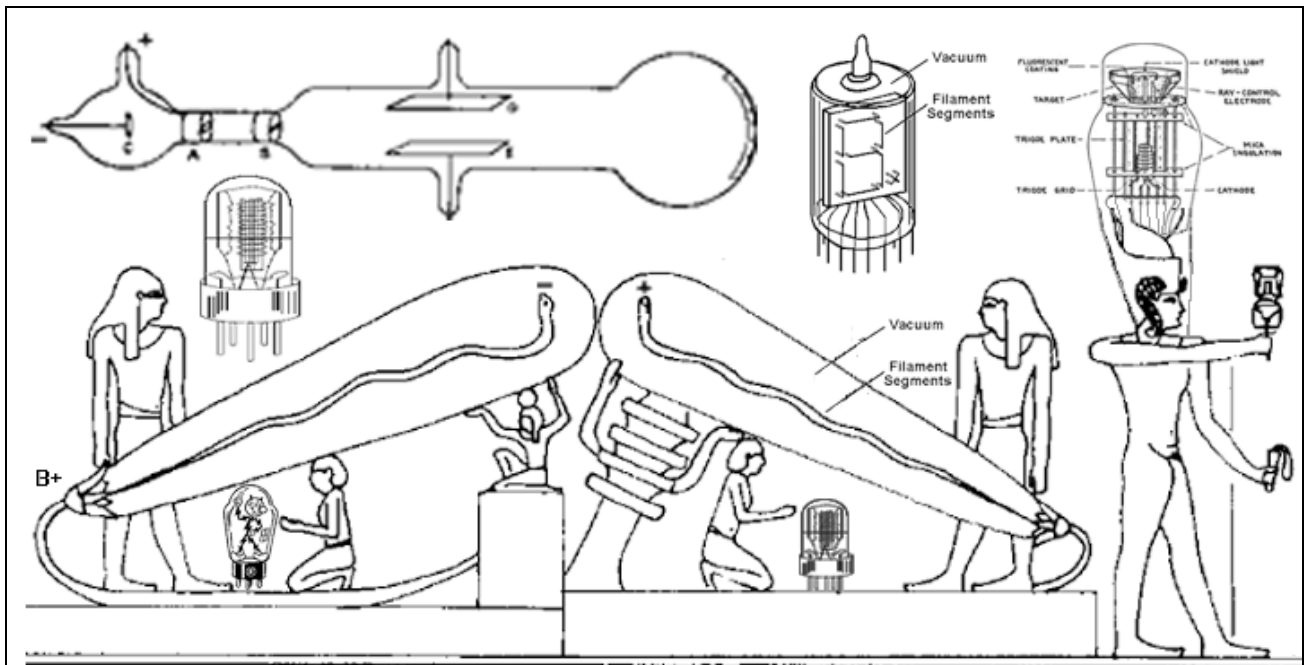


Porreta TubeLab

Testador de Válvulas Eletrônicas

(MANUAL DE MONTAGEM E OPERAÇÃO)

Por Sérgio Trindade



ÍNDICE

1 -	Concepção do projeto.....	3
2 -	Conceitos elementares envolvendo as válvulas eletrônicas	7
2.1 -	O Diodo	7
2.2 -	A válvula de Tríodo	12
2.3 -	A válvula de Tétrodo	15
2.4 -	A válvula de Pêntodo	16
2.5 -	Outros testes de verificação da integridade das válvulas.....	16
2.5.1 -	Continuidade do filamento	16
2.5.2 -	Isolamento do filamento	16
2.5.3 -	Curto circuito Anodo \times G_2	16
2.5.4 -	Curto circuito Anodo e $G_2 \times$ Cátodo e Grade Supressora	17
3 -	O Testador de válvulas	17
3.1 -	Conceito geral	17
3.2 -	Testes disponíveis:	17
3.3 -	Visão geral do aparelho	18
3.4 -	O Circuito	22
3.4.1 -	Esquema geral (para impressão em formato A3).....	23
3.4.2 -	Transformador de alimentação	24
3.4.3 -	Fonte de alta tensão	26
3.4.4 -	Ajustes da Fonte de alta tensão	26
3.4.5 -	Fonte de tensão de polarização da grade de controle (bias)	28
3.4.6 -	Medição e Testes.....	30
3.4.6.1.	Filament Continuity.	30
3.4.6.2.	Filament insulation.	30
3.4.6.3.	Leakage 1.	30
3.4.6.4.	Leakage 2.	31
3.4.6.5.	Test (medidas de EMISSÃO e TRANSCONDUTÂNCIA).....	32
3.4.6.6.	Gas Test.....	33
3.4.6.7.	Noise Test.....	34
4 -	Construção do testador.....	34
4.1 -	Chassis	34
4.2 -	Painel	34
4.3 -	Layout.....	34
4.3.1 -	Diagrama completo do layout de chassis (Fig. 19).....	35
4.3.2 -	Diagrama completo do layout de chassis , com seletor de tensão HH (Fig. 19A)	36
4.3.3 -	Documentação fotográfica adicional.....	39
5 -	Modo de operação.	41
5.1 -	Exemplo de Teste de um tríodo duplo modelo 12AX7 (ECC83)	41
5.1.1 -	Testes.....	43
5.1.1.1.	- Filamento.	43
5.1.1.2.	- Curto-Circuito Leakage 1:.....	43
5.1.1.3.	- Curto-Circuito Leakage 2:.....	44
5.1.1.4.	- Teste de desempenho (emissão e transcondutância):.....	45
5.1.1.5.	- Teste de Gás.	47
5.1.1.6.	- Teste de ruído:.....	48
5.2 -	Exemplo de Teste de uma válvula de potência 6V6GT.....	49
5.3 -	Exemplo de Teste de uma válvula retificadora 5AR4/GZ34.....	50
5.4 -	Teste de válvula utilizando os soquetes do painel General Tube Base.....	52
6 -	Lista de materiais.	53
7 -	Diagramas adicionais.....	58
7.1 -	Gabarito de furação do Chassis 33.5cm \times 33.5cm \times 8cm (para impressão tamanho A2).....	58
7.2 -	Face Plate para impressão em tamanho A3.	59
7.3 -	Face Plate para impressão em tamanho A4 (parte superior).....	60
7.4 -	Face Plate para impressão em tamanho A4 (parte inferior).....	61
7.5 -	Painel de tomada (chave rotativa de tensão)	62
7.6 -	Painel de tomada (chave HH de tensão)	63
7.7 -	Transfer da PCI para tinta fotossensível (Mainboard, daughter board e PSU).....	64
7.8 -	Transfer da PCI para tinta fotossensível (Seletor de pinos).....	65
7.9 -	Transfer da PCI para transferência térmica (Mainboard daughter board e PSU)	66
7.10 -	Transfer da PCI para transferência térmica (Seletor de pinos).....	67

1 - Concepção do projeto

O teste de válvula é um assunto controverso que aparece frequentemente em fóruns de discussão sobre equipamentos antigos, amplificadores de instrumentos musicais e outros similares.

Por mais que sejam trocadas com a frequência recomendada pelo fabricante do equipamento, sempre existe alguma dúvida sobre o seu estado, porque o desempenho das válvulas diminui lentamente com o uso e não percebemos facilmente essa alteração lenta e gradativa.

Mesmo quando estão novas, não temos a certeza de que a qualidade alcançada pelo aparelho é realmente a que deveríamos esperar.

Atualmente, o mercado está infestado de vendedores que comercializam válvulas novas defeituosas ou fracas que provavelmente foram descartadas pelo controle de qualidade das fábricas, ou mesmo válvulas antigas usadas ou defeituosas vendidas como se fossem novas de lote antigo.

Invariavelmente, nesses grupos de discussão sempre aparecem os sábios palpiteiros com fórmulas mirabolantes para adivinhar o estado das válvulas usando pelo tempo deste a última troca, pela descrição que o usuário faz do som, a marca, clima, signo do zodíaco, o fato de ter comprado de determinado vendedor, etc.

Frequentemente usuários de amplificadores valvulados, seguindo os conselhos desses eruditos anônimos gastam bastante tempo dinheiro trocando válvulas por outras novas, pares supostamente casados, ou ainda, de estoques antigos (NOS) cujos vendedores prometem aquele som milagroso. Como o problema muitas vezes não está relacionado ao estado das válvulas, mas em outros componentes do equipamento, acabam ficando na decepção.

Isso sem contar a confusão criada pelos conselhos das ovelhas doutrinadas pelos “gurus mercadores” para crer (e tentar fazer crer) que o mundo das válvulas não segue os princípios elementares da física e sim os meandros de um mundo de magia e imaginação.

Nesse campo do desconhecimento, surgem as lendas mirabolantes de que válvulas com pinos banhado a ouro produzem o melhor som, que determinadas marcas vendidas por concorrentes não prestam, que os vidros usados nas válvulas chinesas são muito frágeis, que o som de qualidade só pode ser obtido com aquelas válvulas de grife cujo vidro tratado com banho de ray-ban criogênico de cobalto doce, etc.

Felizmente, o funcionamento dos equipamentos valvulados não é tão complicado quanto essas entidades bisonhas afirmam.

Há mais de 150 anos, um dos pioneiros no estudo da eletricidade, o físico e matemático William Thomson (também conhecido como Lord Kelvin), dizia que se você consegue medir aquilo de que está falando e expressar em números, você conhece alguma coisa sobre o assunto; mas, quando você não o pode exprimir em números, seguramente é porque não sabe porra nenhuma do tema.

De fato, a saúde e o desempenho da válvula eletrônica podem ser relacionados a indicadores importantes que podem ser medidos, em condições controladas, permitindo conclusões bastante confiáveis.

Para isso foram criados os testadores de válvulas.

Nos velhos tempos, quando os das válvulas dominavam a terra, havia sempre um técnico na esquina com um testador desses, o que facilitava muito a manutenção.

Até mesmo em algumas lojas de eletrodomésticos era possível encontrar um aparelho simples que, mesmo mediante o pagamento de uns trocados, podia ser usado para verificar as válvulas do cliente e dar uma rápida indicação de sua condição geral.

O cliente podia comprar suas válvulas testar na hora (como testamos as lâmpadas compradas no supermercado), ir para casa com a certeza de que estavam em ordem.

Hoje o cliente é invariavelmente obrigado a confiar no vendedor das válvulas.

Nessas idas e vindas, tive oportunidade de comprar diversas vezes válvulas novas defeituosas ou com desempenho inferior a 50% do que deveria apresentar, incluindo válvulas NOS de marcas consagradas, vendidas a peso de ouro como se fossem exemplares replicados do Santo Graal.

Via de regra, não adianta discutir com o vendedor porque o este "*garante*" que testou a válvula e que ela estava "*boa*" "100%", "*beleza*", "*forte*" ou "*funcionando*". Portanto, se houver problema este decorre do mau uso ou de defeitos no seu equipamento.

Para não ter esse tipo de problema, a primeira idéia é, naturalmente, a de comprar um testador, o qual deve ser preciso, mas ao mesmo tempo barato, já que servirá apenas para testar suas próprias válvulas - o que não deve ocorrer diariamente.

Mas infelizmente, não encontramos aparelhos desses em promoção nas Casas Bahia.

Há muitas décadas, à medida que o uso das válvulas entrou em declínio esses medidores foram para o lixo ou viraram raridades vendidas a preços exorbitantes.

Mesmo os aparelhos mais caros, muitas vezes necessitam reparos, restauração, calibração e reposição de peças específicas difíceis de encontrar.

Um testador de válvulas decente (a exemplo do modelo Hickok 539) é vendido no Brasil atualmente por preços que variam de R\$8.000,00 a R\$10.000,00 - usado e em condições duvidosas de funcionamento e calibragem.



Fig. 01 – Testador de válvulas "self-service" disponibilizado ao público em antigas lojas de artigos eletrônicos

Isso provavelmente supera o valor de todas as válvulas que você comprará durante o período de vida.

Além disso, essa aquisição representaria a compra de mais problemas. Se você tinha dúvidas sobre os estados das válvulas, passará também a ter dúvidas sobre o estado do testador de válvulas.

Os modelos modernos digitais (também disponíveis em kits de montagem), por sua vez, são frequentemente alvo de críticas relacionadas à sua robustez e precisão (e não são normalmente encontrados à venda no Brasil).

Por tudo isso é muito comum nos grupos de discussão que tratam do assunto, que algum entusiasta desse tipo de eletrônica apresente relato de testadores concebidos em seus próprios projetos.

Na maioria, são gambiarras que não resolvem muito o problema, mas alguns são realmente eficientes.

No meio desses projetos malucos, surgiu um modelo que se destacou por ser relativamente simples e preciso, tendo sido replicado por um grande número de pessoas.

Em 2009, um britânico chamado Mike Rowe, postou no grupo de discussão "UK Vintage Radio Repair and Restoration Forum", detalhes de um testador que ele havia projetado e construído no ano anterior.

Posteriormente seu projeto foi publicado na edição de primavera de 2010 do Boletim BVWS, com num artigo intitulado "Valve Tester VT1".

O roteiro de construção teve grande "sucesso" entre os malucos entusiastas de equipamentos, pois muitos resolveram construir seus próprios exemplares. Por isso o projeto ficou conhecido como "Sussex Valve Tester".

Até a presente data, o tópico no fórum tinha mais de 1490 postagens e mais de 200.000 visualizações. Quem pegar o bonde andando, precisará ler as postagens desde 2009 para acompanhar.

Mesmo tendo Mike Rowe falecido em 2012, o seu legado projeto, perdura até hoje e o Sussex Valve Tester, sempre ganha novas versões personalizadas.

Ao longo dos anos, tem havido diversas modificações e melhorias no design original, algumas bem significativas.

Em 2010, Les Carpenter escreveu o primeiro manual¹ baseado no projeto Sussex.

Esse trabalho trouxe uma descrição mais detalhada e compreensível do circuito além de relatar detalhes construtivos importante.

¹ Disponível no endereço URL http://g4cnh.com/public/Using_the_Sussex_VT1.pdf

Em 2014, Keith Wevill, outro entusiasta do assunto, escreveu um manual ainda mais completo, baseado no projeto modificado, incorporando grande parte do conteúdo do manual de Les Carpenter.

Esse trabalho teve o intuito de reunir todas as informações consolidadas sobre o projeto discutido por anos, detalhando a sua construção e utilização – aproveitando todas as melhorias agregadas ao projeto original.

No relatório de Keith Wevill também foram introduzidas algumas noções básicas sobre a teoria das válvulas que facilitam a compreensão do projeto.

No presente relatório, descrevo minha versão pessoal desse projeto, com alterações que visam atender as necessidades pessoais e circunstâncias específicas do Brasil.

A construção aqui descrita é semelhante àquela descrita por Keith Wevill, com diversas modificações, sendo as principais:

- a) Novo desenho para as placas de circuito impresso;
- b) Eliminação de fonte estabilizada de 1,5V estabilizada para filamentos raramente usada;
- c) Aumento da capacidade de corrente de anodo para 200mA, facilitando o teste de válvulas de grande porte;
- d) Base de válvulas dupla, sendo uma para modelos frequentemente testados (*pinagem fixa*) e outra opcional com seletores de numeração de elementos;
- e) Adaptação de alguns componentes para modelos facilmente encontrados no mercado Brasileiro;
- f) Desenho de nova fonte de alimentação para os medidores digitais;
- g) Introdução de dispositivo de teste de ruído;
- h) Layout novo para o painel e disposição de componentes;

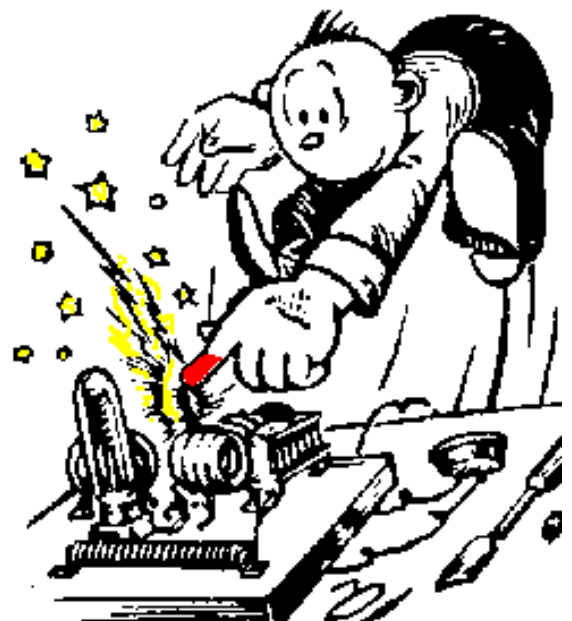
O roteiro descrito nesse documento possibilita a construção de um testador semelhante ao protótipo testado, bastando para isso apenas (além dos itens lista de materiais e componentes) um pouco de conhecimento básico sobre eletrônica, ferramentas simples e paciência.

Contudo é sempre prudente lembrar que se trata de um equipamento que funciona com tensões elétricas elevadas superiores a 300VDC. O risco de choque elétrico é real, mesmo com o aparelho desligado, quando parte da energia é acumulada nos capacitores eletrolíticos da fonte de alimentação DC.

Em algumas situações, o choque elétrico experimentado nesse tipo de aparelho é potencialmente letal.

Se você não está afeito aos procedimentos de segurança básicos, não é recomendada a construção do aparelho sem a supervisão de um técnico ou pessoa adulta capacitada para instruir-lo sobre os cuidados necessários.

Este relatório é uma versão preliminar sujeita a revisão, solicito que qualquer observação relevante, correção, sugestão seja informado pelo email trindadesergio@yahoo.com



2 - Conceitos elementares envolvendo as válvulas eletrônicas

Antes de qualquer consideração sobre o teste de válvulas, é necessário ter noções mínimas sobre o funcionamento desses dispositivos, para que possamos entender o que de fato pretendemos medir ou verificar.

O objetivo não é entender o funcionamento de aparelhos valvulados e sim, a operação do testador. Trata-se de um resumo explanado de forma extremamente simplificada e prática (para não dizer grosseira) permitindo fácil entendimento daqueles que não conhece os fundamentos da eletrônica termiônica.

Se você é bem interado do assunto, não precisa perder tempo, basta pular esse item 2, sem problemas.

A válvula eletrônica, pela definição mais tosca possível, seria basicamente uma garrafa de vácuo um fio incandescente (uma lâmpada), com algumas outras peças metal no seu interior (eletrodos, telas metálicas) todas elas ligadas ao lado externo por pinos metálicos que se encaixam em um soquete.

Até aí uma definição idiota que não serve para nada. Mas, com algumas observações sobre a disposição desses elementos e a interação entre eles, feita a seguir, a coisa começa a fazer sentido e se transforma em conhecimento prático com alguma utilidade.

Para isso, é conveniente analisar o tipo mais simples de válvula.

2.1 - O Diodo

Um desses mencionados eletrodos existentes no interior das válvulas é uma barra ou tubo esreito de metal, denominada **Cátodo** no qual é ligado o pólo negativo da de uma fonte de corrente contínua.

Normalmente em volta dessa barra existe uma placa metálica denominada **Anodo**, no qual se liga o pólo positivo dessa mesma fonte de tensão.

Como esses dois eletrodos não se tocam dentro da válvula, a princípio não fazem, absolutamente nada.

Contudo, quando o **cátodo** é aquecido, o material sofre ionização, ou seja, perde alguns elétrons - os quais se passam a “flutuar” no vácuo nas proximidades desse corpo metálico.

Como a placa (**anodo**) possui carga elétrica positiva, atrai esses elétrons liberados pela ionização do cátodo gerando um fluxo de corrente pelo espaço entre os dois eletrodos.

Dessa emissão de partículas de um eletrodo a outro, mediante uma ionização desencadeada pelo calor, vem o nome Emissão Termiônica.

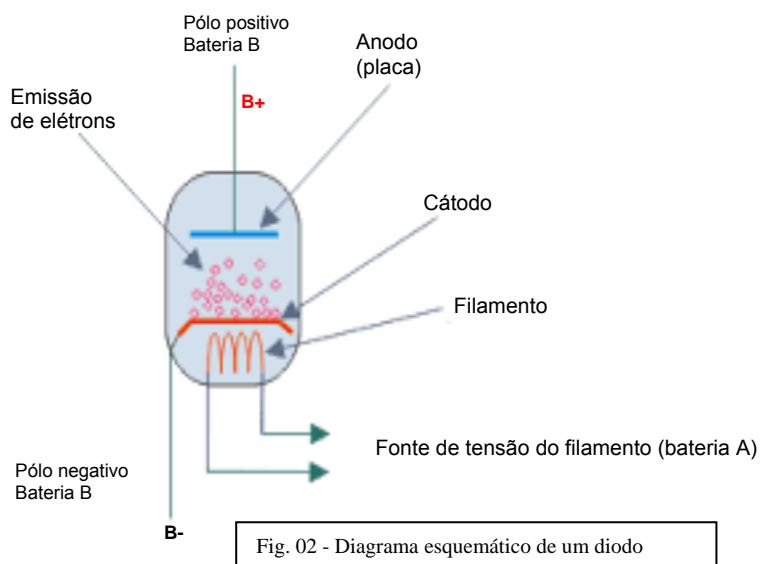
Para esquentar o cátodo, existe um dispositivo aquecedor elétrico constituído por um fio de tungstênio muito fino (instalado muito próximo ao cátodo).

As duas extremidades desse fio são ligadas a outra fonte de tensão, exatamente como ocorre em uma lâmpada incandescente comum.

Com esses três elementos, temos uma válvula simples de 1 aquecedor e 2 eletrodos ativos, sendo por isso denominada Diodo.

Nos tempos antigos, quando não existia fornecimento regular de eletricidade domiciliar, as experiências eram feitas usando pilhas. A bateria que alimentava o filamento era denominada "A". A alimentação da válvula era feita pela Bateria B, sendo o polo positivo "B+" ligado ao Anodo (placa) e o negativo B- ligado ao cátodo.

No esquema elétrico, esse tipo de válvula é representado conforme a ilustração a seguir:



Esse dispositivo, na forma original, tem poucas aplicações, basicamente é usado como retificador, valendo-se do fato de conduzir corrente elétrica em um único sentido.

É claro que apareceram outros diodos exóticos com outras aplicações, a exemplo de um que possui a placa diagonal contaminada com um disco de cobre e cromo, e emite uma radiação batizada de raios-X.

Outro exemplo de diodo famoso é aquele cuja placa posicionada entre ímãs e esculpida como várias cavidades interligadas com seção em forma de flor (batizado Magnetron) que produz radiação de microondas utilizada em radares e fornos.

No caso dos aparelhos de áudio, os diodos são usados basicamente na fonte de tensão DC, transformando corrente alternada em contínua.

Como ficou comum o uso de retificação de onda completa (full wave²) na qual transformador tem uma perna central (0V) fornecendo alimentação AC simétrica para dois diodos ligados nas suas extremidades, tornou-se comum fabricar os dois diodos dentro de uma mesma garrafa de vidro, com duas placas e, por vezes, um cátodo em comum.

Nesse sistema, enquanto uma das placas conduz um semiciclo enquanto outra está em fase inversa bloqueando a corrente, pois sua polaridade está negativa em relação à referência central da tensão AC de entrada.

Este tipo de diodo duplo é representado pelo seguinte diagrama esquemático:

² Retificador de onda completa: https://pt.wikipedia.org/wiki/Retificador#Retificador_de_onda_completa

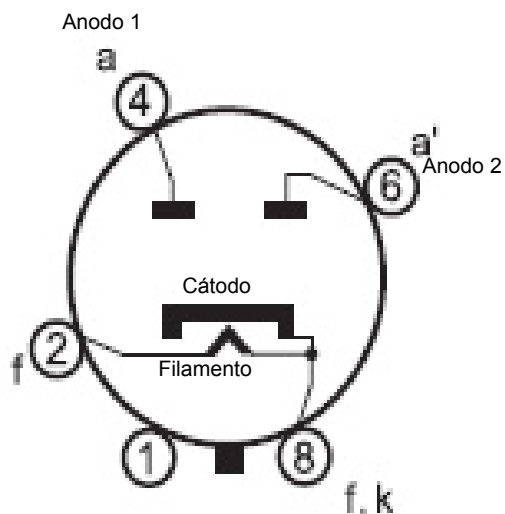


Fig. 03 - Diagrama esquemático de um diodo

Esse desenho traz também os números dos respectivos pinos aos quais estão ligados os elementos internos. Note que, nesse desenho, tanto o cátodo como uma das extremidades do filamento estão ligados no mesmo pino 8. Isso é muito comum em válvulas nas quais o cátodo é o próprio filamento, conhecidas como válvulas de aquecimento direto, uma forma ainda mais simples, cuja estrutura é melhor representada na figura abaixo:

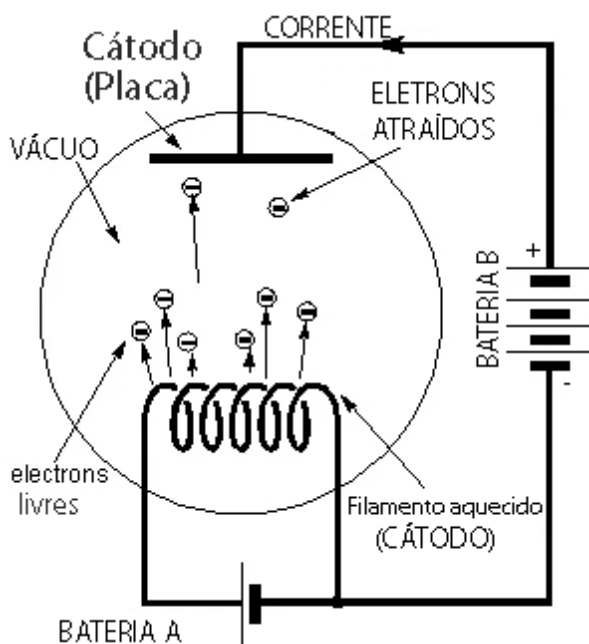


Fig. 04 - Diodo de aquecimento direto

Isso, evidentemente não altera o raciocínio sobre o funcionamento da válvula explicado até aqui.

É importante ter em mente que quando foi descoberto o fenômeno termiônico, a emissão era tão fraca que não tinha utilidade prática porque a corrente era muito pequena.

Descobriu-se então que, ao revestir o cátodo com uma camada de óxidos metálicos especiais, a emissão aumentava significativamente.

Esse foi a "grande descoberta" da indústria eletrônica, pois além de viabilizar a aplicação do dispositivo, essa camada de óxidos se deteriora com o uso constante da válvula - obrigando o consumidor a trocá-la (comprar outra) como ocorria com as lâmpadas.

Para saber se uma lâmpada está boa, basta ligar e observar se ela acende, ou se a luz produzida é satisfatória.

Para testar um resistor ou um capacitor, basta medir a resistência/capacitância diretamente no multímetro.

A válvula, ao contrário de um elemento passivo como resistor ou um capacitor, é bem mais difícil de ser testada, pois possui comportamento "dinâmico". A sua capacidade de emissão varia com a tensão entre o anodo e o cátodo, e essa variação não linear.

Com efeito, a válvula funciona no circuito como um resistor. Porém esse "resistor" não tem uma resistência constante, varia conforme a tensão aplicada.

Para descrever o comportamento dinâmico, o fabricante que desenvolve um determinado modelo de válvula, faz uma série de testes com muitos exemplares, determinando uma curva em um gráfico padrão que traduz a variação de corrente em função da tensão aplicada á placa.

Essa curva é uma das muitas informações trazidas na ficha de especificações técnicas do produto, um tipo de manual conhecida como **Data Sheet**.

Dentro dessa curva, existem pontos notáveis onde os valores esperados de tensão e corrente são tomados como parâmetro de teste no controle de qualidade da linha de produção.

Esses valores aparecem normalmente listados com o título "*Typical Characteristics*" e são os parâmetros que usaremos para testar a válvula.

