NÚMERO 6/20 (1212) DEZEMBRO/2020

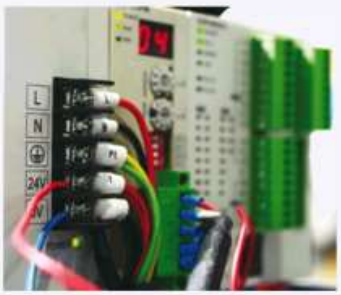
antenna

ELETRÔNICA - SOM - TELECOMUNICAÇÕES



















Análise do Amplificador Integrado Gradiente Model 246

Como Descobrir a Potência de Um Transformador

Entendendo os Subwoofers

Fundamentos da Eletrônica - Parte IV

Projeto de Fonte de Alimentação em Corrente Contínua

Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA - Parte IV

Resenha - Controladores Lógicos Programáveis

TVKX

antenna



Número 6/20 – dezembro de 2020 – Ref. 1212

NOTA DA EDIÇÃO – Prezados leitores, chegamos à nossa sexta edição, e é dezembro de um ano que, de certo, ficará marcado para sempre nos corações de todos, em particular daqueles(as) que perderam seus entes queridos nessa grande tragédia sanitária resultante da Covid. A eles(as), nossos sentimentos e a todos os nossos leitores muito obrigado, com os votos da equipe de colaboradores de Antenna de um Feliz Natal e de um Ano Novo cheio de esperanças, felicidades e paz.

SUMÁRIO

3 Projeto de Pré-amplificadores e Equalizadores RIAA Para Toca-Discos – Parte IV.....
Álvaro Neiva

12 Subwoofers.....
João Yazbek

18 TVKX – Defeito (QUASE) Impossível.....
Jaime Gonçalves de Moraes Filho

23 Como Descobrir a Potência de Um Transformador.....
Paulo Brites

28 Projeto de Fonte de Alimentação em Corrente Contínua (conversor CA/CC) Com Regulador Linear – Parte IV.....
Álvaro Neiva

48 Fundamentos de Eletrônica - Parte IV.....
Alfredo Manhães

57 Análise do Amplificador Integrado Gradiente Model 246.....
Marcelo Yared

77 Resenha - Controladores Lógicos Programáveis.....
Valter Luís A. de Camargo

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

Álvaro Neiva*

Circuitos com impedâncias

Na edição anterior, chegamos a uma expressão para o **Ganho de Tensão** de um atenuador com dois resistores:

$$A_v = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{R2}{R1+R2} = \frac{1k\Omega}{2k\Omega} = \frac{1}{2} = 0{,}5 \qquad \text{(eq.23)}$$

A atenuação será o inverso do ganho:

$$A_T = \frac{E_{in}}{E_{out}} = \frac{R1+R2}{R2} = \frac{2k\Omega}{1k\Omega} = 2$$

E temos **uma relação entre os valores de R1, R2 e a atenuação do circuito**.

Relembrando: a razão para o comportamento independente da frequência do atenuador puramente resistivo é que a resistência de um resistor é **independente da frequência**. E mais ainda, **tensão e corrente estão em fase numa resistência**.

Num caso geral, queremos uma atenuação que dependa da frequência.

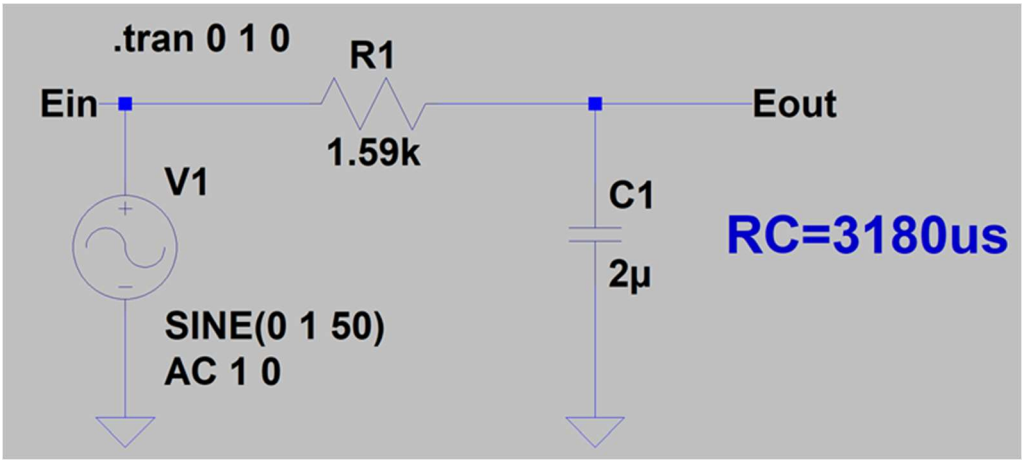


Figura 35

***Engenheiro Eletricista**

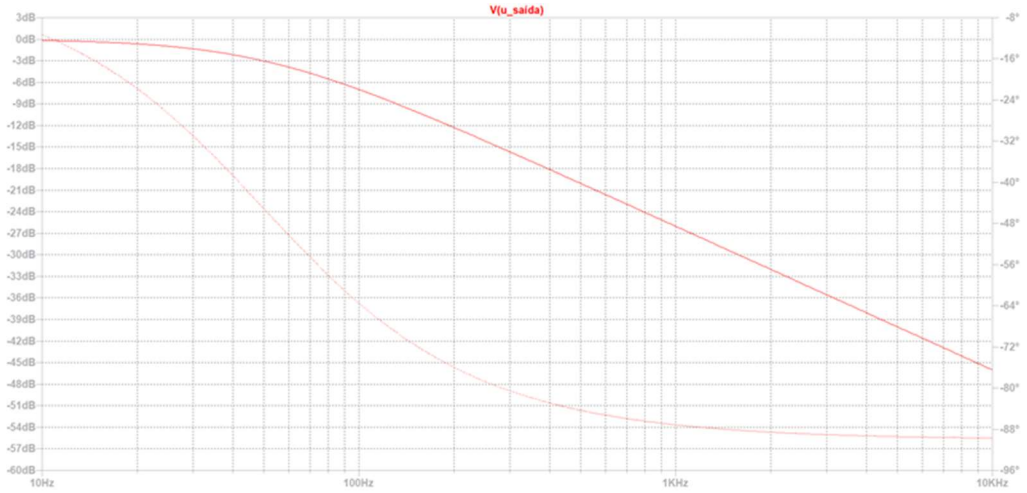


Figura 36

Mas como calcular a atenuação ou resposta de um circuito quando um ou mais elementos são **impedâncias**?

Na forma generalizada de impedâncias e não resistências, um atenuador em L ficaria assim:

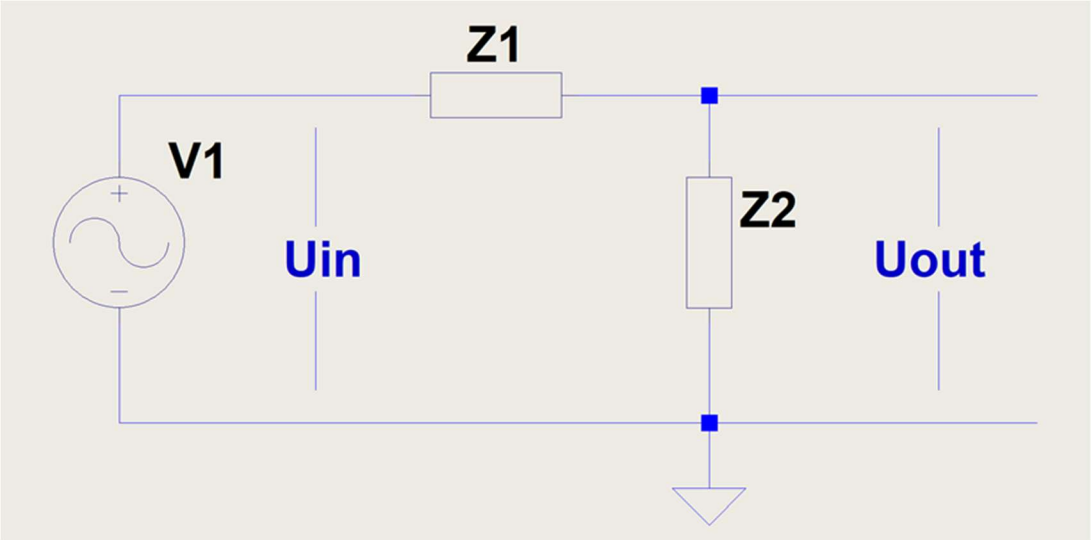


Figura 37

Achando o ganho do circuito:

$$A_v(f) = \frac{E_{out}(f)}{E_{in}(f)} = \frac{Z2(f)}{Z1(f)+Z2(f)}$$

E a atenuação:

$$A_T(f) = \frac{E_{in}(f)}{E_{out}(f)} = \frac{Z1(f) + Z2(f)}{Z2(f)}$$

Aqui, estou chamando a atenção para o fato de que, tanto as impedâncias, quanto os sinais de entrada e saída, terão **magnitude** e **fase que dependem da frequência**.

Algumas impedâncias bastante conhecidas...:

- Resistores, oferecem **Resistência R** (impedância **resistiva**, transforma energia elétrica em calor, energia térmica)

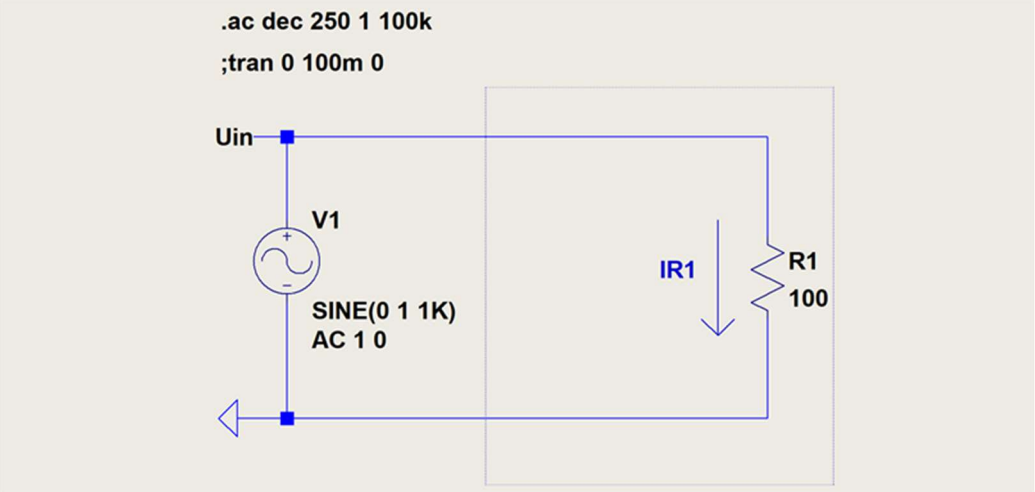


Figura 38

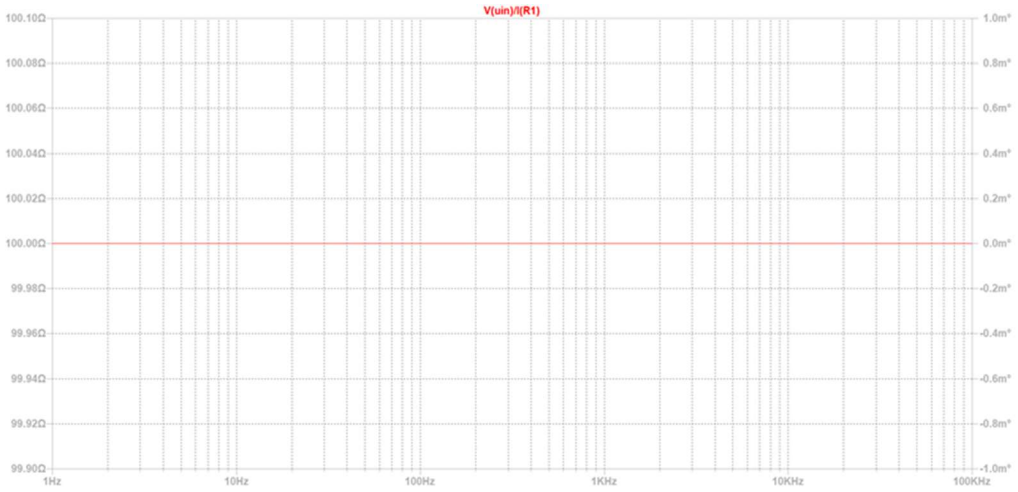


Figura 39

R= U_{in}/I_{R1}, fase= 0° independente da frequência.

- Capacitores: **Reatância** Capacitiva X_C (impedância puramente **reativa**, armazena energia no campo elétrico e devolve):

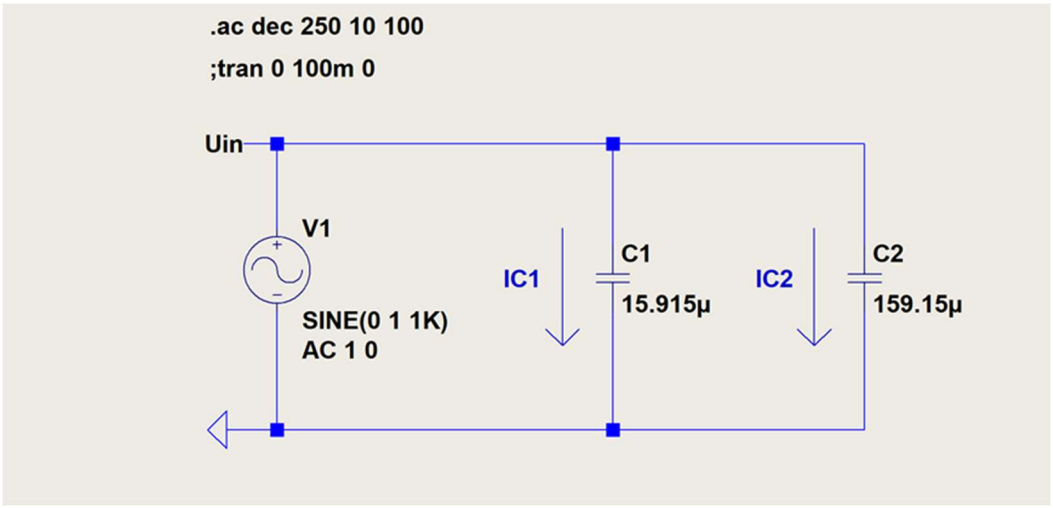


Figura 40



Figura 41

$X_{C1}=U_{in}/I_{C1}$, fase= -90°, $X_{C2}=U_{in}/I_{C2}$, fase= -90° o módulo ou magnitude é, claramente, inversamente proporcional à frequência e ao valor da capacitância, mas a fase é de -90°, independente da frequência e valor da capacitância.

Colocando no papel:

$|X_C| = \frac{1}{k \cdot f \cdot C}$, o módulo da reatância é inversamente proporcional à frequência e ao valor do capacitor.

$$k = \frac{1}{X_C \cdot f \cdot C}$$

Usando os dados do gráfico vamos descobrir que a constante *k*= 6,283 ou, mais exatamente, $k = 2 \cdot \pi$.

$$k = \frac{1}{500 \cdot 20 \cdot 15{,}915 \cdot 10^{-6}} = 6{,}283$$

Fazendo uma análise física podemos chegar ao mesmo valor, mas teríamos que usar um pouco a mais de matemática...

Então:

$|X_C| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$ com resultado em ohms para f em Hz e C em farads.

A fase com sinal negativo significa que a corrente circula antes da tensão aparecer, pois é preciso carregar o capacitor para haver ddp entre as placas.

- Indutores

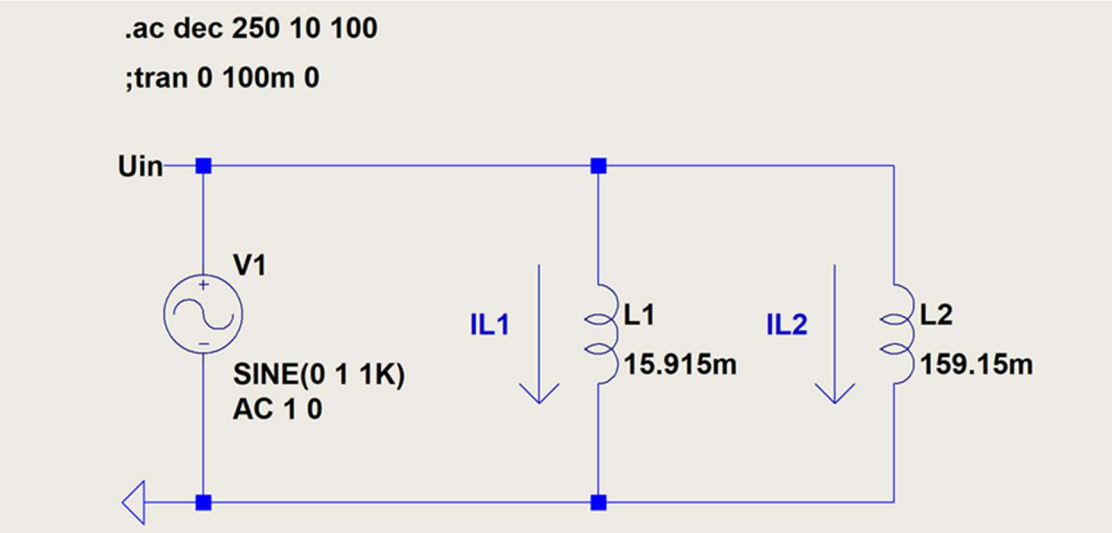


Figura 42

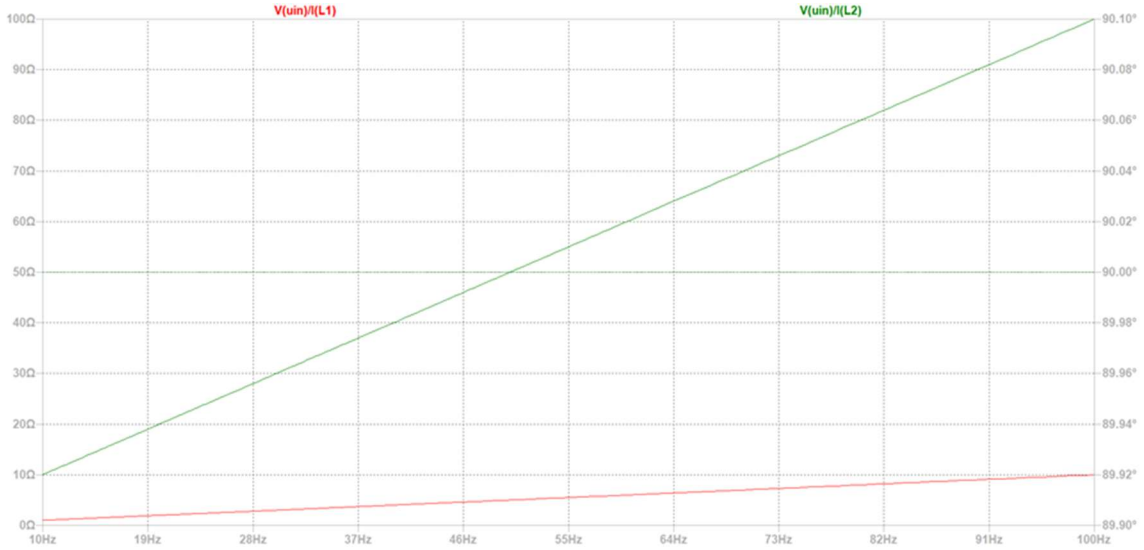


Figura 43

$X_{L1}=U_{in}/I_{L1}$ fase=+90° $X_{L2}=U_{in}/I_{L2}$ fase=+90°

$|X_L| = k \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, reatância do indutor, em ohms, é diretamente proporcional à frequência f em Hz e ao valor do indutor. A constante de proporcionalidade é a mesma, $2 \cdot \pi$.

A fase com sinal positivo indica que a tensão aparece antes de haver circulação de corrente, o oposto da reatância capacitiva.

Isso faz o produto $2 \cdot \pi \cdot f$, a frequência angular ω, em radianos/s, ter uma importância fundamental na análise e síntese de circuitos CA.

Associando impedâncias

Impedâncias podem ser associadas em série e paralelo.

Como impedâncias tem módulo e fase, podemos pensar nelas como vetores... vamos ver como.

Resistores

Resistores oferecem um valor de resistência constante, positivo, e independente da frequência, portanto, são associados aos números ou valores, que podem ser plotados como pontos numa reta, os **números reais**.

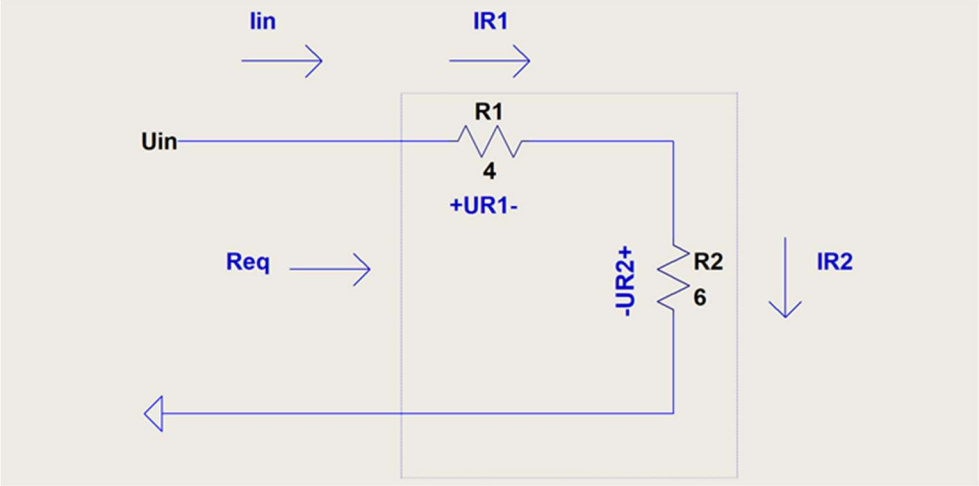


Figura 44

Numa ligação em série, a corrente é a mesma nos elementos, resistências ou impedâncias.

Então:

$$I_{in} = I_{R1} = I_{R2}$$

$$U_{in} = U_{R1} + U_{R2} = I_{in} \cdot (R1 + R2)$$

$$R_{eq} = \frac{U_{in}}{I_{in}} = (R1 + R2)$$

Aqui a conta é simples, como a fase é zero, é uma conta aritmética.

Mas podemos enxergar de uma forma gráfica também.

Suponha R1= 4Ω, R2=6Ω

Graficamente, como um vetor, seria assim:

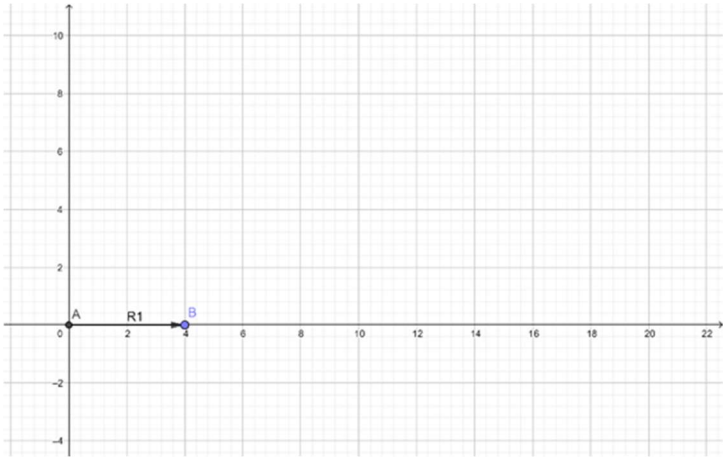


Figura 45 R1

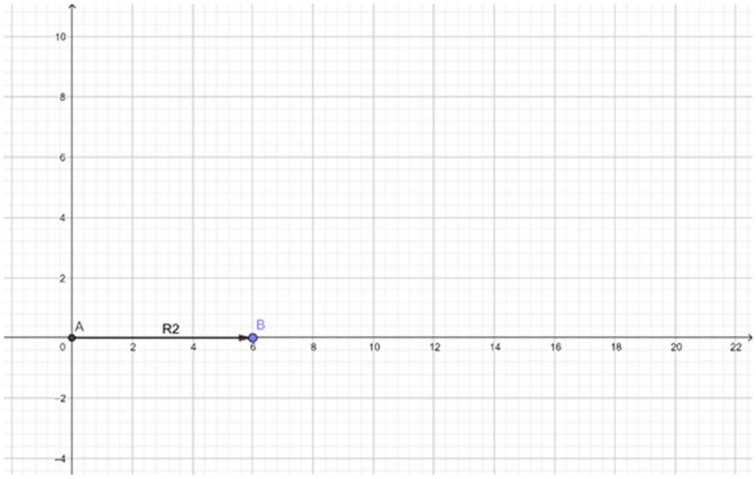


Figura 46 R2

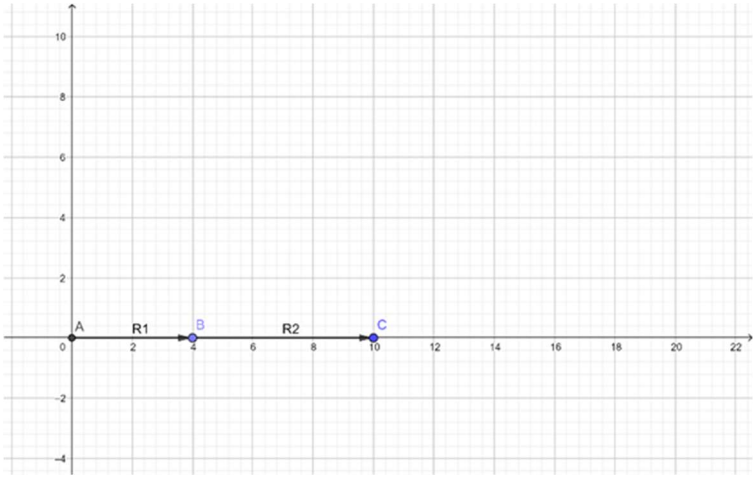


Figura 47 R1+R2

Aqui, associamos o eixo dos x ao valor das resistências.

