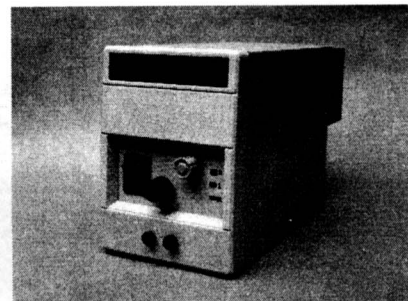


# Superfonte para Valvulados

*Fonte de alimentação estabilizada, protegida e ajustável 82 a 155 Volts sob 600 mA.*

*Eng. Carlos Eduardo Bortoli*



**U**ma fonte de alimentação estabilizada e ajustável é, sem sombra de dúvida, um equipamento imprescindível, tanto na bancada do profissional como do amador e do experimentador.

Em meu caso particular, necessitava de uma fonte com essas características, tanto para meu uso profissional como para uso amador/experimentador, tendo em vista que meu “hobby” (como se não bastasse profissionalmente) é a Eletrônica, mudando apenas o fato de que nas horas de lazer dedico-me à montagem e experimentação de equipamentos valvulados.

Após meticulosa pesquisa em minha biblioteca de eletrônica, incluindo a excelente série sobre fontes de alimentação editadas pela Seltron, descobri que os esquemas existentes para esse feixe de tensão, invariavelmente, faziam uso de válvulas de potências tais como EL 34, 6AS7, etc., cujo maior problema, além de seu alto preço, está na sua limitação de corrente, que obrigaria o uso de várias unidades ligadas em paralelo, extrapolando o fator custo e transformando o equipamento, assim montado, em verdadeiro “trambolho”, impossível de ser alojado na bancada. Tomei, então, a iniciativa de projetar um equipamento, baseado em esquemas clássicos e calcado no uso de semicondutores de alta tensão, atualmente, facilmente dis-

poníveis devido ao seu uso em televisores, monitores e fontes chaveadas.

Feito o projeto e montado o protótipo, os resultados obtidos foram tão gratificantes, que resolvi compartilhar com todos os que se interessam pelo assunto.

## DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

Para facilitar o estudo do circuito, dividi o mesmo em três seções básicas, a saber:

a) **Seção Reguladora de Tensão** – a tensão de amostragem (ou de comparação) é retirada da saída, através do divisor resistivo formado por R11, R21, R22, R23 e R12 e levada à base da montagem Darlington formada por T2 e T3, que a compara com a tensão de referência e conduz mais ou menos, polarizando corretamente a base de TR4, ligado em Darlington com TR5, que por sua vez aciona o regulador série formado por TR6 e TR7, onde os resistores de coletor R1 e R2 encarregam-se de equalizar a corrente nos dois transistores. O uso de uma conexão Darlington para o amplificador formado por TR2 e TR3, permite-se trabalhar com baixíssimas correntes de amostragem, melhorando o desempenho e a relação sinal/ruído da fonte. O conjunto formado por R6, R7, R8, R9 e TR1, faz o trabalho de limitação de cor-

rente. Os capacitores C1, C2/C3 e C4 eliminam espúrios, tendência a oscilações e desacoplam, respectivamente.

b) **Seção de Tensão de Referência** – esta seção é o “pulo do gato” desta fonte. Sabe-se que a tensão zener varia ligeiramente com a variação de corrente, e este efeito acentua-se muito em tensões mais altas, ainda mais sujeito ao regime “largo” de variação de tensões e correntes a que se propõem esta fonte, acentuado pelo problema de regulação dos transformadores utilizados. Desta forma, foi adotado um regulador de corrente (ou gerador de corrente constante), fazendo com que a corrente que atravessa o zener seja constante, independente da tensão de entrada ou de saída.

Quem determina a corrente é o resistor R15 (39W), fixando-a em, aproximadamente, 15 mA, valor ideal para o zener utilizado, que é de 75 V x 5W (a critério do montador, este valor pode ser alterado ligeiramente para cima). O resistor R16, serve apenas para medir a corrente e verificar o correto funcionamento desta etapa. no meu caso, a tensão em seus terminais deve ser aproximadamente de 150 mV para uma corrente de 15 mA. O capacitor filtra o ruído zener e melhora a relação sinal/ruído da fonte. A corrente do zener é determinada pela fórmula aproximada:

$$I_z = \frac{0,60}{R15}$$

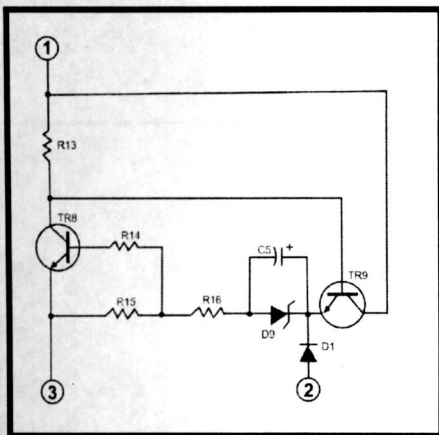


Fig. 2 – Gerador de corrente da tensão de referência.

