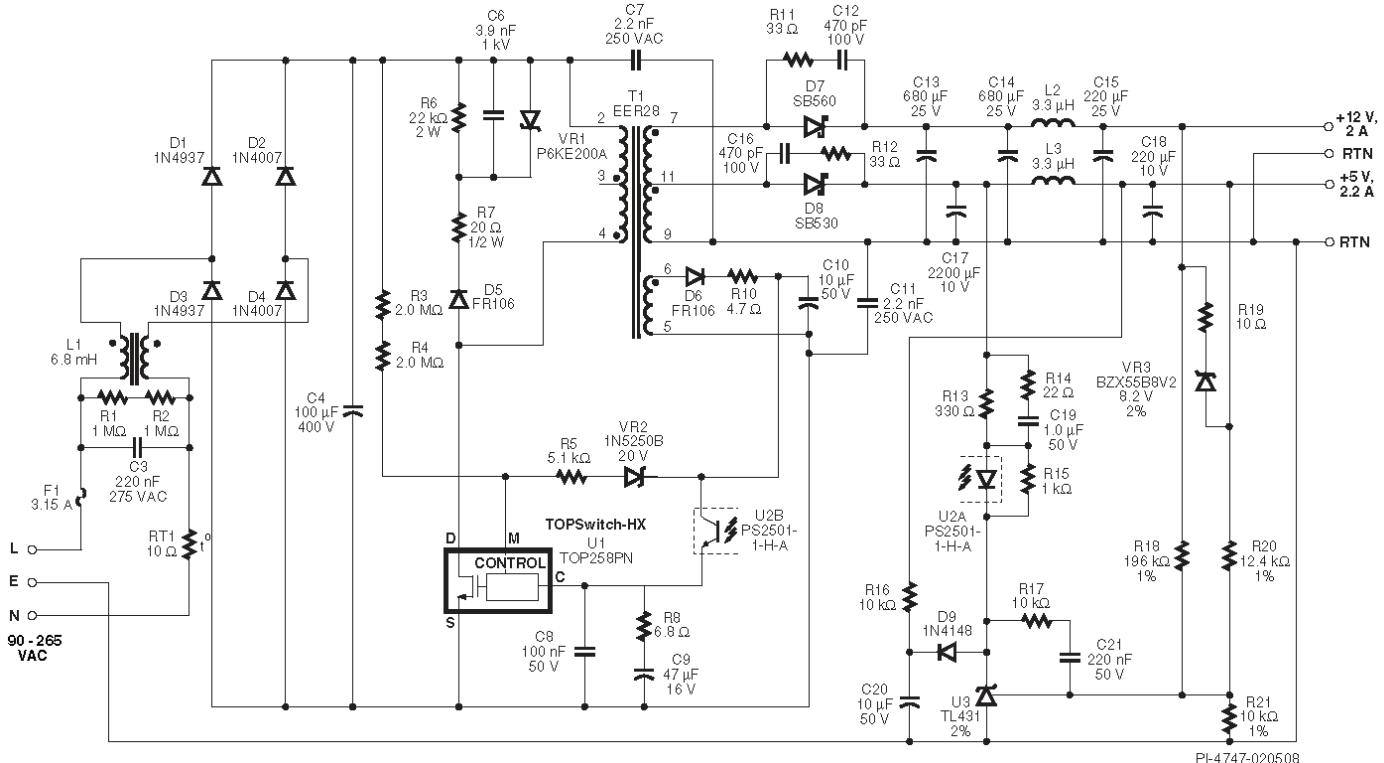


Maratona das Fontes Chaveadas – Fev/2025

Tema: Fontes Chaveadas Topologia FlyBack

Aula 1 – Circuito Principal



As fontes chaveadas existem para converter a tensão alternada em tensão contínua, e no nível necessário para o equipamento que vai alimentar. Por exemplo: Se um equipamento precisa de 12Vdc, ela terá uma saída estável e confiável de 12Vdc. As fontes chaveadas, além de serem mais estáveis que fontes lineares, possuem rendimentos superiores a 90%, enquanto as fontes lineares não passam de 60% (quando muito bem projetadas).

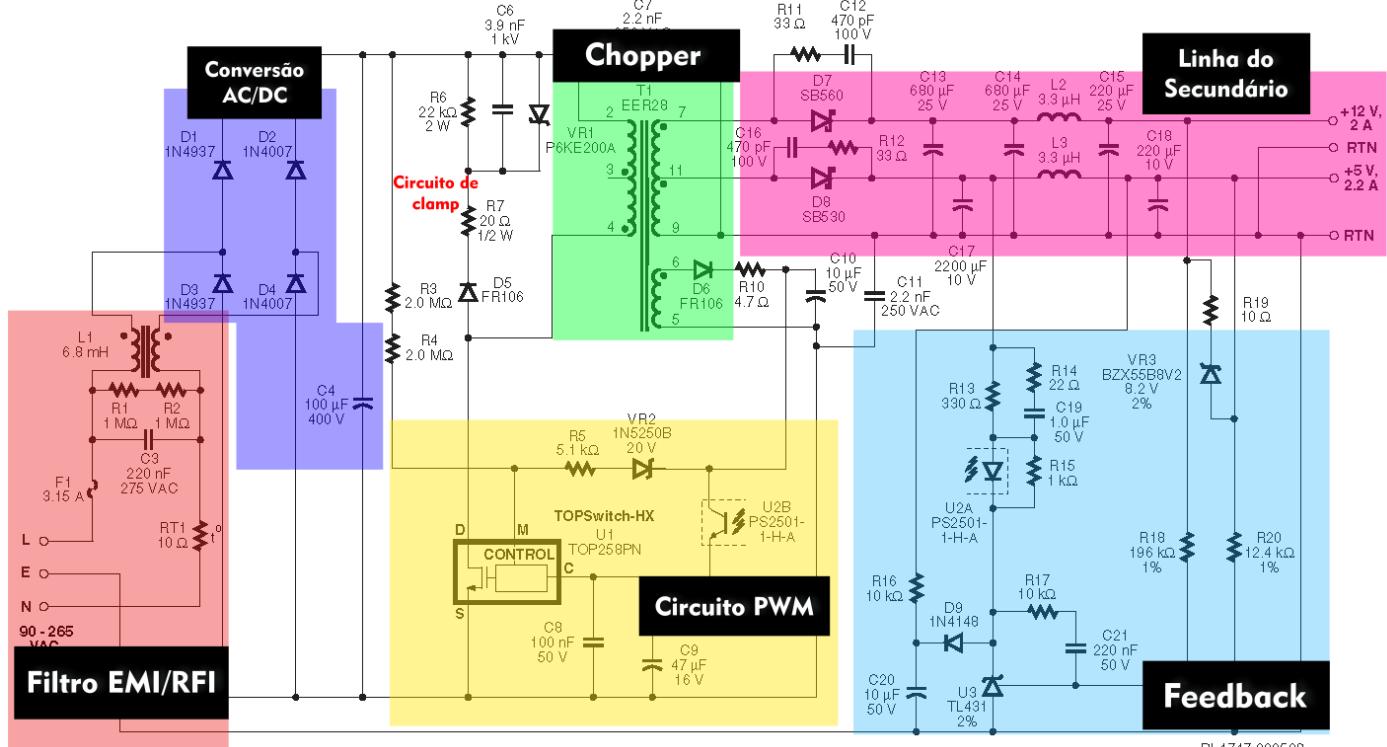
Por serem circuitos que são econômicos e estáveis, são amplamente utilizados nos equipamentos. Atualmente, cerca de 98% dos equipamentos utilizam fontes chaveadas para a conversão de CA para CC e, cerca de 80% dos problemas que os equipamentos enfrentam, estão ligados ao circuito de fonte chaveada. Exatamente por isso que existe uma demanda gigantesca para conserto deste tipo de circuito e, por ser um circuito complexo que demanda muitos conhecimentos em eletrônica, não existem muitos técnicos capacitados para realizar tais reparos.

O grande erro que muitos cometem quando vão consertar os circuitos, é tentar enxergar o circuito como um todo. Isso é um erro que dificulta e até impede que o técnico consiga realizar o reparo de maneira rápida e com louvor. Exatamente por isso que devemos enxergar a placa por blocos.



Existem inúmeros circuitos dentro de uma fonte chaveada, mas devemos enxergá-los por blocos, isso facilita o diagnóstico do problema e permite uma visualização mais específica da placa.

A fonte chaveada, possui basicamente os seguintes blocos:



Filtro EMI/RFI: Filtra sinais ruidosos emitidos pela fonte chaveada a fim de proteger a rede elétrica e, ao mesmo tempo, protege contra possíveis sinais ruidosos que podem vir através da rede elétrica.

Conversão AC/DC: Converte o sinal alternado da entrada em um sinal contínuo para que o circuito de PWM e o transformador Chopper consigam trabalhar.

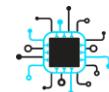
Chopper: Tem o papel de ser chaveado e transferir energia controlada do primário para o secundário da fonte. Ele tem como circuito auxiliar o circuito de clamp, que protege os circuitos do primário contra os efeitos do chaveamento do chopper.

Circuito de PWM: Através da modulação por largura de pulsos, tem o papel de controlar o acionamento e desacionamento do transformador chopper, ao mesmo tempo que recebe informações da saída da fonte.

Linha do secundário: Faz a retificação, filtro e estabilização da tensão para a saída da fonte.

