

Fonte de Alimentação Chaveada de Baixa Potência Para Uso Com Circuitos Valvulados

O presente projeto prático visa descrever a construção de uma pequena fonte de alimentação destinada a alimentar pequenos circuitos construídos utilizando válvulas termiônicas. A potência máxima nominal da fonte é de 6,5 W distribuídos em uma saída para filamento, com tensão nominal de 6,3 V e corrente máxima de 600 mA e uma saída de +B, configurável para 250 V ou 275 V, com corrente máxima de 10 mA. Com o intuito de facilitar a montagem por parte dos amadores residentes em localidades onde a disponibilidade de componentes é restrita, é dada ênfase no aproveitamento de componentes encontráveis em equipamentos descartados tais como fontes tipo AT e ATX, DVD players e televisores.

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

A fonte baseia-se em um oscilador de bloqueio, onde Q2 chaveia a corrente através de T1. R5 e C5, através da tensão induzida no enrolamento de realimentação de T1, proporcionam a realimentação positiva que sustenta as oscilações, enquanto que a rede composta por R1, R2, R6 e D3 garante a partida do oscilador. O controle do oscilador fica a cargo do transistor Q1, que promove o corte de Q2 tão logo a tensão em sua base supere cerca de 0,6 V. A condução de Q1 é comandada pela superposição da queda de tensão em R9, proporcional à corrente que atravessa Q1, e da corrente proveniente do foto-transistor interno a PC1. D2, C4 e R4 proporcionam a tensão de operação do foto-acoplador, retificando a tensão induzida no enrolamento de realimentação durante o período de corte de Q2.

As tensões de saída são obtidas através da retificação das tensões induzidas nos enrolamentos secundários durante o período de corte de Q2, caracterizando a operação em modo **flyback**. A saída de 6,3 V para filamento é retificada por D6 e filtrada por C11, C12 e L3. Já a saída de +B é obtida através de dois enrolamentos separados, retificados separadamente por D4 e D5, colocados em série. A tensão de +B pode ser escolhida nos valores de 250 V ou 275 V, através da conexão de D4 à derivação correspondente. A filtragem da tensão de +B é efetuada por C8, C9 e L2. Os capacitores C10 e C13 destinam-se ao desacoplamento de alta frequência, enquanto que R10, R11 e R13 atuam como resistores de pré-carga. O diodo LED D7 indica quando a fonte encontra-se energizada.

A regulação da tensão de saída é feita amostrando-se a saída de 6,3 V. O circuito integrado IC1 atua como amplificador de erro e referência de tensão, controlando a corrente que atravessa o diodo LED interno ao foto-acoplador PC1. IC1 compara a amostra de tensão fornecida por R15, R16 e R17 com a referência de 2,5 V interna ao CI. Um aumento na tensão da saída de 6,3 V provoca o aumento na corrente de catodo de IC1 e, em consequência, estabelece uma redução no

ciclo ativo do transistor Q2. Com isso, tem-se um laço de realimentação negativa que estabiliza a tensão da saída de 6,3 V. R17 permite ajustar a tensão de saída em exatos 6,3 V no ponto de utilização, compensando-se quedas de tensão na fiação e eventuais tolerâncias nos valores dos resistores R15, R16 e da referência interna de IC1.

D1, C3 e R3 absorvem a energia armazenada pela indutância de dispersão de T1, evitando que a tensão de dreno de Q2 ultrapasse o valor máximo permissível. NTC1 limita a corrente de ligamento da fonte. C1 e L1 destinam-se à supressão das interferências de alta frequência, geradas pelo chaveamento de Q2, que poderiam se propagar à rede elétrica, perturbando o funcionamento de equipamentos próximos.