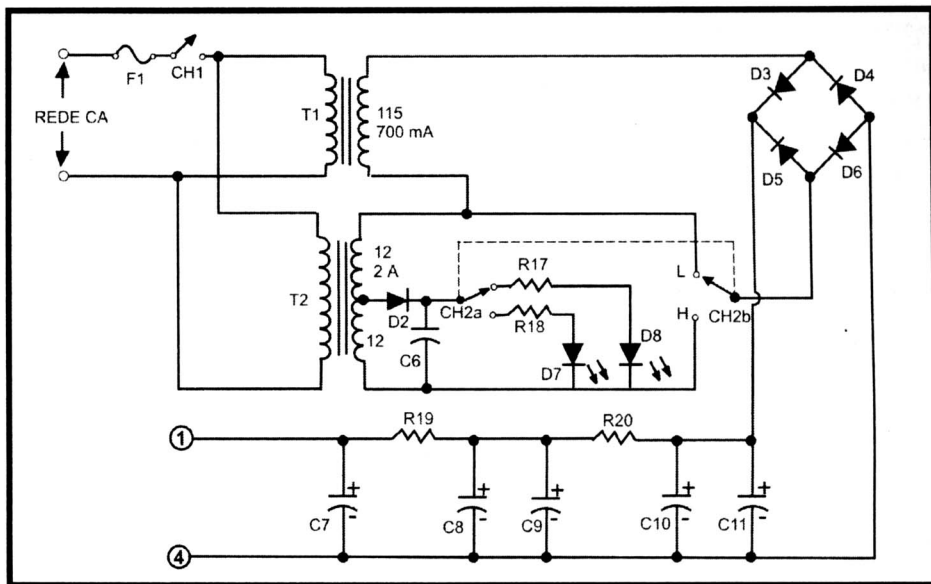


Fig. 3 – Circuito da seção retificadora e filtros.

### c) Seção de Retificação e Filtragem

- esta seção é clássica, destacando-se, apenas a possibilidade de se utilizar um ou os dois transformadores em série, o que é particularmente útil, caso a dita cuja seja utilizada para fornecer tensões abaixo de 115 volts, em regime de corrente próximo do limite, poupando energia elétrica e também os transistores TR6 e TR7. Uma chave de 2 pólos x 2 posições realiza este trabalho, sendo a segunda seção da mesma, usada para sinalizar através dos LEDs D7 e D8, se está se usando um só ou os dois transformadores. Neste ponto insisto que se use uma chave de boa qualidade e com capacidade de “manusear” correntes acima de 2A, para não correr o risco de “colar” seus contatos. A retificação é em “ponte” e os dois filtros “PI” do tipo RC, se encarregam da filtragem.

Como este é um equipamento dedicado ao profissional e/ou hobbista avançado, creio que não faltará capricho ao colega experimentador de confeccionar sua própria plaqueta de circuito impresso. Cuidado especial deve ser dedicado aos transistores de potência e seus dissipadores, sendo que o par TR6 e TR7, poderá ser montado num mesmo dissipador (indicado na Lista de Materiais), que deverá ser colocado na parte externa da caixa, de preferência na traseira e obrigatoriamente, em posição vertical, para facilitar a troca de calor com o meio ambiente.

A fim de diminuir a Rde (resistência térmica entre o dissipador e o encapsulamento), montei os transistores (TR2, TR5, TR9, TR6 e TR7) diretamente sobre os dissipadores, utilizando pasta térmica, somente tomando o cuidado de manter os dissipadores afastados de outros componentes, e isoladores do chassi, pois os mesmos ficaram “vivos”.

Em meu protótipo utilizei a caixa de um antigo “no break” desativado, porém à escolha do montador poderá ser utilizado outro tipo de container, desde que caiba toda a “tralha” lá dentro e que tenha uma ventilação mínima, a fim de preservar os eletrolíticos, que aliás deverão ficar afastados ou embaixo dos componentes que se aqueçam durante o funcionamento.