Na figura 3 a seguir, temos a ficha (Data Sheet) de um diodo duplo muito usado em amplificadores (GZ34/5AR4)

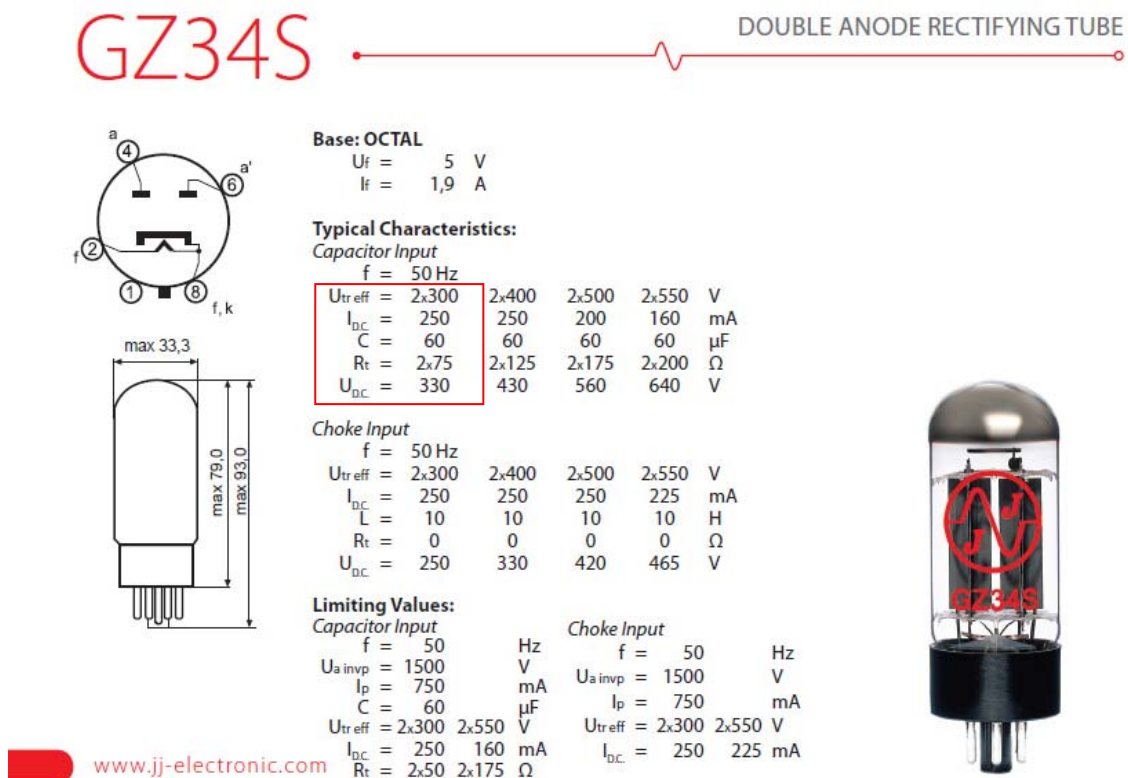


Fig. 05 - Exemplo de Data sheet de um diodo duplo

Entre os vários parâmetros relacionados, temos uma condição operacional na qual se aplica uma tensão simétrica de 300Vac a cada placa, obtendo-se uma emissão de corrente da ordem de 250mA DC.

Nessa condição de ensaio, é colocado ainda um resistor de 75 Ω em série com cada seção da válvula, no intuito de limitar a corrente e não sobrecarregar o dispositivo.

Sobre essa limitação de corrente durante o teste trataremos mais adiante.

O importante desse panorama mostrado na tabela acima é que conhecemos uma situação estática a ser observada em uma determinada condição controlada de teste que serve genericamente para quantificar o desempenho da válvula.

Ou seja, se construímos um circuito onde a tensão da placa (entre a placa e o cátodo) é fixa nesse valor estabelecido (300Vac) para o teste, sabemos (em tese) o valor da corrente esperada na emissão de uma válvula desse modelo.

Se a corrente medida nesse circuito for exatamente igual ao especificado para o fabricante, temos uma emissão mínima da ordem de 100% da esperada para uma válvula nova.

Se a emissão máxima for igual à metade do valor especificado, concluímos que a condição dessa válvula é da ordem de 50% da emissão esperada.

O conceito de válvula "boa" ou "ruim" varia de acordo como o fabricante, vendedor ou o testador. Era muito comum recomendar a substituição da válvula quando o nível de emissão chegava a um nível igual ou inferior a 70% ou 66% (dois terços), ou ainda, 80% do valor esperado.

Nos velhos tempos, as válvulas de melhor qualidade costumavam apresentar, quando novas, um nível de emissão maior 110% ou mesmo 120% em relação ao valor especificado no "data Sheet".

Nesse panorama, se quiséssemos construir um testador para esse modelo específico de diodo precisaríamos (em tese) de uma fonte de alimentação de 5V para o filamento, uma fonte de tensão estável para a placa e um amperímetro para medir a corrente drenada.

Para testar outros modelos de diodo, seria necessário dispor uma fonte ajustável de tensão dos filamentos com as opções tensões de cada modelo e outra também ajustável para as placas de modo a fornecer os valores típicos especificados pelo fabricante.

No nosso testador, temos uma fonte AC de filamento ajustável nos valores de 1,5Vac, 2,5Vac, 5Vac, 6,3Vac e 12,6Vac - servindo para praticamente todas as válvulas de áudio produzidas atualmente.

Caso seja necessário testar uma válvula antiga cujo filamento opera em outra tensão, o que é bem improvável, essa pode ser fornecida por um transformador externo ligado ao aparelho por dois bornes de plugs tipo banana.

Para a alimentação da válvula em si (tensão da placa³) o testador traz uma fonte de tensão DC estabilizada e um seletor de ajuste de tensão que fornece uma série de valores fixos normalmente encontrados nas especificações dos "data sheets" das válvulas atualmente produzidas: 50V, 75V, 90V, 100V, 120V, 150V, 175V, 200V, 225V, 250V e 300V.

Se os valores especificados como "Typical Characteristics" no Data Sheet de uma determinada válvula não incluir nenhum desses patamares, os parâmetros podem ser extraídos da curva de resposta encontrada no mesmo documento.

³ Tensão da placa (V_a) é diferença de potencial entre a placa (ânodo) e o cátodo. O valor referencial do cátodo é 0V e o da placa V_a .

Essa fonte controlada por um transistor de efeito de campo (MOSFET)⁴ conta ainda um limitador de corrente que evita sobrecarga do aparelho durante o teste fixando um valor máximo para cada tipo de válvula testada.

Até então, nosso testador seria um aparelho bastante simples, contudo serviria apenas para testar diodos.

Para testar outro tipo de válvula, seria necessário adicionar outros recursos.

Para saber quais, passemos a abordar os fundamentos elementares de o funcionamento outros tipos de válvulas existentes.

2.2 - A válvula de Tríodo

A partir da invenção do diodo, foram feitas diversas experiências com a introdução de outros elementos ativos no dispositivo.

Nesses experimentos observou-se que, ao colocar uma tela metálica (denominada grade) posicionada entre o cátodo e a placa e ligando-a ao pólo negativo de uma terceira fonte de alimentação (denominada Bateria C) cujo pólo positivo era ligado ao cátodo, ocorria uma diminuição na emissão⁵.

Em termos práticos, verificou-se que a tensão negativa aplicada à grade tinha o poder de “frear” o fluxo de elétrons entre o cátodo e a placa. Uma bateria muito fraca diminuía parcialmente o fluxo, uma mais forte diminuía ainda mais e, a partir de uma determinada tensão, cortava completamente o fluxo (tensão de cut-off).

De fato, constatou-se que uma pequena variação na tensão dessa bateria C produzia uma grande variação na corrente emitida.

Esse fenômeno permitiu o surgimento do amplificador de áudio e o dispositivo foi batizado de “*audion*”⁶ que, mais tarde, ficou conhecido como tríodo.

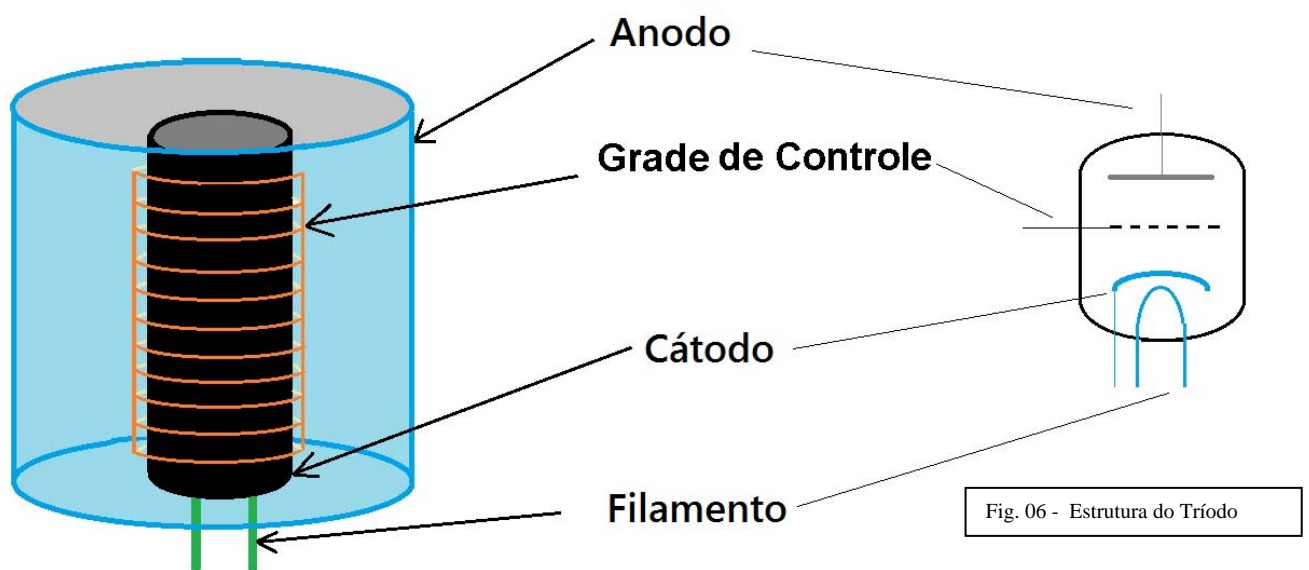


Fig. 06 - Estrutura do Tríodo

⁴ Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, ou transistor de efeito de campo de óxido metálico semicondutor.

⁵ Por isso até os dias de hoje é comum se referir à tensão de polarização da grade como C-.

⁶ Nome comercial dado pelo seu inventor Lee De Forest

Se observarmos, por exemplo, a operação de um amplificador de guitarra, esse princípio pode ser intuitivamente compreendido.

Ao golpear a corda metálica do instrumento, fazemos a ela vibrar em uma frequência constante.

Tomando para nosso exemplo a 5ª corda (lá) a frequência do movimento é de 220 ciclos por segundo (220Hz).

Enquanto vibra, que essa corda se movimenta dentro da área de influência de um ímã posicionado no interior de uma bobina⁷ do captador.

Esta bobina não está ligada a nenhuma fonte de tensão, portanto sua tensão de repouso é nula.

Ao vibrar numa frequência de 220Hz dentro do campo magnético, a corda produz uma perturbação que faz variar este campo magnético numa velocidade de 220 pulsos por segundo.

Sempre que um campo magnético varia nas imediações de um condutor elétrico, produz uma variação de tensão no mesmo (esse é o princípio do gerador de energia elétrica).

Se variação é de 220hz em um condutor cuja tensão de repouso é de 0V, a tensão AC produzida será de pulsos com amplitude de ínfimas frações de volts, numa frequência de 220Hz.

Como o condutor está disposto em forma de bobina, o efeito do campo magnético se soma a cada espira, produzindo um sinal elétrico considerável de alguns "milivolts" de tensão variável numa frequência de 220Hz.

Esse sinal (oscilação de poucos milivolts) é aplicado à grade da válvula pré-amplificadora de entrada, ocasionando uma grande variação no fluxo de corrente entre a placa (anodo) e o cátodo.

Por motivos óbvios, essa variação no fluxo da corrente que oscilará na mesma frequência de 220hz do sinal de entrada, consumando o processo da amplificação.

O sinal pré-amplificado é encaminhado para outro(s) estágio(s) sendo ajustado e amplificado a uma potência final suficiente para acionar um alto-falante.

O alto-falante transforma a variação de corrente em movimento mecânico do cone de papel que, por sua vez produz variação de pressão do ar (som), na mesma frequência de 220Hz.

Normalmente são necessários vários estágios de pré-amplificação nos aparelhos. Por isso, é comum que existam modelos com 2 tríodos dentro de um mesmo tubo de vácuo, a exemplo da válvula 12AX7, largamente utilizado em amplificadores modernos.

Para testar a emissão ou analisar o funcionamento desse tipo de válvula, encontramos a mesma operação dinâmica vista no diodo, com mais uma variável a ser considerada: a tensão da grade de controle ou **Vg1**.

Se, como foi dito, a emissão se intensifica com o aumento com a tensão (B+) aplicada à da placa, ela também diminui com o aumento da tensão negativa aplicada á grade (C-).

Por isso, os chamados *Data Sheets*, trazem essa informação no quadro de parâmetros denominados "*Typical Characteristics*".

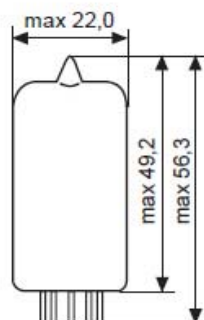
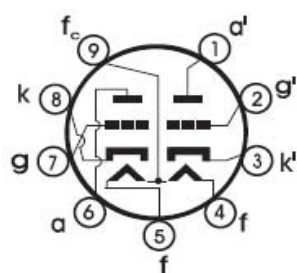
No caso do popular tríodo duplo 12AX7/ECC83 temos os seguintes parâmetros fornecidos pelo fabricante "JJ":

⁷ Essa bobina nada mais é que um logo fio de cobre esmaltado, enrolado em um carretel.

ECC83S

12AX7, 7025

A. F. DOUBLE TRIODE

**Base: NOVAL**

$U_f = 6,3/12,6 \text{ V}$
 $I_f = 300/150 \text{ mA}$

Limiting Values:

$U_a = 300 \text{ V}$
 $W_a = 1 \text{ W}$
 $I_k = 8 \text{ mA}$
 $U_g = -50 \text{ V}$
 $R_g = 2,2 \text{ M}\Omega$
 $U_{k/f} = 180 \text{ V}$
 $R_{k/f} = 150 \text{ k}\Omega$

Typical Characteristics:

$U_a = 250 \text{ V}$
 $U_g = -2 \text{ V}$
 $I_a = 1,2 \text{ mA}$
 $S = 1,6 \text{ mA/V}$
 $R_i = 62,5 \text{ k}\Omega$
 $\mu = 100$

Capacitances:

	system I.	system II.	
$C_{g/k} =$	1,6	1,6	pF
$C_a =$	0,33	0,33	pF
$C_{g/a} =$	1,7	1,7	pF

Operating Characteristics:

Resistance - coupled amplifier cathode grid bias

$U_b =$	250	400	250	400	250	400	V
$R_a =$	47	47	100	100	220	220	k Ω
$R_g =$	150	150	330	330	680	680	k Ω
$R_k =$	1,2	0,68	1,5	0,82	2,7	1,2	k Ω
$I_a =$	1,18	2,45	0,86	1,72	0,48	1,02	mA



www.jj-electronic.com

Fig. 07 - Exemplo de Data Sheet de um diodo duplo

Nesse quadro, (indicados pelas setas azuis) sabemos que ao aplicar uma tensão⁸ constante ao anodo $U_a=250\text{VDC}$ e -2VDC à grade de controle (U_g), é de se esperar uma corrente drenada (I_a) da ordem de $1,2\text{mA}$ em cada seção de tríodo.

Para simular essa condição, precisaríamos, além das tensões de alimentação dos filamentos e placa, de uma nova fonte de tensão que fornecesse o potencial de -2V à grade em relação ao cátodo. Essa tensão é também conhecida como tensão de Bias, V_{g1} ou $C-$.

Ainda observando esse mesmo quadro da figura acima, temos na indicação da seta vermelha " $S=1,6\text{mA/V}$."

Esse valor indica numericamente o comportamento da iteração dinâmica entre da emissão em função da tensão de bias

Como foi mencionada anteriormente, ao aplicar-se uma variação de tensão da grade, a válvula responde com uma considerável variação no fluxo de corrente entre o cátodo e a placa. Se medirmos quantos amperes a corrente de saída no anodo varia para cada volt de variação ocorrida na grade, temos uma representação numérica da capacidade de amplificação dessa válvula.

Ou seja, podemos medir o "poder de amplificação" pela variação de corrente na placa, dividido pela variação de tensão na grade que a desencadeou: $\Delta I_a / \Delta V_g$.

A medida proporcional dessa medida (" S " ou " G_m ") é conhecida como Transcondutância (ou condutância mútua).

⁸ Os valores de tensão sempre se referem ao cátodo ($U=0\text{V}$)

No caso acima, a proporção naquelas condições estabelecidas no *data sheet*, seria uma variação de 1,6mA para cada volt de variação na grade.

Observação: Como medida de transcondutância representa uma razão de medida de corrente÷tensão (expressa em A/V), ao contrário da resistência que resulta da divisão de tensão/corrente (expressa em ohm).

Pensando nisso alguns gaiatos inventaram de expressar a transcondutância em uma unidade batizada “mho”, que é ohm escrito ao contrário ou até mesmo $\bar{\Omega}$ que é o Ω de cabeça para baixo.

Por convenção, a unidade oficial para se expressar transcondutância é o **Siemens**⁹, raramente utilizado, equivalente a 1 ampere por volt.

Entretanto é comum ver em muitos datasheets e aparelhos testadores de válvulas essas nomenclaturas alternativas.

Portanto é sempre bom ter em mente o que significam essa nomes, ou seja:

1 Siemens = 1A/V= 1MHO = $1\bar{\Omega}$.

Existem várias maneiras de efetuar essa medição de transcondutância.

A mais óbvia seria medir a corrente na placa mais de uma, variando a tensão da grade em 1V.

No caso deste testador, existe um circuito oscilador que gera uma função senoidal de 1Khz com tensão RMS fixa (ajustável em um valor conhecido).

Esse sinal é aplicado à grade e um medidor que verifica a corrente AC refletida no fluxo entre a placa o cátodo. A transcondutância é então determinada diretamente pela divisão dessa corrente AC medida pela tensão AC introduzida na grade.

2.3 - A válvula de Tétrodo

Na evolução tecnológica das válvulas, foram introduzidas outras grades entre os eletrodos com diferentes propósitos.

A primeira delas, conhecida como grade auxiliar, grade de blindagem, "screen-grid" ou simplesmente **G2** surgiu com a Válvula Tétrodo.

Ela foi introduzida no meio do caminho do fluxo termiônico nas proximidades do anodo e é alimentada com uma tensão positiva, normalmente em um patamar um pouco abaixo da tensão do anodo.

Ela tem o intuito de eliminar a capacitância entre o cátodo e o anodo, tornando o comportamento da válvula mais linear e estável.

É desnecessária aqui uma explanação teórica mais profunda sobre esse novo elemento.

Para o projeto em apreço o importante é saber que o valor da tensão aplicado a essa segunda grade (g_2) altera significativamente o nível de emissão da válvula e, portanto, deve ser considerada na experiência de teste.

⁹ Em homenagem ao inventor alemão Werner Von Siemens

Assim, para testar a válvula de tétrodo em condições controladas, nosso aparelho precisa de mais uma fonte de tensão DC ajustável com valores característicos semelhante à fonte de tensão do anodo.

2.4 - A válvula de Pêntodo

No grupo de modelos de válvulas de áudio atualmente comercializadas existe ainda o Pêntodo, no qual se introduziu mais uma terceira grade denominada **supressora** ou g_3 , com a função de prevenir emissão secundária de elétrons entre a grade screen e o anodo.

Essa grade (G_3) precisa tensão negativa em relação à grade screen (G_2).

Para isso, ela é normalmente ligada ao cátodo (aterrada), não necessitando de fonte de tensão adicional no aparelho.

Em muitos modelos de válvulas de pêntodo modernas, como as populares 6L6GC, KT66¹⁰ ou as 6V6GT, essa ligação entre o cátodo e a grade de supressão é feito diretamente no interior da válvula. Outros modelos como a EL34, na quais essa ligação é feita externamente entre os pinos 1 e 8.

2.5 - Outros testes de verificação da integridade das válvulas

Alem dos testes de desempenho das válvulas, é sempre conveniente verificar sua integridade física, com relação aos seguintes problemas secundários que possam ocorrer.

2.5.1 – Continuidade do filamento

Como o filamento funciona como uma lâmpada, ele também pode se partir ou se danificar pelo excesso de corrente ou desgaste.

Um simples teste simples de continuidade é conveniente para verificar se há fluxo de corrente no filamento.

2.5.2 – Isolamento do filamento

Por estar instalado fisicamente muito próximo ao cátodo para que o calor seja transmitido com eficiência, o filamento pode eventualmente entrar em contato com esse eletrodo, geralmente por defeito de fabricação.

Para verificar esse problema é feito um teste de curto semelhante ao de continuidade do filamento.

2.5.3 – Curto circuito Anodo x G_2 .

Por estar instalada fisicamente muito próxima ao Anodo, a grade screen pode estar em conta com esse eletrodo, geralmente por defeito de fabricação ou vibrações.

Para verificar esse problema é usado um detector de alta sensibilidade que acusa curto, mesmo que o contato seja de alta resistência elétrica.

¹⁰ As antigas válvulas da série KT (*kinkless tetrode*) eram tétrodos de feixe dirigido, uma modalidade dotada de placas que evitavam a dispersão do fluxo emitido. As versões atuais dessas válvulas são pintadas.

2.5.4 – Curto circuito Anodo e G_2 x Cátodo e Grade Supressora.

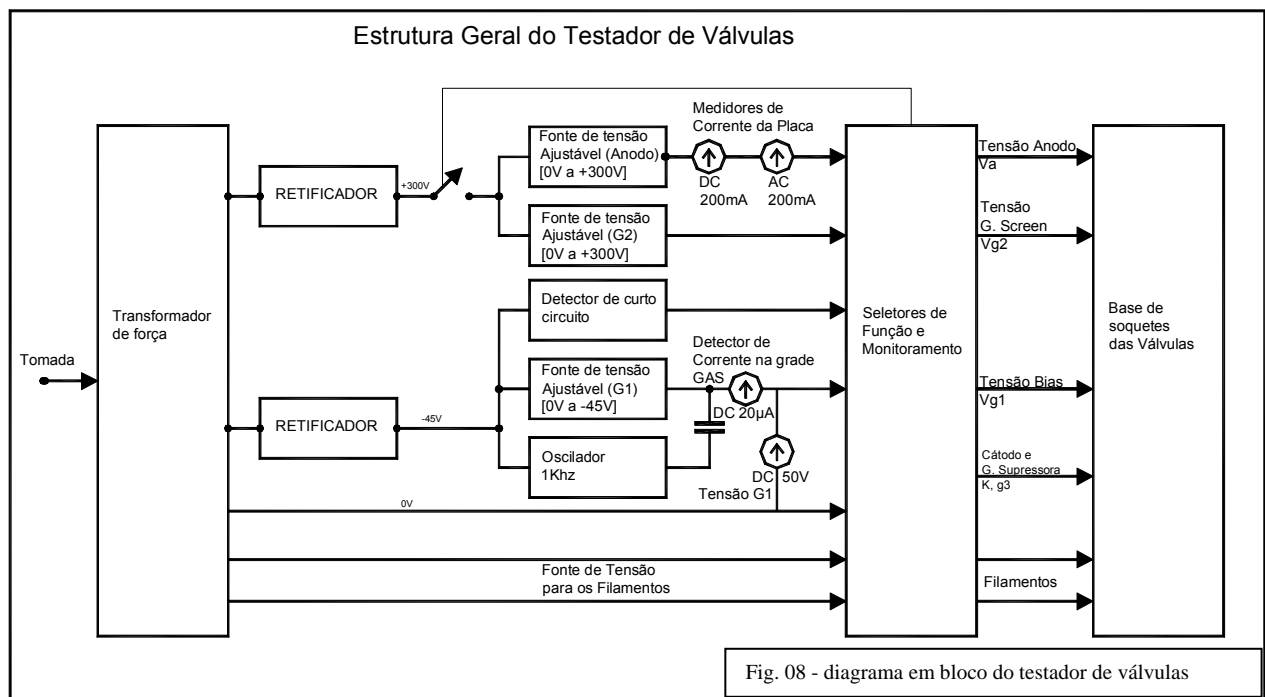
Embora seja raro, um eventual curto desse tipo pode danificar gravemente a válvula e o aparelho devido à grande diferença de tensão entre esses eletrodos.

Para verificar esse problema é usado um detector de alta sensibilidade que acusa curto, mesmo que o contato seja de alta resistência elétrica.

3 - O Testador de válvulas

3.1 - Conceito geral

Com base nas informações dos itens anteriores, já é possível determinar os elementos principais que compõem o aparelho de teste, indicados no diagrama em bloco a seguir:



3.2 - Testes disponíveis:

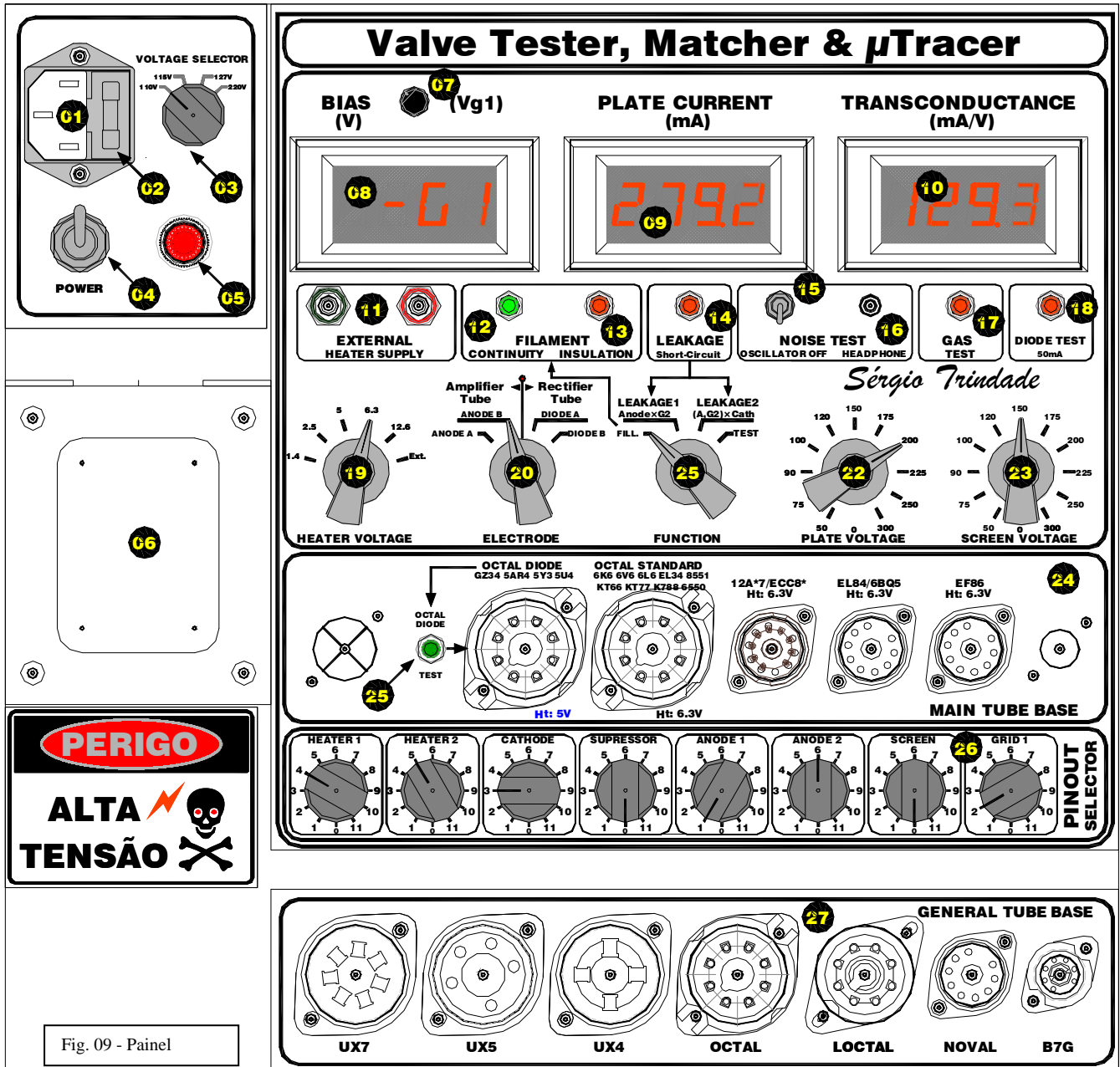
Essa versão de testador foi concebida com elementos suficientes para permitir os seguintes ensaios:

- a) Teste de nível de emissão com precisão de $100\mu\text{A}$ ($0,1\text{mA}$)
- b) Teste de transcondutância (*mutual conductance*) com precisão de $100\mu\text{Siemens}$ ($0,1\text{mA/V}$)
- c) Teste de Integridade do Filamento.
- d) Verificação de curto-circuito entre o filamento e o cátodo.
- e) Verificação de curto-circuito entre o Anodo e a grade screen.
- f) Verificação de curto-circuito entre os eletrodos de alta tensão (Anodo / grade screen) em relação aos de baixa tensão (cátodo/supressor), situação muito rara, mas que ocorrendo, implica em danos ao aparelho onde a válvula for usada.
- g) Teste de ruído, mediante verificação com fone de ouvido.

