

O material seguinte foi adicionado ao meu tutorial “*Aprenda a Consertar Fonte Chaveada AT/ ATX de Computador*” para a leitura daquelas pessoas que gostariam de entender um pouco mais sobre as fontes chaveadas. O material foi extraído do site: <http://www.clubedohardware.com.br>

Anatomia das Fontes de Alimentação Chaveadas

Introdução

As fontes de alimentação usadas nos computadores são baseadas em uma tecnologia chamada “modo de chaveamento”, “chaveamento em alta frequência” ou SMPS (Switching Mode Power Supply). Neste tutorial explicaremos como as fontes de alimentação chaveadas funcionam e faremos uma jornada por dentro de uma fonte de computador, mostrando a você os principais componentes e suas respectivas funções.

As fontes de alimentação podem ser construídas com duas tecnologias: linear ou chaveada.

As fontes de alimentação lineares pegam os 127 V ou 220 V da rede elétrica e, com ajuda de um transformador, reduzem esta tensão para, por exemplo, 12 V. Esta tensão reduzida, que ainda é alternada, passa então por um circuito de retificação que é feito por uma série de diodos, transformando esta tensão alternada em tensão pulsante (número 3 nas Figuras 1 e 2). O próximo passo é a filtragem, que é feito por um capacitor eletrolítico que transforma esta tensão pulsante em quase contínua (número 4 nas Figuras 1 e 2). Como a tensão contínua obtida após o capacitor oscila um pouco (esta oscilação é chamada ripple), um estágio de regulação de tensão é necessário, feito por um diodo zener ou por um circuito integrado regulador de tensão. Após este estágio a saída é realmente contínua (número 5 nas Figuras 1 e 2).

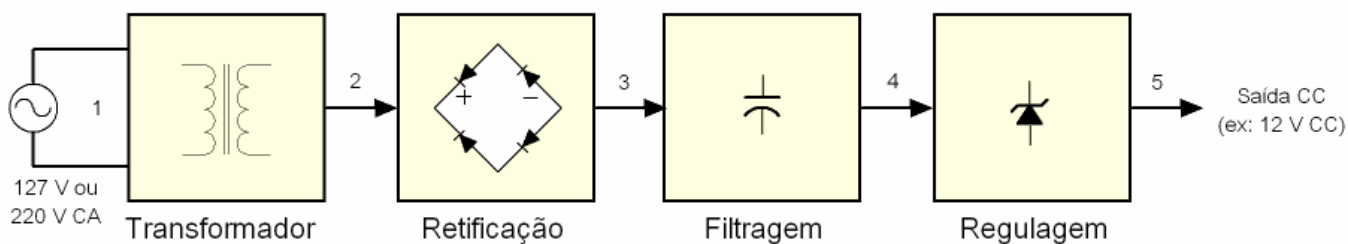


Figura 1: Diagrama em bloco de uma fonte de alimentação linear.

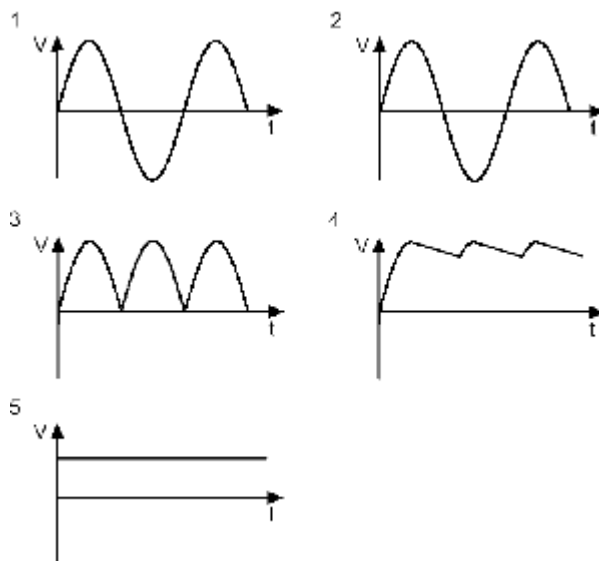


Figura 2: Formas de ondas encontradas em uma fonte de alimentação linear.

