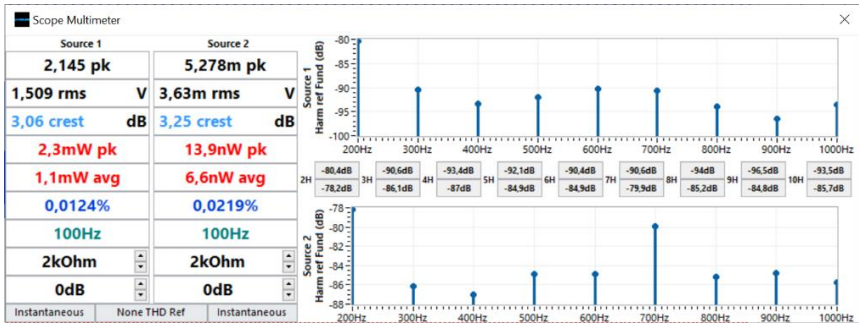


Fig. 18

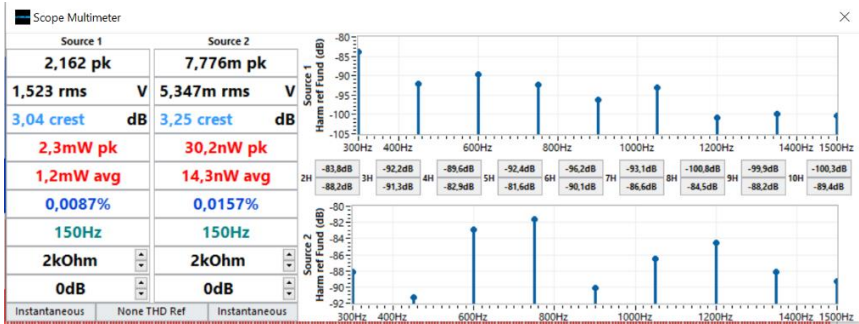


Fig. 19

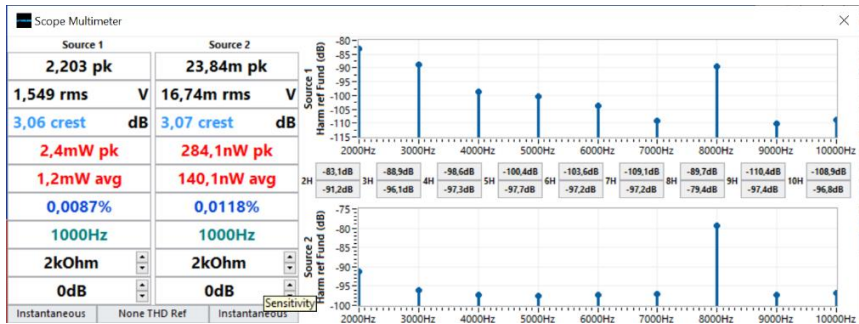


Fig. 20

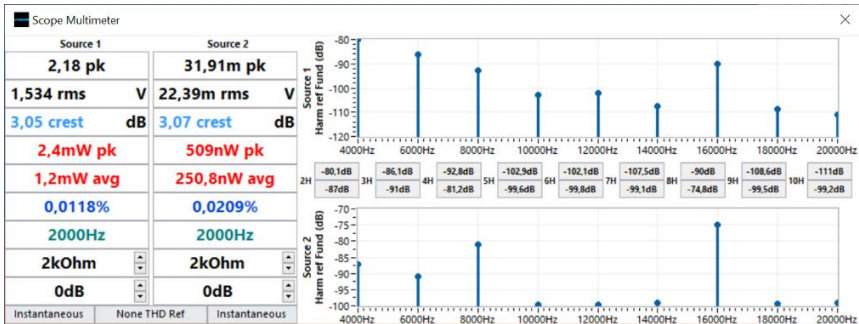
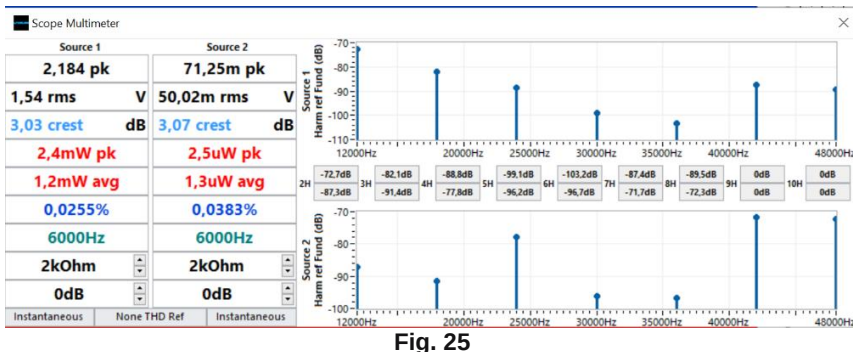
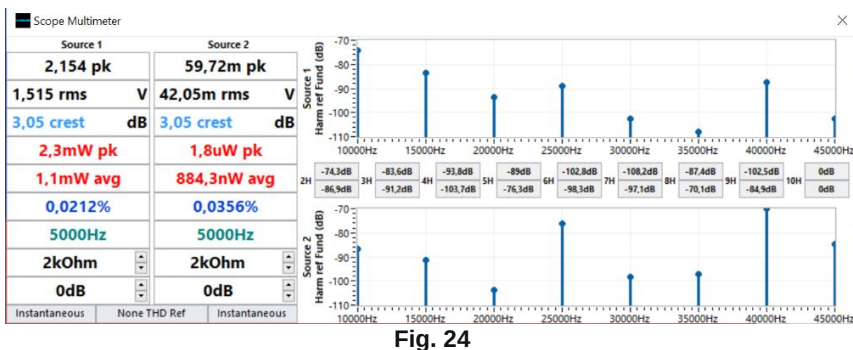
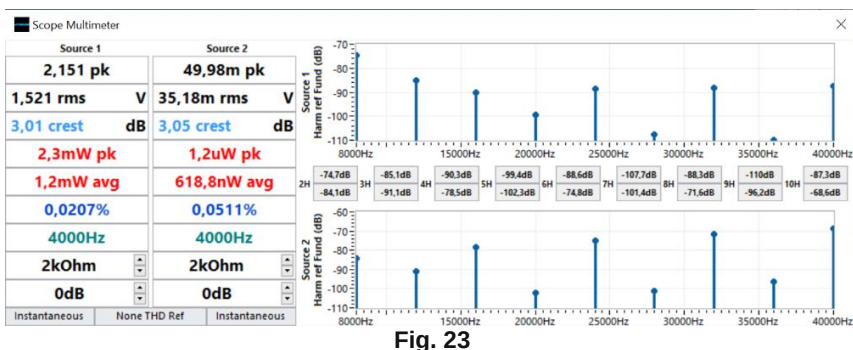
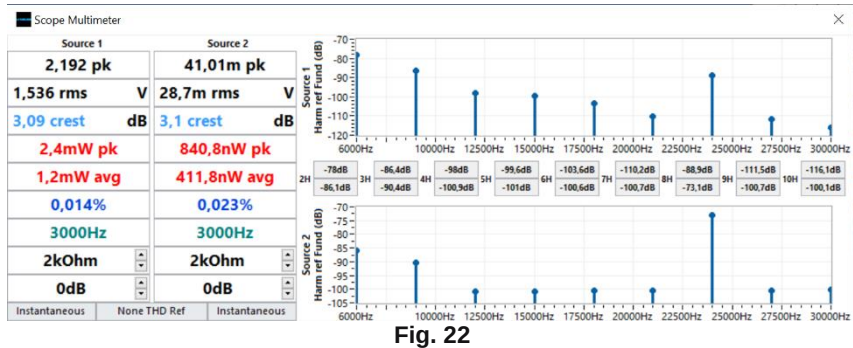