- h) Teste de gás (por meio da detecção eventual micro fluxo de corrente na grade de controle a partir de $0,1\mu\text{A}$)

3.3 - Visão geral do aparelho

Na ilustração abaixo, temos o painel frontal do protótipo de testador construído, com todos os seus elementos enumerados e descritos nos itens subsequentes:



1. Conector para o cabo de força.
2. Gaveta de fusível da alimentação de entrada: Sugerido usar fusível de 2A para 110V/127V e 1A para 220V.
3. Seletor de tensão de entrada que pode ser rotativo (múltiplas entradas) ou Chave "HH" para duas opções de tensão.
4. Chave liga desliga.

5. Indicador de força pode ser neon, LED ou mesmo ser suprimida já que os painéis de medidores digitais ascendem indicando que o aparelho está ligado.
6. **Transformador** de força;
7. **G1 VOLTS** Botão de ajuste da tensão aplicada á Grade de Controle (bias), podendo variar de 0V a -46,0V.
Deve ser ajustado conforme o valor estabelecido como parâmetro de teste (estabelecidos data Sheet do modelo de válvula testado) **antes** de colocar na opção "**TEST**" o controle de Função (FUNCTION).
Para teste de válvulas retificadoras, evidentemente não é necessário esse ajuste.
8. **Painel BIAS**: Medidor que indica a tensão aplicada á Grade de Controle, ajustada no botão G1 VOLTS situado logo acima.
9. **Painel PLATE CURRENT**: Medidor que indica a corrente drenada pelo anodo da válvula em miliamperes. Quando estiver pressionado o botão "GAS TEST", o valor indicado alterna para a medição de eventual corrente drenada pela grade de controle, na razão 1mA para 10 μ A.
10. **Painel TRANSCONDUCTANCE**. Indica a condutância mútua da válvula testada em miliSiemens, mA/V, m Ω ou mMHOs.
11. **EXTERNAL HEATER SUPPLY**: Entrada auxiliar para fonte externa de tensão de alimentação de filamentos caso a válvula testada funcione com tensão não fornecida pelo aparelho. Para funcionar a fonte externa, o seletor HEATER VOLTAGE deve estar na posição "Ext."
12. **HEATER CONTINUITY**: Led verde que ao acender indica a integridade física do filamento da válvula testada. Funciona sempre que o seletor "FUNCTION" mais adiante descrito estiver no modo "FIL".
13. **HEATER INSULATION**: Led vermelho que aceso indica que há curto circuito entre o filamento e o cátodo. Funciona sempre que o seletor "FUNCTION" mais adiante descrito estiver no modo "Leakage 1" ou "Leakage 2".
No teste de válvulas com aquecimento direto, a exemplo do Tríodo 300B ou retificadora GZ34/5AR4, esta luz acenderá, pois o cátodo é o próprio filamento.
14. **LEAKAGE**: Led vermelho que indica a ocorrência de curto circuito entre eletrodos, variando de acordo com a função selecionada no controle "FUNCTION" mais adiante descrito. Para o modo LEAKAGE1 a luz vermelha indica Curto circuito entre o Anodo e a Grade Screen (G2). No modo LEAKAGE2 a mesma luz indica curto entre os eletrodos de alta tensão Anodo e a Grade nº2 e os eletrodos negativos (cátodo e grade supressora).
Caso ocorra, descarte a válvula e **não prossiga com o teste de emissão e transcondutância.**
15. **OSCILLATOR OFF**. Chave de desligamento do oscilador que gera a função de 1Khz/100mV aplicado à grade de controle para a medição de transcondutância. É usado para verificar se há geração espontânea de ruído na válvula testada.

16. **NOISE TEST PHONE.** Jack de saída para fone de ouvido para investigar se há geração espontânea de ruído na válvula testada. Para isso, é necessário antes desligar o oscilador na chave OSCILLATOR OFF.
17. **GAS TEST:** Push button que, enquanto pressionado, alterna a medição do nível de emissão no painel de medidor denominado PLATE CURRENT. Nessa condição, a medida indicada no medidor de emissão expressará a corrente drenada pela grade de controle em $1\mu\text{A}$.
A corrente indicado, mesmo que diminuta, representa evidência de resíduo de gás no tubo. Assim, o valor esperado para a válvula em bom estado é sempre 000.0.
18. **DIODE TEST 50mA:** Push button que, enquanto pressionado, alterna o limitador de corrente de 27mA (usado em pequenos diodos) para 50mA - para teste de retificadores de maior potência.
19. **HEATER VOLTAGE:** Seletor de tensão para o filamento da válvula testada. No protótipo, foram disponibilizados os valores de 1.5V, 2,5V, 5V, 6,3V e 12,6V utilizado na maioria das válvulas de áudio modernas. Além disso, quando selecionado o modo Ext., a alimentação de filamentos poderá ser feita por uma fonte de tensão externa, ligadas ao aparelho por meio de 2 Bornes para plugs banana, ligados nos jacks indicados como EXTERNAL HEATER SUPPLY.
20. **ELECTRODE:** Seletor de escolha da seção da válvula a ser testada, em caso de haver mais de uma.
No modo **ANODE A**, é usado para testar válvula de única seção ou a primeira seção de válvulas de áudio compostas (não pode ser usado para testar válvula retificadora).
A posição **ANODE B**: Alterna o teste para a segunda seção da válvula, se houver.
DIODE A: Testa diodos simples ou a primeira seção de diodos duplos.
DIODE B: Alterna o teste para a segunda seção de um diodo duplos.
Obs: O Para o teste de diodo, a corrente drenada é limitada na fonte ao valor de aproximadamente 27mA, suficientes para verificar a operação de pequenos diodos normalmente utilizados em pré-amplificadores. Para testar diodos de potência maior, é necessário pressionar temporariamente o Push Button DIODE TEST 50mA, situado na parte superior direita do painel.
21. **FUNCTION:** Seletor de função de quatro modos:
HEATER: Testes de continuidade e isolamento do filamento (em relação ao cátodo)
LEAKAGE1: Teste de curto-circuito entre Anodo e a Grade Screen (G2). Caso ocorra, acenderá a luz vermelha no LED LEAKAGE.
LEAKAGE2: Teste de curto-circuito entre os eletrodos de alta tensão Anodo e a Grade nº2 e os eletrodos negativos (cátodo e grade supressora). Caso ocorra, acenderá a luz vermelha no LED LEAKAGE.
Observação tanto no modo LEAKAGE1 quanto no LEAKAGE2 o teste de isolamento do filamento em relação ao cátodo é procedido.

TEST: Efetua os testes de níveis de Emissão e Transcondutância.

22. **PLATE VOLTAGE:** Seletor de tensão aplicada ao anodo. Permite o ajuste em um dos valores de tensão preestabelecidos comumente usados como parâmetro de teste nas válvulas modernas: 50V, 75V, 90V, 100V, 120V, 150V, 175V, 200V, 225V, 250V e 300V.
23. **SCREEN VOLTAGE:** Seletor de tensão aplicada à grade nº2. Permite o ajuste em um dos valores de tensão preestabelecidos comumente usados como parâmetro de teste nas válvulas modernas: 50V, 75V, 90V, 100V, 120V, 150V, 175V, 200V, 225V, 250V e 300V. Quando não usada essa alimentação (por exemplo, durante teste de tríodos e diodos).
24. **MAIN TUBE BASE:** Área destinada à instalação de válvulas mais frequentemente testadas. Para usar esses soquetes, basta escolher o que adequado para o modelo de válvula em teste, não sendo necessário indicar a numeração dos pinos de cada eletrodo no conjunto de seletores PINOUT SELECTOR.

No protótipo foram instalados Soquetes para os seguintes modelos:

- Retificadoras de base Octal (5Y3, 5AR4, GZ34 e 5U4).
 - OCTAL STANDARD: Pêntodos comuns de Base Octal - 6K6, 6V6, 6L6 EL34, 8551, KT66, KT77 K788, 6CA7, 6550, entre outras de mesma pinagem.
 - Tríodos duplos (12A*7/ECC8*) de base noval como 12AX7/ECC83, 12AT7/ECC81, 12AU7/ECC82, 12AX7, 6201, entre outras de mesma pinagem.
 - EL84/6BQ5: Válvula de potência de base noval
 - EF86: Pêntodo de pre-amplificação.
 - 6Z4: Retificadora de baixa potência de 7 pinos¹¹.
25. **Octal Diode Test:** Push Button de aterramento temporário do filamento da válvula retificadora testada no soquete de Retificadoras de base Octal no soquete instalado no painel MAIN TUBE BASE.
- Essa conexão é normalmente interrompida para não que não seja acusado falso curto circuito no teste "HEATER INSULATION", anteriormente descrito.
26. **PINOUT SELECTOR.** Seletor de numeração de pinos para cada eletrodo da válvula testada nos soquetes instalados na área GENERAL TUBE BASE.
27. **GENERAL TUBE BASE:** Área onde são instalados os soquetes para válvulas não comuns, sendo a pinagem de cada eletrodo ajustada no conjunto de seletores PINOUT SELECTOR. No protótipo foram instalados os modelos de soquetes mais comuns atualmente: B7G, NOVAL, LOCTAL, OCTAL e UX4.
- Contudo, existe um espaço reservado na lateral para a instalação de qualquer modelo de soquete que seja necessário, de acordo com os tipos de válvulas testadas.

¹¹ Excluído do projeto proposto nesse relatório, pois se trata de um modelo de válvula pouco utilizado.

3.4 - O Circuito

O esquema utilizado tem por origem o projeto inicial divulgado por Mike Rowe em 2009.

Esse esquema traz as partes principais do projeto, sem detalhes do chaveamento dos controles, base de válvulas, etc.

Muitas versões de outros DIY'er foram montadas e surgiram várias inovações e o chaveamento de funções foi aperfeiçoado.

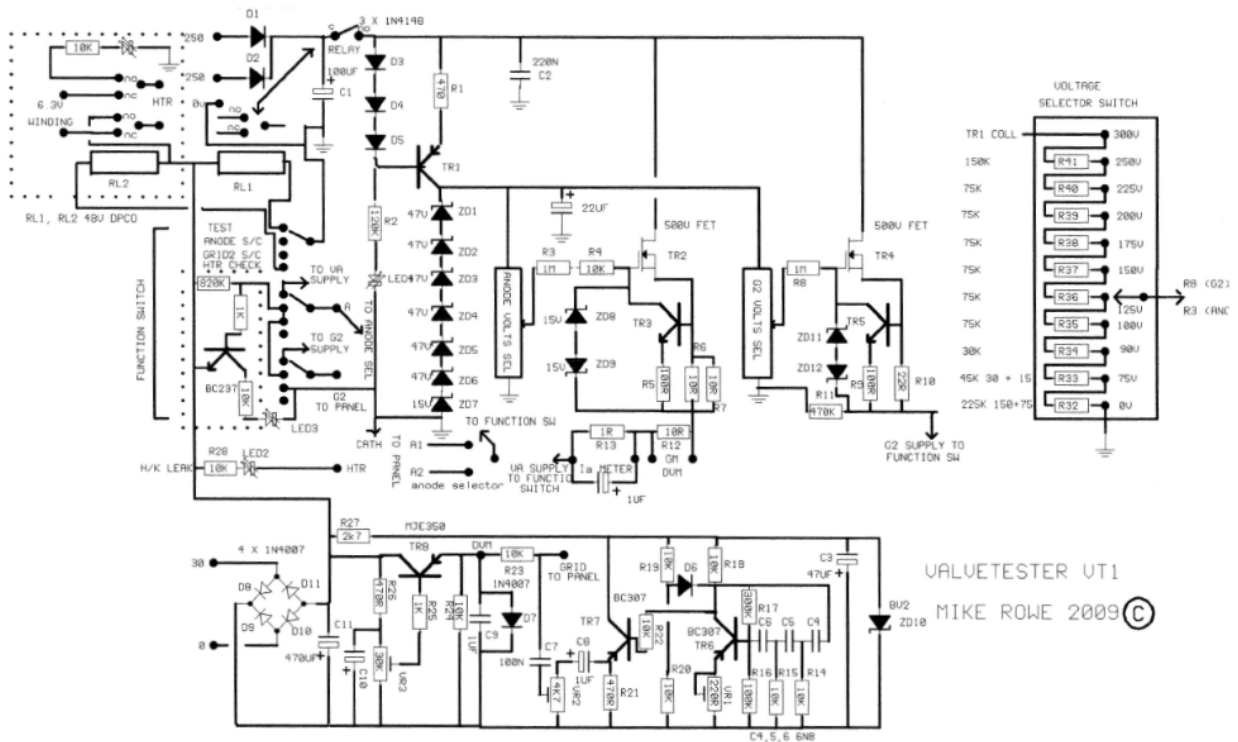
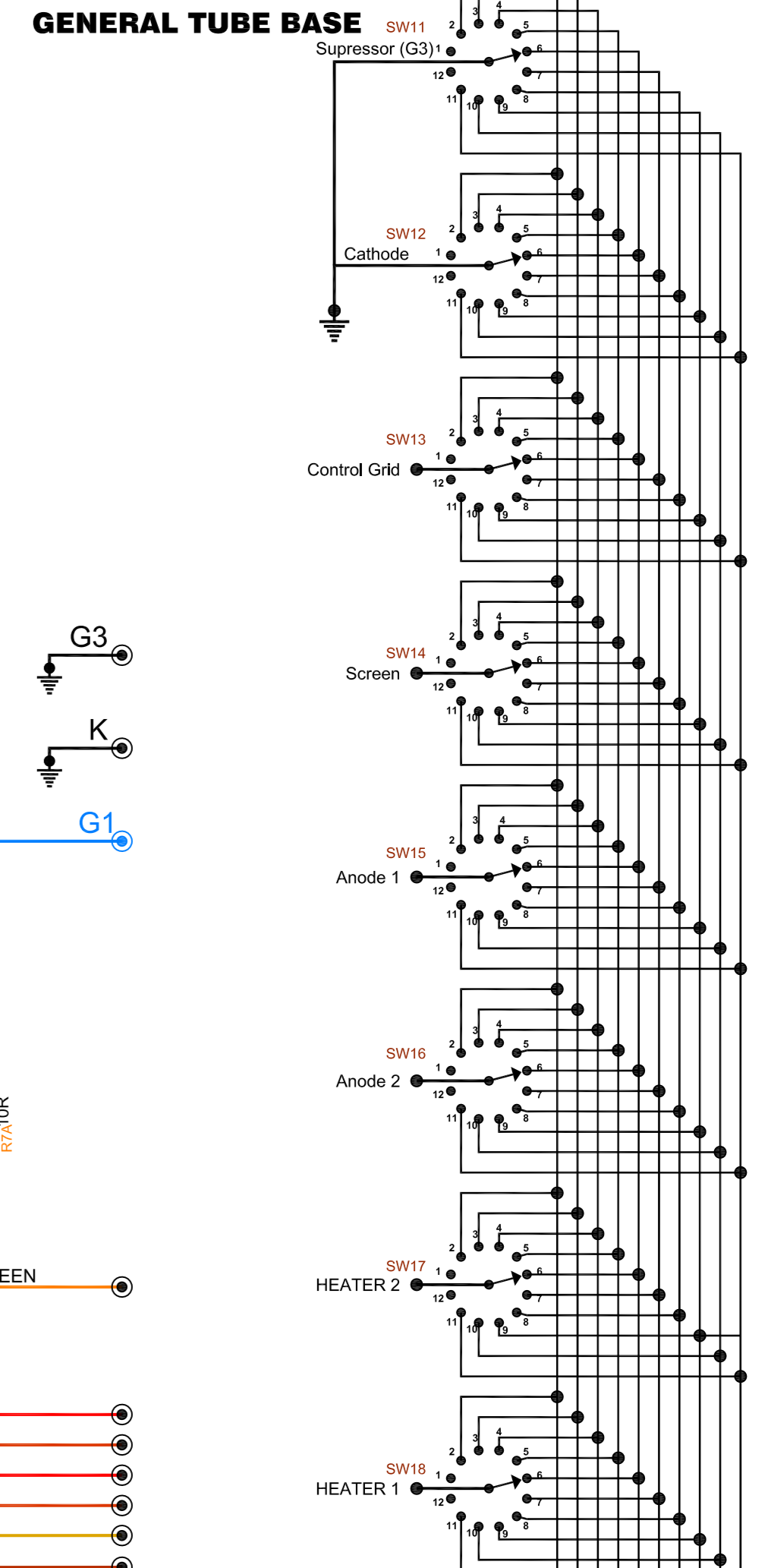
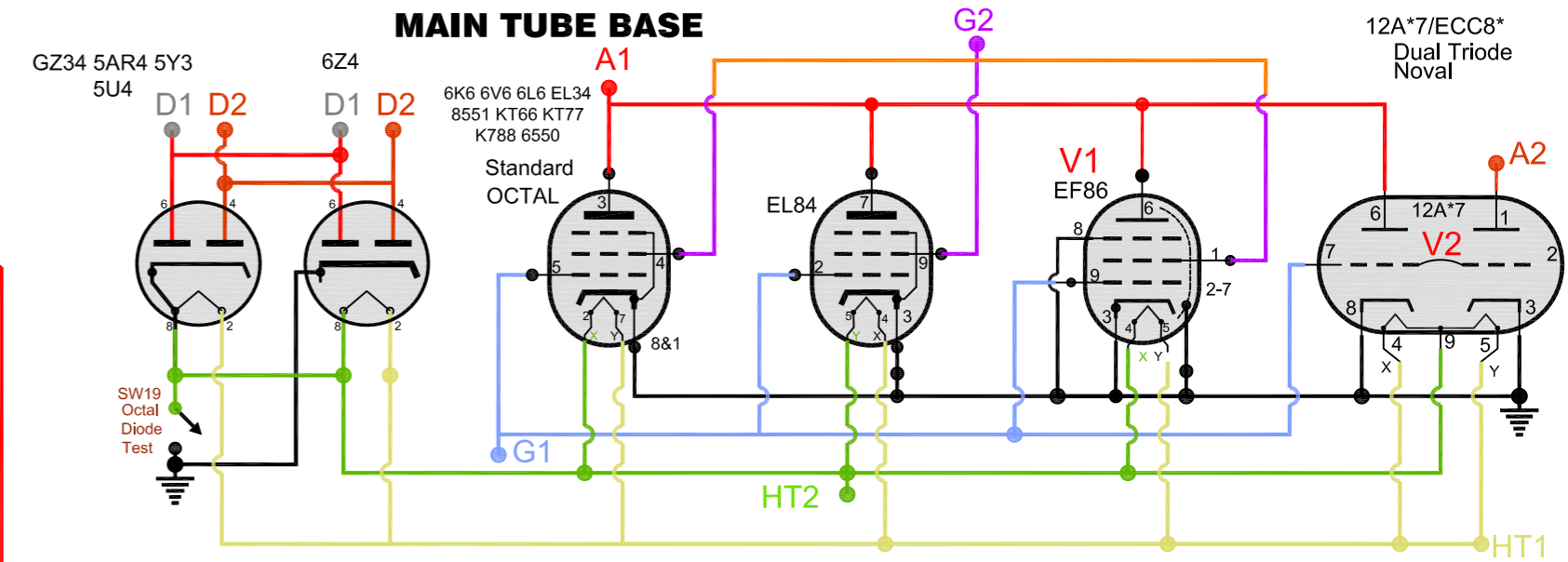
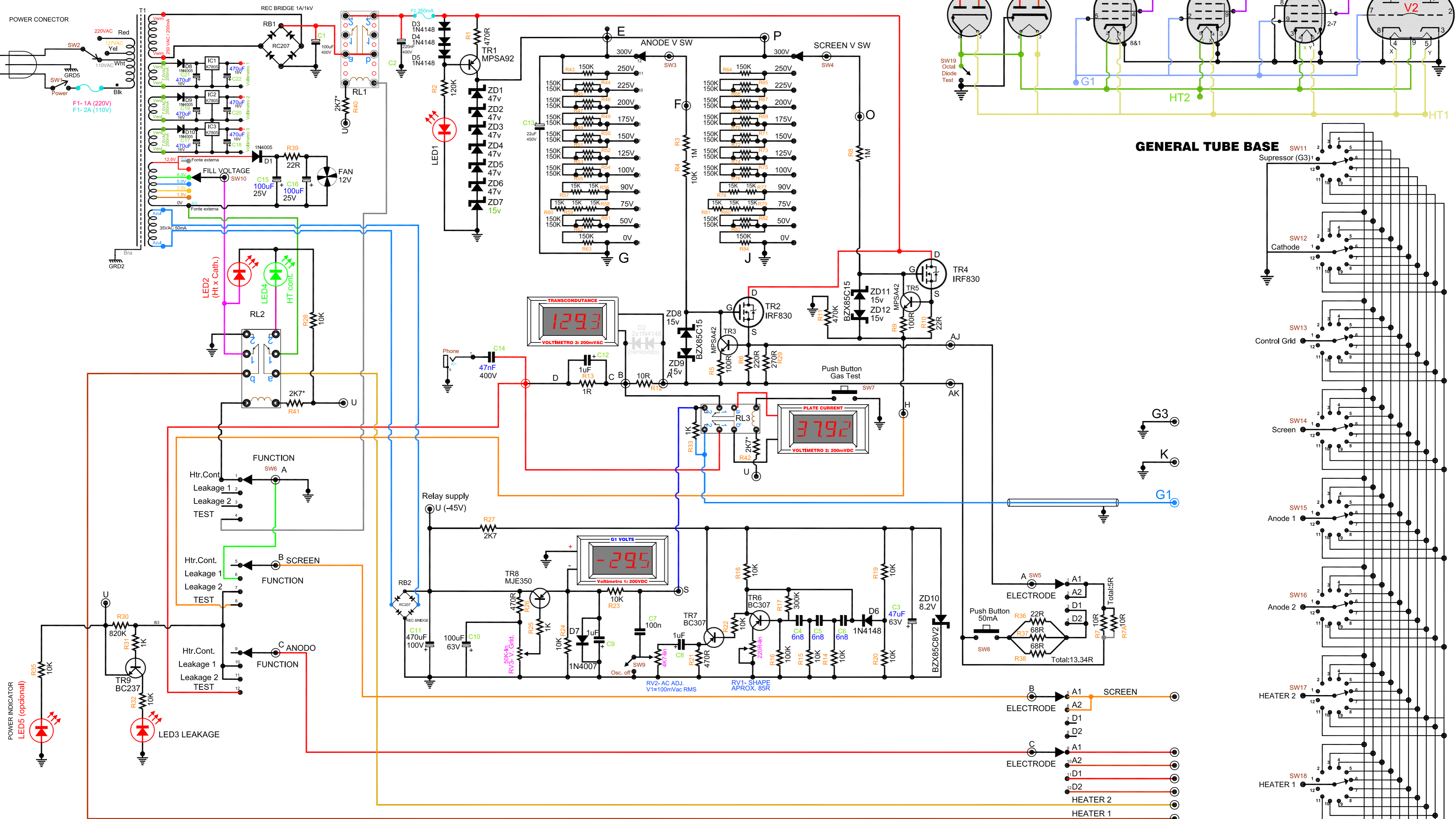


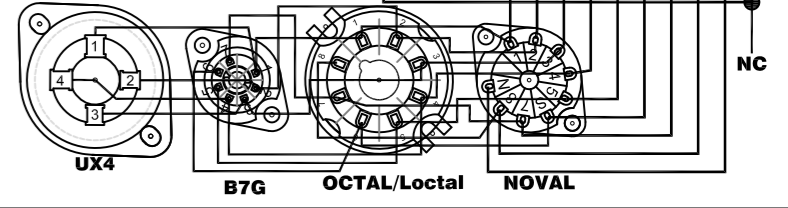
Fig. 10 - Circuito Original publicado por Mike Rowe em 2009

Muitas versões surgiram e com base nas discussões feitas em diversos fóruns foi divulgada uma compilação de parte do conhecimento gerado na versão de Keith Wevill, na qual se baseou a versão aqui descrita.

A ilustração a seguir mostra o esquema geral da versão proposta que será explanada em partes nos itens subsequentes.



SUSSEX VALVE TESTER - DRAWN BY. SÉRGIO TRINDADE - REV.06 - jul/2018



3.4.2 – Transformador de alimentação

O enrolamento primário do transformador foi especificado para as três faixas de tensão de entrada normalmente disponíveis no Brasil 110V, 127V e 220V.

O esquema pode ser simplificado com a eliminação do primário de 110V¹², de acordo com a tensão local.

O secundário de 250V que fornece tensão da placa e grade screen foi redimensionado para operar com corrente de até 200mA facilitando o teste de válvulas de potência de maior porte.

Os medidores digitais utilizados necessitam de alimentação independente de 5 Volts¹³ com variação máxima de 5%.

O protótipo foi montado com 3 secundários de 6V e funcionou perfeitamente. Contudo, com base nas especificações do CI estabilizador de tensão utilizado (7505), é recomendável que a tensão AC seja dimensionada em 7,5V ou mais.

A alimentação dos filamentos é feita por um secundário de vários terminais intermediários de 1,5V/2,5V/5V/6,3/12,6V.

A tensão de 12,6V é geralmente usada apenas em válvulas com filamentos de baixo consumo de corrente. Por isso o segmento final do enrolamento foi dimensionado com fiação para 600mA. Evidentemente, o uso de um fio mais delgado nesse segmento não faz diferença significativa no custo do transformador, a economia ocorre por conta da influência dessa especificação no dimensionamento do núcleo.

O restante desse enrolamento secundário segue a especificação de consumo de 3A, suficiente para alimenta filamento de válvulas de potência de maior porte, pelo menos durante o tempo de duração do teste de emissão.

Também é recomendável o uso de isolamento eletrostático aterrado entre os enrolamentos primários e secundários (vulgo sanduíche) para evitar possíveis interferências nas medidas de transcondutância. Consiste em uma folha de cobre ou alumínio (entre duas folhas de isolamento) que perfaz uma volta quase¹⁴ completa ao redor do núcleo e é devidamente aterrada.