O eixo dos y, tem um ângulo de 90° com o das resistências, então podemos associá-lo com as **reatâncias**.

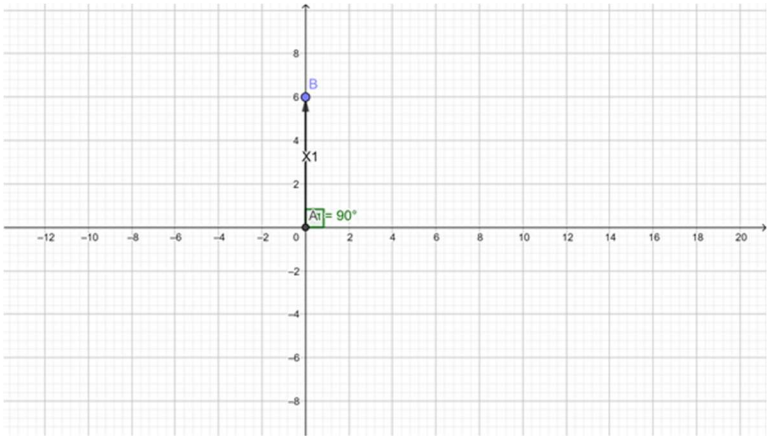


Figura 48

X1= 6Ω fase= +90° f=1kHz

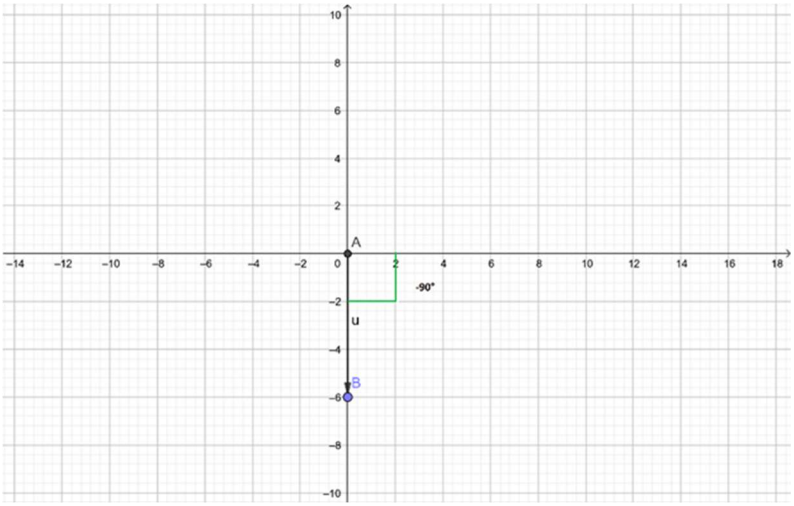


Figura 49

X2= 6Ω fase= -90° f=1kHz

E a soma de impedâncias mostra sua cara **vetorial.**

X1+X2 = 0

Essa seria a soma de uma impedância indutiva com uma capacitiva em série, com mesmo módulo na frequência de 1kHz e, claro, fases opostas.

Exatamente o que acontece nos circuitos LC ou RLC em série, na **frequência de ressonância.**

Essa será a base do método **Fasorial** de lidar com impedâncias.

Vamos explorar mais esse método no próximo número e caminhar no sentido do mais geral e eficiente método, o Método das Transformadas, que também será o mais fácil de lidar na prática, uma vez apresentado e entendido.

Até o próximo número!

Boas Festas e Ótimo Ano Novo!

Subwoofers



João Yazbek*

O artigo deste mês inicia uma discussão sobre os subwoofers, que são utilizados em áudio e Home Theater para reforçar os graves de um sistema. Subwoofers, como o próprio nome diz, são caixas destinadas à reprodução dos sons mais graves, abaixo daqueles reproduzidos pelos woofers. A faixa de frequências reproduzida pelos subwoofers está, usualmente, entre 20 Hz e 150 Hz.

Com o advento de caixas de pequeno porte, o mercado passou a chamar de subwoofer qualquer caixa destinada exclusivamente para a reprodução de graves, independentemente do tamanho do driver. Veremos que, na realidade, subgraves só são obtidos a partir de certo tamanho de alto-falante

No caso de Home Theater, a tarefa de reprodução dos sons graves de baixa frequência é geralmente dedicada a um subwoofer, alimentado pela saída LFE ou SUB de um receiver ou processador de áudio, apesar de existir a opção de se trabalhar sem subwoofer, que é muito pouco vista no mercado. Para áudio estéreo, o uso de subwoofers normalmente é uma opção do usuário e depende muito do tamanho das caixas principais utilizadas. Em ambos os casos, quanto menores as caixas principais, maior será o benefício do uso de um subwoofer para a reprodução dos sons graves.

A saída LFE do receiver ou do processador de áudio está disponível por meio de um sinal em nível de linha (comumente chamado de RCA). Logo, o subwoofer precisa de um amplificador dedicado para funcionar adequadamente. Essa configuração foi escolhida porque a necessidade de potência para o acionamento do alto-falante do subwoofer é relativamente elevada para um receiver, e este teria sua complexidade e custo aumentados significativamente caso o incorporasse. Com a saída LFE e o processamento adicional que permite a seleção entre caixas grandes e pequenas, com ou sem o uso de subwoofer, a escolha passa a ser do usuário, que pode definir a potência e o tamanho do subwoofer de acordo com o tamanho de sua sala ou de

*** Engenheiro Eletricista**

seu gosto pessoal. Atualmente, há muitos receivers com 7.2 ou 9.2 canais, que necessitam de duas unidades de subwoofer para proporcionar os graves ideais.

Os subwoofers são, em sua esmagadora maioria, do tipo ativo, ou seja, possuem um amplificador de potência dedicado embutido na caixa. Os do tipo passivo são, hoje em dia, uma raça em extinção no ambiente de Home-Theater. A função desse amplificador é fornecer a potência e o condicionamento de sinal necessários ao perfeito funcionamento do subwoofer. Sendo integrado a ele, o amplificador permite tirar a máxima performance possível do alto-falante. Na realidade, o subwoofer é construído de forma que o amplificador, o alto-falante e a caixa acústica sejam dimensionados como uma única peça, otimizando ao máximo o desempenho do produto. Isso não seria possível se uma das partes fosse separada ou integrada no receiver. Essa é a maior vantagem da configuração ativa predominante no mercado: amplificadores e eletrônica dedicada para um certo alto-falante, casados com o projeto da caixa acústica. Isso faz com que poucas empresas tenham os recursos necessários para fazer subwoofers de qualidade superior.

Assim sendo, os do tipo passivo foram extintos do mercado de Home Theater, pois não oferecem os ganhos de desempenho existentes no conjunto ativo. De forma similar, subwoofers de embutir são também itens praticamente inexistentes no mercado, pois não oferecem a sintonia acústica necessária para a performance esperada do produto e, além disso, sofrem do problema crônico de vibrar todo o gesso onde eles são instalados, produzindo um resultado sofrível. A sintonia do tipo infinito utilizada nas caixas de embutir tem uma performance em graves muito inferior que a dos tipos refletor de graves ou selada, que são os mais usados. Isso faz com que subwoofers para embutir no gesso tenham desempenho muito limitado e dependente da qualidade da instalação do gesso ou dry-wall. Como ninguém quer correr este tipo de risco e descobrir um problema desses depois que o gesso ou dry-wall foi cortado, esses produtos não são utilizados em Home Theater.

Isso tudo somado faz com que o tipo dominante no mercado seja o subwoofer construído em caixa de madeira e com um amplificador embutido na parte traseira.

Logo, ficamos restritos a este tipo de configuração de produto para obtermos a desejada resposta em subgraves. Mas já se foi o tempo em que os subwoofers eram uma caixa de madeira quadrada, feia e mal-acabada, que tinha de ser escondida no canto da sala ou atrás de um móvel. Existe hoje no mercado ao menos uma marca que possui produtos com design e acabamento superiores, que fazem o subwoofer se tornar uma peça de decoração que se harmoniza com o ambiente do Home-Theater.

As características principais a serem consideradas quando olhamos para um subwoofer são as seguintes:

Tamanho do alto-falante: há alguns anos atrás, considerávamos subwoofers verdadeiros como caixas que possuíam alto-falantes de 10 polegadas para cima. Com a evolução dos alto-falantes e seus materiais, subwoofers de oito polegadas passaram a oferecer subgraves de qualidade para ambientes de pequeno ou médio porte. Idealmente, quanto maior o alto-falante, melhor a qualidade dos graves, sendo o tamanho de 12 polegadas ideal para uso residencial em um Home Theater. Caso o sistema permita a conexão de duas unidades, dois subs de 10 polegadas darão conta do recado em ambientes grandes.

Potência contínua (RMS): voltamos aqui à mesma discussão de nossa coluna de dois anos atrás. Potência se declara por meio da potência contínua (RMS) de acordo com a norma brasileira NBR IEC 60268-5. Todas as outras formas de declarar potência, além de serem consideradas ilegais pelo INMETRO, levam a valores fantasiosos cujo objetivo é enganar o consumidor. Existem poucas empresas sérias que declaram esse valor de potência contínua (RMS). O leitor deve ficar de olho na especificação para não levar gato por lebre, sempre desconfiando de valores como potência máxima, de pico ou musical e também de potências RMS sem especificação de norma técnica.

Tipo de amplificação: amplificadores em classe D são maioria no mercado, por uma questão de custo. Eles são bem mais baratos que seus primos AB. Amplificadores classe AB de alta eficiência são uma opção um pouco mais cara e de melhor performance e qualidade. Amplificadores classe D, por sua vez, tem uma caraterística importante que limita a desempenho de graves do sistema, que é o baixo fator de amortecimento. É complicado atingir valores elevados de fator de amortecimento com amplificadores classe D. Isso faz com que os graves sejam prejudicados em relação aos amplificadores em classe AB, G ou H. A grande vantagem da classe D é a capacidade de fornecer grandes potências sem aquecimento excessivo e a um custo mais baixo, mas devemos observar se o fator de amortecimento é de valor ao menos razoável. Em caso de dúvida, fique sempre com o valor mais alto, pois o fator de amortecimento é um dos parâmetros mais importantes para a obtenção de graves de boa qualidade.

Sintonia da caixa: a maioria esmagadora dos subwoofers tem sintonia bass-reflex. Essa sintonia, quando bem executada, proporciona o melhor resultado acústico para um determinado custo. Há opções também usadas como a caixa selada (ou suspensão acústica), a band-pass e a do tipo radiador passivo. A caixa selada proporciona graves secos e firmes, ao custo de menor eficiência do sistema, que se traduz em amplificadores e subwoofers maiores para um mesmo resultado acústico. Já a caixa band-pass permite obter resultados bastante interessantes ao se balancear extensão

dos graves contra pressão acústica. O tipo radiador passivo usa um alto-falante passivo adicional (sem o ímã), que faz a função do duto, com algumas vantagens em relação ao bass-reflex, mas com custo superior. Portanto, o uso de subwoofers com a sintonia bass-reflex oferece o melhor custo-benefício e representa hoje a maioria esmagadora do mercado.

Os subwoofers são produtos eletroacústicos e, portanto, são regidos pelas leis da física, logo, seu comportamento é descrito por equações matemáticas que não se alteram ao longo do tempo. Por mais que alguns fabricantes tentem convencer o consumidor de que sua tecnologia é capaz de fazer milagres, não é possível mudar as leis da natureza. Assim sendo, constatações como a que um subwoofer pequeno não é capaz de ter a dinâmica e a capacidade de encher um ambiente de forma equivalente a um subwoofer de maior porte são fatos imutáveis que não mudarão nem daqui a cem anos.

Portanto, no caso de subwoofers, tamanho é documento. Quanto maior e mais potente é um subwoofer, mais capaz será ele de reproduzir as frequências baixas com dinâmica e extensão na resposta que se espera de uma trilha sonora de um filme gravado em alta definição. Há relatos de filmes que contém frequências da ordem de 15 Hz, que é um bom desafio até para subwoofers grandes. A tecnologia evoluiu bastante nos últimos anos e nos trouxe grandes melhorias em qualidade, mas tamanho continua sendo relevante no mercado de subwoofers.

Para ilustrar um pouco a questão acima, vejamos um exemplo prático: um subwoofer selado que responde até 20 Hz precisa de quatro vezes mais excursão do cone do que um sub que responde até 40 Hz, mantido o mesmo alto-falante. Obviamente, chega-se a um limite na excursão e essa condição pode não acontecer. Não há como mudar isso, de forma que se pode apenas contornar a situação de outras maneiras, como, por exemplo, aumentando o tamanho do driver ou usando múltiplos alto-falantes.

Outro detalhe construtivo que muitas pessoas têm dúvida é sobre a posição do alto-falante. A pergunta mais comum é se há diferenças entre subwoofers com falantes voltados para frente ou para baixo. A resposta é que, do ponto de vista sonoro, não existem diferenças, pois os tons graves da faixa de frequências reproduzida tradicionalmente pelos subwoofers não são direcionais e, portanto, não dependem da posição do alto-falante para serem bem reproduzidos. Tanto faz o subwoofer estar posicionado para frente ou para baixo, que os graves serão reproduzidos da mesma forma, apesar de frequentemente nos depararmos com afirmações em contrário, enaltecendo certa configuração.

O mesmo raciocínio vale para o duto em uma caixa do tipo bass-reflex, pois a localização dele não resulta em nenhum tipo de alteração do desempenho do produto do ponto de vista sonoro. Logo, em um subwoofer que não esteja muito próximo de uma

parede ou anteparo, tanto faz o duto estar para frente, para o lado ou mesmo para trás, mas existem situações em que essas configurações apresentam algumas vantagens, às vezes não relacionadas à reprodução sonora. Há vantagem em se colocar o falante para baixo: ele fica muito mais protegido, de forma que se você tem animais ou crianças em casa, essa deve ser sua escolha, para garantir que o alto-falante não seja danificado. Também há diferença no posicionamento do duto: dutos laterais ou traseiros também podem ser problema quando o subwoofer é posicionado perto de estantes ou móveis laterais, pois a onda sonora proveniente do duto tem velocidade elevada e com certeza irá provocar vibrações e ruídos em móveis e estruturas próximas. Se este for o seu caso, prefira os subwoofers com dutos frontais.

Recentemente, surgiram no mercado receivers com saídas para dois subwoofers, na configuração de 7.2 canais e alguns outros na configuração de 9.2 canais. Na realidade, o processamento desses receivers é igual ao dos receivers com um canal de subwoofer (por exemplo, 7.1 canais), pois eles somente possuem uma saída adicional para um segundo subwoofer. A vantagem de se usar dois subwoofers é que dessa forma se obtém graves mais profundos e com maior dinâmica do que com o uso de uma única peça. Também se podem utilizar dois subwoofers menores no lugar de um único de maior porte e obter um resultado final similar.

O posicionamento dos subwoofers na sala de audição é extremamente importante. Ao se posicionar o subwoofer no canto, como é comumente feito, se obtém um ganho acústico bastante considerável, por razões puramente acústicas, relacionadas à carga acústica que o ambiente exerce sobre o alto-falante. Mas isso é um pouco complexo para se explicar neste artigo, de forma que vamos ficar com o seguinte resumo: a pior forma de colocar um subwoofer é no centro da sala, onde não há nenhuma barreira (como uma parede) próxima. A forma intermediária é colocar o subwoofer próximo a uma parede, porém longe dos cantos da sala. E a melhor forma é a colocação do sub no canto da sala, onde o ganho acústico será maior.

Faça você mesmo uma experiência e veja como o ganho nos graves é significativo, permitindo usar o subwoofer com um volume (ganho elétrico) menor para o mesmo resultado acústico. Como o produto tem de ser colocado no canto, veja como a posição do duto é importante para uma boa performance ao se usar essa regra: ao se colocar o subwoofer próximo a um canto, a posição preferencial para o duto é a frontal, que é aquela que vai gerar menos ruído por interferência do sopro do duto com paredes e anteparos laterais e traseiros.

Voltando ao assunto da colocação de subwoofers no gesso, vemos que se pode colocá-los também no canto, porém por razões acústicas o ganho acústico obtido será menor. Lembrando-se de que a configuração do tipo defletor infinito usado numa caixa posicionada no gesso já gera uma perda considerável, a colocação do subwoo-

fer no teto gera uma perda dupla e vai resultar em um ganho acústico bastante inferior, sendo necessárias maior potência elétrica e excursão do cone para gerar o mesmo resultado sonoro. Com a maior excursão do cone, as vibrações do gesso serão maiores. Não se deve usar falantes de subgraves no gesso.

Praticamente todos os subwoofers do mercado têm três controles básicos além da chave liga-desliga: volume, frequência de cross-over e fase. A frequência do cross-over deve ser ajustada para o ponto onde as caixas frontais deixam de responder, para obter o melhor casamento no sistema. Em caso de uso da saída LFE (ou SUB) de um receiver, o ajuste de cross-over deve ficar no máximo, se ao produto não tiver uma chave LFE que elimina o filtro do sistema. Neste caso, o gerenciamento de graves pode ser feito pelo processamento digital do receiver, e dependendo do modelo do receiver, as opções podem ser diversas. O ajuste de fase permite obter o melhor casamento possível do subwoofer com o sistema, evitando o cancelamento de graves por inversão de fase. A escolha da posição da chave de fase tem de ser feita experimentalmente. Um requinte adicional é um ajuste de fase contínuo de 0 a 360 graus, que permite um ajuste contínuo e mais preciso da fase. Mas esse é um recurso adicional que só poucos subwoofers do mercado possuem.

Subwoofers são produtos que muitas vezes os esquecemos de desligar e uma funcionalidade adicional que tem muito valor é o sistema Auto-On, onde o subwoofer liga sozinho com a chegada do sinal de áudio e desliga quando o sinal termina ou então após um período de tempo sem sinal. Um controle adicional é o modo de ligação do subwoofer, com as posições **Auto-On** ou sempre ligado, ou mesmo uma entrada de trigger externo para que o produto seja comandado por outro equipamento, seja este de áudio ou automação. Outros recursos, menos vistos nos subwoofers, são entradas de alto nível para ligação em sistemas que não possuem saída RCA para a conexão, permitindo a ligação em paralelo com as caixas acústicas (utilizado basicamente em sistemas estéreo), saídas by-pass e entradas e saídas balanceadas, equalização ajustável e filtro subsônico comutável ou ajustável.

Alguns subwoofers possuem também o ajuste automático de resposta no ambiente, porém este acaba não sendo muito utilizado pelo consumidor, pois a maioria dos receivers possui um ajuste similar que faz a calibração com todas as caixas. Acaba sendo esquecido e considerado redundante pelo usuário. Mas, na realidade estes ajustes se complementam, pois, o utilizado no subwoofer permite o ajuste fino da resposta em baixas frequências, o que o receiver acaba não fazendo. O receiver vai basicamente somente ajustar o nível do subwoofer em relação às outras caixas. Mas a confusão entre eles e a complexidade de rodar dois ajustes de resposta seguidos faz com que a maioria dos usuários só use o ajuste automático do receiver e considere que o resultado já está bom dessa forma. Continuamos o assunto no mês que vem. Até lá, e boas festas.



Defeito (QUASE) Impossível

Segunda feira por volta das oito e meia, vamos encontrar nossos amigos no balcão da padaria do Seu Fernando tomando o café da manhã, de olho no relógio, para que às nove em ponto iniciassem as tarefas do dia.

- Até agora, parece que as coisas estão até melhores do que o esperado. Já temos o suficiente para as despesas fixas. Daqui por diante é a nossa retirada.

- Calma, Zé Maria... Ainda temos de compor um Fundo de Reserva para a compra de novos equipamentos. Até agora tivemos sorte em poder reparar os televisores com o material que temos. Com certeza vamos ter de fazer mais investimentos.

- Coloquei em primeiro lugar da lista uma máquina para facilitar a troca de LED´s.

- Concordo com você, Carlito! A maioria dos defeitos que deparamos até agora estão relacionados com a tela ou com o “backlight” de LED´s. Se pudermos recuperar as réguas em vez de substitui-las, será um avanço e tanto.

-Tinham de inventar era um dispositivo para abrir gabinetes...

*** Professor de Física – Engenheiro de Eletrônica**

- Só podia partir da cabeça do Toninho... Qual o seu problema com os gabinetes?

- Já se esqueceu do quanto apanhamos para abrir o gabinete da Samsung da Dona Diva? Por muito pouco quebrávamos as travinhas e aí queria ver!

- Justamente aí entrou a Internet! Não foi difícil descobrir o segredo. Mas enquanto isso, foi um verdadeiro quebra-cabeças.

- Não entendo... Por que não usam uns seis ou oito parafusos? Essa trava com arames é realmente um caso muito sério!

- Custos, Toninho! Nem pelo preço dos parafusos, mas principalmente o tempo necessário para a colocação de cada um deles. Além do mais, é claro que dessa forma vamos ter muito menos curiosos abrindo os equipamentos e fazendo das suas.

- É... o jeito é se preparar para cada dia enfrentar uma novidade. Já se esqueceu do tempão que levamos ontem para abrir a tela daquele TLC de 32? Tinha fita adesiva de dupla face colando a tela na moldura externa. Já me contaram que o modelo de 42 polegadas o sistema é o mesmo, com a fita colando a parte superior da tela na moldura interna. O jeito foi usar uma lâmina nova do estilete e ir separando com muito cuidado a tela.

- Mas como a época de mau tempo com maré alta não termina tão fácil, quase no final do expediente foi a minha vez, Toninho! Na hora de abrir aquele Televisor de 49 polegadas que estava ocupando quase toda a bancada, veio a surpresa! Tudo colado com aquela borracha de silicone cinzenta. Tive de me virar com uma linha de Nylon bem fina, das minhas pescarias, como se estivesse cortando. Pior que em nenhum momento deixei de pensar que poderia trincar a tela. Aí, sim, a situação seria grave!

- Foi por isso que você estava tão concentrado, Zé Maria. E meu cunhado pensando que os defeitos se resumem em substituir placas adquiridas nos sites de compras.

- Uma coisa é certa, Toninho: Seu cunhado está totalmente enganado! Até agora a maioria dos reparos está associada a tela e barras de LEDs, principalmente eles.

- Mas até chegar nas barras de LED, temos de abrir o gabinete e retirar a tela! Aí está o maior risco. Qualquer torção ou mesmo uma leve batida, o prejuízo é certo. Vamos ter que dar um novo TV ao cliente.

- Nove horas, gente! Chega de filosofar e vamos para a loja! Tem uma LG quase nova esperando por nós!

Tal como haviam combinado desde o início do novo empreendimento, a limpeza e arrumação geral da loja seriam efetuadas sempre ao final de cada expediente. Sendo assim, ao chegar para mais um dia de trabalho, tudo estaria no lugar.

- O que há com esse LG de 42 polegadas, Zé Maria? Na papeleta tem o modelo LG 43LJ5500, a identificação do proprietário, telefone e a observação: “Tudo Azul”.

- Se está tudo azul, então significa que está tudo bem, certo?

- Ligue o televisor, Carlito e veja você mesmo!

- .... Hum.... Estranho...

- Isso não existe! Se... Eu disse SE, antes que alguém venha com piadinhas! Fosse um TV de tubo, tudo bem, vi muitos assim, mas um Televisor LCD com LED apresentar uma imagem azul... Vá lá... É a tela! Mais uma forte candidata pronta para o lixo. Deixe ver bem o aspecto da tela.

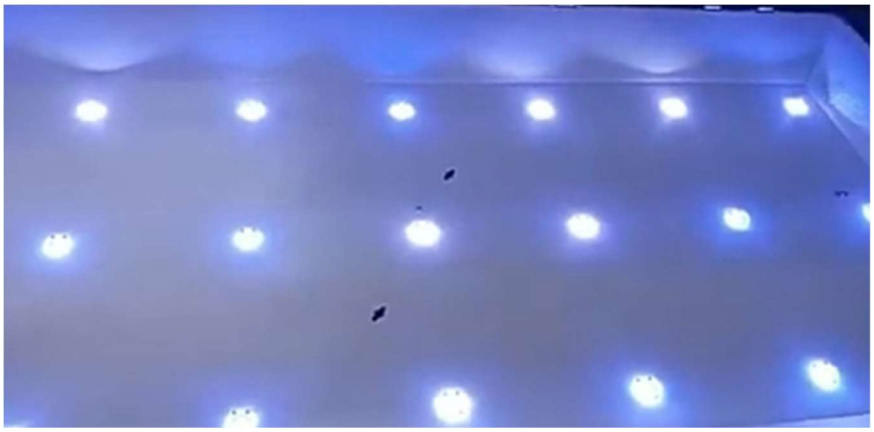


- Calma, Toninho...Não fosse estar tudo azulado, diria que as cores até que parecem estar normais. Não tem jeito! Vamos tirar a moldura e ver o que encontramos.

A trabalheira de sempre, porém a bem da verdade, muito mais limpo e simples do que um televisor de tubo com 29 polegadas.

O processo em si, é relativamente simples: Uma vez removido a parte traseira do gabinete, desconectam-se os “flat cables” que ligam a tela de LCD à Placa Principal e, uma vez retirada a moldura, chega a vez da tela, que deve ser manuseada somente com um par de ventosas. Chega-se então às películas de difusão, que não podem sair da ordem. Feito isto, chega-se ao painel de LED´s.

- Ligue o TV assim mesmo, Toninho. Sem a tela! Vamos ver como estão as coisas! Uma forte iluminação azul surgiu, indicando de imediato a origem da avaria.



- Incrível!!! Mas o que levaria o barramento de LED, que era branco, ter ficado azul?

- Confesso que não sei, Toninho, mas o Carlito deve ter uma explicação.

- Que não é de minha autoria... Mas vamos lá: Li em um comentário do Silvano Fernandes o seguinte: Não existe LED branco! Digo branco, original. Lá bem na junção do LED a luz emitida é azul! Aí, para obter luz branca colocam à frente da junção uma casquinha, digamos assim, de um composto de fósforo, que ao ser excitada pela luz azul, emite a luz branca. Entenderam?

- Entendi Carlito, mas continue...

- Então temos uma película de Fósforo, que emite luz branca, que dependendo de sua composição química pode emitir a chamada “Luz Fria”, azulada, ou mais amarelada, a “Luz morna”. Veja então o nosso caso: Observe bem o tamanho desses LED´s.