MONTAGEM

A montagem da fonte deve ser feita em placa de circuito impresso, cujos desenhos podem ser vistos nas figuras 1 e 2. A disposição dos componentes pode ser vista na figura 3. A maior parte dos componentes pode ser obtida através da desmontagem de uma fonte ATX. O indutor diferencial L1, os conectores CN1 e CN2, bem como os capacitores C1 e C6 foram obtidos da fonte de alimentação de um DVD player. Para um funcionamento correto e seguro, o montador deve respeitar os valores e especificações dadas na lista de material, não fazendo adaptações, concessões ou alterações nos valores dos componentes. O transistor Q2 precisa ser montado em um pequeno dissipador de calor. No protótipo, foi utilizada uma pequena chapa de alumínio dobrada que prolonga-se sob a placa de circuito impresso e lhe dá sustentação, conforme mostra a figura 4. A montagem mecânica da placa de circuito impresso e o dissipador adotado para Q2 devem ser adaptados a cada situação particular conforme a aplicação prevista por cada montador.

TRANSFORMADOR T1

O transformador T1 é uma unidade SCHATZ referência TFC 6.A, disponível através do site www.schatz.eng.br. Os montadores que desejarem construir o transformador poderão fazê-lo com base nas informações fornecidas na figura 5. O núcleo a ser utilizado é o tipo EE-19, que poderá ser aproveitado de uma fonte ATX desmontada. É importante ressaltar que o transformador deverá ser capaz de suportar uma tensão de 3000 Vrms por 1 minuto entre os enrolamentos do lado primário e qualquer um dos secundários, a fim de garantir a segurança e a isolamento das saídas em relação à rede elétrica. Deve ser utilizado fio esmaltado classe 180°C com tripla camada de esmalte, e os enrolamentos devem seguir a ordem indicada. O enrolamento B deve ser bifilar, feito com 2 fios 30 AWG enrolados simultaneamente.

DESEMPENHO

O presente circuito funcionou adequadamente para tensões de rede variando entre 100 Vrms e 234 Vrms. A tensão de saída de filamento foi ajustada para exatos 6,3 V na saída correspondente, usando-se como carga uma válvula 6AW8A, cujo filamento consome os 600 mA nominais. Não se notou variação no valor de tensão ajustado com a tensão de entrada excursionando na faixa indicada. A tensão na saída de +B em vazio, selecionada como 275 V nominais, variou entre 325 V (100 Vrms) e 336 V (234 Vrms). Os resistores de pré-carga da saída de +B são propositalmente insuficientes para garantir o valor nominal da saída de +B a vazio, servindo apenas para descarregar os capacitores de filtro quando a fonte é desligada. Observe-se que, como essa saída não é incluída no laço de realimentação, o valor da tensão de +B varia levemente conforme a carga e a tensão de entrada. Os gráficos 1 e 2 mostram a regulação de linha e carga da tensão de +B.

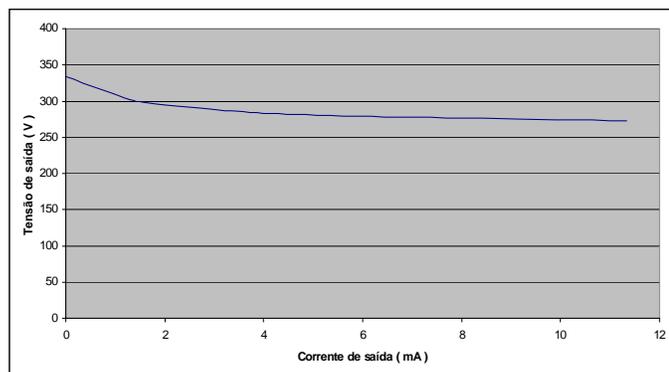


Gráfico 1. Regulação de carga da saída +B. Tensão de entrada: 127 Vrms; saída de 6,3 V carregada com 600 mA.

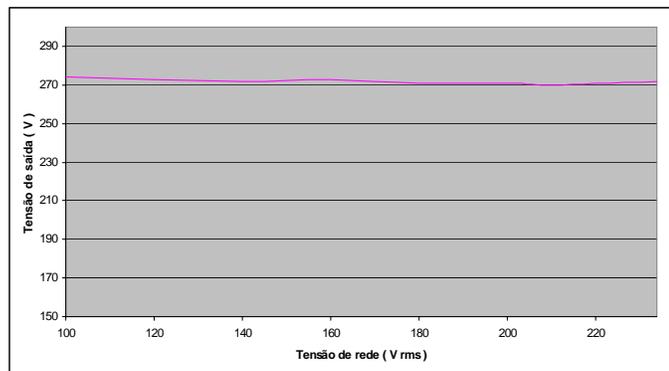


Gráfico 2. Regulação de linha da saída +B sob carga de 26 kΩ. Saída de 6,3 V carregada com 600 mA.