Fig. 21



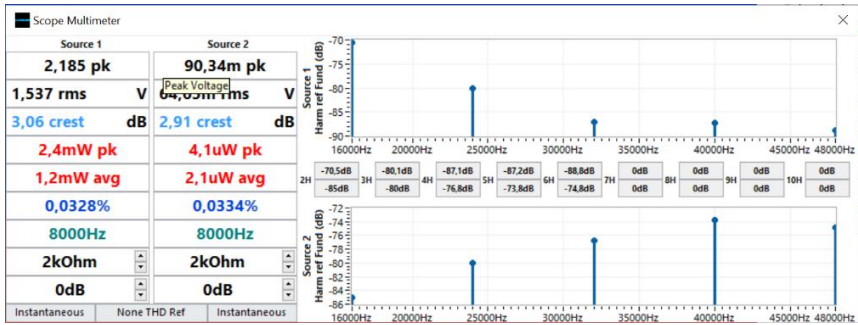


Fig. 26



Fig. 27

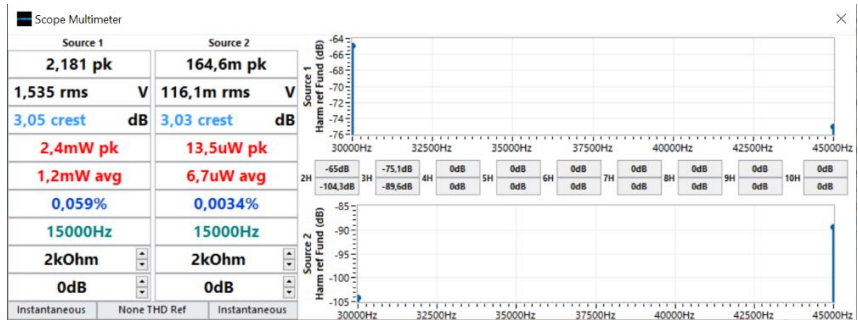


Fig. 28

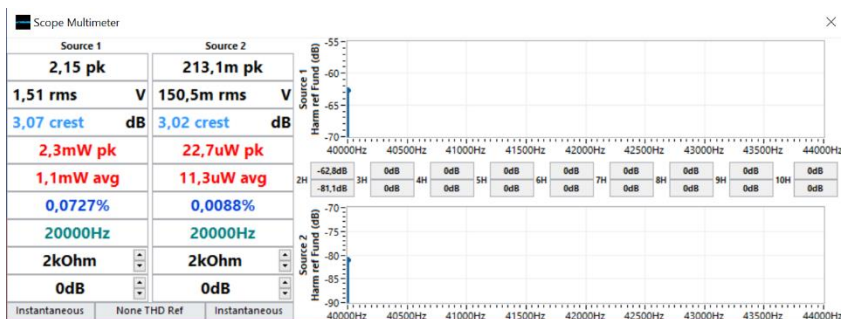


Fig. 29

Diagrama final

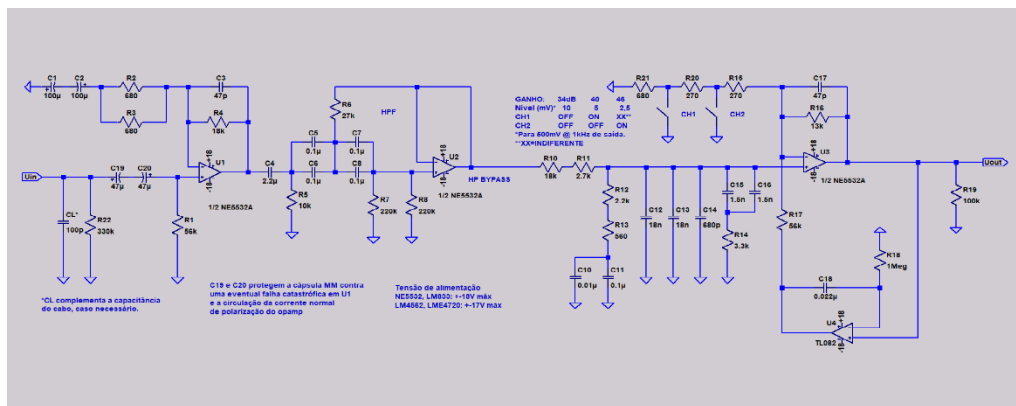


Fig. 30

Em vermelho o canal direito.