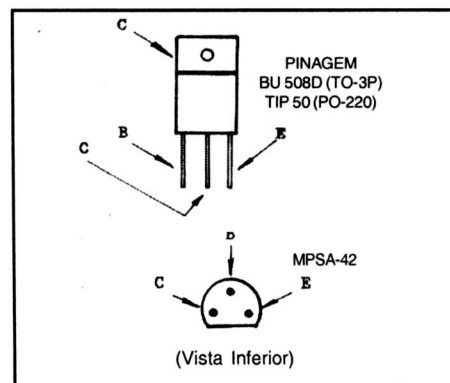


Fig. 4 – Terminais de transistores.

Sobre os transformadores, apenas uma “palavra”: - Que sejam de boa qualidade e dimensionados corretamente, caso contrário a regulação será deficiente e o funcionamento será instável. Ligá-los em fase. O capacitor C4 deverá ser montado próximo à saída e se possível, sobre os terminais dos pinos banana.

### Ajuste e Operação

Uma vez conferidas cuidadosamente todas as ligações, isolamentos, etc., podemos por “fogo” na nossa fonte, ligando-a à rede elétrica e conectando um voltímetro à sua saída. Atuando-se sobre R2 faz-se o ajuste “grosso” de tensão, e em R22 obtém-se o ajuste “fino” da mesma. Com R21 e R22 em posição de máxima tensão, ajusta-se R23, para se obter a máxima tensão de saída dentro de um critério de estabilidade de funcionamento, e está pronta nossa fonte. Devido à proteção contra curtos na saída

## MONTAGEM

A montagem não apresenta nenhum mistério, sendo necessárias apenas as precauções de praxe, lembrando-se de usar fios grossos nas conexões que transportam a corrente principal.

Propositadamente omiti o desenho da plaqueta de circuito impresso, pois no meu protótipo efetuei a montagem completa em uma plaqueta perfurada do tipo “universal”, pensando que economizaria algum tempo (ledo engano).

da, esta fonte é totalmente imune a curto-circuitos **momentâneos**, em sua saída, voltando ao normal, tão logo o mesmo seja desfeito (não demore mais de 5 segundos em curto, pois poderá ocorrer a destruição das junções de TR6 e TR7). O desempenho ótimo da fonte é obtido após um período de

aproximadamente 1 minuto de aquecimento, quando então o zener terá atingido sua temperatura de operação. Boa Sorte!

