ANTENNA

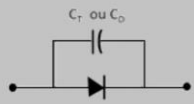
TVKX ELETRÔNICA • SOM • TELECOMUNICAÇÕES
Número 6/22 (1230) junho de 2022



NESTE NÚMERO:

ANÁLISE DO WB606
PRÉ PP3 - MEDIÇÕES
O PEQUENO NOTÁVEL
MANUAL DE ANTENAS - II
TRANSISTORES FALSOS - DICAS
TIPOS DE DIODOS E SUAS APLICAÇÕES
A REPRODUÇÃO DOS DISCOS DE VINIL
CONSTRUA UM AMPLIFICADOR DE 200W
O MULTÍMETRO ANALÓGICO E O DIGITAL



















ANTENNA



Número 6/22 – junho/2022 – Ref. 1230

NOTAS DA EDIÇÃO – junho é o mês da cor **vermelha**, que é a cor comemorativa do mês de junho sobre a importância da doação de sangue, que tem a data de 14/06 como o Dia Mundial do Doador de Sangue. Também, o junho **laranja** é voltado para a conscientização sobre a anemia e a leucemia.

Neste mês, temos novidades na versão on-line de Antenna: atendendo a pedidos, os textos agora estão em cor preta e, nas imagens dos esquemas elétricos, foi implantada uma ferramenta de zoom, para melhor visualização.

Também tem promoção em um dos cursos do Prof. Paulo Brites. Leia o artigo dele e descubra!

As edições impressas de Antenna, a partir de janeiro de 2021, podem ser adquiridas na livraria virtual UICLAP (www.uiclap.com.br), sendo bastante fazer a busca por Antenna em seu sítio.

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 XVIII.....
Jaime Gonçalves de Moraes Filho
4 - **CQ-RADIOAMADORES** – Monte Uma Quadra Cúbica de Alto Ganho para VHF.....
Ademir – PT9HP
6 - A Reprodução dos Discos de Vinil.....
João Yazbek
9 - SEMICONDUTORES - Tipos de Diodos e Suas Aplicações.....
Alfredo Manhães
19 - O Diálogo Entre Dois Sistemas de Mundos - O Multímetro Analógico e o Digital.....
Paulo Brites
30 - **TVKX** – O Mudinho.....
Jaime Gonçalves de Moraes Filho
34 - Análise do Pré-amplificador WB606.....
Marcelo Yared
43 - Experimentos com Python Para Técnicos em Eletrônica – Parte VII.....
João Alexandre Silveira
55 - Manual de Antenas para Radioamadores e Radiocidadãos - Parte II.....
Ademir – PT9HP
65 - O Pequeno Notável - Parte III.....
Álvaro Neiva e Miguel Nabuco
80 – Transistores Falsos, Como Reconhecê-los? – Um adendo.....
Marcelo Yared
82 - Montando o Pré RIAA PP3 – Parte III.....
Álvaro Neiva e Miguel Nabuco
92 - Construa o Amplificador Superraiende MK-MCMLXV - Parte I.....
Marcelo Yared

ANTENNA – Uma História - Capítulo XVIII

Jaime Gonçalves de Moraes Filho*



Embora os conhecimentos sobre o Rádio tivessem avançado, os problemas enfrentados pelos seus entusiastas pareciam não ter fim.

Um dos mais pesquisados estava relacionado com a alimentação das válvulas, que geralmente exigiam três fontes distintas: a “A”, de baixa tensão e alta corrente destinada a alimentação de seus filamentos, geralmente entre 2,5 e 6 Volts - nada que um conjunto de pilhas de telefone, ou algumas do tipo “D”, não resolvesse a situação.

Alguns receptores exigiam outra fonte, para a polarização da grade das válvulas, a alimentação “C”, de baixa tensão e baixa corrente.

A terceira alimentação, também em corrente contínua, destinava-se a às placas das válvulas, por uma fonte de corrente contínua de tensão mais elevada, entre 22,5 e 90 Volts, e baixa corrente, chamada de “B”, daí as denominações de +B e –B, utilizadas até hoje.

Para se conseguir tensões elevadas, a solução era se associar vários elementos em série, que acarretava um custo elevado, o que quase sempre levava ao improviso, como, por exemplo, a fabricação de elementos de chumbo, formando uma bateria de acumuladores com a tensão desejada. A ideia era excelente, porém outro problema surgia: Como obter a corrente contínua com a tensão necessária, de modo a carregar tal acumulador improvisado?

No número de janeiro de 1929, Antenna publicou os ensinamentos necessários à construção de um retificador químico – eletrolítico, empregando eletrodos de chumbo e alumínio mergulhados em uma solução de Bórax. A limitação de corrente era feita com uma lâmpada incandescente comum.

Para aqueles que tivessem maiores posses, havia a possibilidade de adquirir-se um conjunto de carregador/comutador da Philips, embora as suas conexões não fossem tão simples assim...

*** Professor de Física e Engenheiro de Eletrônica**

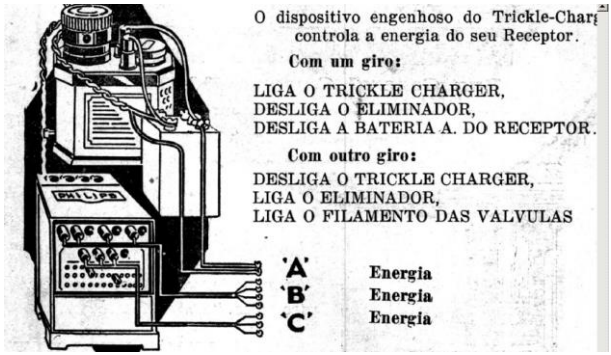


FIG 1 - Conjunto carregador / comutador Philips – 1929

Porém, a essas alturas, o leitor deve estar se perguntando: Ora... Em 1929 já existiam válvulas, transformadores e conhecimentos para se construir uma fonte de alimentação convencional. Qual seria o problema? A resposta está relacionada com um componente bastante conhecido, aquele que volta e meia faz com que soltemos fumaça pelos ouvidos...

Ele mesmo! O tal de capacitor eletrolítico. Vamos lembrar de que em 1929 aquele tipo de capacitor ainda se encontrava em fase pesquisas e estudos, tendo os projetistas à sua disposição apenas os capacitores com dielétrico de papel, com capacitância de 2 e 4 microfarads.

A solução para diminuir o “ripple” era o emprego de volumosos (e caros) reatores com alta indutância. Na figura 2, podemos observar o aspecto de uma fonte de alimentação “B” e “C”, onde o capacitor é o componente mais volumoso.

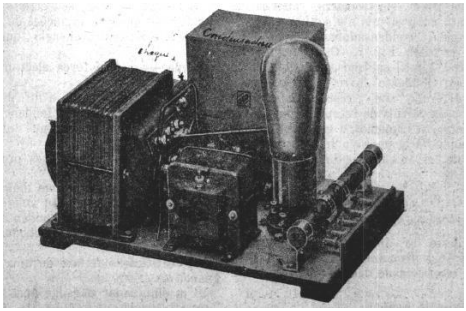


FIG 2 – Fonte de alimentação “B” e “C”

No número de abril de 1929 encontramos uma breve nota sobre o locutor Amador Santos, ”speaker” e cronista esportivo do Rádio Clube do Brasil, que vinha transmitindo regularmente as partidas de futebol disputadas no campo do Vasco da Gama. Como veremos no próximo número, as coisas sofreriam um revés e uma verdadeira corrida de gato-e-rato estava prestes a se iniciar...

*A cargo de Ademir, PT9HP

Monte Uma Quadra Cúbica de Alto Ganho para VHF



Na foto ao lado, vemos uma antena Quadra Cúbica para 144 MHz, de alto ganho. Por ser construída em PVC, ela torna-se bastante resistente às intempéries e é fácil de ser carregada. Neste caso, não usamos cola para fixar os dois quadros, permitindo assim que ela possa ser desmontada e levada no porta-malas do carro. A parte do suporte, onde estão o "T" e a cruzeta estão, sim, colados com cola própria para PVC "soldável".

Mostramos como construir esta antena, cujos cálculos permitem que seja confeccionada para qualquer frequência na banda de VHF/UHF.

Esta antena pode ser operada em qualquer terreno, pois está suportada num tripé. Na verdade, o "tripé" é parte de um varal de roupas, que custa em torno de 25 reais em lojas de produtos populares.

Nota do autor: esta antena foi divulgada na revista Eletrônica Popular nos anos 90 pelo radioamador Miécio Ribeiro de Araújo, PY1-XR (SK). Ele era conhecido nos meios radioamadorísticos como "capyau – o radioamador da roça", pelos excelentes artigos mostrando como a improvisação e o espírito radioamadorístico fazia com que alguém, mesmo isolado no sertão do Rio de Janeiro, podia "sair no ar" e fazer contatos com o mundo todo com equipamentos totalmente artesanais.

Formula para cálculos dos elementos

Irradiante=306,3/F (MHz)
Refletor=314/F (MHz)

O resultado mostra o comprimento físico total de fio para cada quadro da antena. Estes resultados você deve dividir por 4, pois será cada lado do quadro.

Experimente usar esta fórmula e comparar com os programas de computador mostrados já mostrados em Antenna. Pode haver diferenças devido a vários fatores, como o diâmetro do fio utilizado, que poderá ser levado em conta pelo idealizador do programa!







Este "macete" é um segredo até desconhecido por muitos radioamadores. O uso de "t", curvas e cruzetas em PVC, torna fácil não só montar a estrutura de uma antena, mas de fixá-la também em um mastro.

A foto ao lado dá uma ideia de como fizemos nossa Quadra Cúbica de dois elementos para a faixa de VHF. O fio utilizado é de cobre rígido, bitola 10 AWG, que torna o quadro bastante rígido também.

A Reprodução dos Discos de Vinil

João Yazbek*

No artigo deste mês vamos tratar de uma função que ainda existe em alguns produtos e que está retornando, aos poucos, ao mercado, se acomodando em um nicho com demanda bastante satisfatória. Estamos falando da entrada para toca-discos de vinil (ou Phono) e da preamplificação de Phono.

Nos últimos anos houve um ressurgimento do uso de LPs (Long Plays) de vinil para o mercado. Após o advento do CD, o LP começou a desaparecer das prateleiras e, com o barateamento dos CDs, a tendência seria de desaparecimento completo.

O que se viu, entretanto, é que o formato não desapareceu, continuou existindo e ressurgiu novamente como um mercado de nicho em crescimento, contrariando todas as previsões.

Pessoas que venderam suas coleções se dizem arrependidas e falam que desejam voltar a colecionar LPs, enquanto outras consideram a tecnologia como uma coisa do passado. Enfim, essa é uma discussão polêmica, com muitos pontos de vista, e que não iremos abordar nessa coluna.

Muitos dos que viveram a época dos LPs de vinil não têm muita saudade deles. Ruídos, riscos, empenamentos e vida útil limitada são apenas alguns dos problemas que existem no formato. Por outro lado, a tecnologia evoluiu bastante nessa área, a ponto de alguns discos de qualidade, ao serem reproduzidos em equipamento de alta performance, terem uma qualidade sonora muito boa.

O autor presenciou algumas reproduções espetaculares de vinil, com qualidade excepcional, mas chiados, clicks e pops sempre estarão lá, em maior ou menor grau.

O que justifica o ressurgimento do vinil, dado que o próprio CD, em uma época de transferência de dados por streaming, estar virando também, praticamente, um mercado de nicho? Será a melhoria da tecnologia e da qualidade de reprodução o motivo do ressurgimento?

O autor acredita que não, pois a qualidade sonora das mídias digitais é subjetivamente e objetivamente superior à dos vinis. Também não iremos discutir este assunto e sim dar uma passada rápida pela tecnologia de preamplificação.

***Mestre em Engenharia Eletrônica**

O pré-amplificador de Phono tem uma tarefa bastante difícil de ser cumprida com qualidade. O sinal da cápsula magnética tem uma amplitude de saída muito baixa, da ordem de milivolts ou até menor que isso. Esse sinal tem de ser amplificado para atingir o valor de aproximadamente 1V, que é o nível das outras entradas de linha existentes nos produtos atuais.

Simultaneamente, o sinal tem de ser equalizado de acordo com uma curva padrão chamada de curva RIAA, criada e padronizada pela Record Industry Association of America – a Associação da Indústria de Gravação Norte-Americana. A curva RIAA foi padronizada em 1954, tem algumas variantes e seus objetivos principais são melhorar a qualidade sonora, permitir maior tempo de gravação no disco e limitar a excursão das trilhas, que, se fossem gravadas de forma plana, gerariam um aumento da distorção e causariam dificuldade para a agulha acompanhar as ranhuras do disco, além de diminuir o tempo de gravação.

Esses dois quesitos apresentam um desafio técnico considerável para se obter bons produtos. Hoje em dia, nem todos os pré-amplificadores, receivers ou amplificadores, sejam eles integrados ou não, possuem entrada de Phono. Alguns podem ter uma placa opcional a ser colocada ou ela pode não existir no produto.

Também existem pré-amplificadores externos para a função, com a mais variada gama de produtos, partindo de prés de baixíssima qualidade e baixo preço e indo até produtos muito bem elaborados com preços bastante salgados, que oferecem performance excepcional.

Existem dois tipos de cápsulas para toca discos que podem ser utilizadas para a reprodução com qualidade: o primeiro tipo de cápsula é a chamada MM (de Moving Magnet – ou ímã móvel), que apresenta valores de saída mais elevados, da ordem de unidades de milivolt e necessita de menos ganho do pré-amplificador. Esta é a mais comum no mercado.

O segundo tipo é o das cápsulas do tipo MC (de Moving Coil – ou de bobina móvel), que possuem nível de saída bastante baixo, da ordem de 0,1 mV. Essas cápsulas requerem maior ganho do pré-amplificador e isso é uma coisa um tanto complicada. Uma conta básica mostra que o ganho necessário varia entre 1.000 vezes e 10.000 vezes, que é uma figura muito elevada.

Esse é o grande problema dos amplificadores de Phono: eles têm de amplificar sinais muito baixos e a consequência disso é que a relação sinal-ruído acaba sendo degradada. Isso significa que o ruído na forma de *hiss* de um pré-amplificador de Phono é muito mais elevado do que qualquer outra entrada do sistema de áudio.

Uma regra básica é que, outras variáveis mantidas iguais, quanto maior o ganho, maior o ruído do pré-amplificador. Logo, cápsulas com sinal de saída mais elevado são uma escolha mais fácil, pois o sistema pode oferecer uma performance melhor a menor custo.

Isso ocorre porque a realização de pré-amplificadores de Phono com baixo ruído é uma tarefa que desafia os limites dos melhores componentes disponíveis e que requer uma série de cuidados que acabam onerando o preço final desses equipamentos.

Outra dificuldade a ser mencionada é a correta implementação da curva RIAA no produto. Essa curva, durante a reprodução, atenua os agudos e amplifica os graves, de forma que ela se contrapõe à curva aplicada na gravação do disco, que faz exatamente o contrário, atenuando os graves e amplificando os agudos.

Se a curva de reprodução for corretamente implementada, a resposta final será plana. Caso contrário, haverá reforços e atenuações indesejadas na resposta final, que impactarão negativamente a qualidade.

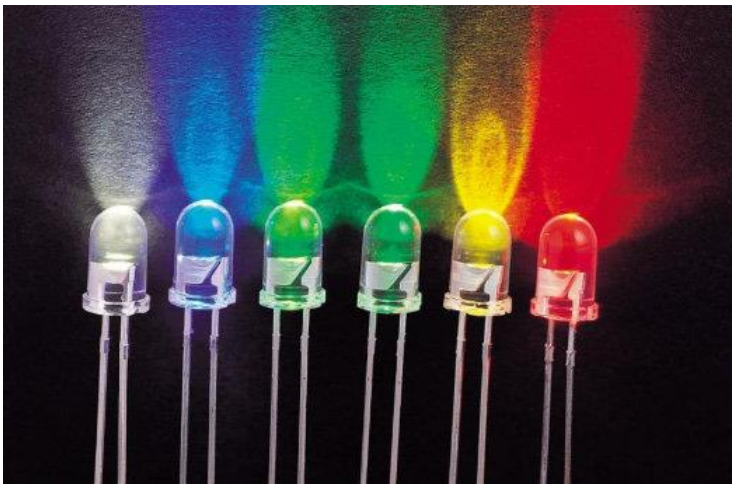
A dificuldade que existe nesse caso é que, para se obter uma curva precisa, é necessário usar componentes de precisão, como resistores e capacitores com 1% de tolerância ou ainda menos. Isso custa caro, e se reflete no custo final de produtos de boa qualidade.

Uma dificuldade adicional é obter tudo isso com baixa distorção, o que torna produtos com resposta plana, baixo ruído e baixa distorção caros.

Em linhas gerais, um bom pré-amplificador de Phono custa caro. E as soluções baratas não apresentam características que as façam adequadas para a reprodução com qualidade. Para piorar as coisas, todos os pré-amplificadores de Phono inclusos em aparelhos integrados e receivers (com raras exceções) se enquadram na categoria dos limitados em performance em função do custo.

O leitor que quiser enveredar por esse caminho pode caminhar segundo as diretrizes acima. Esse não é um caminho que forneça resultados bons de forma fácil, mas quem se sentir tentado deve seguir em frente. Após discutirmos as tecnologias e formatos digitais, podemos dizer que com um orçamento reduzido a qualidade obtida com o uso dos formatos digitais será sempre superior àquela obtida com tecnologias analógicas de gravação e reprodução como é o caso do disco de vinil, entretanto, o ritual de se preparar a audição, a estética e o trabalho artístico das capas, entre outras coisas, atraem, e continuarão a atrair, por muito tempo, um público bastante fiel.

SEMICONDUTORES - Tipos de Diodos e Suas Aplicações



Alfredo Manhães*

O artigo anterior apresentou as características das junções e o processo de dopagem química, conceitos importantes para o entendimento do funcionamento dos componentes eletrônicos baseados em materiais semicondutores. Agora iremos apresentar os diferentes tipos de diodo e suas aplicações.

Os Diodos Semicondutores

Vimos que o diodo é um dispositivo eletrônico, produzido com silício ou germânio, e que permite a passagem da corrente elétrica em um único sentido, quando seus terminais são polarizados na forma direta. Caso a polarização seja inversa, ele não irá conduzir corrente. Observe a figura 1, que mostra a curva característica de Corrente x Tensão para um diodo de silício.

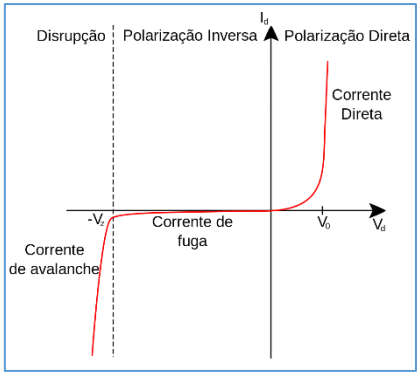


Figura 1 – Comportamento da corrente em função da polarização do diodo.

***Mestre em Engenharia da Computação**

O gráfico mostra que até um certo valor de tensão positiva quase não há corrente fluindo. Na medida em que a tensão aumenta e atinge em torno de 0,6 V, ocorrerá o rompimento da barreira de potencial (assunto visto na edição anterior) e começará a circular uma corrente no diodo no sentido direto. Esta região da curva é a que corresponde à Polarização Direta. Caso a tensão continue crescendo, indo além de 0,75 V, o diodo poderá superaquecer pelo aumento da corrente.

Caso seja aplicada uma tensão negativa no diodo, eles estarão na região da curva que corresponde à Polarização Inversa, onde a corrente fica muito próxima de zero, apenas ligeiramente negativa. Quando o diodo polarizado inversamente atinge um certo valor de tensão negativa elevada, conhecido como tensão de ruptura ou tensão reversa máxima (VR_{max}) ele perde suas características operacionais.

Efeito da Temperatura

Em testes realizados com materiais semicondutores, verificou-se que o aumento da temperatura provoca o aumento na corrente, tanto na Polarização Direta quanto na Inversa. Desta forma, é necessário que sejam adotadas medidas para auxiliar na redução de temperatura, como, por exemplo, o uso de dissipador (figura 2) acoplado ao componente.



FIGURA 2- DIODOS MONTADOS EM DISSIPADORES.

Efeito da Capacitância

Normalmente os dispositivos eletrônicos são sensíveis a frequências elevadas, e, no caso dos diodos, podem ser percebidos efeitos capacitivos, tanto na região de polarização direta quanto inversa.

Esse efeito se dá na polarização inversa pela capacitância da região de transição ou depleção (C_T), ao passo que na região de polarização direta ocorre a capacitância de difusão (C_D) ou de armazenamento. Altos valores de corrente resultarão em valores também altos de capacitância de difusão. Do contrário, baixos valores de corrente resultam em valores baixos de resistência associada.

Essas características podem ser empregadas em alguns sistemas eletrônicos, sendo representadas por um capacitor associado em paralelo ao diodo. Para aplicações de baixa e média frequência (exceto em potência), o capacitor não aparece na simbologia do diodo (figura 3).

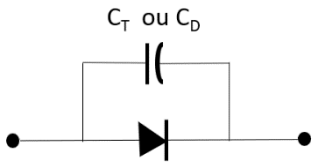


FIGURA 3 – INCLUSÃO DO EFEITO DE CAPACITÂNCIA DE TRANSIÇÃO OU DIFUSÃO EM DIODO SEMICONDUTOR.

Tipos de Diodos e Aplicações

Há um número considerável de tipos de diodos, que realizam as mais diversas funções como regulação de tensão, variação da capacitância, emissão de luz, dentre outras. Os principais são os seguintes:

1. **Diodo retificador**
É utilizado em circuitos retificadores para conversão de corrente alternada em corrente contínua pulsante. O diodo irá controlar o fluxo da corrente permitindo que a corrente elétrica circule apenas em um sentido. Circuitos retificadores podem operar em correntes elevadas e estão presentes em boa parte dos equipamentos eletrônicos, como o SK3 mostrado na figura 4.



FIGURA 4 - DIODO RETIFICADOR SK3 400V/3A, FABRICADO PELA SEMIKRON.

2. **Diodo de sinal**
É um diodo que apresenta baixa capacitância e baixo tempo de resposta, sendo projetado para atuar em comutação de alta velocidade e com correntes muito pequenas. Os diodos de sinal são encontrados em diversos circuitos de rádio ou tv para trabalho com alta frequência, como o 1N4148TR mostrado na figura 5.



Figura 5 – Diodo 1N4148TR, fabricado pela Vishay Semiconductors.

3. **Diodo Zener**

O físico e pesquisador norte-americano Clarence Melvin Zener verificou em seus experimentos a ação do campo elétrico produzido na aplicação da tensão inversa em uma junção P-N, e que ela pode provocar a quebra de ligações covalentes, multiplicando assim os portadores de carga em alta velocidade. O valor de tensão no qual se inicia a ruptura é chamado de "Tensão Zener" e efeito é chamado de “Ruptura Zener”. Este é o princípio de funcionamento do diodo zener, também conhecido como diodo de ruptura. É um dispositivo semicondutor fortemente dopado e projetado para operar em polarização inversa. Quando a tensão nos terminais de um diodo Zener é invertida e o potencial atinge a Tensão Zener, a junção se rompe e a corrente flui na direção inversa. Devido a esta funcionalidade é um diodo muito utilizado para:

- Regulação de tensão em circuitos de fontes estabilizadas.
- Limitadores de tensão em circuitos ceifadores, que são projetados para deixar passar sinal sem nenhuma alteração, até se atingir um determinado valor de tensão e limitar a saída de sinal.
- Geração de ruído branco, um sinal aleatório que combina diferentes frequências com mesma intensidade, resultando em um espectro de potência constante.

A figura 6 mostra alguns valores de tensão e potência para diodos zener encontrados no mercado e o diodo 1N746, fabricado pela Multicomp.

Código	Tensão	Potência
1N746	3,3	400 mW
1N747	3,6	400 mW
1N748	3,9	400 mW
1N749	4,3	400 mW
1N750	4,7	400 mW



FIGURA 6 – VALORES DE TENSÃO E POTÊNCIA DO DIODO ZENER 1N746.

4. **Diodo emissor de luz (LED)**

O *Light Emitting Diode* (LED), ou diodo emissor de luz (figura 7), é um componente eletrônico semicondutor largamente utilizado e está presente em muitos dispositivos eletrônicos atuais. Composto de um cristal semicondutor de silício ou germânio, sua junção P-N converte a corrente elétrica em luz, efeito conhecido por eletroluminescência. O contrário também ocorre, ou seja, a junção P-N sob ação de luz pode gerar corrente elétrica.

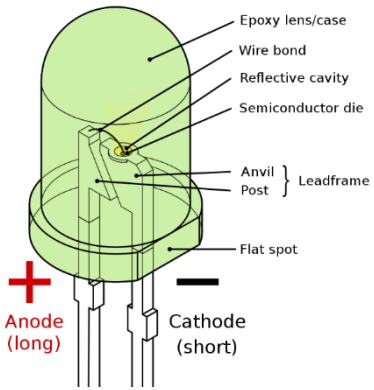


FIGURA 7 – ESTRUTURA DE UM DIODO EMISSOR DE LUZ OU LED.

O comprimento de onda da luz emitida pela LED é proporcional à espessura da camada P da junção e ao tipo de impureza utilizado na dopagem, podendo gerar luz no espectro visível (vermelho ao violeta) ou fora dessa faixa.

Os LEDs podem ser vistos em diversos dispositivos de uso popular, sendo utilizados em sinalização de funções como no indicador de *stand by* ou liga/desliga do painel de equipamentos ou como transmissores de sinal em controles remotos. Agrupamentos de LEDs formam as telas de dispositivos como televisores e notebooks. Também podemos observar em nossas casas a substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por iluminação LED, dentre outras aplicações.

5. **Fotodiodo**

A junção P-N pode emitir luz ao ser percorrida por corrente elétrica, como visto no caso do LED. O processo reverso também é possível e uma junção, ao ser exposta a estímulo luminoso, pode gerar uma corrente elétrica. Esse é o princípio de funcionamento do fotodiodo.

Quando a junção é inversamente polarizada e não há luz incidindo sobre ela, a corrente é praticamente nula. No entanto, ao expor a junção a um feixe luminoso, os fótons que se chocam com a junção produzem pares de elétron-lacuna ao cederem sua energia, facilitando a circulação de corrente elétrica.

Fotodiodos têm resposta rápida às variações de luz permitindo sua aplicação em foto-acopladores, circuitos digitais, controles remotos, dentre outras possibilidades.



FIGURA 8 – FOTODIODO BPW21, FABRICADO PELA OSRAM.

6. **Diodo Schottky**

O efeito Schottky recebeu esse nome pelo trabalho do físico alemão Walter Schottky. É um fenômeno que envolve a queda de tensão em materiais semicondutores quando em polarização direta. Esse efeito foi utilizado na fabricação de um diodo especial, que difere do diodo comum por não ser formado por uma junção P-N, mas sim uma junção Metal-N.