Embora fontes de alimentação lineares trabalhem muito bem para aplicações que exigem pouca potência – telefones sem fio e consoles de videogames são duas aplicações que podemos citar –, quando uma alta potência é requerida, fontes de alimentação lineares podem ser literalmente muito

grandes para a tarefa.

O tamanho do transformador e a capacitância (e o tamanho) do capacitor eletrolítico são inversamente proporcionais à frequência de entrada da tensão alternada: quanto menor a frequência da tensão alternada maior o tamanho dos componentes e vice-versa. Como fontes de alimentação lineares ainda usam os 60 Hz (ou 50 Hz, dependendo do país) da frequência da rede elétrica – que é uma frequência muito baixa –, o transformador e o capacitor são muito grandes.

Além disso, quanto maior a corrente (ou seja, a potência) exigida pelo circuito, maior é o transformador da fonte de alimentação.

Construir uma fonte de alimentação linear para PCs seria loucura, já que ela seria muito grande e muito pesada. A solução foi o uso de um chaveador de alta frequência.

Em fontes de alimentação chaveadas em alta frequência a tensão de entrada tem sua frequência aumentada antes de ir para o transformador (50 a 60 KHz são valores típicos). Com a frequência da tensão de entrada aumentada, o transformador e o capacitor eletrolítico podem ser bem menores. Este é o tipo de fonte de alimentação usada nos PCs e em muitos outros equipamentos eletrônicos, como videocassetes. Tenha em mente que “chaveada” é uma forma reduzida para “chaveada em alta frequência”, não tendo nada a ver se a fonte tem ou não uma chave liga/desliga.

A fonte de alimentação usada nos PCs utiliza uma abordagem ainda melhor: ela é um sistema de laço fechado. O circuito que controla o transistor chaveador monitora as saídas da fonte de alimentação, aumentando ou diminuindo o ciclo de trabalho da tensão aplicada ao transformador de acordo com o consumo do micro (esta técnica é chamada PWM, Modulação por Comprimento de Pulso). Ciclo de trabalho é a divisão entre o tempo em que uma forma de onda quadrada fica em 0 ou em 1. Em uma onda quadrada simétrica o ciclo de trabalho é de 50%. Uma onda com ciclo de trabalho de 33% ficaria 1/3 do tempo em “1” e 2/3 do tempo em “0”. A fonte de alimentação reajusta o seu ciclo de trabalho dependendo do consumo do dispositivo conectado a ela. Quando seu micro não está consumindo muita potência, a fonte de alimentação reajusta o seu ciclo de trabalho para fornecer menos corrente, fazendo com que o transformador e todos os outros componentes dissipem menos potência, o que reduz o calor gerado.

As fontes de alimentação linear são configuradas para fornecer a potência máxima, mesmo se o circuito que esteja conectado a ela não esteja exigindo muita corrente. O resultado é que todos os componentes trabalham em sua capacidade máxima, mesmo que não seja necessário. O resultado é a geração de muito calor.

Diagrama de uma Fonte de Alimentação Chaveada

Na Figura 3 você pode ver o diagrama em blocos de uma fonte de alimentação chaveada usada nos PCs com o recurso PWM.