- Muito menores do que aqueles que estamos acostumados a ver.

- Diria que no momento sem condições de serem trocados...

- Isso mesmo, Toninho! Esses LED´s da LG medem 1,4 x 1,4 mm e pasme! São de três Watts! Quatro vezes menores do que os tradicionais e potência três vezes maior. Como resultado o aquecimento naquela área é bem maior, danificando a cobertura e o fósforo.

- E com isto ele se transforma em um simples LED azul. Entendi Carlito! Mas agora vem a pergunta... O que fazer? Adaptar uma barra de oito LED´s da Samsung ou o que?

- Nada de alterações, Toninho. Vai que o TV caia nas mãos de um outro técnico e aí ele mostre para a proprietária a alteração! Ele irá nos “queimar”, com certeza. Vamos colocar as barras originais da LG!

Dia seguinte, tendo recebido a encomenda, chegou a hora de substituir as barras de LED.



- Olhe a qualidade de uma peça original! Vem com a fita adesiva, difusores....

- Veja que a fita adesiva vai ter de ser cortada ao longo, Toninho. Use o soprador de ar quente para remover as réguas antigas e depois limpe bem com álcool isopropílico.

Feito o serviço, o televisor foi ligado sem a tela, pois Carlito fazia questão de que Zé Maria e Toninho pudessem observar a diferença.



- Isso sim... Mas aí vem a pergunta: Quanto tempo irá durar?

- Vai depender da potência aplicada às barras, Toninho. Vou recomendar que o "backlight" não seja ajustado além dos 70%. Com isto a imagem será perfeita e não devemos ter problemas de retorno na garantia.

- Mas não podemos retirar um ou dois resistores da linha que está em série com a barra de LED? Afinal de contas quase todos os televisores possuem três resistores em paralelo na conexão com a barra de LED´s. Retirando-se um deles a resistência equivalente irá aumentar, diminuindo a corrente e com isso espera-se que os LED´s durem um pouco mais.

- Poder, pode, mas não é do meu agrado alterar nada que o fabricante tenha feito.

- Toninho: Acho que você ficou devendo algo... Não ia nos ensinar uma maneira fácil de trocar os LED´s?

- Fica para a próxima vez. Prometo!

- Um Feliz Natal para todos ! ! !

Agradecimentos a Silvano Fernandes, TecDaniel, Claudir e Claucinei do "Fórum Tecnet " pela participação.

Como Descobrir a Potência de Um Transformador



Paulo Brites*

Esta é uma pergunta que alguns alunos do Clube Aprenda Eletrônica com Paulo Brites costumam me fazer. Em verdade, a pergunta aparece de outro jeito:

- Como saber a corrente que posso "puxar" no secundário de um transformador se não tenho esta especificação?

No meu blog, noto também que os posts com maior número de visitas diárias, geralmente, são aqueles que tratam de transformadores.

Juntando estas duas demandas, pensei que tratar deste tema com os leitores da Revista Antenna poderia agradar "gregos e troianos", ou melhor, estudante, hobistas e talvez alguns profissionais da Eletrônica de Reparação.

Quantos transformadores temos perdidos na sucata esperando para entrar em ação, seja numa reparação ou num novo projeto, e que ficam abandonados por não sabermos quanto podemos "puxar" de corrente, sem sentir aquele cheirinho característicos de "churrasco de elétrons"?

Hora de salvá-los da lata de lixo eletrônico e dar uma ajudinha ao planeta com menos desperdício.

Já dei uma dica sobre o assunto no artigo "Não comprem estes transformadores Isoladores" publicado no meu blog em novembro de 2019 (https://www.paulobrites.com.br/nao-comprem-este-transformador-isolador/), mas vai que você não leu ou, se leu, não conseguiu ligar (sem trocadilho) uma coisa à outra.

Então, 'bora aprender sempre!

Coisas básicas que precisamos saber sobre transformadores

Vamos iniciar com a equação básica em um transformador ideal:

Potência no primário = Potência no secundário

***Técnico em Eletrônica**

Como estamos considerando um **transformador ideal** admitimos que não há perdas no núcleo nem há resistência ôhmica nos fios utilizados nos enrolamentos.

Para os objetivos do "método" que irei apresentar para descobrir o "DNA" do transformador "desconhecido" esta premissa de transformador ideal pode ser utilizada como ponto de partida.

Uma vez descobertas a especificações através de cálculos simples que serão explanados a seguir, iremos partir para comprovações práticas.

Em outras palavras, estes cálculos servirão apenas, como eu disse, como ponto de partida sem grandes prejuízos.

Método prático para descobrir a potência de um transformador

A ideias descritas a seguir se baseiam no capítulo 2 da "bíblia" Transformadores, de Alfonso Martignoni, que o leitor deverá consultar se quiser se aprofundar sobre o tema.

Tratarei apenas de transformadores de pequena potência que se situam em até 3kVA.

Antes prosseguir, vale uma observação: embora a unidade mais adequada ou, porque não dizer correta, para especificação da potência de transformadores seja o VA (volt-ampere ou seu múltiplo kVA), é comum vermos muitos fabricantes e até mesmo livros, usando watts como se fosse "a mesma coisa".

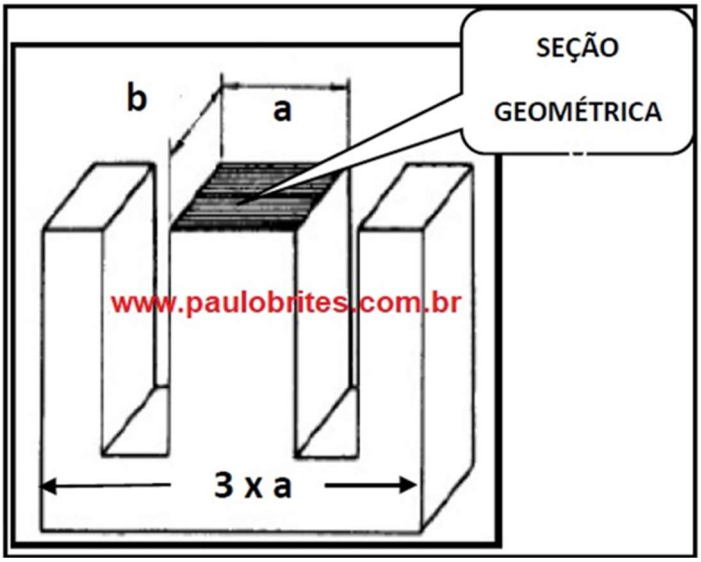
Feita esta ressalva, vamos ao "método prático" que consistirá em determinar a potência do transformador a partir da **área da secção magnética** onde as bobinas foram enroladas.

Reparou que eu grifei **área da secção magnética?**

Fiz isso para distingui-la da **secção geométrica**, que podemos medir com uma régua, enquanto a **secção magnética** terá que ser calculada, como veremos adiante.

Outras duas questões relevantes para usar o "método" é saber que ele se adapta a transformadores que utilizam lâminas padronizadas, o que facilitará a determinação da **área da secção geométrica,** e que supomos transformadores ideais, como já foi dito, e, portanto, sem perdas no cobre e/ou no núcleo.

Acompanhe na **figura1**:

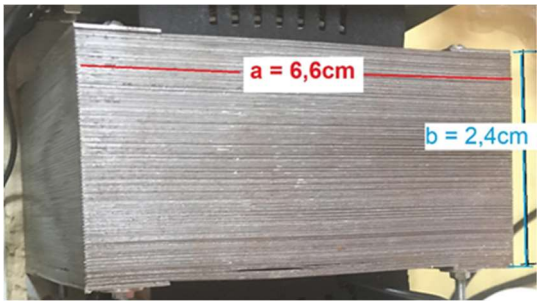


Talvez você esteja pensando que nem sempre é muito fácil fazer a medição de “a”, num transformador já montado como mostrado na fig.1 e que é parte da “perna” central do núcleo.

Não se desespere, é aí que entra a vantagem de termos **transformadores com lâminas padronizadas** que são, quase todos, os transformadores comerciais de pequena potência.

Observando atentamente a fig.1 vê-se que o comprimento total do total do transformador, que é bastante fácil de ser medido com uma régua, é igual a “3 x a”, portanto, uma simples conta de dividir por 3 resolverá nosso primeiro problema.

Veja o exemplo da **figura 2**:



Assim, concluímos que a = 2,2cm e que **a área da secção geométrica** será a x b = 2,2 x 2,4 = 5,28cm^2.

Falta encontrar a **área da secção magnética** que será obtida dividindo-se a **área da seção geométrica por 1,1** conforme nos ensina o livro do Martignoni.

Para o nosso exemplo teremos **área da seção geométrica (S_m) = 4,8cm^2.**

Finalmente, para obter a potência do secundário utilizaremos a fórmula **P_{sec} = 1,066 x (S_m)^2** que nos dará 1,066 x $(4,8)^2 \cong$ 24,5VA.

O transformador que estou utilizando para os experimentos deste artigo tem uma etiqueta no primário indicando 110V e 12V no secundário.

Assumindo 12V no secundário podemos concluir que a corrente máxima nele será 24,5VA ÷ 12V ≅ 2A.

Para conseguir essa corrente utilizei, como carga um resistor de 5ohms com dissipação de 30W (era o que tinha de mais próximo)**.**

Da teoria para a prática

Como a etiqueta do primário indicava 110V e a rede elétrica aqui é de 127V (valor oficial) resolvi utilizar um Variac para ajustar a tensão aplicada no primário em 110V.

Para minha surpresa, com 110V no primário eu tinha apenas 11,5V mesmo sem carga, quando o valor deveria ser maior que 12V quando medido com o FLUKE 107 que é TRUE RMS.

Precisei ajustar o Variac em 117V para obter 12V no secundário, mesmo sem carga.

Colocada a carga a tensão no secundário caiu para 11,5V o que não era tão ruim.

Finalmente, ajustei novamente o Variac para obter 12V no secundário, agora com carga e medi a corrente no secundário que deu 2,5A, um pouquinho maior que o calculado, o que mostra que nada é mais prático que uma boa teoria.

Calculando o fusível do primário

Se a carga vai puxar 2,5A então, devemos usar um fusível que suporte, no mínimo, esta corrente?

Se você respondeu SIM, devo informar-lhe que ERROU!

Uai! Como dizem nossos patrícios mineiros, “por que *sô?*”

Lá no início do artigo eu apresentei a igualdade

Potência no primário = Potência no secundário

E o segredo está nela. Vamos reescrevê-la assim:

$$E_p \times I_p = E_s \times I_S$$

“Captei vossa mensagem, amado mestre”, como diria Rolando Lero da Escolinha do Professor Raimundo.

Basta fazer 110V x Ip = 30VA e obteremos 0,27A ou 270mA logo, um fusível de 300mA no primário estará de bom tamanho.

Repare que o fusível escolhido ficou 10% acima do calculado e isto deve ser feito porque, na verdade, a corrente no primário, na prática, deverá ficar cerca de 10% maior que o calculado por conta das perdas no transformador “real”.

E, Era Uma Vez Um Transformador Que Voltará a Viver Feliz Para Sempre (ou até queimar)!

Transformadores com dois primários e diversos secundários

As ideias apresentadas aqui ajudarão a determinar a potência de transformadores pequenos e com apenas um primário e um secundário.

Para transformadores “mais complexos” do tipo 127V/220V e mais de um secundário teremos que fazer alguns “ajustes” nestes cálculos.

Não os farei neste momento, talvez os faça em outro artigo futuro dependendo do interesse dos leitores.

Quem quiser saber mais volto a recomendar o livro do Alfonso Martignoni, em particular, o capítulo 2.

O livro não “ensina” o método prático que propus aqui. A partir dos ensinamentos dele eu fiz uma “engenharia reversa” para resolver um problema: - salvar transformadores da sucata!

Esse é, a meu ver, o papel do técnico; encontrar soluções para os problemas que lhe sejam apresentados mesmo que eles nunca tenham sido “estudados” na escola.

Como disse Steve Jobs – “saber ligar os pontos” ou, no popular, usar a cabeça para pensar!

Aguardo os comentários dos leitores em contato@paulobrites.com.br

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



Álvaro Neiva*

Regulação

Uma vez convertida por retificação a tensão alternada da rede em CC pulsante, obtém-se na saída do filtro uma tensão com um valor médio de CC e uma tensão alternada de ondulação superposta.

Esse valor médio CC e a ondulação superposta estarão sujeitos a variações devido aos seguintes fatores:

- Variação da tensão da rede elétrica;
- Variação do consumo de corrente da carga alimentada, tanto do valor médio (CC) quanto componentes CA de sinais amplificados.

O armazenamento de carga e a baixa impedância para CA dos capacitores do filtro, nem sempre são suficientes para atender à demanda por CC limpa e estável de muitos circuitos.

Surge então a necessidade de regulação ou estabilização da tensão de saída da fonte.

Existem algumas maneiras possíveis de se fazer isso:

I. Controlar a tensão CA de entrada;

II. Controlar a retificação da tensão CA;

III. Estabilizar ou regular a tensão CC, após a retificação, usando um diodo estabilizador ou um regulador linear;

IV. Retificar a CA de entrada e usar uma fonte com regulação em modo chaveado.

***Engenheiro Eletricista**

Vamos nos concentrar no item III, deixando I, II e IV para a próxima série.

O estabilizador mais simples que encontramos é o que usa diodos Zener. Seu funcionamento se baseia na característica de condução reversa dos diodos semicondutores.

A chamada **região Zener** ocorre no princípio da ruptura por avalanche, quando o diodo, inversamente polarizado, conduz corrente em sentido reverso, com uma diferença de potencial de alguns volts (tensão Zener) e coeficiente de temperatura negativo. Alguns diodos são construídos para usar essa característica de forma a servirem de referência de tensão, ou serem usados como impedância não linear em paralelo (shunt), para estabilizar tensões em fontes de alimentação. Os diodos com tensões maiores que uns 6,2V usam o comportamento de avalanche.

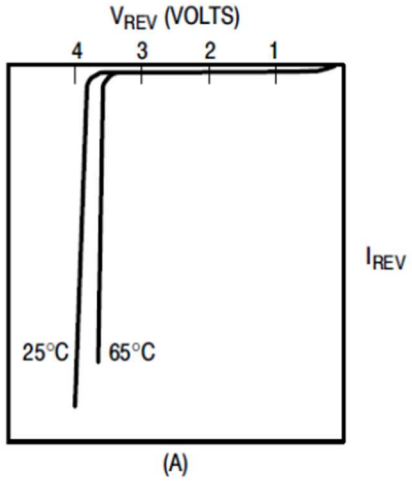


Figura 1

(A) Comportamento do diodo Zener [1]

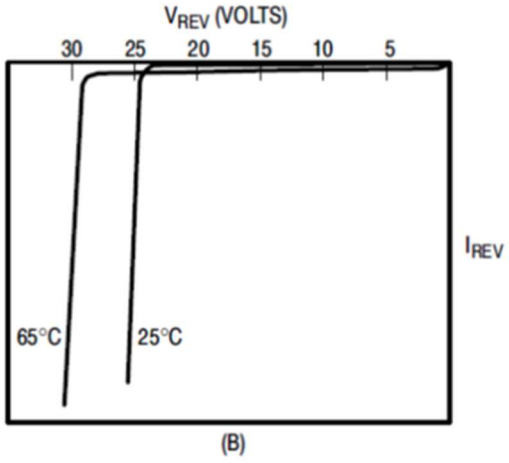


Figura 2

(B) Comportamento de ruptura por avalanche [1]

Características direta e inversa de um diodo Zener

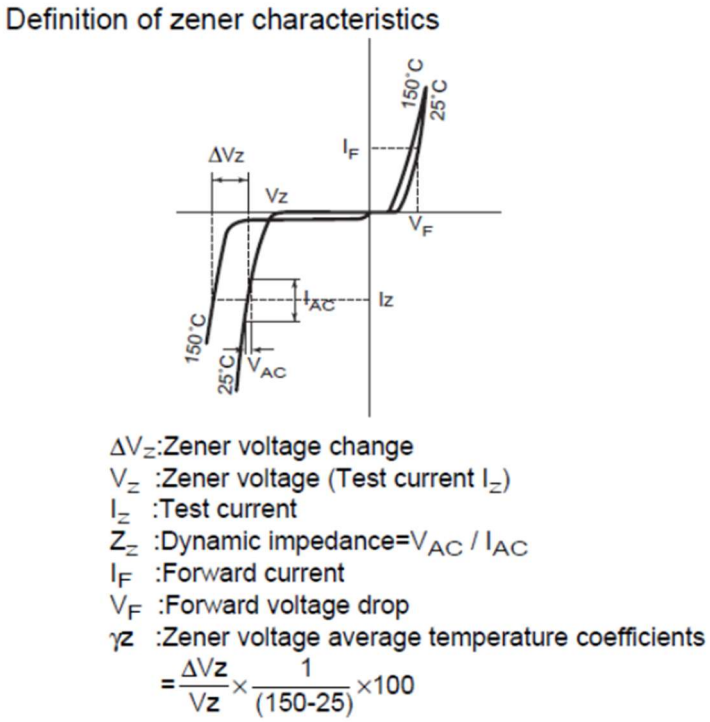


Figura 3

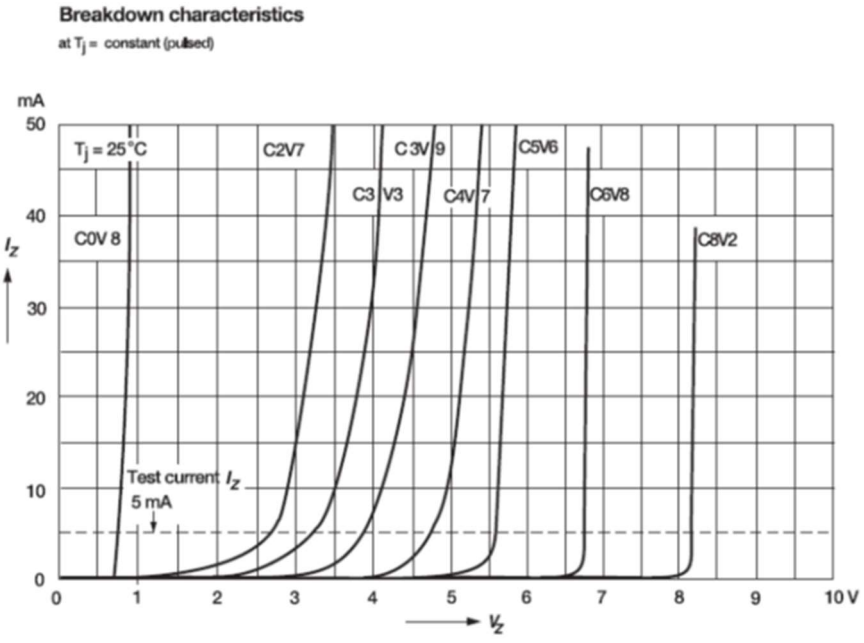


Figura 4

[1] **TVS/Zener Theory and Design Considerations,** On Semiconductor, http://onsemi.com , 2005.

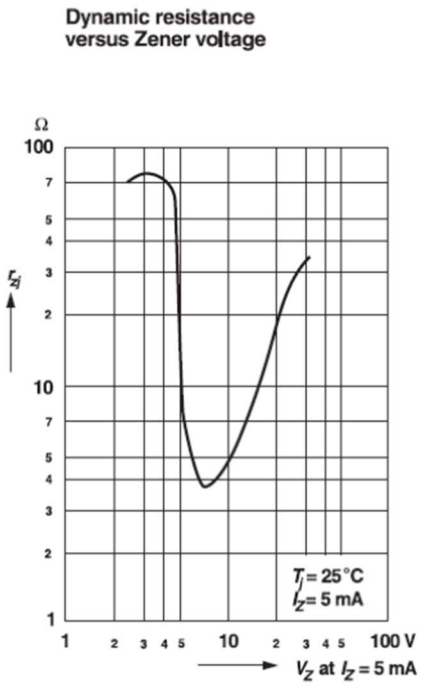


Figura 5

Impedância interna versus tensão Zener.

[1] **TVS/Zener Theory and Design Considerations,** On Semiconductor, http://onsemi.com , 2005.

Interessante observar que as menores impedâncias internas e menores variações com a temperatura acontecem para as tensões Zener entre 5 e 10V.

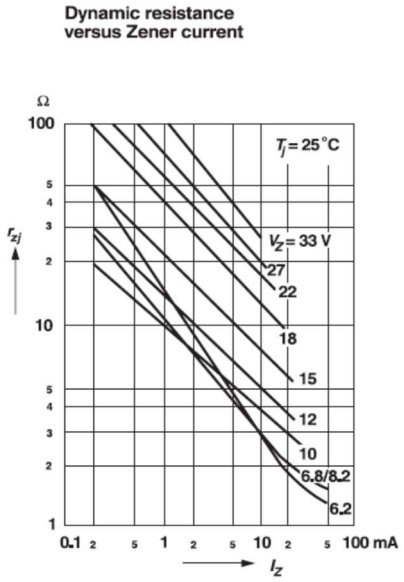


Figura 6

Impedância interna versus corrente.

A resistência para variações de corrente (ondulação e CA), diminui com o aumento da corrente CC circulante no diodo Zener.

[1] **TVS/Zener Theory and Design Considerations,** On Semiconductor, http://onsemi.com , 2005.

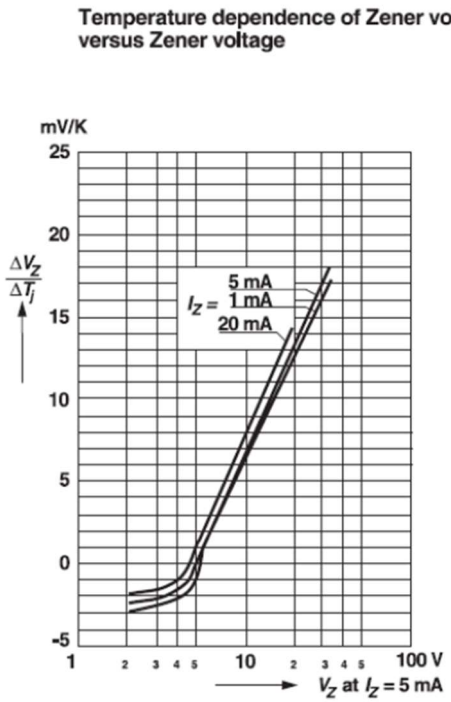


Figura 7

Circuito típico:

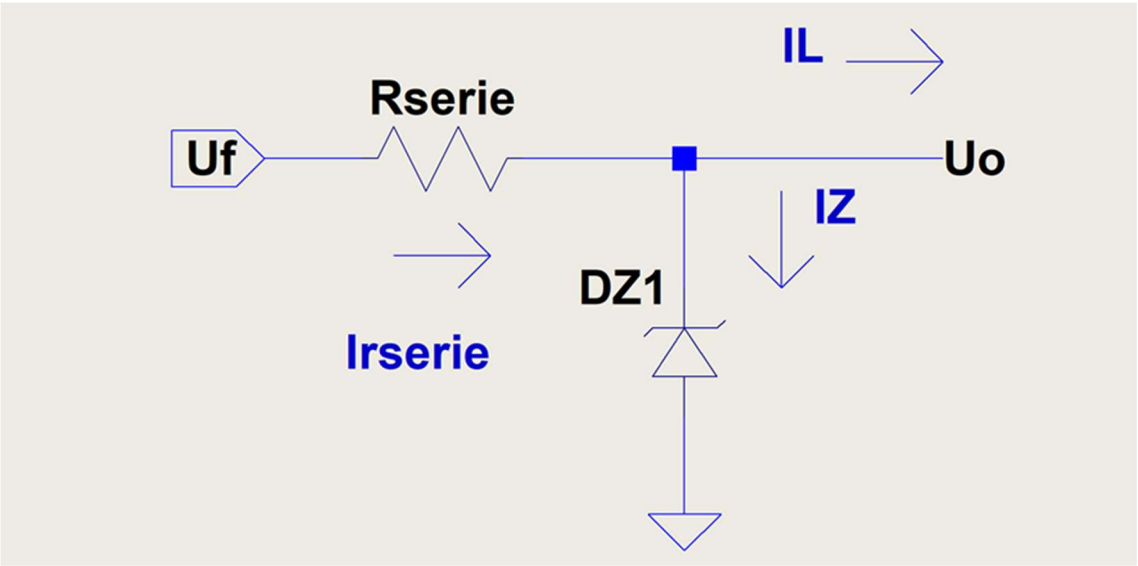


Figura 8

Costumamos usar esse circuito apenas para pequenas correntes de carga (IL < 50mA).

Na prática vamos usar diodos com 0,4W, 0,5W ou 1W de dissipação máxima. Existem diodos com maior dissipação (3W, 5W ou mais), mas o aumento de custo não costuma compensar.

$$I_Z = \frac{\left(U_f - V_Z\right)}{R_{série}} - I_L$$

Passos do projeto:

1. Determinar $I_{Lmáx}$, a corrente máxima drenada pela carga;
2. Determinar $I_{Lmín}$, a corrente mínima drenada pela carga, pode ser zero;
3. Determinar $U_{fmáx}$ e $U_{fmín}$ as tensões máxima e mínima de entrada;
4. Escolher o diodo Zener de modo que:

Então

$$V_Z = U_L$$

$$P_{Dmax} > I_{Lmáx} \cdot V_Z$$

garante o funcionamento caso a carga seja desconectada.

$$I_{Zmáx} = \frac{P_{Dmax}}{V_Z} > I_{Lmáx}$$

5. Determinando $R_{série}$:
6. Quando $I_L = 0$, por falha ou alguma outra razão, I_Z será máxima.

$$I_{Rsérie} = I_L + I_Z = \frac{U_{fmin} - V_Z}{R_{série}}$$

7. Por outro lado, quando a tensão de entrada for mínima, $R_{série}$ precisa garantir $I_{Z\text{-}mín}$:

$$R_{série} > \frac{\left(U_{fmáx} - V_Z\right)}{I_{Zmáx}}$$

8.

$$R_{série} < \frac{\left(U_{fmín} - V_Z\right)}{\left(I_{Zmín} + I_{Lmáx}\right)}$$

9. Para achar uma $R_{série}$ que atenda as duas condições, é melhor buscar uma $I_{zmáx}$ compatível, para escolher um diodo com a P_D adequada.