FIGURA 9 – DIODO SCHOTTKY 20SQ045 (20A/45V), FABRICADO PELA SANGDEST MICROELECTRONICS

O diodo Schottky tem por característica uma comutação muito rápida e a queda de tensão baixa quando é polarizado diretamente. É aplicado em circuitos de comutação e proteção, circuitos chaveados e circuitos de proteção contra transientes de redes elétricas, onde podem ocorrer surtos, picos de tensão de curta duração ou mesmo em situações onde possa haver uma inversão de polaridade.

7. **Diodo túnel**

O diodo túnel ou Ezaki tem por característica uma elevada concentração de impurezas para dopagem, o que leva sua zona de depleção a se tornar bastante estreita, promovendo um efeito denominado de tunelamento, fenômeno descoberto em 1973 pelo físico japonês Leo Esaki, Prêmio Nobel em Física. Este efeito faz com que a resistência da junção seja nula e mesmo negativa.



Figura 10 - Diodo túnel 1N3712, fabricado pela Germanium Power Devices Corp.

Uma de suas características é oscilar em frequências superiores a 1 GHz, sendo indicado para circuitos de altíssima frequência, como na transmissão e recepção de sinais de tv em UHF, por exemplo. No entanto, como ele suporta baixas potências e tem custo elevado; não é muito utilizado nos dias atuais.

8. **Diodo Varactor ou Varicap**

Os diodos varactores ou varicaps são dispositivos semicondutores que ao serem polarizados inversamente, apresentam uma capacitância que muda conforme o valor de tensão aplicada, comportando-se como capacitores variáveis.

Os varicaps podem ser vistos em circuitos osciladores de equipamentos de transmissão e recepção de ondas de rádio, substituindo os pesados capacitores variáveis utilizados outrora.



FIGURA 11 – DIODO VARACTOR 1S2638, FABRICADO PELA SEMTECH CORPORATION.

9. **Diodo Gunn**

O diodo Gunn, também chamado de dispositivo de elétrons transferido (*transferred eléctron device* - TED) é um dispositivo semicondutor passivo com dois terminais, composto apenas por um material semicondutor dopado N, ao contrário de outros diodos que se baseiam na junção P-N. Para sua composição são utilizados materiais como arseneto de gálio (GaAs), fosforeto de índio (InP), nitreto de gálio (GaN), telureto de cádmio (CdTe) , Sulfeto de Cádmio (CdS), Arseneto de Índio (InAs), Antimonito de Índio (InSb) e Seleneto de Zinco (ZnSe).



Figura 12 – Diodo Gunn DC1200 de GaAs, fabricado pela Teledyne Lincoln Microwave.

É utilizado principalmente em sistemas de RF para frequências na faixa das micro ondas, entre 1 e 100 GHz. É aplicado na geração de sinais de RF, transmissores de baixa e média potência, sistemas de sensores de aproximação, dentre outras. São diodos de custo relativamente baixo, se comparados a dispositivos osciladores de RF.

10. **Diodo PIN**

O diodo PIN é formado por uma junção P-N, a qual é acrescida uma outra camada I (intrínseca). Submetida à polarização direta, as lacunas e elétrons vão para a camada I e sob uma certa latência, as cargas não se anulam imediatamente. Assim há uma carga média que possibilita a condução de corrente. Em polarização inversa, não haverá carga armazenada.



FIGURA 13 – DIODO PIN BA482 PARA COMUTAÇÃO EM VHF, FABRICADO PELA PHILIPS.

O diodo PIN apresenta como características a baixa capacitância e a alta tensão de ruptura, sendo utilizado em sistemas de foto detecção, circuitos de alta potência, comutação em alta frequência e retificação de alta tensão.

Ponte de Diodos

Uma aplicação bastante difundida em circuitos é a ponte de diodos, uma estrutura desenvolvida com quatro diodos retificadores comuns. Sua função é promover a retificação de onda completa de corrente alternada (CA) convertendo-a em corrente contínua (CC). O arranjo de diodos faz com que haja um rebatimento do semiciclo negativo da CA, com representado na figura 14.

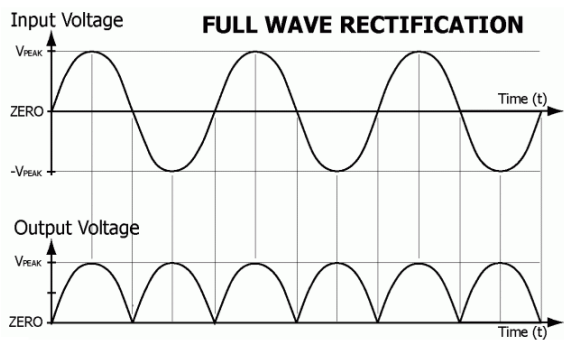


FIGURA 14 – CONVERSÃO DE CA EM CC EM UM RETIFICADOR DE ONDA COMPLETA.

A figura 15 mostra um circuito com o transformador TR e uma ponte de diodos formada por D1, D2, D3 e D4.

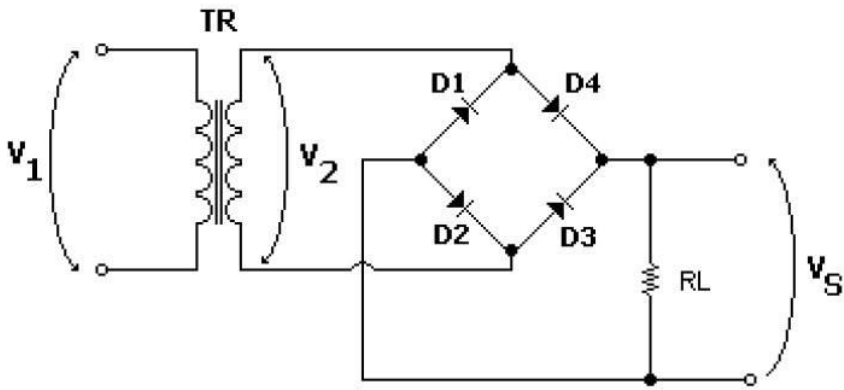


Figura 15 – Circuito retificador de onda completa.

A corrente alternada V2 sai do secundário de TR indo para a ponte de diodos. O semiciclo positivo passa por D2 e D4 que estão diretamente polarizados, enquanto D1 e D3 estão inversamente polarizados. Já no semiciclo negativo acontece o contrário.

Para melhorar as características da corrente pulsante e tornar o sinal de saída mais constante, pode ser aplicado um filtro capacitivo no circuito, cujo resultado é apresentado no gráfico da figura 16.

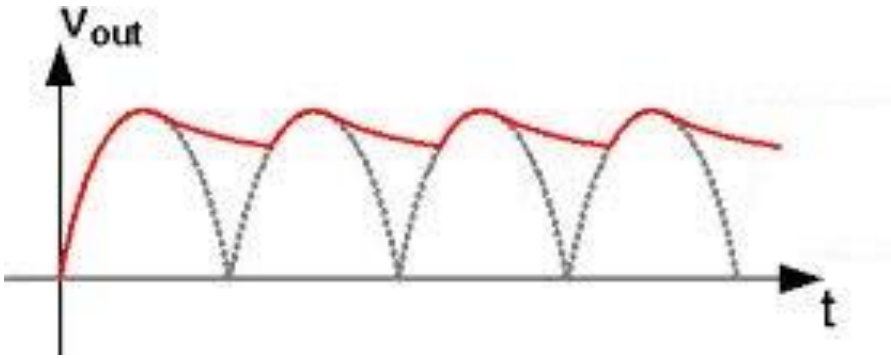


FIGURA 16 – A CORRENTE CONTÍNUA PULSANTE APÓS A APLICAÇÃO DE UM FILTRO CAPACITIVO.

Simbologia dos Diodos

Os símbolos usuais para representar os diferentes diodos em circuitos eletrônicos podem ser vistos na figura 17.

DESCRIÇÃO	SIMBOLOGIA
Diodo Retificador	
Diodo Emissor de Luz (LED)	
Fotodiodo	
Diodo Zener	
Diodo Shottky	
Diodo Túnel	
Diodo Varicap	
Diodo Gunn	
Diodo PIN	
Diodo dependente de temperatura	

Figura 17 – Símbolos de diferentes tipos de diodos.

Aplicação – Ponte Retificadora

A ponte retificadora PR4007 de onda completa (figura 18) utiliza 4 diodos retificadores 1N4007 para converter tensão alternada em contínua e alimentar um circuito, permitindo trabalhar com tensão de entrada de 6V a 32V. Um capacitor de 470uF/50V acoplado ao circuito é responsável por filtrar e estabilizar a corrente que pode ir até 1A, seja na entrada ou na saída, com frequência de 50-60HZ. A ponte PR4007 tem dimensões (C x L x E) de 31 x 15 x 18 mm, e seu kit pode ser adquirido em lojas de componentes eletrônicos disponíveis na internet.

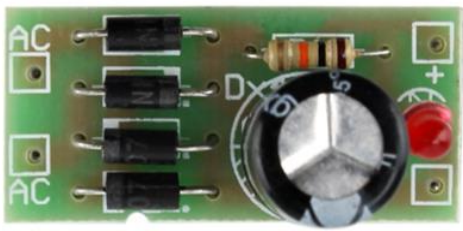


FIGURA 18 – PONTE RETIFICADORA DE ONDA COMPLETA.

No próximo artigo serão tratados os transistores, componentes eletrônicos responsáveis por grande parte da tecnologia atual em diversas escalas. Até lá!

O Diálogo Entre Dois Sistemas de Mundos
O Multímetro Analógico e o Digital

Paulo Brites*

Para começar, antes que o leitor possa estranhar, preciso esclarecer que este título é quase uma paródia ou, quem sabe, uma homenagem a Galileu Galilei em seu esplêndido livro – Diálogo sobre dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano. Quiçá um ensaio para um texto que anda a rondar minha mente há algum tempo em que Fourier e Nyquist serão "convidados" por mim como mediador a debater sobre os dois sistemas de mundo - analógico e digital.

Se não entendeu nada do parágrafo acima, ótimo, pois, então, coloquei "minhocas da sua cabeça" e despertei sua curiosidade para saber quem foram esses personagens tão distantes no tempo, mas, que, de certa forma, têm ideias em comum e que estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia.

Terminado este preâmbulo, também conhecido como bláblábla, passemos ao "diálogo" entre os dois sistemas de multímetros - analógico e digital.

O que você precisa saber sobre o multímetro analógico

A "*time line*", como anda na moda se dizer, obriga-me a começar este "diálogo entre estes dois sistemas de mundo" pelo multímetro analógico.

O motivo é obvio. A Eletrônica, como tudo na Natureza, "nasceu" analógica e, portanto, o sonho de consumo de todo técnico lá dos anos 50, do século passado, só poderia ser possuir um multímetro analógico, também conhecido como VOM – Volt-Ohm-Milliammeter.

Era com ele que podiam medir as tensões DC e AC e as resistências dos resistores do circuito a procura do "malfeitor" que estava a causar o defeito naqueles rádios valvulados e, mais tarde, nos televisores preto e branco, também valvulados, que apareciam na oficina para que fosse encontrado o "fio solto", como diziam, e ainda dizem, seus donos, numa tentativa velada (ou nem tento) de baixar o preço do serviço.

O "omiter", como diziam alguns (e ainda dizem), servia também para testar capacitores, naqueles tempos, chamados de condensadores, e descobrir se estavam com fuga ou em curto, e até se a capacitância estava baixa, no caso dos eletrolíticos.

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

O que muitos não sabiam e alguns não sabem até hoje é que, na verdade, um **VOM** era e continua sendo **apenas um medidor de corrente**, ou seja, um amperímetro.

As escalas de tensão e resistência dos multímetros analógicos só “existem” graças à Lei de Ohm, que todo técnico de verdade tem que saber, e ponto final.

Em outras palavras, tensões e resistências são indicadas no painel do instrumento de forma indireta como resultado de R x I, para as tensões, ou E ÷ I, para as resistências. E é por isso que todo VOM e aqui me refiro aos analógicos, tem um conjunto de pilhas/baterias dentro dele que só entra em operação quando estamos a medir resistências.

Pode parecer óbvia a explicação acima, mas não é.

Já recebi e-mails de “técnicos” pedindo ajuda para consertar, a distância, o seu estimado analógico que estava a apresentar problemas nas medidas de tensão e começava dizendo: - já troquei as pilhas e não resolveu!

Claro que não resolveu meu caro “técnico” pois, o ouvido não tem nada a ver com as orelhas, se é que me entendes!

Pior que não medir nada é medir errado.

Naqueles tempos, que eu chamo de Era da Eletrônica Romântica quando além de ganhar dinheiro como reparador havia prazer em descobrir o defeito, era comum encontrarmos nos circuitos resistores de elevada resistência, na casa dos mega ohms. sobre os quais apareciam tensões que, às vezes, podíamos precisar medir.

Quando vamos medir a tensão desenvolvida sobre um resistor temos uma situação importante a ser considerada e para a qual, talvez, o técnico não está atento - a resistência interna do instrumento entrará em paralelo com a resistência sobre a qual estamos querendo medir a tensão e aí vai bagunçar o coreto.

Uma das regras básicas de um circuito de resistores em paralelo é que **a resistência equivalente do conjunto será sempre menor que a menor resistência do conjunto**.

E daí?

Daí que se a resistência do nosso “voltímetro” for menor que a resistência sobre a qual estamos lendo a tensão, o valor lido estará errado.

Simples assim.

Conhecendo a resistência interna dos VOM analógicos

Uma das especificações que considero mais importante quando se vai comprar um VOM é a **sensibilidade** que é expressa em **quilo-ohms por volt**.

É através dela que saberemos qual a resistência interna do instrumento quando ele estiver a medir tensões.

A sensibilidade além de aparecer no manual do usuário está escrita no próprio painel do instrumento e quanto maior o valor de quilo ohms por volt melhor será o instrumento no que diz respeito a medida de tensões e indiretamente de correntes e resistências.

Isso porque a sensibilidade depende diretamente da corrente de fundo de escala do galvanômetro que compões o instrumento.

Quanto menor for a corrente de fundo de escala do galvanômetro maior será a sensibilidade do VOM.

Na fig. 1 temos o painel do SK-20 e se você olhar na parte de baixo no lado esquerdo verá escrito 20.000Ω/V DC e 10.0000Ω/V AC.



Fig. 1 – Painel do VOM SK-20

A primeira conclusão que podemos tirar destas duas informações é que a sensibilidade para medida de tensões alternadas é pior que para medida de tensões contínuas.

Agora, examinemos o painel do SH-105 mostrado na fig.2 e veremos que a sensibilidade para medida de tensões contínuas é 50.000Ω/V DC enquanto para tensões alternadas também é 10.000Ω/V

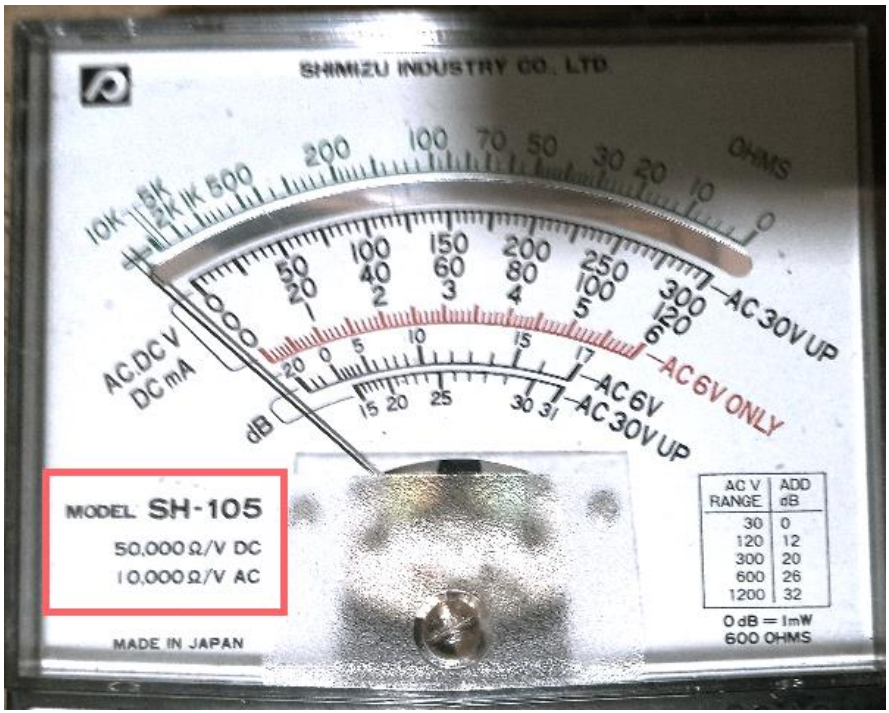


Fig. 2 – Painel do SH-105

A menor escala de tensão DC do SK-20 é 0,25V, logo, a resistência que este instrumento irá apresentar nesta escala será 5000Ω (0,25 X 20.000).

No caso do SH-105 a menor escala de tensão DC é 0,3V e como sua sensibilidade é 50.000Ω/V DC ele irá apresentar uma resistência de 15000Ω (0,3 X 50.000)

Da teoria para prática

Suponhamos que o circuito da fig.3 seja alimentado por 0,5V e os dois resistores sejam de 5kΩ.

Nestas condições, a tensão sobre R2 deverá ser 0,25V.

Você resolve medi-la, utiliza a escala de 0,25V do SK-20 e imagina que o ponteiro vai se deslocar até o fundo de escala.

Entretanto, ao efetuar a medida o ponteiro, praticamente, não mostra quase nenhum deslocamento.

Se você se der ao trabalho de fazer as contas verá que a tensão sobre o resistor R2 será 0,166Ve, por isso, o ponteiro, praticamente, não mostra quase nenhum deslocamento.

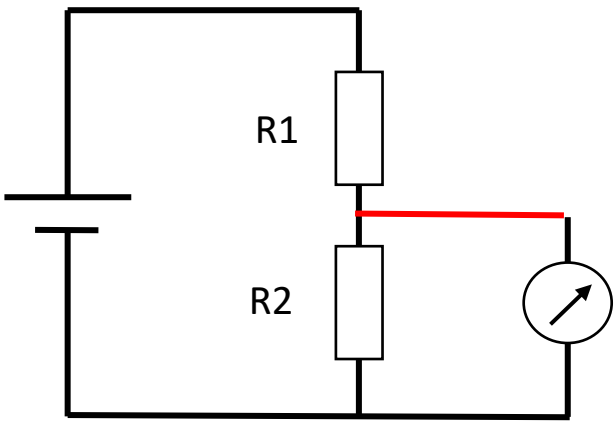


Fig. 3 – Medida de tensão com um VOM

Outro técnico realiza a mesma medida utilizando a escala de 0,3V do SH-105 e encontra aproximadamente 0,214V, que é um valor bem próximo de 0,25V.

Se você concluiu que o SK-20 está com defeito, sinto informar-lhe que já passou da hora de estudar eletrônica seriamente.

Mas, enquanto você não faz o meu **Curso de Eletrônica Básica**, eu vou explicar o que aconteceu neste caso particular.

O SK-20 apresenta uma resistência de 5kΩ na escala de 0,25V, enquanto o SH-105 nos dá 15kΩ na escala de 0,3V.

Quando colocarmos o SK-20 sobre o resistor R2 de 5kΩ a resistência caiu para aproximadamente 2,5kΩ, descompensando o circuito.

Entretanto, com o SH-105 passamos a ter 3,75kΩ no paralelo R1 com os 15 kΩ do voltímetro.

No circuito original, a resistência total era 10kΩ e agora passou a ser 8,75kΩ com a inserção do SH-105 e, portanto, bem mais próxima de 10kΩ.

Novamente, fazendo as contas, encontraremos 0,214V, que é bem mais próximo de 0,25V.

Eu ousaria dizer que muita gente deve ter ficado a procurar defeito onde não existia por causa de uma medição errada, que não levou em conta a carga do instrumento sobre o circuito e, certamente, isto ainda deve ocorrer até hoje.

A medida das resistências

Não custa lembrar, mais uma vez, que um VOM não mede resistências quando estamos a usar a escalas ôhmicas.

Então, mede o quê?

Corrente, ora pois, como dizem nossos patrícios portugueses.

Todo instrumento analógico é um amperímetro por construção, nunca esqueça isso.

Na fig.4 temos o circuito básico do ohmímetro do VOM.

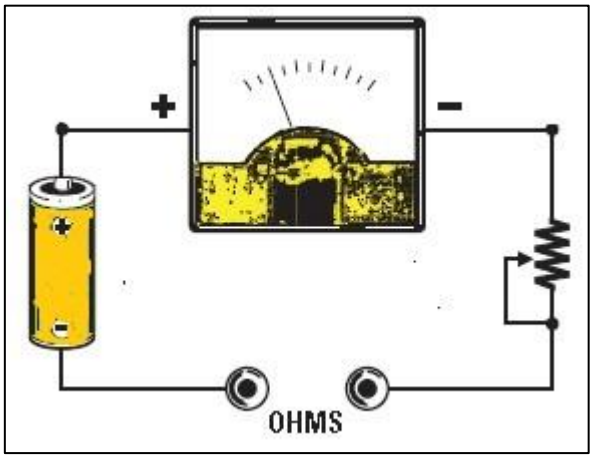


Fig.4 – Circuito básico de um ohmímetro

Percebeu que apareceu uma bateria no circuito e um **potenciômetro ligado como reostato**?

Esse “potenciômetro” é aquele ajuste de zero presente em todo VOM e que só é usado quando estamos nas escalas ôhmicas. Ele é necessário nestas escalas para compensar o envelhecimento da bateria.

Por que alguns instrumentos precisam de uma bateria de 22,5V e outros não?

Você já parou para pensar nisto?

Vou dar uma dica. Os VOMs que utilizam bateria de 22,5V em série com uma ou duas pilhas de 1,5V medem resistências até 100MΩ e os outros não.

E isto está relacionado indiretamente à sensibilidade do instrumento, que é de 50kΩ DC, e que, por sua vez, exige um galvanômetro capaz de medir correntes inferiores a 25µA, como é o caso do SANWA 320X, SH-105 e AF-105, só para citar os mais comuns desta categoria.

Sendo assim, precisamos de uma bateria mais "fortinha" para obter corrente suficiente no galvanômetro quando estamos a medir resistências "grandinhas".

Aliás, vale observar, meu caro Watson como diria **Sherlock Holmes**, que a bateria de 22,5V só entra em ação quando estamos na escala de 100MΩ.

Testando capacitores à moda antiga

O primeiro teste que devemos fazer num capacitor é para saber se ele apresenta alguma fuga no dielétrico ou até mesmo curto.

Para este teste, eu diria que aqueles VOMs da antiga, com a tal bateria de 22,5V ,são mais indicados, justamente pelo fato de aplicamos uma tensão maior sobre o capacitor e, se o dielétrico estiver comprometido, o resultado será evidente.

Mas, tome cuidado, não teste eletrolíticos de isolamento menor que 25V na escala de 100MΩ, por razões óbvias.

O segundo teste de um capacitor é para saber a quantas anda a sua capacitância.

Hoje em dia, um montão de multímetros digitais incorpora um capacímetro "quebra-galho", mas, antigamente, capacímetro era igual ao caviar da música do **Zeca Pagodinho** – Nunca vi nem comi, só ouço falar.

O jeito era usar a escala ôhmica e avaliar no olhômetro, ou por comparação com outro capacitor igual e confiável, como estavam a carga e a descarga do capacitor suspeito.

E, assim, íamos consertando o que aparecia; erámos felizes e nem sabíamos!

Chegaram os diodos semicondutores e os transistores

Com a chegada destes seres alienígenas, um novo desafio se impunha sobre os técnicos reparadores – como testá-los.

Para as válvulas existiam testadores específicos.

Muitas lojas de componentes eletrônicos "ofereciam" teste das válvulas mediante o pagamento de uma "modesta" taxa para quem não possuía um testador de válvulas em sua oficina.

Alguns fabricantes como RCA e GE vendiam testadores para transistores, mas eram mais um "caviar" para a maioria dos técnicos aqui na aldeia.

Não sei quem e como surgiu a ideia de testar semicondutores com as escalas ôhmicas dos VOMs.

Até hoje, muita gente, até eu mesmo, uso o "método", às vezes.

Entretanto, dizer que os resultados são completamente confiáveis é colocar a mão no fogo, principalmente nestes tempos dos "fake transistores"...

Costumo dizer que o teste de um diodo ou transistor é plenamente confiável se indicar que a "vítima" está morta, seja em curto ou sem conduzir de jeito nenhum. Fora isso, é loteria.

A Era Digital chegou

Creio que o primeiro contato que os técnicos reparadores tiveram com o "mundo digital" foi através dos multímetros "sem ponteiro" e denominados pela sigla DVM.

Mas, para muito técnico lá pelos 70, aqui no Brasil, os DVMs continuavam sendo "caviar" do Zeca Pagodinho, assim como os capacímetros e os testadores de transistores.

A sigla – DVM – abreviatura de Digital Volt Meter já indicava, de forma camuflada, que o princípio de funcionamento destes instrumentos era completamente diferente dos seus irmãos mais velhos, os VOMs.

Não entendeu?

É preciso saber ler o que se esconde atrás da sigla – **D**VM.

Ainda não entendeu?

Compare VOM = Volt-Ohm-Milli**ammeter** com DVM = Digital**V**olt**M**eter.

Os **VOM**s são **medidores de corrente** por construção, enquanto os **DVM**s são **medidores de tensão**.

Em princípio, você pode pensar que isto é um fato irrelevante, mas não é.

O resultado de uma medição depende de como a realizamos sob vários aspectos. Pense nisso.

Toda a tecnologia digital não lida diretamente com correntes e sim com níveis de tensão, até porque, a priori, a corrente não existe.

Parafraseando o **samba de uma nota** só de Tom Jobim – "a corrente é uma consequência inevitável da tensão".

Lembremos também que toda tecnologia digital se baseia em números binários que, como o próprio nome diz, são constituídos por dois dígitos – zero e um. Na prática, são dois níveis de tensão – zero volt e 5 volts, se for utilizado o padrão TTL.

Se você ainda tem dúvidas sobre isso recomendo a leitura do **mini curso de Eletrônica Digital** que publiquei aqui na Antenna.

A questão é que, para o resultado da medida ser apresentado num mostrador de sete segmentos com dígitos de 0 a 9, com os quais nós humanos estamos familiarizados, a tensão DC a ser medida, que sempre é analógica, precisará passar por um Conversor Analógico Digital (ADC).

Em outras palavras, "alguém" tem que estabelecer o diálogo entre o mundo analógico real e o mundo digital modificado dos binários.

E este "alguém" é o tal do Conversor Analógico Digital.

Não irei me estender nesta prosa. Este papo fica para outro momento, por ora basta isso.

O que é preciso ficar claro na sua cabeça é que os DVMs são, por construção, voltímetros e não amperímetros, como o VOMs.

Antes de passar a analisar como os DVMs medem correntes e resistências, retornemos à fig.3 para ver o que ocorrerá quando quisermos fazer uma medida de tensão com algum DVM.

Se olharmos as especificações de qualquer um deles, veremos que não existe a opção de sensibilidade (quilo ohms por volt), como nos VOMs.