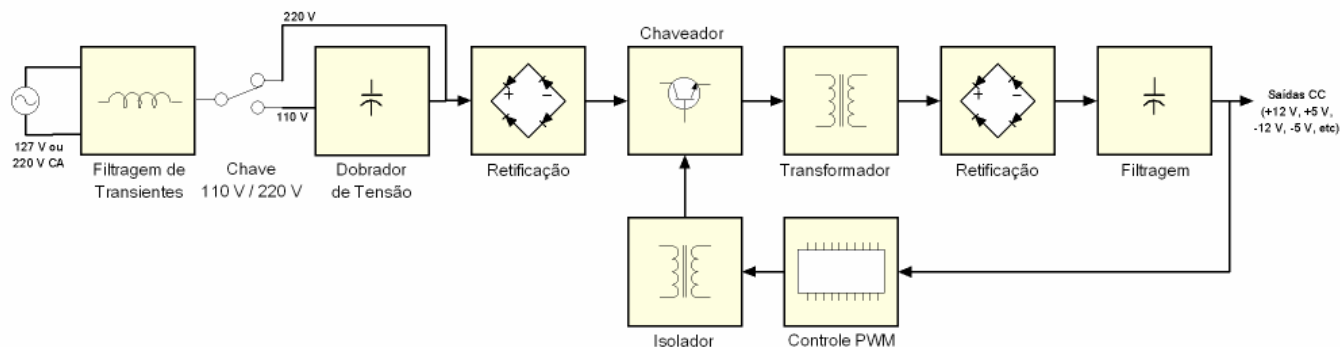


Figura 3: Diagrama em bloco de uma fonte de alimentação chaveada com o recurso PWM.

Este é um diagrama muito básico. Não incluímos circuitos extras – como proteção contra curto-circuito, circuito stand-by, gerador do sinal power good, etc – para mantermos o diagrama simples de fácil entendimento. Na Figura 4 você pode ver o esquema detalhado de uma fonte de alimentação chaveada. Se você não entende de eletrônica, não se preocupe. Colocamos esta figura aqui para os leitores que querem informações mais aprofundadas sobre o funcionamento das fontes chaveadas.