10.

$$I_{Zmáx} = \frac{\left(U_{fmáx} - V_Z\right)}{\left(U_{fmín} - V_Z\right)} \cdot \left(I_{Zmin} + I_{Lmáx}\right)$$

Exemplo:

Projetar um estabilizador que, a partir de uma tensão retificada de 17V +10% -15% forneça 12V sob 20mA +-5%

a) $I_{Lmáx}$ =20mA, constante, $I_{Lmín}$=0;

b) $U_{fmáx}$= 18,7V;

c) $U_{fmín}$= 14,4V;

d) V_z=12V;

e) Vamos considerar I_{Zmin}=5mA

$$I_{Zmáx} = \frac{\left(U_{fmáx} - V_Z\right)}{\left(U_{fmín} - V_Z\right)} \cdot \left(I_{Zmin} + I_{Lmáx}\right)$$
$$= \frac{(18{,}7 - 12)}{(14{,}4 - 12)} \cdot (0{,}005 + 0{,}020) = \frac{6{,}7}{2{,}4} \cdot 0{,}025 = 0{,}07A$$
$$= 70mA$$

f) P_Z=0,07A·12V=**0,84W**

g) Vamos usar um zener de 1W

h) =>$I_{Zmáx}$=83mA;

i) $R_{série}$>((18,7-12))/0,083=**81Ω**

j) $R_{série}$<((14,4-12))/0,025=**96Ω**

k) Podemos escolher $R_{série}$ = 91Ω ou usar dois resistores de 180Ω em paralelo;

l) Corrente no diodo Zener para a tensão nominal retificada:

I_Z=((17-12))/91-0,02=0,055-0,020=0,035A=35mA

m) Dissipação: P_D=12V×0,035A=0,42W

n) Escolha do diodo: 1N4742A para 5% de tolerância em V_z (figura 9);

o) Verificação da dissipação de potência suportada (figura 10) para a temperatura ambiente esperada.

Type	Nominal Zener voltage[3] at I_{ZT} V_Z V	Test current I_{ZT} mA	Maximum Zener impedance[1] Z_{ZT} at I_{ZT} Ω	Z_{ZK} Ω	at I_{ZK} mA	Maximum reverse leakage current I_R µA	at V_R V	Surge current at T_A = 25°C I_R mA	Maximum regulator current[2] I_{ZM} mA
1N4728	3.3	76	10	400	1.0	100	1	1380	276
1N4729	3.6	69	10	400	1.0	100	1	1260	252
1N4730	3.9	64	9	400	1.0	50	1	1190	234
1N4731	4.3	58	9	400	1.0	10	1	1070	217
1N4732	4.7	53	8	500	1.0	10	1	970	193
1N4733	5.1	49	7	550	1.0	10	1	890	178
1N4734	5.6	45	5	600	1.0	10	2	810	162
1N4735	6.2	41	2	700	1.0	10	3	730	146
1N4736	6.8	37	3.5	700	1.0	10	4	660	133
1N4737	7.5	34	4.0	700	0.5	10	5	605	121
1N4738	8.2	31	4.5	700	0.5	10	6	550	110
1N4739	9.1	28	5.0	700	0.5	10	7	500	100
1N4740	10	25	7	700	0.25	10	7.6	454	91
1N4741	11	23	8	700	0.25	5	8.4	414	83
1N4742	12	21	9	700	0.25	5	9.1	380	76
1N4743	13	19	10	700	0.25	5	9.9	344	69
1N4744	15	17	14	700	0.25	5	11.4	304	61
1N4745	16	15.5	16	700	0.25	5	12.2	285	57
1N4746	18	14	20	750	0.25	5	13.7	250	50
1N4747	20	12.5	22	750	0.25	5	15.2	225	45
1N4748	22	11.5	23	750	0.25	5	16.7	205	41
1N4749	24	10.5	25	750	0.25	5	18.2	190	38
1N4750	27	9.5	35	750	0.25	5	20.6	170	34

Figura 9

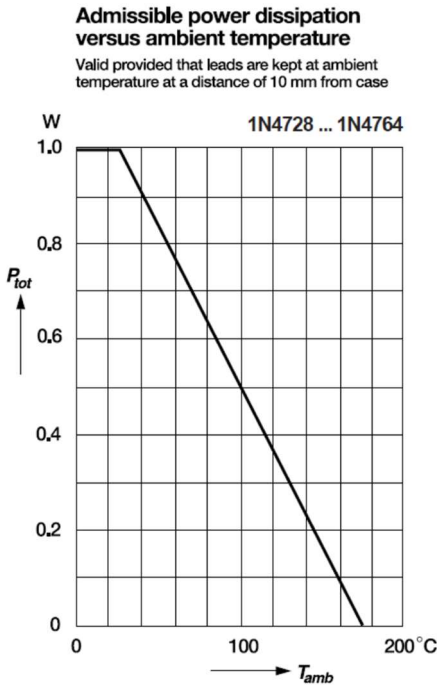


Figura 10

Atenuação da ondulação:

Vamos usar a impedância que consta do manual, embora a corrente maior que a de teste garanta uma impedância menor.

$$U_{rout} = U_r \cdot \frac{Z_z}{R_{serie} + Z_z} = U_r \cdot 0{,}09$$

Uma redução de 91%, ou 21dB, pelo menos.

Eficiência:

$$P_o = 12V \times 0{,}020A = 0{,}24W$$

$$I_{Rserie} = \frac{(17-1\ )}{91} = 0{,}055A$$

$$P_{in} = 17V \times 0{,}055A = 0{,}94W$$

$$\eta\% = \frac{P_o}{P_{in}} \cdot 100 = \frac{0{,}24}{0{,}94} \cdot 100 = 0{,}254 \cdot 100 = 25{,}4\%$$

Aumentando a rejeição da ondulação de entrada e a eficiência

Uma forma de aumentar a redução da ondulação na saída pode ser o uso de uma fonte de corrente, que tem alta impedância interna para CA, o que vai reduzir a ondulação de saída e permitir manter a corrente no Zener constante, em relação a variações na tensão de entrada:

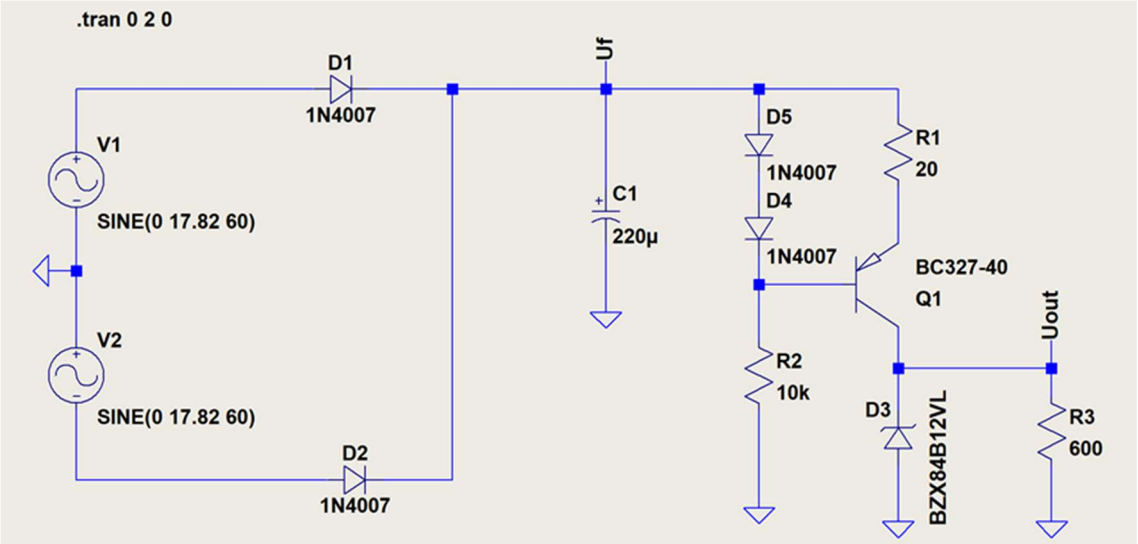


Figura 11 (rede normal)

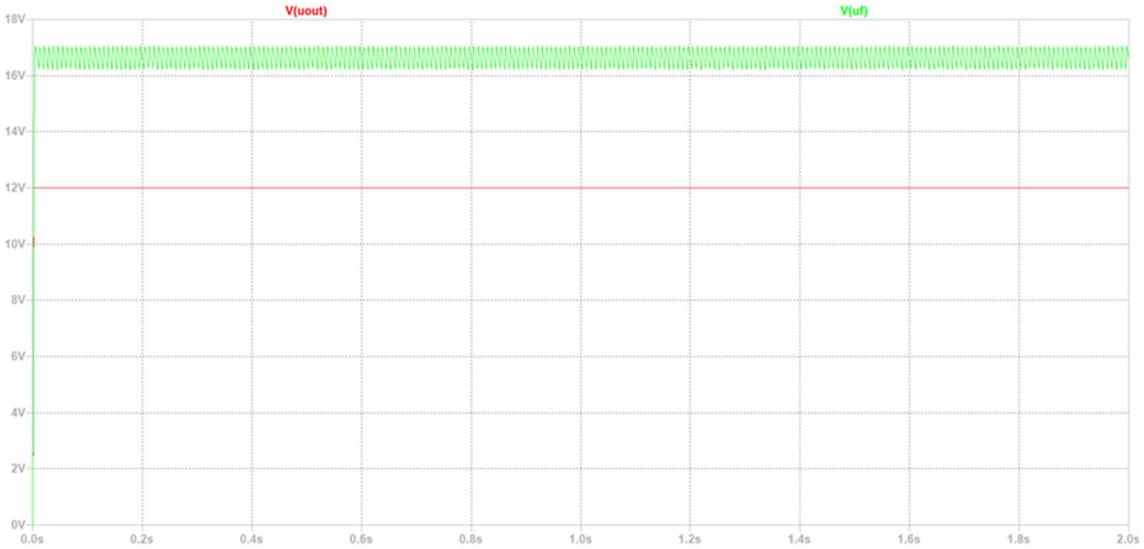


Figura 12 (rede normal)

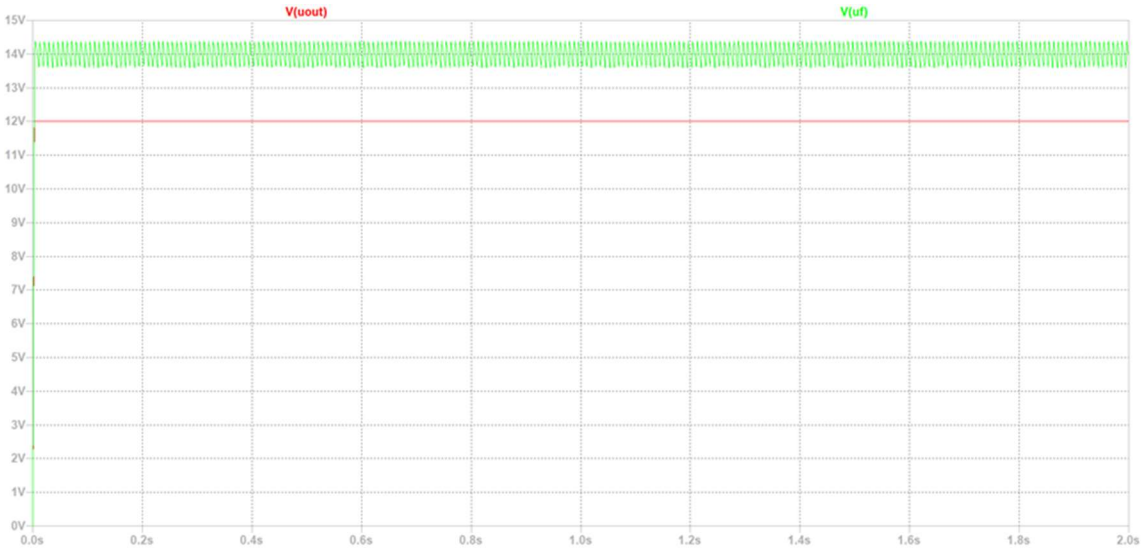


Figura 13 (com rede 15% mais baixa)

Eficiência:

$P_o = 12V \times 0{,}020A = 0{,}24W$

$I_{Q1} = \frac{0{,}6}{20} = 0{,}03A$

$P_{in} = 17V \times 0{,}03A = 0{,}51W$

$\eta\% = \frac{P_o}{P_{in}} \cdot 100 = \frac{0{,}24}{0{,}51} \cdot 100 = 0{,}47 \cdot 100 = 47\%$

Bem melhor.

Aumentando a capacidade de corrente

O próximo regulador, em simplicidade, será obtido usando um transistor, ligado como seguidor de emissor, para aumentar a capacidade da fonte em fornecer corrente.

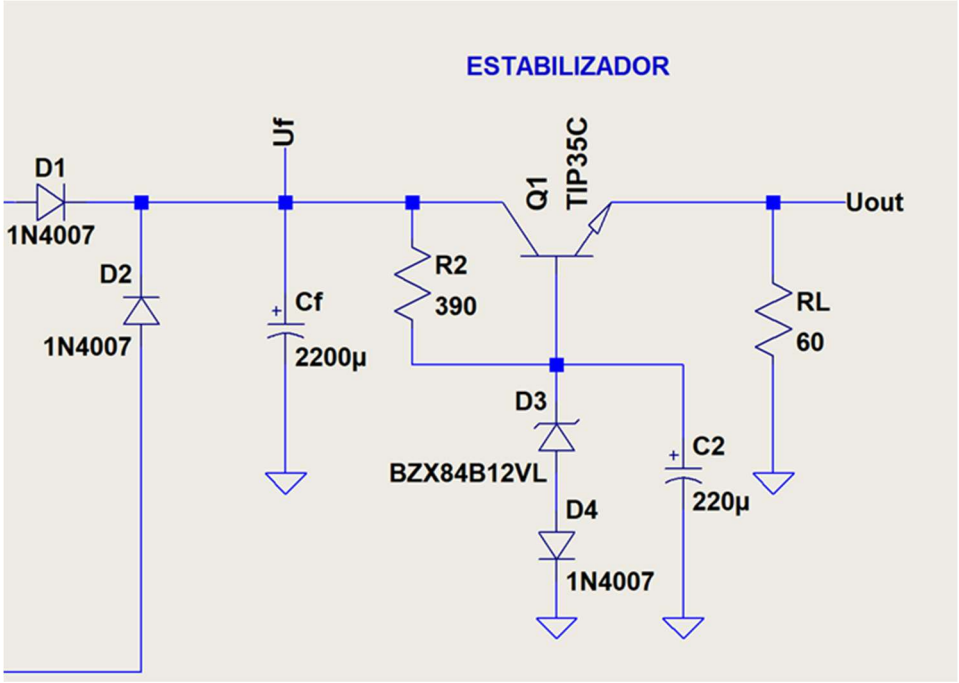


Figura 14 (RL equivale ao consumo de 0,2 A)

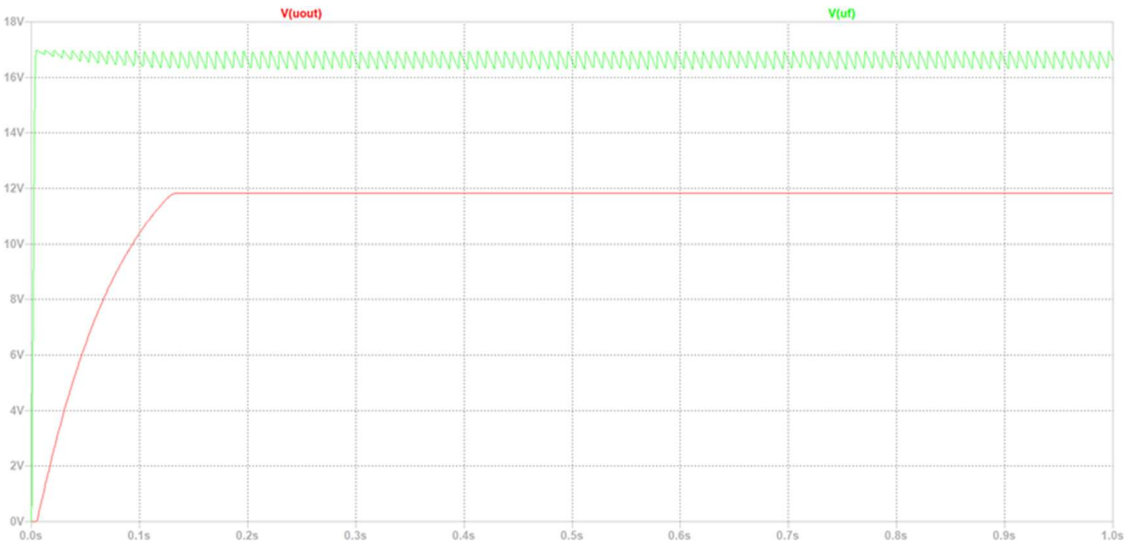


Figura 15

$$R_2 = \frac{(U_{fmin} - V_z)}{\left[I_{Zmín} + \left(\frac{I_{Lmáx}}{H_{FE}}\right)\right]}$$

C_2 foi introduzido para aumentar a rejeição de ondulação, também introduz uma "rampa" no crescimento da tensão de saída.

O próximo passo é introduzir uma fonte de corrente no lugar de R_2 (figura 16).

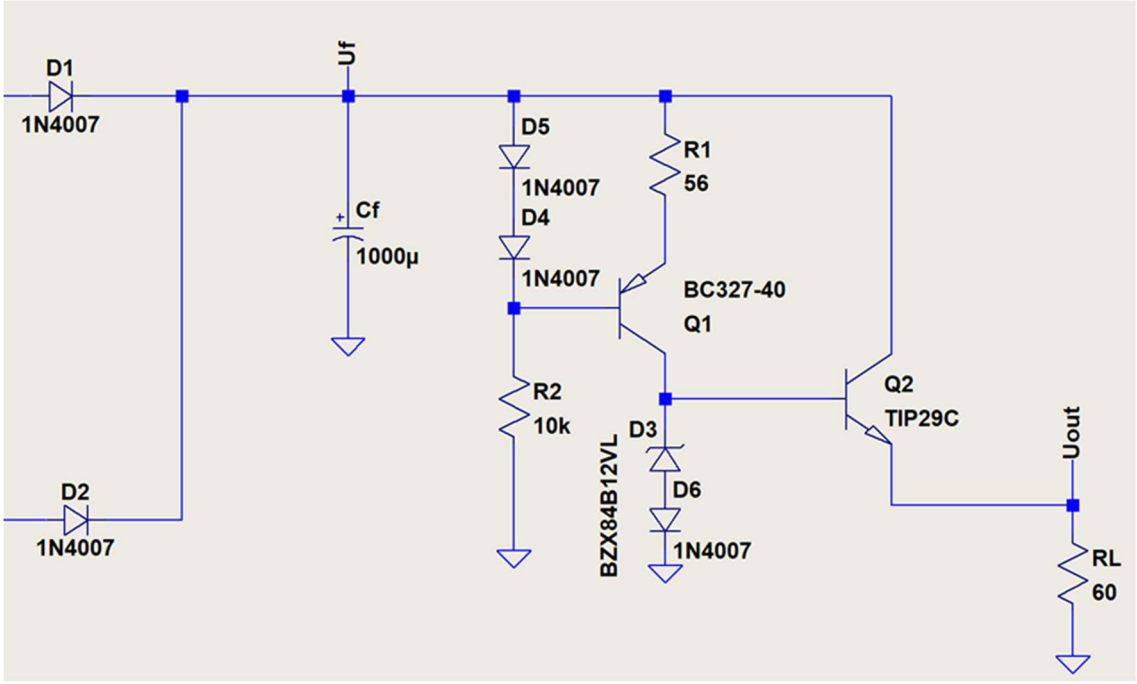


Figura 16

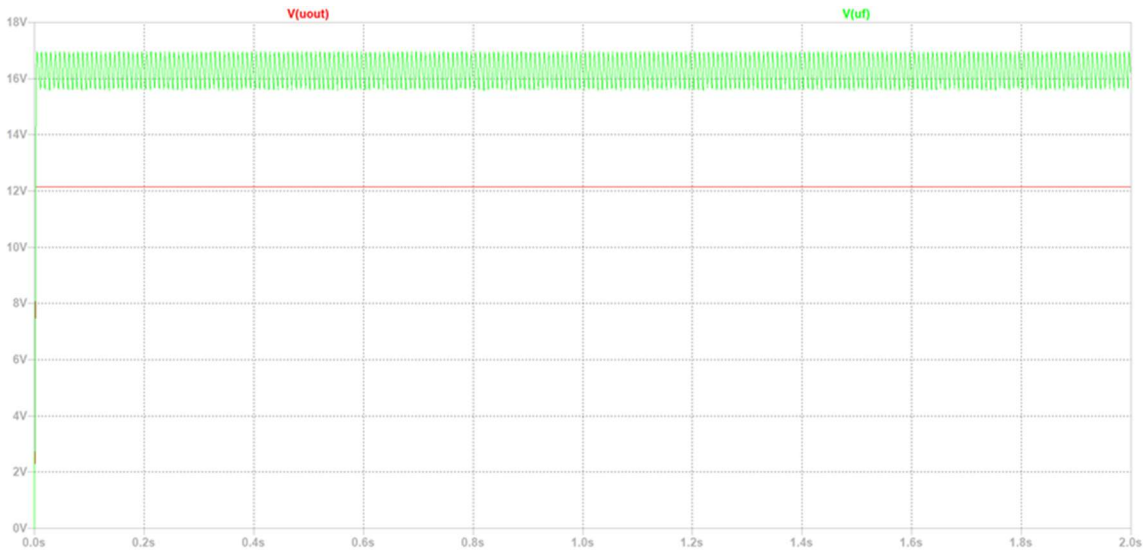


Figura 17

Conseguimos uma maior rejeição de ondulação com menores valores de capacitância, usando a fonte de corrente.

Determinando o resistor R1 da fonte de corrente constante:

$$R_1 = \frac{0{,}6}{\left[I_{Zmín} + \left(\frac{I_{Lmáx}}{H_{FEmín}}\right)\right]}$$

Introduzindo um capacitor com duplo propósito:

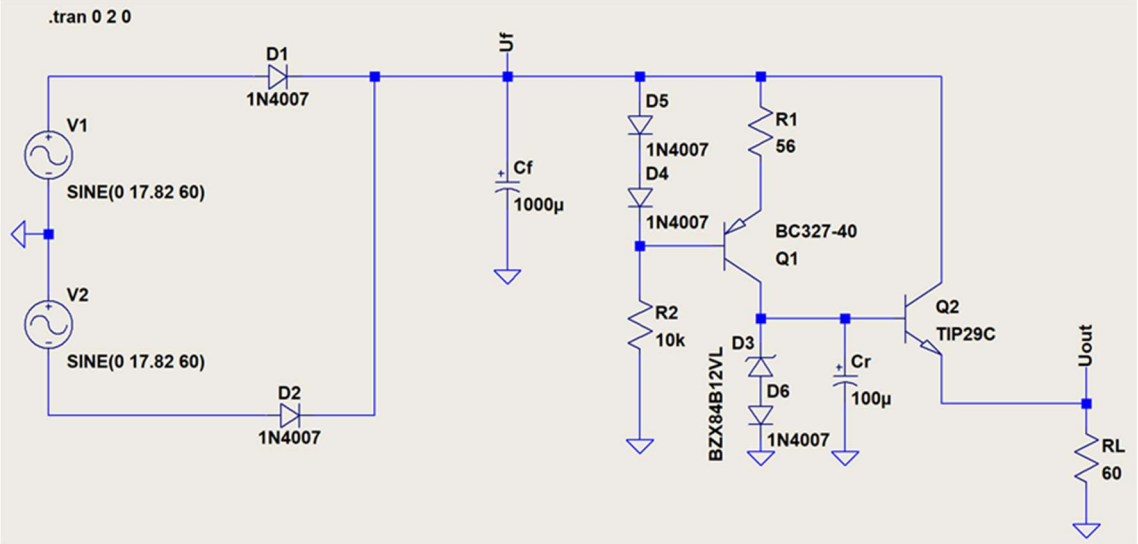


Figura 18

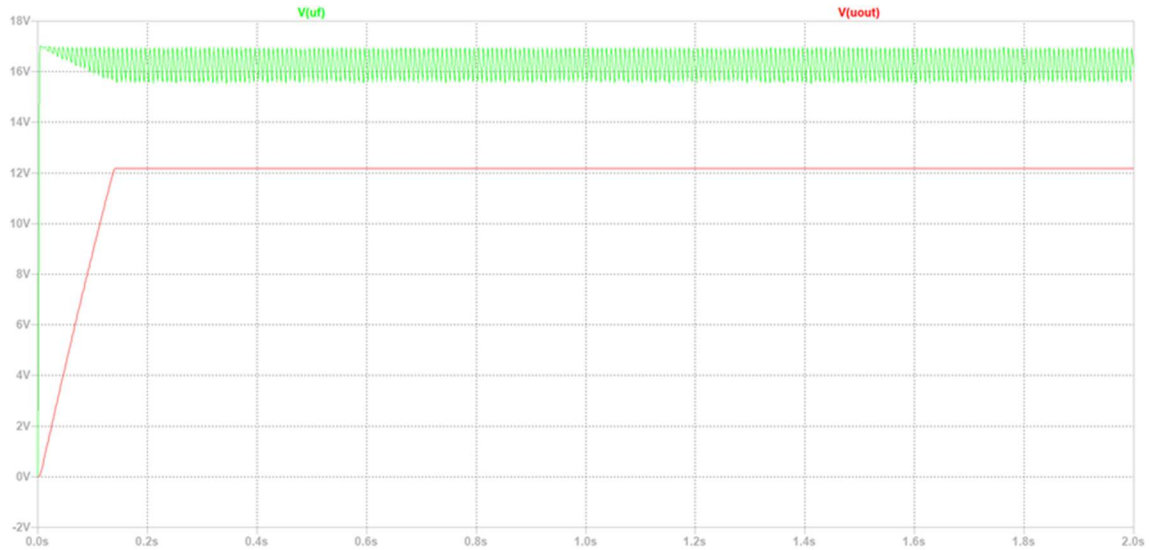


Figura 19

O capacitor Cr tanto vai introduzir uma rampa no crescimento da tensão de saída, quanto reduzir o nível de ruído e baixar a impedância de saída da fonte para CA. De fato, qualquer impedância ligada à base de um transistor bipolar, ligado como seguidor de emissor, vai aparecer no emissor com o valor dividido por um fator (hfe+1). Para um capacitor, isso equivale a multiplicar a capacitância pelo mesmo fator.