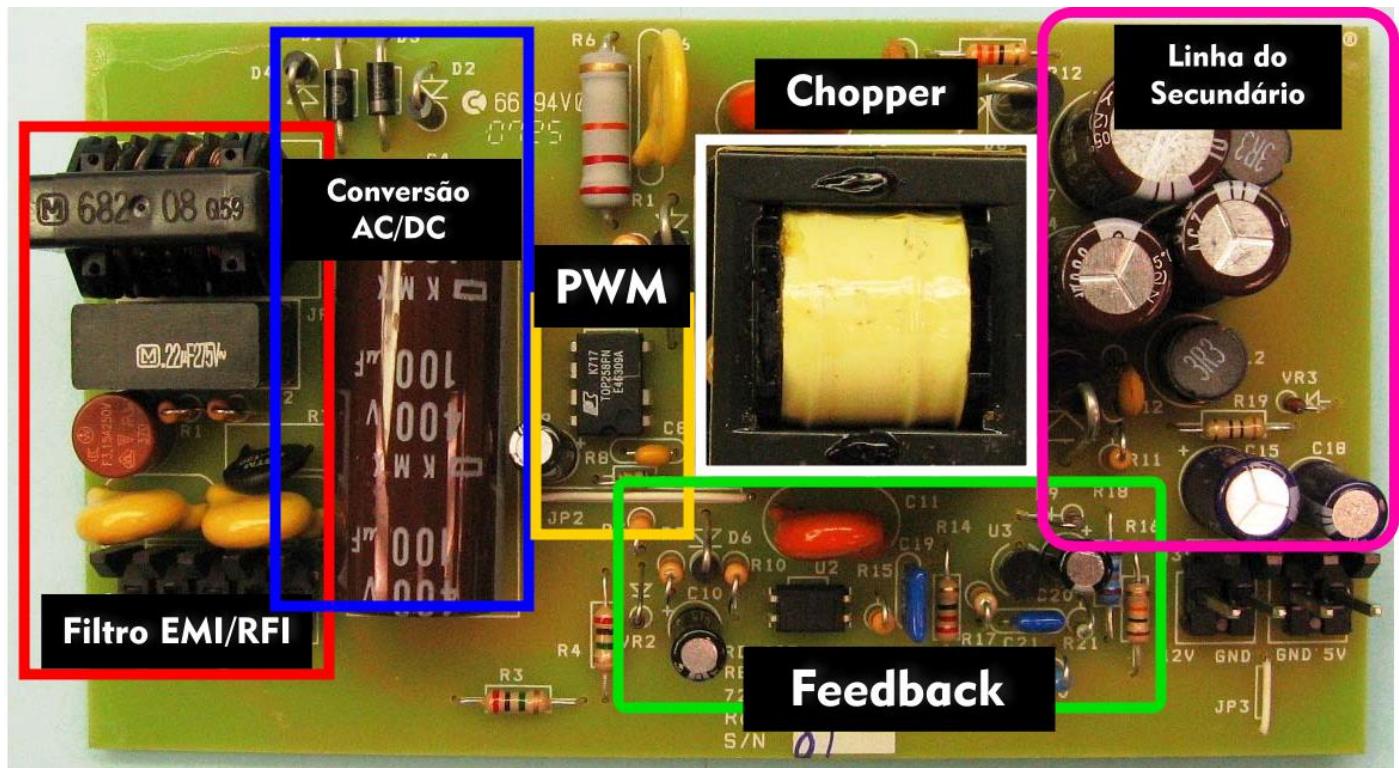
Feedback: Monitora os níveis de energia da saída da fonte e transmite esses dados para o circuito PWM. Com essas informações, o PWM sabe se chaveia mais ou menos.

OBS: Existem componentes e circuitos adjacentes que veremos ao longo do intensivo/Módulo One.



OBS 2: Esses blocos são os básicos de uma fonte chaveada topologia FlyBack. Existem outras topologias de fontes chaveadas que veremos adiante.

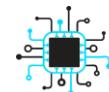
Blocos Básicos na placa:



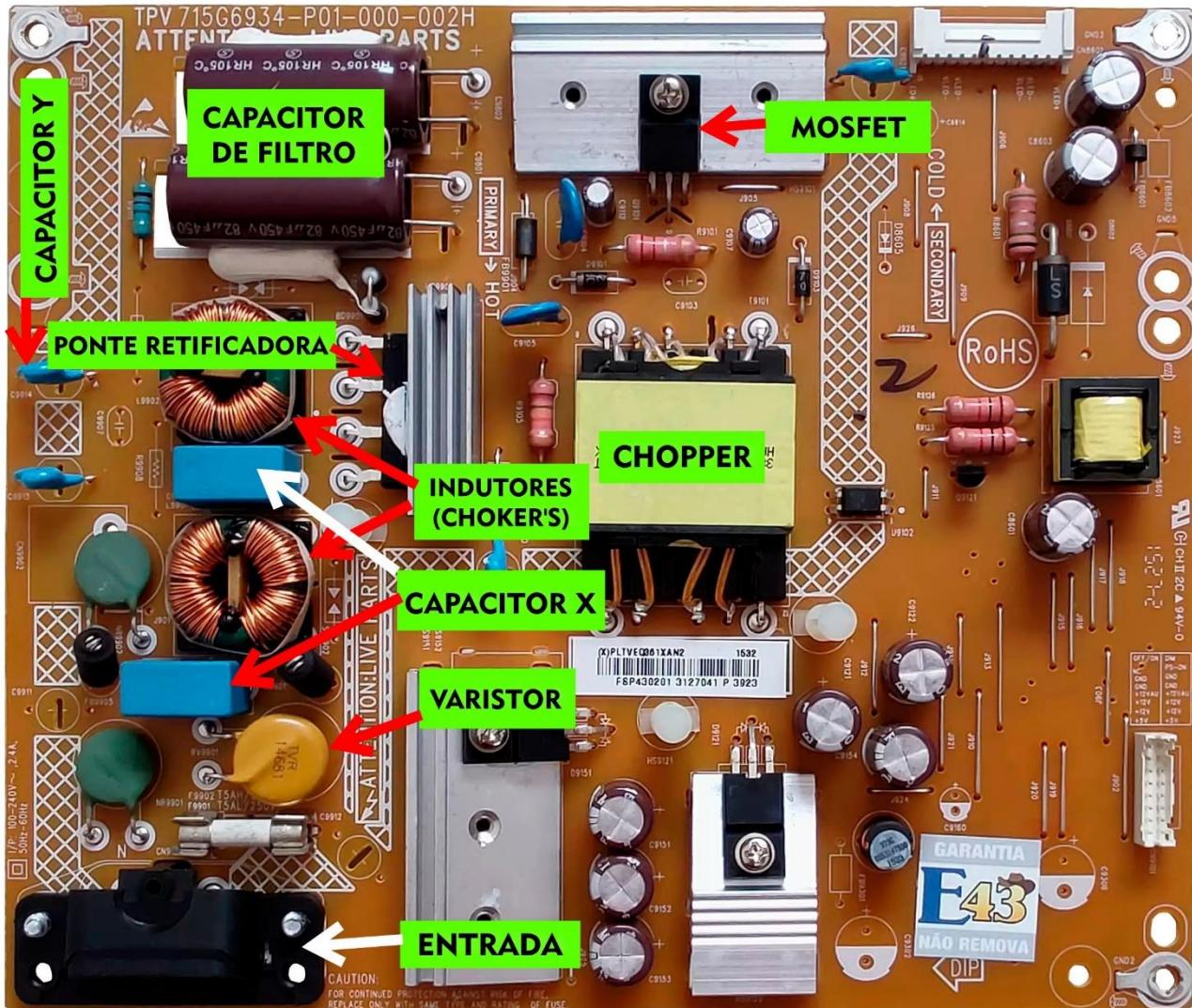
Entender e saber identificar esses blocos, vai levar uma compreensão maior deste circuito ainda que a placa que você pegue tenha algumas diferenças, componentes a mais ou componentes a menos.

Lembrando que, além de identificar esses blocos, também precisamos saber reconhecer os componentes que tem neles e saber a função desses componentes no circuito. Desta maneira, o diagnóstico de defeitos fica mais simples e focalizado, dispensando que você fique testando todos os componentes da placa.

Se você conserta circuitos tentando adivinhar ou chutando qual componente está com problemas, chegou a hora de mudar isso.



Nas marcações abaixo, você consegue identificar alguns componentes do primário citados na aula de ontem:



Varistor: Monitora a tensão de entrada e, em caso de algum surto da rede, ele protege o circuito.

Capacitores X e Y: Fazem a filtragem dos ruídos provenientes da fonte e também da rede elétrica.

Indutores (Chokers): Fazem a filtragem de ruídos específicos provenientes da fonte e da rede elétrica.

Ponte retificadora: Faz a conversão do sinal AC para DC. Pode ser encontrada integrada, como na imagem acima, ou com 4 diodos. Em pontes trifásicas, você pode encontrar mais de 4 diodos.

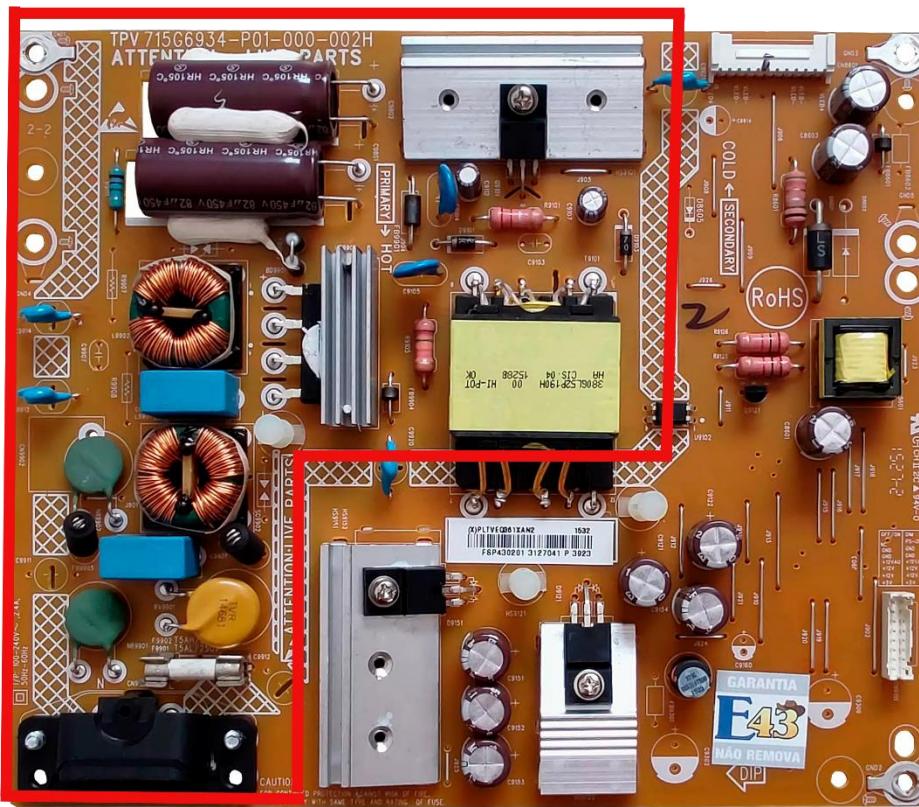
Capacitores de filtro: Estabilizam o sinal após a conversão do sinal AC para DC.

MOSFET: É usado em conjunto com o CI de PWM, fazendo o chaveamento do transformador chopper.