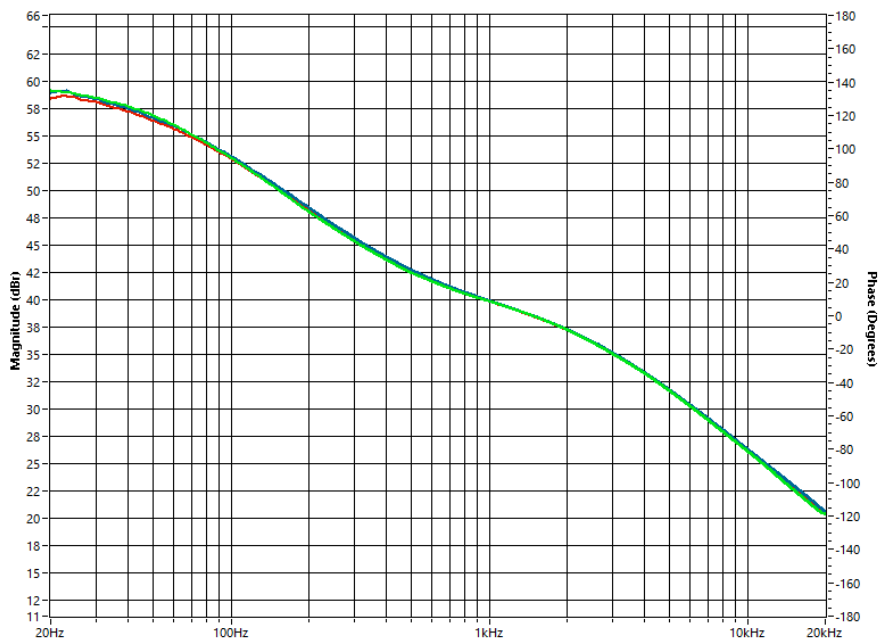


Fig. 31

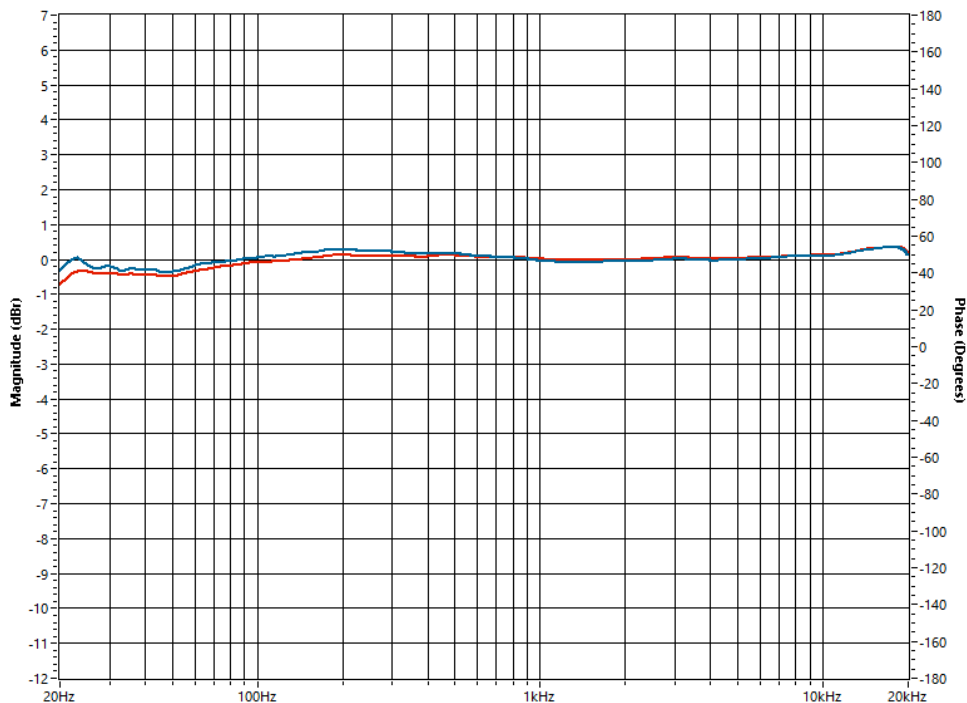


Fig. 32

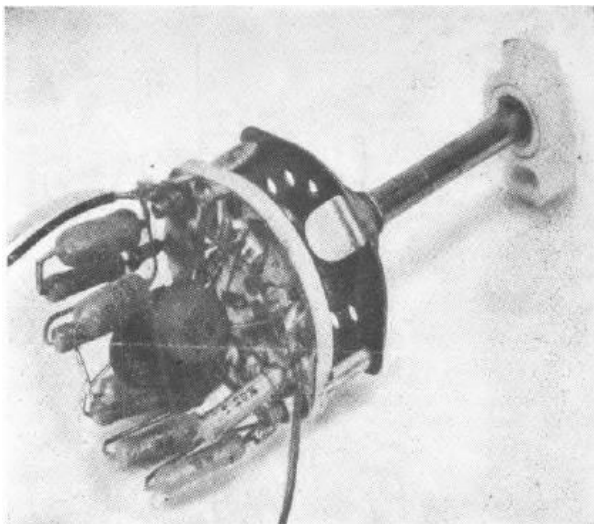
A continuar no próximo número...

Referências

1. Self, Douglas. **Small Signal Audio Design** 1st ed. Focal Press; 2010.
2. Bohn, Dennis, editor. **AUDIO HANDBOOK** 1st ed. National Semiconductor Corporation; 1976.
3. Holman, Tomlinson. **AUDIO**, "Dynamic Range Requirements of Phonographic Preamplifiers", July 1977.
4. Tomer, Robert B. ; **Getting The Most Out of Vacuum Tubes**, 1st ed. Howard W. Sams & Co. Inc.; 1960.
5. 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.
6. 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).
7. 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).
8. Maloberti, Franco; Davies, Anthony C.; **A Short History of Circuits and Systems**. River Publishers, 2016.© IEEE 2016.
9. Kuo, Frank F., **Network Analysis and Synthesis**, John Wiley & Sons, 1966.

O controle de audibilidade descrito neste artigo foi todo montado em torno da chave seletora, permitindo ligações curtas e diretas.

Nota da Edição: Esta é uma reedição do excelente artigo de agosto de 1962, sobre o "loudness", que mostra a importância da compensação do volume em baixos níveis de audição, assunto que continua atual, após 60 anos da publicação. O texto foi modernizado para as regras gramaticais atuais. Boa leitura!



O CONTROLE DE AUDIBILIDADE ... trocado em miúdos

Uma explicação completa e acessível sobre o controle de audibilidade, modo de calculá-lo e dados práticos para a sua construção, utilizando componentes comuns, de fácil aquisição no Brasil.

Por **OSWALDO DE ALBUQUERQUE LIMA** Especial para "Antena"

Muitas vezes, no decorrer destes últimos anos, tenho tido vontade de escrever alguma coisa para esclarecer esse nebuloso assunto de controles de audibilidade. Mas, sempre que me dispunha a fazê-lo, lembrava-me de uma história que li, quando moço, num livro de Mendes Fradique, pseudônimo do Dr. Madeira de Freitas), já não me recordo se na "História do Brasil pelo Método Confuso" ou se na "Lógica do Absurdo". Seja qual for o livro, entretanto, o que interessa ao caso é que o autor (M. F.) começava a descrever a lenda do dilúvio universal, misturando personagens bíblicos com figuras da atualidade, e a certa altura tinha-se metido numa barafunda tão grande que se confessava incapaz de terminar a história, pedindo ao leitor complacente que o fizesse.

Pois bem; este seu amigo se encontra numa situação semelhante, talvez com a diferença que mais ou menos sabe como terminar a história (ao menos por enquanto...), mas positivamente não sabe como começá-la. Assim, parodiando o velho Mendes Fradique, peço ao meu eventual e tolerante leitor que a comece, comprometendo-me eu a terminá-la, ainda que mal.

Bem. Já que a coisa está mesmo aí, não adianta usar de subterfúgios, e o melhor é mesmo tratar de pegar o boi pelos chifres, antes que ele nos derrube outra vez.

Agora, aqui entre nós, estou para ver uma coisa tão enrolada. É fácil percebê-la pelo "ouvidômetro", mas bem difícil explicá-la numa linguagem que seja mais ou menos inteligível.

Enfim, vamos à luta.

ONDE SE ESCONDEM OS GRAVES

Todo mundo que tenha um ouvido mais ou menos desentupido deve ter notado que, quando se reduz bastante o volume no alto-falante, tem-se a impressão de que os graves sumiram. Para onde foram eles? Eis a questão.

O que se passa, na realidade, é que eles só desapareceram do nosso ouvido. No amplificador e no alto-falante eles estão todinhos, tal como antes de se reduzir o volume.

Que aconteceu então?

Aconteceu que nosso ouvido não é igualmente sensível para todos os níveis de volume, e além disso sua sensibilidade varia com a frequência. Por isso é que, ouvindo em baixo volume, não podemos perceber as notas graves.

Então já está respondida a primeira pergunta — que aliás ainda não fiz. (Bem que avisei que o leitor é quem deveria começar a história...)