Isto porque a impedância de entrada dos DVMs, geralmente, é 10MΩ em DC ou AC.

Sendo assim, garantimos que podemos fazer medições em cargas até 1MΩ com boa exatidão, a depender apenas da qualidade do instrumento que estivermos utilizando.

Como os DVMs medem corrente

Assim como os VOMs medem tensão de modo indireto usando a Lei de Ohm, os DVMs também o fazem. Viva a Lei de Ohm, sem ela não dá para ser um técnico feliz!

Neste caso, a corrente a ser medida irá passar por um conjunto de resistores *shunt* ligados ao borne negativo do instrumento.

Ao passar pelo *shunt,* produzirá uma queda de tensão, que será levada ao Conversor Analógico Digital.

O truque para medir resistências nos DVMs

Nos VOMs usava-se uma bateria para produzir corrente ao passar pelo resistor desconhecido e daí em diante *Herr* Ohm entrava em cena, com sua Lei e nos dava R = V ÷ I e todo mundo ficava feliz.

Reparou que os DVMs não possuem ajuste de zero para a escalas de resistências?

Não possuem porque eles usam uma fonte de corrente constante e, desta maneira, a medida das resistências não será influenciada pela bateria que alimenta o DVM.

A corrente desta fonte será aplicada sobre o resistor desconhecido e mais uma vez a Lei de Ohm vai dar uma mãozinha “transformando” corrente em tensão.

Você poderá ver mais detalhes sobre isto lendo meu artigo **Tudo que você precisa saber sobre o método de quatro pontas ou método Kelvin**.

Qual o melhor multímetro, analógico ou digital?

Já ouviu falar no ditado “cada macaco no seu galho” ou “cada um no seu quadrado”? Uma bancada bem equipada deveria ter os dois e, digo mais, de diversas marcas e modelos.

Existe uma lenda de que os analógicos com bateria de 22,5V são melhores para testar transistores de junção. O que há por trás desta lenda é que estes instrumentos utilizam galvanômetros que medem correntes de 25µA, ou menos, o que ajuda a identificar um pouco melhor as **correntes de fuga coletor-emissor e coletor-base nos BJT**.

Reparou que eu disse “ajuda a identificar” e não disse “medir” as correntes de fuga? O deslocamento do ponteiro na escala 100MΩ ou Rx10K destes instrumentos pode mostrar que há uma corrente de fuga entre as junções coletor-emissor e coletor-base, mas isso não significa muita coisa.

Todo BJT tem correntes de fuga nestas junções. O que precisamos saber é se o transistor sob suspeita está apresentando correntes de fuga maiores do que as indicadas no *data sheet* e isto a medição realizada com a escala ôhmica não mostra.

Deslocamentos “muito grandes” do ponteiro apenas nos dão uma ideia de que o transistor suspeito parece não estar muito “bom da cabeça”.

Por sua vez, os DVMs não nos mostram esta informação.

A posição de teste de diodo deles nos dá o valor da tensão da barreira de potencial na junção base-emissor e aí caberá ao técnico tirar suas conclusões.

Aliás, é sempre assim – não basta medir, tem que saber o que se está medindo e interpretar o resultado.

Considerações finais

Estou ciente que este “diálogo” não se encerra aqui, mas foi um início da prosa para uma conversa de técnicos numa noite chuvosa!

Das entrelinhas, espero que você perceba que para reparar qualquer coisa é preciso saber, antes de tudo, como a “coisa” funciona, inclusive um multímetro, seja analógico ou digital.

Ah! Saber eletrônica, de verdade, também é essencial.

Se quiser aprender, de verdade, faça nosso Curso de Eletrônica Básica e utilize o cupom ANTENNAJUNHO22 (que é válido até 15/07/22 e dá 20% de desconto).



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?
Se sim, ajude seus colegas, divulgue o que você observou e como resolveu o problema. Basta escrever um resumo do caso e mandá-lo para o e-mail contato@revistaantenna.com.br, deixando o resto por conta do redator de TVKX. Se ele considerar o assunto de interesse, será feita uma estória, com os populares personagens do TVKX. O seu nome será mencionado no artigo.

O Mudinho

- Já notaram o aviso bem ali sobre a cesta com os pães?

- Onde... Onde?

- Bem ali, Carlito! O quilo do pãozinho que custava treze Reais, faz pouco tempo, passou para dezenove!

- É o resultado, segundo dizem, da guerra, da inflação e da ganância dos comerciantes, que aproveitam qualquer brecha para aumentar os preços.

- Aí recomeça tudo, mais uma vez. Pensei que nunca mais teríamos aquele período louco, em que nós mesmos éramos obrigados a reajustar os preços a cada dia.

- E o estoque? Tínhamos de repor todos os dias, senão as despesas no final do mês disparavam.

*** Professor de Física e Engenheiro de Eletrônica**

-Taí... Acho que era hora de aproveitarmos e fazer um reajuste nos nossos preços. Duzentos reais para trocar um barramento de LEDs, daqui a pouco, não pagará nem a solda...

- Não é tanto assim, Toninho, mas temos de pensar no assunto. Sem esquecer de que temos associado ao serviço o risco de a coisa retornar, o custo do material e do tempo de serviço.

- Pois é aí que a coisa complica: Vamos imaginar que perdemos duas horas em busca de uma solução para um problema complicado. O cliente irá pagar por duas horas de serviço, correto?

- Não vejo aonde você quer chegar, Zé Maria...

- Já vai ver Toninho... Imagine agora que uma semana depois, deparamos com uma avaria semelhante, e como já sabemos o "Caminho das Pedras", solucionamos o problema em dez minutos. Vocês não acham que algo está errado? O primeiro cliente pagou, digamos... 100 Reais e o segundo? Vai pagar apenas vinte reais? Algo está errado!

- Por isso temos de pensar bastante antes de dar o valor para um orçamento antecipado. Costumo sempre dizer: De tanto a tanto. Nada de fixar valores.

-Mas nem todos aceitam, Carlito!

-Como disse certa vez nosso amigo Paulo Brites: Não sou sacerdote para fazer caridade, nem psiquiatra para aturar maluquices.

- E por falar em maluquices, está na hora de pagar a despesa e partir para o trabalho. Hoje é seu dia, Zé Maria! Vá lá ao caixa acertar com o Mário!

Já na oficina, portas abertas, instrumentos ligados e iluminação adequada, Toninho foi o primeiro a se manifestar:

- Vamos começar o dia com algo bem simples, só para animar. Um AOC, já com bastante tempo de uso, com a imagem perfeita, porém sem áudio. Abri o televisor ontem à tarde, mas o que parecia obvio não era!

- Qual o modelo?

- É um AOC modelo LE39D1440. Antigo, mas sem vestígios de reparos anteriores.

- Ligue aí, Toninho: Vamos começar do zero; o mais elementar: Passe-me aí o controle remoto.

- Ótimo, deixe-me ver se nenhum anjinho andou brincando com o remoto e alterou as funções do áudio. Tem aqui, em algum lugar a opção para alto-falantes externos, ou algo parecido.

- Está aqui, em “Configurações”... Mas parece estar tudo em ordem.

- Tive uma ideia! Apanhe os seus fones de ouvido, Zé Maria. Vamos ver se temos áudio aqui na saída para os fones.

- Se tiver som, certamente serão os alto-falantes.

- Leve esta tampa traseira para lá, Toninho. Agora melhorou com todas as placas à mostra!

- Escute! Temos o som saindo perfeito aqui nos fones. É o alto-falante ou esse jaque, que corta o som quando o plugue dos fones é encaixado.

Resumindo a história: Nem plugue, nem jaque nem os alto-falantes eram os culpados. Por sorte, o televisor ainda é do tempo em que se usavam os alto-falantes convencionais e um simples teste com o multímetro analógico na escala baixa de “Ohms” foi capaz de mostrar que estavam perfeitos.

- Mas se temos som nos fones, mas não nos alto-falantes, então...

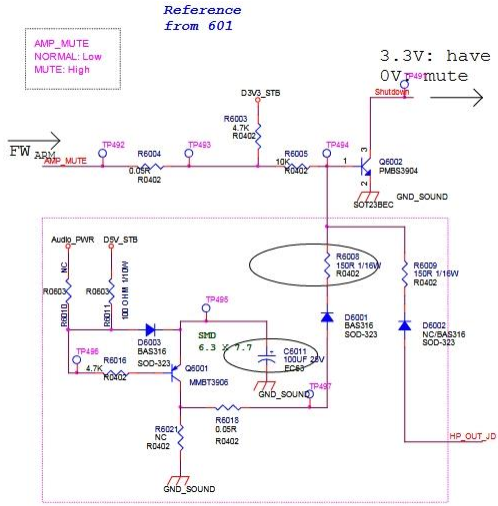
- Acho melhor recorrer ao esquema. Veja se tem no site da Eletrônica PT, lá de Portugal, Toninho. Você que adora uma pesquisa na Internet!

Dali a pouco a turma já estava debruçada sobre o esquema, fazendo suas considerações.

- Os fones estão aqui... Quando são conectados, automaticamente acionam o “Mute”, que corta o som dos alto-falantes... bem engenhoso!

- Veja aqui no esquema, Toninho. Temos uma dica muito importante, bem aqui em cima. A tensão nesse ponto deveria ser de 3,3 V, no coletor de Q6002.

E temos... Justamente Zero! O ‘Mute” está acionado. Por isso não temos áudio nos alto-falantes.



AOC LE39D1440

- Vamos fazer um teste rápido: Apanhe o fluxo, Zé Maria. Vou retirar esse transistor e ver se temos áudio.

- Onde ele fica? Seria este transistor, bem aqui, pertinho dessa tomada?



- Ele mesmo... Retire ele, com muito cuidado, Zé Maria.

Terminado o procedimento, o televisor foi ligado e... O áudio retornou claro e forte.

- Deixamos assim, Carlito?

- Ficou maluco, Toninho? Vai que o proprietário vá ligar os fones? Coloque um transistor NPN desses SMD de uso geral e faça o teste final!

- Ah! Sim! Se aparecer um com o mesmo defeito, cobre só Dez Reais...

O Pré-amplificador WB606



Marcelo Yared*

Em janeiro de 2021, mostramos em Antenna a recuperação e os testes do amplificador WB 505, da WB Electronics.

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

Podemos ver, ao lado, sua linha de áudio em um informe comercial, reproduzido em http://vintage7080.blogspot.com/2017/02/wb-01.html



***Engenheiro Eletricista**

Os produtos da WB se destacavam pelo design industrial. São bonitos e seu estilo é diferente. Hoje, a maior parte do conjunto é difícil de se encontrar.

Neste número, faremos a avaliação do pré-amplificador da WB, o modelo 606.

É um equipamento de linhas sóbrias e elegantes, muito bonito, e com recursos não usuais para essa categoria de produtos.

No pequeno chassis temos 4 entradas para microfones, um misturador de dois canais estereofônicos, VU de led, controle de nível para fone de ouvidos e controle de médios, além dos tradicionais controles de graves e de agudos, além de entradas e saídas para dois gravadores de fita e para dois toca-discos.

Também há a possibilidade de se agregar um processador externo, como um equalizador, por exemplo. Por meio dos conectores de “loop”, em seu painel traseiro, que é bem funcional e racionalmente organizado.

Outro recurso interessante do aparelho é a entrada para medição de potência do amplificador a ele conectado, específica, no caso, para o WB 505, que dispõe de uma saída específica para isso. Uma chave no painel frontal controla as opções de medição no bonito VU de led de pontos.



O equipamento em análise foi cedido por um confrade de nossas listas de discussão de áudio, e estava original, sem nenhuma restauração. Os painéis estavam bem conservados e não demandaram recuperação.

Não matem o carteiro...

Antes de descrevermos a recuperação do equipamento, gostaríamos de lembrar aos fãs da marca, bem como aos fãs dos equipamentos da época “vintage” do áudio brasileiro, que as análises que efetuamos são sempre objetivas, com base na técnica e nos padrões da indústria daquela época. Os eventuais problemas encontrados não são de responsabilidade deste articulista, que apenas os relata e mostra em Antenna.

Este preâmbulo é necessário pois, na análise do WB 505, foram encontrados e mostrados diversos problemas constritivos no equipamento, coisas que, inclusive, já haviam sido citadas na análise do misturador WB 404, em Antenna, na época.

Os equipamentos da WB, nada obstante seus desempenhos objetivos, aparentemente, sofriam de problemas no processo produtivo. Os projetos eram bons, mas a execução era falha. Este WB606 não é exceção. Assim, poupem este carteiro, pois o produto é de uma outra época e não deixa de ter seus méritos, e deméritos, como tudo na vida.

Vejam, por exemplo, a montagem interna do WB 606, na foto abaixo:

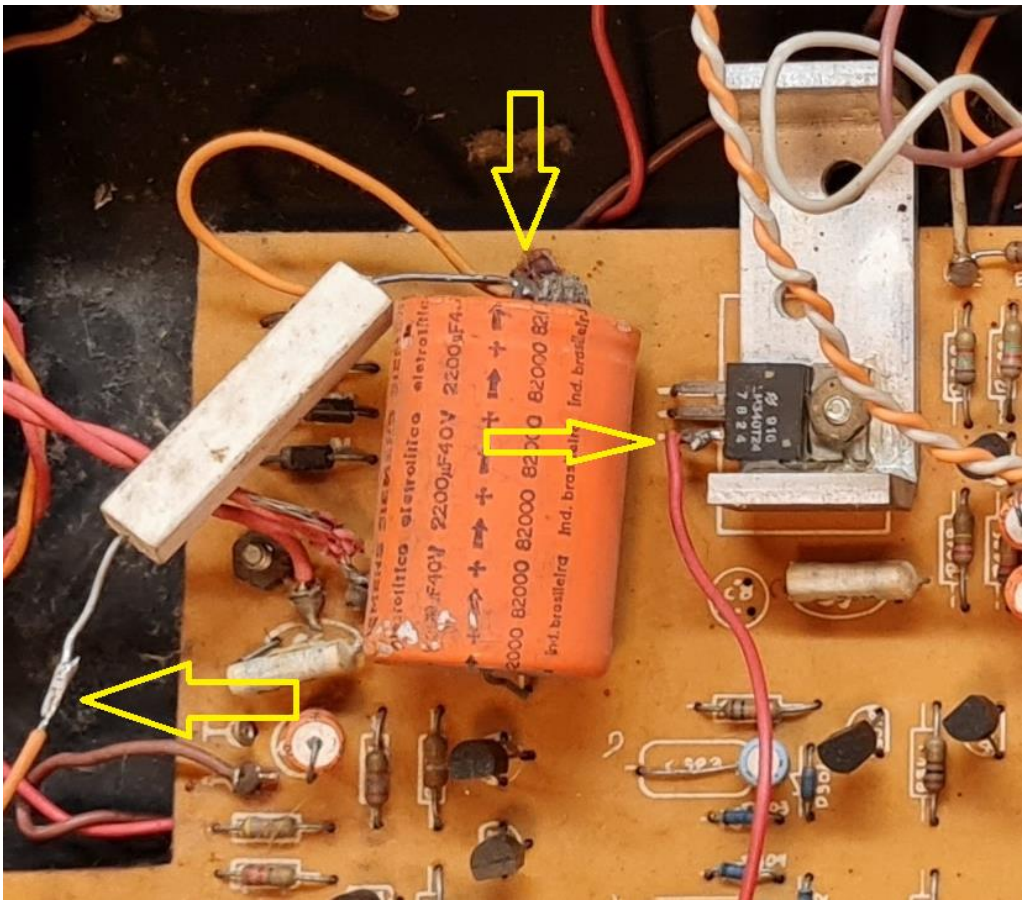


O produto ainda estava com seus componentes originais, e, como de praxe, substituímos quase todos os capacitores eletrolíticos do equipamento, pois vários já estavam com sinais de deterioração.



A distribuição das placas de circuito não é ruim, as chaves de comutação estão bem colocadas, com extensões e os componentes são de boa qualidade. A fiação poderia ser melhor organizada, mas isso também não era incomum.

Entretanto, foram feitas várias adaptações em linha de produção, muito provavelmente por falha de projeto, como vocês verão abaixo:



Houve a necessidade de se coletar as tensões da fonte para se alimentar os circuitos dos VU de led, e então foram feitas as adaptações acima. A peça branca é um resistor de fio de 10W e, está, literalmente, pendurada por um de seus terminais. O fio vermelho foi soldado diretamente no terminal do componente.

Também, a montagem da placa principal é feita de uma maneira que, se precisarmos substituir um componente defeituoso qualquer, teremos que desmontar todo o equipamento, seu painel frontal, as placas de VU etc.

Isso é um trabalho demorado. E, em nossa unidade, aparentemente, pode danificar o aparelho, pois vários knobs estavam colados com massa do tipo Durepoxi, para melhor fixação, bem como os eixos metálicos dos potenciômetros e chaves foram cortados com alicate para poderem se encaixar na altura da montagem dos knobs.

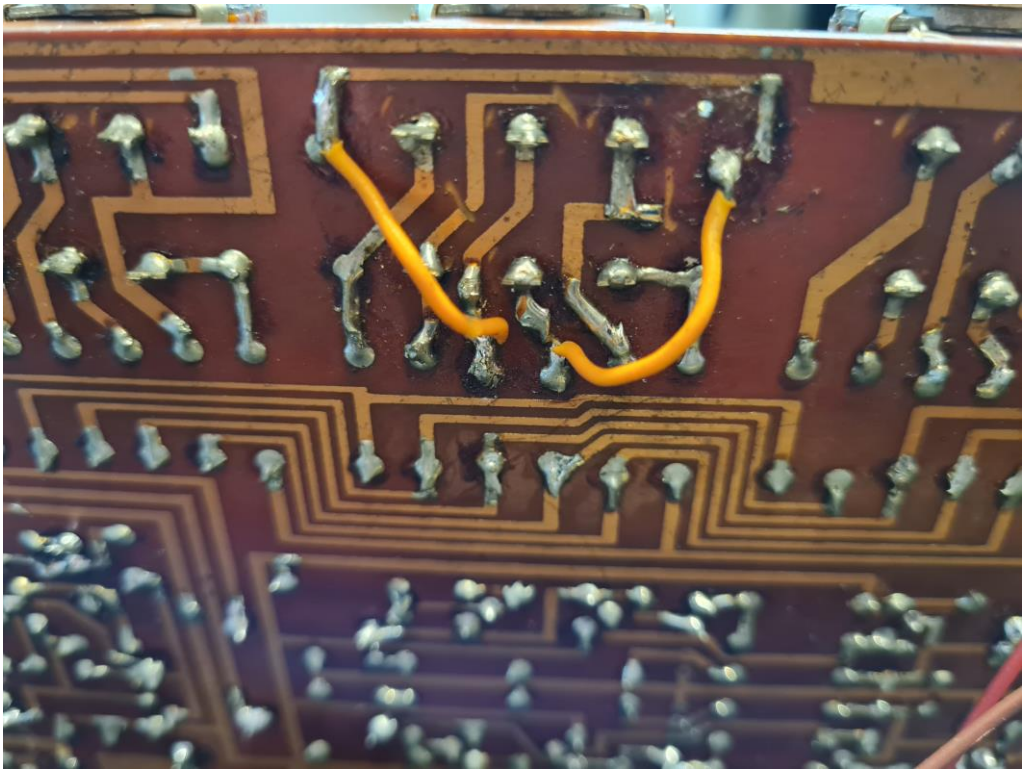
Se isso foi feito em fábrica é difícil dizer, mas todos os potenciômetros e chaves estavam nessa situação, coisa que dificilmente ocorreria em uma manutenção mal feita.



Após algum trabalho para retirar os knobs com um mínimo de dano, iniciamos o trabalho na placa principal, trocando os capacitores eletrolíticos.

Encontramos também vários fios soldados diretamente em componentes e trincas por esforço na placa principal. Estranhamente, havia componentes soldados que não estavam conectados a nada, pois as peças que deveriam estar conectadas a eles não foram colocadas; seus pontos de solda sequer mostravam sinais de eles terem estado lá algum dia, pois estavam virgens.

Após trocarmos os eletrolíticos e reforçarmos a placa em alguns pontos trincados, nos deparamos com a seguinte modificação no circuito, no controle de médios:



Imaginávamos ser alguma manutenção mal feita, pois as soldagens eram ruins e os cortes na placa bem grosseiros. A distribuição dos componentes seguia a do controle de graves, assim, retiramos as gambiarras e recuperamos as trilhas de cobre cortadas.

Aio energizarmos o aparelho, para verificar seu funcionamento, verificamos, entretanto, que o controle de médios atuava de forma incorreta; em sua posição central um canal atenuava os médios e o outro os reforçava.

Resumo da ópera: as modificações mostradas são de fábrica, decorrentes de erro de leiaute da placa impressa, e tivemos que refazê-las, melhorando as soldagens e a fiação. Com isso, o circuito passou a funcionar corretamente.

Chego à conclusão que esse equipamento foi levado à linha de produção sem prototipagem final, pois o erro de leiaute acima seria facilmente identificado e corrigido em um protótipo em pré-produção.

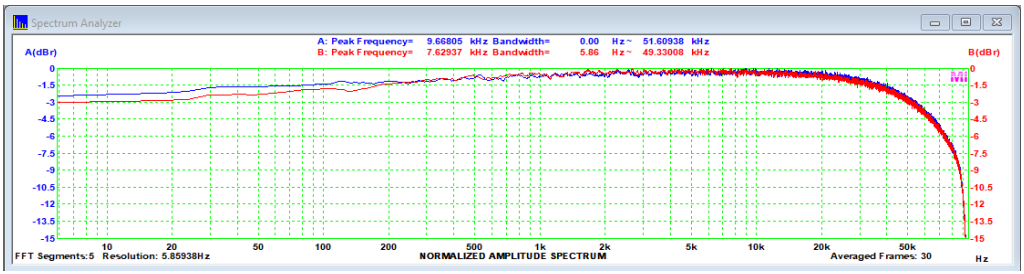
Imagino que alguns fãs da marca podem ficar aborrecidos vendo isso, mas, infelizmente, é o que vimos, também, e estamos relatando.

Medições técnicas

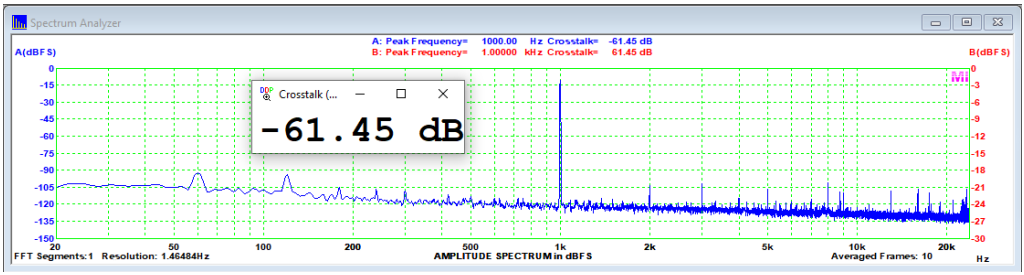
Vejamos agora como o WB 606 se comportou na bancada de testes. Infelizmente, não encontramos nenhuma informação sobre as características técnicas do aparelho.

Energizado em rede elétrica de 220VCA, inicialmente verificamos a máxima excursão de saída, carregando-o com 47kΩ, resistivos. Obtivemos, com folga, mais que 3Vrms, sem ceifamento, o que mostra boa excursão. O sinal foi aplicado na entrada auxiliar.

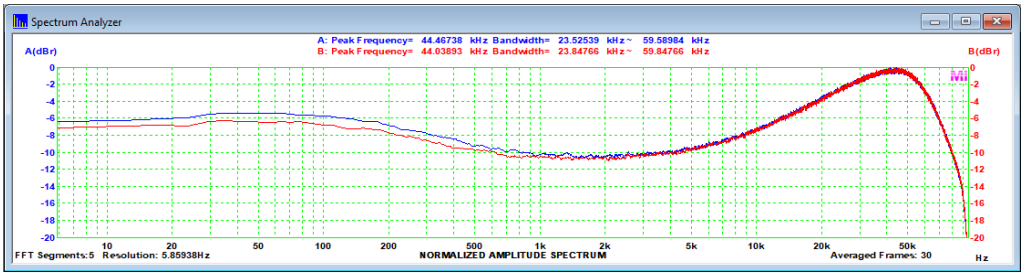
A **resposta em frequência** é boa, variando de **-2dB em 20Hz a -3dB em 51kHz**, com os controles de tonalidade na posição “flat”.



A **separação entre canais** (**crosstalk**), a 1kHz, mostrou-se boa, também, dentro do esperado para esse tipo de aparelho.

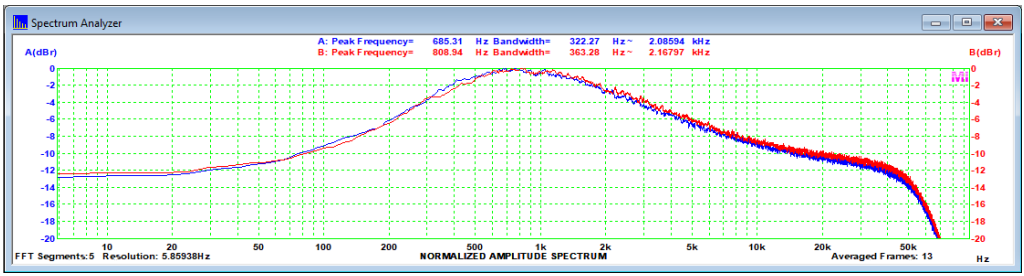


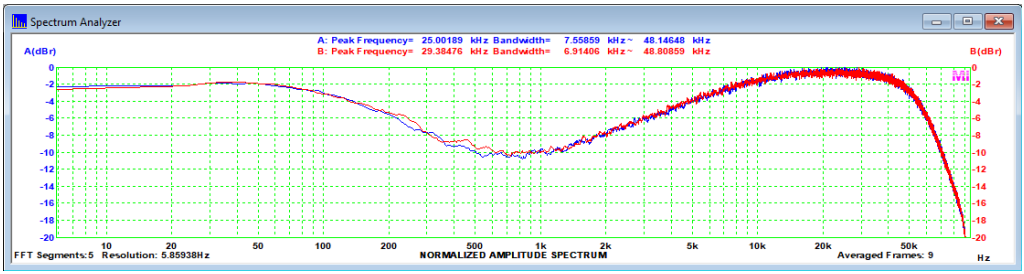
O reforço de **loudness** ocorre em níveis bem baixos, e apresenta uma curva um pouco diferente, particularmente nas frequência altas, conforme mostrado abaixo.



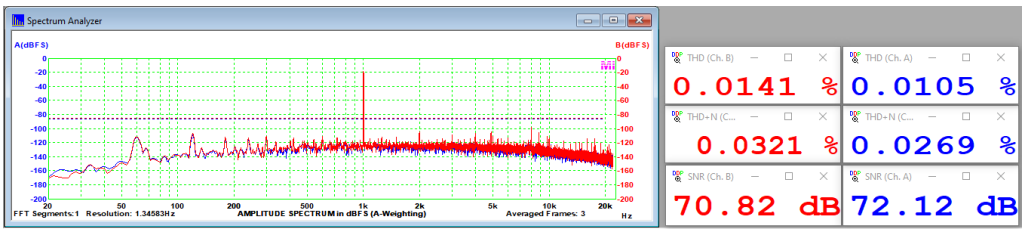
A **relação sinal-ruído** alcançou **83dB a 2,5Vrms** na saída, o que é um bom valor.