As tensões de saída apresentaram ondulações (ripple) relativamente reduzidas. Sob carga nominal em ambas as saídas, encontrou-se um máximo de 1 mVpp @ 120 Hz na saída de 6,3 V. A ondulação na saída de +B é fortemente influenciada pela tensão de rede, tendo em vista que tanto a frequência quanto o ciclo ativo de chaveamento são dependentes da tensão CC retificada que alimenta o circuito.

A tabela 1 apresenta os valores de ondulação conforme a tensão alternada de entrada. Há a possibilidade de substituir o indutor L2 por um resistor de queda e melhorar a filtragem da saída de +B, se necessário.

Tabela 1. Ondulação na saída de +B, $V_o = 272 V @ 10 mA$.

Tensão nominal (Vrms)	Tensão mínima (Vrms)	Tensão máxima (Vrms)	Ondulação (mVpp, 120 Hz)
110	100	115	30
127	110	134	70
220	198	234	100

O rendimento da fonte diminui à medida que a tensão da rede aumenta. O menor rendimento, medido sob carga nominal, foi de 70 % a 234 Vrms na entrada. É interessante notar que, dentro de certos limites, pode-se administrar a potência máxima disponível entre as saídas. Caso a saída de 6,3 V não esteja sendo carregada com 600 mA, é possível extrair mais corrente da saída de +B, limitada pelo aquecimento de T1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fonte de alimentação aqui descrita foi utilizada para alimentar diversos circuitos valvulados de pequeno consumo, entre eles, um amplificador de áudio de baixa potência, revelando-se perfeitamente adequada ao uso com circuitos de áudio.

O autor agradece antecipadamente aos eventuais montadores pelos retornos, comentários e avaliações que poderão ser enviados através do email a.sim@gmx.net.

Atenciosamente

Alexandre Simionovski

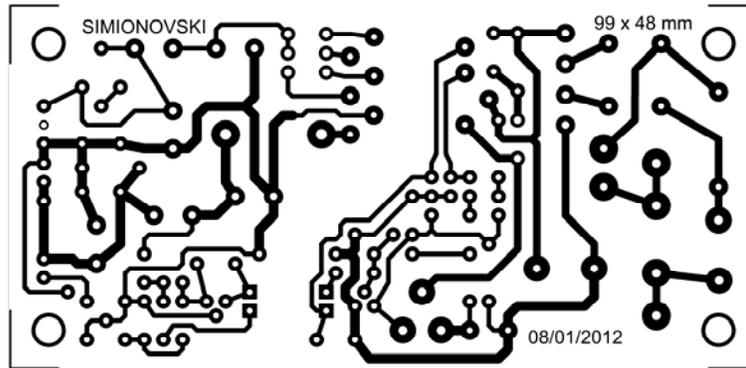


Fig. 1. Placa de circuito impresso em escala 1:1; positivo.

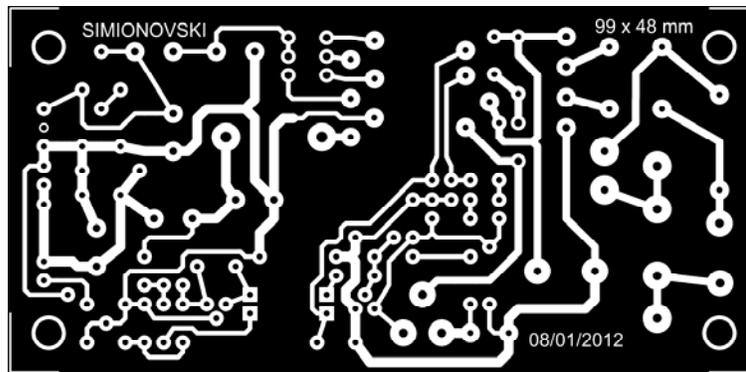


Fig. 2. Placa de circuito impresso em escala 1:1; negativo.