O diagrama esquemático para a construção do transformador de força resulta no desenho a seguir:

¹² A tensão de 110V é usada em poucas cidades do Brasil, a exemplo de São Paulo e Baixada Santista. Normalmente a rede é de 127V em duas fases que somam 220V por estarem pareadas com defasagem de 120°.

¹³ Existem outras opções de tensão de alimentação desses medidores, como nas versões 9V e 12V. Caso seja utilizado outro modelo, o transformador e a fonte de alimentação devem ser redesenhadas, com estabilizador de tensão adequado à nova tensão de trabalho (ex: 7809 para 9V ou 7815 para 15V)

¹⁴ Uma volta completa funcionaria como uma espira em curto circuito superaquecendo o transformador.

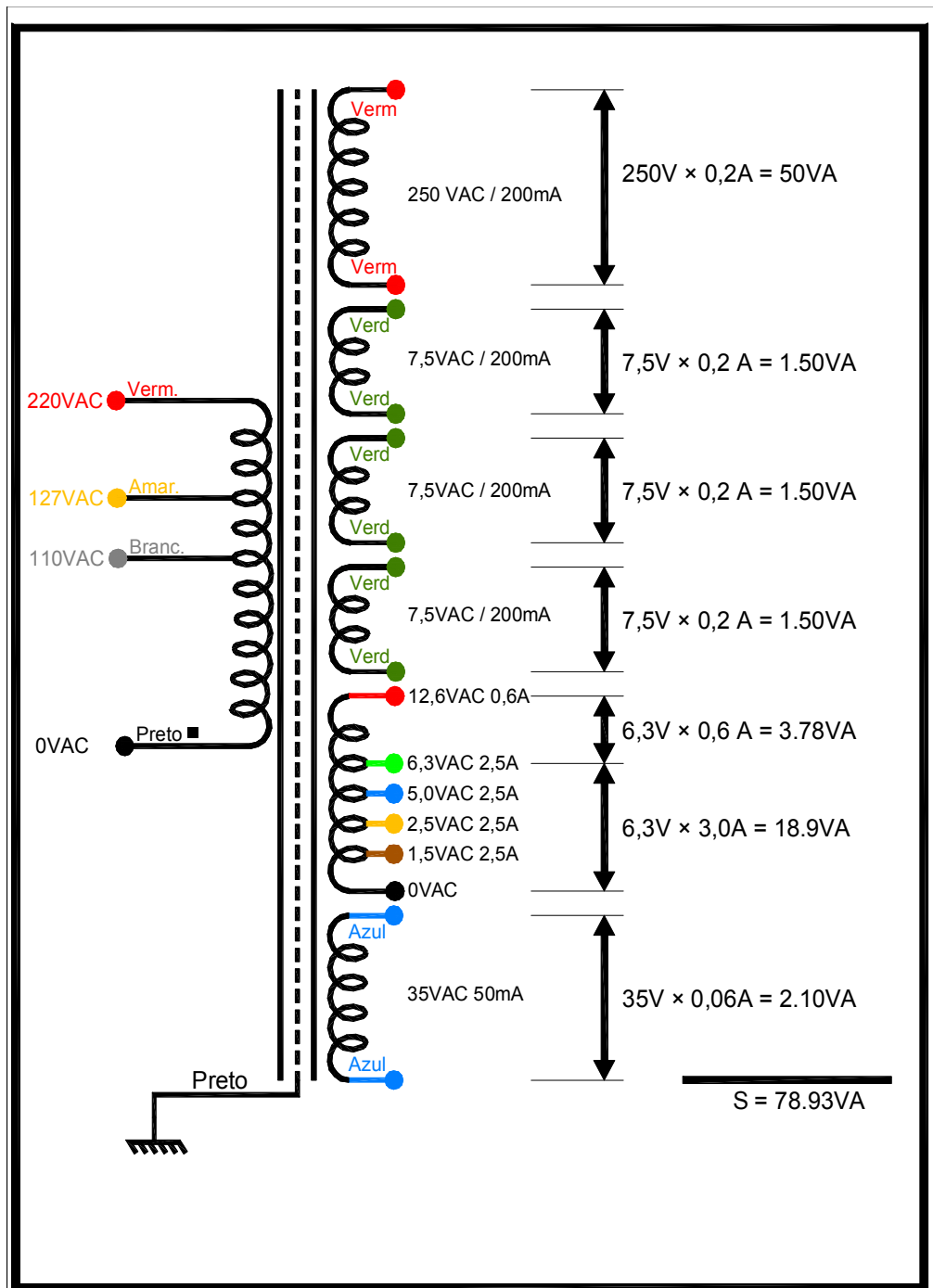


Fig 12 diagrama esquemático do transformador de força

Observação: O modelo feito para o protótipo tem conjunto de laminação com dimensões de 8,0cm×9,6cm, equivalente à Laminação "E" de perna central de 32mm.

Se for utilizada laminação de tamanho maior na construção do transformador, o chassi deverá ter a largura aumentada na mesma dimensão.

3.4.3 – Fonte de alta tensão

Para alimentar o anodo e grade screen, a tensão de 250VAC é retificada pela ponte de diodos RB1 e filtrada pelos capacitores C1 e C2.

Essa retificação resulta em uma tensão DC acima de 300V.

Nesse estágio existe uma interrupção feita pelo relê RL1 que corta o fornecimento de alta tensão sempre que o aparelho não estiver em modo "TEST", ou quando o aparelho Estiver desligado.

O conjunto é ainda protegido pelo fusível F2, de 350mA.

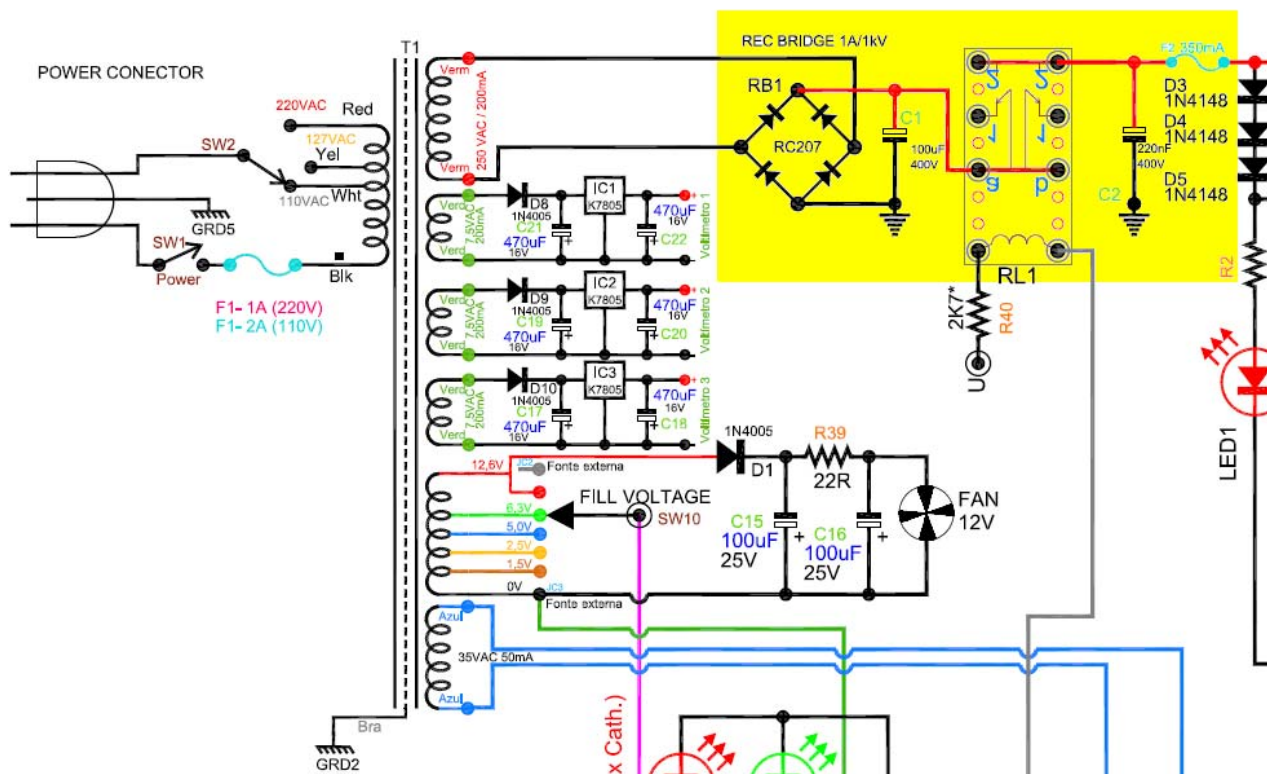


Fig. 13 - Retificação e filtro da fonte de alta tensão

3.4.4 – Ajustes da Fonte de alta tensão

As duas fontes tensões estabilizadas que alimentam o anodo e a grades screen (fornecida pelos dois transistores de Efeito de Campo "FETs" TR2 e TR4), tem ajuste baseado na impedância entre o dreno (drain) e a fonte (source) a qual, por sua vez, é controlada pela tensão aplicada à porta (gate).

Note-se que esse controle tem um conceito semelhante controle da impedância entre o anodo e o cátodo de uma válvula, mediante o ajuste de tensão da grade de controle (g_1).

Para fornecer as tensões corretas para as portas (gates) dos mosfets, existe um conjunto de divisores de tensão ajustados pelas chaves rotativas de 12 posições dos controles "PLATE VOLTAGE" e "SCREEN VOLTAGE", associados a uma cacetada de resistores que diminuem gradativamente a impedância em relação à massa do circuito, alterando proporcionalmente a tensão de controle da porta.

Esses resistores previamente dimensionados produzem uma queda de tensão na razão de 1V/3000KΩ, ou seja, a tensão de saída diminui em 25V a cada 75KΩ de decréscimo da impedância.

A tensão aplicada de entrada desses divisores de tensão ajustáveis é estabilizada pelo conjunto formado pelo transistor T1 e resistores R1, R2, LED1 e uma fila de diodos zener. ZD1-ZD7

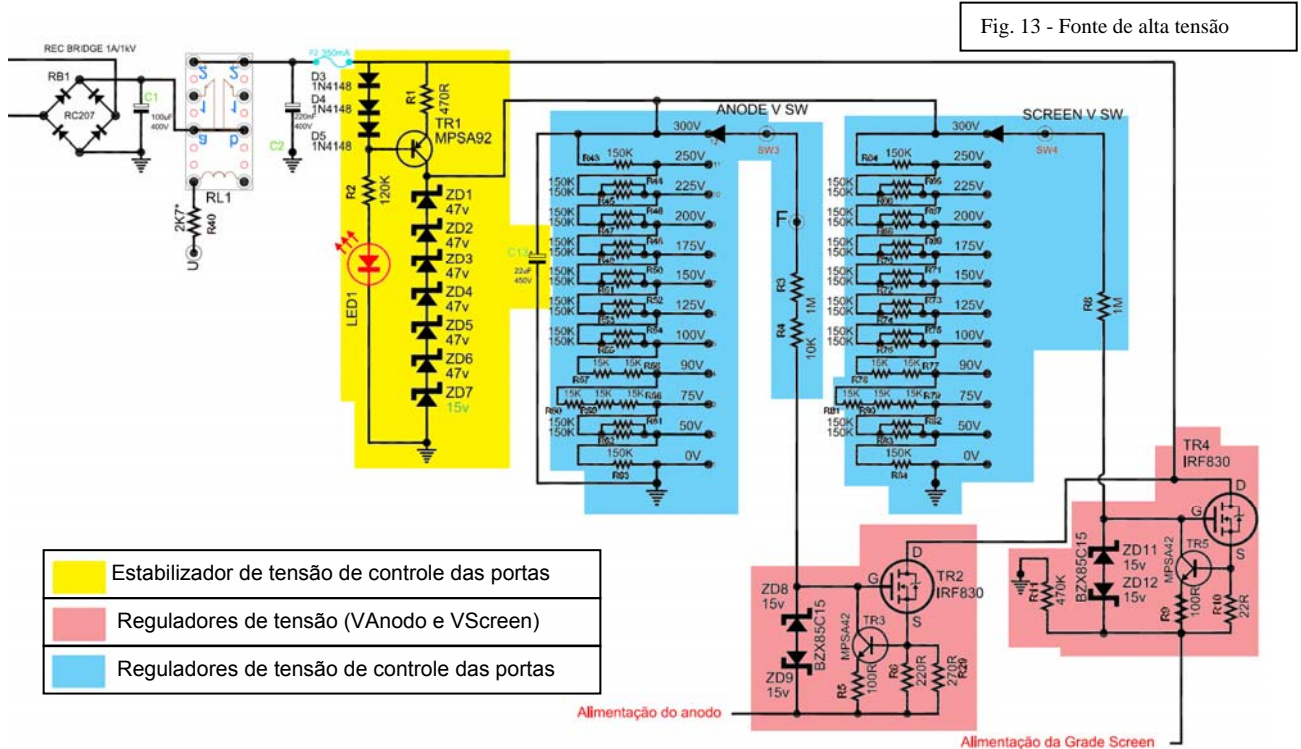


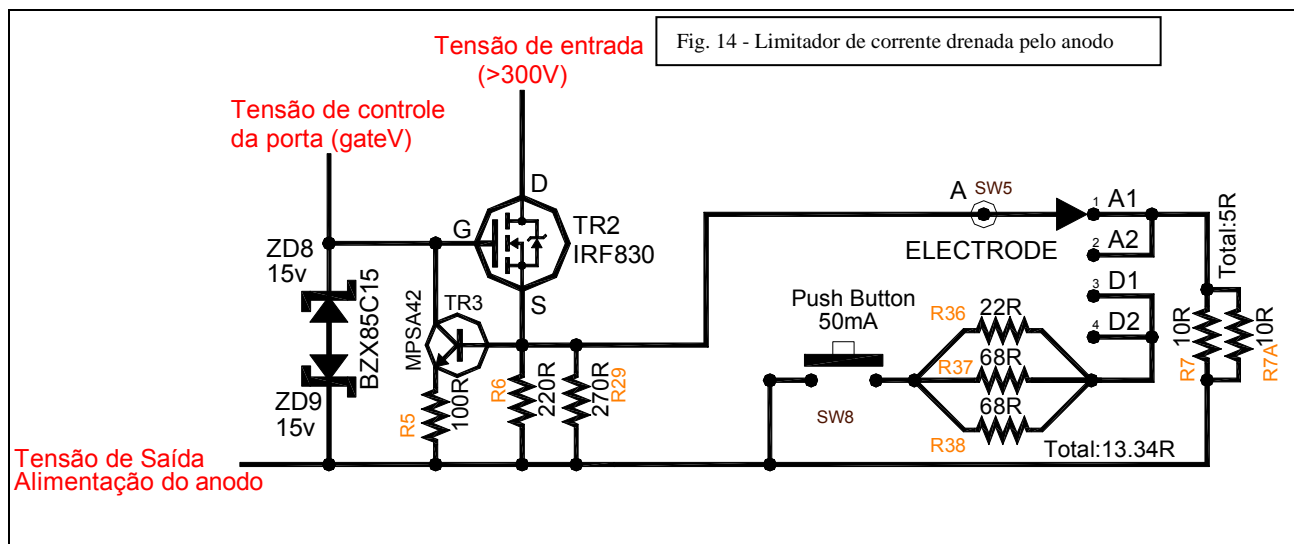
Fig. 13 - Fonte de alta tensão

Os transistores TR2 e TR4 possuem ainda a função de limitadores de corrente para evitar danos ao circuito ou válvulas testadas em caso de incidentes ou no teste de diodos.

Na fonte de tensão da grade screen, o resistor R10 (de 22Ω) em associação com transistor TR5 serve de ajuste limitando a corrente em cerca de 30mA.

Quanto menor o valor desse resistor, maior será a corrente máxima conduzida entre a fonte (source) e o Dreno (drain) do MOSFET.

Para alimentação do anodo esse controle depende da associação de vários resistores em paralelo, que variam com o posicionamento da chave seletora ELECTRODE (na primeira de suas 3 seções mostrada na ilustração a seguir):



Nas posições 1 e 2 (A1 e A2 usadas para teste de válvulas de áudio), o controle é ajustado pelos resistores R6, R29, R7 e R7A, dispostos em paralelo, resultando num equivalente total de 4,8 Ω .

Esse valor visa limitar a corrente máxima por volta de 200mA.

Contudo, o circuito deve ainda ser testado quanto ao seu limite, pela a simulação de emissão com a colocação de um resistor de teste entre os terminais do anodo e cátodo.

Isso porque, esse dimensionamento da resistência total de 4,8 Ω foi feito pela estrapolação de uma curva de resposta a partir de valores conhecidos.

Na versão anterior (de Keith Wevill) a resistência total de 6,316 Ω em 95mA.

Nas posições 3 e 4 (D1 e D2 usadas para teste de válvulas retificadoras) a resistência equivalente é de 121 Ω limitando a corrente em aproximadamente 5mA - suficiente para testar pequenos diodos.

Ainda nessas duas posições, ao pressionar o push buttom SW8 a associação passa a (12 Ω) e o valor máximo da corrente drenada sobe para aproximadamente 50mA permitindo a verificação segura do funcionamento¹⁵ de diodos de potência.

3.4.5 – Fonte de tensão de polarização da grade de controle (bias)

A alimentação feita a partir do enrolamento secundário de 35VAC é retificado pela ponte RB2 e filtrada pelo capacitor C10, fornecendo uma tensão de -45V a -47V.

Essa tensão é também utilizada para alimentar um detector de curto-circuito e para acionar as bobinas dos relês.

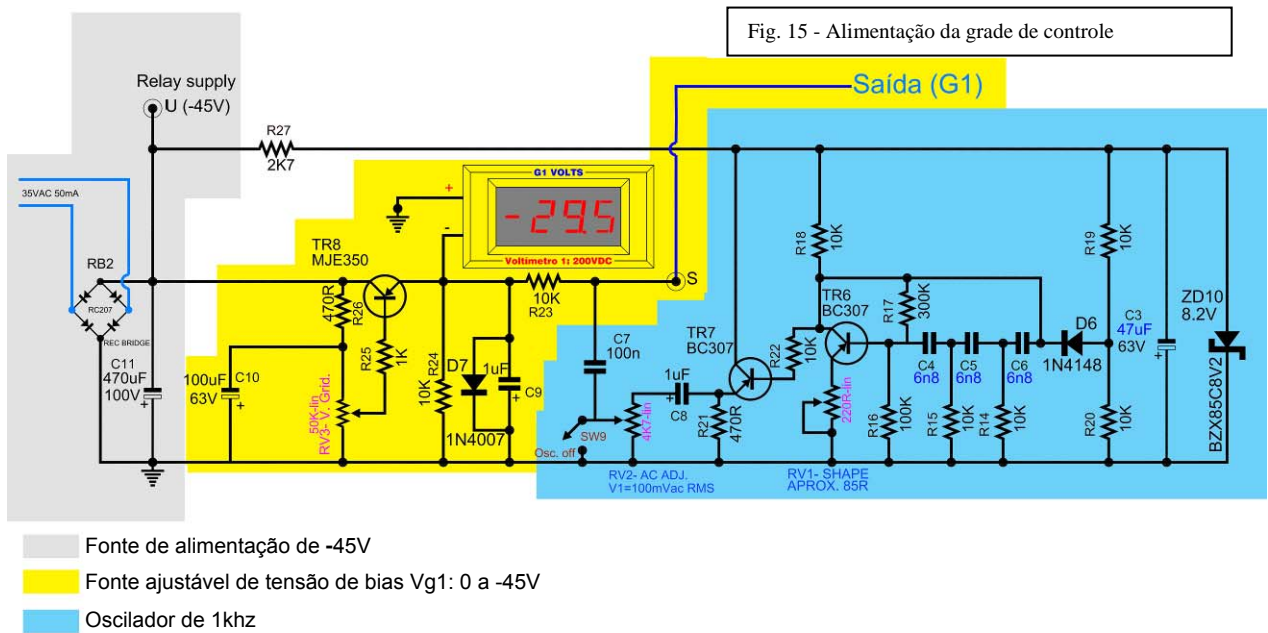
Esses relês deveriam ser do modelo de 48V. Como são mais difíceis de encontrar, o protótipo foi desenhado e construído com relês de 24V, cada um deles ligado em série com um resistor de 2.7K Ω (medida aproximada da resistência das bobinas relês utilizados).

Caso sejam usados relês de 48V, esses resistores derem ser substituídos por JUMPs.

Essa alimentação tem a principal função de fornecer a tensão de polarização da grade (bias).

O ajuste baseado no transistor TR8 é feito no potenciômetro RV3 e monitorado no Voltímetro 1.

¹⁵ Existência de uma emissão mínima, porém menor que a máxima suportada pela válvula.



Note-se que, no esquema acima, o terminal positivo do voltímetro está aterrado. Dessa forma, o valor aparecerá positivo na tela. Invertendo a polaridade, o valor exibido aparecerá com um sinal (-) tal qual no protótipo montado.

Tratando-se de um ajuste que requer bastante precisão, o potenciômetro RV3 deve do tipo "multivolts" como o da figura 15A ao lado.

Na seção azul é representado o gerador de função de 1kHz utilizado para a medição de transcondutância.

O trimpot RV1 deve ser ajustado (com auxílio de um osciloscópio) para que a onda assuma a forma senoidal. Isso confere precisão no ajuste da tensão RMS gerada.

No caso de não haver um osciloscópio à disposição, é conveniente ajustar o valor da resistência entre o terminal ligado ao Emissor do transistor TR6 e o terminal terra em 85Ω.

O trimpot RV2 é a calibragem da tensão AC injetada na grade e seu ajuste é proporcional à precisão da medida de transcondutância.

Esse ajuste deve ser feito com um multímetro de boa qualidade em modo True RMS.

Se o valor em relação massa do circuito (terra) for medido na saída da perna central do trimpot, o valor transferido à grade (através do resistor C7) será um pouco menor que a tensão realmente transmitida à grade de controle.

Se a medida for tomada após o resistor C7 é possível que a fonte tensão de polarização da grade provoque interferência na medição, dependendo do equipamento utilizado.

Se isso ocorrer, o ajuste (em 100mV RMS) pode ser feito com o capacitor C7 ainda desconectado da fonte de polarização G1.

Nesse procedimento, lembre-se que essa fonte tensão de bias também dá choque.



3.4.6 – Medição e Testes

Atendidos os requisitos de alimentação dos elementos das válvulas, passamos a proceder aos testes.

A chave para a compreensão dos testes está na disposição dos terminais do seletor denominado FUNCTION, uma chave de 4 posições e 3 pólos (A, B e C).

3.4.6.1. Filament Continuity.

Observando atentamente o seletor FUNCTION ajustado na primeira posição, o polo A (pino 1) aterra a extremidade do relê RL2, acionando-o.

Nessa posição a corrente elétrica proveniente da fonte (U) de -45V flui através do Led 4 (e resistor R28, limitador de corrente) e é conectado (pelo chaveamento do relê) a um dos terminais de saída para a alimentação do filamento das válvulas.

Outro pólo do mesmo relê acionado, conecta a outra extremidade do filamento à massa do circuito (terra).

Se houver uma válvula com filamento íntegro o circuito se completará e o Led 4 verde indicador de continuidade acenderá.

Observe que, nessa posição os outros 2 polos do mesmo seletor mantêm as saídas ligadas ao anodo e grade screen da válvula sem conexão.

O relê R1, não está acionado nesse modo, cortando o fornecimento de alta tensão que alimentaria o anodo e a Grade Screen.

3.4.6.2. Filament insulation.

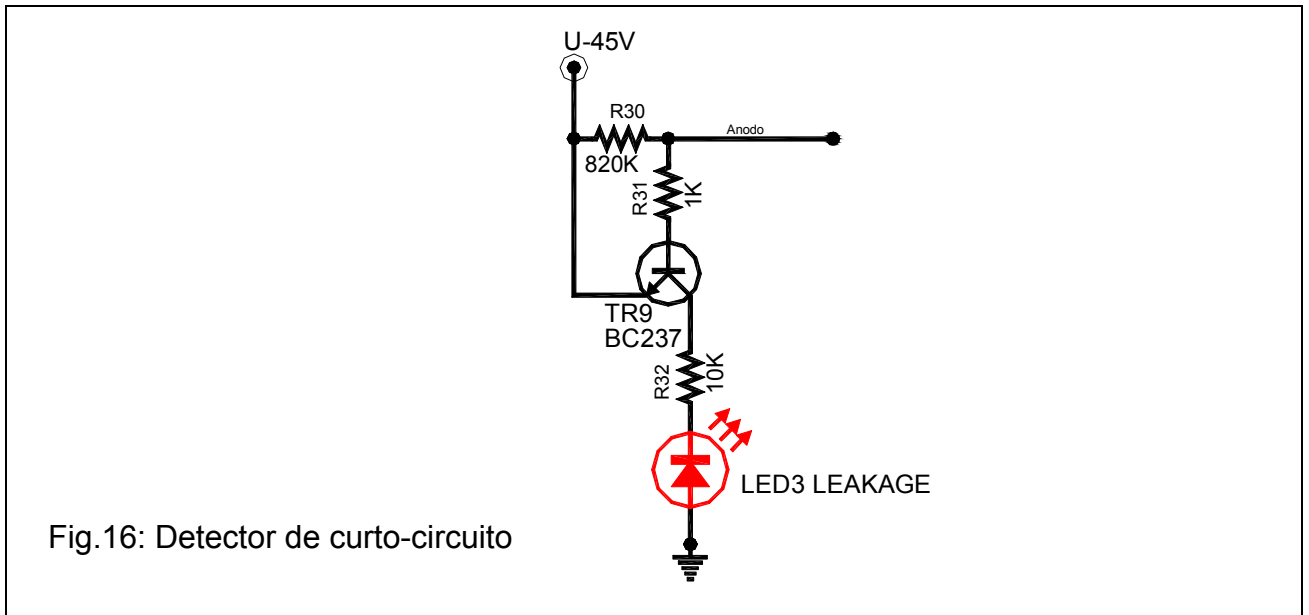
Na segunda posição, denominada Leakage 1, o pólo A desliga o relê RL2, fazendo com que a corrente elétrica proveniente da fonte (U) de -45V flua através do LED 2 (e resistor R28, limitador de correntes) seja conectado (pelo chaveamento do relê) a um dos terminais de saída para a alimentação do filamento das válvulas.

Como não há aterramento o circuito não se completa, exceto se houver contato entre o filamento e a derivação do cátodo da válvula (que sempre estará aterrado). Nesse caso a o LED vermelho ascenderá indicando esse tipo específico de curto-circuito.

3.4.6.3. Leakage 1.

Ainda na segunda posição, denominada Leakage 1, o Polo B conecta a saída que vai para a grade screen da válvula com a massa do circuito (ou serra, aterra a grade g2).

Já o polo C conecta o a saída ligada ao anodo da válvula ao detector curto circuito conforme indicado o diagrama abaixo.