Bom. A primeira pergunta é:

"Por que é preciso compensar?"

Resposta:

"Porque o ouvido humano não é igualmente sensível aos vários níveis de audição, e sua sensibilidade varia não linearmente com a frequência."

Está claro isso? (Meu Deus, espero que sim!)

NÍVEIS X AUDIÇÃO

Já que falamos em nível, é bom que se esclareça também o que estamos entendendo como tal. Todos nós mais ou menos nos acostumamos a raciocinar em termos de níveis elétricos. Mas agora, o que nos interessa são os níveis "percebidos", isto é, a sensação de volume sonoro experimentada pelo ouvido. Acontece que este nosso órgão fisiológico não se comporta propriamente como um voltímetro.

Quando eu estava no ginásio, aprendi uma coisa que, na época, me pareceu muito bonita e muito sonora — as leis "psicofísicas de Fletcher". Se a memória não me falha, creio que elas ensinavam que "a sensação cresce com o logaritmo da excitação" (bacana, não?).

NÍVEL	RUIDO
0 dB	— Limiar da sensação de audição. (Referência).
26 dB	— Nível de ruído em um jardim muito quieto, em Londres.
30 dB	— Ruído de uma casa de campo muito sossegada.
40 dB	— Ruído de uma casa média (apartamento? Duvido).
55 dB	— Ruído de um escritório médio.
70 dB	— Ruído de um automóvel comum, a 4,5 metros de distância.
80 dB	— Ruído de um caminhão comum, a 4,5 metros de distância.
92 dB	— Urro do leão, no jardim zoológico de Bronx, a 5,4 metros de distância. (Medido do lado de fora da jaula, é claro!)
93 dB	— Ponto mais barulhento nas Cataratas do Niágara.
101 dB	— Ruído de uma estação subterrânea de metropolitano, com um trem expresso passando.
110 dB	— Ruído da casa das caldeiras de uma usina termelétrica.

TABELA 1 — Níveis correspondentes a vários ruídos que nos são familiares.

Por aí já podemos desconfiar que nosso ouvido é um medidor que tem uma escala logarítmica, dependendo da excitação que recebe.

Como, através de muitos anos de deformação profissional, adquirimos o mau hábito de ver as coisas expressas em forma de curvas ou tabelas, em vez de vê-las como realmente são, vou pedir ao leitor que dê uma olhadela na Fig. 1.

Na escala vertical estão os "níveis", expressos em decibels (dB). Na escala horizontal (logarítmica), estão as frequências, expressas em ciclos e quilociclos por segundo.

Uma palavrinha sobre o que entendemos por "nível", quando se está falando da sensação da audição. Para que seja possível fazer comparações, a frequência de referência para os vários níveis é sempre de 1 000 ciclos por segundo.

Notarão os que se deram ao trabalho de olhar para a Fig. 1 que, em 1 000 ciclos por segundo, as curvas A, B e C guardam uma distância constante umas das outras. Em nosso exemplo, para maior simplicidade, essa distância mede intervalos de 20 dB. Ao mesmo tempo, vemos que na região das frequências baixas essas distâncias são muito menores, ao passo que na região das frequências altas elas se mantêm praticamente constantes.

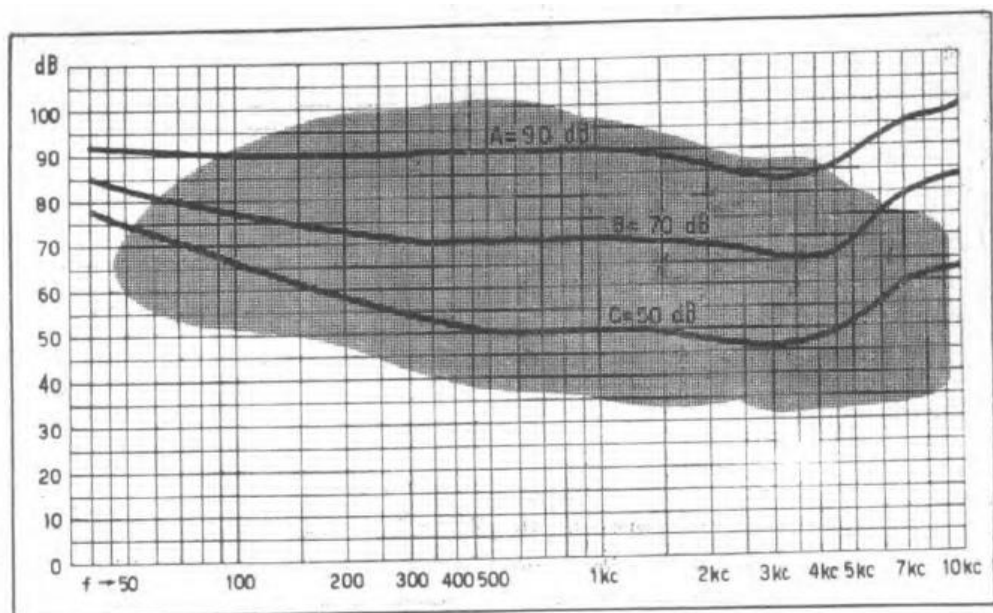


Fig. 1 — Curvas de Fletcher-Munson para os níveis de 50, 70 e 93 dB. A zona sombreada representa a gama dinâmica de uma orquestra sinfônica.

Então, falando em termos de sensação, dizer que um nível é de 50 dB significa que ele exprime uma certa intensidade sonora na frequência de 1 000 ciclos por segundo, e somente nessa frequência.

Agora, como foram estabelecidos esses "níveis"?

Definindo-se 1 dB como "a menor diferença de intensidade sonora que o ouvido humano pode perceber", o nível zero dB marca o limiar da sensação acústica, isto é, o som mais débil que o ouvido humano pode perceber em 1 000 ciclos por segundo.

Tudo isso é meio enrolado, não é? Eu também acho.

Bem. Para que possamos nos situar, a Tabela 1 nos oferece um termo de comparação com alguns volumes sonoros que nos são familiares.

Essa Tabela foi adaptada de uma encontrada num livro de Pender & McIlwain, o "Electrical Engineers' Handbook", 3.a edição, Cap. 9-24. A mesma tabela, com pequenas variações, poderá ser encontrada na maioria dos livros de texto.

Com essa tabela já podemos ter uma ideia concreta do que sejam alguns níveis sonoros. Isso vai nos orientar bastante, como adiante vão ver.

A Fig. 1 ainda nos mostra algumas coisas interessantes. É que nela superpusemos uma zona sombreada, que marca a região ocupada por todos os níveis sonoros, em todas as frequências até 10 kc, que podem ser esperados em um concerto sinfônico. É pena que os autores que nos serviram de ponto de apoio para a construção dessa região da Fig. 1 não disseram em que lugar do teatro ou da orquestra foram feitas as medidas. Suponho que eles as fizeram na posição em que normalmente fica o Maestro, mas é uma simples suposição. Enfim, acho que isso não vai fazer grande diferença, Basta que compreendamos que, ao nos afastarmos da orquestra, os níveis serão proporcionalmente menores.