Os circuitos estabilizadores vistos até agora não regulam a tensão de saída para grandes variações da corrente de saída. Para conseguir uma regulação completa, somente usando realimentação.

O Regulador Linear

Um regulador linear nada mais é que um amplificador CC realimentado, com uma entrada CC constante e amostragem da tensão de saída.

A implementação mais simples usa um transistor como elemento amplificador da diferença entre a amostra de tensão obtida da saída através de um divisor de tensão, e a referência fornecida por um diodo Zener.

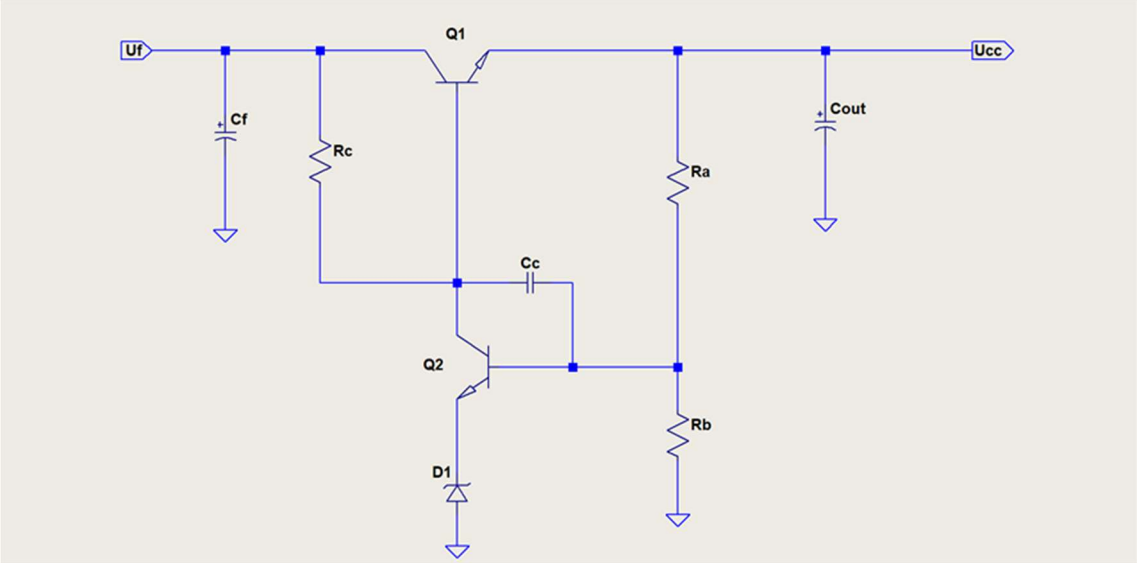


Figura 20

Na figura 20, a corrente de coletor de Q2 depende da diferença entre a amostra da tensão de saída obtida pelo divisor formado por Ra e Rb, e a tensão de referência do diodo Zener D1.

Aumentando a tensão de saída UCC, aumenta a corrente de coletor de Q2 e a queda de tensão em Rc, reduzindo a tensão na base do transistor Q1 e na saída UCC. Reduzindo-se a tensão de saída, reduz-se a corrente de coletor de Q2 e a queda de tensão em Rc, aumentando a tensão na base do transistor Q1 e na saída UCC.

Esse laço de realimentação negativa de tensão vai funcionar, inclusive quando a corrente de saída for zero, até quando a corrente de base de Q1 se tornar significativa em relação à que flui por Rc.

O capacitor Cc e o capacitor Cout são usados para lidar com corrente de carga variável como acontece ao alimentarmos amplificadores de sinal.

Para diminuir a corrente de base do transistor em série com a carga, costuma-se usar uma configuração Darlington.

Projetando o regulador.

Passos do projeto;

a) Dados U_{cc} e I_L determinar a retificação e capacitor de filtro para garantir uma $U_{fmín}$ que garanta a corrente para o diodo Zener e coletor de Q2 suficiente para garantir a tensão Zener desejada;
b) $U_{fmín} > 1{,}1\ U_{CC}$
c) Escolher os transistores;
d) Garantir que a corrente de base de Q1 seja bem menor que a corrente I_Z;
e) $I_Z = 10 \cdot \frac{I_L}{H_{FEQ1}}$
f) $\frac{(U_{fmín} - V_{BEQ} - U_{CC})}{I_{CQ1}} = R_c$
g) Achar R_A e R_B de forma que:
$$\frac{U_{CC}}{10 \cdot I_{BQ2}} > (R_A + R_B)$$

Exemplo:

Projetar um regulador que forneça 28 VCC e 0,2A usando um Zener de 4,7V 0,5W

a) $U_{fmín} > 1{,}1\ U_{CC} = 31$ V
b) Lembrando das relações obtidas anteriormente:

$$\omega \cdot R_L \cdot C_f \geq 10$$

$$R_L = \frac{U_f}{I_{CC}} = \frac{31}{0{,}2} = 155\Omega$$

$$C_f = \frac{10^7 \cdot I_{CC}}{377 \cdot U_{fmin}} = \frac{10^7 \cdot 0{,}2}{377 \cdot 31} = 171\mu F$$, usaremos 220μF

c) $U_{secmin} > \left[\frac{31+3{,}8+1{,}4}{1{,}2}\right] = 32\ Vrms$ para secundário simples;
d) $I_{rms} \cong 2.I_{CC} = 2 \cdot 0{,}2 = 0{,}4A$
e) Vamos fazer um par Darlington para reduzir a corrente de base a ser fornecida por Rc, um TIP41C + um BC546B, deixando a maior parte para a corrente de coletor de Q2;
f) $I_{CQ2} = 10 \cdot \frac{I_L}{H_{FEDarlington}} = I_Z$
g) $I_{CQ} = 10 \cdot \frac{0{,}2}{3000} = 0{,}67mA$ muito pequena, então vamos usar um resistor para adicionar corrente para uma operação adequada do diodo Zener (R2);
h) Com o capacitor escolhido, determinar a tensão mínima de entrada, valor instantâneo, usando as expressões obtidas anteriormente;

i) $U_{fmín} = 0{,}85 \cdot U_{sec} \cdot \sqrt{2} - \frac{8333 \cdot I_{CC}}{C_f} - V_D$

j) $U_{fmín} = 32 \cdot \sqrt{2} - \frac{8333 \cdot 0{,}2}{220} - 1{,}4 = 36V$

k) $R_c = \frac{(U_{fmín} - V_{BEQ1} - U_{CC})}{I_{CQ2}} = \frac{(36-1{,}2-28)}{0{,}00067} = 10k\Omega$

l) $R_2 = \frac{(U_{CC} - V_Z)}{I_z} = \frac{(28-4{,}7)}{0{,}01} = 2{,}2k\Omega$

m) $k = \frac{(V_Z + V_{BEQ2})}{U_{CC}} = \frac{5{,}3}{28} = 0{,}189$

n) $R_T = (R_A + R_B) < \frac{U_{CC}}{10 \cdot I_{BQ}} = H_{FEQ2} \cdot \frac{U_{CC}}{10 \cdot I_{CQ2}} = 200 \cdot \frac{28}{10 \cdot 0{,}00067} = 836k\Omega$

o) $R_B = k \cdot R_T = 158k\Omega$

p) $R_A = (1 - k) \cdot R_T = 677k\Omega$

q) Adotamos $R_B = 150k\Omega$, $R_A = 620k\Omega$

r) RA pode ser um resistor de 560k em série com um potenciômetro de 220k ajustável (trimpot).

s) Simulando no LTSpice:

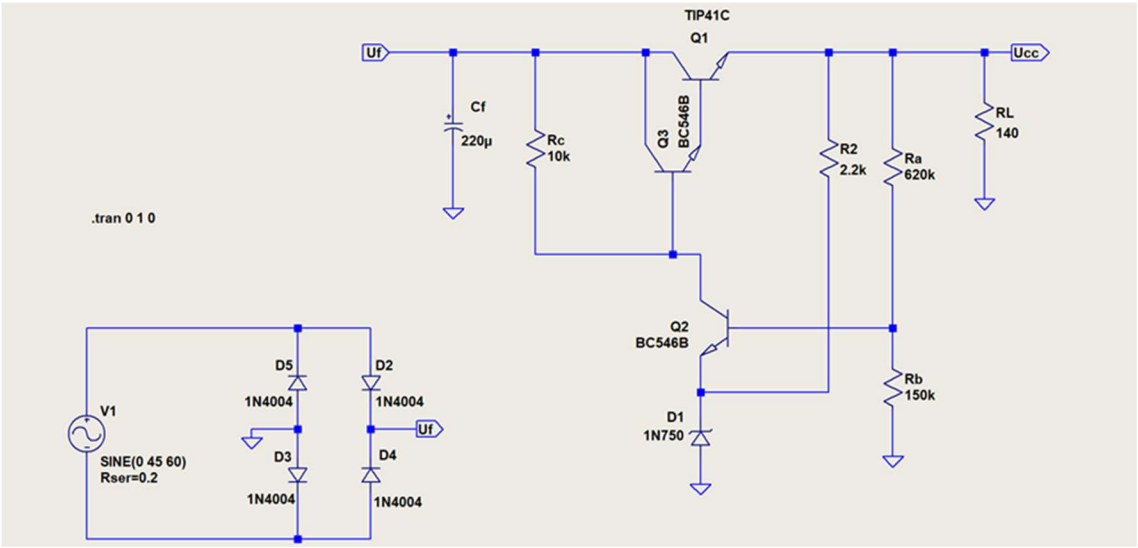


Figura 21 (sem Cc e Cout)

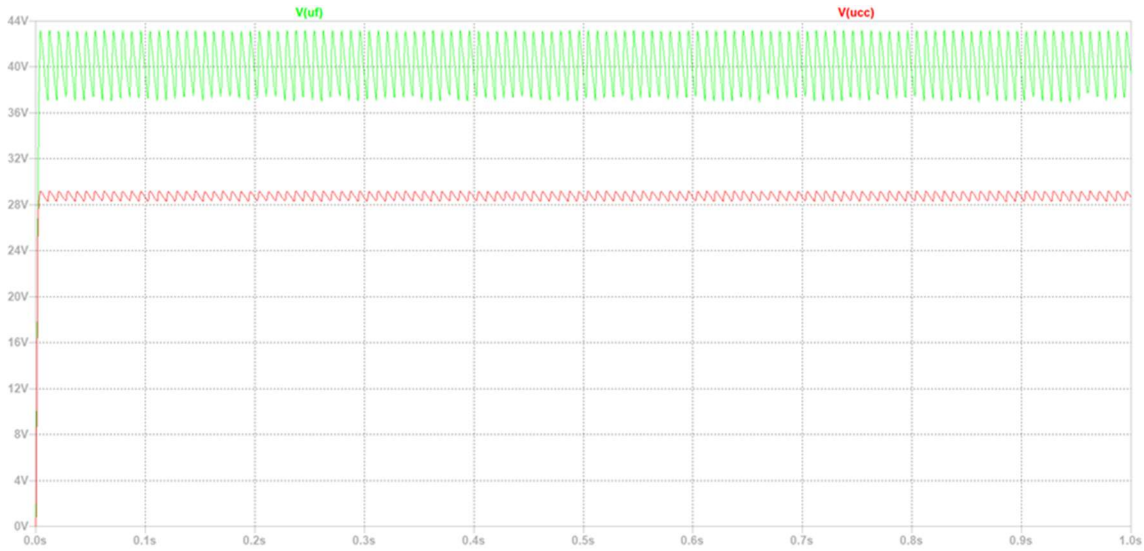


Figura 22 (sem Cc e Cout)

Agora, introduzindo Cc:

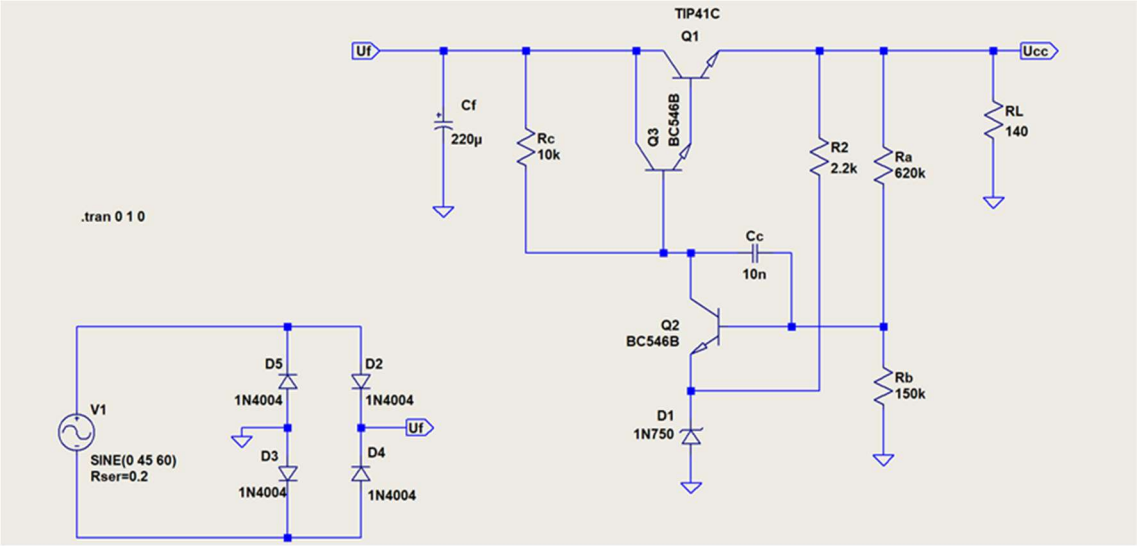


Figura 23 (com Cc)

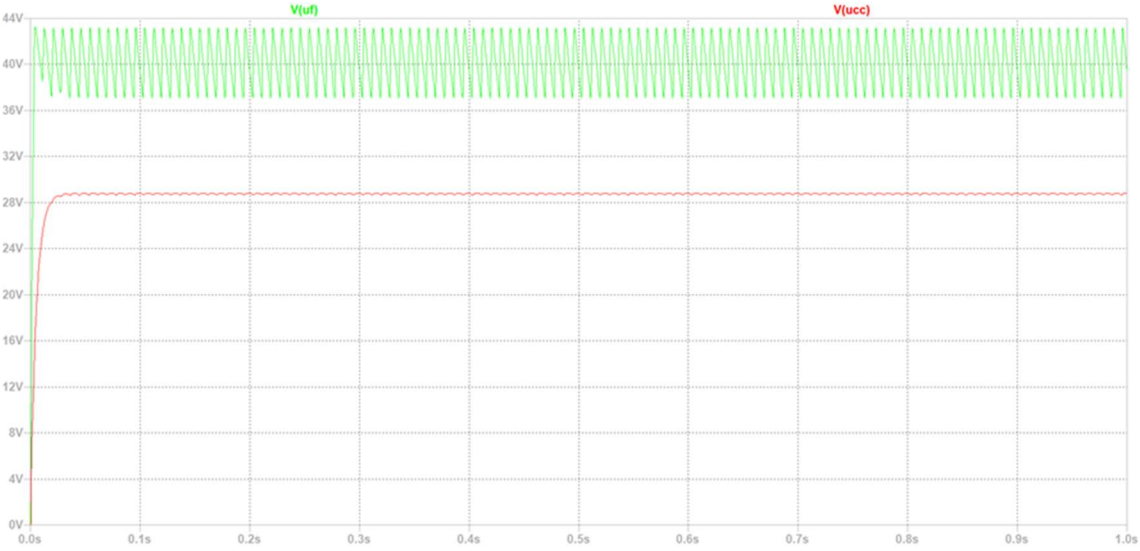


Figura 24 (com Cc)

Introduzindo Cc, seu efeito passa baixas aparece como redução de ondulação, mas somente com carga alimentada em CC que exija corrente alternada, como amplificadores de sinal toda sua influência vai aparecer.

A introdução de Cout não vai influenciar muito a redução da ondulação de 120Hz, mas sua influência vai aparecer para cargas que demandem corrente com CA superposta a CC.

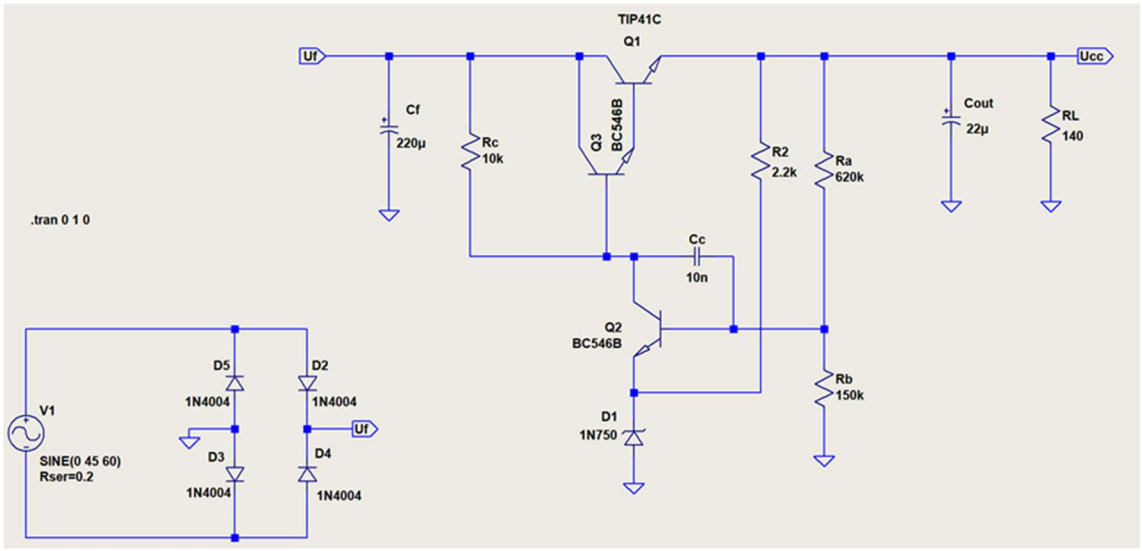


Figura 25 (com Cc e Cout)

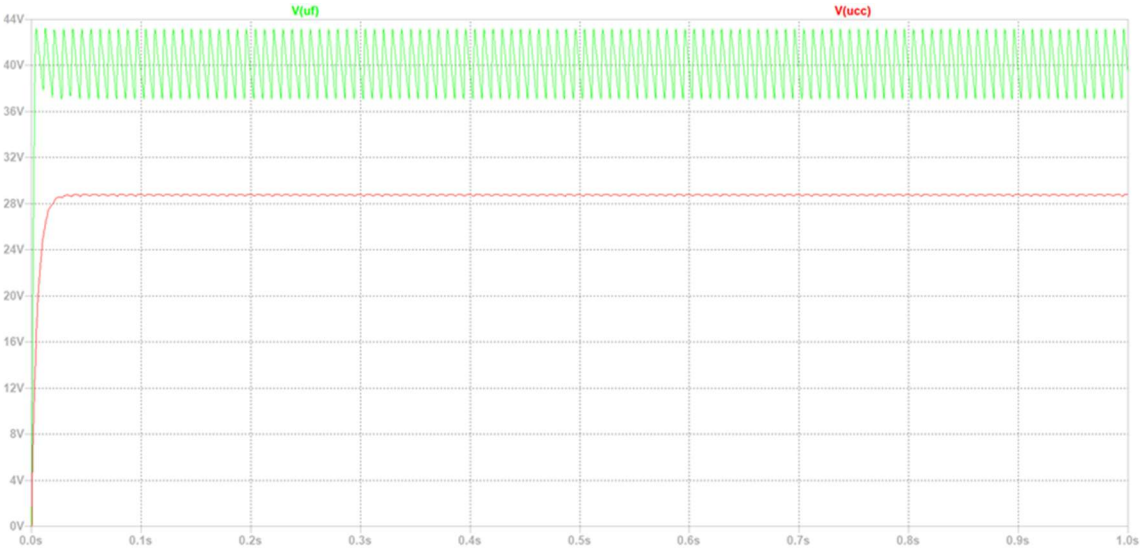


Figura 26 (com Cc e Cout)

Verificando o comportamento com tensão baixa de entrada.

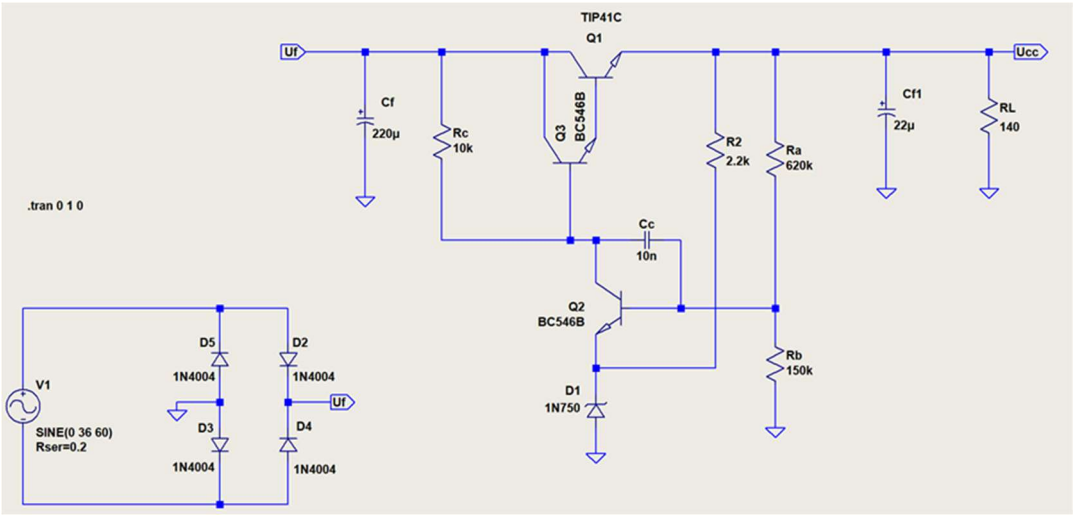


Figura 27 (rede baixa)

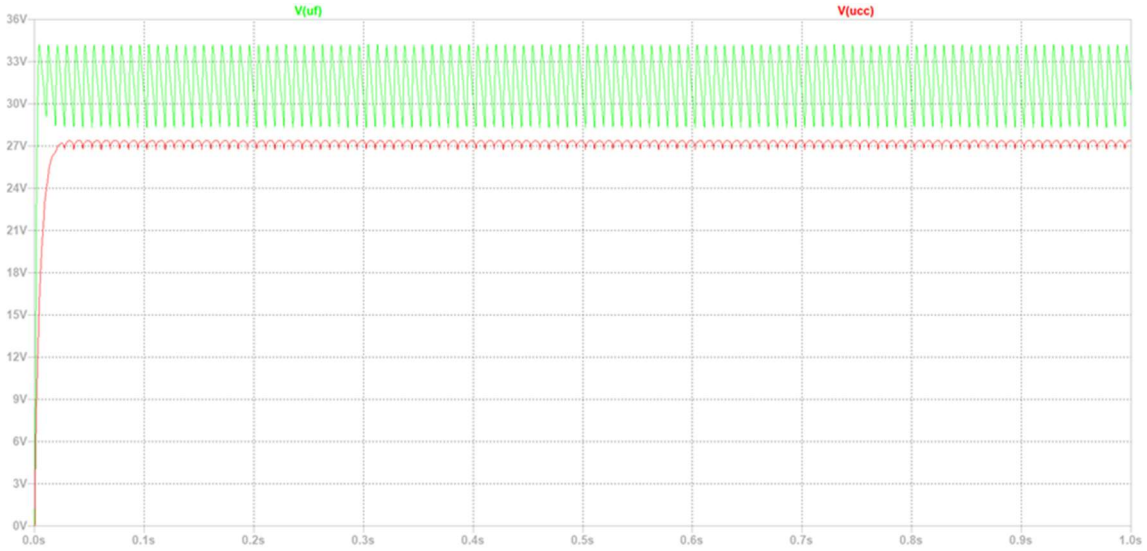


Figura 28 (rede baixa)

Ajustando o capacitor de filtro Cf para suportar a rede baixa.