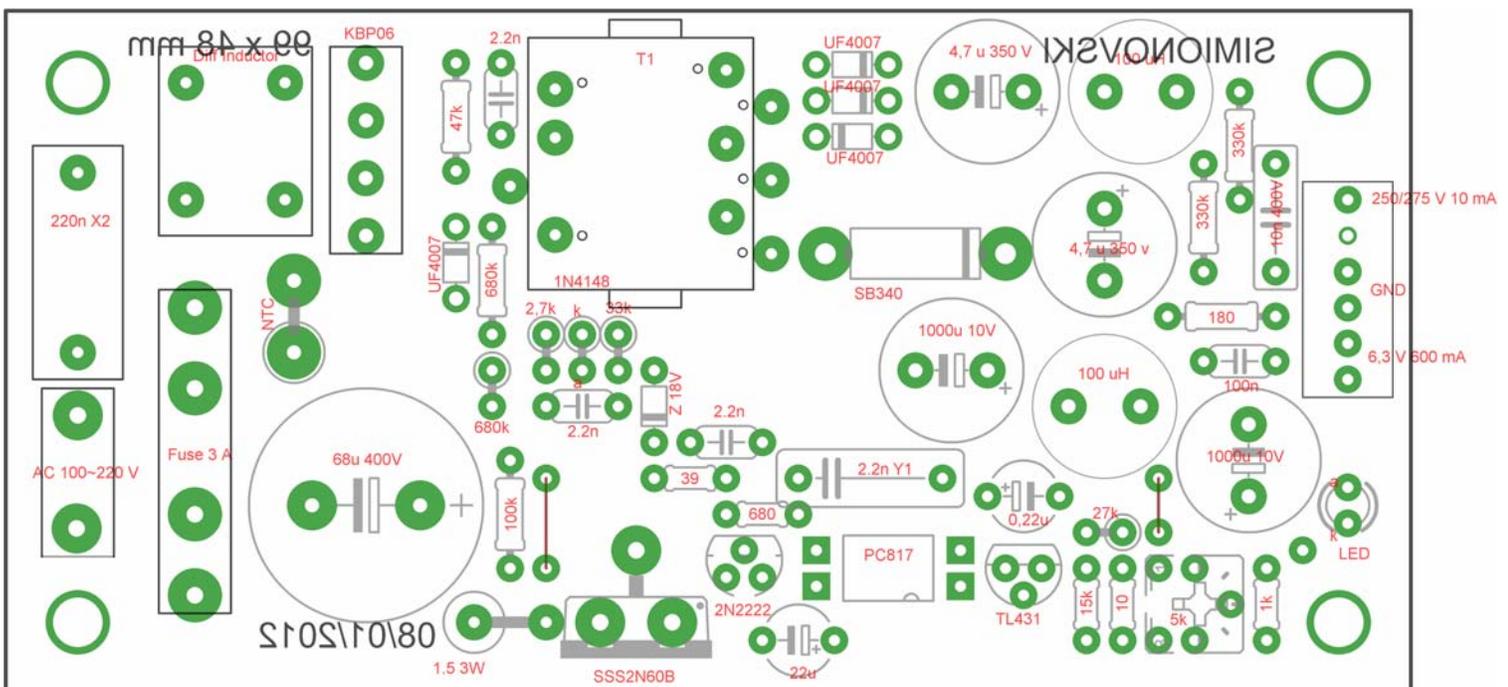


Fig. 3. Disposição dos componentes sobre a placa de circuito impresso.