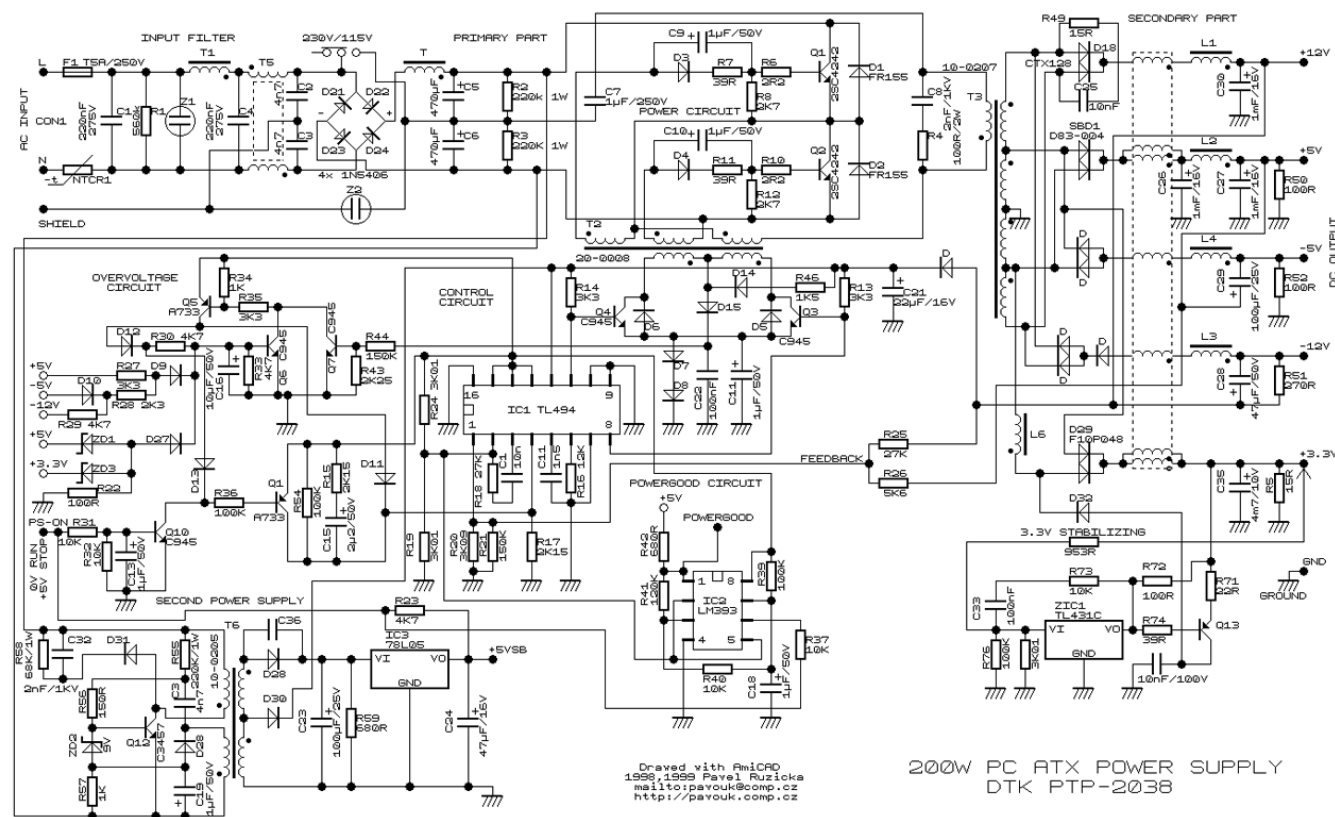


Figura 4: Diagrama esquemático de uma fonte de alimentação ATX.

Você pode estar se perguntando onde está o estágio de regulação de tensão nas Figuras 3 e 4. O circuito PWM faz a regulação de tensão. A tensão de entrada é retificada antes de passar pelos transistores de chaveamento, e o que eles enviam para o transformador é uma forma de onda quadrada. Dessa forma, o que temos na saída do transformador é uma forma de onda quadrada, não a forma de onda senoidal. Como a forma de onda já está quadrada é muito fácil transformá-la em tensão contínua. Então após a retificação depois do transformador, a tensão já estará contínua.

A realimentação usada para alimentar o circuito de controle PWM é a responsável por fazer toda a regulação necessária. Se a tensão de saída estiver errada, o circuito de controle PWM muda o ciclo de trabalho do sinal aplicado ao transistor de modo a corrigir a saída. Isto acontece quando o consumo do micro aumenta, situação onde a tensão de saída tende a diminuir, ou quando o consumo do micro diminui, situação onde a tensão de saída tende a aumentar.

Tudo o que você precisa saber antes de passar para a próxima página (e o que você pode aprender prestando atenção na Figura 3):

- Tudo antes do transformador é chamado “primário” e tudo após ele é chamado “secundário”.
- Se a chave 110 V / 220 V estiver configurada para 110 V, a fonte de alimentação usará um dobrador de tensão de modo a fazer com que a tensão esteja sempre por volta de 220 V antes da ponte retificadora.
- Nas fontes de alimentação dos PCs dois transistores em um configuração push-pull normalmente fazem o chaveador.
- A forma de onda aplicada ao transformador é quadrada. Assim, a forma de onda encontrada na saída do transformador é quadrada, não senoidal.
- O circuito de controle PWM – que é normalmente um circuito integrado – está isolado do primário através de um pequeno transformador. Algumas vezes, em vez de um transformador um optoacoplador (um pequeno circuito integrado contendo um LED e um fototransistor empacotados juntos) é usado.
- Como mencionamos, o circuito de controle PWM usa as saídas da fonte de alimentação para controlar como ele irá conduzir o transistor de chaveamento. Se a tensão de saída estiver errada, o circuito de controle PWM muda o ciclo de carga da forma de onda aplicada no transistor de chaveamento de modo a corrigir a saída.

Nas próximas páginas iremos explorar cada um desses estágios com figuras mostrando onde você pode encontrá-los dentro de uma fonte de alimentação.