Ora, do exame da região sombreada da Fig. 1 vemos logo que a faixa dinâmica de uma orquestra sinfônica vai situar-se entre o nível mínimo de uns 35 dB e o nível máximo de uns 100 dB. Temos, portanto, uma diferença, entre o mínimo e o máximo, de $100 - 35 = 65$ dB. Vemos, ainda, que a região em que os níveis da orquestra alcançam os 100 dB corresponde à parte plana da curva A, e, portanto, não requer compensação.

NÍVEIS DE REPRODUÇÃO X VIZINHANÇA

Agora, se formos usar o nível máximo de 100 dB em nossa casa ou apartamento, podemos contar na certa com um desquite, e no mínimo com uma declaração de guerra do nosso vizinho de andar. Assim, é mais prudente limitarmos, para fins de cálculo, o nosso nível máximo a 90 dB.

E o mínimo? Se já sabemos que o nível de ruído de uma residência média é da ordem de 40 dB (Tabela 1), parece-me que não haverá sentido prático em usarmos um mínimo que esteja muito abaixo de 50 dB — a menos que prefiramos "olhar" para o nosso equipamento em vez de ouvi-lo.

Então já está respondida a 2ª pergunta — que também ainda não fiz. Mas vou fazer. A 2ª pergunta é:

"Qual o nível máximo que devemos usar?"

Resposta: (desculpem) Eu diria que o nível máximo que se deve usar numa casa ou apartamento residencial não deve ultrapassar o de 90 dB — porque não desejo contribuir para a desgraça de ninguém.

Automaticamente tem que vir a jacto a 3ª pergunta, e esta eu vou fazer mesmo, agora, já.

A 3ª pergunta é:

"Como obter um nível máximo de 90 dB?"

Bem. A pergunta está feita. E agora, José?

Aí é que a coisa pega. Como é que eu posso dizer o jeito de você obter um nível de 90 dB, se você nem me convidou para tomar um cafezinho em sua casa? (Não estou insinuando nada!) Mas, mesmo assim, vou tentar responder.

O nível que se pode obter a uma distância preestabelecida do alto-falante vai depender de várias coisas, das quais umas são óbvias e outras menos óbvias. Por exemplo, acho que ninguém duvidará que o nível final depende da potência do amplificador utilizado. Em síntese, podemos dizer que o nível final vai depender dos seguintes fatores:

- a) — da potência do amplificador;
- b) — da eficiência do alto-falante considerado como um todo, isto é, incluindo seu sonofletor;
- c) — das dimensões da sala;
- d) — da absorção desta. Se a sala for muito amortecida com cortinas, estantes com livros, etc, necessitaremos mais potência para produzir o mesmo nível sonoro que, com menor potência, poderíamos obter numa sala que fosse muito "viva";
- e) — do nível de ruído ambiente. Com altos níveis de ruído precisamos de mais potência. Com baixos níveis, menos potência;
- f) — do estado higrométrico, da temperatura e de pressão do ar. Talvez por isso é que ouvimos melhor de noite do que de dia;
- g) — do estado de espírito do paciente. Bem. Isso não pode ser medido. Mas experimente comparar sua audição num momento em que você está por conta do Bonifácio, com outro momento em que sua serenidade é angelical e note a diferença.

A NECESSIDADE DE COMPENSAR

Cheguei agora ao ponto em que acho que posso justificar a tese que defendi anos atrás, em um velho artigo que publiquei em "Antenna" (n.º 315, pág. 388, dezembro de 1955). Nele, eu defendia o ponto-de-vista de que precisamos de dois controles de volume independentes, um para estabelecer o nível máximo, e que será um controle de volume comum; e outro, compensado, para fazer automaticamente as correções sugeridas pelas curvas da Fig. 1, conforme o nível médio de audição que se estiver usando.

Em princípio, com o segundo controle (o compensado) totalmente esganado, isto é, todo para a direita, ajustariamos o primeiro (o controle de volume comum) para o nível máximo de 90 dB, conforme resposta à 2ª pergunta e as condições (a) até (d), que há pouco enumeramos. Então, deixando o primeiro controle sossegado nesse ponto, iríamos diminuindo o segundo (o compensado), até atingirmos o nível de audição desejado.

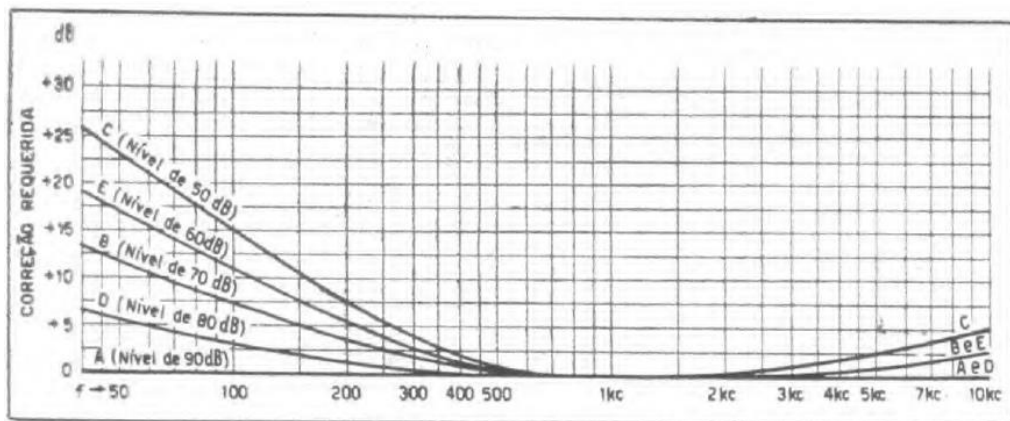


FIG. 2 — Curvas de resposta que deve ter um controle de audibilidade, derivadas das curvas da Fig. 1.

Se você quiser, poderá até aparafusar o primeiro controle (o de volume, comum) no ponto que lhe pareça suficiente para produzir o nível máximo de 90 dB, e daí por diante usar só o segundo (o compensado). Mas não aconselho a assim proceder, porque ainda restam três condições variáveis — a (e), a (f), e principalmente a (g). Digo "principalmente" porque, se você for sincero para consigo mesmo, há de convir que, das variáveis, a (g) é a mais variável...

Entendido isso, podemos passar à 4ª pergunta. É ela:

"O que é que precisamos compensar?"

Resposta: Precisamos compensar as "diferenças" entre a curva que representa o nível de reprodução escolhido e a curva que representa o nível de referência (90 dB, no nosso caso, curva A da Fig. 1).

Vejamos novamente as curvas da Fig. 1. Se fixarmos 90 dB como o nosso nível máximo, a curva de 90 dB (curva A) será a nossa linha de referência. Note que ela não é mais uma linha reta horizontal, como estamos habituados a ver e desejar em curvas de resposta de amplificadores de alta-fidelidade, mas sim uma linha curva, porque ela representa uma "sensação" de volume, e não uma tensão ou uma potência elétricas.

A partir dessa linha é que iremos atenuar o volume. Se, partindo do nível de referência de 90 dB, resolvermos atenuar por exemplo 40 dB (em 1 000 ciclos por segundo), vamos encontrar uma nova linha curva, que é a do nível de 50 dB (curva C: $90 - 40 = 50$ dB).