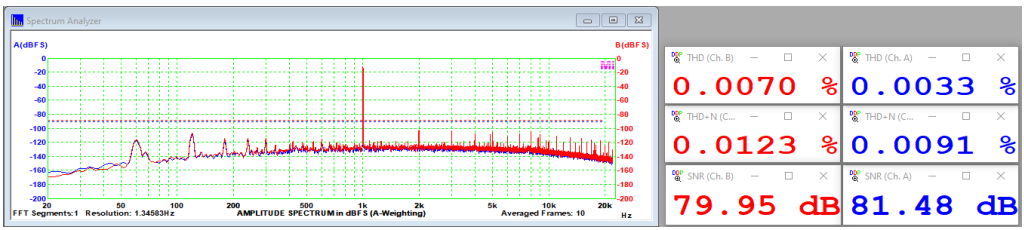
Os controles de tonalidade são efetivos, e as medidas batem com as marcações do painel frontal (±**12dB**), nos extremos da faixa audível de frequências e, no caso do controle de médios, em sua frequência central, atenuação é um pouco menor (**-10dB**). Abaixo, as curva de reforço e atenuação do controle de médios, a 500mVms à saída.

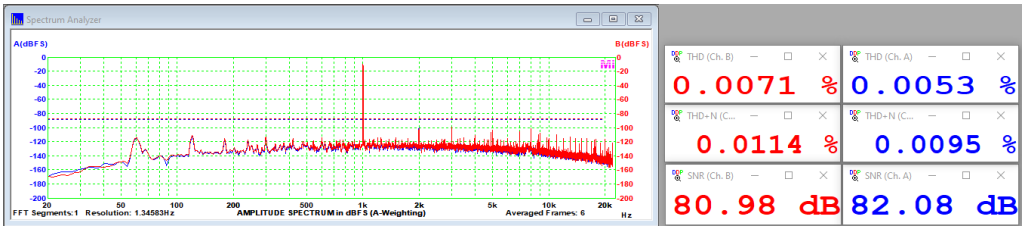




Quanto à **distorção harmônica**, obtivemos, com curva de ponderação A, os seguintes valores, a **500mVrms, 1Vrms e 2Vrms** à saída, respectivamente.

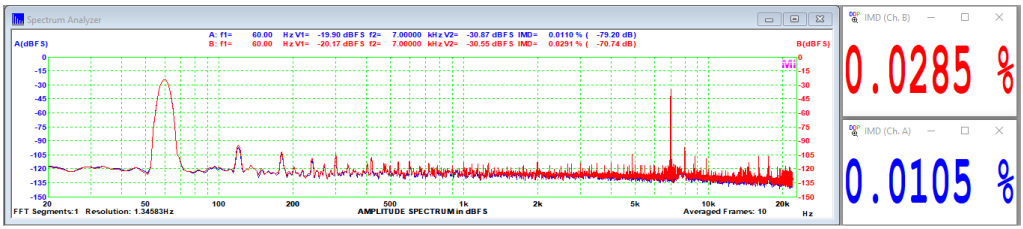


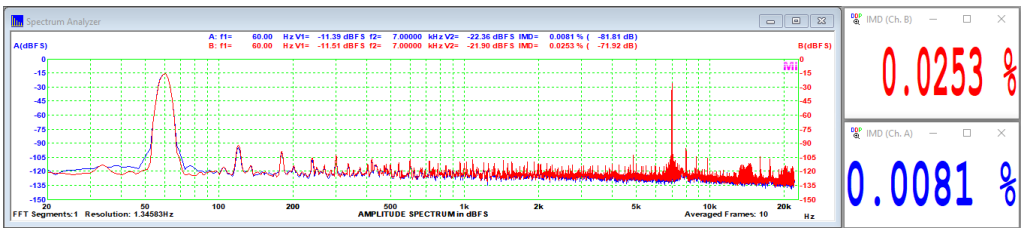


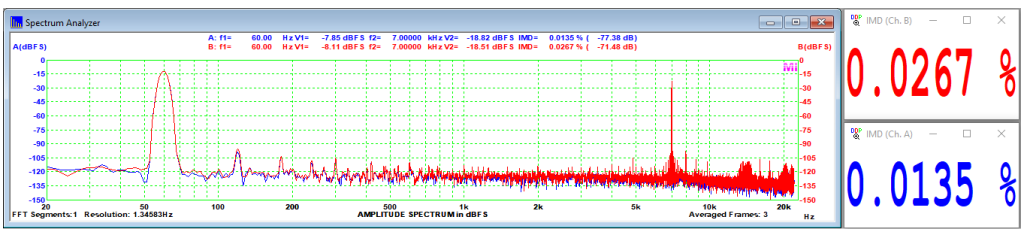


Os valores de DHT são bons, o que demostra que o projeto eletrônico é de qualidade.

Quanto à **distorção por intermodulação**, obtivemos, no padrão **SMPTE**, os seguintes valores, a **500mVrms, 1Vrms e 2Vrms** à saída, respectivamente, e muito bons.







Conclusão

De forma similar à do WB 505, o WB 606 não faz decepciona, tecnicamente, e apresenta bons e diferenciados recursos de uso. As medições mostram que o projeto é bom, e merecia um processo fabril melhor, à altura de seu bonito painel e de suas características técnicas objetivas.

E ficamos por aqui. Até a próxima!



João Alexandre Silveira*

No artigo anterior dessa nossa série tratamos da leitura e da escrita de *arquivos texto* não formatados, onde dissemos que um arquivo desse tipo tem a extensão *.txt* e que era composto por um bloco de caracteres *ASCII* organizados em linhas. Vimos que qualquer *editor de textos* simples, que normalmente já vem instalado em todo sistema operacional, pode abrir um arquivo *.txt*, como os blocos de notas do *Windows*, do *Mac* ou do *Linux*.

Também dissemos que, diferentemente dos editores, com os *processadores de texto*, como o *Word* do *Windows* ou o *Write* do *LibreOffice*, podemos formatar partes de um texto; como criar títulos com fontes grandes; sublinhar e colorir palavras e frases; além de inserir imagens em qualquer lugar dentro do arquivo. Um arquivo de texto dessa forma formatado somente poderá ser corretamente aberto por um programa compatível com aquele que o formatou.

Arquivos podem conter dados coletados de sensores, imagens capturadas por câmeras, áudios e vídeos de movimentos nas ruas e prédios; que podem ser compartilhados entre computadores conectados entre si em redes locais ou mundiais, como a *internet*. Tudo à nossa volta e também todos nós estamos em arquivos. Naquele artigo do mês passado fizemos experimentos com um arquivo *.txt* com um texto, que 'raspamos' (*scraping*) de uma página *web*, sobre o clássico circuito integrado LM-555.

*__Autor do livro "Experimentos com o Arduino", disponível em__ www.amazon.com.br

Para abrir esse arquivo criado usamos o método *open()* da biblioteca básica da linguagem Python. Também nesse artigo falamos rapidamente sobre o que são *objetos*, *classes, instâncias, atributos e métodos* em Python; sem nos aprofundarmos em o que é programação orientada a objetos (*OOP – Object-Oriented Programming*).

Nessa sétima etapa de nossa jornada vamos ver como abrir e manipular outros tipos de arquivos um outro tipo de arquivo com *scripts* em Python: os arquivos texto com extensões *csv*.

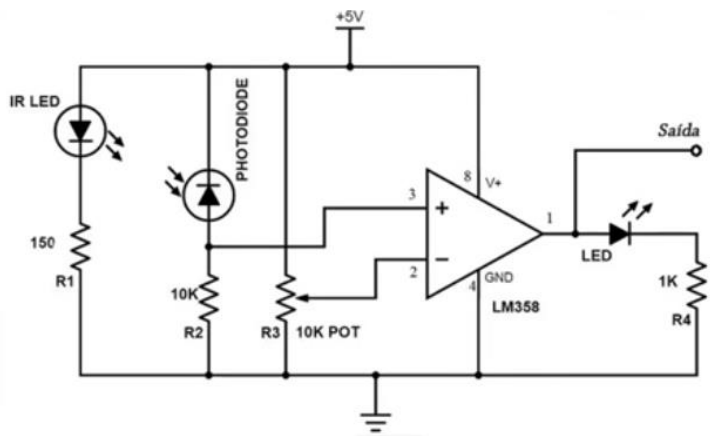
Abrindo Arquivos CSV com Python

Um arquivo *.csv* (*Comma Separated Values*) é composto por um texto simples não formatado, onde cada linha representa um registro de valores separados por vírgulas; é a forma mais simples de se guardar dados em tabelas. Como planilhas, arquivos *.csv* podem ser abertos por programas como o *Excel*, o *LibreOffice Calc* ou o *Google Spreadsheet*.

Vamos então criar um arquivo *csv* simples com o bloco de notas do sistema operacional instalado no nosso PC, e armazená-lo numa pasta na área de trabalho. Depois, vamos ler e manipular as informações contidas nesse arquivo com umas poucas linhas escritas em Python.

Comecemos montando uma tabela com 9 linhas e 3 colunas com os seguintes dados do circuito de um tacômetro simples com o *opamp* LM-358, que tomamos emprestado no seguinte canal *Youtube*: https://www.youtube.com/watch?v=QJvJVSDGTxQ

Veja o circuito e a tabela mostrados abaixo.



ID, Descrição, Valor
D1, IR LED, TIL-32
D2, Fotodiodo, TIL-78
R1, Resistor, 150
R2, Resistor, 10K
P1, Potenciômetro, 10K
CI1, Op Amp, LM-358
D3, LED, 5mm
R4, Resistor, 1K

Conforme descrição no canal do autor, nesse circuito o LED infravermelho está continuamente emitindo um feixe de luz que é refletido por uma marca branca num eixo mecânico giratório para o fotodiodo TIL-78. O *opamp* LM-358 montado como comparador de tensão detecta toda vez que essa marca branca interrompe o feixe de luz e, assim, muda sua saída de nível baixo (terra) para alto (+5 volts). Essa mudança de estado vai fazer o LED verde D3 piscar e ativar a entrada de um frequencímetro ou de um osciloscópio a cada giro completo do eixo.

Copie toda a tabela acima para um bloco de notas e após a linha 9, faça isso!, pressione mais uma vez a tecla *Enter*. Salve o arquivo como, por exemplo, *tacometro.csv* numa pasta na área de trabalho (*Desktop*) do seu PC. Depois abra esse arquivo com um programa de planilha eletrônica e você terá alguma coisa como mostra a figura abaixo.

	A	B	C
1	ID	Descrição	Valor
2	D1	IR LED	TIL-32
3	D2	Fotodiodo	TIL-78
4	R1	Resistor	150
5	R2	Resistor	10K
6	P1	Potenciometro	10K
7	CI1	OpAmp	LM-358
8	D3	LED	5mm
9	R4	Resistor	1K
10			

OK, agora copie o *script* Python abaixo para o seu ambiente *Google Colab* e clique no ícone '*Arquivos*' à esquerda, para abrir uma aba lateral. Nessa aba, clique no ícone com uma seta para cima para fazer o carregamento (*upload*) do arquivo *tacometro.csv* que você guardou numa pasta na área de trabalho do seu PC. Por fim, nos três pontos à direita do arquivo já carregado, clique em '*Copiar caminho*' e cole (*Cntl+V*) dentro dos parênteses da função *open()* na linha 3. Todo esse procedimento já vimos anteriormente na parte 4 desta nossa série.

```
[15]  1 import csv
      2
      3 f = open('/content/tacometro.csv')
      4 csv_tac = csv.reader(f)
      5
      6 for line in csv_tac:
      7     print(line)
      8
```

```
['ID', ' Descrição', ' Valor']
['D1', ' IR LED', ' TIL-32']
['D2', ' Fotodiodo', ' TIL-78']
['R1', ' Resistor', ' 150']
['R2', ' Resistor', ' 10K']
['P1', ' Potenciometro', ' 10K']
['CI1', ' OpAmp', ' LM-358']
['D3', ' LED', ' 5mm']
['R4', ' Resistor', ' 1K']
[]
```

Nesse *script*, na primeira linha importamos a biblioteca *csv* e na linha 3 abrimos com a função *open()* o arquivo *tacometro.csv* que carregamos e atribuímos todo o seu conteúdo à variável *f*. Na linha 4, com a variável *f* criamos o objeto iterável *csv_tac* usando o método *reader()* da biblioteca *csv.* E nas duas linhas seguintes mandamos imprimir cada elemento de *csv_tac* com um laço *for*. Note que cada linha do arquivo *tacometro.csv* agora é uma lista Python. Assim, podemos por exemplo acessar todos os primeiros elementos de cada coluna desse arquivo. Vamos relembrar como isso funciona modificando a linha 7 do nosso *script*, como mostrado na tela *Colab* abaixo.

```
  1 import csv
  2
  3 f = open('/content/tacometro.csv')
  4 csv_tac = csv.reader(f)
  5
  6 for line in csv_tac:
  7     print(line[0])
  8
```

```
ID
D1
D2
R1
R2
P1
CI1
D3
R4
---------------------------------------------------------------------------
IndexError                                Traceback (most recent call last)
<ipython-input-16-1221c59bcf26> in <module>()
      5
      6 for line in csv_tac:
----> 7     print(line[0])
      8

IndexError: list index out of range
```

Ôpa!, apareceu um *erro*! Na verdade uma *exceção*, como já aprendemos nas partes V e VI dessa série. O interpretador Python nos diz que na linha 7 ocorreu uma tentativa de acessar um elemento inexistente numa lista. Como assim, se todos os primeiros elementos de cada coluna foram mostrados corretamente?!

Será que o leitor que acompanhou até aqui toda essa série de artigos saberia dizer onde está esse erro? Uma dica: observe cada linha impressa pelo *script* da página anterior. Aquele *script* imprimiu uma lista em cada uma das 10 linhas; mas, observe a última linha.

Isso mesmo: a última lista está vazia, não existe nenhum elemento nela para ser acessado, daí o erro. E como essa lista foi criada? Ela foi criada depois da linha 9 quando pressionamos a tecla *Enter* e criamos mais uma linha, essa vazia.

Para corrigir essa exceção, abra de novo o arquivo *tacometro.csv*, posicione o cursor nessa última linha, pressione a tecla *Return* e salve novamente o arquivo. Agora abra novamente a aba esquerda no *Colab*, refaça o carregamento do arquivo e execute o *script*. Veja a tela a seguir, onde agora mostramos as duas primeiras colunas de cada linha do arquivo *tacometro.csv*; não existe mais nenhuma exceção quando executamos o *script*!

Lembre-se que devemos sempre fechar, com a função *close()*, na linha 9, um arquivo aberto depois de usá-lo.

```
[21]  1 import csv
      2
      3 f = open('/content/tacometro.csv')
      4 csv_tac = csv.reader(f)
      5
      6 for line in csv_tac:
      7     print(line[0:2])
      8
      9 f.close()
```

```
['ID', ' Descrição']
['D1', ' IR LED']
['D2', ' Fotodiodo']
['R1', ' Resistor']
['R2', ' Resistor']
['P1', ' Potenciometro']
['CI1', ' OpAmp']
['D3', ' LED']
['R4', ' Resistor']
```

Podemos também fechar automaticamente o arquivo depois de usá-lo, se empregarmos a declaração *with* como na listagem abaixo. Observe que incluímos na linha 3, depois do nome do arquivo, a opção '*r*' (*read*). Se nenhum modo for implicitamente indicado dentro da função *open()*, o modo leitura é selecionado por *default*.

```
[20]  1 import csv
      2
      3 with open('/content/tacometro.csv', 'r') as f:
      4     csv_tac = csv.reader(f)
      5     for line in csv_tac:
      6         print(line)
```

```
['ID', ' Descrição', ' Valor']
['D1', ' IR LED', ' TIL-32']
['D2', ' Fotodiodo', ' TIL-78']
['R1', ' Resistor', ' 150']
['R2', ' Resistor', ' 10K']
['P1', ' Potenciometro', ' 10K']
['CI1', ' OpAmp', ' LM-358']
['D3', ' LED', ' 5mm']
['R4', ' Resistor', ' 1K']
```

Mas, vamos em frente. A primeira linha do nosso arquivo *tacometro.csv* é o cabeçalho das colunas com as informações sobre os componentes do circuito que propomos. Podemos separar esse cabeçalho do resto do nosso arquivo usando a função *enumerate()*, que já vimos em artigos anteriores, da seguinte forma:

```
[22]  1 import csv
      2
      3 with open('/content/tacometro.csv') as f:
      4     csv_tac = csv.reader(f)
      5     for line_0, line_ in enumerate(csv_tac):
      6         if line_0 == 0:
      7             print('Cabeçalho:')
      8             print(line_)
      9             print('Dados:')
     10         else:
     11             print(line_)
```

```
Cabeçalho:
['ID', ' Descrição', ' Valor']
Dados:
['D1', ' IR LED', ' TIL-32']
['D2', ' Fotodiodo', ' TIL-78']
['R1', ' Resistor', ' 150']
['R2', ' Resistor', ' 10K']
['P1', ' Potenciometro', ' 10K']
['CI1', ' OpAmp', ' LM-358']
['D3', ' LED', ' 5mm']
['R4', ' Resistor', ' 1K']
```

Uma outra forma, mais simples, de eliminar o cabeçalho é usando a função *next()*, como na tela a seguir:

```
[21]  1 import csv
      2 with open('/content/tacometro.csv') as f:
      3     csv_tac = csv.reader(f)
      4
      5     next(csv_tac)           # salta a primeira linha
      6     for line in csv_tac:    # mostra somente os dados
      7         print(line)
```

```
['D1', ' IR LED', ' TIL-32']
['D2', ' Fotodiodo', ' TIL-78']
['R1', ' Resistor', ' 150']
['R2', ' Resistor', ' 10K']
['P1', ' Potenciometro', ' 10K']
['CI1', ' OpAmp', ' LM-358']
['D3', ' LED', ' 5mm']
['R4', ' Resistor', ' 1K']
```

Escrevendo em Arquivos CSV com Python

Agora vamos acrescentar mais uma coluna ao nosso arquivo, uma lista com o preço de cada componente no circuito. Veja abaixo a lista *P* e o *script*.

P = [1.0, 1.2, 0.2, 0.2, 3.5, 4.5, 1.5, 0.2]

```
[72]  1 import csv
      2 # lista de preços dos componentes:
      3 P = [1.0, 1.2, 0.2, 0.2, 3.5, 4.5, 1.5, 0.2]
      4
      5 with open('/content/tacometro.csv') as f_1:
      6     with open('tacometro_2.csv', 'w') as f_2:
      7         writer = csv.writer(f_2)
      8
      9         for i,line in enumerate(csv.reader(f_1)):
     10             if line[0] == 'ID':
     11                 writer.writerow(line+['Preço'])
     12             else:
     13                 writer.writerow(line+[P[i-1]])
     14
```

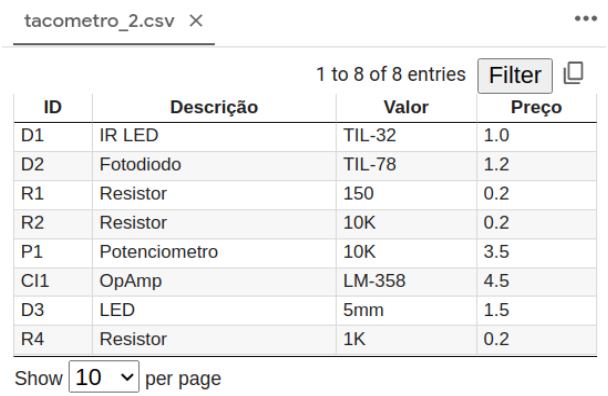
Nesse *script* abrimos normalmente para leitura o arquivo original, *tacometro.csv*, com a função *open()*. Depois, na linha 6, também com a função *open()*, criamos um novo arquivo, *tacometro_2.csv*, no modo escrita com a opção '*w*' (*write*). Na linha 7 criamos o objeto *writer* para esse novo arquivo com o método *writer()* da biblioteca *csv*, previamente importada. Na linha 9 vamos lendo cada linha do primeiro arquivo com o método *reader()* dessa biblioteca; também criamos um cabeçalho para a nova coluna, na linha 11, com a função *writerow()*; por fim, vamos tomando cada elemento da lista *P* e, também com a função *writerow()*, o acrescentando ao novo arquivo, na linha 13.

Vejamos agora na forma de listas, as 8 linhas desse novo arquivo.

```
[85]  1 import csv
      2 with open('/content/tacometro_2.csv') as f:
      3     csv_tac = csv.reader(f)
      4
      5     next(csv_tac)           # salta a primeira linha
      6     for line in csv_tac:    # mostra somente os dados
      7         print(line)
```

```
['D1', ' IR LED', ' TIL-32', '1.0']
['D2', ' Fotodiodo', ' TIL-78', '1.2']
['R1', ' Resistor', ' 150', '0.2']
['R2', ' Resistor', ' 10K', '0.2']
['P1', ' Potenciometro', ' 10K', '3.5']
['CI1', ' OpAmp', ' LM-358', '4.5']
['D3', ' LED', ' 5mm', '1.5']
['R4', ' Resistor', ' 1K', '0.2']
```

Abra a aba à esquerda do ambiente *Colab* e dê um duplo clique sobre esse novo arquivo *tacometro_2.csv*. À direita da tela deverá aparecer na forma de planilha todo o seu conteúdo. Veja a tela abaixo.


tacometro_2.csv

1 to 8 of 8 entries Filter

ID	Descrição	Valor	Preço
D1	IR LED	TIL-32	1.0
D2	Fotodiodo	TIL-78	1.2
R1	Resistor	150	0.2
R2	Resistor	10K	0.2
P1	Potenciometro	10K	3.5
CI1	OpAmp	LM-358	4.5
D3	LED	5mm	1.5
R4	Resistor	1K	0.2

Show 10 per page

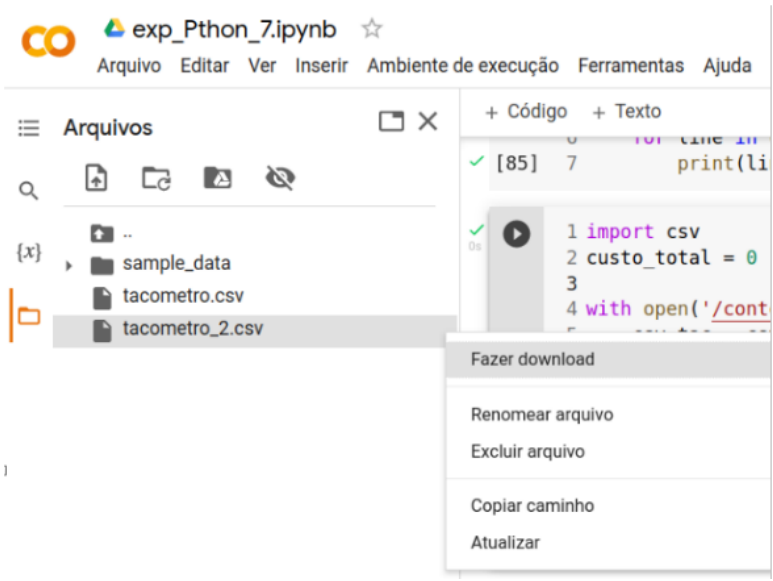
Na quarta coluna desse novo arquivo temos os preços de cada componente do circuito; então podemos calcular o custo total para montar nosso tacômetro da seguinte forma:

```
[112]  1 import csv
       2 custo_total = 0     # atribui 0 a variavel 'custo_total'
       3
       4 with open('/content/tacometro_2.csv') as f:
       5     csv_tac = csv.reader(f)
       6     next(csv_tac)           # salta a primeira linha
       7
       8     for line in csv_tac:
       9         custo_total += float(line[3])
      10
      11 print(f'Custo total do circuito: R$ {custo_total}')
```

```
Custo total do circuito: R$ 12.3
```

Salvando Arquivos CSV com Python

Para salvar esse novo arquivo na mesma pasta onde está o arquivo original, clique nos 3 pontos ao lado do nome do arquivo *tacometro_2.csv* e na opção '*Fazer download*', como mostra a tela abaixo, e selecione a pasta na sua área de trabalho.



No terceiro artigo tivemos os primeiros contatos com a biblioteca *pandas* da linguagem Python; onde vimos o que é uma *Serie* e um *Dataframe*. Agora vamos transformar o arquivo *tacometro_2.csv* num *dataframe* (*dataset*) com o método *DataFrame()* dessa biblioteca *pandas*.

```
[143]  1 import csv
       2 import pandas as pd
       3
       4 with open('/content/tacometro_2.csv') as f:
       5     df_1 = pd.DataFrame(csv.reader(f))
       6
       7 df_1.rename(columns=df_1.iloc[0], inplace = True)
       8 df_1.drop(df_1.index[0], inplace = True)
       9
      10 print(df_1)
      11
      12 df_1.to_csv('df_1.csv')
      13
```

```
    ID       Descrição    Valor Preço
1   D1          IR LED   TIL-32   1.0
2   D2       Fotodiodo   TIL-78   1.2
3   R1        Resistor      150   0.2
4   R2        Resistor      10K   0.2
5   P1   Potenciometro      10K   3.5
6  CI1           OpAmp   LM-358   4.5
7   D3             LED      5mm   1.5
8   R4        Resistor       1K   0.2
```

Nesse *script* nas duas primeiras linhas importamos as bibliotecas *csv* e *pandas.* Depois convertemos o arquivo *tacometro_2.csv* num *dataframe*, *df_1;* e fizemos, na linha 7, da primeira linha do arquivo, o cabeçalho, o nome das colunas; antes eram números inteiros. Na linha 8 tivemos que eliminar do *dataframe* essa primeira linha, que apareceria como dados junto com as outras. Na última linha salvamos esse *dataframe* num outro arquivo csv: *df_1.csv*.

Já dissemos ao longo dessa nossa série que sempre podemos escrever um mesmo programa em Python de diferentes maneiras. Veja como podemos reescrever o *script* acima de uma outra forma mais simplificada, usando o recurso da transposição entre linhas e colunas do *dataframe*; depois setamos a primeira linha como índice e, novamente, fazemos a transposição do *dataframe*; tudo isso numa única linha de comando; como na tela abaixo.

```
[147]  1 import csv
       2 import pandas as pd
       3
       4 with open('/content/tacometro_2.csv') as f:
       5     df_1 = pd.DataFrame(csv.reader(f))
       6
       7 df_1 = df_1.T.set_index(0).T
       8
       9 print(df_1)
```

```
0   ID       Descrição    Valor Preço
1   D1          IR LED   TIL-32   1.0
2   D2       Fotodiodo   TIL-78   1.2
3   R1        Resistor      150   0.2
4   R2        Resistor      10K   0.2
5   P1   Potenciometro      10K   3.5
6  CI1           OpAmp   LM-358   4.5
7   D3             LED      5mm   1.5
8   R4        Resistor       1K   0.2
```

Vamos fechar essa sétima parte do nosso '*Experimentos com a Linguagem Python para Técnicos em Eletrônica*', manipulando nosso arquivo *csv*, agora com a biblioteca *pandas*.