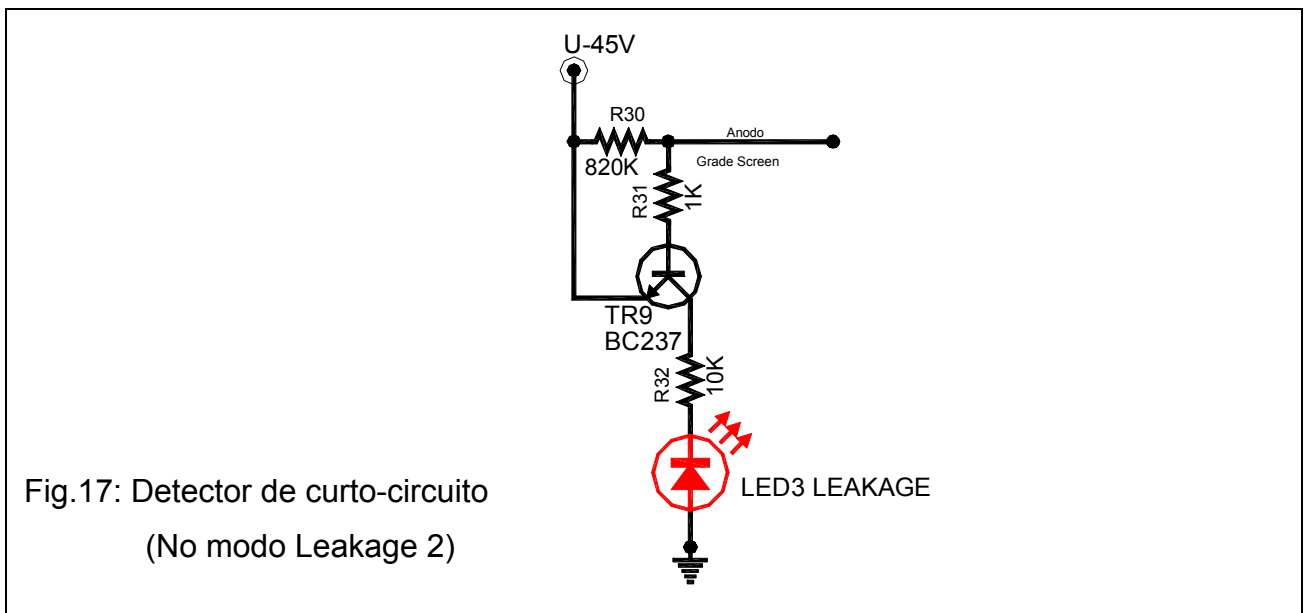


Em condições normais, a tensão da base do transistor TR9 é negativa em relação ao coletor, mantendo inativo o fluxo de corrente e o LED não acenderá.

Entretanto, se houver curto-circuito entre o anodo e a grade screen (a qual está aterrada), a polarização da base do transistor passará a ser positiva em relação ao coletor, iniciando o fluxo no sentido do resistor R32 e o LED 3, o qual acenderá indicando o este outro tipo de curto-circuito.

3.4.6.4. Leakage 2.

Nessa posição, os Polos B e C conectam as saídas que seguem para a grade screen e anodo da válvula ao detector curto circuito conforme indicado o diagrama a seguir.



Em condições normais, a tensão da base do transistor TR9 é negativa em relação ao coletor, mantendo inativo o fluxo de corrente e o LED não acenderá.

Entretanto, se houver curto-circuito entre o anodo ou a grade screen e o cátodo (o qual estará sempre aterrado), a polarização da base do transistor passará a ser positiva em relação ao coletor,

iniciando o fluxo no sentido do resistor R32 e o LED 3, o qual acenderá indicando o este tipo de curto-circuito.

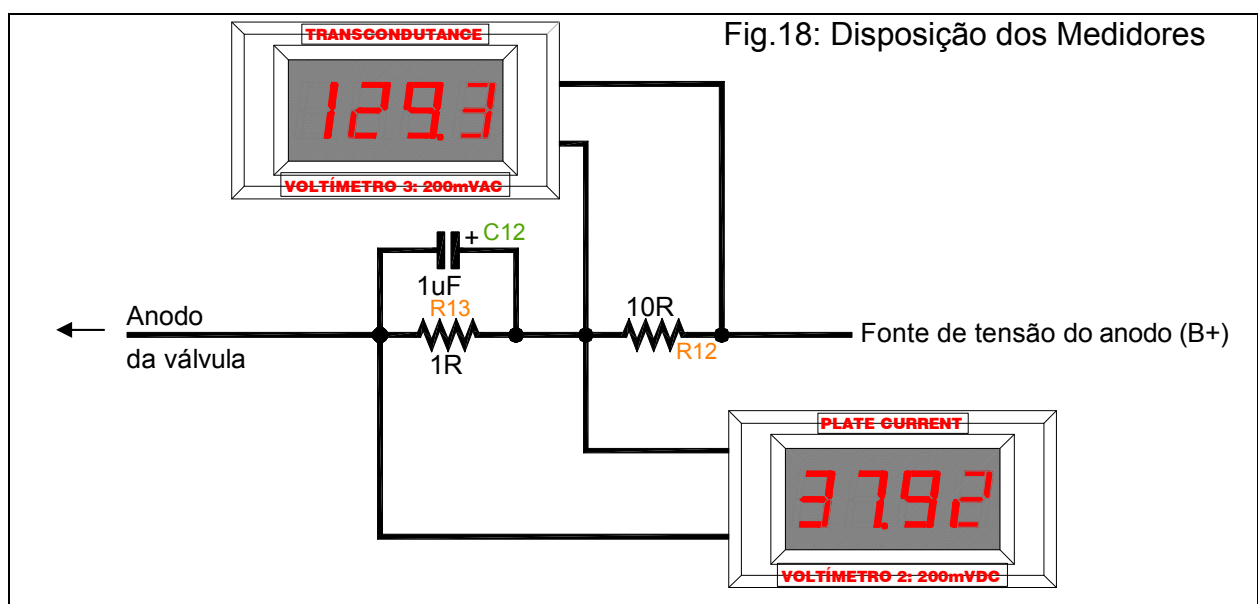
3.4.6.5. Test (medidas de EMISSÃO e TRANSCONDUTÂNCIA).

Nesse modo, de operação, o Polo A da chave SW6 (FUNCTION) aterrará a bobina do relê RL1 acionando-o, pois a outra extremidade está ligada à fonte de tensão.

Isso ativará as fontes de alimentação de alta tensão do anodo e grade screen, cujo circuito foi descrito anteriormente.

Os pólos B e C ligarão essas fontes de alimentação às respectivas saídas na ligação com a válvula.

No caminho entre a fonte de alimentação do anodo e a saída que a liga ao anodo da válvula existem dois resistores em série: R12 e R13 mostrados no esquema abaixo.



O resistor R13 está ligado em paralelo com um voltmímetro DC que medirá a queda de **tensão DC** através do mesmo.

Como o valor desse resistor é de 1Ω , cada volt representa (por consequência da lei de ohm) um fluxo de 1A, pois $i=V\div R$; sendo $R=1\Omega$, logo: $i=V\div 1$; $V=i$.

Esse voltmímetro mede corrente em escala de 200mA, indicando a corrente que flui entre a placa e o cátodo em mA.

O mesmo resistor (R13) é também ligado em paralelo com o capacitor C12 para evitar eventual interferência de sinal AC na medição.

O outro resistor (R12) é ligado em paralelo com outro voltmímetro que mede **tensão AC**.

Como foi visto anteriormente, o circuito oscilador injeta uma função senoidal de 100mV RMS na grade de controle, o qual produz uma variação de corrente dissipada pelo anodo.

Como o valor desse resistor R12 é de 10Ω cada volt de queda de tensão medido através deste equivale a um décimo de ampere, pois

$$i=V\div R; \text{ sendo } R=10 \text{ e } V=1v: i=1\div 10$$

Contudo, esse décimo de ampere não se refere ao efeito da variação de um volt na grade e sim de um décimo de volt porque a variação de tensão aplicada à grade foi de 0,1V (100mV rms).

Assim, cada volt medido se refere diretamente à medida de 1A/V de transcondutância.

Como a escala do voltímetro é de 200mV AC, a medida indicará a transcondutância em mA/V.

Em algumas versões de testadores parecidos, aparece com um diodo 1N4148 em paralelo com o resistor R12, para proteger o voltímetro em caso de sobrecarga.

O diodo em paralelo com o conjunto (voltímetro e resistor de 10 Ω) funciona como um by pass. Esse "curto-circuito" funcionaria somente em caso a queda de tensão no conjunto (resistor e voltímetro) ultrapasse um determinado valor (a partir do qual o diodo começa a conduzir). Como esse valor é teoricamente inferior à queda tensão do conjunto, o diodo D2 não conduz, servindo apenas de proteção.

Algumas pessoas que montaram o "Sussex" relataram interferência desse dispositivo de proteção na precisão da medida de transcondutância, por isso não foi usado nesse projeto.

Esse dispositivo de proteção pode ser utilizado instalando "off-board" o diodo em paralelo com o voltímetro.

Nesse caso, para evitar alterações na leitura, dois diodos em 1N4148 série, dobrando a tensão de "gatilho".

3.4.6.6. Gas Test.

Observando o esquema inteiro, podemos observar que, diferentemente no que foi mostrado na fig. 18, a ligação do voltímetro responsável por medir a corrente de emissão está ligado ao resistor R13 por meio de um relê RL3.

Quando esse relê está desligado, a ligação normal é equivalente ao esquema mostrado no desenho do item anterior, medindo-se a queda de tensão no resistor R13.

Ao pressionar o push-button SW7, é aterrada uma das extremidades da bobina do relê RL3, acionando-o, já que a extremidade oposta está ligada à fonte de tensão.

Com isso, a medida feita pelo voltímetro passa a ser a queda de tensão DC no através do resistor R33, o qual liga a fonte de tensão de bias à grade da válvula.

Como o resistor possui valor de 1000 Ω , cada volt medido equivale a um milésimo de ampere.

Como a escala desse voltímetro é de 200mA, a medida indicada será a corrente de micro amperes.

Tal qual explanado anteriormente, a grade de polarização G1 não emite nem recebe elétrons, logo é de se esperar que a corrente medida seja nula.

Entretanto, se houver resíduo de gases dentro do tubo, a grade pode conduzir uma corrente muito pequena.

Portanto, se a medida indicada for diferente de zero (mesmo que apenas 0.1 μ A) já indica uma evidência de resíduo de gás na válvula.

3.4.6.7. Noise Test.

Para investigar se há geração espontânea de ruído na válvula testada, o sinal de saída é acoplado por meio do capacitor C14 a uma saída de fone ouvido permitindo escutar o eventual ruído produzido.

Para isso, é necessário antes desligar o oscilador na chave "OSCILLATOR OFF" a qual cancela a função de 100mV gerada para a medição de transcondutância.

Uma vez desligado o oscilador, qualquer valor medido no indicador de transcondutância também indicará evidência de ruído.

4 - Construção do testador

4.1 - Chassis

As dimensões do aparelho variam com as opções de montagem adotadas na construção.

No protótipo montado, em um box de 33,5cm×33,5cm×8cm feito com chapa dobrada de alumínio de 1,5mm de espessura.

Essa espessura é a mais recomendada para uma montagem doméstica, pois permite que a chapa seja dobrada manualmente, sem o auxílio de equipamento especial e é suficientemente robusta para suportar o peso do transformador.

O tamanho do aparelho pode ser reduzido, contudo é importante manter uma distância mínima entre o transformador de força e os componentes envolvidos na medição de transcondutância.

4.2 - Painel

O painel utilizado no protótipo é constituído por duas placas, uma para a tomada de força e elementos auxiliares e outra para o painel operacional do aparelho.

As medidas dos painéis e gabarito de furação do modelo sugerido são trazidas em anexo a esse relatório.

4.3 - Layout

O layout usado para a montagem no protótipo é baseado em quatro placas de circuito impresso que comporta a grande maioria dos componentes.

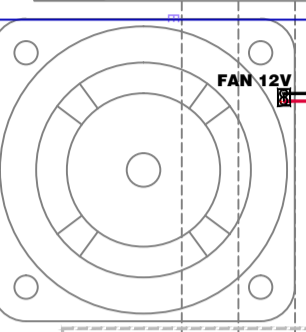
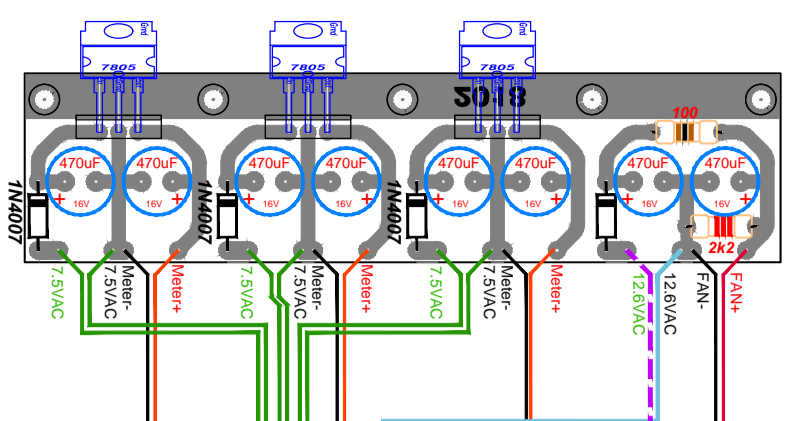
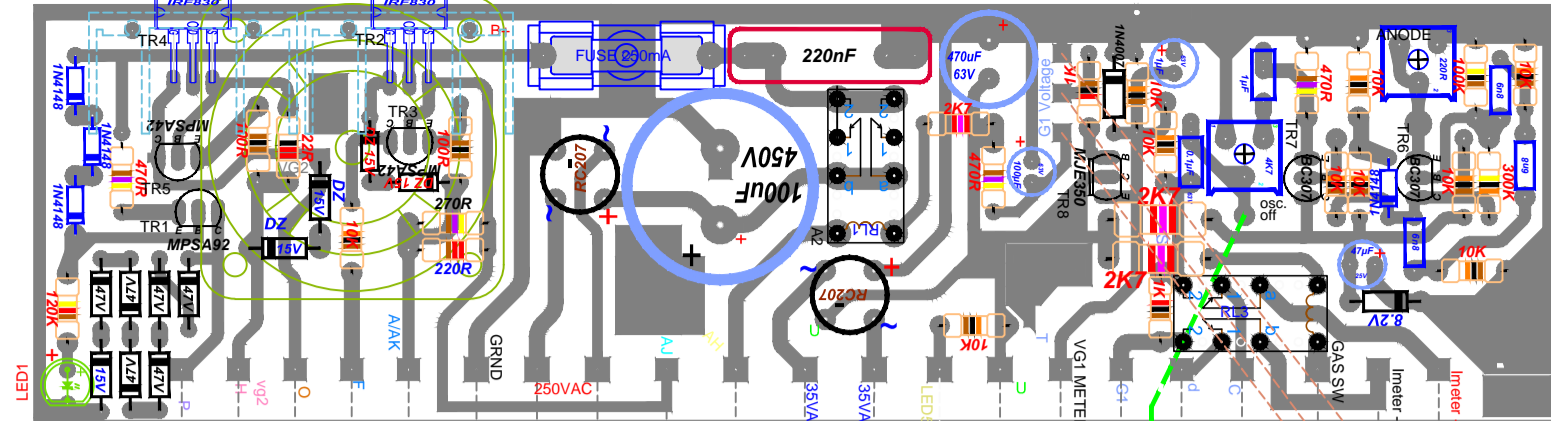
Isso facilita a montagem, além de evitar erros.

No desenho a seguir, é mostrado a disposição geral de todos os componentes e placas, sob o ângulo de visão da face inferior do chassi.

Apenas a placa fixada verticalmente aparece rebatida na parte superior do desenho, com a projeção (em linha tracejada) das conexões com a placa de chaves rotativas.

Considerando a possibilidade de usar a entrada com 2 ou mais opções, foram feitos dois desenhos.

O primeiro desenho mostra o Layout usado no protótipo e o segundo com apenas 2 opções de entrada para 127V e 220V, selecionados com chave HH convencional.



TRANSCONDUCTANCE (mA/V)

PLATE CURRENT (mA)

G1 VOLTS

BIAS ADJ
G1 VOLTS

FUSE
0,75A@220V
1,50A@110V

DIODE TEST

GAS TEST

PHONE

OSC.OFF

LEAK

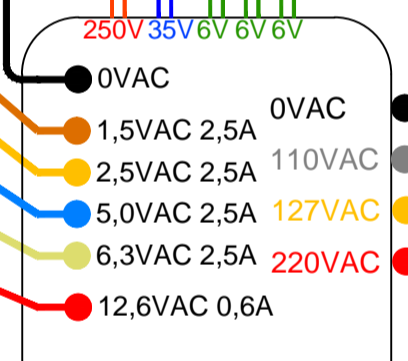
HT INS

JC3 HEATER

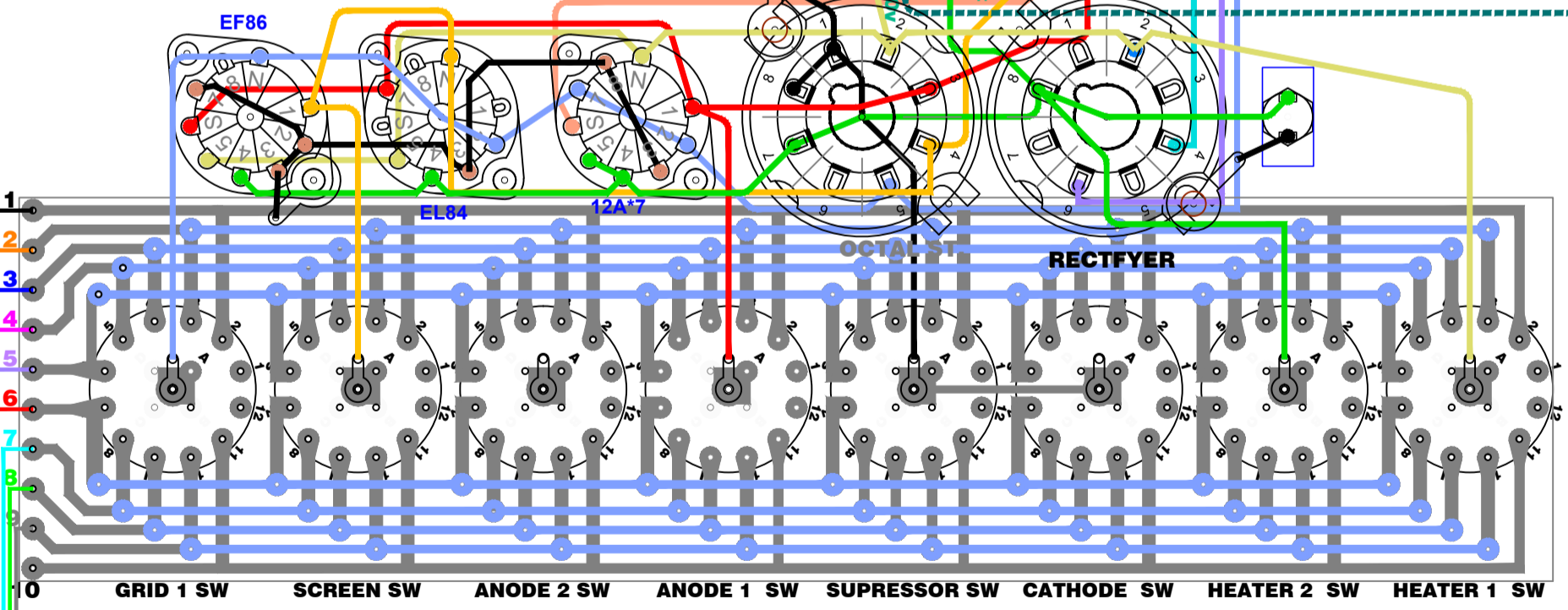
CONT.

SCREEN VOLTAGE SW

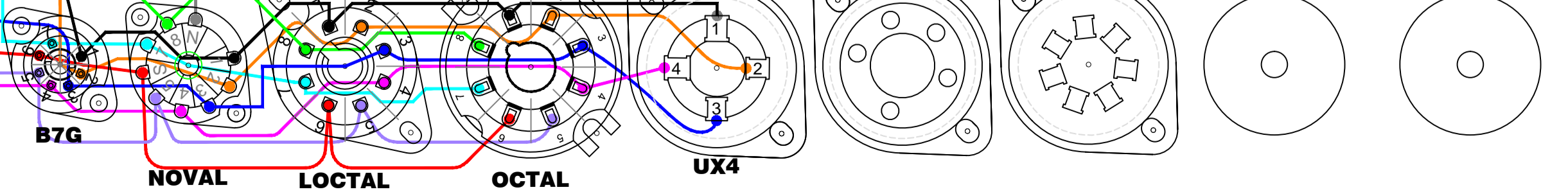
PLATE VOLTAGE SW

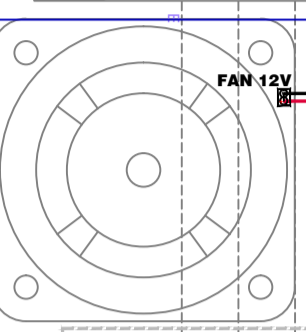
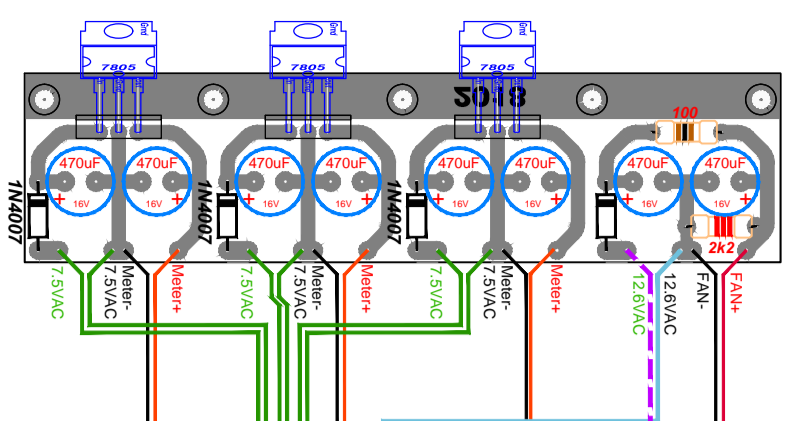
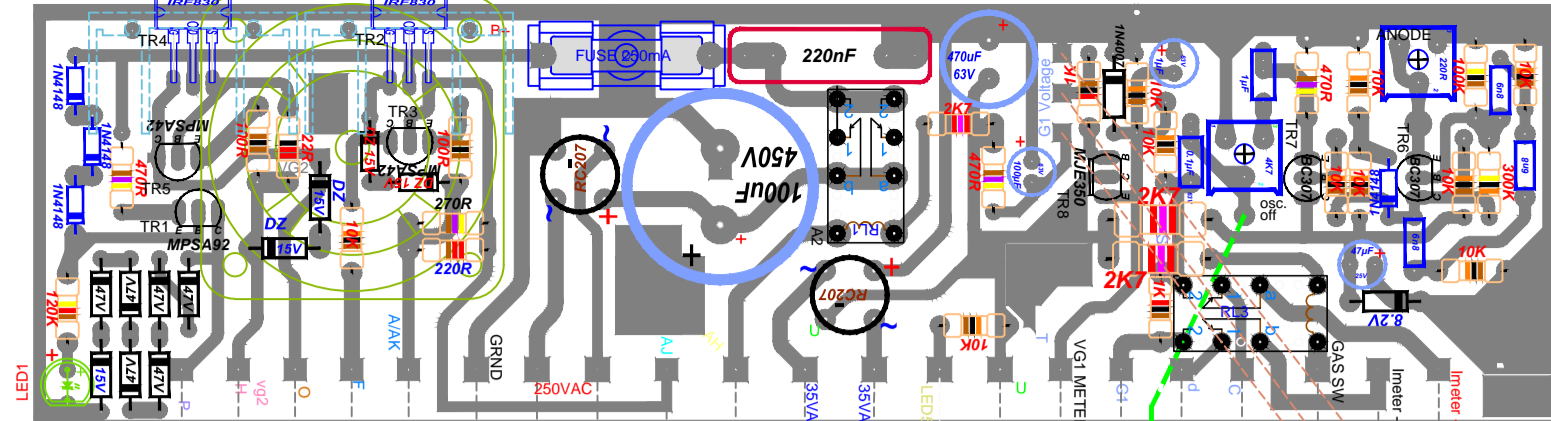


SERGIO TRINDADE



GRID 1 SW SCREEN SW ANODE 2 SW ANODE 1 SW SUPPRESSOR SW CATHODE SW HEATER 2 SW HEATER 1 SW



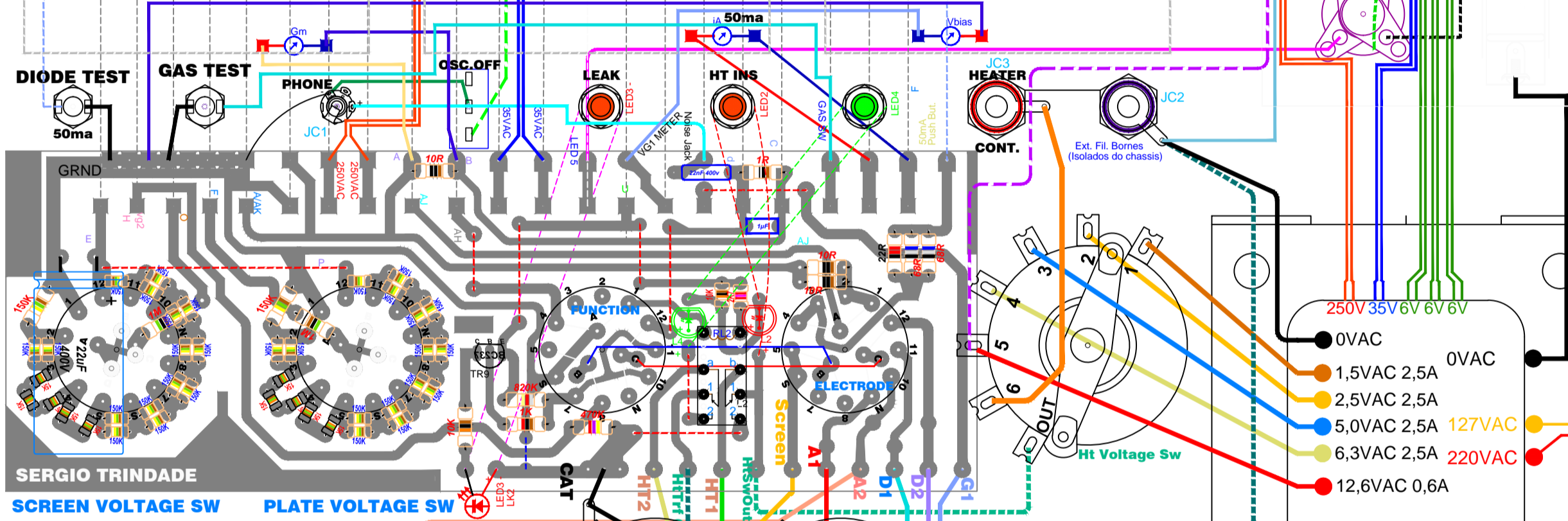


TRANSCONDUCTANCE (mA/V)

PLATE CURRENT (mA)

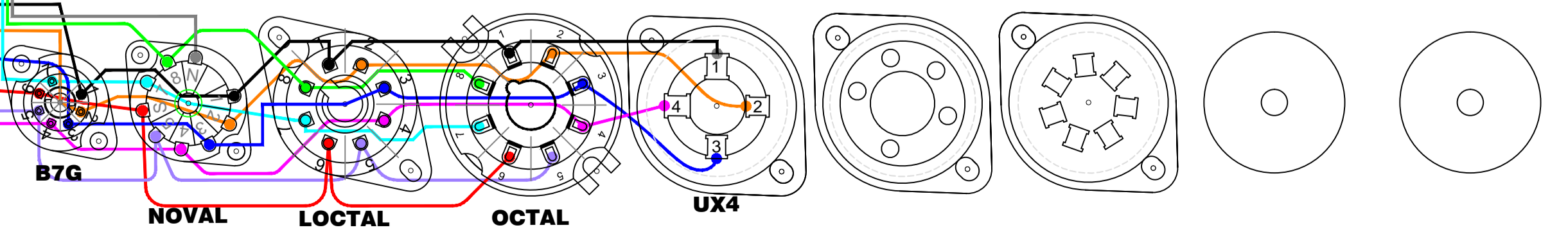
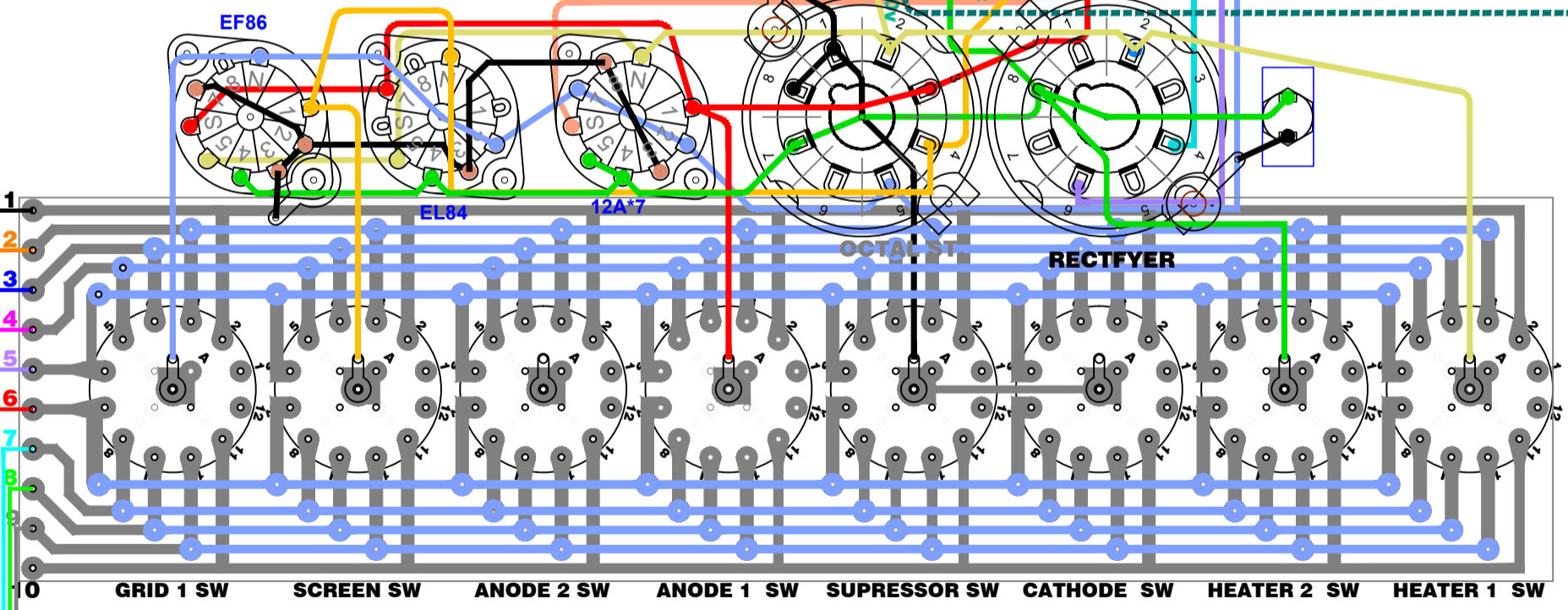
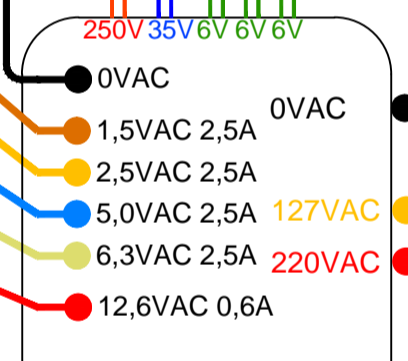
G1 VOLTS

BIAS ADJ
G1 VOLTS



SCREEN VOLTAGE SW

PLATE VOLTAGE SW



As duas Placas principais são interligadas por pinos de conexão.