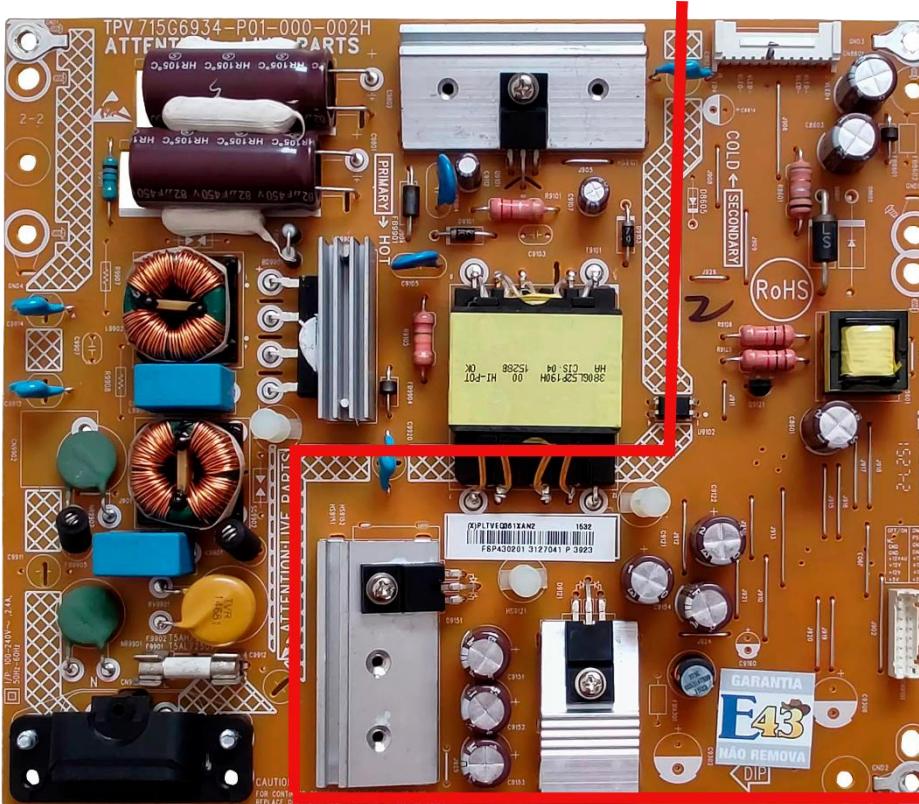
Chopper: Transformador CC que transfere energia do primário para o secundário.



Primário deste fonte chaveada:



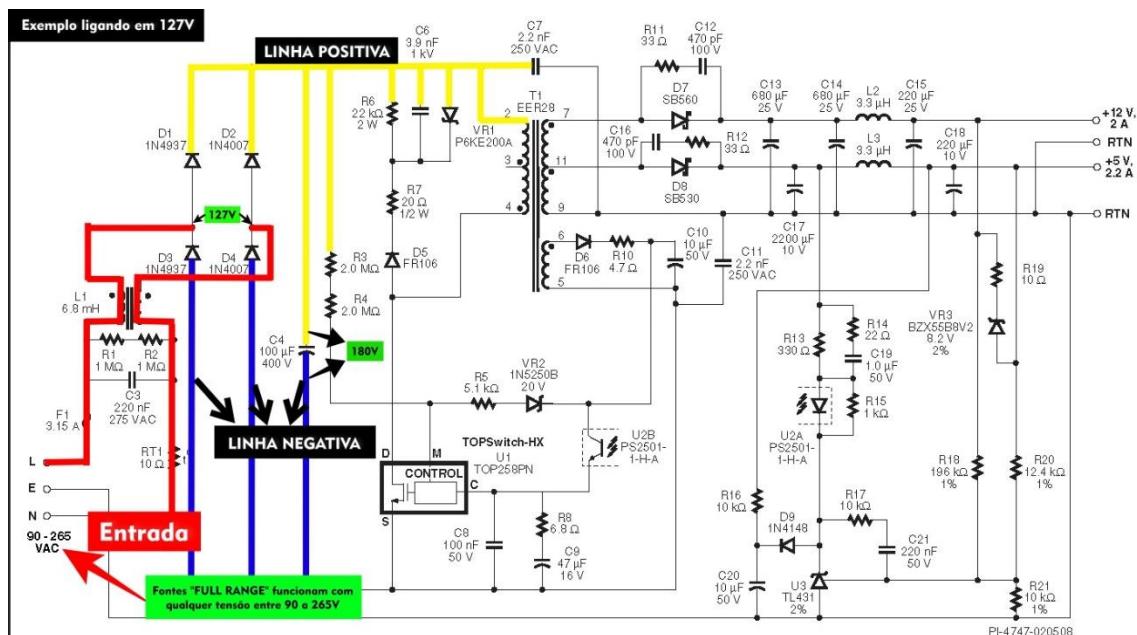
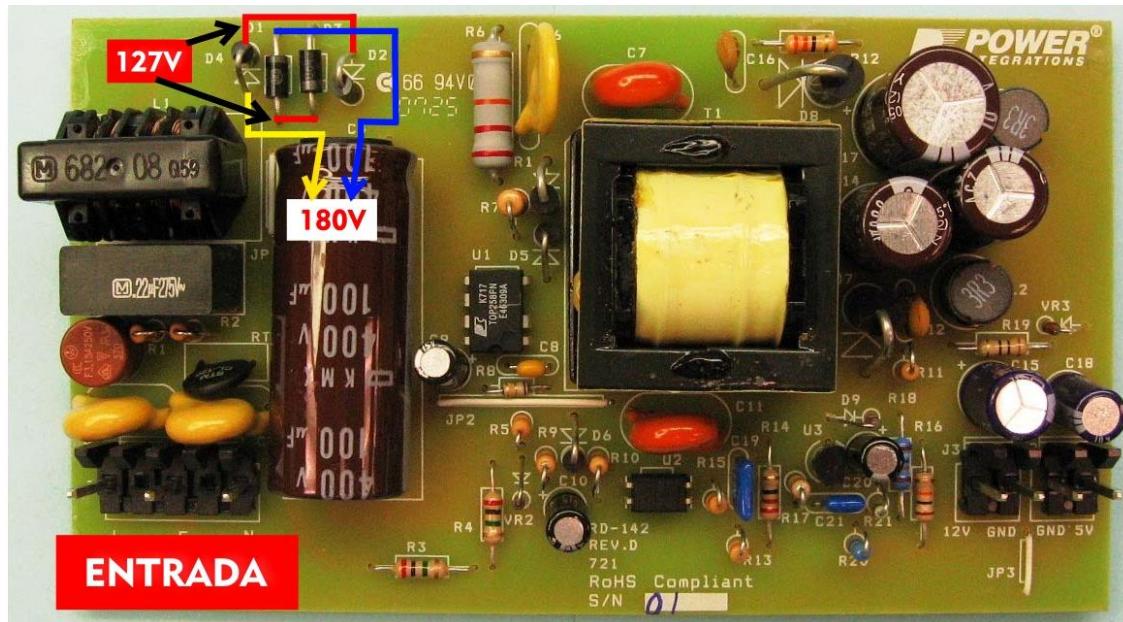
Secundário desta fonte chaveada:





Fevereiro de 2025

Níveis de tensões encontrados no primário do circuito apresentado:



*Se a ligação for em 220V, no lugar dos 180V no capacitor, seria cerca de 311V.

Se você perdeu a aula de ontem, neste link você consegue acessar a gravação dela:
<https://www.youtube.com/live/sT536-qy51U?si=FRwkFgfSkV36Tsm->

Nos vemos na próxima aula!!

Prof Mika



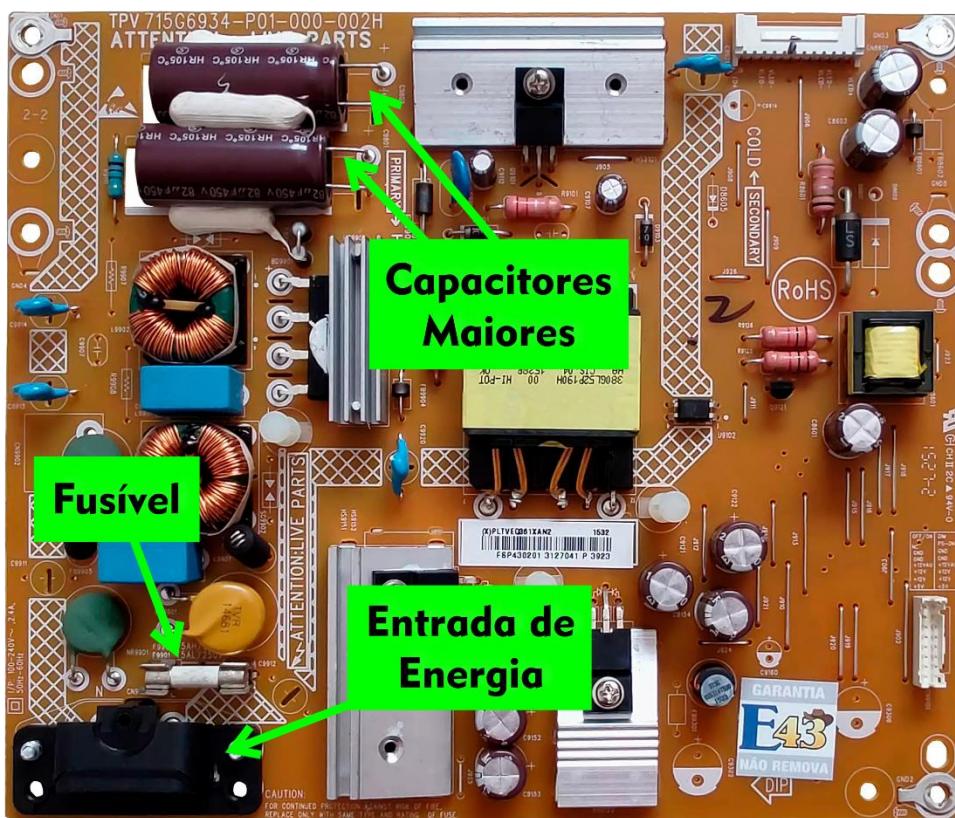
Maratona das Fontes Chaveadas – Fev/2025

Tema: Fontes Chaveadas Topologia FlyBack

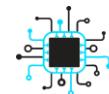
Aula 2 – Rastreio e reparo de defeitos no primário

O grande erro que muitos cometem quando vão consertar os circuitos, é ligar o modo loucura total e sair testando a placa inteira, chutando qual pode ser o defeito. Na aula foi apresentada uma técnica para isolar um possível curto que pode ocorrer no primário das fontes chaveadas.