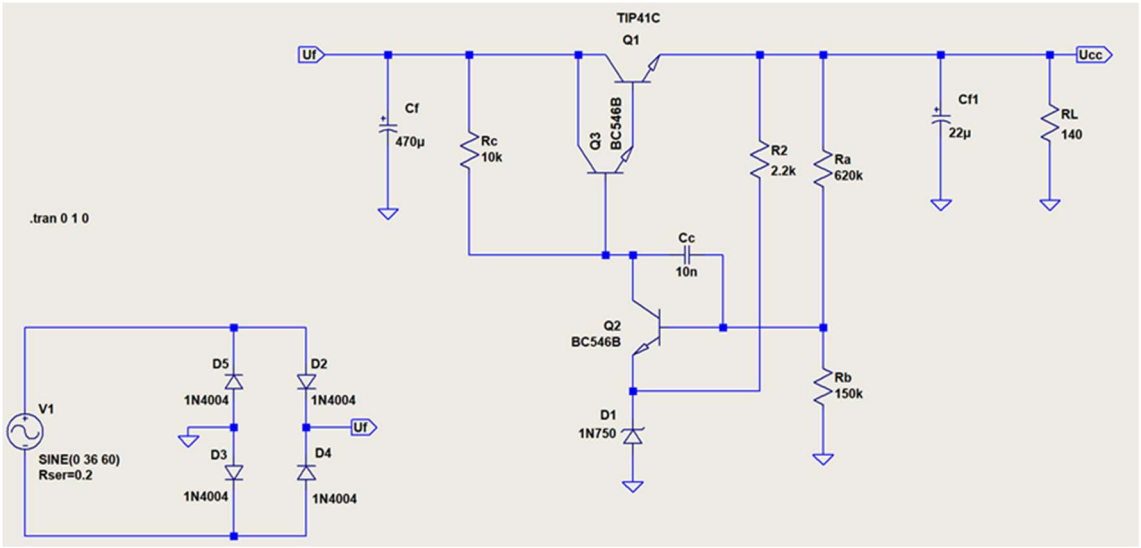


Figura 29

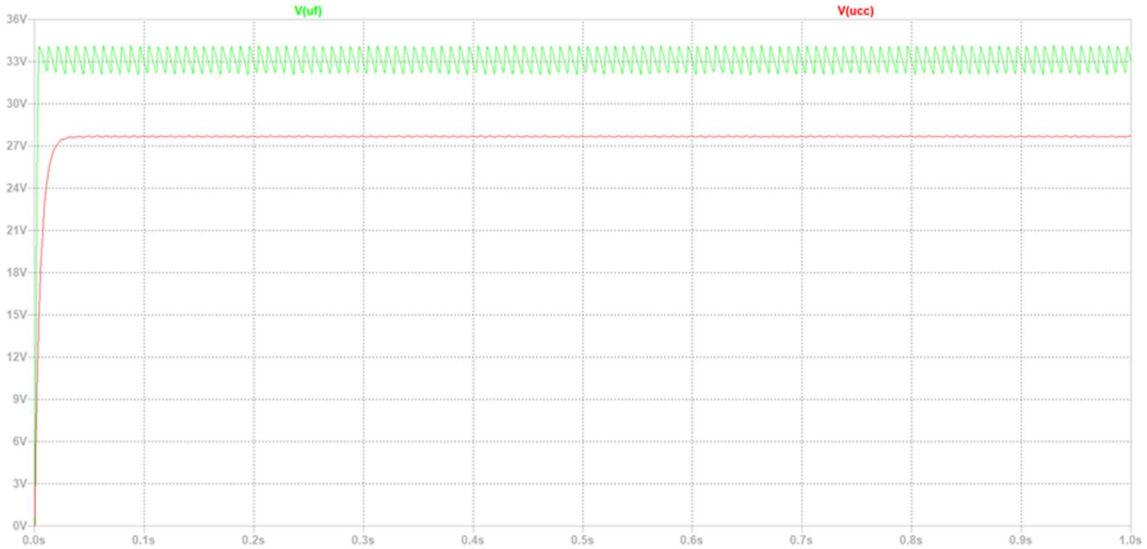


Figura 30

Mostrando o efeito de uma carga não linear como um estágio de saída classe AB (metade positiva):

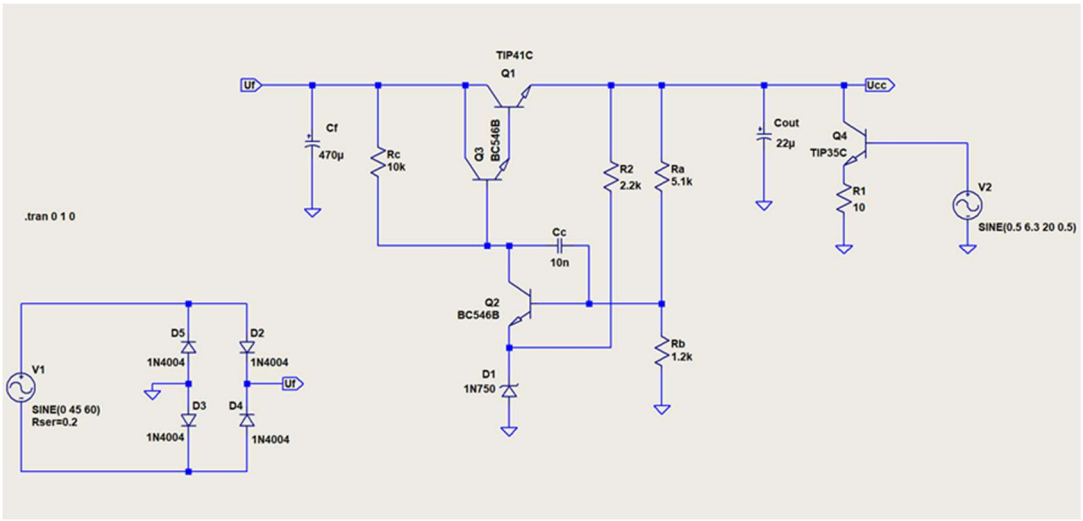


Figura 31

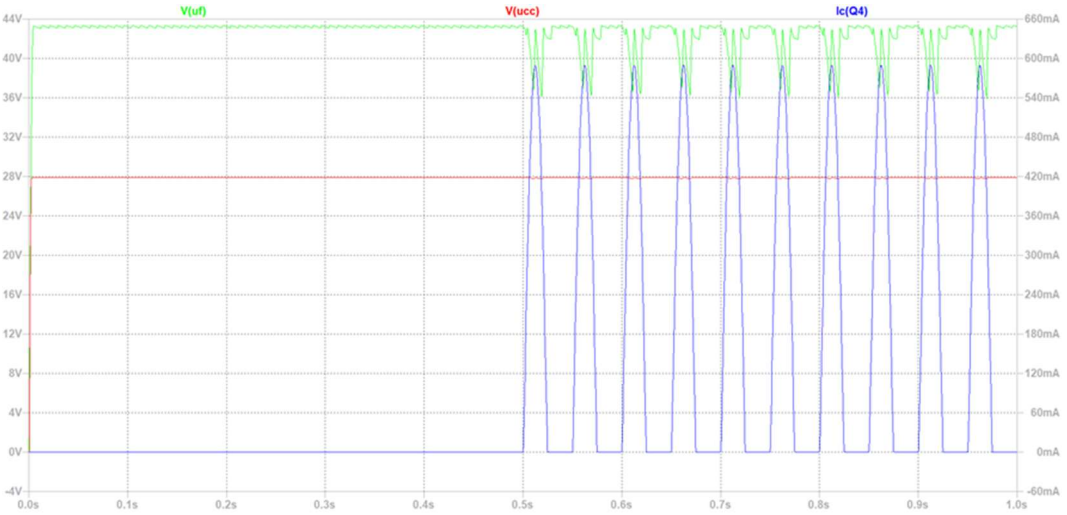
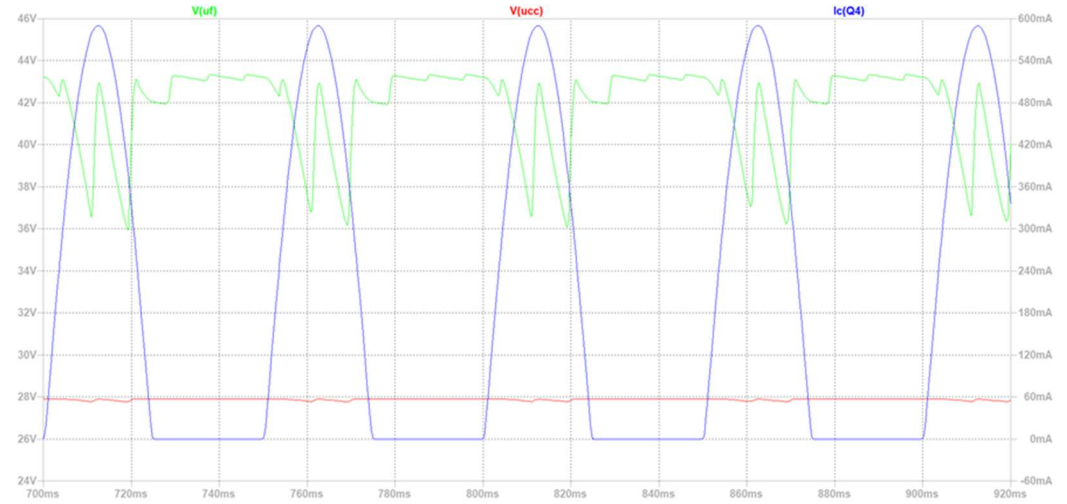


Figura 32

Detalhe (**figura 33**)



No próximo número vamos ver diversos aperfeiçoamentos que podem ser acrescentados a esse simples regulador, e observar mais de perto o comportamento com cargas como pulsos de corrente, o comportamento transitório da fonte.

Até lá e boas festas!

Referências:

1. MILLMAN, Jacob; HALKIAS, Christos. **ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUITS**. 1ª edição. International Student Edition: McGraw-Hill Kogakusha LTD; 1967.

2. BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS E TEORIA DE CIRCUITOS**. 11ª edição. Pearson Education do Brasil LTDA; 2013.

3. BOHN, Dennis et al**. AUDIO HANDBOOK**. 1ª edição. National Semiconductor Corporation; 1976.

4. CIPELLI, ANTONIO MARCO VICARI; SANDRINI, WALDIR JOÃO. **TEORIA E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS**. 4ª edição. Distribuidora de Livros Érica LTDA; 1980.

Fundamentos de Eletrônica - Parte IV



Alfredo Manhães*

Eletrodinâmica

Vimos no artigo da edição anterior de Antenna (novembro/2020) os princípios da Eletrodinâmica, tratando da corrente elétrica e da potência. Neste mês iremos abordar o resistor, um componente bastante importante nos circuitos eletrônicos e cuja função está ligada diretamente ao conceito de corrente elétrica.

Resistores

Há materiais que, por sua estrutura atômica e outras características fundamentais, conduzem bem a corrente elétrica, enquanto outros são mais resistentes ao fluxo de elétrons. Denominamos esses materiais, respectivamente, de bons condutores e maus condutores.

O mau condutor pode servir como uma resistência que controla o fluxo de elétrons de acordo com a necessidade. A esse tipo de dispositivo damos o nome de resistor, componente que é utilizado para limitar a corrente circulante em um circuito eletrônico**.**

1ª Lei de Ohm.

A figura 1 mostra um circuito elétrico onde um gerador produz uma corrente circulante I. Os instrumentos A e V são, respectivamente, um medidor de corrente elétrica (amperímetro) e um medidor de tensão elétrica (voltímetro). Teremos oportunamente artigos tratando de instrumentos de medição para eletrônica.

***Engenheiro de Computação**

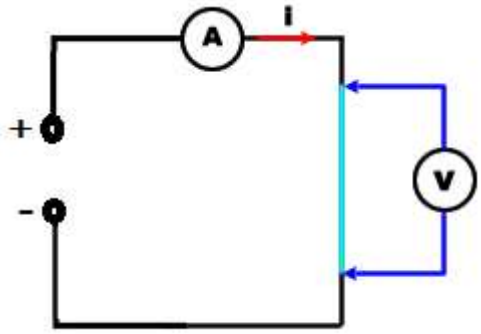


Figura 1 – A tensão e a corrente num circuito se relacionam pela resistência.

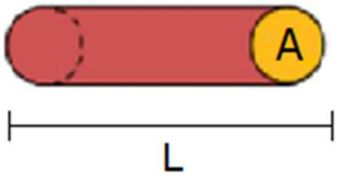
O físico alemão **George Simon Ohm** observou empiricamente, por volta de 1827, que havia uma relação entre a tensão (U) e a corrente (I) em um condutor. Esta relação foi denominada resistência elétrica do condutor (R), sendo conhecida por 1ª Lei de Ohm, onde "a resistência é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à corrente". A relação pode ser expressa matematicamente pela seguinte equação:

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

2ª Lei de Ohm.

Em suas pesquisas Ohm verificou também que a resistência de um condutor está relacionada às características de cada material, ao seu comprimento (L) e a sua área de seção transversal (A).

Figura 2 – O comprimento e a área do condutor influenciam na passagem de corrente elétrica.



Assim, ele definiu uma grandeza física denominada ***resistividade***, representando a condição de oposição que um material oferece ao fluxo de cargas elétricas. Um material de alta resistividade oferece mais resistência à passagem de corrente elétrica que outro de menor resistividade.

A 2ª Lei de Ohm pode ser calculada pela seguinte equação:

$$R = \frac{\rho . L}{A}$$

Onde:

R – Resistência (Ω)

ρ – Resistividade (Ω.m)

L – Comprimento (m)

A – Área transversal do condutor (m²)

A 1ª e 2ª Leis de Ohm são válidas para condutores de resistência constante, denominados condutores ôhmicos. Resistores reais podem não ser totalmente ôhmicos, ou seja, a variação entre tensão e corrente não é linear para qualquer medida. Mesmo assim, os resistores se apresentam lineares em uma certa faixa de atuação, como pode ser visto na **figura 3**, que representa a curva de resistência elétrica em um intervalo.

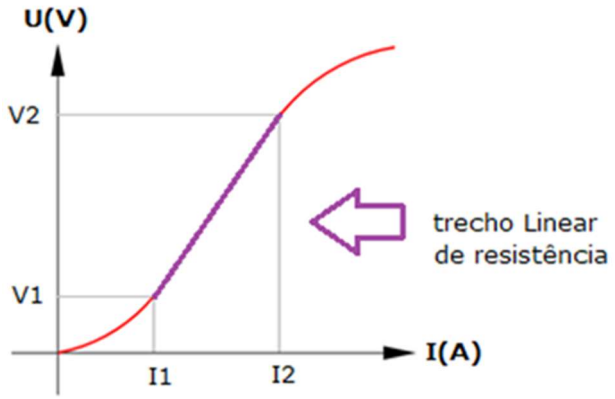


Figura 3 – Curva de resistência não ôhmica.

Tipos de Resistores

Os resistores podem ser classificados como fixos, ajustáveis e variáveis:

- Fixo: é o resistor que apresenta um único valor de resistência que permanece constante sob condições normais, independentemente de como estiver sendo aplicada.
- Variável: é o resistor onde o valor de resistência pode variar na medida em que seu atuador (botão ou cursor) é movimentado. Normalmente, em um extremo temos a resistência nula e, no outro, a resistência máxima, cujos valores variam de acordo com o fabricante.
- Ajustável: é semelhante ao variável, mas sua aplicação mais comum é quando se deseja que um certo valor de resistência seja obtido para calibrações e ajustes finos de corrente em circuitos, dentro de uma faixa pré-definida e com muita precisão.

A **figura 4** mostra alguns exemplos desses resistores.

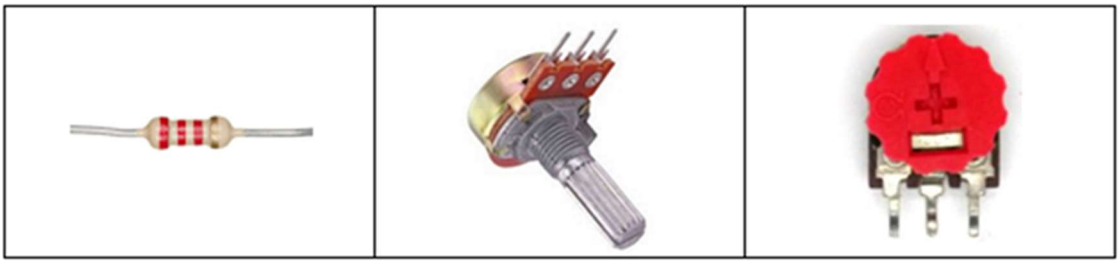


Figura 4 – Exemplos de resistores: fixo, variável (potenciômetro) e ajustável (trimpot).

Materiais Utilizados nos Resistores

Os resistores podem ser produzidos com diversos materiais. Há os resistores de carvão, resistores de fio, resistores de filme de carbono e de filme metálico, a saber:

- Os resistores de carvão têm em seu interior uma certa quantidade de carvão granulado e o material destinado a se obter o valor da resistência. Não é um componente de alta precisão e sua tolerância vai de 10 a 20% da resistência nominal.
- Os resistores de fio são constituídos por um núcleo de cerâmica ou vidro, que é envolvido em um fio de grande comprimento. Pelo diâmetro do fio e seu comprimento é possível encontrar o valor da resistência.
- Os resistores de filme de carbono são formados por um corpo cilíndrico cerâmico recoberto por uma película de carbono. Emitem um ruído característico quando em funcionamento.
- Os resistores de filme metálico são constituídos por um cilindro cerâmico recoberto por uma película metálica de Níquel Ni-Cr. É um resistor de alta qualidade e precisão, com baixíssimo nível de ruído e tolerância da ordem de 1%.

Alguns exemplos de resistores são mostrados na **figura 5.**



Figura 5 – Exemplos de resistores: de carvão, de fio, de filme de carbono e de filme metálico.

Identificação dos Resistores pelo Código de Cores

A maior parte dos resistores fixos utiliza um código internacional de faixas coloridas para representar os valores de resistência. Alguns deles ainda são vistos com 3 ou 4 faixas, mas com o passar do tempo os fabricantes passaram a empregar novas faixas de cor, com o intuito de oferecer mais informações sobre o componente e torná-lo mais preciso. Aprenda a identificá-los utilizando as tabelas de cor apropriadas.

Resistores de 3 e 4 faixas

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- .5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- .25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

1ª Faixa: Primeiro algarismo do valor da resistência
2ª Faixa: Segundo algarismo do valor da resistência
3ª Faixa: Multiplicador para determinar a ordem da resistência (mil, milhão etc.)
4ª Faixa: Determina a tolerância do resistor

O resistor de 3 faixas não possui a faixa da tolerância e se considera 20% nesse caso.

Exemplo:



1ª Faixa: Vermelho – 2

2ª Faixa: Verde – 5

3ª Faixa: Laranja – x1000Ω

4ª Faixa: Dourado – ±5%

O que resulta em:

25 x 1000 Ω (± 5%) = 25000Ω ±5%

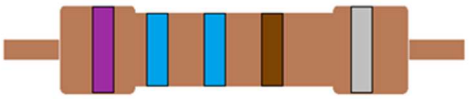
Valor do resistor: **25.000 Ω ou 25 KΩ com tolerância de ±5%.**

Resistores de 5 faixas

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- .5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- .25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

1ª Faixa: Primeiro algarismo do valor da resistência
2ª Faixa: Segundo algarismo do valor da resistência
3ª Faixa: Terceiro algarismo do valor de resistência
4ª Faixa: Multiplicador para determinar a ordem da resistência (mil, milhão, etc.)
5ª Faixa: Tolerância do resistor

Exemplo:



1ª Faixa: Violeta – 7

2ª Faixa: Azul – 6

3ª Faixa: Azul – 6

4ª Faixa: Marrom – x10Ω

5ª Faixa: Prateado – ±10%

Valor do resistor: 766 x 10 Ω (±10%) = **7.660 Ω ou 7,66 K Ω ± 10%**

Resistores de 6 faixas

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

1ª Faixa: Primeiro algarismo do valor da resistência
2ª Faixa: Segundo algarismo do valor da resistência
3ª Faixa: Terceiro algarismo do valor de resistência
4ª Faixa: Multiplicador para determinar a ordem da resistência (mil, milhão, etc.)
5ª Faixa: Tolerância do resistor
6ª Faixa: Coeficiente de temperatura em PPM/ºC (PPM = Partes por milhão)

Exemplo:



1ª Faixa: Verde – 5

2ª Faixa: Verde – 5

3ª Faixa: Preto – 0

4ª Faixa: Vermelho – x100Ω

5ª Faixa: Marrom – ±2%

6ª Faixa: Violeta – 5 PPM/ºC

Valor do resistor: 550 x 100Ω (±2%) = **55.000 Ω ou 55 KΩ ± 2%**

Agora que você já conhece os códigos de cores, tente descobrir qual o valor da corrente circulante em R1 no esquema da **figura 6**, utilizando a 1ª Lei de Ohm. É um resistor de alta precisão? A resposta estará no próximo número.

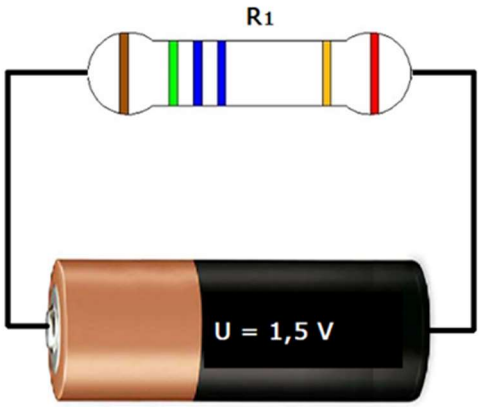


Figura 6 – Uma pilha de 1,5 V alimenta um resistor R1.

Embora para estes componentes os valores de resistência sejam fixos, é possível que eles sejam associados entre si para se obter valores diferentes. Veremos este assunto no próximo artigo.

Até lá!

Análise do Amplificador Integrado Gradiente Model 246



Marcelo Yared*

Neste mês faremos a avaliação de um equipamento da Gradiente que foi lançado na década de 1980 e que, até hoje, tem muitos fãs: o amplificador integrado - ou seja, com etapas de seleção de entrada e correção tonal presentes no equipamento - da Gradiente, o Model 246.

Dotado de diversos recursos e especificações de um equipamento de alta qualidade, apresentava como diferencial, em seu lançamento, uma tecnologia para controle da distorção de transição (*crossover*) do estágio de saída, conhecida como “Super A”, que era utilizada pela Gradiente sob licença da JVC, detentora de sua patente. A Gradiente tinha acordos tecnológicos com a JVC e seus tape-decks, à época também eram OEM daquela empresa. Posteriormente o Super A foi desabilitado em seus amplificadores, que passaram a ter configuração convencional para controle de corrente de repouso.

Este amplificador faz parte de uma linha completa, e extensa, do fabricante, chamada Compo, que permitia a escolha de peças separadas para compor um conjunto de alta-fidelidade, à época, de acordo com o desejo (e as possibilidades) dos consumidores.

A linha era composta de diversos amplificadores integrados, ampliceptores, sintonizadores, tape-decks, toca-discos (tração direta e correia) e vários modelos de caixas acústicas. Os equipamentos, produzidos na Zona Franca de Manaus, eram exportados também para a Europa e para a América do Norte, em alguns casos com o nome Garrard, empresa inglesa que havia sido adquirida pela Gradiente à época.

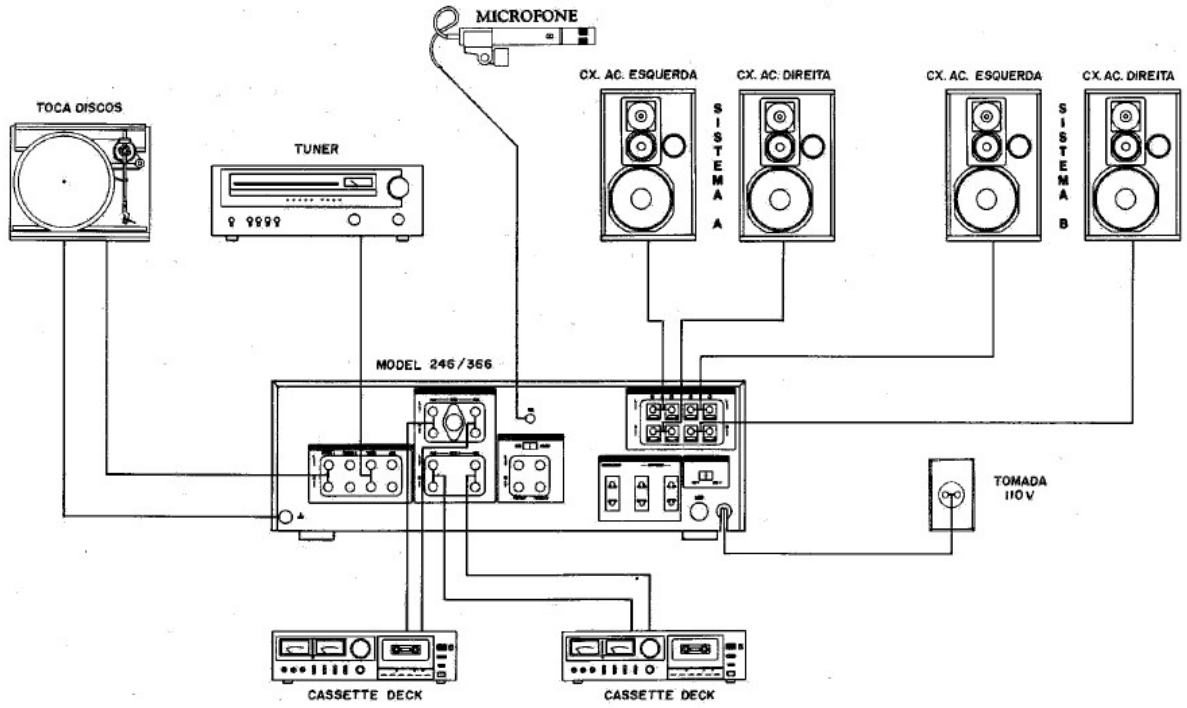
***Engenheiro Eletricista**



Anúncio da Linha Compo, em SOM no. 7, de 1982.

Os equipamentos tinham design moderno e limpo, para a época, com teclas e controles de acionamento suave. Alguns apresentavam perfil baixo, com altura de 9cm, necessitando de menos espaço em racks e estantes, demanda dos consumidores, por conta de residências cada vez menores nos grandes centros urbanos, com certeza.

O Model 246 tem perfil mais alto, com aproximadamente 13cm de altura e conta com alguns recursos não muito usuais para a média dos equipamentos da época: controle de frequências médias, VU-meter com display fluorescente e opção de reposta a valores instantâneos ou contínuos (RMS), possibilidade de gravação e reprodução para até dois gravadores com cópia independente da reprodução, entre outros. Um equipamento bastante completo, com seleção para dois pares de sonofletores, fones de ouvido, filtros para graves e para agudos, loudness e entradas para dois toca-discos como fontes de sinal.



Painel traseiro e esquema de ligações dos Model 246 e Model 366 da Gradiente

Na figura acima vemos o esquema de ligações de seu manual de usuário. Em seu painel traseiro temos as entradas de Phono 1, Phono 2, Tuner, Aux e Tape 1 e 2, todas com conectores RCA, além das do tipo DIN para os tape-decks. Uma chave de seleção permite isolar o estágio de saída (amplificador de potência), do pré-amplificador, para uso de unidades externas. Uma tomada de rede não-comutada, duas comutadas pela chave do amplificador, um fusível geral, a chave de seleção de tensão de rede, além dos dois conjuntos estereofônicos de conectores para sonofletores

complementam o painel. O Model 366, outro modelo da Gradiente, que compartilha o manual, é um pouco mais potente e tem uma entrada adicional para microfone.