A mainboard é fixada nas chaves rotativas de controle, com exceção da chave de alta corrente utilizada para a seleção tensão de alimentação dos filamentos.

A face cobreada dessa placa é posicionada para cima, de maneira a permitir a soldagem posterior dos elementos off board a ela conectados.

Atenção especial deve ser dada ao transistor TR9 cuja posição é vista de cabeça para baixo no desenho esquemático do layout.

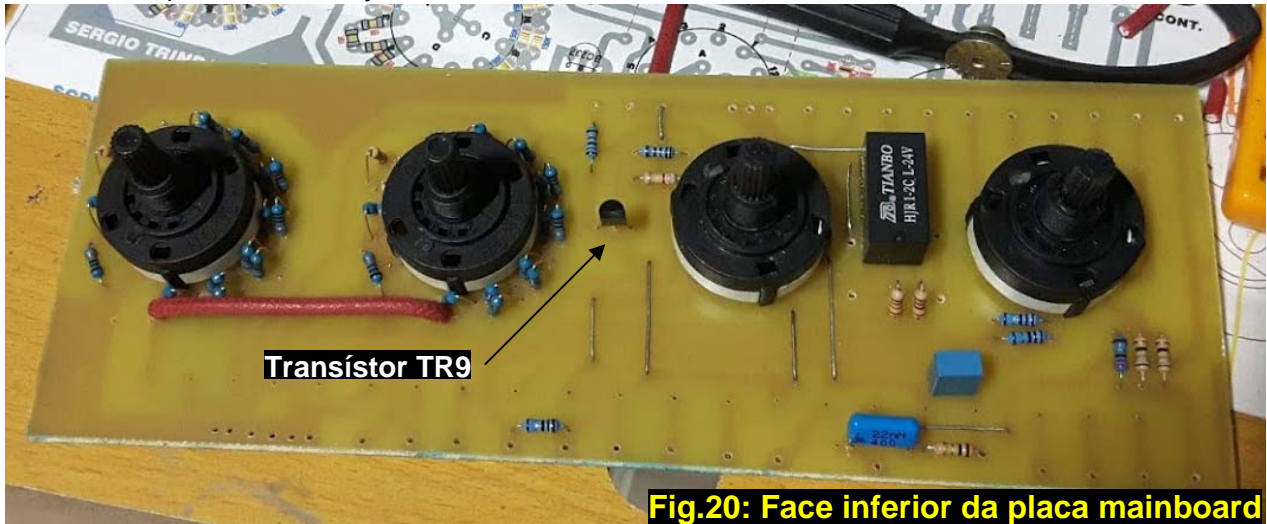


Fig.20: Face inferior da placa mainboard

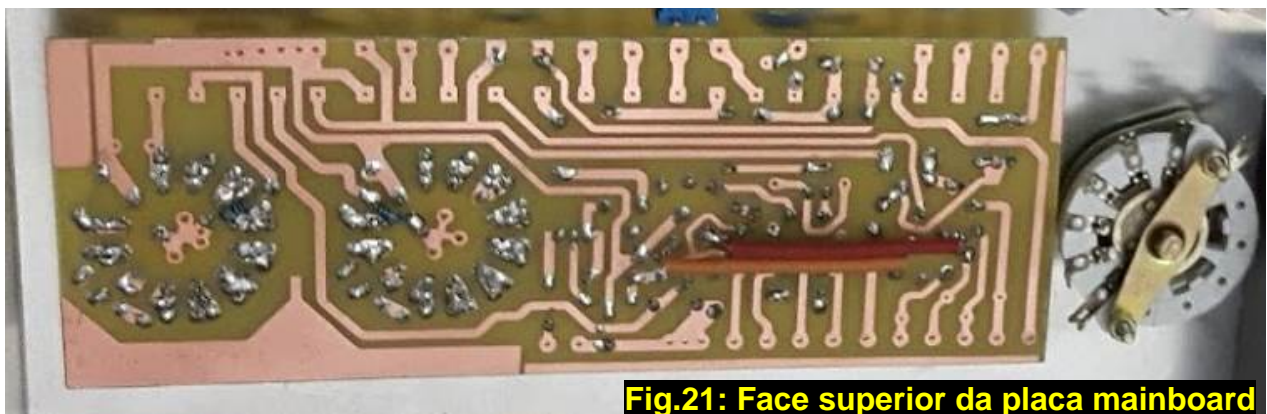


Fig.21: Face superior da placa mainboard

Essa placa comporta, além dos seletores, o Relê RL2 e componentes relacionados, o detector de curto circuito e os divisores de tensão necessários para a fonte de alta tensão.

Nela também é fixada a segunda placa principal (daughter board) na qual se situam as duas fontes de tensão DC, os reguladores de tensão e o oscilador.

No corpo dos CIs reguladores de alta tensão (MOSFETs) foram instalados dissipadores de calor e um pequeno fan alimentado pela tensão de 12,6V disponível para os filamentos.

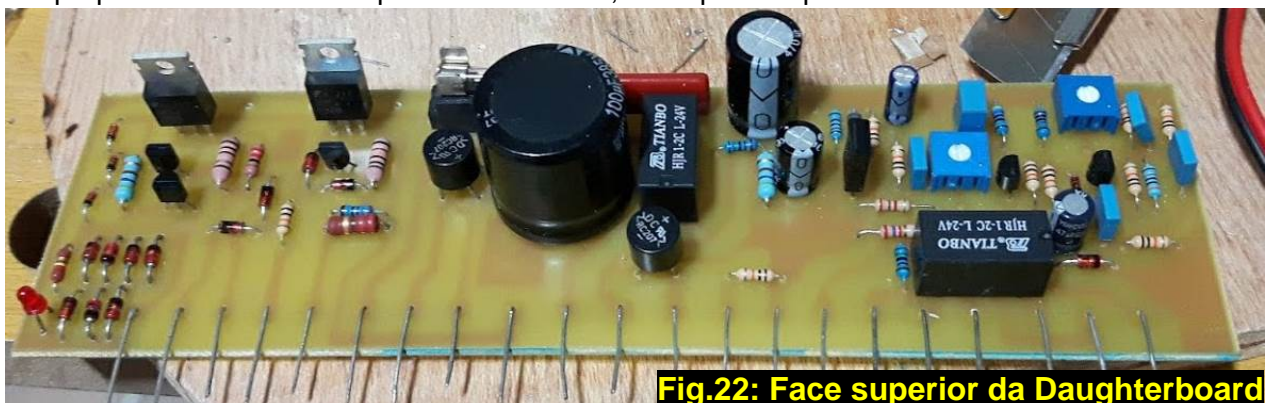


Fig.22: Face superior da Daughterboard



Note-se que, à esquerda, há um capacitor instalado na mainboard que não aparece nas primeiras fotos. Este componente é instalado na horizontal e pode ser fixado ao fan com cola quente de silicone (no ponto indicado) evitando vibração excessiva do ventilador.

Também é importante verificar se o vento produzido pelo fan está realmente direcionado para o dissipador de calor do FET.

No caso da fotografia, o sentido não estava correto e a posição do fan teve que ser posteriormente invertida

Atenção. Na placa Daughterboard estão localizadas as fontes de alimentação de 300V e 45V, inclusive os capacitores de filtro que acumulam carga mesmo quando o aparelho está desligado. Como esta placa está posicionada na posição vertical, é muito fácil tomar choque elétrico durante os procedimentos finais de montagem, testes e calibração do aparelho. Essa experiência eletrizante foi experimentada diversas vezes na construção desse protótipo.

Para as fontes independentes que alimentam os voltímetros, foi feita uma pequena placa adicional onde foi instalada ainda a fonte de 12VDC que alimenta o fan.



A quarta placa, opcional, abriga o seletor de numeração pinos dos eletrodos das válvulas principais, que permite testar praticamente qualquer tipo de válvula, contanto que haja soquete compatível instalado.

Essa placa é de dupla face cobreada e abriga apenas as chaves rotativas e jumpers de ligação entre pontos situados em faces opostas.



Fig.25: Face inferior da placa dos seletores de pinagem



Fig.26: Face superior da placa dos seletores de pinagem

Os modelos para impressão do fotolito das placas utilizadas são apresentados no final desse relatório.

Observe-se que, em todas as placas existe algum texto escrito. Esses textos servem para indicar a face correta de confecção da PCI. O texto deve estar legível na face cobreada, nunca deve estar espelhado.

4.3.3 – Documentação fotográfica adicional

Outros detalhes sobre a construção do aparelho podem ser observados no relatório fotográfico da montagem, disponível na URL abaixo, para dirimir eventuais dúvidas.

https://photos.google.com/share/AF1QipPjUdP8WmkvRjIPhh0_oK7TZeUyYfLYrCtnxjFJPBFpiF64SC7Lk76-SjTkMUvaoQ?key=SVRnZ1EtM01oa3BGRnZHUndqWlhKRTQ4OEq0TmZB&hl=pt-BR

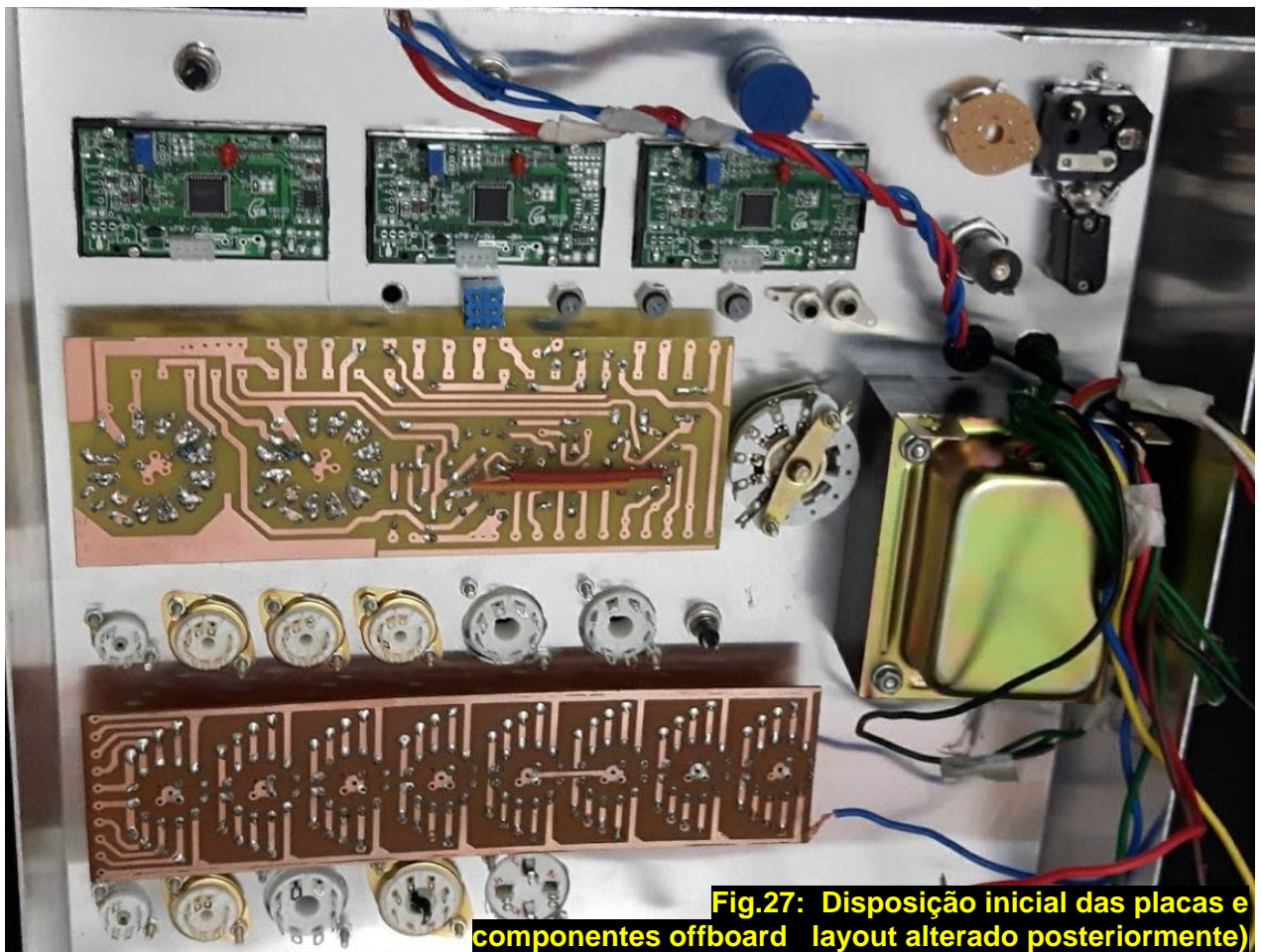


Fig.27: Disposição inicial das placas e componentes offboard layout alterado posteriormente)



Fig.28: Disposição após a ligação das placas principais com elementos offboard)

5 - Modo de operação.

Para melhor compreensão do modo de utilização do aparelho, é mostrado a seguir duas seqüências de testes com válvulas de características diversas.

5.1 - Exemplo de Teste de um tríodo duplo modelo 12AX7 (ECC83)

a) Parâmetros de teste

Para todo tipo de válvula testada, o primeiro procedimento consiste em baixar na WEB o Data Sheet específico do modelo específico que se pretende verificar.

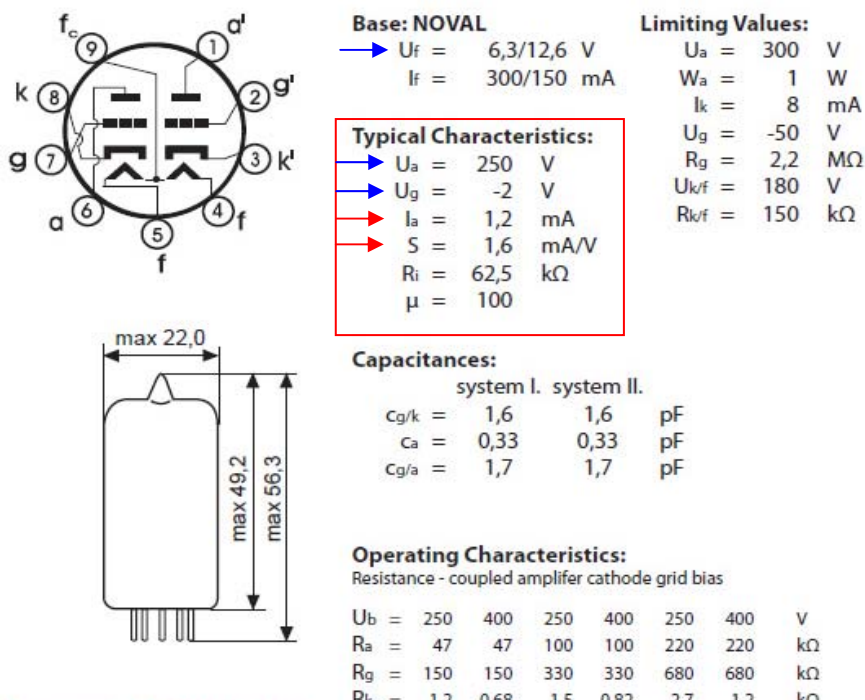
A válvula 12AX7 foi escolhida como exemplo porque, dentre as válvulas mais utilizadas, essa é a mais complicada de se testar com precisão, pois a corrente de emissão tomada como referência (1,20mA) é muito baixa, mesmo se comparada às de suas primas 12AT7 (10,00mA) ou 12AU7 (10,50mA).

O Data Sheet da 12AX7 já foi anteriormente é reproduzido mais uma vez abaixo, destacando-se os parâmetros especificados no item "Typical Characteristics", além da tensão do filamento:

ECC83S

12AX7, 7025

Fig.29: Data Sheet da válvula 12AX7



b) Com o aparelho desligado

Antes de ligar, é necessário ajustar o seletor "FUNCTION" no modo "FIL."

Nessa opção, ou mesmo no modo "leakage", não há como danificar a válvula mesmo que os ajustes de bias, tensão do filamento, tensão da placa, tensão da grade screen estejam equivocados.



Fig.30: Posição do controle "FUNCTION" inicial selecionada antes de ligar o aparelho

c) Ajustes

Na primeira fotografia abaixo, a válvula foi colocada no soquete específico (válvula noval 12A*7/ECC8*) disponível no painel "Main Tube Base".



Fig.31: Parâmetros iniciais para teste para uma válvula 12AX7

No caso desse modelo de válvula dupla, há dois valores de tensão para os filamentos, já que podem ser ligados em série ou em paralelo. Por isso, há indicação no painel da tensão de 6.3V a ser selecionada porque os dois filamentos foram ligados em paralelo na base de soquetes Main Tube Base.

Se o teste fosse feito na base inferior de soquetes, e os números dos pinos selecionados para o filamentos fossem os n°s 4 e 5, A tensão de filamentos a ser selecionada veria ser de 12,6V porque os filamentos estariam ligados em série.

Os demais parâmetros acima selecionados foram dos campos indicados pelas setas azuis no data sheet. Os valores esperados no teste de desempenho foram indicados nas setas vermelhas.

Ao ligar o aparelho os medidores ascendem marcando a tensão de bias e os demais indicarão o valor "00.0".

Como se trata de válvula de áudio, o seletor **Electrode** é inicialmente ajustado para A1 (teste do anodo da seção 1).

O oscilador deve ser mantido ligado.

5.1.1 – Testes

5.1.1.1. - Filamento,

Na fotografia acima, ainda na função "Fil", podemos observar o LED verde "Filament Continuity" aceso indicando que o filamento não está "queimado".

O seletor "Screen Voltage" está na mesma tensão do anodo, o que não faz diferença porque a válvula testada é um tríodo (não possui grade screen).

5.1.1.2. - Curto-Circuito Leakage 1:

Na fotografia seguinte, o botão "FUNCTION" foi ajustado um passo à frente, no teste Leakage 1. Nenhum dos LEDs vermelhos acendeu, indicando que não há curto entre o filamento e cátodo (ou entre o anodo e a grade screen se houvesse essa grade).

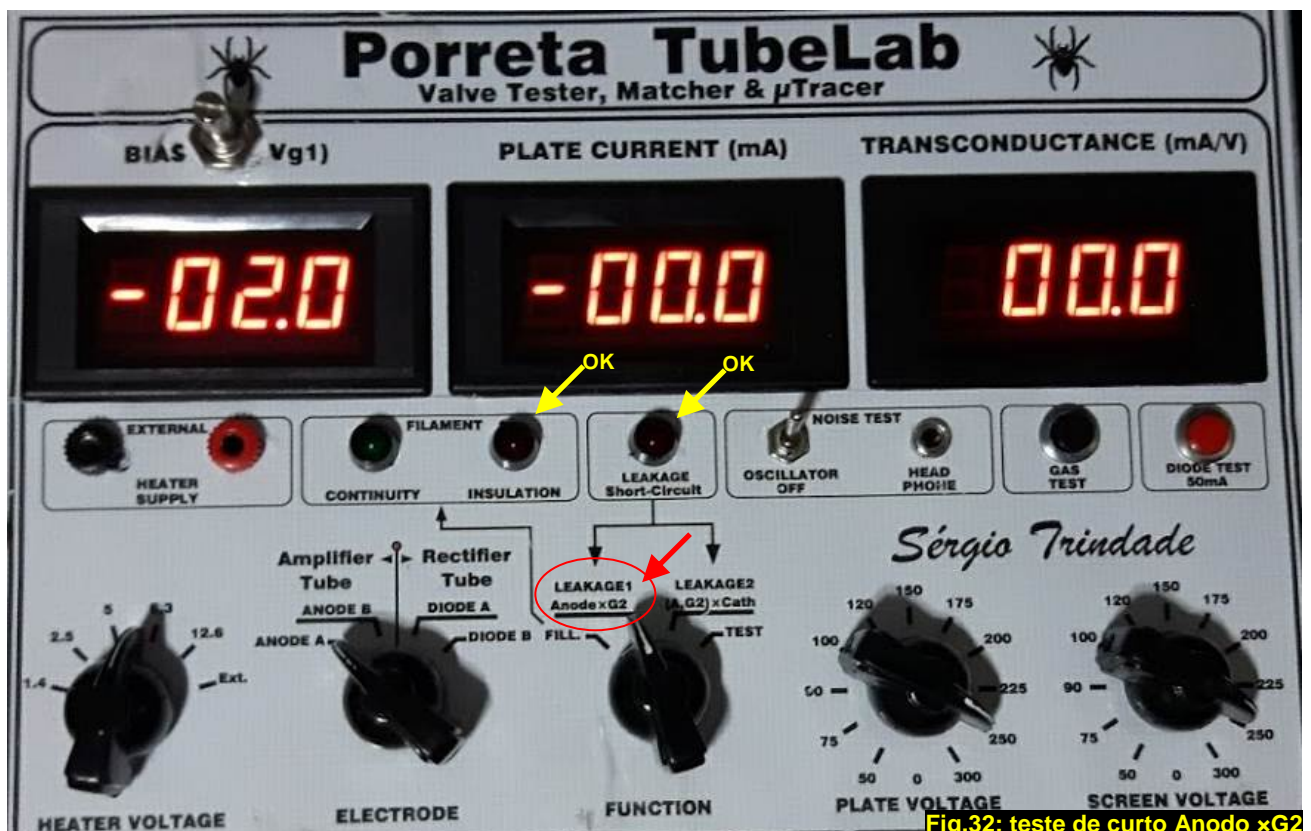


Fig.32: teste de curto Anodo xG2

5.1.1.3. - Curto-Circuito Leakage 2:

Seguindo mais um passo no seletor FUNCTION, a opção Leakage 2 verifica curto entre Anodo/G2 em relação ao cátodo. Nesse caso, não acendeu o LED vermelho de curto-circuito, o teste foi satisfatório.

Atenção: Se houver curto, não faça ao teste de desempenho (emissão e transcondutância).

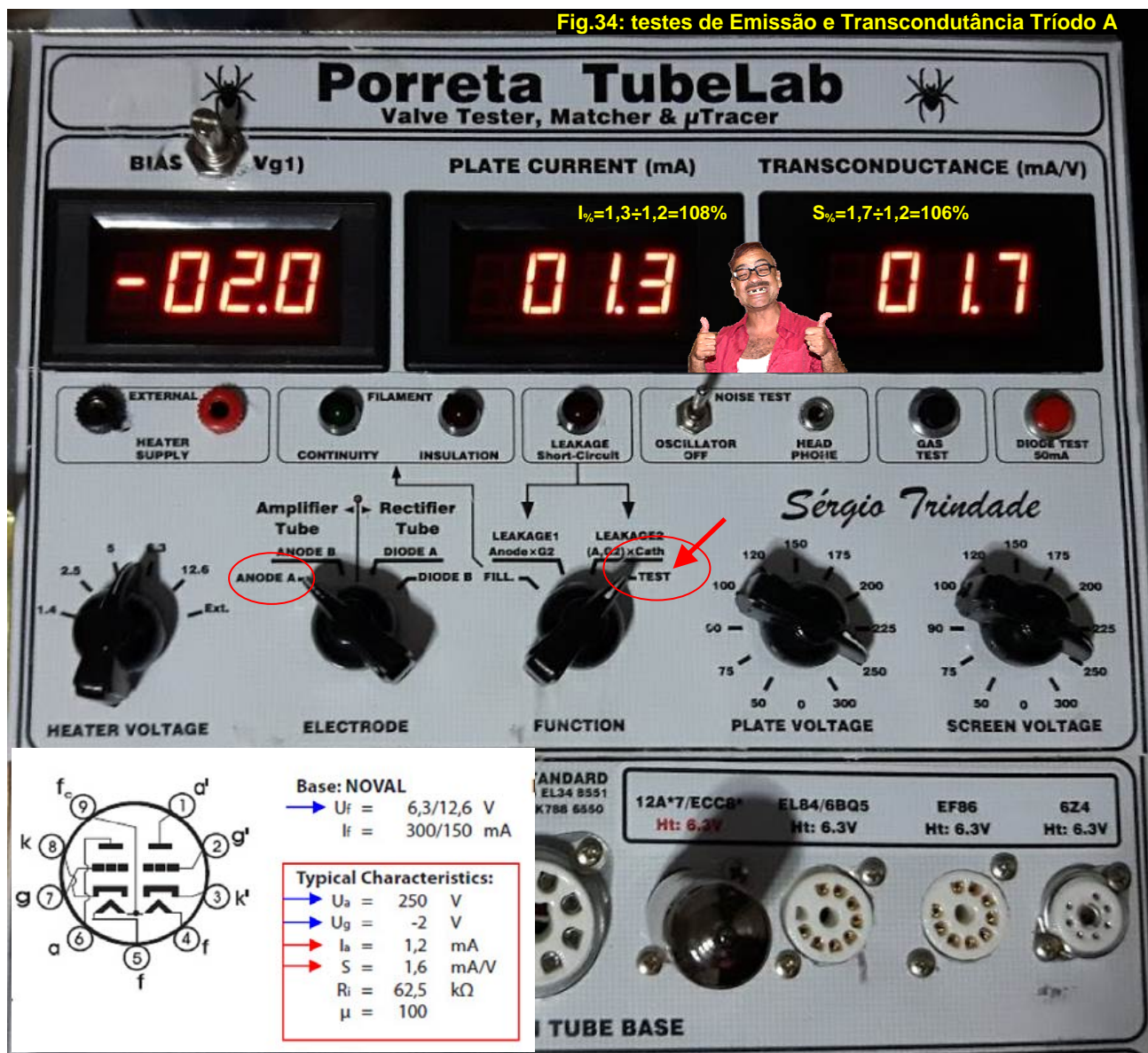


5.1.1.4. - Teste de desempenho (emissão e transcondutância):

Seção de triodo A:

Tendo certeza não há curto-circuito e que os parâmetros de tensão de bias e anodo foram corretamente ajustados, avançamos mais um passo para a função **TEST**.