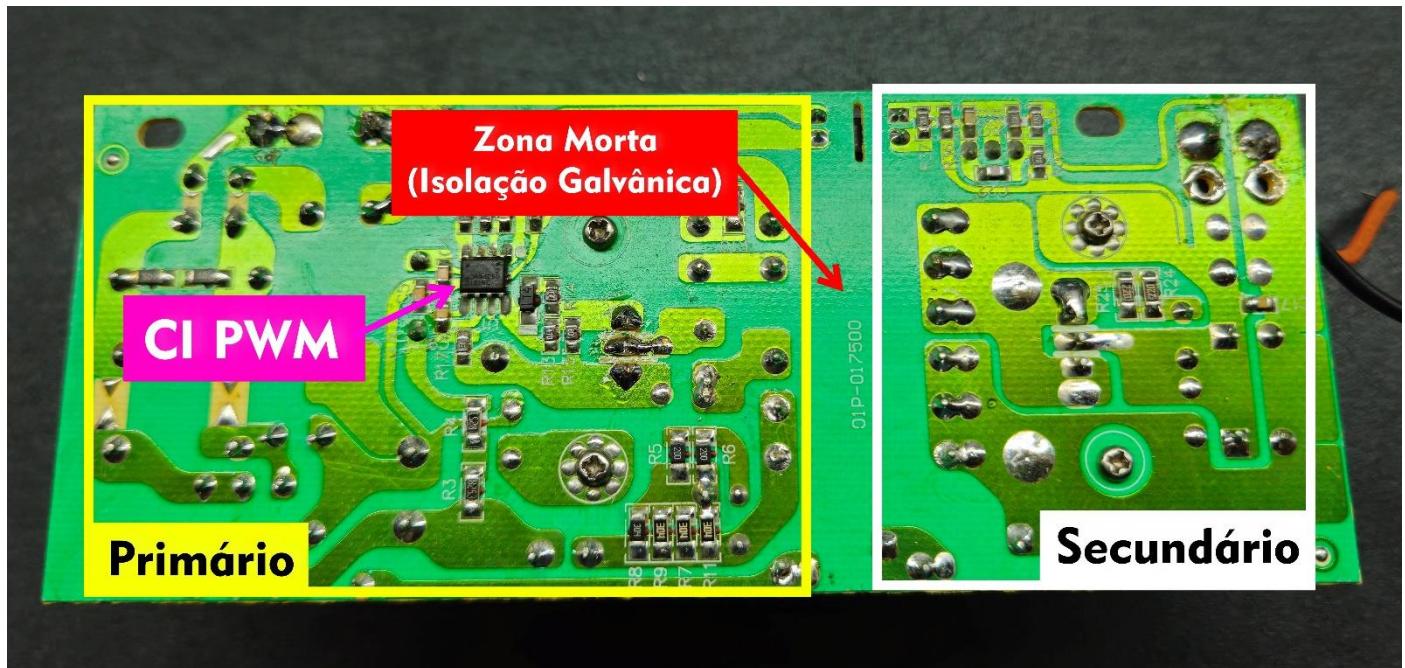
A primeira coisa que devemos fazer, é identificar o primário e o secundário:



O primário normalmente vai ter a entrada AC do circuito, os capacitores X e Y, os chokers, a ponte retificadora e os maiores capacitores eletrolíticos da placa.



Se a análise for por baixo da placa, você observará uma “zona morta” que não contém nem componentes e nem trilhas de cobre. Essa zona é a isolação galvânica da placa, que isola o circuito primário do circuito secundário.



No primário fica o CI de PWM e muitas vezes ele é soldado na parte debaixo da placa. Encontrando o CI, fica mais fácil identificar o primário da placa.

Identificando fuga no primário:

A fuga é como se fosse um “Semi-curto”. Enquanto um curto é uma ligação direta entre a linha positiva e a linha negativa de energia, a fuga é uma ligação intermediária que permite que tenha fluxo de corrente entre as linhas, fazendo com que a tensão do circuito caia.

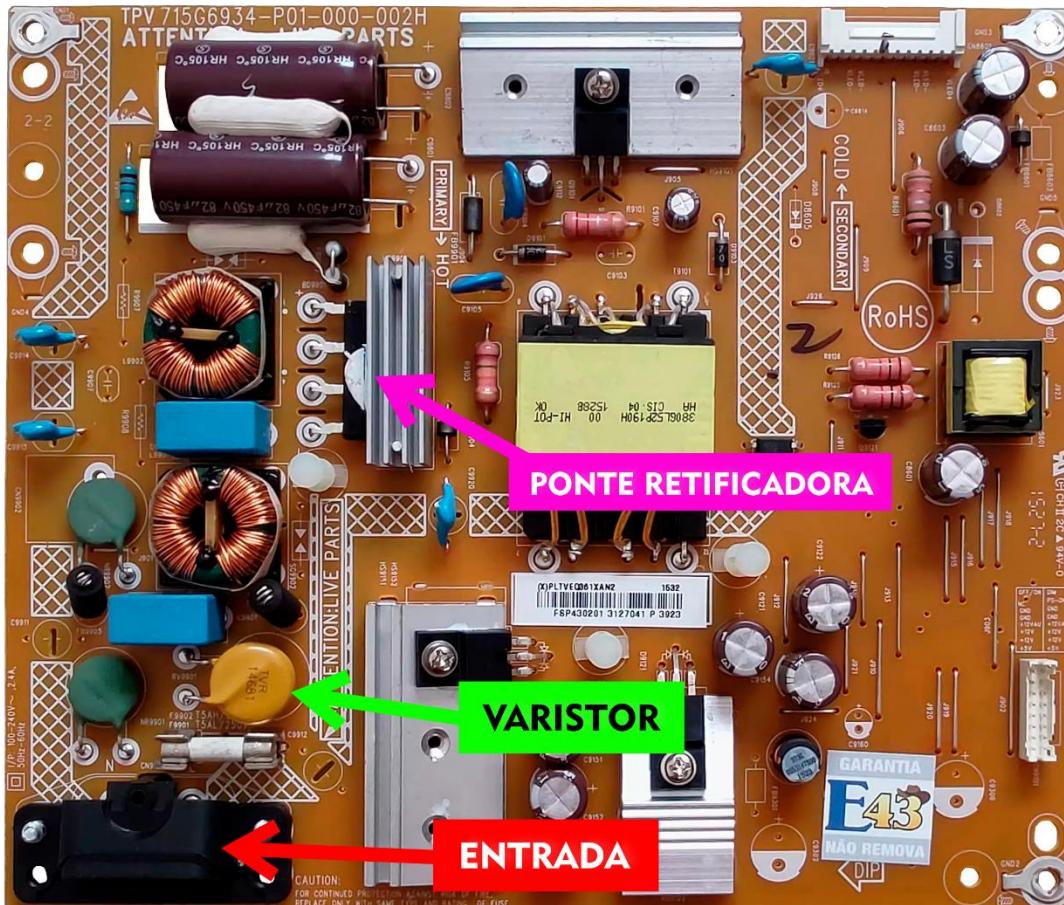
Nota¹: A tensão em um curto circuito é 0V.

Nota²: A corrente em um curto circuito tende ao infinito (corrente altíssima).

Nota³: A tensão em um circuito com fuga será diferente da tensão habitual. Exemplo: Se você alimentou a entrada de uma placa com 127V, se houver uma fuga severa, a tensão dessa linha tenderá a cair. Você encontrará 120V, 100V, 80V, mas nunca os 127V.



Existem várias maneiras de identificar fuga ou curto no primário, e uma delas é colocando o multímetro na escala de tensão alternada e medindo a tensão na entrada do circuito ou em algum componente em paralelo com a entrada, como um Varistor, por exemplo.



Se você constatar que está com fuga na linha, o ideal é testar primeiro o Varistor e a ponte retificadora. Em alguns casos, será necessário a remoção desses componentes da placa para um diagnóstico mais preciso.

Tem dúvida? Remova o componente da placa e teste-o. É melhor perder tempo testando um componente bom fora da placa e descartar a hipótese dele estar ruim do que ficar com dúvidas sobre o real estado dele.

Não fique titubeando isso na intenção de parecer o “bonzão” da eletrônica. Você não tem que parecer o bonzão, só precisa consertar a placa, ganhar seu dinheiro e ir para próxima.

Isso é trabalho, não competição.



Identificando curto no primário:

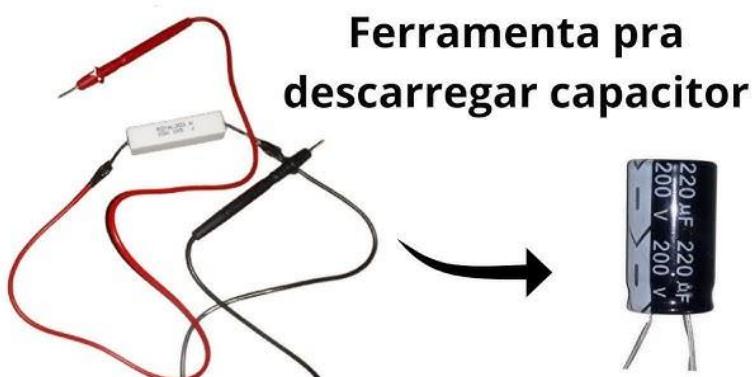
O curto no primário ou secundário são os diagnósticos mais fáceis no reparo de placas. Normalmente a tensão na linha será 0V e, no caso do primário o fusível estará queimado e, no caso do secundário, a fonte entrará em proteção.

As técnicas apresentadas abaixo são para solução de curto relacionadas ao primário.

Quando você pegar uma fonte com fusível queimado, jamais substitua o fusível e tenta ligar de uma vez. Antes, procure saber porque o fusível queimou. Se tiver curto na linha, o fusível vai queimar novamente.

Com base na aula ao vivo, os passos são os seguintes:

ANTES DE TUDO, DESCARREGUE O CAPACITOR!!!