Começamos importando essa biblioteca para nosso *script* e atribuindo o método de leitura de arquivos *read_csv()* a variável *csv_tac*. Uma vantagem do método *read_csv()* é que por *default* ele já utiliza a primeira linha de um arquivo *csv* como cabeçalho das colunas, criando assim um dataframe pronto. Veja a tela a seguir.

```
[153]  1 import pandas as pd
       2
       3 csv_tac = pd.read_csv('/content/tacometro_2.csv')
       4 print(csv_tac)
```

```
    ID       Descrição    Valor  Preço
0   D1          IR LED   TIL-32    1.0
1   D2       Fotodiodo   TIL-78    1.2
2   R1        Resistor      150    0.2
3   R2        Resistor      10K    0.2
4   P1   Potenciometro      10K    3.5
5  CI1           OpAmp   LM-358    4.5
6   D3             LED      5mm    1.5
7   R4        Resistor       1K    0.2
```

Uma vez criado o *dataframe*, podemos realizar diversas manipulações em sua estrutura; como inserir ou eliminar linhas ou colunas; fazer operações matemáticas entre suas células e exportar as modificações feitas.

O método *to_csv()* do *pandas* salva o *dataframe* como arquivo *csv*, como já vimos na página anterior. Veja abaixo como fica o *dataframe* quando fazemos a transposição entre linhas e colunas.

```
[160]  1 import pandas as pd
       2
       3 csv_tac = pd.read_csv('/content/tacometro_2.csv')
       4 csv_tac = csv_tac.T
       5
       6 print(csv_tac)
```

```
                    0           1          2          3               4  \
ID                 D1          D2         R1         R2              P1
 Descrição    IR LED   Fotodiodo   Resistor   Resistor   Potenciometro
 Valor        TIL-32      TIL-78        150        10K             10K
Preço            1.0         1.2        0.2        0.2             3.5

                    5     6          7
ID                 CI1    D3         R4
 Descrição     OpAmp   LED   Resistor
 Valor        LM-358   5mm         1K
Preço            4.5   1.5        0.2
```

No próximo artigo continuaremos ainda tratando da leitura e escrita de arquivos em Python, mas dessa vez de arquivos com extensão *.xlsx*, utilizados em planilhas eletrônicas como o *Excel* da *Microsoft*.

Até lá!

Manual das Antenas para Radioamadores e Radiocidadãos

Parte II

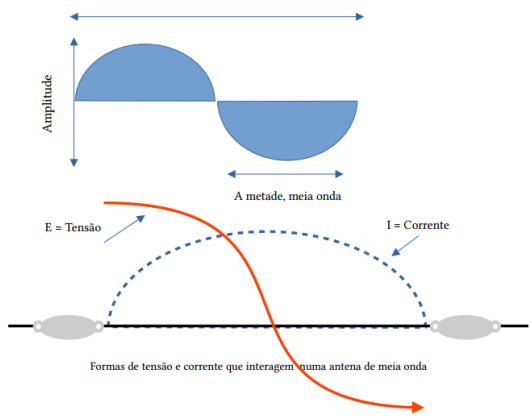
Ressonância, reatância, impedância e resistência

As antenas, de qualquer tipo, são influenciadas por essas grandezas elétricas. O assunto é bem complexo e, para quem quiser se aprofundar, aconselho adquirir o ARRL Antenna Book. Podemos resumir as grandezas, todas inter-relacionadas e interdependentes entre si.

Ressonância é quando a antena tem o comprimento exato e funciona na frequência para a qual foi dimensionada. A impedância é aquela que se espera para a qual o sinal de RF flua sem restrições para o éter e é medida em ohms (Ω). Por exemplo, se sua antena foi dimensionada para 7.100 KHz, ela não irá funcionar bem em 8.000khz. Haverá ondas estacionárias, ou RF, voltando pelo cabo para o rádio. A impedância, neste caso, também será diferente quando a antena é usada em frequência para a qual não foi cortada, aparecendo outras grandezas complexas, como a reatância, podendo ser indutiva ou capacitiva. Exemplo: R 50 +j123. R é a parte resistiva medida em ohms. O símbolo "+"j indica reatância indutiva. Se o sinal fosse "-", seria reatância capacitiva.

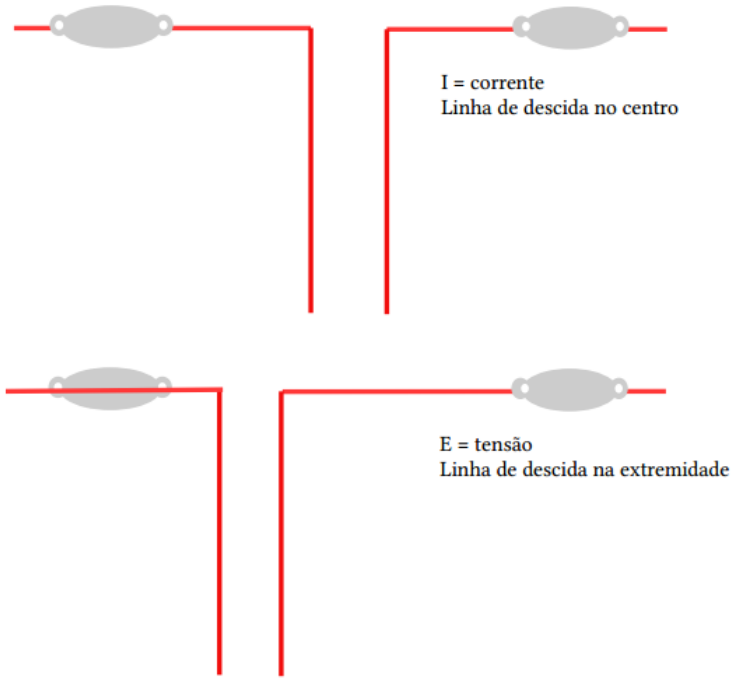
Outra característica das antenas é que elas podem ser alimentadas por tensão ou corrente. No caso do dipolo alimentado no centro, dizemos que a alimentação é em corrente e, no caso de ser na extremidade, a alimentação é em tensão. Veja o gráfico abaixo. A propósito, não fique com a cara colada numa antena, quando alguém transmite! Pode haver queimaduras por RF. Hoje no Brasil existem normas de segurança a este respeito.

A senoide representa uma onda completa



Formas de tensão e corrente que interagem numa antena de meia onda

***Ademir Freitas Machado – PT9-HP**



Tipos de antenas

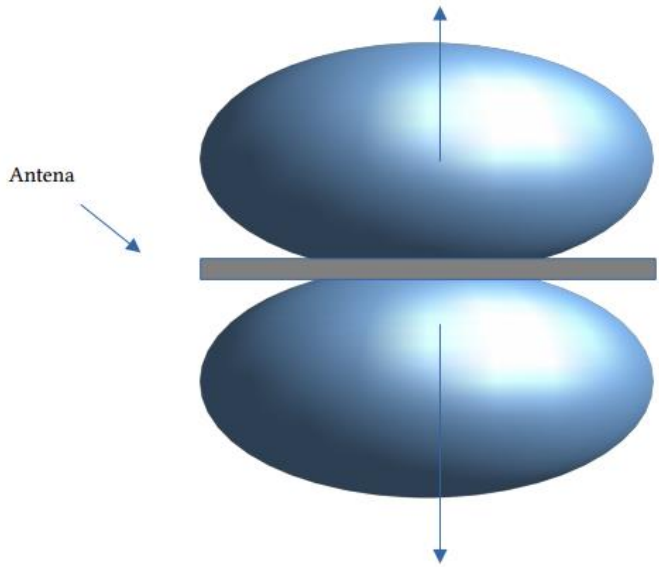
Dipolos de fio ou de tubos de alumínio. Já explanadas acima. Veja o ângulo de radiação e seu lóbulo (plano vertical e horizontal). O ganho de uma antena de 1 elemento é unitário. Ela irradia em todas as direções (omnidirecional), com uma leve diminuição nas pontas. No Brasil, os radioamadores gostam de colocar o dipolo com as pontas para o Leste/Oeste, irradiando o máximo para o Norte/Sul.

Uma antena dipolo pode ter suas extremidades dobradas em ângulos de 90º, permitindo acomodá-la em espaços reduzidos. É importante fazer experiências antes, pois uma série de fatores irá entrar em ação.

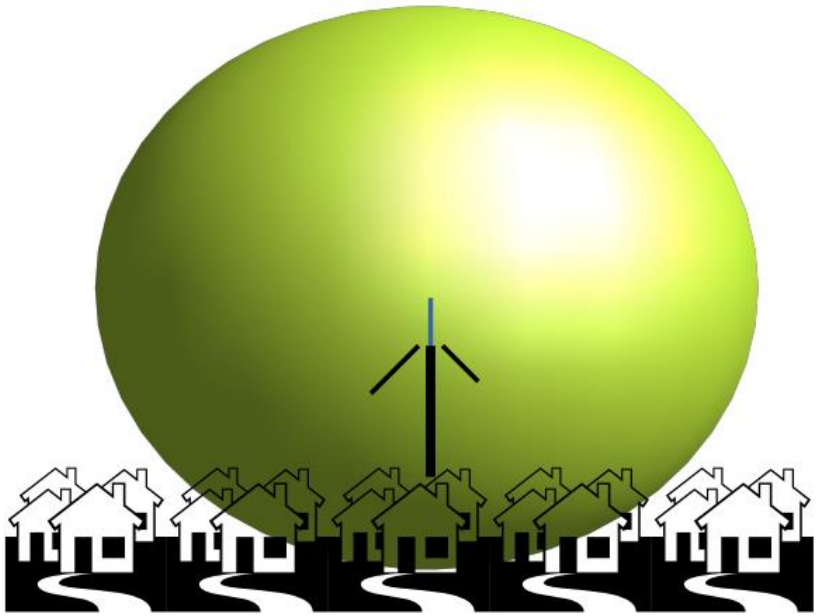
Na figura abaixo, representa-se a irradiação de um dipolo, vista de cima. Na figura seguinte, como se veria observando a antena na linha do horizonte. Não é bem exato, mas dá para se ter uma ideia. Nas antenas direcionais, o lóbulo concentra-se numa única direção e pode ter um ângulo bem baixo em relação ao horizonte, o que é bom para DX.

Se fosse possível vermos o campo eletromagnético, veríamos algo semelhante a uma bolha, levemente achatada nas pontas da antena e mais encorpada perpendicularmente ao fio da antena.

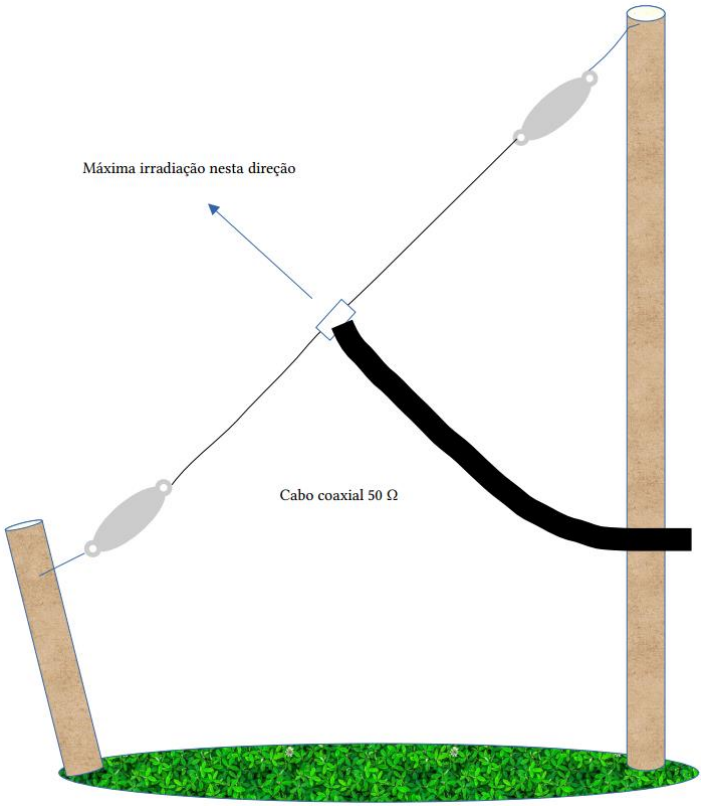
Lóbulos de irradiação de uma antena dipolo



Uma bolha gigante é o que você veria, se fosse possível ver a RF saindo de uma antena omnidirecional.



ANTENA SLOPER OU DIPOLO INCLINADA PARA DX



É claro que quanto mais alto for o “poste”, e se possível de madeira, melhor. A ponta da antena, em direção ao solo, deve estar o mais longe possível deste; daí a necessidade de um mastro de bom comprimento. Neste tipo de antena, é importante afastar pessoas e animais da antena, a menos que você esteja com 0,001 Watt de potência!

É muito comum os radioamadores usarem este tipo de antena aproveitando a própria torre.

DIPOLOS MULTIBANDA OU “BIGODE DE GATO”

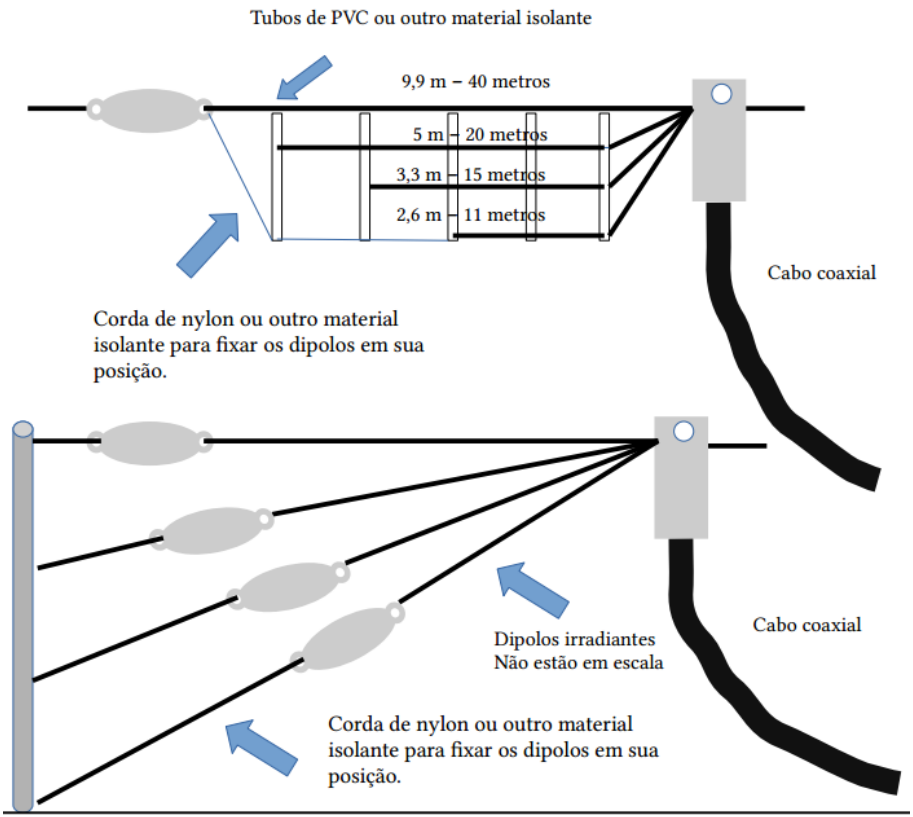
Usando os cálculos já mostrados, você pode construir uma antena deste tipo. Haverá interação entre os dipolos e a sintonia fica difícil em rádios com saída a válvulas, e daí surge a famosa frase em qualquer artigo sobre antenas: “requer pequenos ajustes para melhor funcionamento”.

Não seria má ideia usar-se um acoplador de antenas ou o casador 1:1 constituído do próprio cabo. Mais adiante no manual haverá uma seção sobre transformadores e acopladores de antenas.

O desenho não está em escala. Os fios de cobre podem ser encapados, nº 14, no caso do dipolo para a primeira faixa (80 ou 40 metros). Os outros dipolos podem ter diâmetro menor, como fio nº 16.

É importante soldar bem na orelha do isolador central. Se der algumas voltas para fixar melhor; solde e não se esqueça do comprimento de cada perna do dipolo. Se ficar comprida, descasque as pontas e enrole. A literatura não dá informações sobre a distância de cada dipolo, mas os caninhos isoladores de PVC costumam ter uns 30 cm de comprimento. Alguns livros recomendam usar a antena em "V" invertido.

A extremidade de cada dipolo pode ser colada com cola plástica para manter-se fixa no lugar. Lembre-se: é mais fácil encurtar um fio do que esticá-lo!

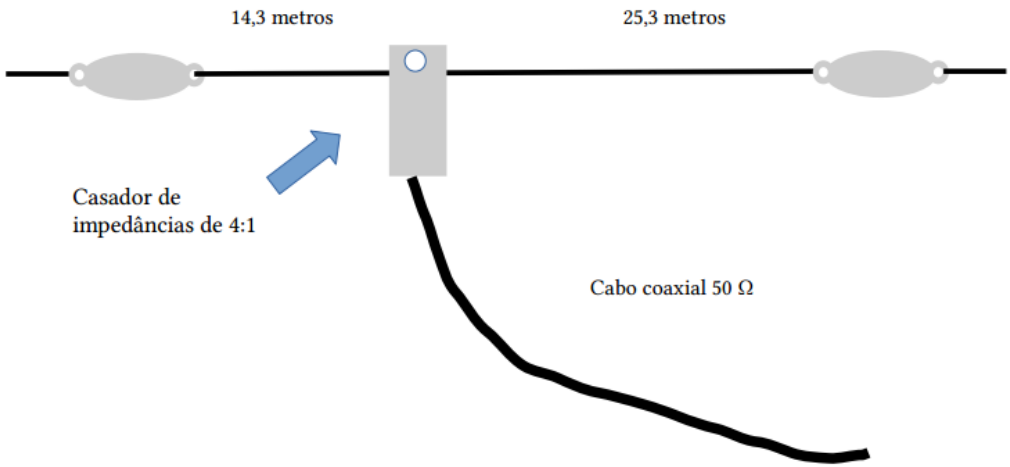


ANTENA WINDOM (multibanda)

É uma antena alimentada a 1/3 (aproximadamente) do centro do dipolo. Seu comprimento total é de 130 pés, o que equivale a 39,6 metros. Conta-se 14,3 metros a partir de uma extremidade e ligue aí o cabo coaxial. A outra perna da antena terá 25,3 metros. É necessário usar um acoplador ou transformador de impedâncias na relação 4:1.

Funciona de 80 a 10 metros e tem um ângulo de irradiação bem complexo. Procure na internet por “windom” que você encontrará farto (e polêmico) material a respeito desta antena, inventada por volta de 1930. Note que, na prática, seu comprimento total equivale a um dipolo para 80 metros, mas modelos comerciais apresentam versões longas e encurtadas.

Algumas publicações mostram a antena sendo alimentada por uma linha de 200Ω ou 300Ω e depois o cabo coaxial de 50Ω ou 75Ω. Na verdade, a impedância nominal da Windom é de 243Ω.



A POLÊMICA ANTENA G5-RV OU SAYAGO

Uma “senhora” antena, muito apreciada por colegas que querem ganho, versatilidade e operação de 80 a 10 metros. É um dipolo alimentado por uma seção de linha aberta de 300Ω (fita de televisão) de determinado comprimento e, o restante, um cabo coaxial de 75Ω. Um excelente artigo, talvez o melhor sobre esta antena, foi publicado na revista Antenna-Eletrônica Popular de janeiro de 1983, por Ney Thys, PY1-DWN.

Outro material de qualidade foi publicado na página do Alexandre, PY4-EU, por Galieno Lobato. Inclusive, as medidas são para fitas de 300Ω ou de 450Ω. Neste caso, veja que as medidas da antena variam, podendo inclusive, fazê-la na versão “encurtada”.

Esta antena funciona maravilhosamente bem em 20 metros, com baixa ROE. Nas outras bandas, inclusive as “novas” (lá se vão 30 anos...) é necessário usar-se um acoplador de antenas, tipo “T”. Alguns acopladores não funcionam bem com esta antena. Veja que existem várias configurações de acopladores. Um detalhe importante é que quem já experimentou avisa desde já: cuidado com baluns, especialmente os de ferrite. Se quiser, experimente, mas como diz o nosso colega Galieno em seu excelente artigo, “não invente moda”!

Como funciona a G5RV: Em 80 metros, comporta-se como um dipolo de meia-onda parcialmente dobrado no centro. Tem alta ROE. Em 40 metros, funciona como duas meias-ondas em fase. O rendimento é bom, apesar de ROE presente.

Em 30 metros, comporta-se como duas meias-ondas em fase, sendo o funcionamento parecido ao de 40 metros. Em 20 metros, ROE relativamente baixa. Funciona como uma long-wire de três meias-ondas.

Pode-se usar um cabo coaxial de 75 ohms. É nesta faixa que a G5RV mostra todo o seu potencial.

Em 17 metros funciona como duas ondas alimentada em fase. Em 15 metros funciona como long-wire de 5 meia-ondas. Alta ROE presente.

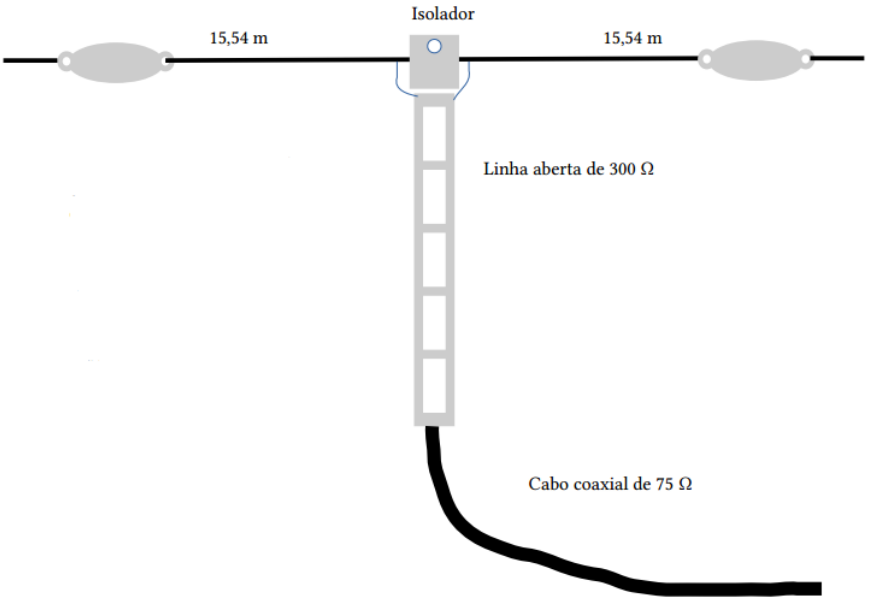
Em 12 metros, funcionamento praticamente igual ao da banda de 15 metros.

Em 10 metros funciona como duas long-wire de três meia-ondas alimentadas em fase.

Alta ROE presente.

Como se vê, o uso de um acoplador é fundamental para se tirar o máximo proveito dela, visto que os modernos transceptores baixam automaticamente a potência na presença de alta ROE (proteção para os transistores de saída).

Se você conseguir uma linha aberta de 450Ω, o que eu acho muito difícil aqui no Brasil, você deverá usar como descida um cabo coaxial de 50 ohms ao invés do de 75Ω, como na figura abaixo.



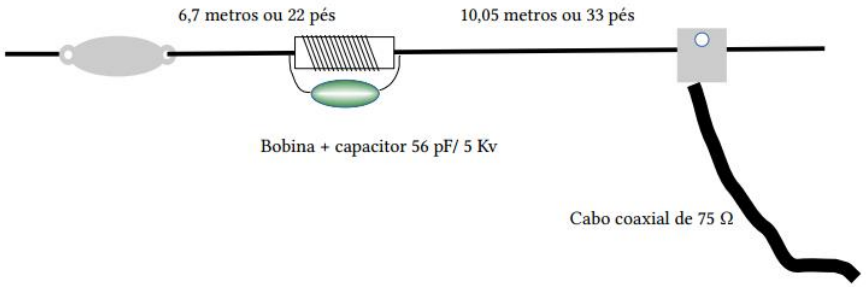
SEÇÃO CASADORA

QRG	DIPOLOS	FITA TV	FITA 450Ω	COMP TOTAL
160/10 M	31,08 M	17,40 M	20,68 M	62,16 M
80/10 M	15,54 M	8,70 M	10,34 M	31,08 M
40/10 M	7,77 M	4,35 M	5,17 M	15,54 M
20/10 M	3,885 M	2,175 M	2,585 M	7,77 M

A FAMOSA W3-DZZ – DIPOLO MULTIBANDA

É famosa e é multibanda, mas não é tão pequena assim, pois seu comprimento chega a 108 pés, ou pouco mais de 32 metros e requer um fio de cobre de 2 mm de diâmetro. Ainda assim, a antena é menor que um dipolo para 80 metros. Veja nos desenhos os detalhes para sua construção.

Deve-se ressaltar que é um bocado difícil fazer ajustes nas bobinas, por isso alguns fabricantes norte-americanos vendem as bobinas prontas. Os capacitores devem ser de alta voltagem, de 5 KV ou mais. Melhor usar de 20 KV. Lineares de mil watts? Risco por sua conta! Veja abaixo.



Detalhes da construção da bobina. O capacitor fica no interior do tubo de PVC, soldado entre as duas extremidades do enrolamento. Ao final, usa-se um tubo de maior diâmetro, “encapando” todo o conjunto. Pode-se usar um verniz resistente às intempéries. Atenção: Deve-se usar o corpo do PVC ou um isolador no centro para sustentar a bobina, caso contrário, o capacitor vai romper! A ROE é bem alta nas faixas de 20 a 10 metros e a antena não funciona nas bandas novas. Em 80 e 40 metros, a impedância fica em torno de 60 ohms. Ajuste a antena em 40 metros. Nas outras bandas altas, é imprescindível a utilização de um acoplador de antenas.

Tubo de PVC de 1,5” de diâmetro, 6 cm de comprimento aproximadamente (testar). Fio nº 16 encapado, 16 espiras. Espaço entre espiras igual ao diâmetro do fio. A indutância da bobina é de 8,5µH. Outras medidas para esta bobina encontradas na internet: 19 espiras de fio de 3mm de diâmetro. Diâmetro da bobina: 50mm e comprimento da bobina, 80mm. Caso a primeira não funcione bem, teste as medidas da segunda.

Um outro esquema mostra a bobina como um tubo de PVC de 2,5” de diâmetro, 6 cm de comprimento. A bobina teria 13 espiras de fio de 1mm (12 AWG) encapado.

Os programas para cálculos de indutores incluídos neste livro ajudarão o leitor a construir e ajustar estes tipos de bobinas (traps) para antenas multifaixas ou encurtadas. Só um lembrete: achamos dados conflitantes na internet sobre a construção desta antena.