A tensão da placa será acionada e os marcadores de emissão e transcondutância vão começar a indicar valores crescentes, que se estabilizarão em alguns segundos, assim que a válvula esquentar o suficiente:



Nesse caso, a leitura de emissão, foi de 1,3mA, portanto superior ao especificado no data sheet (1.2mA).

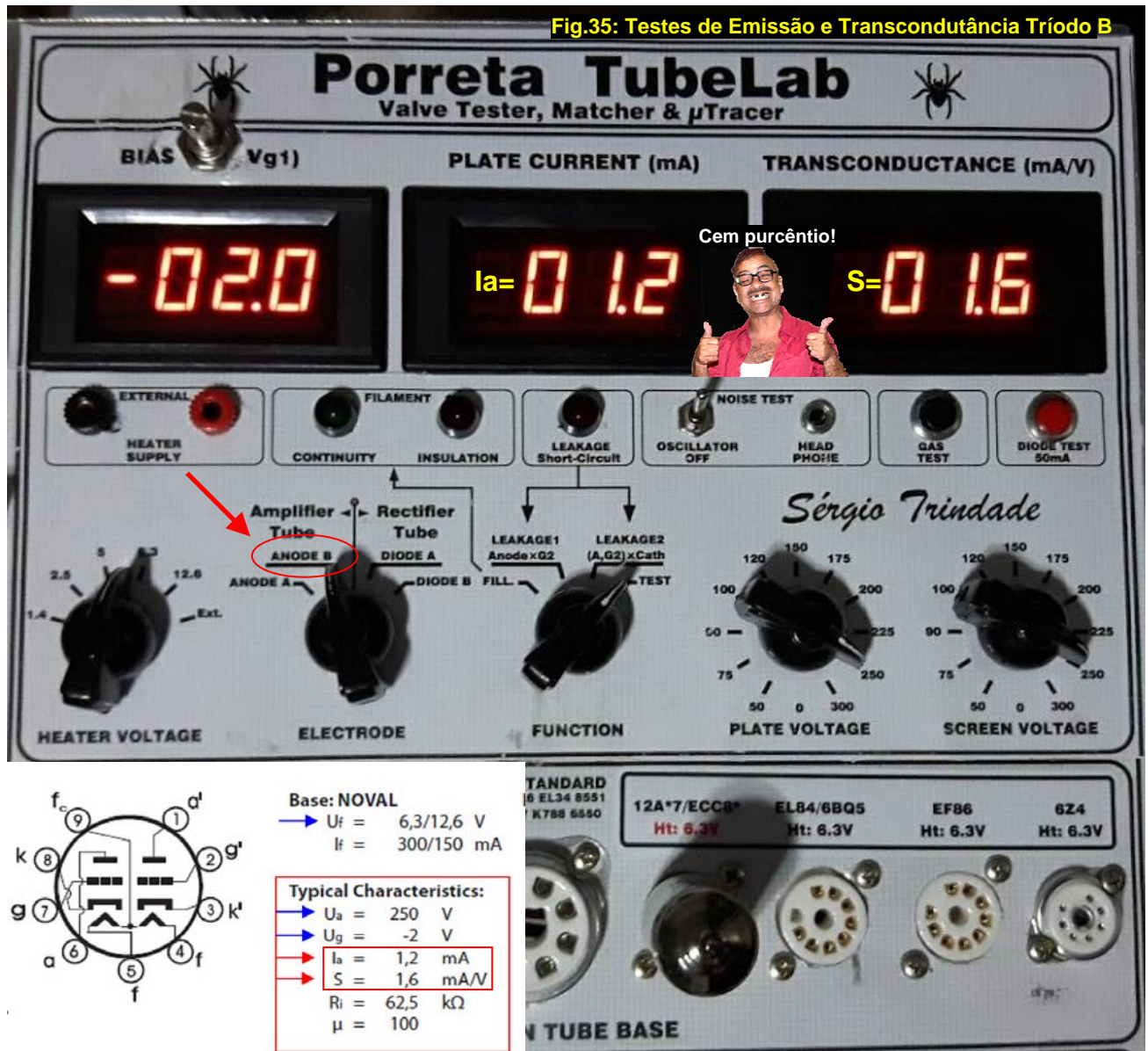
O nível de emissão desse triodo, calculado acima pela fórmula do seu Creysson, foi de $1,3 \div 1,2 = 1,08$, ou seja **108%**.

A transcondutância de 1,7mA/V também é superior à especificação de 1.6 do data sheet.

O nível percentual desse parâmetro pode ser calculado em $1,7 \div 1,6 = 1,06 = 106\%$

Seção de tríodo B:

Tratando-se de uma válvula dupla devemos ainda testar a segunda seção, alternando o seletor ELECTRODE para o modo A2 (anodo nº2), conforme a fotografia a seguir:



Nesse caso as leituras de 1.2mA de emissão e 1.6 de transcondutância, são idênticos aos informados no Data Sheet, indicando o nível de 100% para ambos os parâmetros.

5.1.1.5. - Teste de Gás.

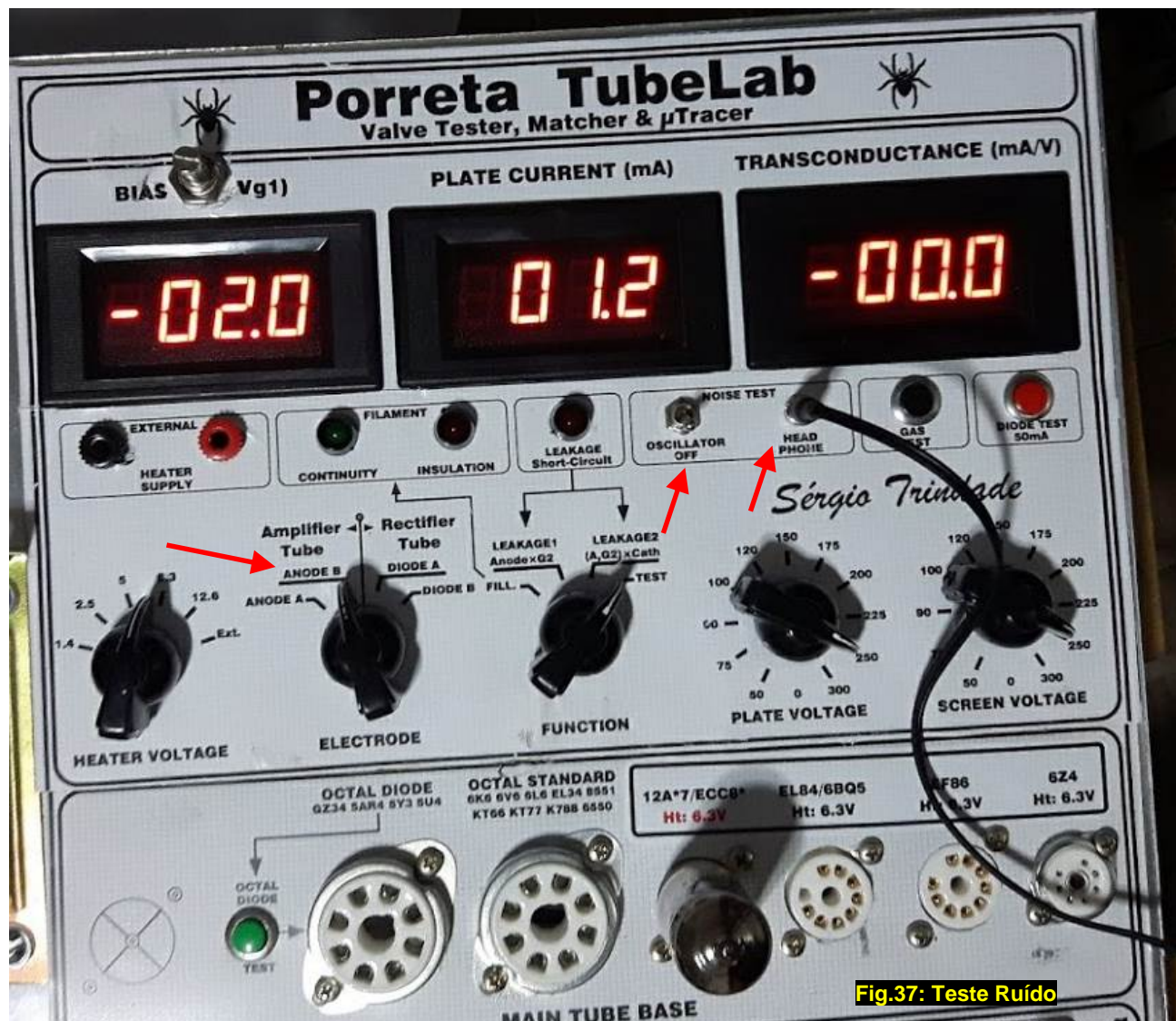
Pressionando o botão "Gas Test", a corrente medida no painel central passou a marcar 0.00, não indicando qualquer evidência de resíduo de gás no tubo.



5.1.1.6. - Teste de ruído:

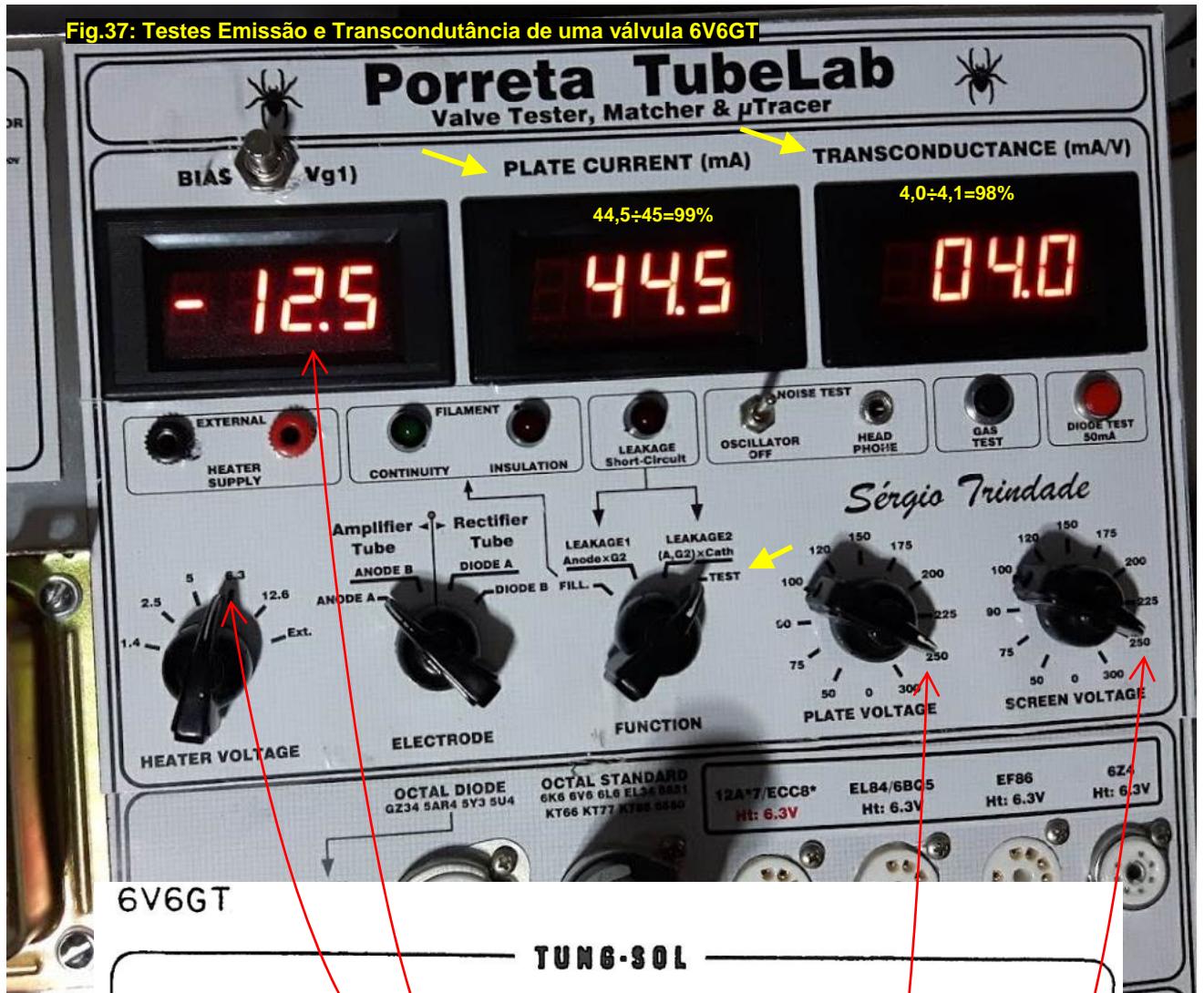
Na fotografia abaixo, é feita a investigação de ruído desligando o oscilador e escutando o sinal no fone de ouvido.

Esse teste deve ser feito para ambos os tríodos, no caso abaixo, está selecionado o anodo B. Para testar a outra seção basta selecionar Anodo A no seletor ELECTRODE.



5.2 - Exemplo de Teste de uma válvula de potência 6V6GT

Na fotografia abaixo, mostramos apenas o teste de emissão e transcondutância com leituras de, respectivamente 99% e 98%. Demais são semelhantes aos mostrados no teste da válvula anteriormente testada.



6V6GT

TUNG-SOL

CONTINUED FROM PRECEDING PAGE

TYPICAL OPERATING CONDITIONS AND CHARACTERISTICS

CLASS A₁ AMPLIFIER - SINGLE TUBE

HEATER VOLTAGE	6.3	6.3	6.3	VOLTS
HEATER CURRENT	0.45	0.45	0.45	AMP.
PLATE VOLTAGE	180	250	315	VOLTS
GRID #2 VOLTAGE	180	250	225	VOLTS
GRID #1 VOLTAGE	-8.5	-12.5	-13.0	VOLTS
PEAK AF GRID #1 VOLTAGE	8.5	12.5	13.0	VOLTS
ZERO-SIGNAL PLATE CURRENT	29	45	34	MA.
MAXIMUM-SIGNAL PLATE CURRENT	30	47	35	MA.
ZERO-SIGNAL GRID #2 CURRENT	3	4.5	2.2	MA.
MAXIMUM-SIGNAL GRID #2 CURRENT	4	7	6	MA.
PLATE RESISTANCE (APPROX.)	50 000	50 000	80 000	OHMS
TRANSCONDUCTANCE	3 700	4 100	3 750	μMHOS
LOAD RESISTANCE	5 500	5 000	8 500	OHMS
MAXIMUM-SIGNAL POWER OUTPUT	2	4.5	5.5	WATTS
TOTAL HARMONIC DISTORTION (APPROX.)	8	8	12	PERCENT

5.3 - Exemplo de Teste de uma válvula retificadora 5AR4/GZ34

Como foi explanado anteriormente, no item 2, a válvula retificadora é bem mais simples de ser analisada porque seu nível de emissão não está sujeita à variação decorrente da polarização da grade de controle.

Contudo, o teste dessa válvula requer uma atenção especial com relação à limitação da corrente drenada, para que não haja danos ao aparelho de teste ou à própria válvula.

Isso porque, no teste de uma válvula amplificadora, aplicamos uma tensão negativa à grade de controle, e essa tensão "freia" o fluxo de elétrons que viajam entre o cátodo e o anodo limitando a emissão num nível seguro de operação.

A retificadora não possui grade de controle e está sujeita apenas à variação de tensão entre os eletrodos.

Na sua utilização normal, o diodo de retificação está ligado em série com o aparelho, o possui alta impedância que limita a corrente dissipada.

Observando o esquema de um amplificador com retificação à válvula, podemos notar que o cátodo da retificadora não está aterrado, ele é justamente o B+, fonte de alta tensão que abastece as placas.

Assim, quando ligamos essa válvula no testador, seu o cátodo aterrado (ligado ao polo negativo da fonte de alta tensão).

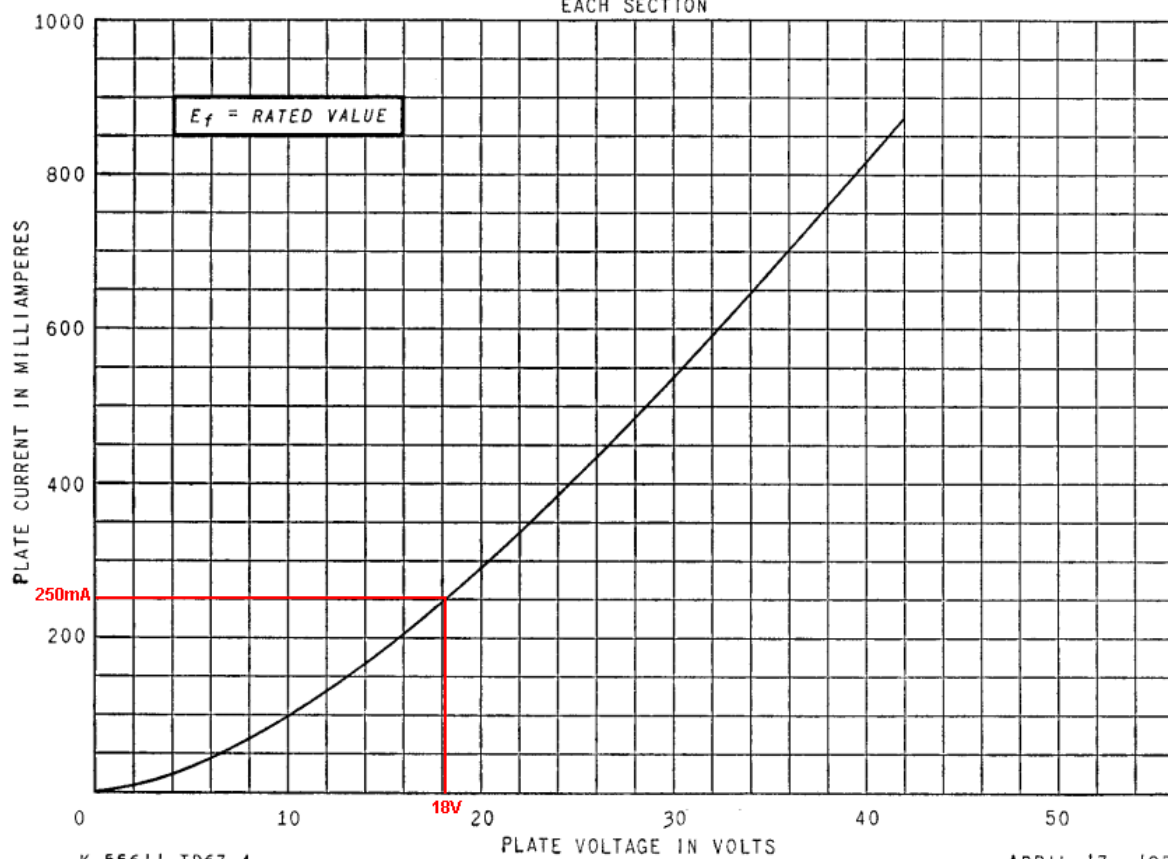
Essa situação equivale a um curto circuito na fonte de alimentação de um amplificador ou rádio valvulado, pois a retificadora estará livre para dissipar o máximo de potência possível. Isso pode ocasionar sobreaquecimento e, conseqüentemente, a válvula pode ser irreversivelmente danificada.

O modelo de válvula 5AR4 é um retificador normalmente usada para fornecer o suprimento de até 250mA para aparelhos de áudio à válvula.

Observando o gráfico a seguir, retirado do Data Sheet do fabricante GE, para essa válvula, temos a curva de resposta de corrente que indica que, com a válvula operando livremente, essa corrente é alcançada quando a diferença de tensão entre a placa e o cátodo é de aproximadamente que 18V, o que é muito pouco.

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS

EACH SECTION



K-55611-T067-4

APRIL 17, 1959

Extrapolando essa curva, teríamos uma corrente de aproximadamente 1A para a tensão anodo mínima fornecida pelo testador (50V).

Essa corrente supera em muito a capacidade de um transformador de dimensões razoáveis. No caso do nosso testador, direcionado ao teste de válvulas de amplificação de áudio, a capacidade da fonte de alta tensão é de aproximadamente 200mA.

Vale lembrar, ainda que os MOSFET que regula essa fonte tem a temperatura elevada na proporção direta do aumento da corrente e inversa à tensão fornecida.

Por isso mesmo, o dispositivo regulador da fonte de alimentação da placa (anodo) foi projetado para (uma vez selecionado o modo D1 ou D2 no seletor "ELECTRODE") limitar a corrente máxima dissipada em aproximadamente 27mA (para teste de pequenos diodos) ou 50mA quando o botão "diode test 50mA" estiver pressionado (opção para testar retificadoras de potência maiores como a 5AR4/GZ34).

Assim, para fazer um teste expedito para essa é aplicar uma tensão mínima e verificar se a corrente alcança o valor de aproximadamente 50mA estabelecido pelo limitador.

5.4 - Teste de válvula utilizando os soquetes do painel General Tube Base

Para testar válvulas de características não compatíveis com os modelos disponíveis no painel "Main Tube Base", basta instalá-la no soquete compatível situado na parte inferior "General Tube Base", e ajustar no conjunto Pinout Seletcor os números dos pinos de cada eletrodo nos seletores correspondentes.

A referência dos elementos e respectivos pinos também é encontrada no documento de especificações (data sheet) de cada modelo.

Os demais procedimentos de teste são os mesmos descritos para o teste utilizando a base de soquetes principal inferior "General Tube Base"

6 - Lista de materiais.

Lista de materiais Tube Tester - Protótipo Sérgio Trindade (REV.01)		
Também disponível em planilha Excel com exemplos de sites de compra para os componentes: http://trindadesergio.tripod.com/TubeTester/BOM_REV01.xls		
Diodos		
Item	Referência	Descrição
RB1	RC207	Ponte de retificação 1A/1kV
RB2	RC207	Ponte de retificação 1A/1kV
D1	1N4007, 1N4006 ou 1N4005	Retificador genérico 1A/1KV
D3	1N4148	Diodo de Silício de Uso Geral
D4	1N4148	Diodo de Silício de Uso Geral
D5	1N4148	Diodo de Silício de Uso Geral
D6	1N4148	Diodo de Silício de Uso Geral
D7	1N4007	Retificador genérico 1A/1KV
ZD1	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD2	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD3	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD4	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD5	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD6	BZX85C47 ou 1N4756A	Diodo Zener 47V 1W
ZD7	BZX85C15 ou 1N4744A	Diodo Zener 15V 1W
ZD8	BZX85C15 ou 1N4744A	Diodo Zener 15V 1W
ZD9	BZX85C15 ou 1N4744A	Diodo Zener 15V 1W
ZD10	BZX85C8V2 ou 1N4738A	Diodo Zener 8.2V 1W
ZD11	BZX85C15 ou 1N4744A	Diodo Zener 15V 1W
ZD12	BZX85C15 ou 1N4744A	Diodo Zener 15V 1W
Relês		
Item	Referência	Descrição
RL1	845HN-2C-B-S 24V 2P3T	Formato compatível com soquete de CI 16 pinos.
RL2	845HN-2C-B-S 24V 2P3T	Formato compatível com soquete de CI 16 pinos.
RL3	845HN-2C-B-S 24V 2P3T	Formato compatível com soquete de CI 16 pinos.
re		
Voltímetros digitais YB5135A		
Item	Referência	Descrição
M1	AC 200mV	Digital Alimentação de 5V
M2	DC 200mV	Digital Alimentação de 5V
M3	DC 200V	Digital Alimentação de 5V

Resistores variáveis

Item	Referência	Descrição
RV1	Trimpot 220Ω ou 200Ω	Wave Shape ADJ. - Trimpot Horizontal de plástico
RV2	Trimpot 4K7Ω ou 5KΩ	Ajuste de tensão AC (oscilador)
RV3	Potenciômetro 50K Lin	Ajuste de Bias, de preferência usar pot. de 10 voltas

Leds

Item	Referência	Descrição
LED1	Voltage drop	Led 5mm de Baixa corrente
LED2	Indicador de curto (Ht x Cath.)	Led 5mm de Baixa corrente vermelho
LED3	Indicador de curto Lk1 e LK2 Anode, G2 x Cath	Led 5mm de Baixa corrente vermelho (opcional led piscante)
LED4	HT cont.	Led 5mm de Baixa corrente Verde
LED5	Power ind. (opcional)	Alto Brilho indicador de rosca

Capacitores

Item	Referência	Descrição
C1	100μF/400V	Capacitor eletrolítico
C2	220nF 630V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C3	47μF/63V	Capacitor eletrolítico
C4	6n8F/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C5	6n8F/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C6	6n8F/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C7	100nF/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C8	1μF/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C9	1μF/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C10	100μF/63V	Capacitor eletrolítico
C11	470uF/63V	Capacitor eletrolítico
C12	1μF/63V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C13	22μF/350V	Capacitor eletrolítico
C14	22nF a 100nF 400V	Capacitor poliéster ou polipropileno
C15	100μF/25V	Capacitor eletrolítico
C16	100μF/25V	Capacitor eletrolítico
C17 a C22	470μF/16V	Capacitor eletrolítico

Fusíveis

Item	Referência	Descrição
F1	1A (220V) ou 2A (110V)	Fusível de Vidro 6.3x32mm
F2	300mA a 350mA	Fusível de Vidro 6.3x32mm
F1*	Porta Fusível para PCI	
F2*	Tomada para Painel com Porta Fusível	

Chaves e interruptores

Item	Referência	Descrição
SW1	Chave alavanca 2 posições LIGA/DESLIGA	Power
SW2	Chave rotativa 1 polo 3 posições (para 110V/127V/220V 2A ou chave HH (110V/220V)	Voltage Selector
SW3	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Anode V SW
SW4	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Screen V SW
SW5	Chave rotativa 3 polos 4 posições para PCI RS26 Ø26mm 3P4T	ELECTRODE
SW6	Chave rotativa 3 polos 4 posições para PCI RS26 Ø26mm 3P4T	FUNCTION
SW7	Chave Push Button Off/On, Preto tamanho pequeno	Gas Test
SW8	Chave Push Button Off/On, Vermelho, tamanho pequeno	50mA
SW9	Chave alavanca 2 posições LIGA/DESLIGA pequena	Osc. off
SW10	Chave rotativa 1 polo 6 posições >3A	HEATER VOLTAGE
SW11	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Supressor (G3)
SW12	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Cathode
SW13	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Control Grid
SW14	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Screen
SW15	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Anode 1
SW16	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	Anode 2
SW17	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	HEATER 2
SW18	Chave rotativa 1 polo 12 posições para PCI RS26 Ø26mm	HEATER 1
SW19	Chave Push Button Off/On, Verde, tamanho pequeno	Octal Diode Test