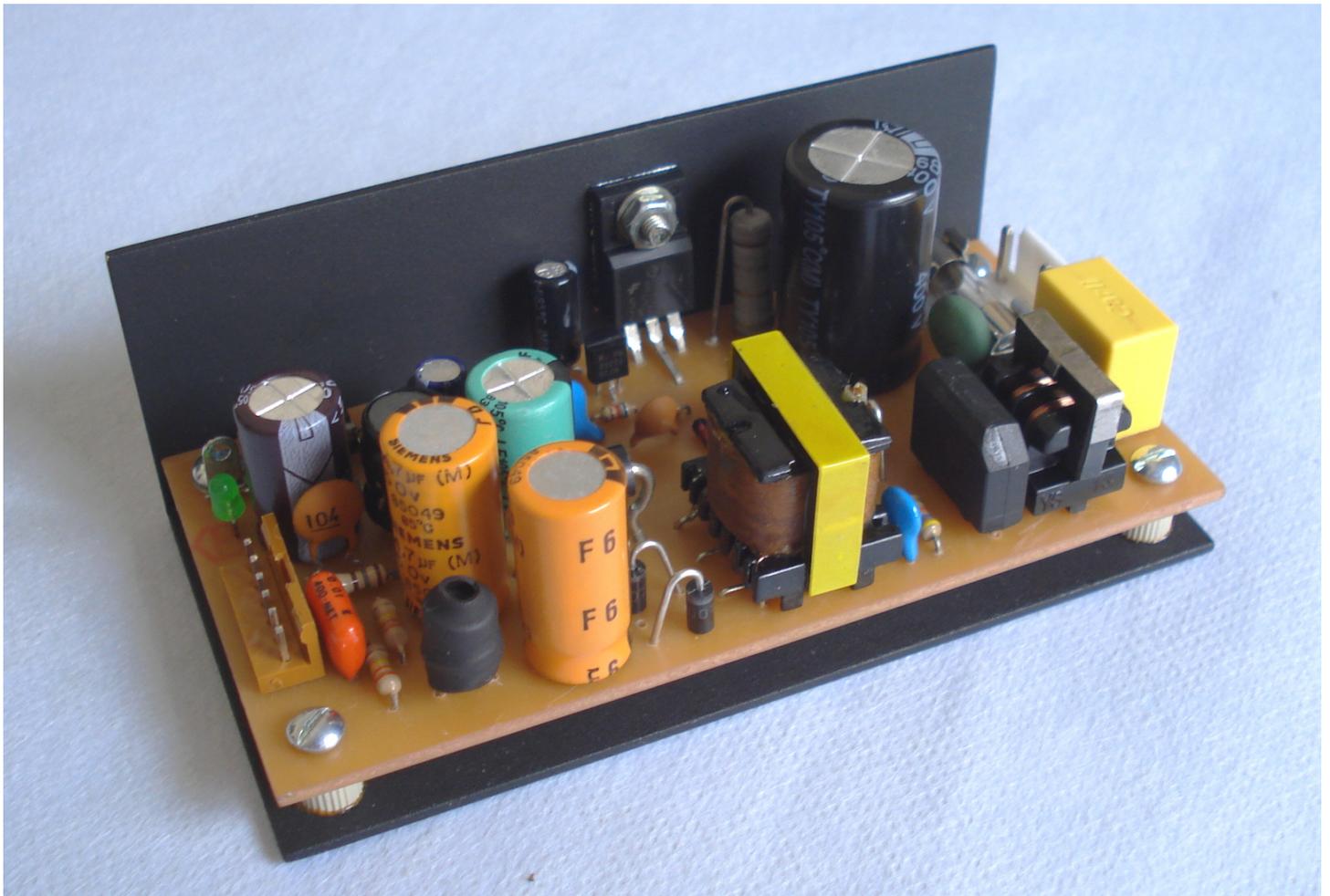
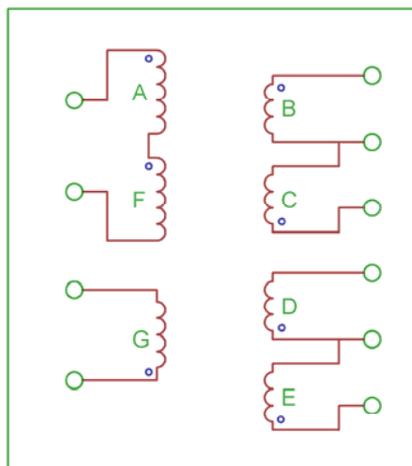


Fig. 4. Fotografia da fonte de 6,5 W montada.