Realmente um equipamento bastante completo.

O Super A

Um dos motivos da publicação deste artigo é o tal de “Super A”, utilizado nos amplificadores mais potentes dessa linha e, se não me engano, em um receiver AV da Gradiente.

Muita discussão sobre ele tem se desenvolvido em fóruns e grupos de pessoas interessadas em equipamentos antigos ainda hoje. Por isso, vale uma pequena explanação sobre essa tecnologia e suas origens. As informações abaixo foram colhidas no sítio USPTO.gov e no livro “Audio Power Amplifier Design”, de Douglas Self, páginas 91 a 99 da sexta edição.

Entre meados da década de 1970 e o começo da década de 1980, época de crise de energia (petróleo), houve muita pesquisa e discussão acerca de como seria possível conciliar-se nos modernos amplificadores de áudio a alta linearidade da operação em Classe A (que é ineficiente), com a operação em classe B, que é bem mais eficiente mas padece de distorções que a primeira não tem, particularmente o que é conhecido como distorção de transição, ou de *crossover*, que é boa parte da distorção de amplificadores desta classe. Diversas soluções foram propostas, e implementadas, para evitar-se essa distorção, basicamente impedindo a comutação na região de transição entre os transistores dos estágios de saída.

Apesar de haver algumas patentes neste sentido dos EUA e da Europa, a grande maioria de que se tem conhecimento veio de fabricantes japoneses. Além do Super A, podemos citar:

- Threshold – patente de active bias (Nelson Pass) em 1976;

- Technics – New Class-A – 1978;

- Pioneer – Non switching – 1979;

- Hitachi – Super linear – 1980;

- Sony – Non switching - 1980

- Sansui – Super linear A-Class – 1981;

- Yamaha – HCA – 1983.

O Super A da JVC baseia-se em uma patente aplicada nos EUA em 1976, e concedida em 1981 sob número 4.274.059.

De uma forma geral, propõe adicionar dinamicamente polarização nas bases dos transistores de saída, de forma que o que não esteja em seu ciclo ativo continue conduzindo e, assim, evite-se a comutação (switching) e a geração dos artefatos decorrentes (distorção).

O dispositivo que foi feito a partir da patente foi encapsulado pela JVC em um CI, o VC5022, que sofreu algumas variações no decorrer do tempo. A Gradiente não o utilizou e baseou-se no princípio para fazer um circuito discreto, agregado ao controle de polarização do estágio de saída de seus amplificadores. Difere em alguns detalhes do circuito da JVC.

Observem que, em várias dessas tecnologias, os fabricantes adotaram nomes comerciais que levaram o consumidor a vinculá-las a amplificadores em classe A, em uma estratégia de marquetingue direcionada a equalizá-los, na mente das pessoas, às qualidades (e em alguns casos aos problemas) decorrentes do uso desta última. A baixa distorção e o aquecimento excessivo são dois exemplos típicos.

Com isso, vemos diversos comentários reputando a esses equipamentos qualidades subjetivas únicas e mesmo, partindo inclusive de técnicos e de especialistas em áudio, classificações que não correspondem à realidade. Na Internet, em pelo menos um vídeo, recente, essa linha de amplificadores foi classificada como de equipamentos em classe A, o que eles não são. Em uma outra o comentarista afirma peremptoriamente que tais equipamentos “são os melhores e mais fiéis já fabricados no Brasil”, mesmo considerando-se que o foram há mais de 35 anos.

Interessante notar que, bem antes do surgimento de equipamentos de qualidade utilizando amplificadores em classe D, essas tecnologias foram abandonadas pelos fabricantes, praticamente todas ainda na década de 1980. A JVC persistiu com o Super A, chamado então de Dynamic Super A, até meados da década de 1990.

No campo do áudio, há muito efeito de expectativa e isso influencia fortemente a avaliação subjetiva que se faz de tais equipamentos.

Mas vamos adiante e passemos ao Model 246.

Especificações técnicas

Trata-se de um amplificador integrado de média potência – 60 watts contínuos por canal em 8Ω, com variados recursos e cujas características técnicas principais, citadas em seu manual, são as descritas a seguir:

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Características Gerais	Model 246
Alimentação	120/220V
Consumo sem sinal	30W
Consumo à plena carga	200W
Dimensões (mm)	420 (L) 132(A) 300(P)
Peso (Kg)	9,1 (liq)
Semicondutores	84
Acessórios	Fusíveis
Seção Amplificadora	**Manual**
Potência de saída, ambos os canais, 120V de alimentação:	
- Potência IHF, 4 ohms	230W
- Potência contínua RMS, 4 ohms	200W
- Potência contínua RMS, 8 ohms	120W
Impedância de carga de saída (ohms)	4 a 16
Fator de amortecimento (1kHz, 8 ohms)	50
Distorção harmônica, 8 ohms	0,03%
Distorção por Intermodulação, 8 ohms, pot. máxima	0,03%
Seção Preamplificadora	
Relação sinal/ruído:	
- Phono 1 e 2 (2,5mV, IHF-A)	-75dB
- Phono 1 e 2 (10mV, IHF-A)	-87dB
- Tuner, Aux e Monitor (IHF-A)	-97dB

Sensibilidade e Impedâncias:	Model 246
- Phono (RIAA)	2,6mV, 47k ohms, 100pF
- Tuner, Aux e Monitor	200mV, 50k ohms
- Phono Overload (1kHz)	200mV
Controles de Tonalidade:	
- Graves nos extremos (100Hz)	±10dB
- Médios nos extremos (1kHz)	±5dB
- Agudos nos extremos (10kHz)	±10dB
- Loudness (-30dB)	+ 8dB, 100Hz, + 4dB, 10kHz
- Hi-Cut (10kHz)	-6dB(12dB/ oitava)
- Lo-Cut (100Hz)	-6dB(12dB/ oitava)

Projeto e especificações sujeitos a alterações sem prévio aviso.

Restauração do equipamento analisado

O aparelho foi adquirido especificamente para esta análise, e estava sujo, com a estética bastante prejudicada, a serigrafia apagada e os knobs encardidos.



Na traseira, os conectores de alto-falantes foram trocados por fêmeas do tipo P10, e o cabo de força não era mais o original. Os conectores RCA e DIN, entretanto, estavam em bom estado e necessitaram apenas de limpeza e desoxidação.

Um aparelho bastante castigado pelo mau uso e pela falta de cuidados. Felizmente, a menos do potenciômetro de volume, todas as demais chaves e potenciômetros estavam em bom estado. Material da ALPS, de alta qualidade, que não mais se encontra no mercado nacional, pelo menos com facilidade.

Inicialmente retiramos o módulo de potência, o que mais sofre na mão de técnicos descuidados, e neste caso não foi diferente; gambiarras, transistores de potência falsificados e trilhas partidas estavam por toda a parte. Decidimos então não o recuperar e sim montar uma outra placa, da mesma versão, em fibra de vidro, adquirida sem os

componentes. Levou algum tempo, mas eles foram montados da mesma forma que na placa original. Os semicondutores são todos originais, novos, da época, de nosso estoque. Apenas os termistores e o conector principal foram reutilizados.

Foi também feito o completo “recap” das placas, incluindo os capacitores de poliéster metalizado “zebrinhas” originais, quase todos com seus terminais trincados. Detalhe importante é que os capacitores eletrolíticos originais de fábrica eram todos de 85ºC e foram substituídos por unidades de 105 ºC, o que, para um aparelho que pode se aquecer bastante, internamente, representa uma melhoria substancial em sua vida útil.



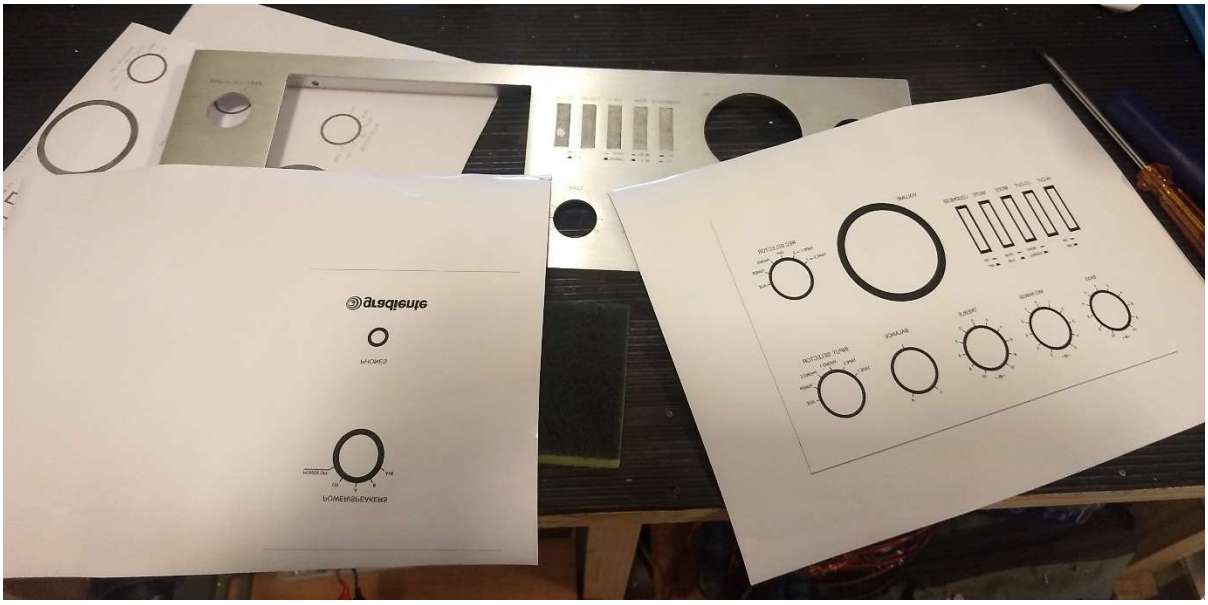




Notamos também coisas que não vimos nos produtos mais antigos da empresa, talvez por conta da crise cambial que ocorria no país na época da fabricação deste equipamento; alguns componentes, importados, apresentavam variações de marcas e valores nas mesmas placas. Enquanto, por exemplo, alguns capacitores especificados como sendo 63V eram de uma marca, outros, do mesmo valor de tensão no esquema elétrico, eram unidades de 200V, de outro fabricante, como se houvesse faltado o componente na linha de produção. Todas as soldas eram originais de fábrica e alguns deles, como os últimos citados, tinham inclusive o selo de controle de qualidade da Gradiente.

Feitas as substituições, energizamos o equipamento sem o módulo de potência, e verificamos seu funcionamento adequado, após a lubrificação e a troca do potenciômetro de volume, que estava com os batentes do cursor danificados.

A próxima etapa foi recuperar o painel frontal. Como trata-se de serigrafia simples, experimentamos usar o método da transferência de toner com ferro de passar roupas, muito utilizado para se fazer placas impressas. Algumas noites no Paint e no GIMP e conseguimos um leiaute bastante fiel ao original para impressão, em papel glossy, que foi gerada em duas folhas, por conta da largura do painel. O resultado foi bastante satisfatório, considerada sua simplicidade.





Passamos então para os ajustes iniciais no módulo de potência. Utilizando uma fonte externa, estabilizada, energizamos o módulo para as verificações iniciais e um pré-ajuste da corrente de repouso. Utilizamos o procedimento do manual de serviço da Gradiente, gentilmente cedido pelo Sérgio Gallo, que “garimpou” um manual com definição gráfica decente, na verdade da Garrard, que é dos mesmos aparelhos com o logo da empresa inglesa, mas com definição gráfica muito superior ao disponibilizado nos sítios usuais da Internet.

Com o ajuste final de 44mV entre os emissores dos transistores de saída, procedemos às medições para verificarmos algumas afirmações correntes na Internet acerca do aquecimento desse amplificador, com certeza baseadas na sugestiva nomenclatura Super A, pois lembra amplificadores que trabalham aquecidos quando em repouso.

Colocamos cargas resistivas à saída e geramos potência sobre elas. Com a medida do consumo das fontes, conseguimos estabelecer a resistência térmica aproximada dos dissipadores de calor do equipamento (principais fontes geradoras de calor do Model 246.

Neste aspecto, é fundamental que os dissipadores de calor estejam adequadamente montados e com graxa térmica em seus pontos de contato.

No caso particular deste amplificador, o dissipador de calor é dividido em duas partes: uma, grossa, em forma de U, onde que são colocados os transistores de potência e outra, convencional, com aletas, que é acoplada a este U por quatro parafusos.

Na unidade que adquiri, elas estavam presas por apenas dois parafusos, o que prejudica sobremaneira a transferência de calor entre elas. Se o fabricante utilizou quatro parafusos ali, deve ter tido um motivo, e retirar algum com certeza fará falta...

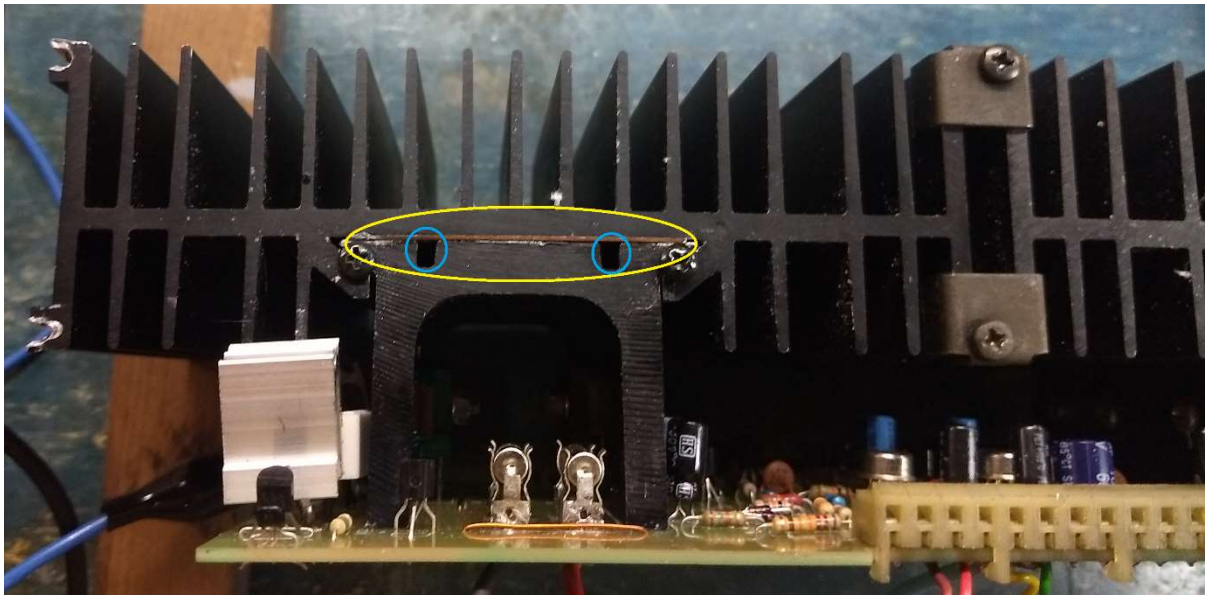
Outro ponto importante é a limpeza adequada das superfícies de contato entre as duas partes.

Em um dos dissipadores havia uma folga considerável no centro da superfície de contato, visível contra a luz. Isso prejudica a transferência de calor e altera as condições de trabalho do aparelho.



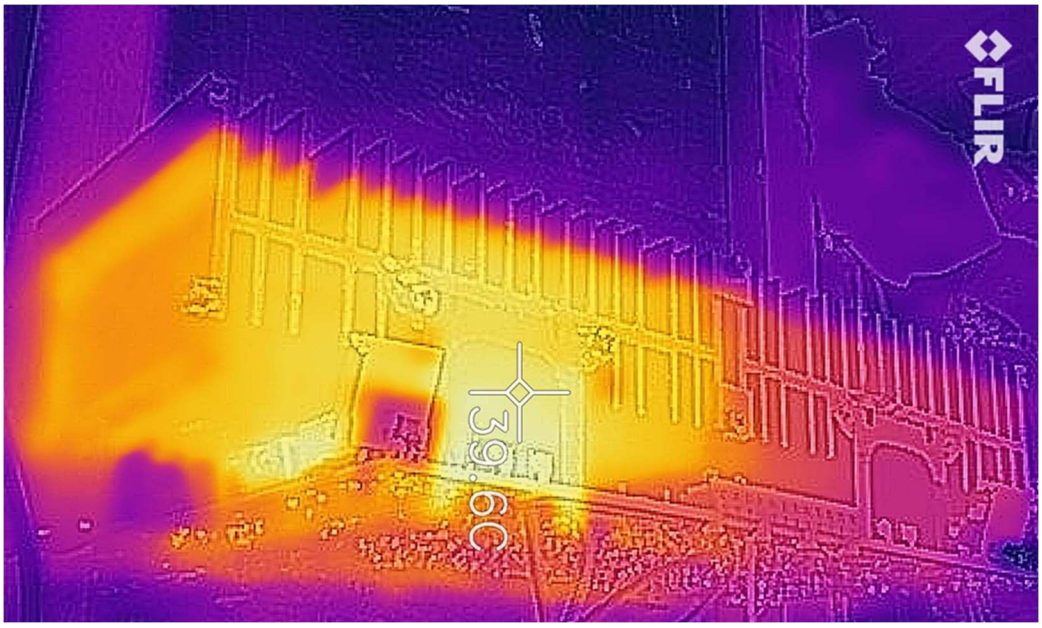
O vão era de aproximadamente 0,55mm, na marcação em amarelo, assim, cortei duas tiras de cobre dessa espessura, de 9cm por 5cm, para fazer um sanduíche com as peças e melhorar a transferência de calor.

O outro dissipador tinha uma folga bem menor. Utilizei a outra tira e parafusos de menor diâmetro para unir as peças. Entraram com bastante esforço e uma nova foto mostra a adequação do procedimento.



Os dois cortes no perfil em U, em azul na foto, que aparentemente era combinado com outra peça com aletas, também prejudicam a transferência de calor. Acho que havia versões anteriores desse módulo, com outros dissipadores. **Essa alteração só deve ser feita se houver folga na junção do dissipador**. Nas fotos que vi de outros equipamentos, as junções pareciam estar bem firmes e com bom contato. Aproveitei e coloquei dois dissipadores do tipo “clip” de alumínio nos transistores drivers, para melhorar sua dissipação de calor.

Partimos então para os testes de potência para verificação da adequação do dissipador ao projeto. O FLIR mostrou uma boa distribuição térmica, com aproximadamente 40 ºC em torno do U do dissipador, quando em repouso, para uma temperatura ambiente em torno de 28 ºC.

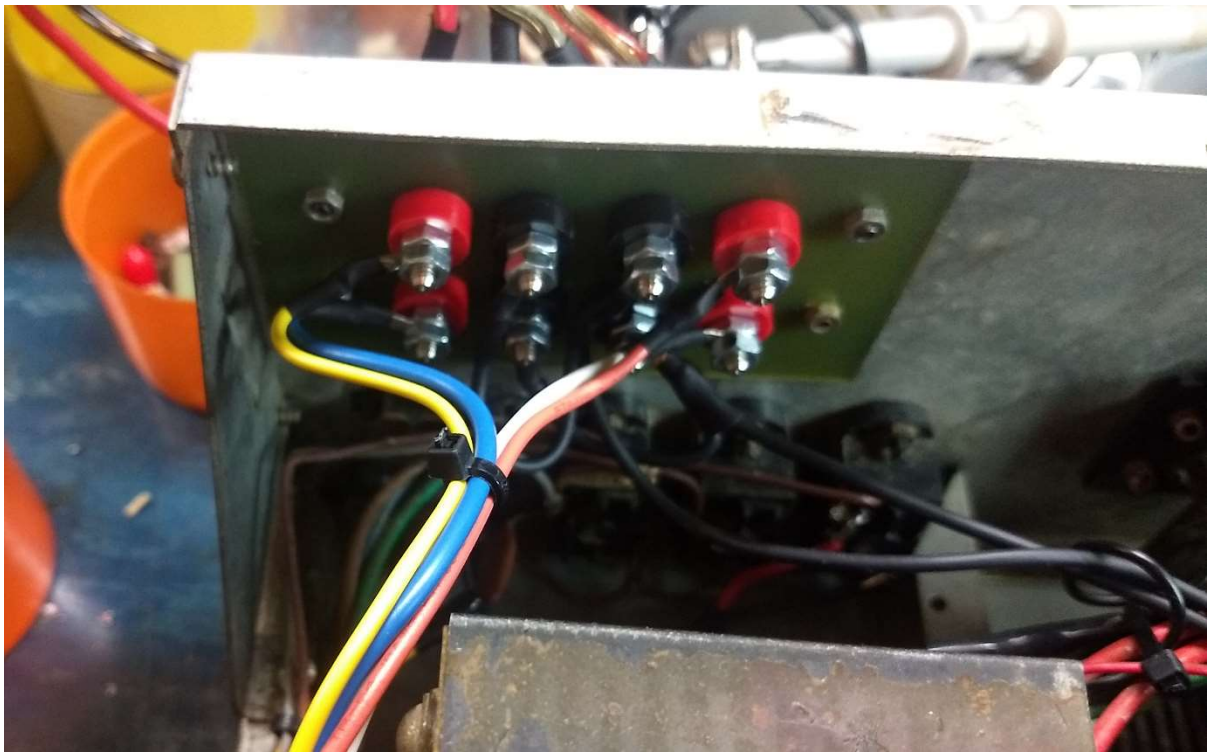


A eficiência observada, à potência nominal com ambos os canais em carga em 8Ω (60W+60W), foi de aproximadamente 56%, ou seja, muito similar à de um amplificador em classe B com polarização ótima ou levemente sobrepolarizados (são chamados, comumente, em classe AB). De qualquer forma, temos nessa situação quase 100 watts sendo dissipados pelos dissipadores de calor, o que, com certeza eleva sua temperatura.

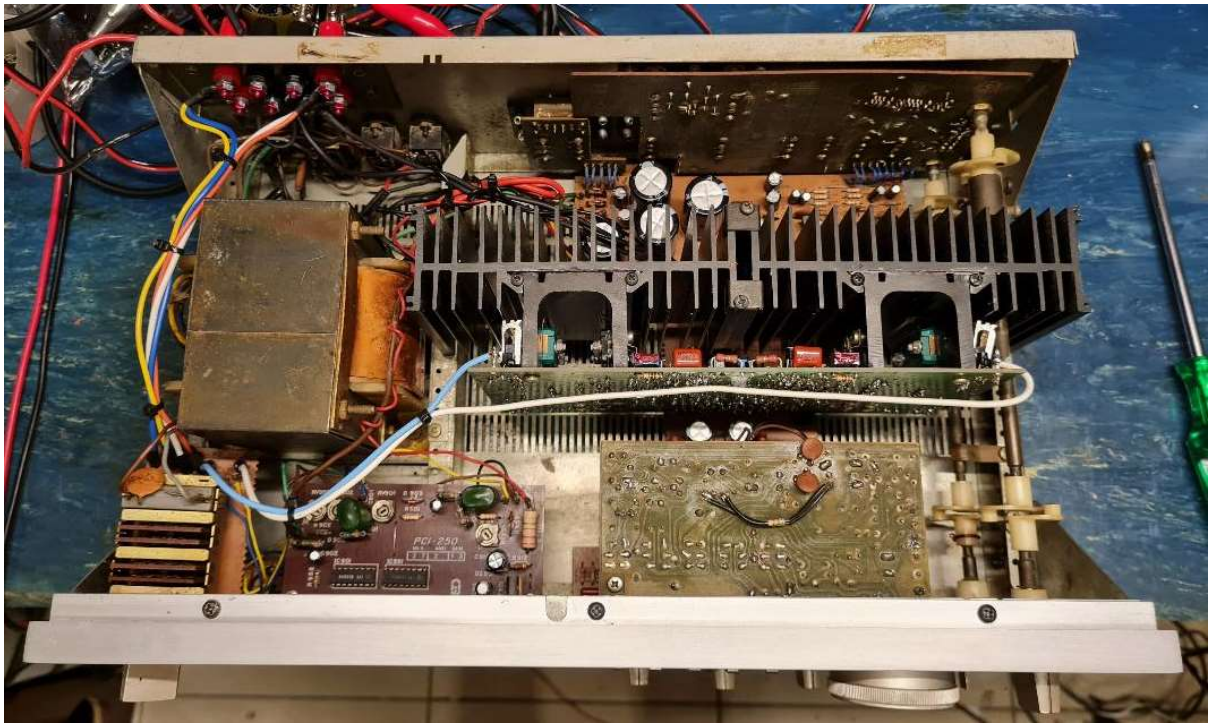
Para uma temperatura de 72ºC no “tab” de metal dos transistores de potência, e, nesta condição, medimos em torno de 61ºC nas aletas metálicas, o que nos mostra que o dissipador é adequado para trabalhar em regime permanente neste projeto, com aproximadamente 0,24ºC/W de $R_{thTotal}$. Um bom valor.

Observe-se aqui que 100 watts é bastante potência transformada em calor, assim, este equipamento precisa de espaço para ventilação, principalmente sob condições de uso contínuo em altos volumes. Colocá-lo em racks fechados ou com equipamentos sobre ele, tapando as aberturas de ventilação, irá diminuir consideravelmente sua vida útil e poderá causar problemas em seus circuitos e componentes. Lembrando que essas recomendações valem para o Model 246 e para quaisquer outros aparelhos que tenham etapas de alta potência internas em seus gabinetes.

Com o gabinete e as placas limpas e montadas, providenciamos a troca da fiação “gambiarrada” que conectava a chave de seleção de falantes no painel dianteiro aos conectores traseiros, que foi trocada por um conjunto de conectores para plug “banana” de boa qualidade.



Foi feita, então, a montagem do módulo na placa-mãe do gabinete e procedemos ao ajuste final da corrente de repouso, conforme orientação do manual de serviço.