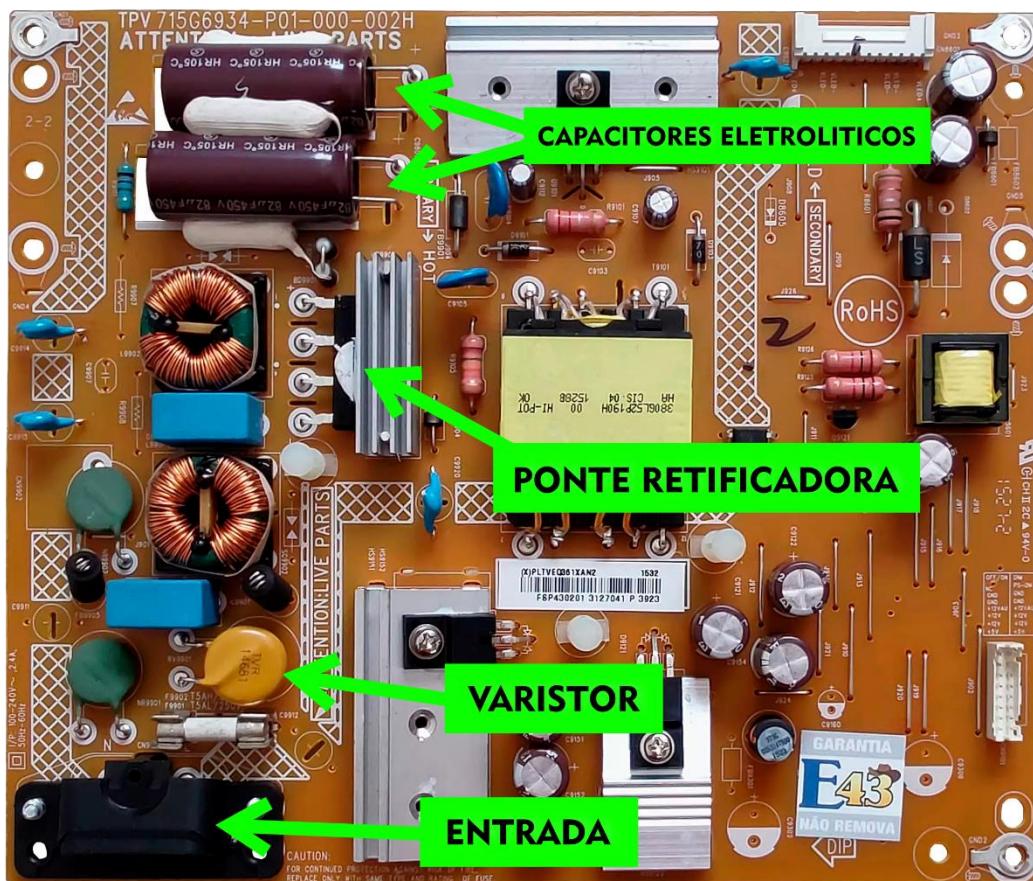


→ Use um resistor de 300ohms até 1.5k de 10W de potência.

Depois de feito isso, siga os passos abaixo:

1º: Troque o fusível.

2º: Teste se há curto antes e depois da ponte retificadora usando a escala de continuidade do multímetro. Lembrando que se a ponte retificadora estiver boa, o curto que acontece antes dele não é detectável nos componentes que estão após ela, o mesmo vale para o contrário: Se a ponte estiver boa e o curto for no capacitor eletrolítico, ele não será detectado na entrada do circuito pelo teste de continuidade.



3º: Caso não tenha curto nesses elementos, você pode ligar a placa normalmente. Mas nesses casos, recomendo que ligue usando uma lâmpada em série. Ela te ajudará a identificar algum curto que possa ter passado batido ou mesmo uma fuga severa que está além da capacidade do multímetro.

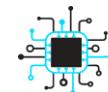
Se a lâmpada acender forte e ficar, é por que tem curto na linha.

Se a lâmpada acender e ficar no meio termo, pode indicar fuga na linha.

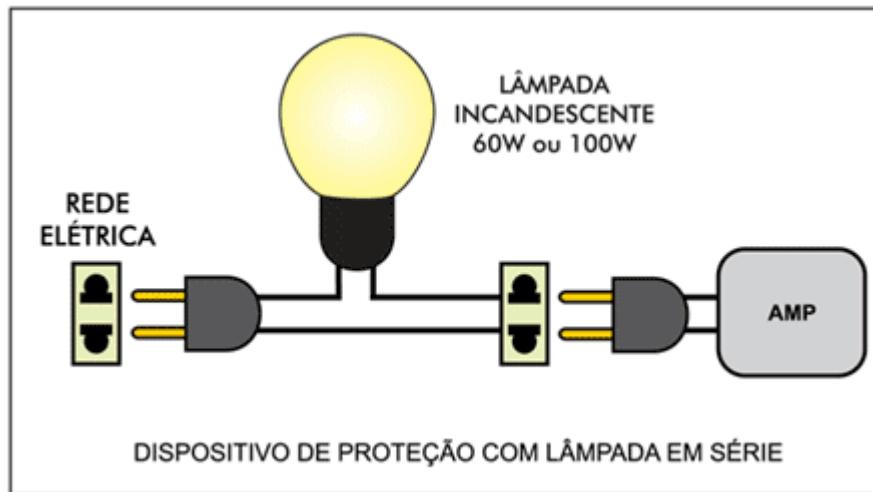
Se a lâmpada acender fraquinho, o funcionamento está normal.

É normal também a lâmpada ter um brilho inicial alto e depois reduzir.

Caso tenha dúvidas sobre os pontos de medição ou não se sinta seguro o suficiente só no teste de continuidade, utilize a lâmpada em série.



Veja abaixo o esquema de uma lâmpada em série:



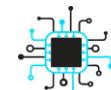
NOTA IMPORTANTE: Sempre descarregue os capacitores do primário sempre que energizar a placa com sucesso.

Observação: Algumas placas possuem mecanismos internos que fazem a descarga automática dos capacitores.

Após conseguir isolar o curto ou a fuga, o próximo passo é identificar o componente causador do problema.

Marquei na imagem abaixo os principais pontos de curtos e fugas do primário:





Lembrando que o CI de PWM também se inclui nesta lista. Mas neste caso, ele está na parte debaixo da placa e não foi possível fazer a marcação dele.

Outros componentes também podem ser causadores de curtos e fugas, e você deverá identificá-los no esquema elétrico e fazer os devidos testes.

Caso tenha dúvidas, revise a aula ao vivo e tente aplicar as técnicas para solidificar o aprendizado.

Replay da aula: <https://www.youtube.com/watch?v=wbKvwCuoDIY>

Na próxima aula, veremos a respeito do circuito de PWM.

Espero você na aula!

Prof Mika



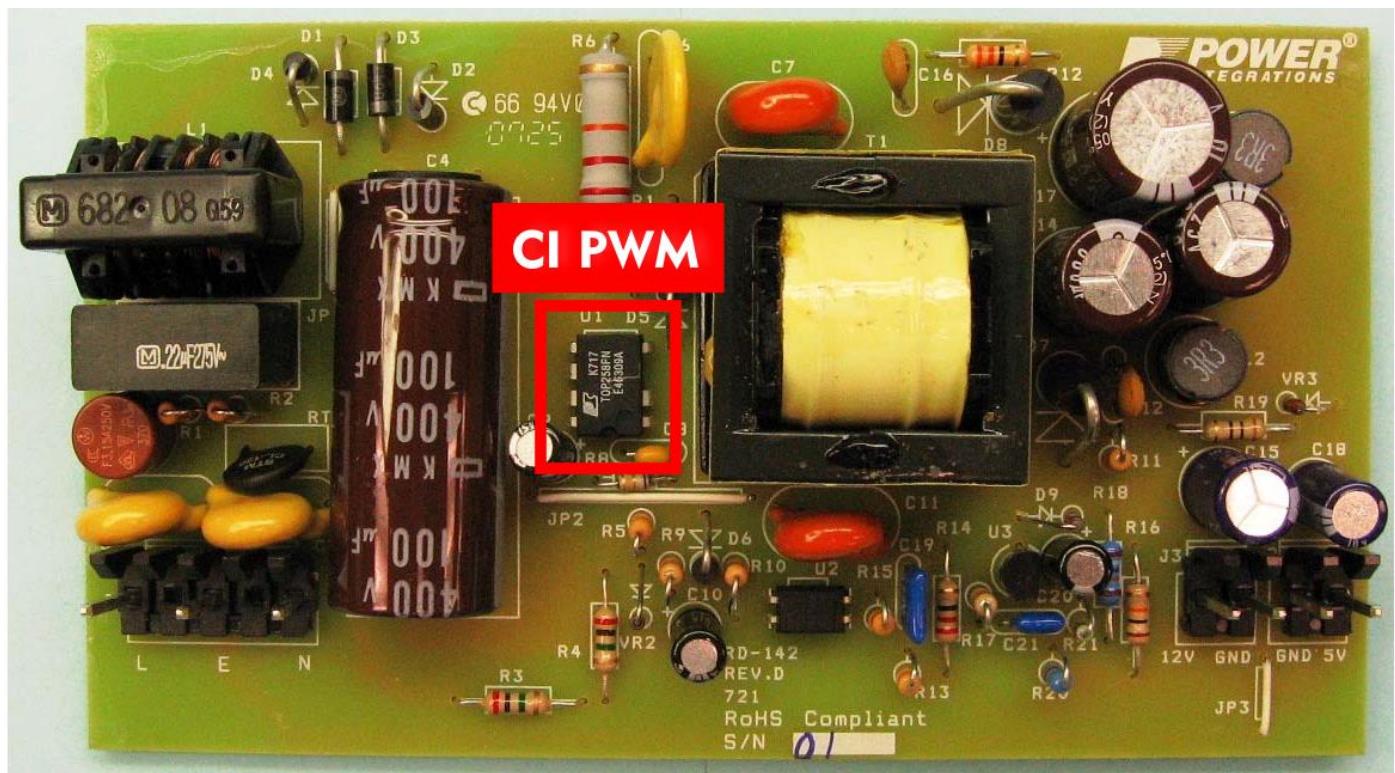
Maratona das Fontes Chaveadas – Fev/2025

Tema: Fontes Chaveadas Topologia FlyBack

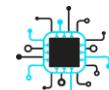
Aula 3 – Circuito de PWM

O circuito de PWM é a parte da fonte chaveada que faz tudo acontecer. Se fosse como em um time de futebol, ele seria o camisa 10. Ele faz o controle total da fonte chaveada, definindo a tensão de saída e recebendo informações o tempo inteiro a fim de manter o bom funcionamento do circuito como um todo.

O PWM normalmente é um circuito integrado que possui diversos elementos internos que fazem o controle do chaveamento do transformador chopper de acordo com os níveis de tensão e corrente que chegam nos terminais dele.



Cada CI de PWM possui suas próprias características. Alguns são SMDs e outros possuem tamanhos normais. Além disso, você pode encontrar eles com números de terminais distintos. O da imagem acima possui 7 terminais, mas existem de 3 terminais, 8 terminais, 15 terminais, etc.