Por Dentro de Uma Fonte de Alimentação

Ao abrir uma fonte de alimentação pela primeira vez (não faça isso com ela ligada na rede elétrica ou você poderá tomar um choque), você pode se sentir perdido ao tentar identificar seus componentes. Mas você reconhecerá pelo menos duas coisas: a ventoinha da fonte de alimentação e alguns dissipadores de calor.



Figura 5: Por dentro de uma fonte de alimentação de computador.

Mas você deve ser capaz de reconhecer facilmente os componentes que pertencem ao primário e secundário. Os dois maiores capacitores eletrolíticos pertencem ao dobrador de tensão – encontrando eles você localizará o primário. Os dois transistores de chaveamento estão presos ao dissipador de calor. O transformador principal é o maior transformador (esta fonte de alimentação tem três transformadores). Os vários capacitores eletrolíticos menores e bobinas pertencem à fase de filtragem – encontrando eles você localizará o secundário. Uma maneira fácil de encontrar o secundário e o primário é simplesmente seguir os fios da fonte de alimentação. Os fios de saída estão conectados ao secundário enquanto que os fios de entrada (aqueles que vêm da tomada) estão conectados ao primário, como você pode ver na Figura 6.



Figura 6: Localizando o primário e o secundário.

Falaremos agora sobre os componentes encontrados em cada estágio da fonte de alimentação.

Filtragem de Transientes

O primeiro estágio de uma fonte de alimentação para PCs é a filtragem de transientes. O componente principal deste estágio é chamado MOV (Varistor de Óxido Metálico) ou simplesmente varistor, que é o responsável por cortar os picos de tensão (transientes) encontrados na rede elétrica. Este é exatamente o mesmo componente encontrado nos filtros de linha. É por isso que os filtros de linha não servem para nada, já que todas as fontes de alimentação já possuem um varistor.

Além do MOV, você encontrará também uma bobina de ferrite e capacitores (cerâmicos e de poliéster) neste estágio. O filtro de transientes não apenas filtra os transientes oriundos da rede elétrica, mas também evita que o ruído gerado pelo transistor de chaveamento volte para a rede elétrica, que causaria interferência em outros equipamentos eletrônicos.

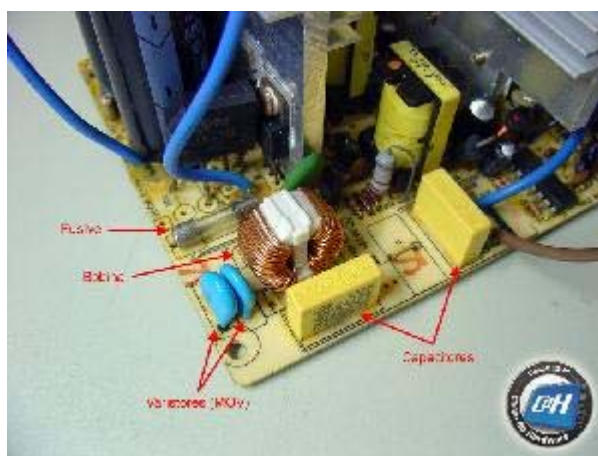


Figura 7: Componentes da filtragem de transientes.

Você deve também encontrar um fusível perto do filtro de transientes. Se o fusível estiver queimado, cuidado. Fusíveis não queimam sozinhos e um fusível queimado normalmente indica que um ou mais componentes da fonte de alimentação estão com defeito. Se você substituir o fusível, o novo provavelmente estourará logo após você ter ligado o micro.

Dobrador de Tensão e Retificador Primário

O dobrador de tensão utiliza dois grandes capacitores eletrolíticos. Desta forma os maiores capacitores encontrados em uma fonte de alimentação pertencem a este estágio. Como mencionamos, o dobrador de tensão é usado apenas se você conectar sua fonte de alimentação na tensão elétrica de 127 V.