Também recebi uma informação do Christian Luloian sobre a dificuldade de se obterem os 44mV se esse ajuste for feito com o gabinete do amplificador aberto. Quanto a isso, não há nenhuma recomendação nos manuais (em português e em inglês), assim, procedi ao ajuste com ele aberto, como é comum nos equipamentos do tipo.

No meu caso, obtive sem problemas os 44mV e observei, por longo tempo, sua flutuação em alguns mV acima e abaixo disso, com certeza resultado da diferença entre as inércias térmicas envolvidas e a (muito mais rápida) resposta à variação da corrente de repouso pelos transistores de controle do Super A e do estabilizador de *bias*.

Outra informação presente nos mesmos manuais de serviço do amplificador é que esse ajuste tem uma tolerância, para mais ou para menos, de 20% em seu valor padrão (44mV entre os dois emissores dos transistores de saída), o que significa que ele não é crítico quanto a esse aspecto. O valor do manual, aliás, é bem próximo do recomendado para sobrepolarização ótima proposto por Oliver (**Barney M. Oliver, "Distortion in Complementary Pair Class B Amplifiers ", Hewlett-Packard Journal, pp 11-16, February, 1971**) que é de aproximadamente 26mV por transistor.

Após o ajuste, fechei o equipamento e acompanhei a variação da corrente de repouso e da temperatura no centro do dissipador.

A temperatura passou de 42 ºC para 48 ºC, para a temperatura ambiente de 28 ºC, o que era esperado, e a corrente de repouso para algo em torno de 60mV, próximo da tolerância informada. Me parece que a Gradiente não se preocupou com esse detalhe

e, de fato, se a temperatura ambiente aqui no meu laboratório estivesse mais próxima do usual, em torno de 22 ºC a 24 ºC, creio que o resultado estaria na faixa informada. Este tipo de circuito, em particular, mostra uma grande dependência da desta para suas condições quiescentes.

Nos testes com a potência máxima nominal, em 4Ω, a temperatura nas aletas dos dissipadores ficou em aproximadamente 69 ºC nessa condição, com a temperatura ambiente próximo em torno de 30 ºC, aumento decorrente da própria geração de calor do amplificador. Testar essas coisas me faz lembrar que colocar um equipamento de ar-condicionado no ambiente da bancada talvez não seja uma má ideia...

Testes de bancada

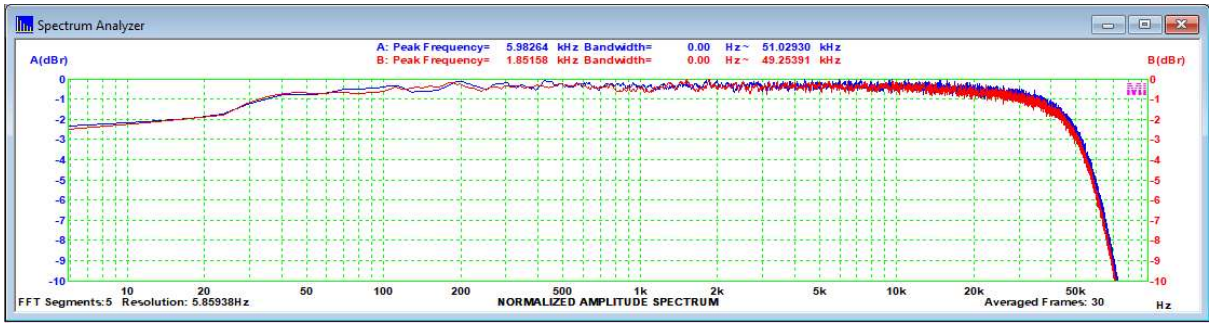
Seguimos os procedimentos usuais e, novamente, o Sérgio Gallo nos auxiliou lembrando que em Antenna de março de 1983 havia sido publicada a análise do ampliceptor da Gradiente Model 1660, que tem a mesma etapa de amplificação, está no mesmo gabinete etc. Com isso teremos uma forma de comparar diversas medidas e até mesmo entender alguns dos resultados obtidos à época pelo Eng. Raguenet e pelo GAPJr.

As medidas foram realizadas em 240VCA/60Hz, por questões de compatibilidade com as medidas constantes do manual. Equivalem a testar em 120VCA, conforme estipulado no manual. Estão sintetizadas na tabela abaixo:

Adicionalmente, medimos a banda passante (resposta de frequência a -3dB) do estágio de potência e da entrada Auxiliar do amplificador, o que servirá também para explicar um achado dos articulistas de 1983.

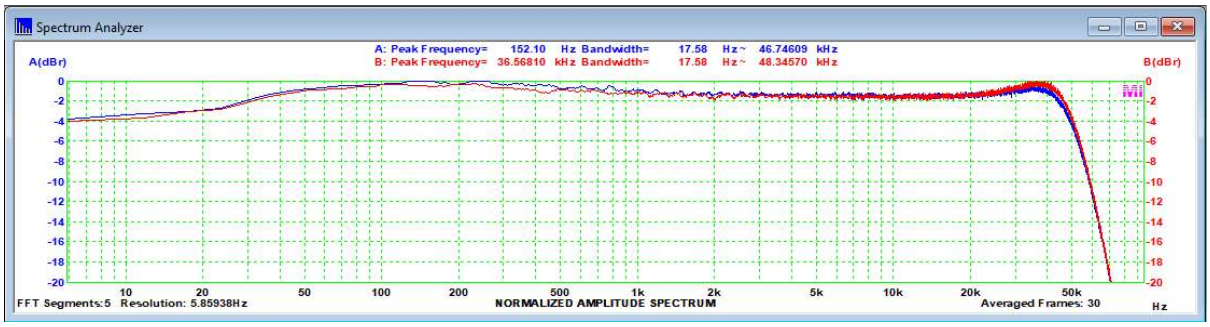
	Manual do Usuário	Antenna Mar/83 (Model 1660)	Antenna dez/2020
Potência de Saída Contínua em 8Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	120W	113W	134W
Potência de Saída Contínua em 4Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	200W	175W	210W
Fator de Amortecimento a 1kHz/8Ω 1W (Entrada Aux)	50	26	93
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 1W (Entrada Aux)	0,03%	0,050%	0,016%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 10W	0,03%	0,025%	0,05%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 60W	0,03%	0,030%	0,03%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/4Ω 1W	Não Especificada	Não Especificada	0,02%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/4Ω 10W	Não Especificada	Não Especificada	0,08%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/4Ω 100W	Não Especificada	Não Especificada	0,12%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 1W	Não Especificada	0,015%	0,09%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 10W	Não Especificada	0,040%	0,09%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 60W	0,03%	0,220%	0,08%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/4Ω 1W	Não Especificada	Não Especificada	0,18%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/4Ω 10W	Não Especificada	Não Especificada	0,15%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/4Ω 100W	Não Especificada	Não Especificada	0,27%
Relação Sinal-Ruído Tuner, Aux e Monitor (IHF - A) 1kHz/8Ω 60W	-97dB	-82dB	-82dB
Controle de Graves (Atenuação e Ganho em 100Hz)	+10dB e -10dB	+10dB e -10dB	+10dB e -11dB
Controle de Médios (Atenuação e ganho em 1000Hz)	+5dB e -5dB	+6dB e -6dB	+5dB e -5dB
Controle de Agudos (Atenuação e ganho em 10Khz)	+10dB e -10dB	+10dB e -10dB	+10dB e -10dB
Filtro Hi Cut (Atenuação em 10kHz)	-6dB	-7dB	-7dB
Filtro Lo Cut (Atenuação em 100Hz)	-6dB	-7dB	-2dB
Resposta em Frequência de 20Hz a 20kHz a 1W/8Ω - AUX (Garrard Model 246)	-0,5dB a +0,5dB	-1,5dB a +0,5dB	-1,7dB a -0,5dB
Diafonia (Crosstalk) a 1kHz/8Ω 10W	Não Especificada	-40dB	-51dB
"Slew Rate" a 1kHz/8Ω 10W	Não Especificada	9v/µs	6v/µs
Consumo Sem Sinal	30VA	26VA	24VA
Consumo a Plena Carga em 8Ω	200VA	250VA	200VA
Consumo a Plena Carga em 4Ω (Garrard Model 246)	390VA	400VA	375VA

Resposta em frequência do estágio de potência a 1W/8Ω, com ruído branco



Observem que o amplificador responde a mais que 50kHz neste caso, aproximadamente o limite de meu analisador. Medindo com gerador de áudio e osciloscópio, obtive -3dB a aproximadamente 80kHz, uma excelente característica.

Resposta em frequência na entrada Auxiliar a 1W/8Ω, com ruído branco



Observamos que a resposta é diferente e decorrente do projeto do amplificador. Temos três ou quatro estágios (dependendo da entrada utilizada) interagindo e somando suas atenuações em suas frequências de corte. Neste caso, o corte superior desceu a -3dB em torno de 45kHz por conta de um pico de 2dB, decorrente da interação da resposta entre os estágios, que ocorre em aproximadamente 36kHz. Isso vai afetar a resposta à onda quadrada observada pelos articulistas de 1983, como veremos adiante. Observem a queda acentuada na resposta a partir de 45kHz.

Quanto às demais medições da tabela, vemos bons valores, à exceção da DI em 4Ω em potências mais elevadas. Nestes casos, e à máxima potência em 8Ω, os valores diferem bastante do anunciado, e as medições de 1983 corroboram as medidas, nesta última impedância de carga. Os demais valores são próximos ou melhores que os anunciados. Trata-se de um amplificador de muito boas características técnicas, para a época.

O fator de amortecimento ficou em um valor muito bom e o “Slew Rate” um pouco pior do que o medido em 1983, mas perfeitamente aceitável, creio que por ter sido medido na entrada Auxiliar, agora. Do ponto de vista do uso do equipamento, não faz sentido

medir-se um amplificador integrado apenas em sua etapa de potência para a maior parte das características.

Na análise de Antenna de março de 1983, os articulistas estranharam uma característica da resposta do Model 1660 a ondas quadradas de 30kHz, e entenderam que ela seria um problema a ser resolvido pela engenharia da Gradiente.

O problema apontado foi que o sinal reproduzido à saída apareceu como uma senoide, e houve deformação na onda quadrada a partir de 10kHz. Podemos ver o que foi citado nas duas imagens abaixo, mostrando as formas de onda obtidas à saída, a primeira da entrada Auxiliar e a segunda direto na entrada do estágio de potência:

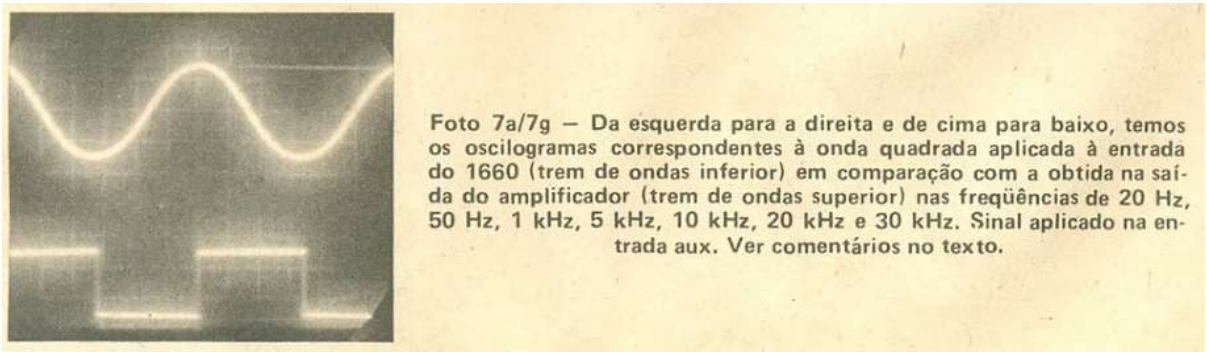


Foto 7a/7g — Da esquerda para a direita e de cima para baixo, temos os oscilogramas correspondentes à onda quadrada aplicada à entrada do 1660 (trem de ondas inferior) em comparação com a obtida na saída do amplificador (trem de ondas superior) nas freqüências de 20 Hz, 50 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 20 kHz e 30 kHz. Sinal aplicado na entrada aux. Ver comentários no texto.

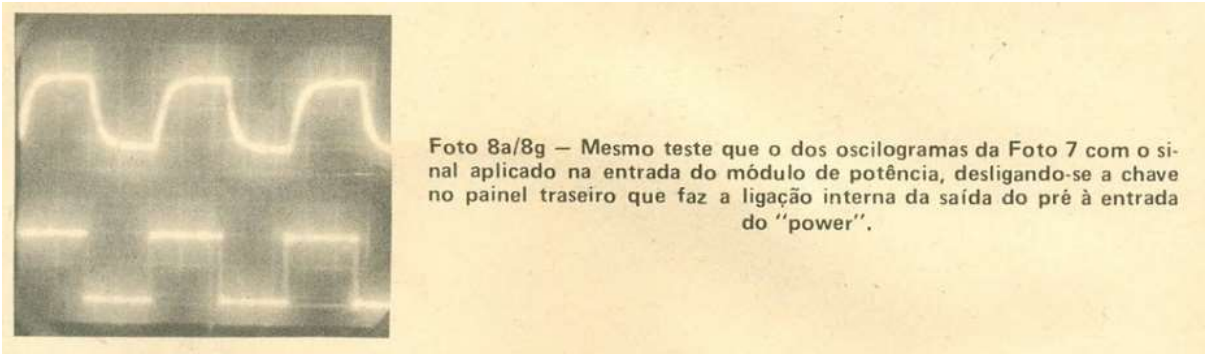
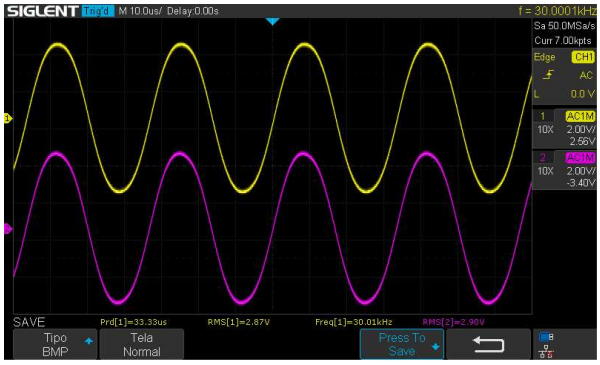


Foto 8a/8g — Mesmo teste que o dos oscilogramas da Foto 7 com o sinal aplicado na entrada do módulo de potência, desligando-se a chave no painel traseiro que faz a ligação interna da saída do pré à entrada do "power".

Os articulistas estranharam a deformação na onda quadrada, que assumiu o formato de senoide à saída e relataram a questão à engenharia da Gradiente, à época.

Então, dado que os módulos de potência do Model 1660 e do Model 246 são, a princípio, os mesmos, fizemos a mesma medida e obtivemos os mesmos resultados conforme pode ser visto nas imagens a seguir:



Resposta à onda quadrada - 30kHz - entrada Auxiliar



Resposta à onda quadrada - 30kHz - entrada External

Na verdade, isso não poderia ser diferente, e a análise da resposta em frequência do amplificador nos mostra o porquê. Em se tratando de banda audível, isso dificilmente seria um problema.

São base da matemática utilizada em engenharia as ***Séries de Fourier***, resultado do brilhante trabalho do matemático Jean Baptiste Joseph Fourier (https://pt.wikipedia.org/wiki/Jean_Baptiste_Joseph_Fourier), que demonstra, falando de uma forma simples, que uma onda, como a quadrada, pode ser representada pela composição de infinitas ondas senoidais harmônicas a ela, incluindo a própria.

Na vida real, já que não é possível somarmos infinitos termos, quanto mais harmônicas forem somadas, dentro da composição correta para a formação da onda, mais o resultado se parecerá com uma onda quadrada ideal. Com algumas harmônicas somadas a onda resultante já se parece bastante com uma onda quadrada perfeita.

A matemática envolvida na Série de Fourier mostra que uma onda quadrada pode ser representada por uma soma infinita de sua fundamental com seus harmônicos **ímpares**. No caso de uma onda quadrada de 30kHz, seriam então a composição uma senoide de 30kHz, uma senoide de 33% da amplitude da primeira, de 90kHz, uma senoide de 20% do valor da primeira, de 150kHz e assim sucessivamente, aumentando em frequência e diminuindo em amplitude (“tamanho” da senoide).

Então, como “o pau que bate em Chico também bate em Francisco”, se aplicarmos filtros a uma onda quadrada, retirando as frequências harmônicas ímpares iremos deformá-la e, no limite, poderemos extrair da mesma apenas a senoide fundamental.

No caso de nosso Model 246 e do Model 1660, como todo amplificador real, naturalmente teremos limitação dos sinais aplicados às entradas, normalmente limitando a resposta em baixas e em altas frequências. Chamamos isso **banda passante** do amplificador. Um amplificador corretamente projetado tem que apresentar resposta o mais plana possível dentro da faixa audível (entre 20hz e 20kHz), e é interessante que ele apresente boa reposta acima e abaixo disso em, digamos, uma oitava (10Hz a 40kHz), de forma a garantir bom comportamento dentro da faixa audível. Muito mais do que isso é desnecessário e pode ser prejudicial.

No caso destes equipamentos, a resposta na faixa audível é bastante plana e a banda passante da entrada auxiliar apresentou limite superior (-3dB) em torno de 45kHz. Medida apenas no módulo de potência (entrada External), apresentou característica melhor, em torno de 80kHz, pois a limitação de resposta dos estágios anteriores, de preamplificação, não atenuou o sinal.

Assim, vemos nos gráficos de resposta em frequência com ruído branco que, nas entradas normais (Aux, Tuner etc.) do amplificador sinais acima de 45kHz sofrem forte atenuação. Então, ao aplicarmos uma onda quadrada de 30kHz, praticamente somente sua fundamental, uma senoide de 30kHz, aparecerá à saída, exatamente como observado nas duas medições (1983 e 2020).

Por outro lado, como a banda passante do módulo amplificador é maior, com atenuação baixa a partir de 80 kHz, a aplicação de um sinal do mesmo tipo na sua entrada External, mostrará à saída a soma da fundamental com as harmônicas de 90kHz e demais ainda aparecendo, o que resultará em uma forma de onda mais parecida com a de entrada, exatamente como observado também.

Então, neste aspecto, não há maiores problemas neste comportamento e, apenas, observo que a resposta global do amplificador poderia ser um pouco melhor, mais extensa, e plana nas regiões de 35kHz e 150Hz.

Voltamos ao Super A

Feita a análise objetiva do Model 246, voltamos ao seu principal apelo de vendas, na época, o Super A. Conforme a própria patente da JVC, sua função seria diminuir consideravelmente a distorção ocasionada pela transição entre os dispositivos de saída em um estágio push-pull convencional em classe B, mimetizando o comportamento de um estágio em classe A correspondente. Essa redução aparecerá, necessariamente, nos resultados da distorção harmônica total (DHT) medida, na tabela de resultados acima, sendo mais significativa em pequenos sinais (potências).

Até aí, tudo bem, e os valores de DHT encontrados foram muito bons na maioria dos casos, mas, para saber se houve realmente um grande ganho nessa característica temos que poder comparar com circuitos sem o Super A, e preferencialmente com o mesmo circuito. Medir o amplificador sem os componentes do Super A instalados e depois instalá-los e medir novamente daria um grande trabalho.

Sabemos que, da linha Compo, os amplificadores de menos potência e recursos, como o Model 126, compartilham basicamente a mesma topologia, os mesmos circuitos de entrada e não têm o Super A agregado.

Para comparar o efeito do Super A com o uso de uma configuração tradicional, resolvemos então repetir as medições a partir da entrada Auxiliar de um Model 126 devidamente restaurado e, importante observar, **ajustado em sua corrente de repouso para o valor ótimo proposto por Oliver**, já citado acima, de forma a diminuir a distorção de crossover, tal como também propõe a JVC, com seu Super A.

Os resultados estão compilados na tabela abaixo:

	Model 126	Model 246
Potência de Saída Contínua em 8Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	70W	134W
Potência de Saída Contínua em 4Ω a 1kHz (ambos os canais) - Limite do Ceifamento	105W	210W
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 1W (Entrada Aux)	0,012%	0,016%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 10W	0,019%	0,05%
Distorção Harmônica Total a 1kHz/8Ω 60W	0,036% (35W)	0,03%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 1W	0,03%	0,09%
Distorção por Intermodulação padrão SMPTE/8Ω 10W	0,045%	0,09%
Relação Sinal-Ruído Tuner, Aux e Monitor (IHF - A) 1kHz/8Ω 60W	-75dB (35W)	-82dB
Resposta em Frequência de 20Hz a 20kHz a 1W/8Ω - AUX (Garrard Model 246)	-0,5dB a -0,5dB	-1,7dB a -0,5dB
Diafonia (Crosstalk) a 1kHz/8Ω 10W	-54dB	-51dB

Mesmo se considerarmos as medidas de Antenna de março de 1983, vemos que a utilização da polarização proposta por Oliver apresentou resultados superiores (melhores) ao uso do Super A, nestes quesitos. Ambas fazem os transistores trabalhar em regimes mais altos de corrente de repouso, mais aquecidos, mas, de uma forma geral, talvez o abandono dessas tecnologias de *non-switching*, como a da JVC e dos outros fabricantes, ainda nas décadas de 1980 e 1990, se explique pela sua maior complexidade, instabilidades inerentes e os custos envolvidos, vis-à-vis o processo bem mais simples e confiável de controle de corrente de repouso tradicional.

Conclusões



Após a restauração, o equipamento voltou a apresentar suas boas características e performance equilibrada. Variados recursos e muito boa potência, além de bons valores de DHT, DI e outros, fizeram deste amplificador um sucesso à época.

Seu design é muito bom, é bonito, e sua construção interna muito boa, limpa. A utilização de extensões para as chaves de comutação de entrada de sinal, reduzindo as fiações internas de baixo nível, colaboram para uma relação sinal-ruído das melhores que já medimos para amplificadores integrados.



Horas de audição em bancada mostraram, subjetivamente, uma reprodução equilibrada, com boa resposta a transientes musicais e o agradável visual da atuação do VU fluorescente.

Creio que os problemas decorrentes do aquecimento excessivo pelo mau uso do equipamento e o pouco ganho objetivo, em relação ao que ele se propunha a solucionar, levaram a Gradiente a desabilitar o Super A na fábrica e a recomendar sua desativação para os equipamentos que necessitaram manutenção.

Suas demais características superiores e exclusivas foram, de certa forma, eclipsadas pelo marquetingue tecnológico da época e pelo subjetivismo de opiniões e expectativas criadas em torno do Super A.

É um ótimo equipamento da era de ouro da indústria de áudio nacional.

Até a próxima e boas festas!

RESENHA - Controladores Lógicos Programáveis



Valter Luís A. de Camargo*

Controlador Lógico Programável (**CLP**) ou do inglês Programmable Logic Controller (PLC) é um equipamento projetado para comandar e monitorar máquinas e processos industriais. Mais detalhadamente, é um computador especializado, baseado em microcontroladores e microprocessadores, que desempenha funções de controle por meio de softwares desenvolvidos pelo usuário. É amplamente utilizado na indústria para automação de linhas de produção e controle de processos, com diversos níveis de complexidade. Uma de suas principais características é a robustez, possuindo alto grau de resiliência, normalmente requerido para trabalho em ambientes industriais.

***Engenheiro eletricista**

Para 'comunicar-se' diretamente com as máquinas, normalmente são utilizadas duas interfaces: uma de entrada e outra de saída. Na primeira são conectados sensores eletrônicos que transferem informações do estado da máquina ou processo para o CLP e este utiliza sua unidade de processamento interna para comparar o estado atual com o desejado e, caso necessário alguma correção, envia comandos para a interface de saída, onde são conectados relés, contactores e outros semelhantes, responsáveis por ligar e desligar motores, válvulas etc, com a finalidade de atuar sobre o sistema, colocando-o novamente no estado desejado.

A proposta do livro é apresentar os principais conceitos e elementos necessários para utilizar, na prática, esses produtos. Para tanto, inicia com a história dos controladores, tipos e evolução, informações que são necessárias para a escolha do CLP adequado para a aplicação que se deseja automatizar. Na sequência é apresentada a arquitetura interna dos CLPs, descrevendo a função de cada um dos blocos funcionais e como estes se inter-relacionam.

Depois são detalhadas as interfaces de entrada digitais e analógicas e suas características.

Os principais sensores industriais, analógicos e digitais, são descritos no capítulo seguinte, cujo objetivo fornecer ao leitor informações suficientes para que seja capaz de entender o funcionamento deles, suas características e aplicações, incluindo, como conectar sensores do tipo source e sink nas interfaces de entrada digitais.

Um capítulo é destinado a descrever as linguagens de programação que foram padronizadas pela IEC, incluindo brevemente os principais tipos de dados e estrutura das linguagens.

A linguagem Ladder merece um capítulo especial, já que é a mais antiga das linguagens e a mais utilizada até os dias atuais; para explicá-la, a sequência lógica de apresentação vai desde os comandos mais simples até sequências complexas.

É apresentada a modelagem de sistemas a eventos discretos, incluindo funções lógicas básicas: E, OU, NÃO-E, NÃO-OU, tabelas-verdade, simplificação utilizando os mapas de Veitch-Karnaugh são tratados em um outro capítulo.

Um capítulo aborda conceitos e como escrever programas utilizando Lista de Instruções (IL - Instruction List).

O detalhamento do modelo conceitual do GRAFCET e a linguagem que derivou dele, o Sequenciamento Gráfico de Funções, mereceu um capítulo inteiro.

Também algumas técnicas de conversão entre linguagens foram apresentadas. Isso porque não é raro necessitar-se de migração de um programa escrito em um CLP mais antigo para um mais novo, que oferece linguagem com mais recursos.

Nesta terceira edição, todos os capítulos foram revisados e atualizados tecnologicamente. Houve o acréscimo de um novo, para tratar especificamente das variáveis analógicas, cujos conceitos e utilização nos CLPs possuem regras e restrições que normalmente não são muito claras para os iniciantes.

Concluindo, o objetivo da obra é tornar o leitor apto a entender, programar e utilizar um CLP, bem como conectar os elementos externos que compõem os sistemas industriais típicos.

Esta edição pode ser encontrada nas principais livrarias on-line sob o ISBN-13 de nº 9788536533599