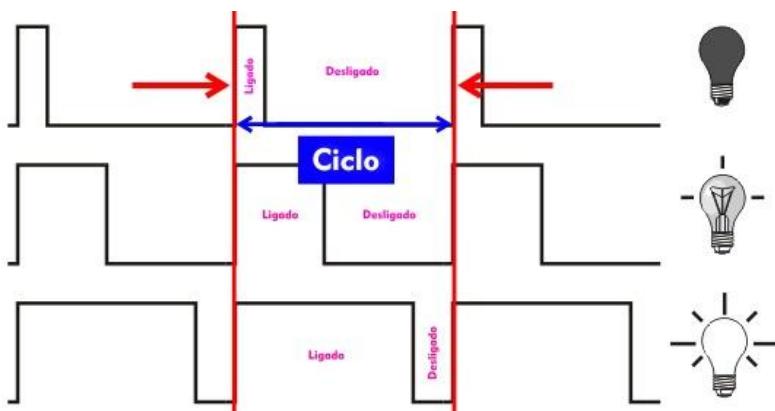


Para saber o que cada terminal faz, você precisará olhar no manual do CI PWM. Não tem como fugir desses manuais.

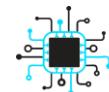
Como funciona o PWM?

O PWM é uma sigla que significa Pulse Width Modulation, que em tradução significa Modulação por Largura de Pulso. Basicamente, é um sinal digital emitido pelo CI de PWM que varia sua saída em 2 estados: Com tensão e sem tensão.

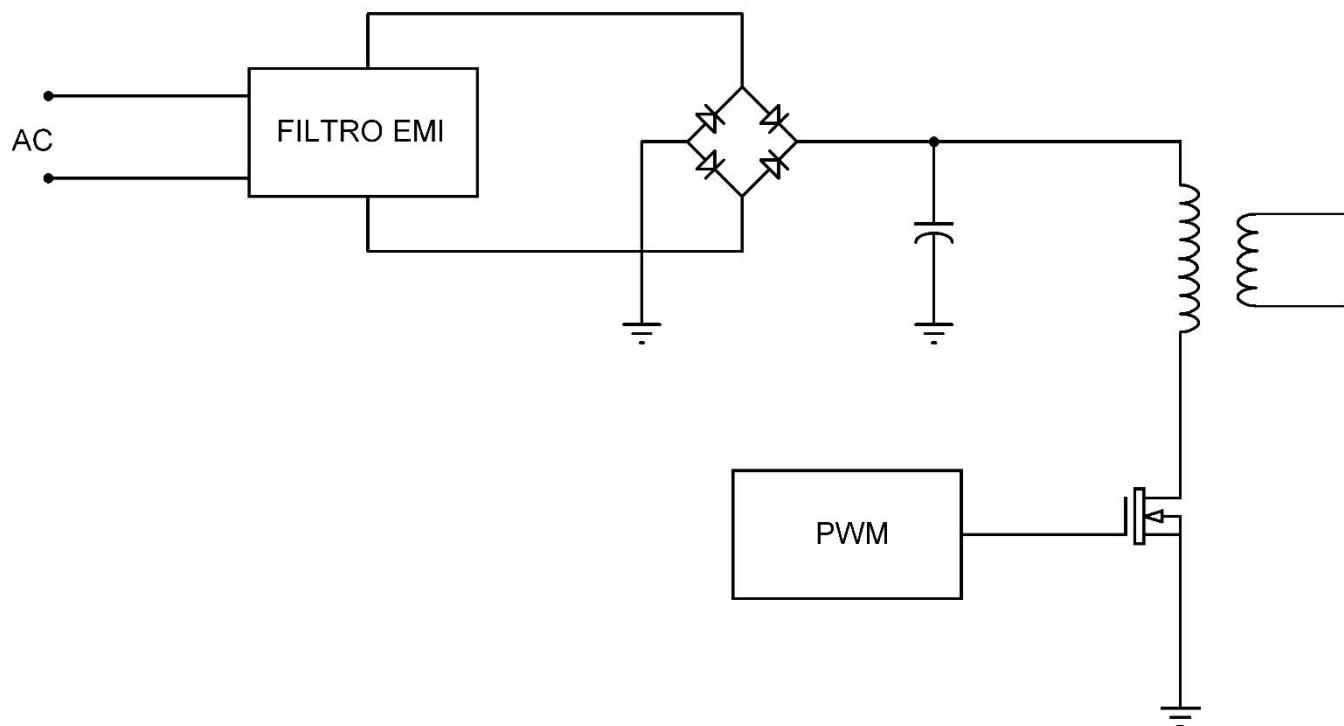
Quando a saída possui tensão, o que está ligado a ela é alimentado, podendo assim funcionar. Quando a saída não possui tensão, o que está na saída dela também é desligado. Sendo assim, se você deixar essa saída ligada mais ou menos tempo, você consegue controlar a potência entregue ao que está ligado a essa saída.



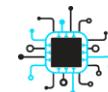
Repare na imagem acima, que os ciclos possuem o mesmo tamanho. O que muda é a quantidade de tempo que o ciclo está ligado e desligado e, de acordo com isso, a lâmpada terá mais ou menos potência para brilhar.



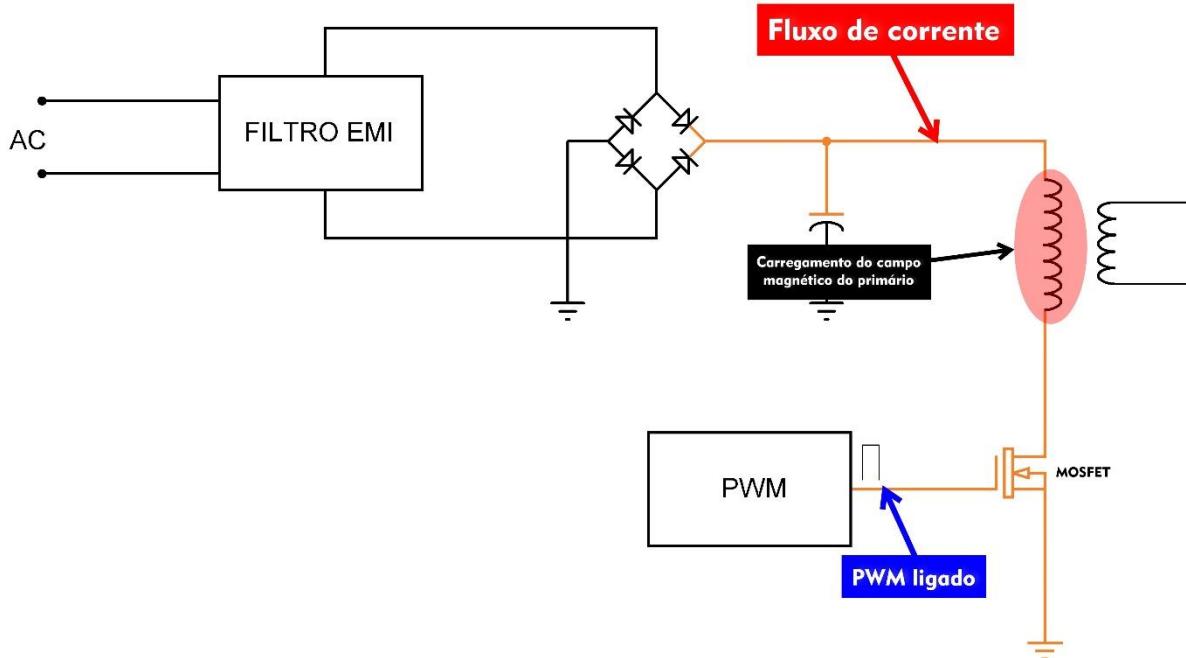
O PWM nas fontes chaveadas controla a quantidade de tempo que a bobina do primário ficará ligada e desligada. Se ela ficar muito tempo ligada, ela carregará mais energia magnética e, quanto mais energia magnética ela carregar, mais energia vai ser transferida para a bobina secundária quando o ciclo do PWM for desligado. Normalmente para esse chaveamento, utiliza-se mosfets ligados juntos ao CI de PWM para fazer o chaveamento do transformador chopper.



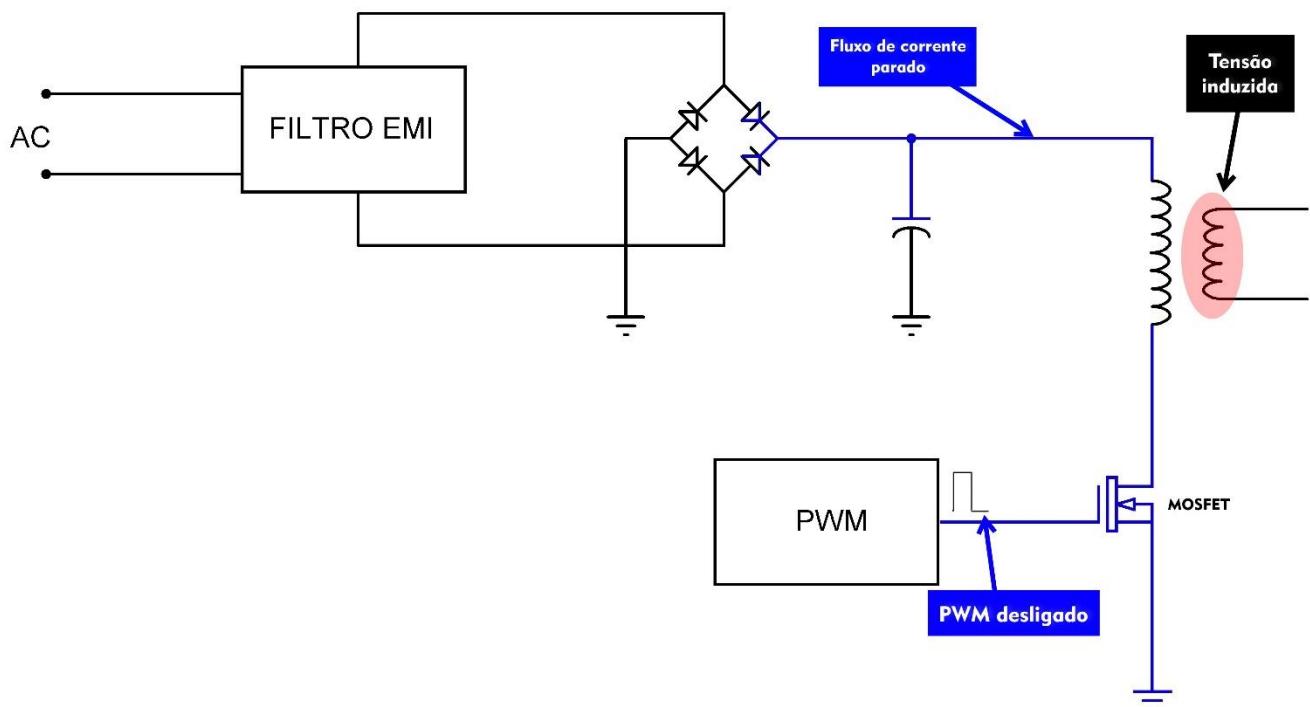
O MOSFET funciona como uma chave eletrônica controlada pelo PWM. Perceba que, quando o PWM fica ligado, o MOSFET se comporta como chave fechada e isso permite o fluxo de corrente na bobina primária do transformador, fazendo com que ele se carregue de energia magnética na mesma proporção em que ficou ligado.