Figura 8: Capacitores eletrolíticos do dobrador de tensão.



Figura 9: Capacitores eletrolíticos do dobrador de tensão removidos da fonte de alimentação.

Próximo aos dois capacitores eletrolíticos você encontrará uma ponte retificadora. Esta ponte pode ser feita por quatro diodos ou por um único componente, como você pode ver na Figura 10.



Figura 10: Ponte retificadora. No primário você encontrará também um termistor NTC, que é um resistor que muda sua resistência de acordo com a temperatura. Ele é usado para reconfigurar a fonte de alimentação após ela ter sido usada por um tempo e está quente. NTC significa Coeficiente de Temperatura Negativa (Negative Temperature Coefficient).

Transistores Chaveadores

As fontes de alimentação dos PCs normalmente utilizam dois transistores chaveadores em configuração push-pull. Esses transistores possuem um dissipador de calor, já que eles são transistores de potência e produzem muito calor. Como em nossa fonte de alimentação os transistores estavam localizados atrás dos dois grandes capacitores eletrolíticos do dobrador de tensão, nós removemos os capacitores para você ter uma idéia de como os transistores são. Como você pode ver nas figuras abaixo, eles são pretos e têm três terminais.



Figura 11: Localização dos transistores chaveadores.



Figura 12: Os transistores chaveadores.

Transformadores e Circuito de Controle PWM

Fontes de alimentação ATX típicas têm três transformadores. O maior deles é o mostrado no diagrama em blocos (Figura 3), onde seu primário está conectado aos transistores chaveadores e seu secundário está conectado aos diodos de retificação e circuitos de filtragem que fornecem as saídas da fonte de alimentação (+12 V, +5 V, -12 V, -5 V, etc). O segundo transformador é um transformador isolador, responsável por conectar o circuito de controle PWM aos transistores chaveadores (descrito como “isolador” em nosso digrama em blocos). O terceiro transformador, que não incluímos em nosso diagrama em blocos, é usado para gerar a saída +5VSB (esta saída é gerada por um circuito independente, não sendo conectada ao secundário do transformador principal, ver Figura 4).



Figura 13: Transformadores da fonte de alimentação.

O circuito de controle PWM é feito por um circuito integrado, normalmente o TL494 (em nossa fonte de alimentação foi usado um circuito compatível, o DBL494). Um outro circuito integrado é normalmente usado nas fontes de alimentação para gerar o sinal power good. Falaremos mais sobre ele a seguir.



Figura 14: Circuito de controle PWM.

O Secundário

Finalmente, o estágio secundário. Na Figura 15 você pode ter uma visão geral dele. Aqui você pode ver um circuito integrado responsável pela geração do sinal power good. Normalmente fontes de alimentação usadas nos PCs utilizam um LM339 ou um circuito equivalente.

Você encontrará vários capacitores eletrolíticos (bem menores que outros encontrados no dobrador de tensão) e várias bobinas. Eles são responsáveis pelo estágio de filtragem.



Figura 15: Estágio secundário da fonte de alimentação.

Para uma melhor visualização cortamos todos os fios e removemos as duas bobinas de filtragem maiores. Na Figura 16 você pode ver os pequenos diodos usados na retificação das tensões de -12 V e -5 V , que fornece uma corrente menor (e, conseqüentemente, uma potência menor) do que as demais saídas ($0,5\text{ A}$ cada nesta fonte de alimentação específica). As outras tensões de saída fornecem correntes acima de 1 A , requerendo diodos de potência para realizar a retificação.



Figura 16: Diodos de retificação para tensões de -12 V e -5 V .