Observando com atenção a Fig. 1, vemos que a região das frequências baixas, na curva C, se inclina muito mais para cima do que na curva A.

Tem havido um grande número de mal entendidos a respeito da interpretação do real significado dessas curvas, conduzindo inclusive a projetos errôneos, esparrela essa em que este seu amigo já caiu também. Mas é errando que se aprende.

Vamos tentar deixar bem claro este ponto.

Quando um compositor, ou um fabricante de instrumentos musicais, compõe uma peça ou fabrica um instrumento, ele tem em mente produzir um certo timbre, mas sempre esperando uma execução em nível de audição normal. Quando reduzimos o volume de nosso alto-falante, então o nível deixa de ser o normal e o timbre se modifica. Será preciso restaurá-lo em sua qualidade original, isto é, aquela que seria obtida se o volume fosse o mesmo que o do próprio instrumento numa execução "ao vivo".

Voltando ainda uma vez às curvas A e C da Fig. 1, vemos que, se em vez dos 1 000 ciclos por segundo, considerássemos uma frequência de 100 ciclos, por exemplo, precisaríamos de uma intensidade de 66 dB para obtermos a mesma "sensação" de volume que em 1 000 ciclos só requeria uma intensidade de 50 dB. Para manter a mesma sensação e, portanto, o mesmo timbre será necessário compensar $66 - 50 = 16$ dB em 100 ciclos.

Entendido isso, e seguindo a mesma linha de raciocínio, podemos construir as curvas da Fig. 2, que foram obtidas medindo quantos dB precisamos compensar em cada frequência para os diferentes níveis de audição. Em nossa Fig. 2, as curvas B e C foram realmente construídas ponto a ponto, ao passo que as curvas D e E foram simplesmente interpoladas. O erro cometido não é grande.

Vemos agora que, não atenuando nada, a curva A da Fig. 1 pode ser representada na Figura 2 como uma linha reta, pois sendo ela o nosso nível de referência, não necessita compensação alguma. Para uma atenuação de 20 dB, por exemplo, vemos pela Fig. 2 (curva B) que teríamos que compensar 13 dB em 40 ciclos, 7,5 dB em 100 ciclos, 1 dB em 400 ciclos, nada entre uns 600 e uns 2 500 ciclos, 1 dB em 5 kc e 3 dB em 10 kc. Se a atenuação escolhida for de 40 dB, vemos que será preciso compensar (curva C da Fig. 2) 26 dB em 40 ciclos, 15 dB em 100 ciclos, 2 dB em 400 ciclos, nada entre uns 700 e uns 2 000 ciclos, 2,5 dB em 5 kc e 5 dB em 10 kc.

Um controle de audibilidade que seja capaz de reproduzir as curvas da Fig. 2 restaurará o timbre original dos instrumentos de uma orquestra, qualquer que seja o nível de volume da audição, desde um máximo de 90 dB até um mínimo de 50 dB, contanto que o resto do sistema, desde o disco que se está ouvindo, passando pelo fonocaptor, pelo amplificador e pelos alto-falantes com seus sonofletos, seja mesmo linear — o que infelizmente não é verdade.

FAÇAMOS UMAS CONTINHAS

Admitindo, entretanto, que a linearidade total do sistema seja aceitável, e que o que acima dissemos foi bem entendido, podemos passar à 5ª pergunta, que é:

"Como construir um controle de audibilidade que satisfaça as condições precedentes?"

Agora vocês vão ter um pouquinho de paciência, mas vamos voltar aos nossos bons tempos de colégio e brincar com umas noções de álgebra elementar. Se você já se esqueceu, peça socorro ao rebento que está no ginásio. (Neca de pedir ao mais velho, o que está no científico. Ele vai rir do papai. Eu sempre tenho o cuidado de apelar para a minha filha mais moça. E é menina, note-se...).

Veja o circuito da Fig. 3. Essencialmente, ele não é mais que um simples divisor de tensão, um potenciômetro. Mas há ali um "veneninho", que é o capacitor C. Se ele não existisse, o circuito seria um potenciômetro linear e nada mais. Então, se chamarmos E_s a nossa tensão de entrada, E_s a nossa tensão de saída, e se não existisse o capacitor C, poderíamos escrever:

$$E_s = E_E \times (R_2 / (R_1 + R_2)) \quad (1)$$

Mas não podemos ignorar C, porque ele ali está atrapalhando, no circuito. Vocês todos sabem que a resistência para corrente alternada se chama reatância. A reatância do capacitor C cresce à medida que a frequência baixa. Vamos chamá-la X_c . Agora podemos reescrever a questão (1) assim:

$$E_s = E_E \times ((R_2 + X_c) / (R_1 + R_2 + X_c)) \quad (2)$$

O termo entre parêntesis da expressão (2) é sempre menor que a unidade, a menos que R_1 e X_c sejam iguais a zero. Para o cálculo que vamos fazer, podemos imaginar que $E_E = 1$, e então a expressão (2) se reduz ao termo entre parêntesis. Mas, como esse termo é sempre menor que 1, podemos, para maior comodidade em nosso trabalho, usar seu inverso, isto é;

$$(R_1 + R_2 + X_c) / (R_2 + X_c) \quad (3)$$

Esta última expressão nos dará a relação entre a tensão de entrada e a de saída, isto é, quantas "vezes" a tensão de entrada é maior que a de saída, Isto nos fornece um meio cômodo de entrar com este número de "vezes" diretamente numa tabela de dB, para vermos a quantos dB ele corresponde.

Tomemos um exemplo, ao acaso. Suponhamos que queremos atenuar 40 dB em 1000 ciclos. Qualquer tabela de dB nos dirá que a relação entre a tensão de entrada e a de saída que corresponde a 40 dB é 100 "vezes". Tomemos $C = 0,1\mu F$, $R_i = 470\ 000\Omega$, e $R_a = 4\ 700\Omega$. Se, em 1 000 ciclos, a reatância de C fosse zero, teríamos, pela relação (3);

$$(470\ 000+4\ 700+0)/(4\ 700+0) = 101 \text{ "vezes"}$$

valor este praticamente idêntico ao de 100 "vezes" que desejávamos para obter de atenuação na frequência de 1 000 ciclos por segundo. Entretanto, a reatância de $C = 0,1\mu F$ em 1 000 ciclos não é zero e sim $1\ 600\Omega$. Então, a expressão (3) fica sendo:

$$(470\ 000+4\ 700+1\ 600)/(4\ 700+1\ 600) = 91,4 \text{ "vezes"}$$

Consultando a tabela de dB, vemos que isso corresponde a um pouquinho mais que 39 dB, o que praticamente podemos admitir como correto para a atenuação desejada de 40 dB.

Vejamos, entretanto, o que se passaria em 50 ciclos por segundo, usando os mesmos valores para R_i , R_s e C . A reatância de C em 50 ciclos é de $32\ 000\Omega$. Então, em 50 ciclos, a expressão (3) se torna:

$$(470\ 000+4\ 700+32\ 000)/(4\ 700+32\ 000) = 13,8 \text{ "vezes"}$$

A tabela de dB nos dirá que 13,8 vezes correspondem a aproximadamente 22,5 dB.