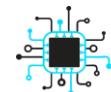


Na imagem abaixo conseguimos visualizar isso de maneira mais clara:



Quando o PWM vai para o estado desligado, a energia carregada no primário do chopper é transferida para o secundário, fazendo com que circuito do secundário tenha tensão e funcione.

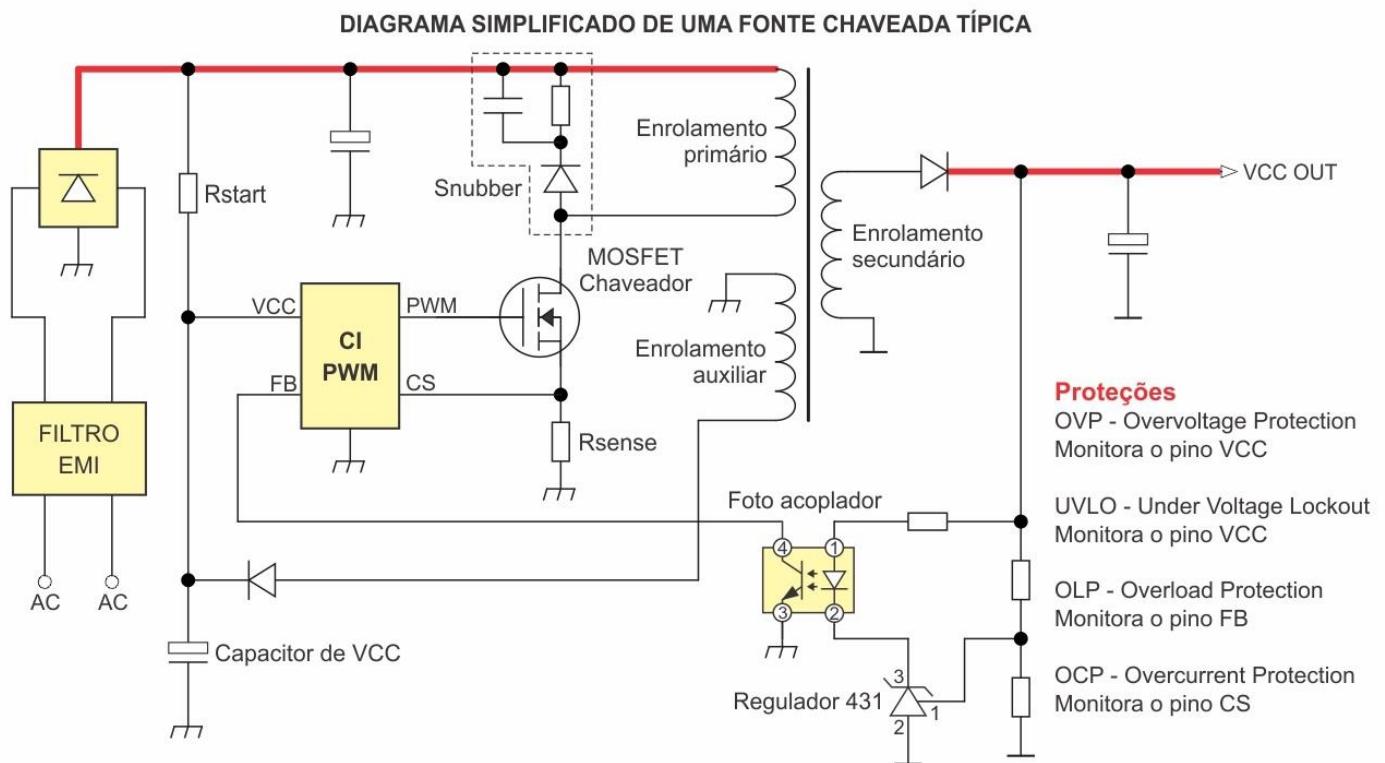




Lembrando que para o chopper transferir energia para o secundário, o campo magnético dele precisa estar em variação, isso é, aumentando ou diminuindo. Normalmente quando a energia magnética está aumentando, ela possui menos força de indução de tensão em outras bobinas se comparado a indução que ela causa quando o campo magnético está colapsando. Exatamente por isso e por alguns outros fatores magnéticos que levamos em conta o momento da descarga do campo magnético, que acontece quando o PWM vai para “desligado”.

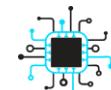
O circuito de PWM faz sentido nesse circuito pois a energia do chopper é continua, e se o PWM não ficasse ligando e desligando o chopper, ele não teria variação de campo magnético, não conseguindo assim, induzir tensão no secundário.

No esquema abaixo, vemos como o PWM atua em um esquema de uma fonte chaveada típica:



Uma explicação simples é que o CI PWM define a tensão de saída através do circuito de feedback, que é composto principalmente pelo regulador 431 e o fotoacoplador. De acordo com as informações recebidas pelo circuito de feedback e outras coletadas pelo circuito primário, ele consegue entender o que está acontecendo na fonte e acionar proteções caso necessário.

Dependendo do CI PWM, ele pode ter mais ou menos proteções. Existem inúmeras!



Caso tenha dúvidas, revise as aulas ao vivo e tente aplicar as técnicas para solidificar o aprendizado.

Replay da aula 1: https://www.youtube.com/live/sT536-qy51U?si=C2v5jUtBCB6op_84

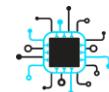
Replay da aula 2: <https://www.youtube.com/live/wbKvwCuoDIY?si=HoM4RV9UXKUAusGc>

Replay da aula 3: <https://www.youtube.com/live/9PHTpzOs1lg?si=hN6OlyuDjkmRjJw1>

Na próxima aula, veremos a respeito do circuito do secundário e Feedback.

Espero você na aula!

Prof Mika



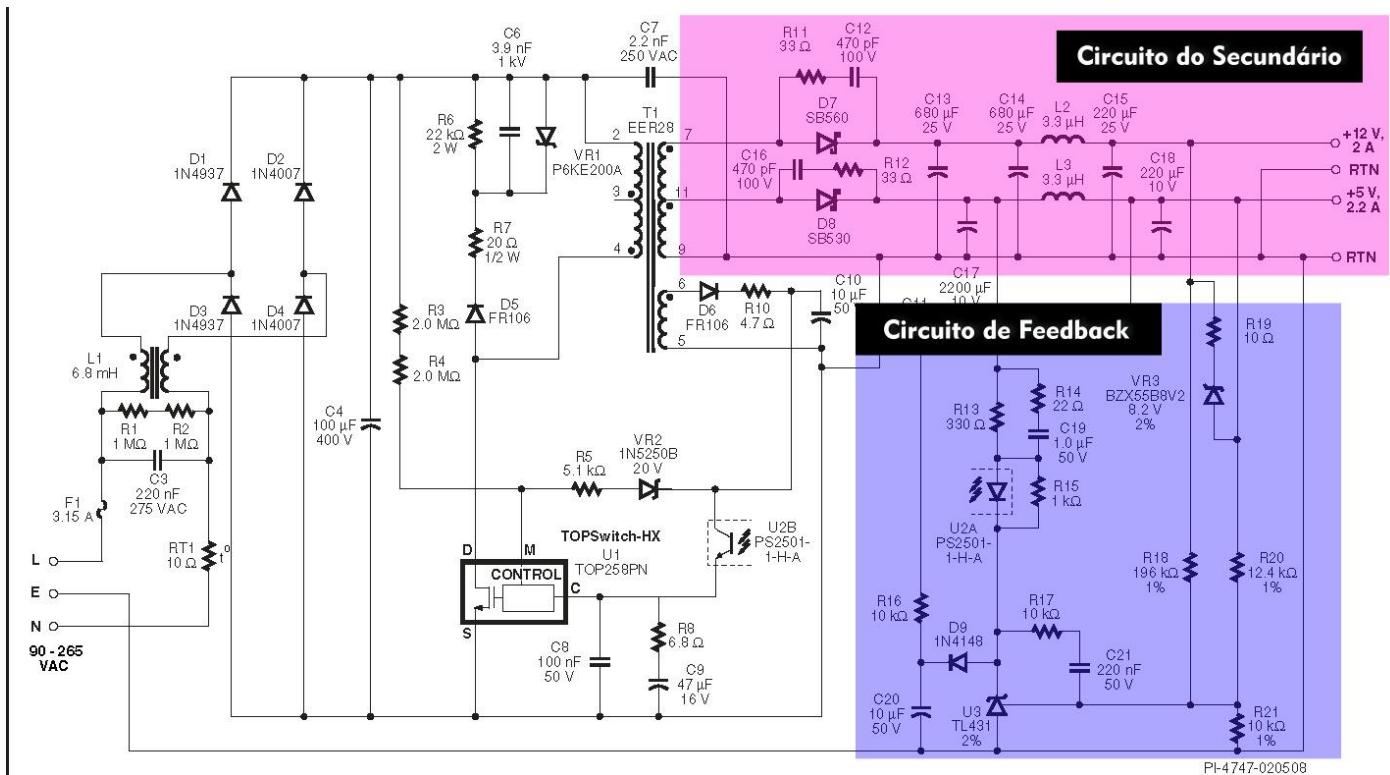
Maratona das Fontes Chaveadas – Fev/2025

Tema: Fontes Chaveadas Topologia FlyBack

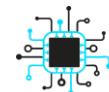
Aula 4 – Circuito de secundário e feedback

Chegamos a parte final da fonte chaveada: a parte do circuito de secundário e feedback! Cada um tem sua função no circuito e, sem eles, todos os circuitos anteriores seriam ineficazes.