Na Figura 17 podemos ver com mais clareza os componentes que estão conectados ao dissipador de calor encontrado no estágio secundário. Da esquerda para direita, você pode encontrar:

- Um circuito integrado regulador de tensão – apesar dele ter três terminais e se parecer com um transistor, ele é um circuito integrado. No caso de nossa fonte de alimentação este circuito era um 7805 (regulador de 5 V), responsável por regular a saída $+5\text{ VSB}$. Como mencionamos anteriormente, esta saída usa um circuito independente da linha padrão de $+5\text{ V}$ (veja na Figura 4 para um melhor entendimento). O 7805 pode fornecer até 1 A .
- Um transistor de potência MOSFET para regular a saída de $+3,3\text{ V}$. No caso de nossa fonte de alimentação este transistor era o PHP45N03LT, que suporta até 45 A . (A fonte de alimentação mostrada na Figura 4 usava um componente diferente – um circuito integrado TL431C – para esta função; tenha em mente que o esquema mostrado na Figura 4 não é o da fonte de alimentação que desmontamos).

- Um retificador de potência, que é simplesmente dois diodos montados juntos no mesmo encapsulamento. No caso da nossa fonte de alimentação o retificador usado era um STPR1620CT, que pode suportar até 8 A para cada diodo (16 A no total). Este retificador é usado para a tensão de +12 V.
- Um outro retificador de potência. No caso de nossa fonte de alimentação o retificador usado era um E83-004, que pode suportar até 60 A. Este retificador de potência específico é usado para as tensões +5 V e +3,3 V. Como as tensões de +5 V e +3,3 V utilizam o mesmo retificador, suas correntes somadas não podem ser maiores do que a corrente máxima do retificador. Este conceito é chamado potência combinada. Em outras palavras, a tensão de +3,3 V é gerada a partir de uma tensão de +5 V; o transformador não tem saída de 3,3 V, diferentemente do que acontecem com todas as outras tensões fornecidas pela fonte de alimentação.