Em 400 ciclos, a reatância de C será de $3\ 900\Omega$, e a expressão (3) passa a ser:

$$(470\ 000+4\ 700+3\ 900)/(4\ 700+3\ 900) = 55,6 \text{ "vezes"} = 55,6 \text{ "vezes"} = 35 \text{ dB aprox.}$$

Esses valores ainda não são a "resposta" que deverá ter o nosso controle de audibilidade. Temos que nos lembrar que nossas atenuações foram feitas a partir do nível de 90 dB (curva A da Fig. 1). Como atenuamos 40 dB em 1 000 ciclos, a linha que corresponde a 40 dB de atenuação poderá ser considerada como a nossa nova referência.

Então, em 1 000 ciclos, com os valores acima usados, nossa resposta estaria $40 - 39 = 1$ dB acima da nova referência. Em 50 ciclos, estaria $40 - 22,5 = 17,5$ dB acima. E em 400 ciclos estaria $40 - 35 = 5$ dB acima.

Ora, examinando a curva C da Fig. 2 (que representa a resposta que o nosso controle de audibilidade deverá ter) vemos que em 50 ciclos deveríamos estar 23 dB acima da referência e não 17,5 dB, como encontramos: em 400 ciclos deveríamos estar 2 dB acima e não 5 dB, como foi encontrado. Portanto, a correção, com esses valores, ficaria bastante longe do que precisamos. Não serve. Teríamos que experimentar novos valores, recalculando tudo e comparando os resultados com as curvas da Fig. 2.

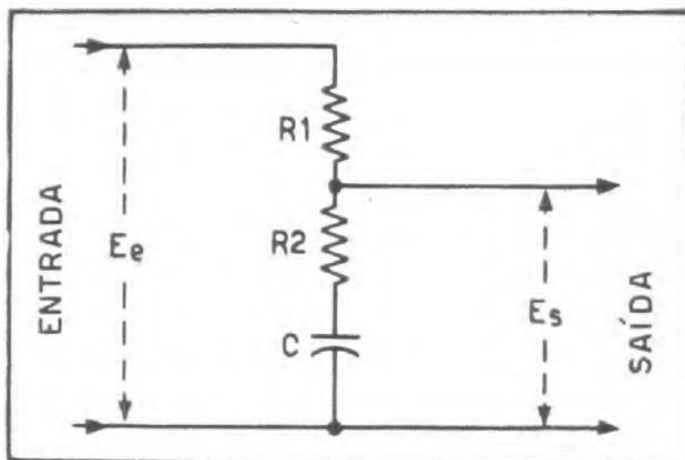


FIG. 3 — Circuito básico de um controle de audibilidade para compensação das frequências baixas, somente.

Como vocês veem, isso é uma questão de aproximações sucessivas. Pode mesmo ser que tenhamos que usar dois atenuadores em cascata para chegarmos aos resultados desejados.

Agora, se vocês pensam que eu vou fazer toda essa calculeira aqui para vocês, estão muito enganados. Já lhes dei as ferramentas. Façam força vocês mesmos. Ou querem tudo "de colher"?

Bem, já sei que querem mesmo. Não há remédio. Vocês são incorrigíveis.

UFA! AFINAL O ESQUEMA JÁ MASTIGADO!

Há tempos eu andei quebrando a cabeça para projetar um, mas não sei onde foi que escondi a papelada. Deixem-me dar uma voltinha por aqui.

Vocês estão de sorte. Achei. E até fiz uma revisão, caçando alguns gatos.

Neste controle a atenuação é feita por pontos, de 10 em 10 dB, aproximadamente. Digo "aproximadamente" porque procurei usar valores comerciais de resistores e capacitores, de modo que se se medir a atenuação real, poderá haver algumas pequenas diferenças. É claro que um atenuador contínuo seria muito mais confortável, mas por outro lado ele ficaria tão complicado que talvez se tornasse inexecutível, do ponto-de-vista prático. Por outro lado, mesmo com um controle por pontos será possível compensar as pequenas diferenças, por meio de um reajuste discreto do controle de volume normal, e, talvez, dos controles de graves e agudos que todo amplificador que se preze possuí.

O circuito ilustrado pela Fig. 4 é um esquema já mastigado. Vê-se que, até uma atenuação de 20 dB, ele utiliza um circuito simples, do tipo da Fig. 3. Para as atenuações de 30 e de 40 dB o circuito passa a ser constituído de dois atenuadores em cascata.

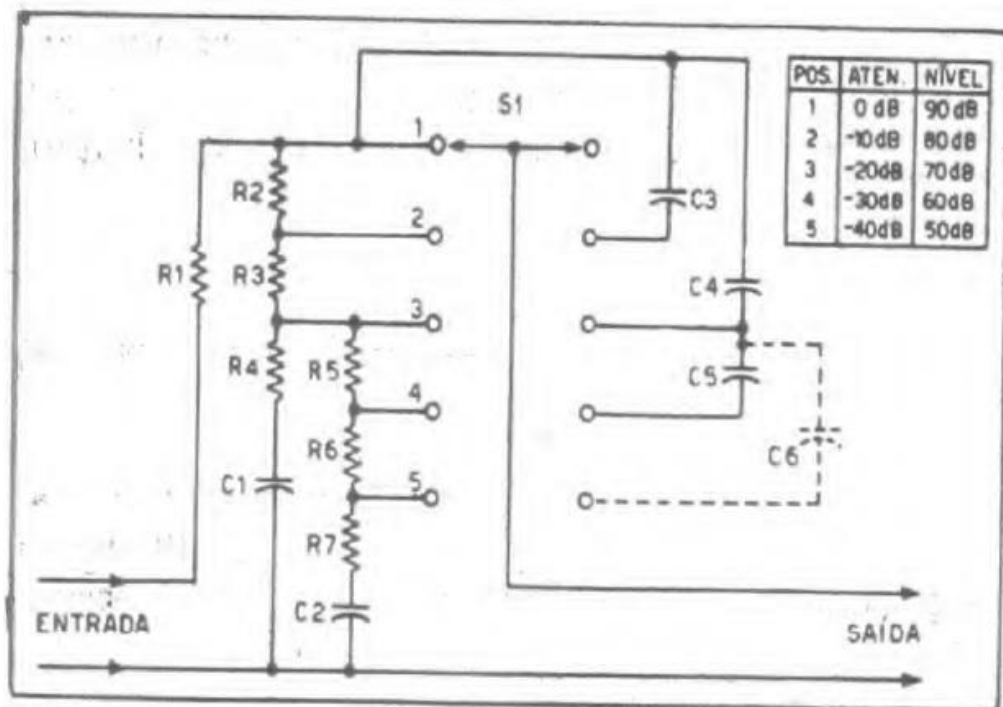


FIG. 4 — Circuito completo de um controle de audibilidade com a resposta das curvas da Fig. 2, e capaz de cobrir os níveis de 50 a 90 dB, em etapas de 10 dB aproximadamente.