Conectores

Item	Referência	Descrição
JC1	J2	Jack para fone de ouvido J2, painel
JC2	Borne B07 para Pino Banana de 4mm - Vermelho	Entrada fonte externa de filamento (isolado do chassis)
JC3	Borne B07 para Pino Banana de 4mm - Preto	Entrada fonte externa de filamento (isolado do chassis)

Resistores (1/4w ou 1/2w quando não especificado)

Item	Referência
R1	470Ω
R2	120K Carbon Film
R3	1M
R4	10K
R5	100Ω
R6	220Ω
R7	10Ω
R7A	10Ω
R8	1M
R9	100Ω
R10	22Ω
R11	470K
R12	10Ω 1%
R13	1Ω 1%
R14 a R16	10K
R17	300K
R18 a R20	10K
R21	470Ω
R22 a R24	10K
R25	1K
R26	470Ω
R27	2K7
R28	10K
R29	270Ω
R30	820K
R31	1K
R32	10K
R33	1K
R36	22Ω
R37 e R38	68Ω
R39	22Ω
R40	2k7* (ou jumper) *Não necessário, caso seja usado relê de 48V
R41	2k7* (ou jumper) *Não necessário, caso seja usado relê de 48V
R42	2k7* (ou jumper) *Não necessário, caso seja usado relê de 48V
R43-R55	150K
R56-R60	15K
R61-R76	150K
R77-R81	15K
R82-R84	150K

Transístores		
Item	Referência	Descrição
TR1	MPSA92	Transistor de alta tensão PNP
TR2	IRF830 ou BUZ80	power MOSFET
TR3	MPSA42	Transistor de alta tensão NPN
TR4	IRF830 ou BUZ80	power MOSFET
TR5	MPSA42	Transistor de alta tensão NPN
TR6	BC307	Transistor de amplificação PNP
TR7	BC307	Transistor de amplificação PNP
TR8	MJE350	Ptransistor de potência, regulador de tensão PNP
TR9	BC237	Transistor Epitaxial NPN

Soquetes de válvulas		
Item	Referência	Descrição
B7G	7 pinos	2 unidades
B9A	Noval	4 unidades
S8C-LOC	LOCTAL	1 unidade
S8C-4	OCTAL	3 unidades
UX4	4 pinos	1 unidade

Circuitos integrados		
Item	Referência	Descrição
IC1	K7805	Regulador de Tensão Linear 5V Cápsula no formato T0-220
IC2	K7805	Regulador de Tensão Linear 5V Cápsula no formato T0-220
IC3	K7805	Regulador de Tensão Linear 5V Cápsula no formato T0-220

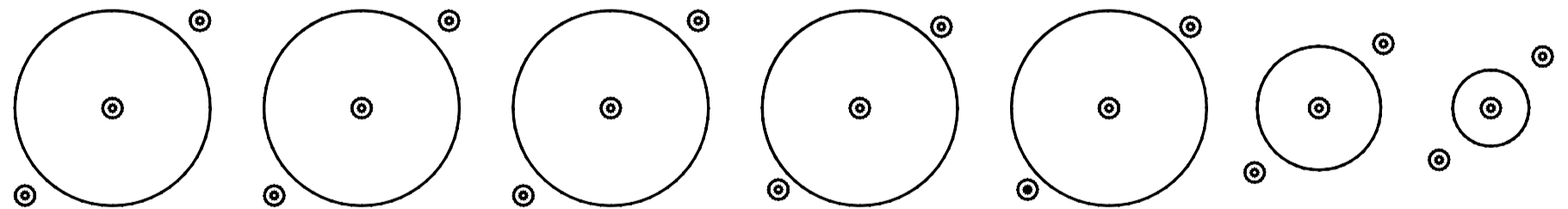
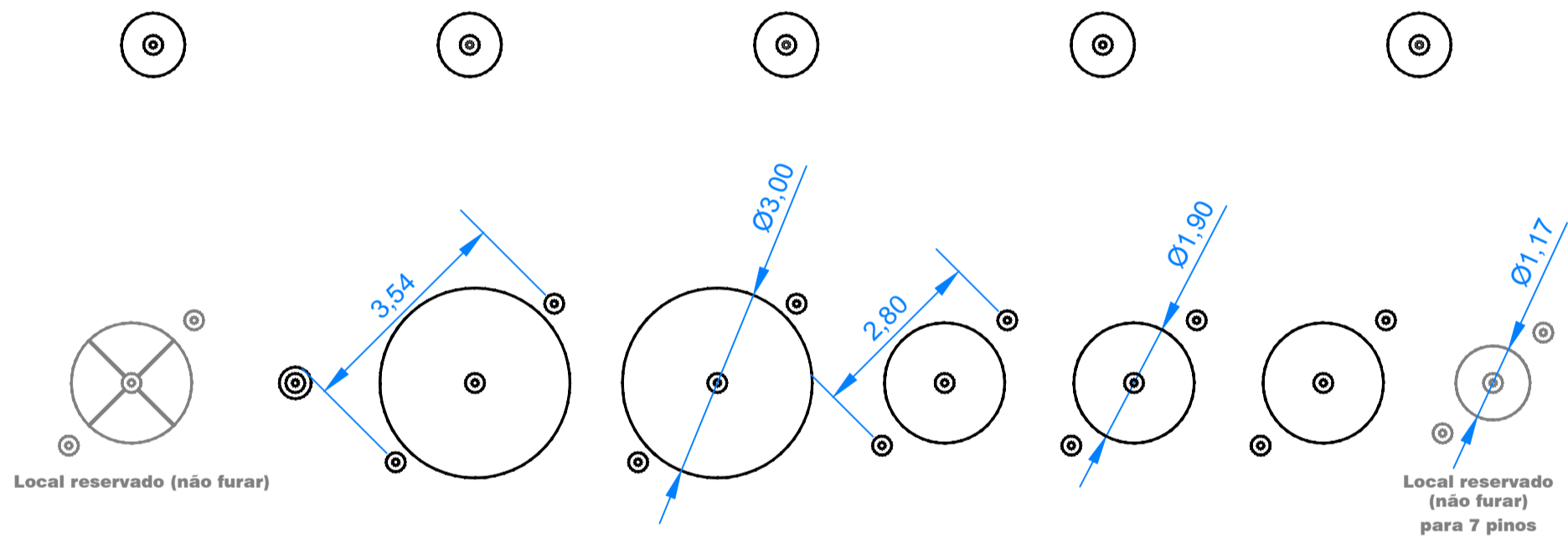
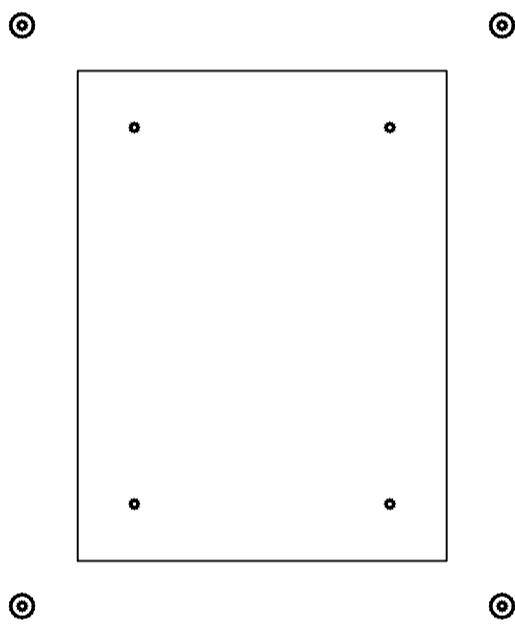
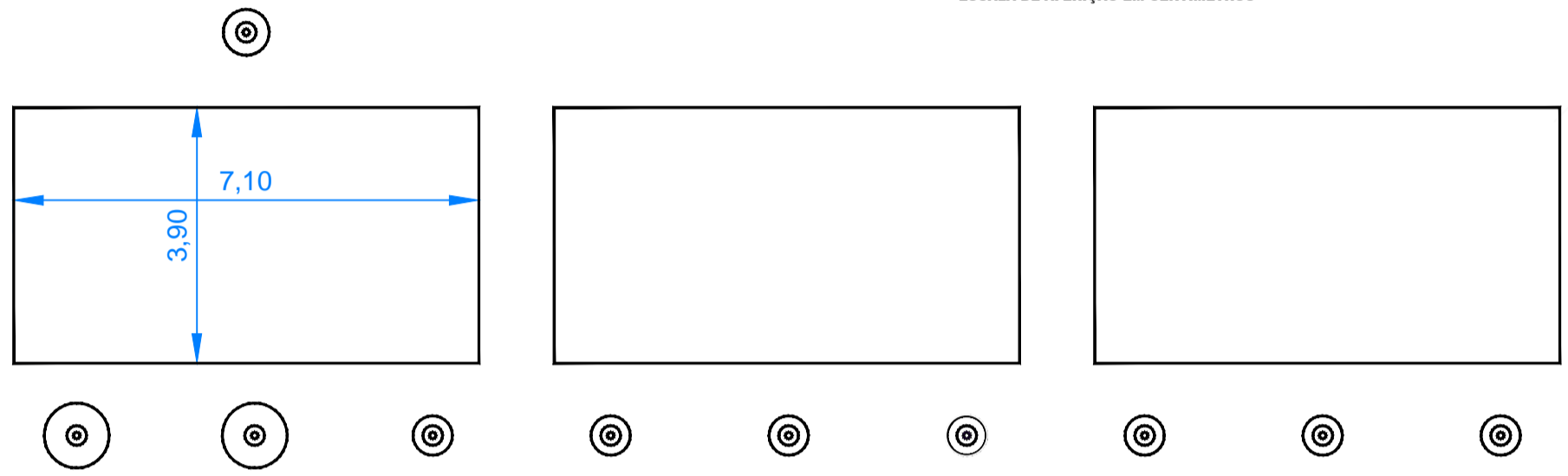
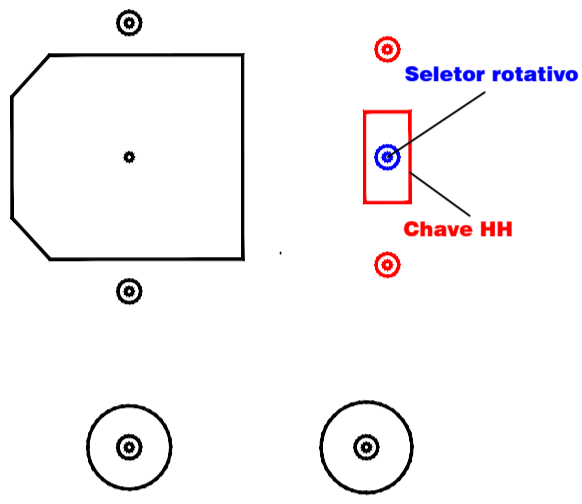
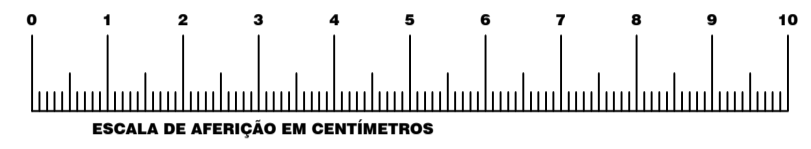
Transformador		
Item	Referência	Descrição
T1	Conforme especificação em anexo	Ver desenho esquemático

Placas de Circuito Impresso		
Item	Referência	Descrição
PCI1	7cm×20cm (fibra de vidro)	Mainboard
PCI2	5.5cm×20cm (fibra de vidro)	Daughter Board
PCI4	2cm×12cm (fibra de vidro)	PSU
PCI3	6cm×24cm (Fenolite dupla Face)	Pinout Selector

Material para confecção do Chassi		
Item	Referência	Descrição
	Chapa de alumínio 1,5mm - 50cm×50cm (para chassis)	
	Rebites de alumínio pequenos	

Diversos		
Item	Referência	Descrição/Obs
FAN1	Ventilador interno 12V 4cm × 4cm	
HS1 HS2	Dissipador de calor 27,5mm para transistores	2 unidades
	Terminal (anel) de aterramento/chave parafusada	Olhal - 4 unidades
	Suportes para led 5mm 3 unidades	3 unidades
	Suporte para lamp. luminoso de painel	olho de boi para led Power ind.
	Knobs Fulltone com parafuso Preto Ø19mm	9 unidades
	Knobs Chicken Head 32mm eixo 6mm parafusável	5 Unidades

Gabarito de furação do chassis

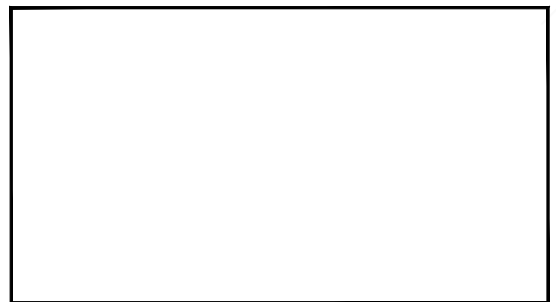
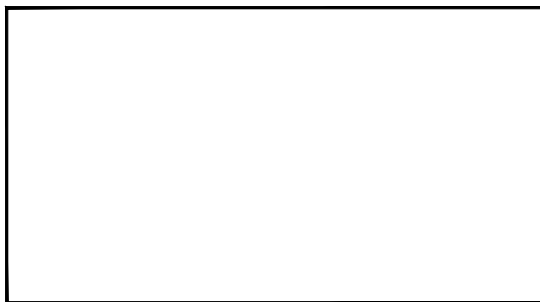
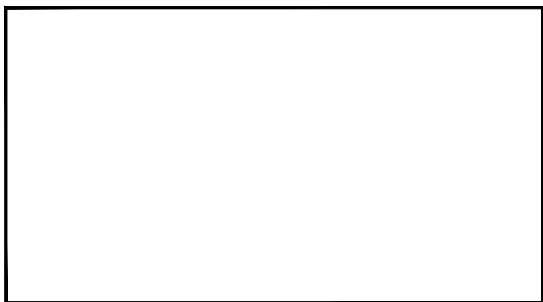


Valve Tester, Matcher & μ Tracer

BIAS (V) \odot (Vg1)

PLATE CURRENT (mA)

TRANSCONDUCTANCE (mA/V)



EXTERNAL HEATER SUPPLY

\odot \odot

FILAMENT CONTINUITY INSULATION

\odot \odot

LEAKAGE Short-Circuit

\odot

NOISE TEST

\odot \odot

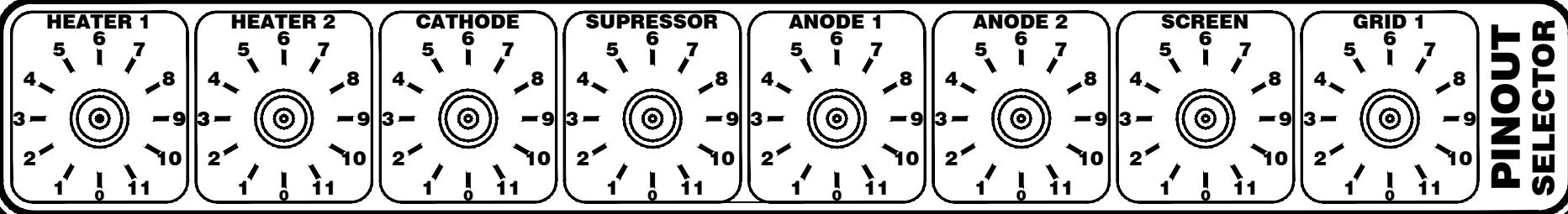
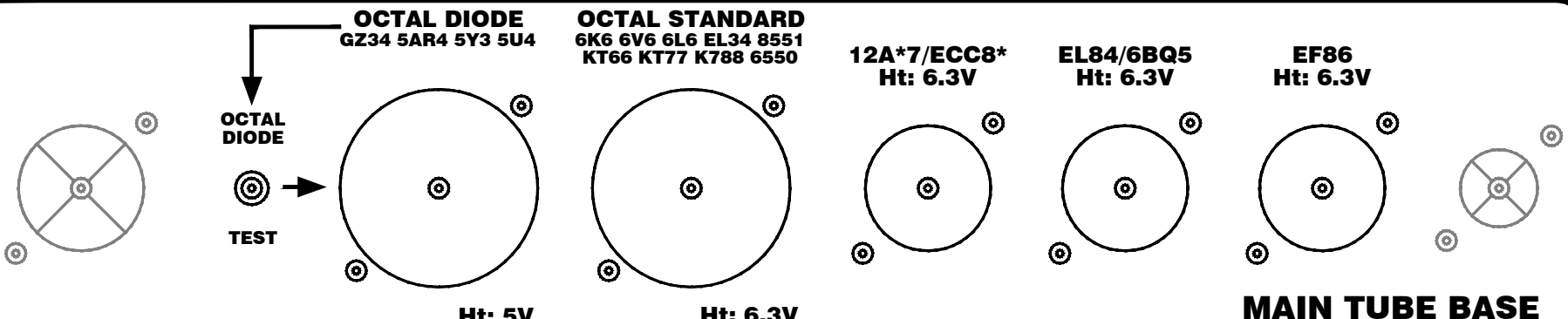
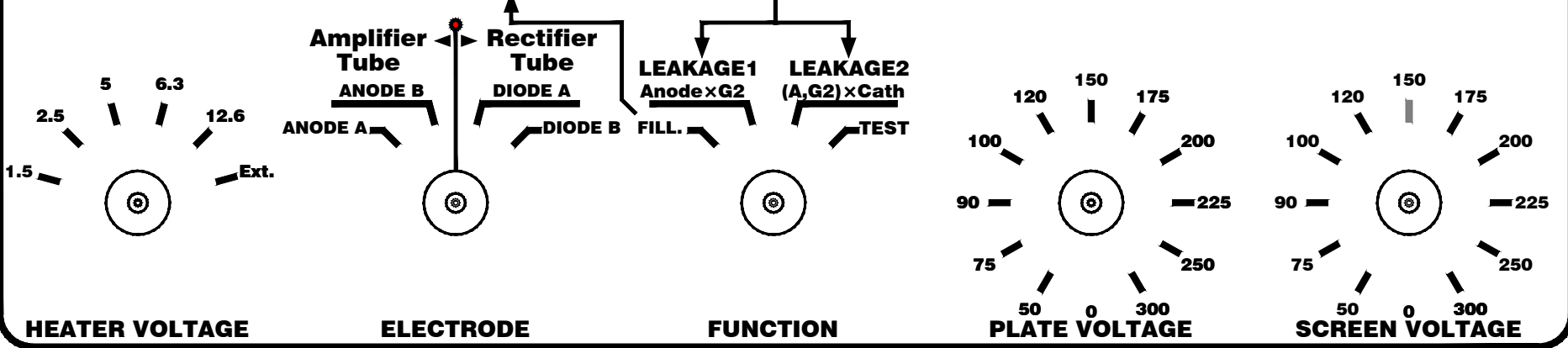
OSCILLATOR OFF HEADPHONE

GAS TEST

\odot

DIODE TEST 50mA

\odot



Valve Tester, Matcher & μ Tracer

BIAS (V) \odot (V_{g1})

PLATE CURRENT (mA)

TRANSCONDUCTANCE (mA/V)



EXTERNAL HEATER SUPPLY

FILAMENT CONTINUITY INSULATION

LEAKAGE Short-Circuit

NOISE TEST
OSCILLATOR OFF HEADPHONE

GAS TEST

DIODE TEST 50mA

HEATER VOLTAGE

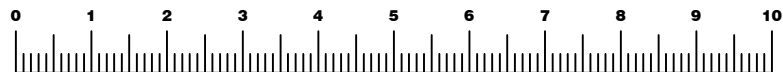
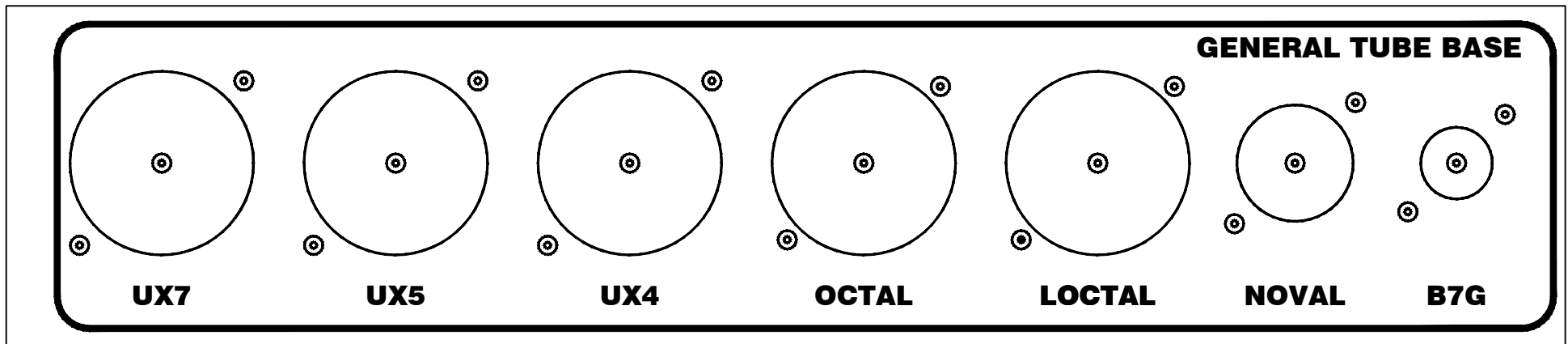
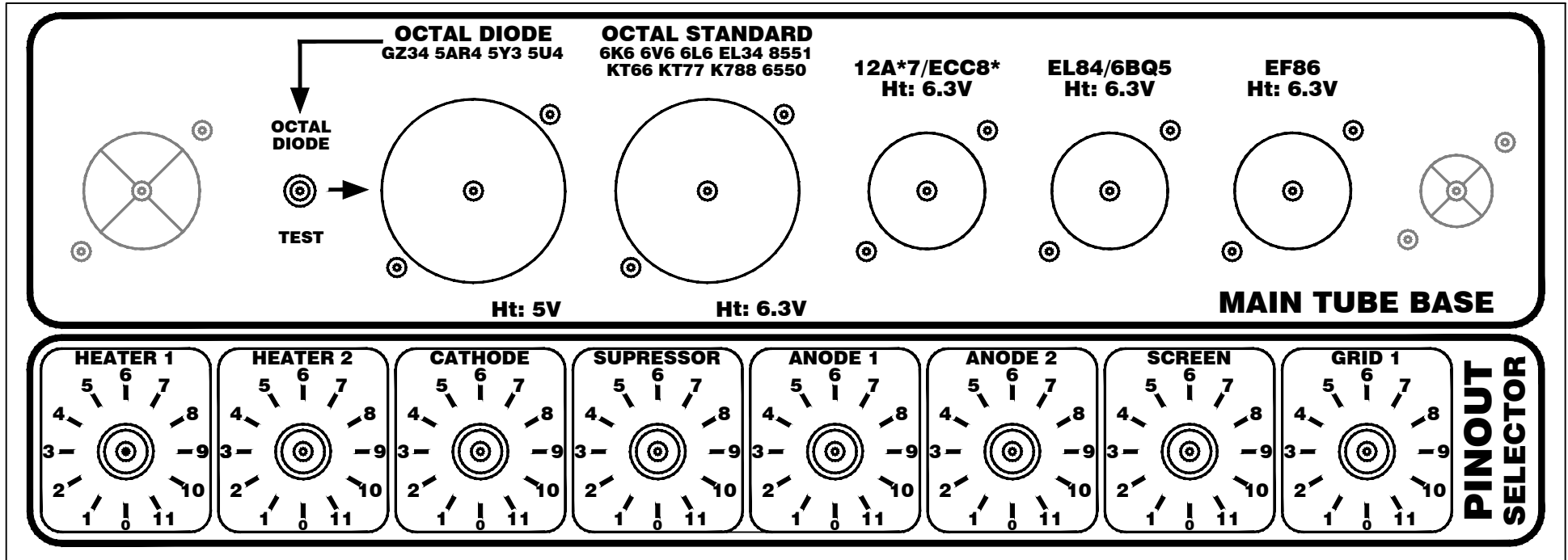
ELECTRODE

FUNCTION

PLATE VOLTAGE

SCREEN VOLTAGE





ESCALA DE AFERIÇÃO EM CENTÍMETROS

Plate de tomada Seletor Rotativo

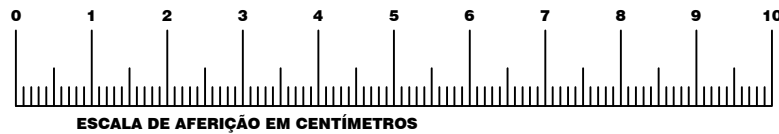
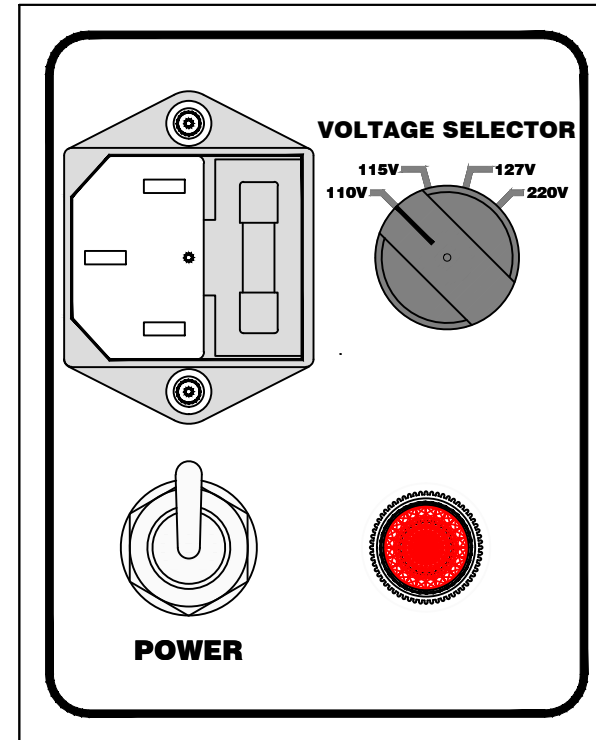
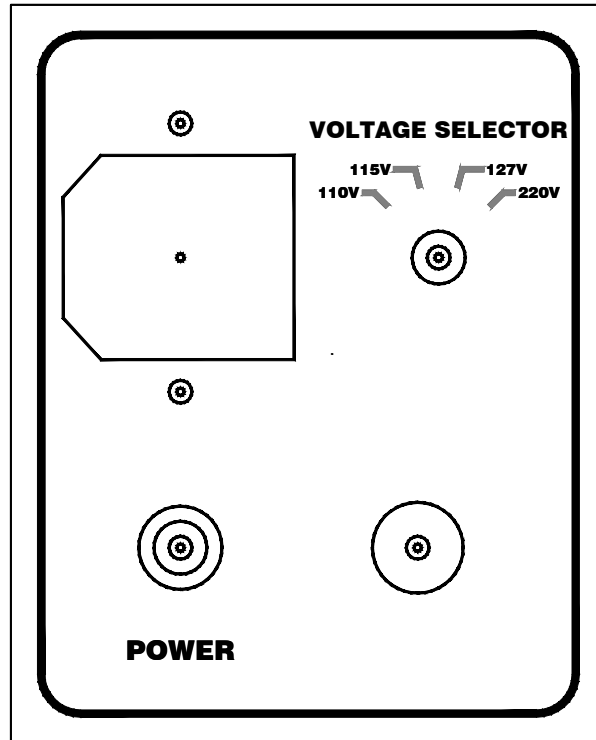


Plate de tomada Seletor HH