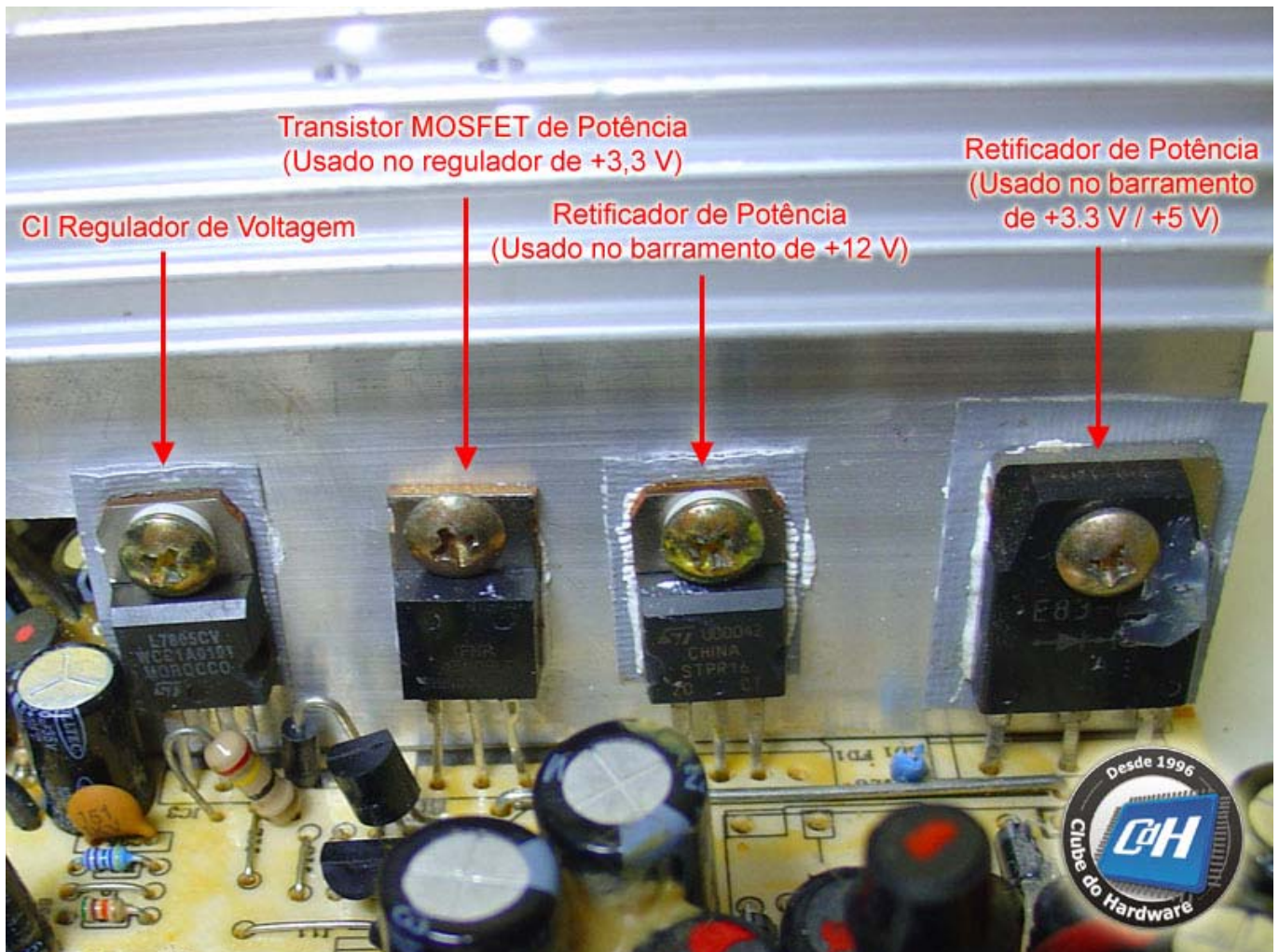


Figura 17: Componentes conectados ao dissipador de calor.

Note que as correntes máximas são apenas para os componentes. A corrente máxima que a fonte de alimentação pode fornecer dependerá de outros componentes que estão ligados a esses. Por exemplo, a corrente máxima rotulada para o barramento de +12 V da fonte de alimentação era 11,5 A, mas ela usa um retificador de 16 A. A mesma coisa acontece com o barramento de +3,3 V/+5 V, que tem uma corrente combinada de 44 A, mas usa um retificador de 60 A.

Podemos encontrar algumas discrepâncias interessantes. No rótulo desta fonte de alimentação, por exemplo, diz que a saída +5VSB pode fornecer uma corrente de 1,5 A (ou 7,5 W, $P = V \times I$). Incrivelmente com os componentes usados nesta fonte de alimentação podemos facilmente verificar que isto é impossível, uma vez que a saída +5VSB é fornecida pelo regulador 7805, que só pode fornecer até 1 A. Desta forma, a potência máxima correta para a tensão de +5VSB desta fonte de alimentação é 5 W, não 7,5 W.

Você pode estar se perguntando porque a tensão de +3,3 V tem um regulador de tensão e as outras

não. A forma de onda encontrada na saída do transformador é quadrada, não senoidal. Assim, após passar pelos diodos de retificação, já temos uma tensão contínua sem a necessidade de regulação de tensão. A saída de +3,3 V necessita de um circuito extra porque esta tensão é gerada a partir da saída de +5 V e não de um transformador separado, como acontece com outras saídas.

Na verdade, todas as saídas são reguladas, mas em vez de usar um circuito integrado regulador de tensão, elas utilizam o circuito de controle PWM. O circuito de controle PWM é alimentado com as tensões de +5V e +12V. Se essas tensões aumentarem ou diminuírem, o circuito de controle PWM muda o ciclo de trabalho da forma de onda que controla os transistores chaveadores de modo a aumentar ou diminuir as tensões de saída para seus níveis corretos. Como os transistores chaveadores operam em alta frequência, esta correção é feita em microssegundos.