Núcleo : ferrite EE-19N
 Dimensões : 19,0 x 16,2 x 5,0 mm
 Entreferro : 0,45 mm
 Enrolar em ordem :

- A - 100 espiras 33 AWG
- B - 12 espiras 2 x 30 AWG (bifilar)
- C - 228 espiras 37 AWG
- D - 198 espiras 37 AWG
- E - 42 espiras 37 AWG
- F - 100 espiras 33 AWG
- G - 26 espiras 33 AWG

Indutância primária : 4,0 mH +/- 5%



Carretel visto pelo lado dos pinos

Utilizar fio esmaltado classe 180°
 e tripla camada de esmalte.

Após envernizamento, testar isolamento
 com 3000 V rms por 1 minuto entre
 os enrolamentos A + F, G e B,C,D,E.

Fig. 5. Detalhamento do transformador T1.

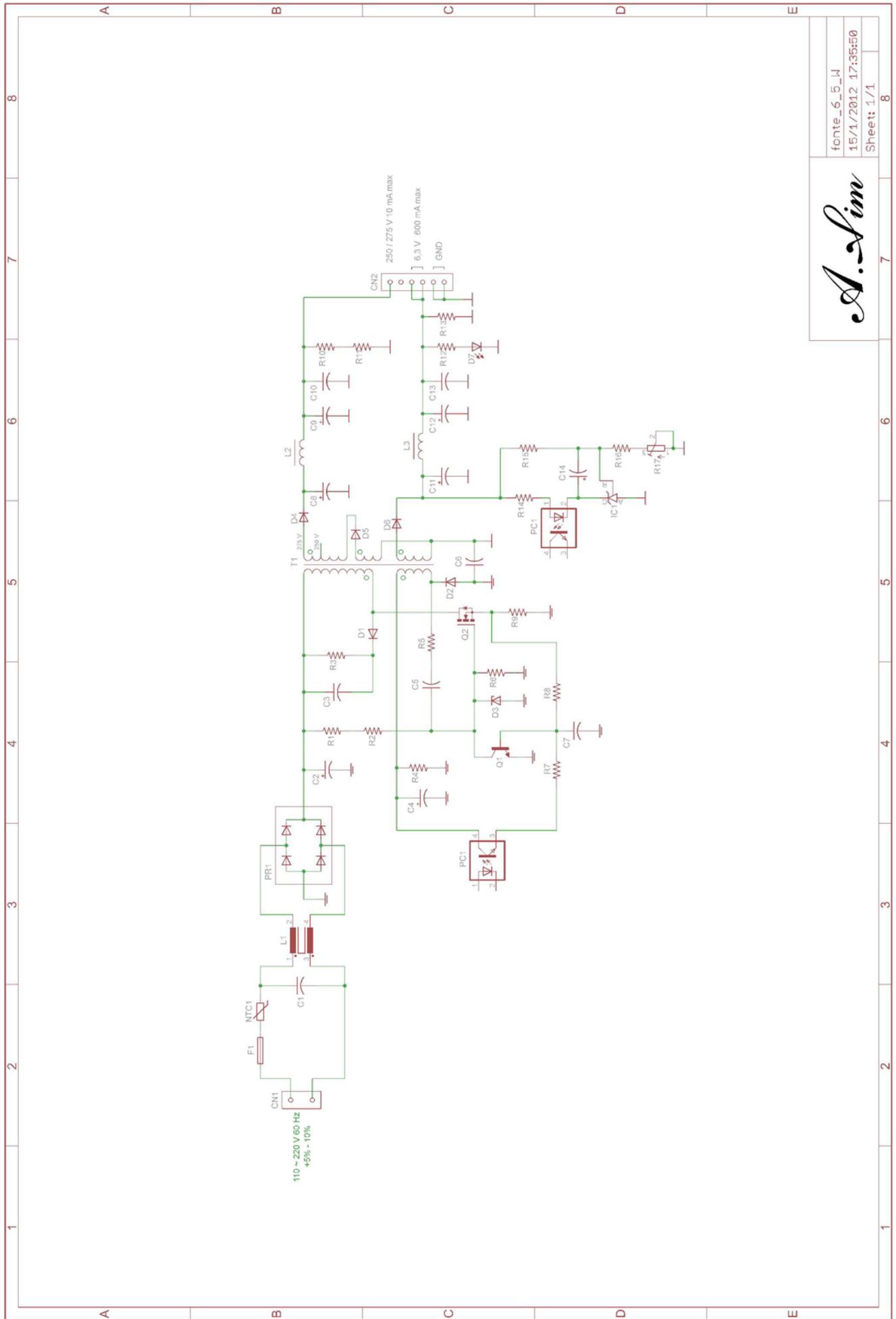


Fig. 6. Diagrama esquemático

Ref	Resistores	Observações
R1	680k	CR25
R2	680k	CR25
R3	47k	CR25
R4	33k	CR16
R5	2,7k	CR25
R6	100k	CR16
R7	620	CR16
R8	39	CR16
R9	1,5	PR3 - 3 W
R10	330k	CR25
R11	330k	CR25
R12	1k	CR16
R13	180	CR16
R14	10	CR16
R15	27k	CR16
R16	15k	CR16
R17	5k	trim-pot mini horizontal
NTC1	5	
	Capacitores	
C1	220n 275 V	capacitor supressor X2
C2	68u 400 V	eletrolítico
C3	2,2n 1kV	cerâmico
C4	22u 50 V	eletrolítico
C5	2,2n 63 V	poliéster
C6	2,2n 2kV	capacitor supressor Y1
C7	2,2n 50 V	capacitor cerâmico
C8	4,7u 350 V	eletrolítico
C9	4,7u 350 V	eletrolítico
C10	10n 400 v	poliéster
C11	1000u 10 V	eletrolítico
C12	1000u 10 V	eletrolítico
C13	100n 50 V	cerâmico
C14	0,22u 50 V	eletrolítico
	Indutores	
L1		Indutor diferencial para supressão de EMI
L2	100u	
L3	100u	
T1	TFC 6.A	Transformador
	Diodos	
D1	UF4007	
D2	1N4148	
D3	BZX79C18V	Zener 18 V 400 mW Iznom = 5 mA
D4	UF4007	
D5	UF4007	
D6	SB340	Diodo Schottky 40 V 3 A
D7		LED verde 3 mm