LISTA DE MATERIAL

R1 — 33 000 Ω , $\frac{1}{2}$ watt, (ver texto)
R2, R5 — 330 000 Ω , $\frac{1}{4}$ watt, 5%
R3, R6 — 100 000 Ω , $\frac{1}{4}$ watt, 5%
R4, R7 — 39 000 Ω , $\frac{1}{4}$ watt, 5%
C1 — 0,01 μ F, 400 volts, 10%
C2 — 0,02 μ F, 400 volts, 10%
C3 — 68 μ F, cerâmico, 10%
C4 — 33 μ F, cerâmico, 10 %
C5 — 47 μ F, cerâmico, 10%
C6 — 22 μ F, cerâmico, 10% (ver texto)
S1 — Chave de dois pólos, cinco posições, preferivelmente do tipo "fecha antes de abrir" ("make before break") — ver texto

No modelo realizado, que utiliza uma chave de dois polos, cinco posições, o capacitor Cc, que aparece em pontilhado no esquema da Fig. 4, foi omitido. Isso porque a capacitância residual entre os contatos da chave que usamos já era suficientemente grande para compensar 6 dB em 12 800 ciclos. Se C₆ fosse ligado, ele ficaria em paralelo com a capacitância residual da chave, e nesse caso a compensação em 12 800 ciclos subiria para mais de 12 dB, o que seria demasiado.

A tabela 2 fornece uma comparação direta entre os valores teóricos e os resultados realmente medidos, sempre usando a chave de dois polos, cinco posições. Se vocês usarem uma chave diferente, ou de outro fabricante, é possível que haja pequenas diferenças na compensação das frequências altas, mas, como quase todas as chaves comerciais têm mais ou menos a mesma capacitância distribuída, não acredito que essas diferenças venham a prejudicar muito os resultados finais.

	Nível 90 dB		Nível 80 dB		Nível 70 dB		Nível 60 dB		Nível 50 dB	
f	At. 0 dB		At. -10 dB		At. -20 dB		At. -30 dB		At. -40 dB	
	Med.	Teórico	Med.	Teórico	Med.	Teórico	Med.	Teórico	Med.	Teórico
40	0	0	+ 5,0	+ 6,5	+ 12,5	+ 13,0	+ 18,0	+ 19,5	+ 27,0	+ 26,0
50	0	0	+ 4,5	+ 5,5	+ 12,0	+ 11,5	+ 16,0	+ 17,0	+ 24,0	+ 23,0
100	0	0	+ 2,5	+ 3,0	+ 9,5	+ 8,0	+ 11,0	+ 11,0	+ 16,0	+ 15,0
200	0	0	+ 1,0	+ 1,0	+ 5,5	+ 4,0	+ 6,0	+ 5,5	+ 8,5	+ 8,0
400	0	0	+ 0,5	0	+ 2,0	+ 1,0	+ 2,0	+ 1,5	+ 2,5	+ 2,0
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 200	0	0	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 1,0	+ 0,5	+ 1,0
6 400	0	0	+ 2,0	+ 1,5	+ 1,5	+ 1,5	+ 2,0	+ 3,0	+ 2,0	+ 3,0
12 800	0	0	+ 4,5	+ 3,0	+ 4,5	+ 3,0	+ 5,0	+ 5,5	+ 5,0	+ 5,5

TABELA 2 Comparação entre as compensações teóricas e as efetivamente medidas em um controle de audibilidade construído segundo o esquema da Fig. 4. Note-se a grande concordância entre os valores teóricos e os medidos.

Cabe aqui uma recomendação sobre a chave a usar. O ideal será uma chave do tipo "liga antes de desligar" ("make before break"). Isto evitará o estalido na transição de um ponto para outro. Se não se puder encontrar uma chave dessas no comércio, pode-se modificá-la, ou então usá-la tal qual e conformar-se com o estalido.

Em nosso protótipo empregamos uma chave comum devidamente modificada: cortamos os dois contatos móveis da chave e, em seu lugar, soldamos outros, feitos com chapa de latão, mais largos; deste modo, ao ser girada a chave, cada contato móvel, antes de se desligar do contato fixo em que se encontrava, faz ligação com o contato fixo seguinte — não havendo, portanto, o estalido da transição "em circuito aberto".

Nas experiências que fiz com este controle de audibilidade, numa saleta de uns 12 metros quadrados, onde há um tapete e uma estante aberta com muitos livros, os pontos de audição mais agradáveis foram os que correspondiam a uma atenuação de 20 dB, de dia; e de 30 dB, de noite, por volta das 22 horas, quando o ambiente era mais silencioso.

É possível que alguns ouvintes achem que os degraus de 10 dB que utilizamos em nossa chave sejam um tanto violentos. Penso também que melhor seria usar degraus de 6 dB, e que o ótimo seria degraus de 3 dB. Isso porém implicaria uma rede tão complicada que não justificaria o aumento de calculeira e o acréscimo de componentes, uma vez que se reajustando ligeiramente o controle de volume normal, e talvez os controles de graves e de agudos, sempre será possível obter compensações inteiramente satisfatórias.

Uma última observação. No circuito da Figura 4 o resistor R_i está ali para representar a resistência interna da válvula precedente. Se esta for um seguidor de catodo — que corresponde a uma fonte de sinal de baixa impedância — R_i deverá ser conservado com o valor indicado. Se tirarmos o sinal que vai entrar em nosso controle de audibilidade da placa de um tríodo, então o valor de R_i deverá ser reduzido, até mesmo a zero, conforme a resistência interna da válvula que estiver sendo usada. Um pêntodo seria inadequado, por causa de sua alta resistência interna.

Vem agora a 6ª e última (assim espero...) pergunta:

"Em que ponto do aparelho deve ser instalado o controle de audibilidade?"

Resposta: Ele deve ser instalado num ponto em que o nível de sinal já seja relativamente alto, de modo que a amplificação subsequente não necessite ser muito grande.

Isto tem por fim evitar que o ruído eventualmente captado pelos componentes do próprio controle de audibilidade venha a ser muito amplificado, causando perturbação ao sistema.

Se o seu pré-amplificador estiver no mesmo chassi que o amplificador de potência, o melhor ponto seria entre a saída do pré-amplificador e a entrada do amplificador propriamente dito. Se forem unidades fisicamente separadas, você poderá instalá-lo entre a placa do penúltimo estágio e a grade do último estágio do pré-amplificador. Haverá, naturalmente, situações em que tal não será viável. Mas procure sempre instalá-lo o mais próximo possível — eletronicamente falando — da entrada do amplificador propriamente dito.

Num simples artigo de revista nunca se consegue dizer tudo. Se vocês fizerem a experiência e derem com os burros n'água, venham as críticas, que serão bem recebidas. Se tiverem êxito, falem também. Opiniões, pró ou contra, ajudam a gente a raciocinar melhor.

E agora, até breve, Estou cozinhando um projeto que talvez venha a dar origem a um futuro artigo. Talvez, apenas. Não é promessa. Mas, se esse "talvez" vier a se concretizar, vocês terão uma receita completa, com pré-amplificador, amplificador e até com controle de audibilidade!