Dipolos encurtados, de fio ou com tubos de alumínio

Um dipolo encurtado, usando bobinas, só mesmo para quem tem pouco espaço para sair em 40 metros. Mas tem algo interessante neste tipo de antena, conforme se observa nos desenhos mostrados abaixo: pode-se fazer um dipolo rotativo! Isto significa girar a antena para que os lóbulos irradiem com mais intensidade na direção desejada, conforme aprendemos na descrição do funcionamento dos dipolos.

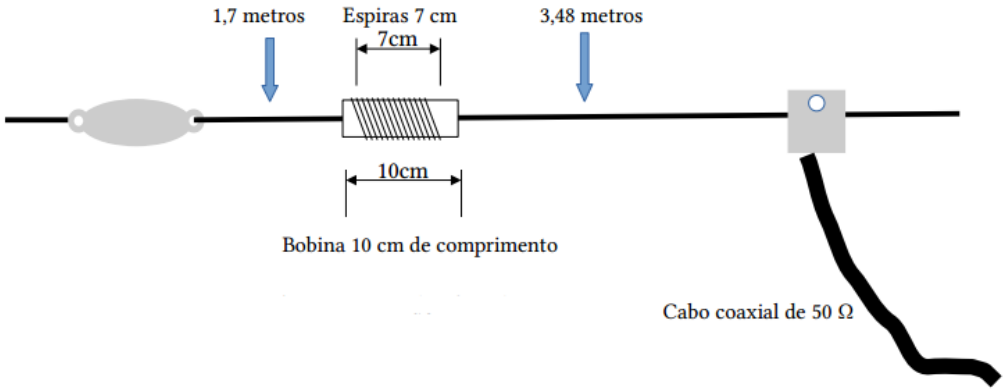
Há uma grande matemática envolvida, mas com um artigo do colega português Luiz Duarte Lopes, CT1EOJ publicado na revista QST de outubro de 2003 e com a ajuda de um programa disponibilizado por ele, pode-se, com certa facilidade, calcular todos os parâmetros para a confecção das bobinas. Neste caso, não usa capacitores.

Mais ainda, com um pouco de trabalho, pode-se construir uma excelente antena Yagi de 2 elementos, que compensaria em muito as perdas ocorridas numa antena encurtada por bobinas, já que a Yagi-Uda concentra o sinal numa única direção. Numa futura atualização deste manual, ensinaremos como calcular o encurtamento de uma antena dipolo.

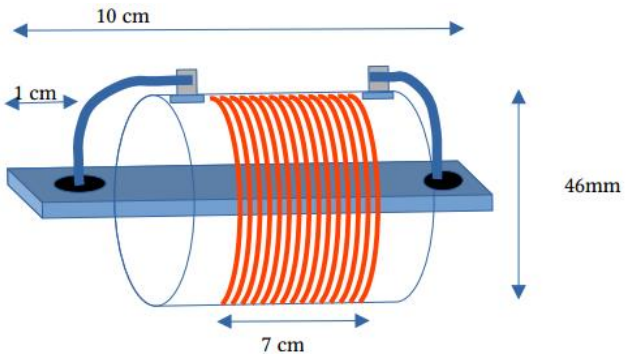
Dipolo encurtado com bobinas para 40 metros

Fica claro, pelas experiências realizadas, que o melhor rendimento se consegue quando as bobinas ficam mais para a extremidade da antena. Alguns preferem usá-las no centro de cada perna do dipolo. Veja o resultado final, usando-se fio encapado nº 12.

O comprimento total da antena é de 10,64 metros.



Bobina: 25µH (33 espiras de fio de cobre esmaltado nº 12, sobre PVC de 1 ¾ polegada de diâmetro – cerca de 4,6 cm). O enrolamento dá uns 7 cm de comprimento.



O Pequeno Notável

Parte III

Álvaro Neiva*
Miguel Nabuco

Fonte de Alimentação (como está) e Dissipadores

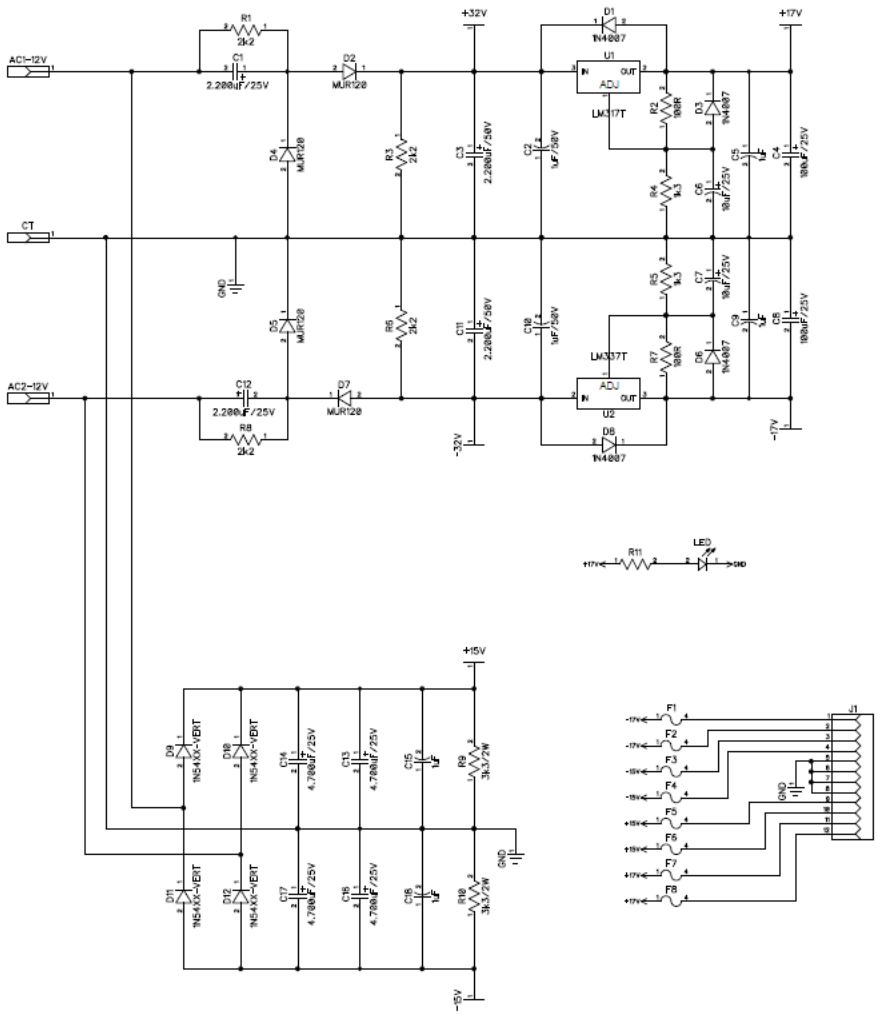


Fig. 1

***Engenheiro Eletricista**

Calculando a corrente CC drenada da fonte em funcionamento normal:

Primeiro a etapa de saída, vamos obter o consumo por canal, a partir da potência nominal (com sinal senoidal):

$$P_o = 20W$$

$$R_L = 4\Omega$$

$$I_{pk} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_o}{R_L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{4}} = \sqrt{10} = 3{,}16A$$

$$I_{CC} = \frac{I_{pk}}{\pi} = \frac{3{,}16}{\pi} \cong \frac{3{,}16}{3{,}14} \cong 1A$$

Então, F3, F4, F5 e F6 serão de 1A, batendo com o valor obtido com a limitação da corrente de curto como parâmetro (ver artigo anterior).

Para F1, F2, F7 e F8, o valor vai ser determinado considerando a corrente constante de polarização dos transistores Q2 e Q3, no diagrama original, ou Q502 e Q503 no atualizado, mais o valor CC correspondente à máxima corrente de sinal demandada pelos transistores de saída, somado ao consumo máximo em CC do amplificador operacional.

$$I_{cc_opamp} = 10mA = 0{,}01A$$

$$I_{CQ2} = \frac{1{,}15V}{47} \cong 0{,}025A$$

$$I_{+17V} = I_{cc_opamp} + I_{CQ2} + \frac{I_{pk}}{\pi \cdot H_{FE}}$$

Lembrando do gráfico de ganho x Ic :

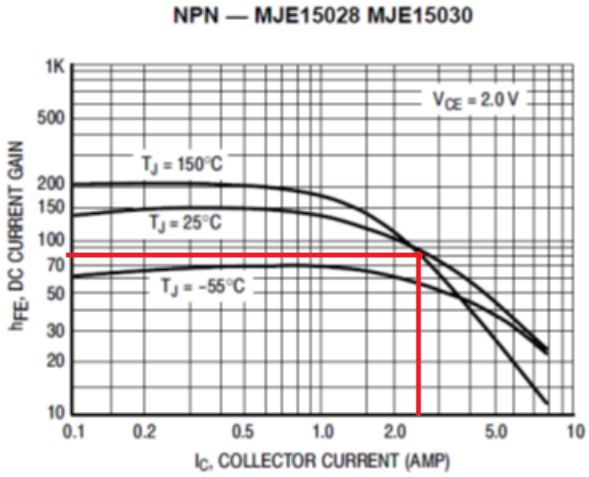


Fig. 2

$$H_{FE} > 70$$

$$\frac{I_{pk}}{\pi \cdot H_{FE}} \cong \frac{3{,}16}{3{,}14 \cdot 70} \cong 0{,}014A = 14mA$$

Então:

$$I_{+17V} = I_{cc_opamp} + I_{CQ2} + \frac{I_{pk}}{\pi \cdot H_{FE}} = 0{,}01A + 0{,}025A + 0{,}014A \cong 0{,}05A = 50mA$$

Como a função desses fusíveis (F1, F2, F7 e F8) será proteger os reguladores integrados de um curto acidental na fiação interna ou falha catastrófica no estágio de saída, podemos usar fusíveis de 100 ou 150mA, mais fáceis de encontrar que 50mA e com menor queda de tensão com a corrente normal, lembrando que os CIs já são protegidos internamente contra curto e sobrecarga.

Uma boa dica ao trabalhar com fusíveis em reguladores de tensão é colocá-los antes do elemento ou CI regulador, ou, pelo menos, antes da rede de amostragem de tensão (divisor de tensão), na realimentação do regulador.

Assim, a queda de tensão na resistência interna do fusível (não linear) será compensada pelo regulador.

Dissipadores

Em funcionamento normal, a dissipação no estágio de saída será muito menor que na condição de curto-circuito. Mas a máxima dissipação não acontecerá na máxima potência...

Na referência [3] podemos encontrar a derivação da máxima dissipação no estágio de saída, com um sinal senoidal. Nesse caso, e com carga resistiva, a máxima dissipação não ocorre com máximo sinal, mas com 63% da máxima amplitude de saída ou aproximadamente 40% da máxima potência de saída.

Na referência [6] encontramos o gráfico abaixo, que mostra o rendimento percentual em função da fração da potência máxima usada (figura 3):

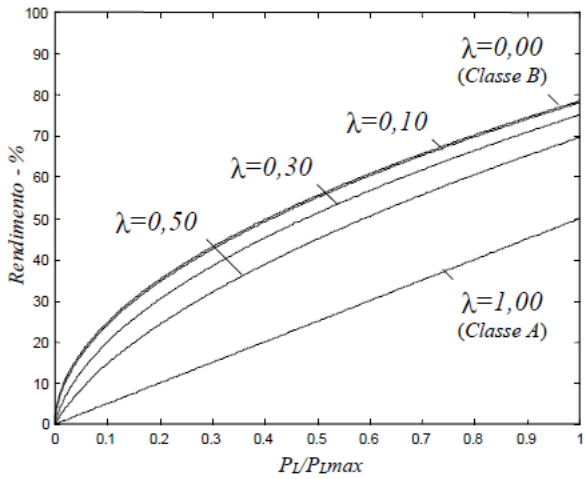


Fig. 3

Na amplitude com máxima dissipação [3] o rendimento vai ser de aproximadamente 50%, portanto a potência máxima dissipada será cerca de 40% da máxima potência senoidal entregue à carga sem distorção. Isso significa, nesse amplificador, uns 8W aproximadamente. Com música, a dissipação média será menor. Para saber quanto, precisamos considerar o Fator de Crista (Crest Factor) dos sinais musicais.

$$FC = \frac{U_{pico}}{U_{rms}}$$

Para um mesmo valor de pico máximo, o valor rms do sinal musical será menor (fig.4):

$$U_{rms} = \frac{U_{pico}}{FC}$$

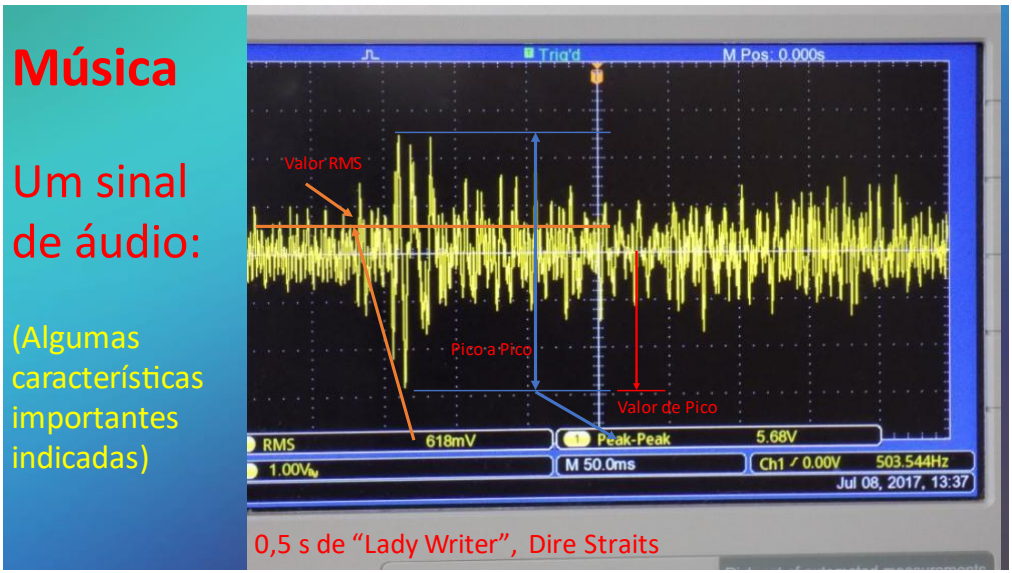


Fig. 4

Observem o valor rms medido, de 0,618V contra 2,84V de pico (5,68Vpp). Isso resulta num fator de crista de:

$$FC = \frac{U_{pico}}{U_{rms}} = \frac{2{,}84}{0{,}618} = 4{,}6$$

Um valor típico para programas musicais com compressão moderada.

Já numa senoide (figura 5):

$$FC = \frac{U_{pico}}{U_{rms}} = 1{,}41$$

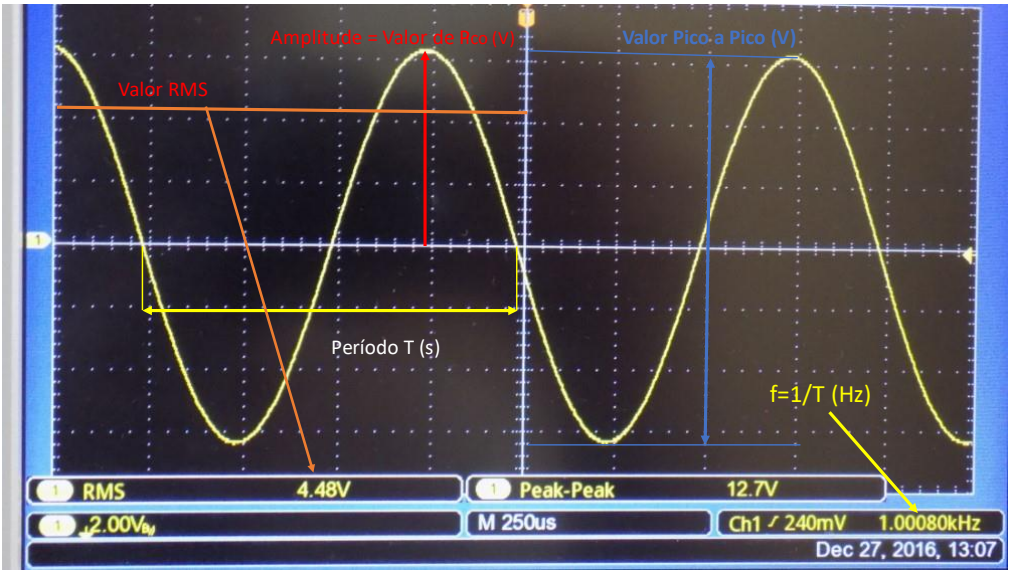


Fig. 5

Nosso amplificador vai ser capaz de fornecer um máximo de 13V de pico.
Por exemplo, com aquela música (figura 4), a máxima tensão rms de saída, sem ceifar os picos de sinal, será:

$$U_{rms} = \frac{U_{pico}}{FC} = \frac{13V}{4{,}6} = 2{,}83V_{rms}$$

Esse valor vai corresponder a 2W de potência média sobre 4 ohms de resistência de carga, ou 10% da máxima potência (média) senoidal. Um valor bem típico com música pop...

Voltando à figura 3, o rendimento do amplificador será de aproximadamente 25% nessa faixa de potência e a potência efetivamente dissipada em cada canal de saída será:

$$P_D = P_S - P_L = \frac{P_L}{\eta} - P_L = P_L \cdot \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) = 2 \cdot \left(\frac{1-0{,}25}{0{,}25}\right) = 2 \cdot \left(\frac{0{,}75}{0{,}25}\right) = 6W$$

Onde:

$P_D = Potência\ dissipada$
$P_S = Potência\ fornecida\ pela\ fonte\ de\ alimentação$
$P_L = Potência\ entregue\ à\ carga$
$\eta = eficiência\ em\ fração\ (não\ porcentual, mas\ por\ unidade) = \frac{\eta_{\%}}{100}$

Agora podemos avaliar melhor o dissipador a ser usado.

Podemos iniciar estabelecendo para temperatura ambiente máxima 40°C.

A partir da potência média em condições normais de 6W, vamos usar a resistência térmica para dissipação constante (CC) em todas as interfaces entre os materiais, para chegar na temperatura média do dissipador e junção. Não podemos esquecer da resistência térmica do isolante entre os transistores e o dissipador. A conta fica assim:

$$T_j = \frac{P_D}{N} \cdot \left(R_{thjc} + R_{thcd}\right) + P_D \cdot (R_{thda}) + T_A$$

Onde

$$T_j = temperatura\ da\ junção\ (°C)$$
$$P_D = potência\ média\ total\ dissipada\ no\ estágio\ de\ saída$$
$$N = quantidade\ de\ transistores\ de\ saída$$
$$R_{thjc} = resistência\ térmica\ entre\ a\ junção\ e\ o\ encapsulamento$$
$$R_{thcd} = resistência\ térmica\ entre\ o\ encapsulamento\ e\ o\ dissipador$$
$$R_{thda} = resistência\ térmica\ do\ dissipador$$

Do datasheet:

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction−to−Case	$R_{\theta JC}$	2.5	°C/W

Fig. 6

Então:

$$Como\ N = 4$$

e

$$R_{thjc} = 2{,}5°C/W$$
$$R_{thcd} = 0{,}5°C/W$$
$$T_A = 40°C$$
$$T_j = \frac{6}{4} \cdot (2{,}5 + 0{,}5) + 6 \cdot (R_{thda}) + 40$$
$$T_j = 1{,}5 \cdot 3 + 6 \cdot (R_{thda}) + 40$$
$$T_{jmax} = 4{,}5 + 6 \cdot (R_{thda}) + 40$$

$$Considerando\ T_{jmax} = 65°C\ em\ condições\ normais$$

$$65 - 44{,}5 = 6 \cdot (R_{thda})$$

$$R_{thda} = \frac{20{,}5}{6} \cong 3.4°C/W \approx 3°C/W$$

Isso implica uma temperatura máxima do dissipador de aproximadamente 60°C, também em condições normais. Um valor bem seguro.

$$T_d = 6 \cdot (R_{thda}) + 40°C = 6W \cdot 3°C/W + 40°C = 18°C + 40°C = 58°C$$

A temperatura de um dissipador de calor (e qualquer outro corpo) não aumenta de forma instantânea. Isso indica a presença de armazenamento da energia térmica, de forma semelhante ao armazenamento da energia elétrica num capacitor. Usando essa semelhança, ou analogia, podemos prever uma grandeza térmica semelhante à capacitância elétrica, que crie **constantes de tempo com a resistência térmica**. Essa seria a **capacidade térmica** C_{Th}.

As dimensões físicas dessa grandeza seriam:

$$C_{Th} = \left[\frac{W \cdot s}{°C}\right] = \left[\frac{J}{°C}\right]$$

Já que

$$R_{Th} = \left[\frac{°C}{W}\right]$$

E o produto da resistência térmica e capacidade térmica tem dimensões de tempo (unidade segundo, símbolo s).

$$R_{Th} \cdot C_{Th} = [s]$$

Podemos calcular a **capacidade térmica** de um corpo sabendo a sua **massa m** (kg) e o **calor específico c** do material $c = \left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]$.

$$C_{Th} = m.c$$

Para o alumínio:

$$c = 900 \left[\frac{J}{kg \cdot °C}\right]$$

Um dissipador com 3°C/W de resistência e 0,26kg de massa teria uma constante de 3x0,26x900= 702 segundos, tanto ao aquecer quanto ao esfriar, claro...

Vamos experimentar o dissipador DS 55, da Dissitec, como exemplo:

DS 55

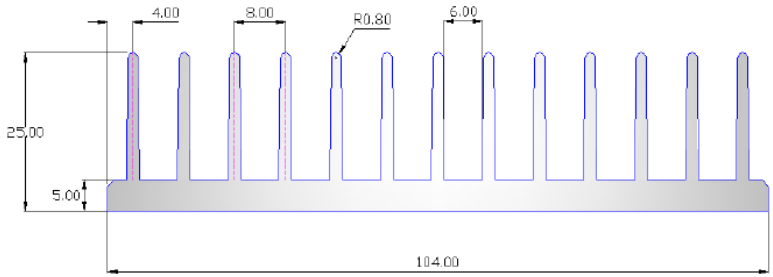


Fig. 7

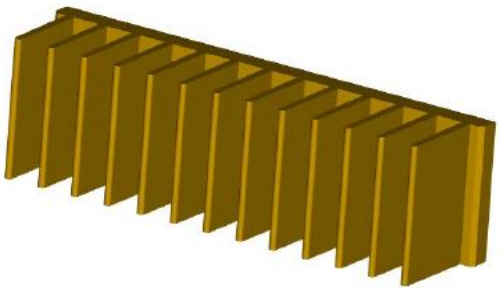


Fig. 8

Dados Técnicos:
Material: *Alumínio*
Liga e Têmpera: *6060-T5*
Área: *981,35 (mm²)*
Perímetro: *722,73 (mm)*
Peso: *2,70 (kg/m)*
Resistência Térmica: *2,13°C/W/4" (75°C)*
Tolerância: *ABNT 8116*
Obs:

Fig. 9

A resistência térmica não é linear e depende da diferença de temperatura entre o dissipador e o ambiente, sendo especificada pelo fabricante para uma diferença de 75°C... isso significa ter o dissipador a 115°C para 40°C de temperatura ambiente, valor inaceitável...

Para usar numa uma situação mais próxima da realidade, vai ser preciso lançar mão de uma tabela de correção:

Diferença de Temperatura (°C)	Fator de Conversão
75	1,000
70	1,017
60	1,057
50	1,106
40	1,170
30	1,257

Tabela 1

A diferença usada em nosso projeto foi de 18°C, quase 20°C, mas fora da tabela. Vamos estimar em 1,4 o fator de conversão referente à temperatura, nesse caso.

Considerando usar a altura como 4" ou 102mm, a resistência corrigida seria de 2,13 x 1,4= 2,98 ou aproximadamente 3°C/W, usando convecção natural.

Sua massa será de 0,1m x 2,7kg/m = 0,27kg

Sua capacidade térmica será de 0,27 x 900 = 243 J/°C= 243 W.s/°C

A constante de tempo térmica será:

3 x 243= 729s

Como a temperatura do dissipador vai atingir seu valor médio máximo depois de cinco constantes de tempo, pode levar até uma hora para chegar nos 58°C calculados anteriormente... isso trabalhando continuamente nesse nível de potência.

Para avaliar a proteção do estágio de saída, vamos avaliar o acréscimo de temperatura da junção a partir de 58°C, na condição de curto-circuito, até a atuação do fusível. Considerando funcionamento normal, com amplificação de sinal musical.

Vamos desprezar as capacidades térmicas do transistor e do isolante.

$$T_J(t) = \frac{P_{ccto}}{4} \cdot \left(R^*_{Tjc} + R_{Tcd}\right) + P_{ccto} \cdot R_{Thda} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_f}{R_{Thda} C_{Th}}}\right) + T_{dmáx}$$

Onde:

$$P_{ccto} = potência\ dissipada\ em\ curto\ (W)$$
$$R^*_{Tjc} = resistência\ térmica\ transiente\ da\ junção\ ao\ invólucro$$
$$R_{Tcd} = resistência\ térmica\ do\ isolante$$
$$R_{Thda} = resistência\ térmica\ do\ dissipador\ ao\ ambiente$$
$$t_f = tempo\ de\ atuação\ do\ fusível\ (s)$$
$$C_{Th} = capacidade\ térmica\ do\ dissipador$$
$$T_{dmáx} = temperatura\ máxima\ em\ regime\ permanente\ (°C)$$

Então

$$T_J(t) = \frac{73}{4} \cdot (1{,}09 + 0{,}5) + 73 \cdot 3 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}5}{729}}\right) + 58°C$$

$$T_J(t) = \frac{73}{4} \cdot 1{,}59 + 219 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}5}{729}}\right) + 58°C$$

$$T_J(t) = 29°C + 219 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}5}{729}}\right) + 58°C$$

$$T_J(t) = 29°C + 219 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}5}{729}}\right) + 58°C$$

$$T_J(t) = 29°C + 219 \cdot (0{,}000686) = 29°C + 0{,}15°C + 58°C \cong 87°C < T_{jmáx}$$

Onde $T_{jmáx} = 150°C$

Vamos agora simular no LTSpice o circuito equivalente ao modelo térmico proposto (resistência e capacidade térmica).