PR1	KBP06	
	Transistores	
Q1	2N2222	
Q2	SSS2N60B	
	CI	
PC1	PC817	
IC1	TL431	
	Diversos	
	pci	placa de circuito impresso
	clips	para porta-fusível pci
	fusível 3A	5 x 20 mm
	conector 2 pinos	para entrada de rede elétrica
	conector 6 pinos	para conexão das saídas
	espaçadores	
	terminal olhal	para conexão externa de terra
	parafuso 1/8"	
	porca 1/8"	
	arruela 1/8"	

Aviso :

O presente artigo fornece dados para a construção de um equipamento eletrônico para uso doméstico e/ou amadorístico, não podendo ser empregado em aplicações industriais ou ser destinado à comercialização sem a autorização expressa do Autor. Todo aquele que se dispuser a construir o presente equipamento deve ter perfeita consciência do acima declarado, bem como dos riscos associados à construção, teste, operação e utilização de equipamentos conectados à rede elétrica domiciliar, isentando o Autor de quaisquer responsabilidades, civis e/ou criminais, advindas da má utilização, falha, ou mau funcionamento do equipamento aqui descrito, incluindo mas não se limitando a acidentes decorrentes de choque elétrico, incêndio ou explosão. Todas as informações são fornecidas de boa fé e acreditadas como sendo corretas, não podendo o Autor ser responsabilizado em caso de erros ou omissões no texto, ou no caso do equipamento não se comportar da forma prevista ou apregoada.

Revisão	Notas	Data
A	Primeira versão publicada.	16/01/2012
B	Diodo D6 corrigido para SB340. Incluído detalhamento do enrolamento B no 7º parágrafo. Alterado o texto do 4º parágrafo. Erros de digitação e formatação removidos.	17/01/2012