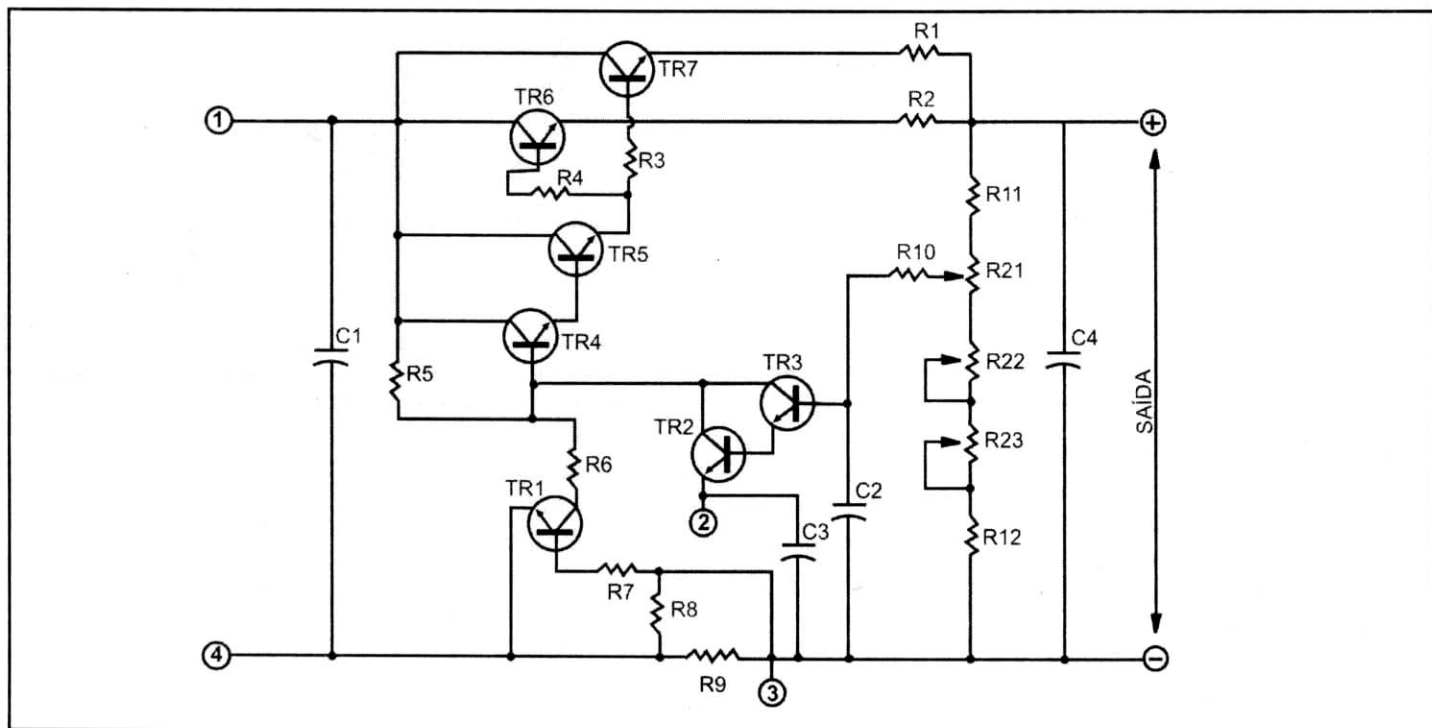


Fig.1 – Circuito da seção reguladora de tensão.

#### LISTA DE MATERIAL

##### Semicondutores:

TR1, TR3, TR4, TR8 – MPSA42  
 TR2, TR5, TR9 – TIP 50  
 TR6, TR7 – BU508D  
 D1, D2 – 1N4007  
 D3 a D6 – 1N5408  
 D7, D8 – Leds vermelhos, 0 = 5 mm  
 D9 – 1 N5374, diodo zener para 75V/5W (ver texto).

##### Resistores:

R1, R2 – 2,2Ω, 1W  
 R3, R4 – 10Ω, 1W  
 R5 – 24kΩ, 4W (2 X 12 KΩ, 2W, em série).  
 R6 – 680Ω  
 R7, R16 – 10Ω, 1/4W  
 R8 – 270Ω, 1/4W  
 R9 – 1Ω, 10W, resistor de fio.  
 R10 – 1,2kΩ, 1/4W  
 R11 – 56Ω, 1W  
 R12 – 23,5kΩ, 5W (5 x 4,7kΩ, 1W, em série)  
 R13 – 36kΩ, 4W (2 x 18kΩ, 2W, em série)  
 R14 – 220Ω, 1/4W  
 R15 – 39Ω, 2W  
 R17, R18 – 680Ω, 1W  
 R19 – 11Ω, 20W (2 x 22Ω, 10W, fio em paralelo).  
 R20 – 4,7Ω ou 5,1Ω, 10W, fio.  
 R21 – 22kΩ, linear, potenciômetro de carvão (rotativo, 0 = 23mm)  
 R22 – 1kΩ, linear, potenciômetro de carvão (rotativo, 0 = 16 mm).  
 R23 – 1kΩ, "trimpot", (0 = 4 mm).

Obs.: Usar, preferencialmente, resistores metal-film, para melhorar a relação sinal/ruído. Exemplo: Série PR-01 e PR-02 da Philips.

Usar potenciômetros de boa qualidade, para permitir um controle suave e preciso de tensão de saída.

##### Capacitores:

C1 – 0,27μF, 250V, poliéster  
 C2, C3 – 0,1μF, 250 V, poliéster  
 C4 – 1μF, 400V, poliéster  
 C5 – 1-μF, 100V, eletrolítico  
 C6 – 1.000μF, 25V, eletrolítico  
 C7 a C11 – 330μF ou 470μF, 250V, eletrolítico.

##### Diversos:

F1 – porta-fusível miniatura, com fusível de 1A para rede 220V ou 2A para rede 110V.  
 CH1 – chave de alavanca liga/desliga, um pólo.  
 CH2 – chave reversora, 2 pólos, 2 posições capaz de manusear 2A. bornes tipo banana, fios de ligação de 1mm<sup>2</sup>, caixa para conter a fonte, plug de tomada, etc.

##### Transformadores:

T1 – transformação de isolamento, primário: rede local, secundário: 115V x 700 mA ou mais.  
 T2 – transformador, primário: rede local, secundário: 12 + 12V x 2A.

##### Dissipadores:

Para TR2 – chapa de alumínio de 1 mm dobrada em "U" de 30 x 20 x 30mm.  
 Para TR5 e TR9 – dissipador de alumínio de 4 aletas de 40 x 40 x 20mm  
 Para TR6 e TR7 – dissipador de alumínio anodizado de preto de 8 aletas de 70 x 80 – 100mm.