Circuito elétrico equivalente ao modelo térmico:

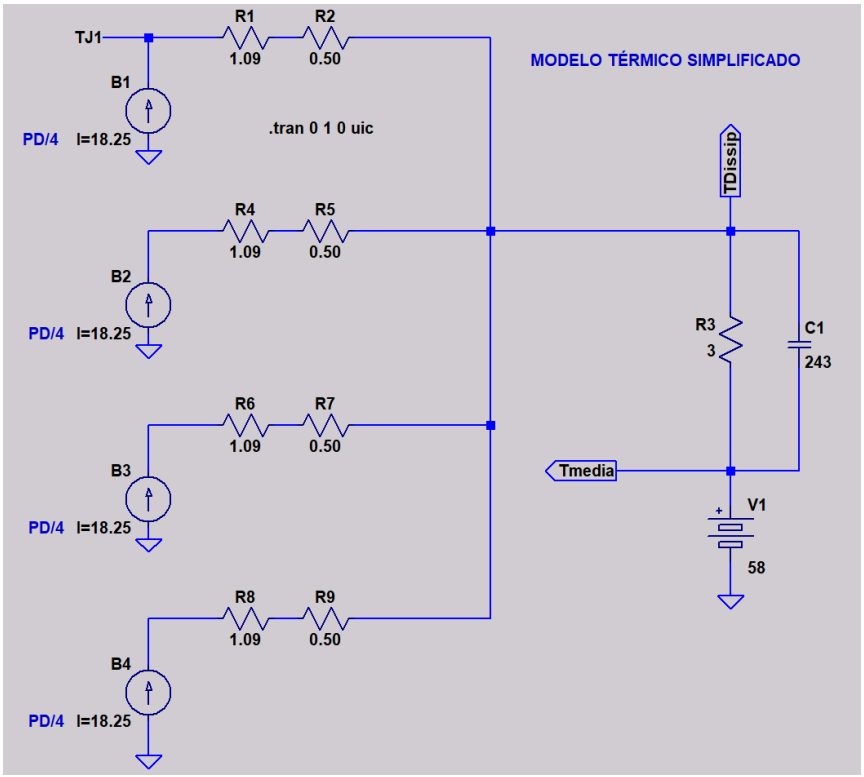


Fig. 10

Aqui, a potência média dissipada em cada transistor, em watts (W), é representada por uma fonte de corrente CC, com o mesmo valor numérico em ampères (A). Assim, a tensão elétrica em volts (V) será igual à temperatura em °C. Resultado da simulação:

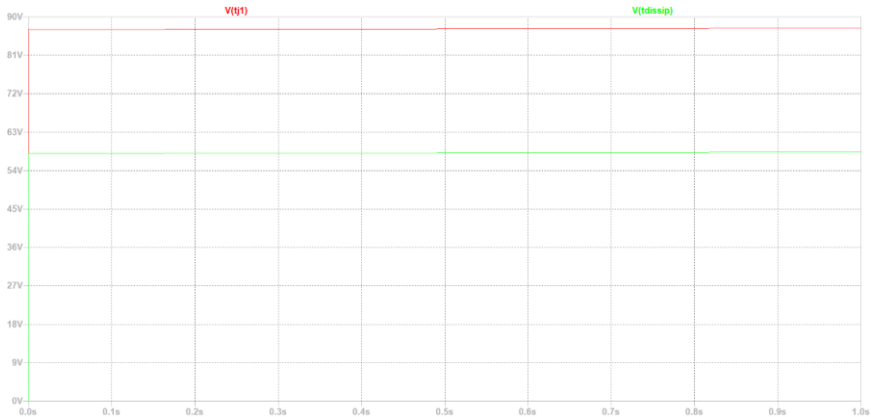


Fig. 11

Observem que a temperatura final da pastilha do transistor corresponde ao valor calculado anteriormente (87°C). Como não foram consideradas as capacidades térmicas do transistor ou do isolante, a temperatura da pastilha semicondutora parece atingir seu valor médio instantaneamente.

Mas a simulação que o modelo fez a previsão da temperatura da pastilha do transistor confere com a conta feita. Nesse intervalo de tempo (1s) a temperatura do dissipador praticamente não variou.

Podemos criar um modelo mais realista atribuindo alguns valores um pouco arbitrários, mas realistas, às capacidades térmicas do transistor e isolante:

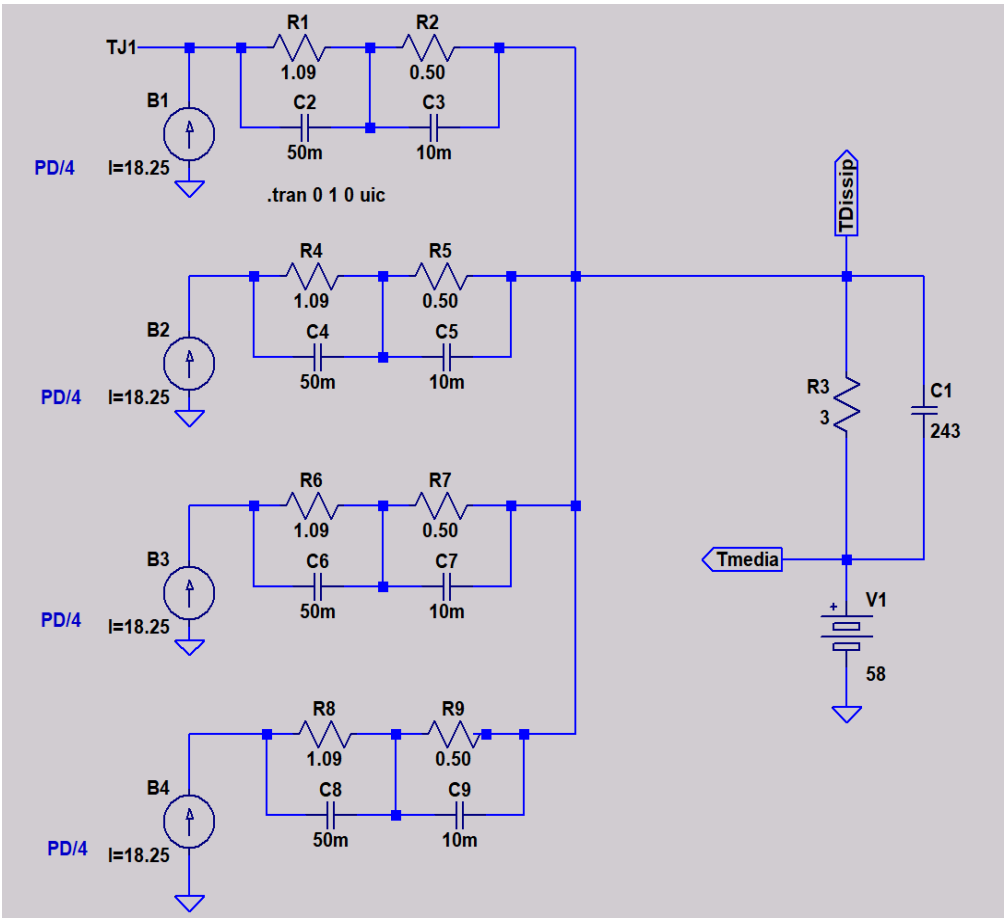


Fig. 12

Resultados

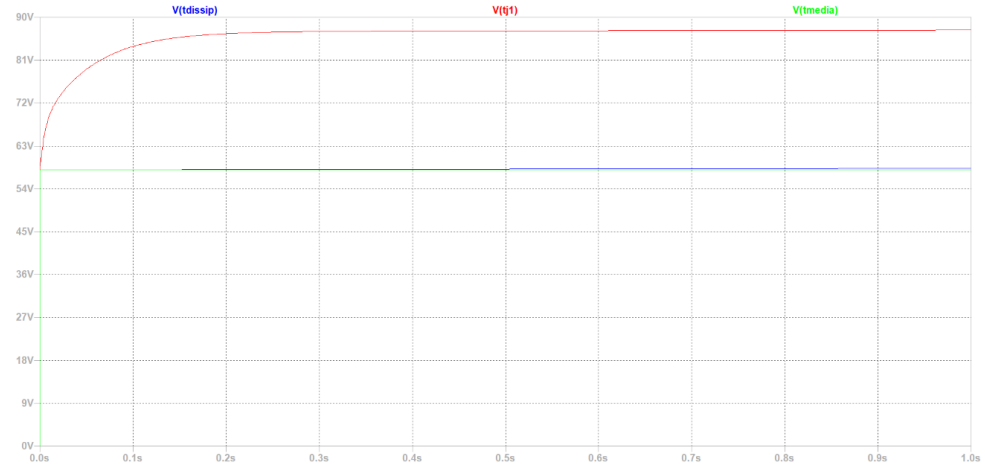


Fig. 13

Valores da temperatura em regime permanente (após estabilizar):

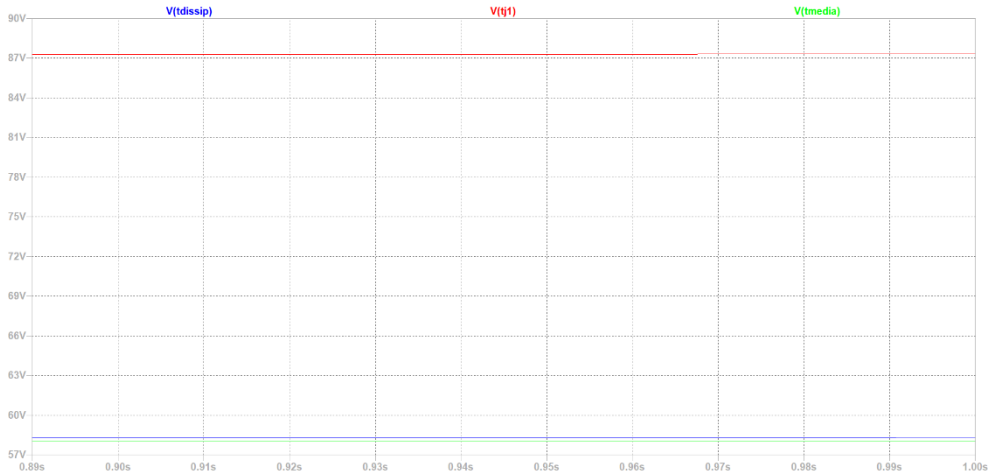


Fig. 14

Observem como a temperatura do dissipador aumenta lentamente.

Portanto, esse dissipador garantirá a proteção do amplificador mesmo em caso de curto-circuito, com uma boa margem de segurança. Como benefício, mesmo em funcionamento normal, mas com caixas com mínimos de impedância inferiores a 3 ohms, o funcionamento será seguro.

Até o próximo artigo!

Referências:

1. Self, Douglas. **SMALL SIGNAL AUDIO DESIGN**. 1ª edição 2010, Elsevier Ltd.
2. Self, Douglas. **AUDIO POWER AMPLIFIER DESIGN HANDBOOK**. 1ª edição 2010, Elsevier Ltd.
3. Bohn, Dennis, editor. **AUDIO HANDBOOK** 1st ed. National Semiconductor Corporation; 1976.
4. Graeme, Jerald G. **APPLICATONS OF OPERATIONAL AMPLIFIERS (THIRD GENERATION TECHNICS)**. 1ª edição. Burr-Brown Research Corporation; 1973.
5. Metzler, Bob. **AUDIO MEASUREMENT HANDBOOK**. 1ª edição 1993, Audio Precision, Inc.
6. Bortoni , Rosalfonso; Noceti Filho, Sidnei; e Seara, Rui; **DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DE ESTÁGIOS DE POTÊNCIA DE AMPLIFICADORES DE ÁUDIO CLASSES A, B, AB, G E H, ASSISTIDO POR ANÁLISE COMPUTACIONAL**; 1999; STUDIO R Eletrônica.

Transistores Falsos, Como Reconhecê-los? – Um Adendo



Marcelo Yared*

Nas edições passadas de Antenna divulgamos uma técnica para ajudar a identificar transistores bipolares de potência falsos (https://revistaantenna.com.br/transistores-falsos-como-reconhece-los/), bem como, mais recentemente, apresentamos um projeto de um testador de potência para tais semicondutores (https://revistaantenna.com.br/monte-um-testador-de-transistores-bipolares-de-potencia/).

Tais técnicas permitem que o consumidor possa ter alguma noção melhor sobre o que está comprando, mas há, na Internet, informações sobre outras maneiras de verificar se o transistor é falso, ou não.

Normalmente, elas baseiam-se em detalhes construtivos e de acabamento, o que são bons indicadores, mas que também podem falhar. Uma dessas “dicas” consiste em aproximar-se o transistor, de encapsulamento plástico e “tab” metálico, de um imã. Se ele for atraído pelo imã, será falso, se não, verdadeiro.

Essa técnica se baseia no fato de que o aço e outros materiais ferrosos são mais baratos que o cobre e que este seria utilizado nos transistores genuínos, enquanto que os primeiros seriam os mais usados pelos falsificadores. Isso faz sentido, e pode ser um indicador de qualidade da peça, além de ser fácil de se fazer em um balcão de loja.

Isto posto, neste mês precisei adquirir alguns componentes para uma montagem de um circuito para Antenna, e me dirigi a uma loja de componentes onde resido.

***Engenheiro Eletricista**

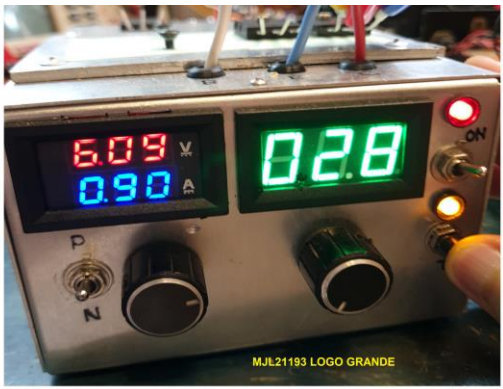
O gerente da loja (Eletrônica Ultra Som) é atencioso e interessado, e sempre me disponibiliza um capacímetro para medir transistores, quando necessito de algum. Por conta das falsificações, dificilmente compro essas peças no comércio local, mas sempre peço para ver e medir. Recentemente adquiri por aqui mesmo os 2SA1943/C5200, bons, da CHIPSCE, localmente, em outra loja.

Perguntei então se ele tinha os transistores MJL21193 e MJL21194, e um equivalente do primeiro, o MJW21193, pois precisaria de alguns. A loja tinha os três, e então medimos as capacitâncias entre base e emissor. São os transistores da foto da primeira página. Havia dois lotes diferentes. O da esquerda, com a numeração menor, mediu, com o multímetro da loja, mais que 5nF, o que indicava ser um bom exemplar. O da esquerda, com a numeração maior, mediu em torno de 2,6nF, o que é bem abaixo do esperado mas pode indicar uma pastilha grande.

Resolvi, então, fazer o teste do imã e observei que os dois transistores não foram atraídos, ou seja, ou o “tab” do supostamente falso é de cobre ou de outro material não magnético, o que não seria comum em transistores falsos, de acordo com essa técnica.

Este é um daqueles casos em que o teste de capacitância pode suscitar alguma dúvida. Levei, então, duas unidades dos suspeitos para testes e comprei os de numeração pequena, além dos MJW21193, que também apresentaram capacitância elevada. Submetidos ao testador de SOA, obtivemos os seguintes resultados:





O de capacitância menor, o da direita, colapsou com apenas 43V de tensão aplicada, e entrou em curto; o da esquerda suportou quase 1A a 80V, sem dificuldades. Vemos então que o “teste do imã” está sujeito a falhas. De qualquer forma, como auxílio, é útil.

E, reconhecendo gratuitamente o bom atendimento, para quem quiser adquirir esses transistores, a loja vende pelos Correios. Peçam para o gerente, Sr. Wellington, medir as capacitâncias antes de enviar. O contato, via WhatsApp, é o número 61-3244-7140.

Montando o Pré RIAA PP3 – Parte III

Álvaro Neiva* e Miguel Nabuco

Continuando os testes

Pré-amplificador para cápsulas MC

Cápsulas que usam bobina móvel e ímã fixo tem uma massa móvel muito menor, portanto, pelo menos em princípio, podem ter uma resposta transiente muito mais rápida e fiel nas frequências mais altas... o custo disso é um nível de saída 10x a 30x menor que as de ímã móvel (MM), ou 20dB a 30dB abaixo. Portanto precisam de um pré pré-amplificador, capaz de lidar com sinais da ordem de 0,2mV (200µV), mantendo uma relação sinal a ruído adequada.

Podem ser usados transformadores para elevar o nível de tensão do sinal, mas esses terão um custo bastante elevado, alguns usando até fiação de prata para reduzir a resistência das bobinas e o ruído térmico associado. Blindagem cuidadosa contra campos magnéticos e elétricos também será indispensável...



Fig. 1

A impedância interna das capsulas é baixíssima também, da ordem de 5Ω a 50Ω, necessitando de impedância de carga de apenas 50Ω a 500Ω. Por isso, e para otimizar a resposta, será muito bem vinda uma seleção de resistência e capacitância de entrada, inclusive para ajudar a prevenir a captação de interferências de RF. A configuração adotada é basicamente a mostrada na referência [1], proposta por Douglas Self.

***Engenheiro Eletricista**

Ganho

Para uma tensão de saída de 500mV$_{rms}$, o ganho total precisaria ser de, pelo menos, 2500x ou 68dB e como o ganho nominal do pré MM foi especificado em 40dB, adotamos como ganho médio, para a etapa pré-amplificadora de cápsula MC, o valor de 30dB. A chave DIP dessa etapa permite ajustar o ganho entre 20dB (10x), 30dB(32x) e 34dB(50x). Limitar o ganho máximo em 34dB vai ser interessante para evitar distorção na entrada do estágio seguinte ao usar o ganho mínimo da etapa seguinte, de 34dB, para completar os 68dB pretendidos. Com as opções disponíveis, o ganho total do pré RIAA a partir da entrada MC poderá ser ajustado entre 54dB e 80dB.

Nível de ruído da entrada MC:

Ganho:

Sinal de saída (figura 2), 8,81V$_{rms}$ @ 1kHz

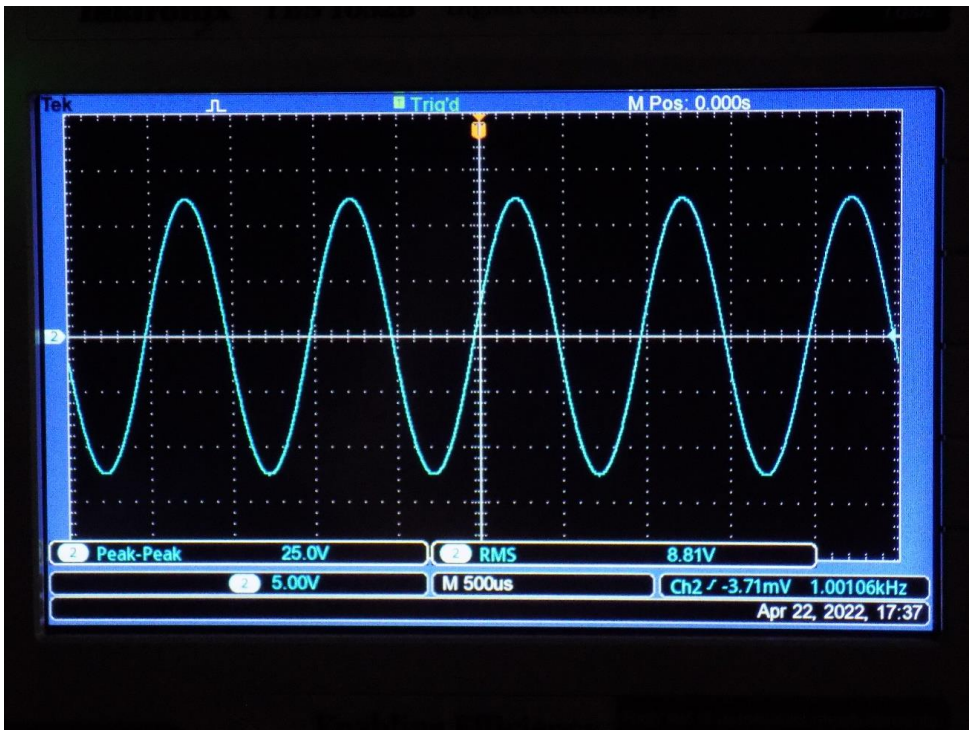


Fig. 2

Abaixo, o sinal de entrada, com 2,3mV$_{rms}$ +- 0,1mV, medido com o VTVM Heath porque ofereceu leitura mais estável do valor em mV (figura 3) que o Fluke 17.

O VTVM (Vacuum Tube Voltmeter) é do tipo indicador de valor médio retificado, calibrado para valor rms. Como o sinal medido é senoidal e a relação sinal a ruido maior que 10dB o erro no valor indicado é pequeno.



Fig. 3

O ganho na frequência de 1kHz será então:

$$A_V = \frac{8{,}81V}{2{,}3 \times 10^{-3}V} = 3830$$

$$A_{VdB} = 20 \cdot \log(3830) = 71{,}7dB$$

Com o ganho, ajustado pelas chaves DIP, em 30dB (31dB medido) na etapa MC e 40dB na etapa MM/RIAA (40,7dB medido), o nível de ruído medido na saída foi (na medição com osciloscópio):

Canal Esquerdo: -74,9dBV ou 180μV_{rms}, esse valor, quando referido ao nível de saída nominal de -6dBV (500mV), corresponde a uma relação S/R de 68,9dB (figura 4);

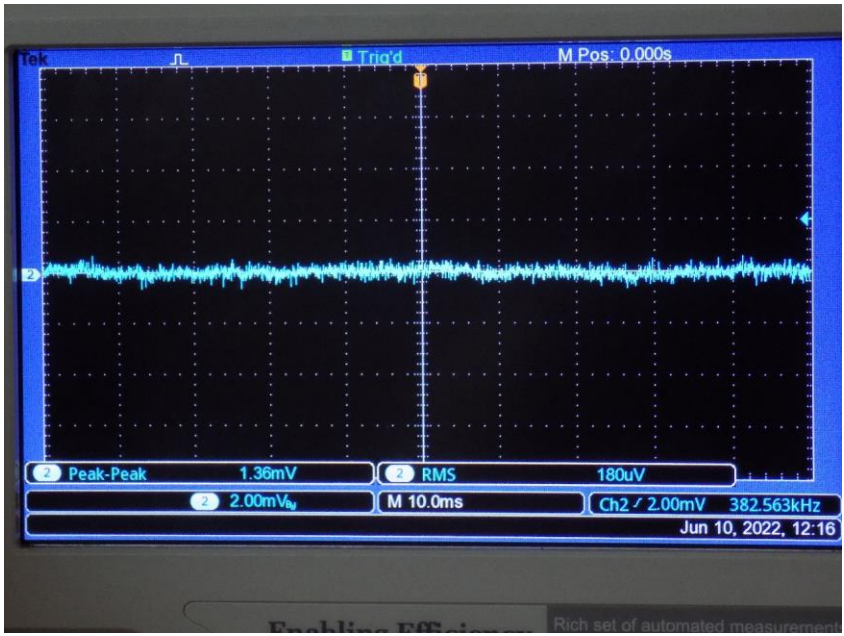


Fig. 4

Canal Direito: -74,7dBV ou 185µV$_{rms}$, esse valor, quando referido ao nível de saída nominal de -6dBV (500mV), corresponde a uma relação S/R de 68,7dB (figura 5);

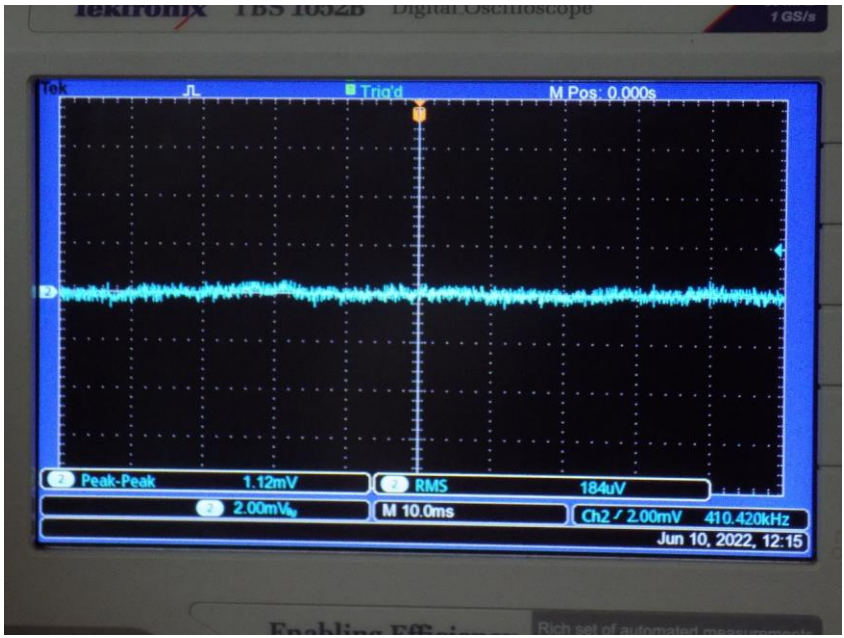


Fig. 5

Observando o espectro do ruído, verificamos a predominância de interferência da rede de 60Hz e harmônicos (180Hz, 300Hz, 420Hz e 540Hz), mais componentes de ruído aleatório do tipo 1/f. A interferência de sinais vindos da retificação da fonte de alimentação linear, 120Hz e harmônicos, aparece em 240Hz e 360Hz.

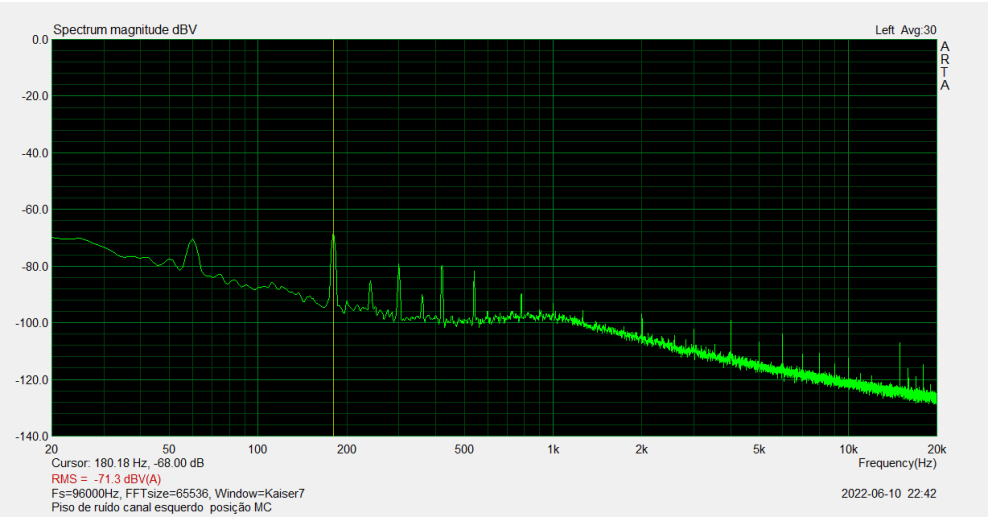


Fig. 6

Isso indica a necessidade de usar blindagem eletrostática no transformador de força e de usar a fonte montada externamente ou com blindagem magnética e eletrostática (chapa de ferro ou aço) quando dentro do mesmo chassis. Para a figura 7, isso foi feito.

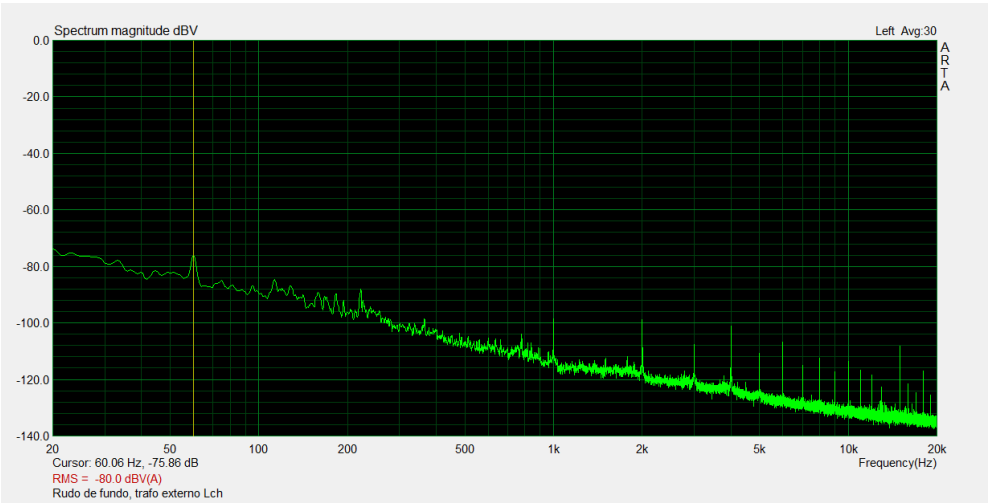


Fig. 7

Fechamento

Descrição:

Pré-amplificador e equalizador RIAA para cápsulas MM e MC com três estágios de amplificação, usando opamps, filtro passa-altas de 3ª ordem com frequência de corte em 15Hz e equalização por rede RC passiva.

Ganho

Para cápsula MC:

Ajustável entre 54 e 80dB (70dB nominal), conforme combinação das chaves DIP.

Relação sinal a ruído: > 65dB(A), com 70dB de ganho (transformador de força interno), pode chegar a ser > 74dB, dependendo da montagem.

Sensibilidade nominal (para 500mVrms de saída) : 0,16mV$_{rms}$ @ 1kHz, com cápsula MC.

Para cápsula MM:

Ajustável entre 34 e 46dB (40dB nominal), conforme combinação das chaves DIP.

Sensibilidade nominal (para 500mV$_{rms}$ de saída) : 5mV$_{rms}$ @ 1kHz, com cápsula MM.

Relação sinal a ruído: > 77dB(A), com 40dB de ganho (montagem provisória).

Resposta em frequência:

Resposta RIAA padrão, sem correção IEC, dentro de +- 0,5dB entre 20Hz e 20kHz, ou menos de +-0,3dB de 80Hz até 15kHz.

Distorção Harmônica Total (DHT ou, em inglês, THD)

Distorção harmônica a 1kHz, 500mV$_{rms}$ de saída sobre 10kΩ: 0,0047%

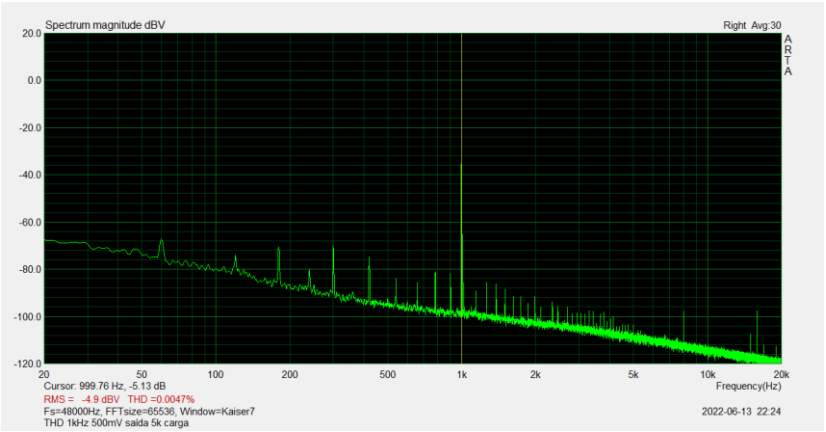


Fig. 8

Distorção harmônica a 100Hz, 500mV$_{rms}$ de saída sobre 10kΩ: 0,066%

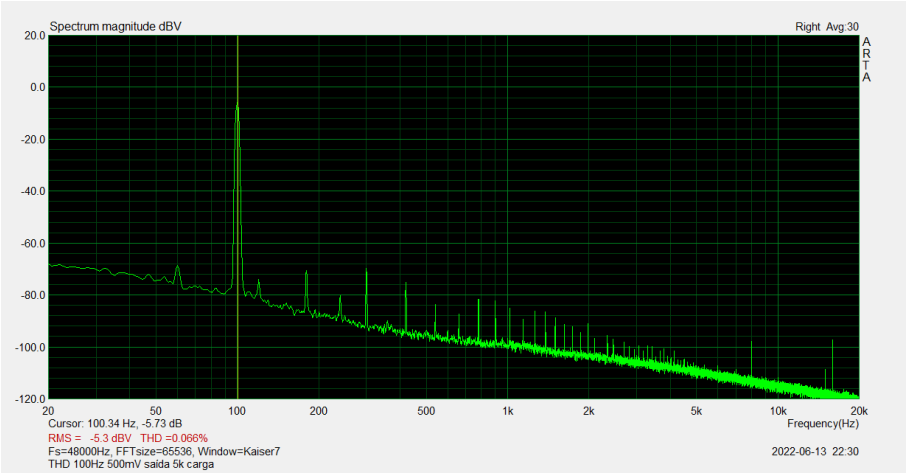


Fig. 9

Distorção harmônica a 20Hz, 500mV$_{rms}$ de saída sobre 10kΩ: 0,15%

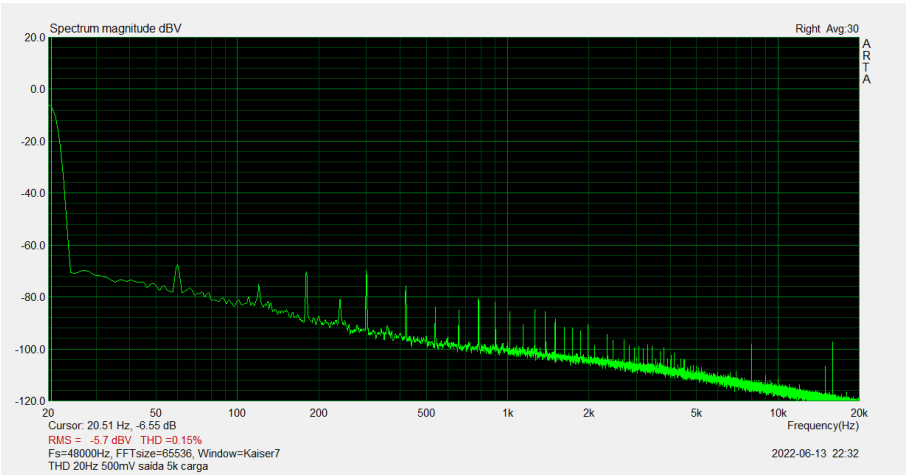


Fig. 10

Observem que uma fonte de erro nessa medida são os harmônicos da rede de 60Hz... podemos considerar que a THD está abaixo do piso de ruído.

Distorção harmônica a 5kHz, 500mV$_{rms}$ de saída sobre 10kΩ: 0,0092% (usando HPF em 400Hz).

De novo THD abaixo do nível de ruído global...

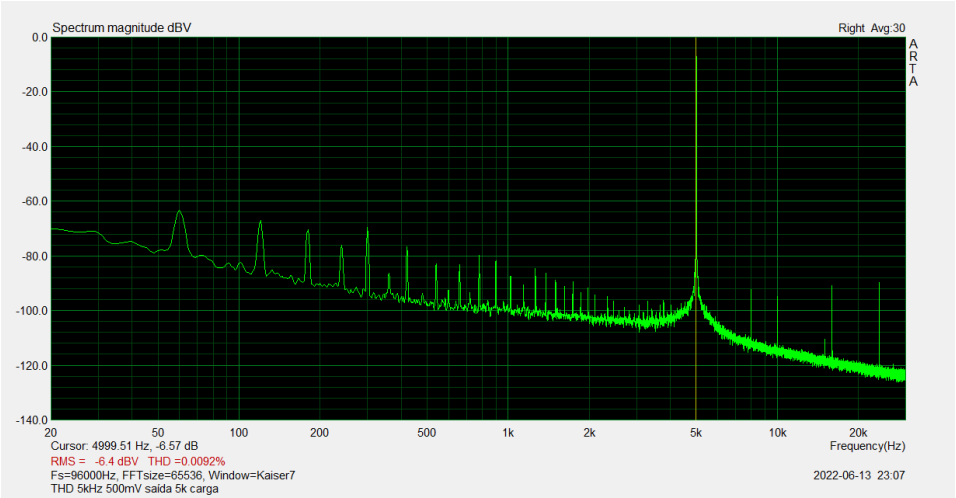


Fig. 11

Distorção harmônica a 10kHz, 500mV$_{rms}$ de saída sobre 10kΩ: 0,011% (usando HPF em 400Hz).

De novo THD abaixo do nível de ruído global...

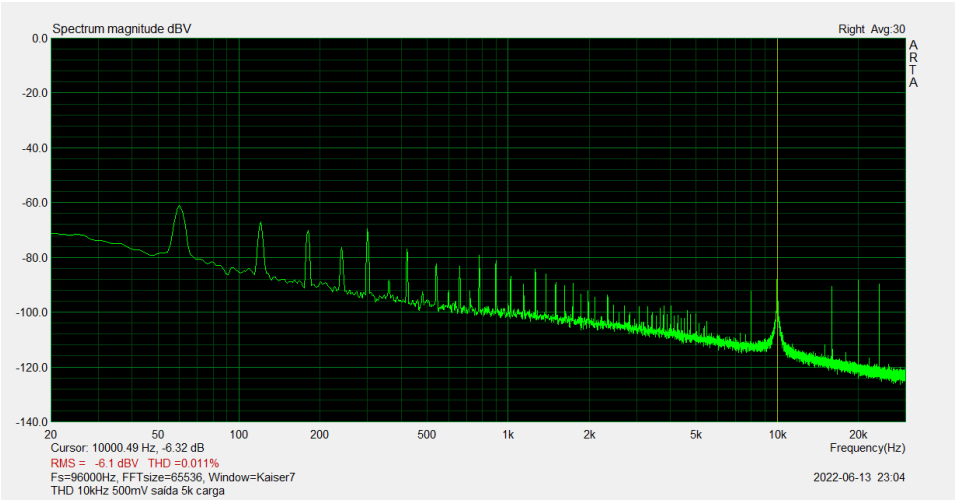


Fig. 12

A linha de 0V (zero volt) da fonte foi ligada ao chassis num único ponto, através de um resistor de 100k em paralelo com um capacitor de 10nF.

Finalmente

Depois dessa etapa de avaliação objetiva e subjetiva, incluindo audição, vou devolver as placas da fonte e pré para o Miguel Nabuco fazer a montagem definitiva numa caixa chassis adequada. Com um pouco de saudade, claro... rs.

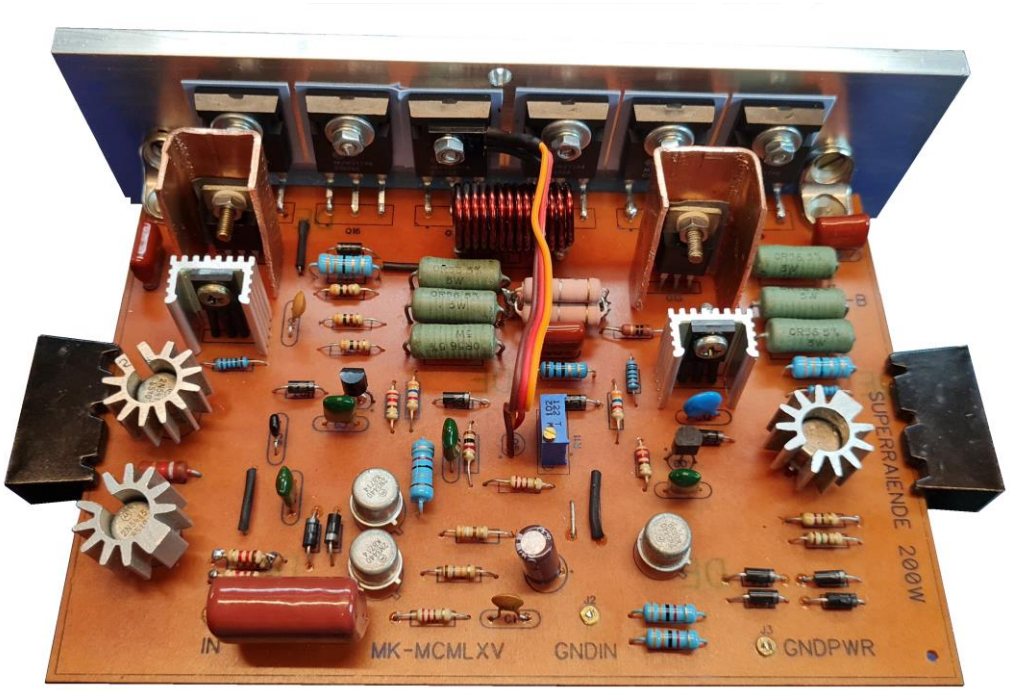
E vamos em frente!

Referências:

1. Self, Douglas; **Small Signal Audio Design**, 1st ed., 2010, Focal Press.
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; 1ª 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 (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.
10. Daryanani, Gobind, **Principles of Active Network Synthesis and Design**, Bell Laboratories, John Wiley & Sons, 1976.
11. Van Valkenburg, M. E., **Introduction to Modern Network Synthesis**, John Wiley & Sons, 1960.
12. Tedeschi, Frank P.; **The Active Filter Handbook**, Tab Books, 1979.
13. Stephenson, Frederick William; et al, **RC Active Filter Handbook**, John Wiley & Sons, 1985.
14. Close, Charles M.; **Circuitos Lineares**, (*The Analysis of Linear Circuits*); tradução: Ana Lucia Serio de Almeida, José Abel Royo dos Santos e José Carlos Goulart de Siqueira (Escola Federal de Engenharia de Itajubá); Copyright © 1966 by Harcourt, Brace Jovanovitch, Inc.; Copyright © 1975 by LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.

15. Desoer, Charles A.; Kuh, Ernest S.; **Teoria Básica de Circuitos** (*Basic Circuit Theory*); tradução: Carlos Peres Quevedo; Copyright © 1969 by McGraw-Hill, Inc.; Copyright © 1979 Ed. Guanabara Dois.
16. Texas Instruments, **AN-346, High-Performance Audio Applications of The LM833**, agosto de 1985, revisado em maio de 2013.
17. Millet, Pete; **LR Phono Preamps**, disponível na internet em 21/09/2021, no endereço: http://www.pmillett.com/file_downloads/LR%20Phono%20Preamps.pdf
18. Jones, Morgan; **Valve Amplifiers**, 3rd ed., 2003, Elsevier Ltd.
19. Self, Douglas; **Small Signal Audio Design**, 1st ed., 2010, Focal Press.
20. Vogel, Burkhard; **The Sound of Silence**, 2008, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
21. Motchenbacher, C. D., Connelly, J. A., **Low-Noise Electronic System Design**; John Wiley & Sons, 1993.
22. Alley, Charles L., Atwood, Kenneth W.; **Electronic Engineering**, 3rd ed., 1973, John Wiley & Sons, Inc.
23. Spangenberg, Karl L., **Vacuum Tubes**; 1948, McGraw-Hill.
24. Blencowe, Merlin, **Noise in Triodes with Particular Reference to Phono Preamplifiers**; AMS Neve Ltd Engineering Report, Journal of The Audio Engineering Society, Vol. 61, N° 11, novembro de 2013.
25. Blencowe, Merlin, **Designing Valve Preamps for Guitar and Bass**; 2nd ed., 2012, Wem Publishing.

Construa o Amplificador Superraiende MK-MCMLXV - Parte I



Marcelo Yared*

Mês passado fizemos uma incursão no mundo dos amplificadores artesanais, ou mesmo caseiros (https://revistaantenna.com.br/o-amplificador-hi-end/).

Há vários modelos disponíveis para venda, seja apenas a placa lisa, como também kits para montar e mesmo a placa montada. No nosso caso, foi feita a montagem de um modelo mais simples, mas de boa performance e funcionamento adequado.

Não dá para chama-lo de “Hi-End”, entretanto. Aliás, creio que esse termo, como vários outros, disseminou-se e perdeu seu significado real, atualmente. Particularmente, gosto muito do bom e velho “Hi-Fi”, ou mesmo, “alta-fidelidade”, no bom e velho Português.

Neste mês, vamos avançar um pouco e partir para um aprimoramento do amplificador “Hi-End” por nós montado. Vamos, por assim dizer, “arrebentar a boca do balão” no Hiendismo, e apresentar o “Superraiende”, um amplificador capaz de entregar 200W contínuos em uma carga de 8Ω e trabalhar também em 4Ω.

***Engenheiro Eletricista**

Quando estávamos pesquisando os manuais da RCA para escrevermos o artigo do “Hi-End”, nos deparamos com os circuitos propostos por aquela empresa para seus componentes.

Apesar de os montadores e hobistas usualmente explorarem a montagem dos modelos mais simples, de 40W e de 70W, a RCA apresenta circuitos básicos para potências de até 300W contínuos, o que, na década de 1970, quando o manual de transistores de potência e suas aplicações foi editado pela primeira vez, era muita coisa. Aliás, ainda hoje 300 watts são muita coisa...

Entretanto, os modelos mais potentes são, também, mais complexos, e requerem mais cuidados e atenção do montador. Talvez por isso não encontremos tantas montagens deles na Internet.

O circuito proposto para 200W chamou nossa atenção, e resolvemos montá-lo, mostrando aos leitores o processo, uma placa impressa funcional e os resultados de nossas medidas.

Como o pessoal gosta de nomes bonitos e algarismos romanos, não poderíamos deixar de seguir a tendência e chamamos nosso protótipo de “Superraiende” MK-MCMLXV, uma classe superior em relação aos “Hi-End” disponíveis para montagem por aí. E, futuramente, poderemos ter o “Ultraraiende” também, quem sabe...

Feita a apresentação deste sensacional amplificador, vamos ao que interessa.

Desde os primeiros manuais, a RCA propõe 4 modelos de amplificador em simetria quase-complementar, com um conjunto de transistores que ela denominava de séries 1A, 1B, 1C e 1E. Não se encontram mais no comércio, obviamente, mas os modelos comerciais nos quais ela se baseou para essas séries ainda estão disponíveis. De qualquer forma, mostraremos também equivalentes modernos, que apresentarão resultados similares. Os da série 1B, por exemplo, aparecem no manual de 1978, na página 301, como BD550A, B e C.

O circuito original da RCA demanda alguma alteração para o uso com cargas de 4Ω, conforme ela mesmo explicita em seu manual, pois os protótipos propostos são todos para trabalho com 8Ω de carga

Preferimos fazer essas mudanças, pois acreditamos que seja comum o uso de sonofletores de impedância mais baixa atualmente, além, é claro, de permitir o uso de cargas menos comportadas em relação à impedância, o que é bom. Ter reserva de potência nesses casos é mais uma garantia de boa reprodução sonora.

O esquema básico é o apresentado abaixo, sobre o qual fizemos alguns ajustes.

BD550 Series

200-Watt Amplifier

The 200-watt amplifier shown in Figs. 12 and 13 uses eight BD550B transistors, two as drivers and six as parallel units in the amplifier output stages, and operates on a 160-volt split power supply. It is intended for direct coupling to an 8 ohm load, but may be used on 4-ohm or 16-ohm loads as shown in the Typical Performance Data. Figs. 14 and 15 show the typical distortion characteristics for the amplifier.

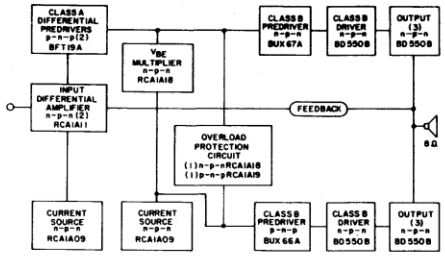


Fig. 12 – Block diagram and transistor complement for 200-W quasi-complementary-symmetry audio amplifier with parallel output transistors.

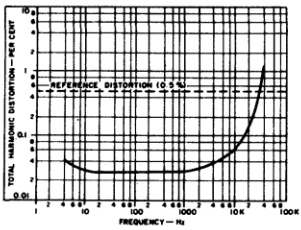


Fig. 14 – Typical total harmonic distortion as a function of frequency at 100-W output for 200-W amplifier.

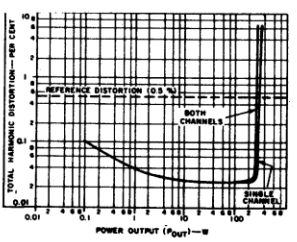
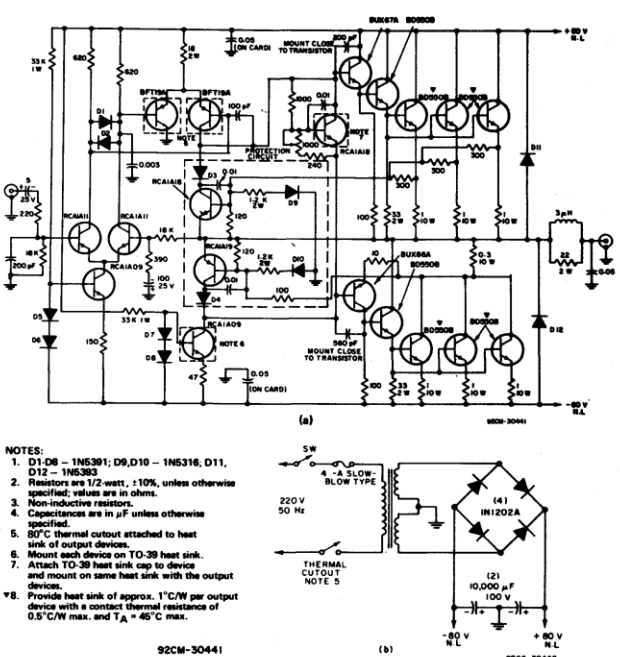


Fig. 15 – Typical total harmonic distortion as a function of power output for single channel and both channels driven at 1 kHz for 200-W amplifier.



NOTES:
1. D1-D8 – 1N5391; D9,D10 – 1N5316; D11, D12 – 1N5383.
2. Resistors are 1/2-watt, ±10%, unless otherwise specified; values are in ohms.
3. Non-inductive resistors.
4. Capacitances are in μF unless otherwise specified.
5. 80°C thermal cutout attached to heat sink of output devices.
6. Mount each device on TO-39 heat sink.
7. Attach TO-39 heat sink cap to device and mount on same heat sink with the output devices.
8. Provide heat sink of approx. 1°C/W per output device with a contact thermal resistance of 0.5°C/W max. and T_A = 45°C max.

Fig. 13 – 200-watt amplifier circuit featuring quasi-complementary-symmetry output circuit with parallel output transistors: (a) basic amplifier circuit, (b) power-supply circuit.

Na página seguinte, a RCA fornece informações mais detalhadas sobre a performance dos protótipos. Vamos utilizá-las em nossa análise, posteriormente.

Typical Performance Data for 200-W Audio Amplifier

Measured at a line voltage of 220 V, $T_A = 25^{\circ}C$, and a frequency of 1 kHz, unless otherwise specified.

Power:	
Rated power (8-Ω load, at rated distortion)	200 W
Typical power (4-Ω load)	200 W•
Typical power (16-Ω load)	120 W
Total Harmonic Distortion:	
Rated distortion	0.5%
IM Distortion:	
10 dB below continuous power output at 60 Hz and 7 kHz (4:1)	0.2%
Sensitivity:	
At continuous power output rating	900 mV
Input Resistance	18 kΩ
IHF Power Bandwidth:	
3 dB below rated continuous power at rated distortion	5 Hz to 35 kHz
Hum and Noise:	
Below continuous power output:	
Input shorted	96 dB
Input open	84 dB
With 2 kΩ resistance on 20-ft cable on input	94 dB

• With a 110-V split power supply and 8-BD550A substituted for 8-BD550B.

Como temos em nosso estoque os transistores originais, conforme as descrições dos Manuais da RCA, iremos usá-los nas etapas do par diferencial e do VAS.

À saída utilizaremos transistores mais modernos, bem como em seus drivers e no multiplicador de VBE. Apesar de mais novos, todos têm mais ou menos as mesmas especificações dos originais, à exceção da potência máxima admissível, que é maior, o que é bom.

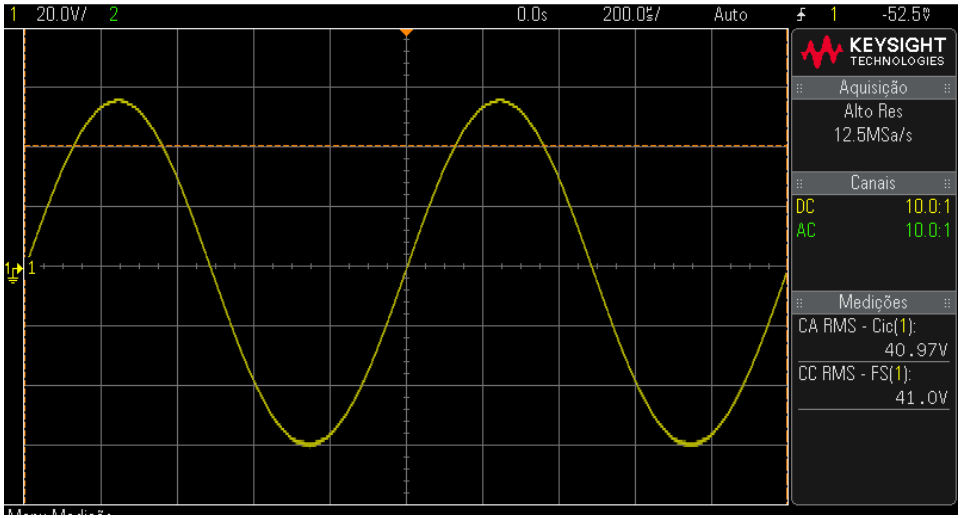
Fizemos isso porque, nestes casos, os modelos originais são encapsulados em formatos menos amigáveis para o hobista e, no caso dos pré-drivers, por exemplo, nem se acham mais as micas e dissipadores apropriados para eles, com facilidade.

Para a saída utilizamos, no lugar dos BD550, os excelentes MJW21194 da ON, mas poderiam ser utilizados outros, como o MJL21194. O MJW tem a vantagem de ser mais compacto, o que simplifica a colocação na placa impressa que projetamos.

Os drivers são os conhecidos MJE15032, substituindo os BD550, e os pré-drivers podem ser os MJE340/MJE350, ou o par 2SB546/2D401, no lugar dos BUX67A/BUX66A.

Uma noite no CAD foi suficiente para termos um leiaute útil, que resultou na montagem da primeira página deste artigo.

Após um feriado tirando os nossos próprios erros de montagem e ajustando o circuito para trabalhar também em 4Ω, obtivemos, com fonte estabilizada de 68V simétricos e carga de 8Ω, a seguinte senoide, no limite do ceifamento, em 1kHz.



São **210W contínuos**, o que mostra o potencial do circuito.

No próximo artigo, mostraremos o leiaute da placa, detalhes da montagem e as medidas de laboratório.

Até lá!