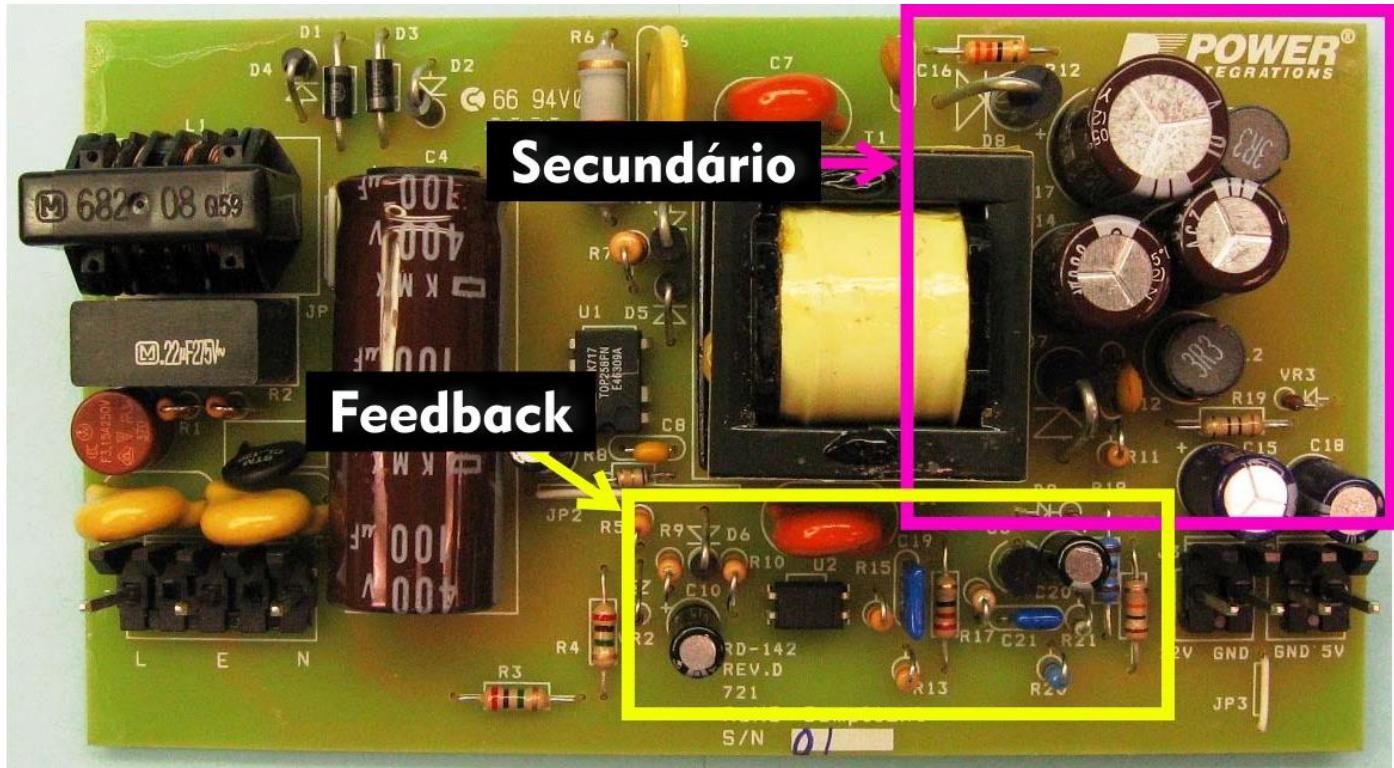
No esquema abaixo, conseguimos visualizar o circuito de secundário e o de feedback:



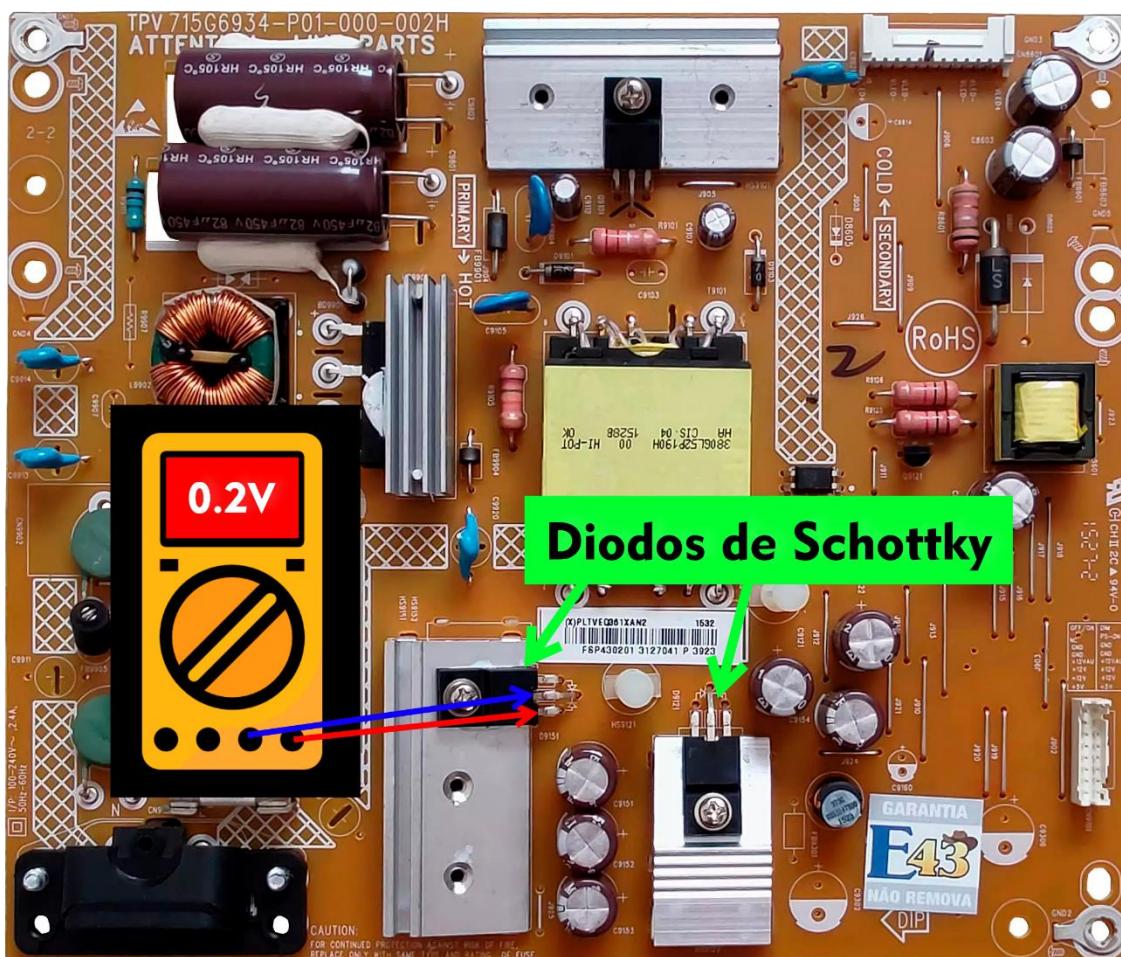
A depender do projeto da fonte, o circuito de secundário e feedback podem ter mais ou menos componentes e, além disso, podem estar dispostos de maneiras distintas. Por isso, é preciso aprender e entender como o circuito funciona para caso pegue fontes com esquemas diferentes, você saiba se adaptar com o aprendizado que adquiriu.



Na imagem abaixo, vemos a representação na placa do que foi marcado na imagem acima.

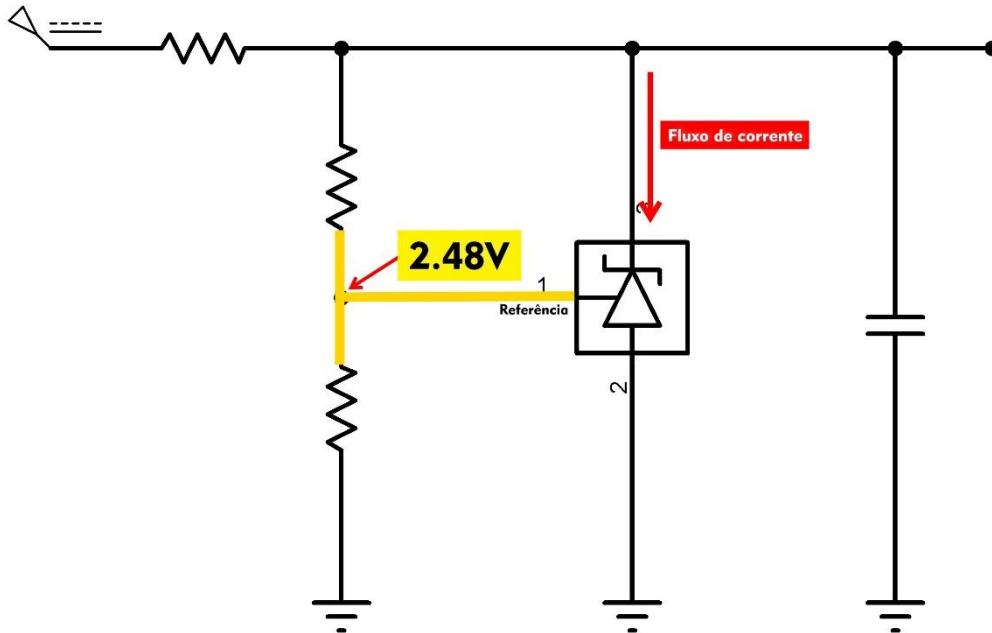
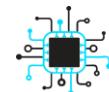


Os testes nos componentes do secundário são praticamente os mesmos dos componentes do primário, o que muda nesses componentes são os valores e a disposição, mas os testes são idênticos. Em capacitores você testa capacitância, curto, fuga e ESR. Em indutores você testa continuidade e, se possível, a indutância. Em diodos é o teste convencional, mas com uma diferença: É comum encontrar valores que não sejam os famosos 0.7V dos diodos convencionais, já que esses diodos na maioria das vezes são diodos rápidos ou diodos de schottky e esses componentes possuem tensões menores em suas junções. Então será bem comum você testar diodos e aparecer 0.2 ou 0.3V no multímetro.



O circuito de feedback possui 2 componentes essenciais para o funcionamento das fontes chaveadas: **O regulador controlado e o Optoacoplador**. Nos nossos esquemas, o regulador que usamos foi o **TL431** que é amplamente utilizado nas placas eletrônicas.

Ele é como se fosse um diodo zener que tem um terminal que controla o fluxo de corrente que passa por ele. Quando ele tem uma tensão de 2.48V (existe TL431 que sua tensão é 1.25V) em seu terminal de referência, a corrente começa a fluir entre os terminais anodo e catodo dele. Se a tensão neste terminal for menor, essa corrente tende a ser quase que desprezível e se essa tensão for maior que os 2.48V, a corrente aumentará proporcionalmente.

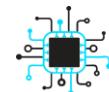


Nas fontes chaveadas, os 2 resistores do terminal de referencia forma uma divisor de tensão e calculamos esses resistores para ter exatamente 2.48V quando a tensão na saída da fonte chaveada está com a tensão que desejamos.

Por exemplo:

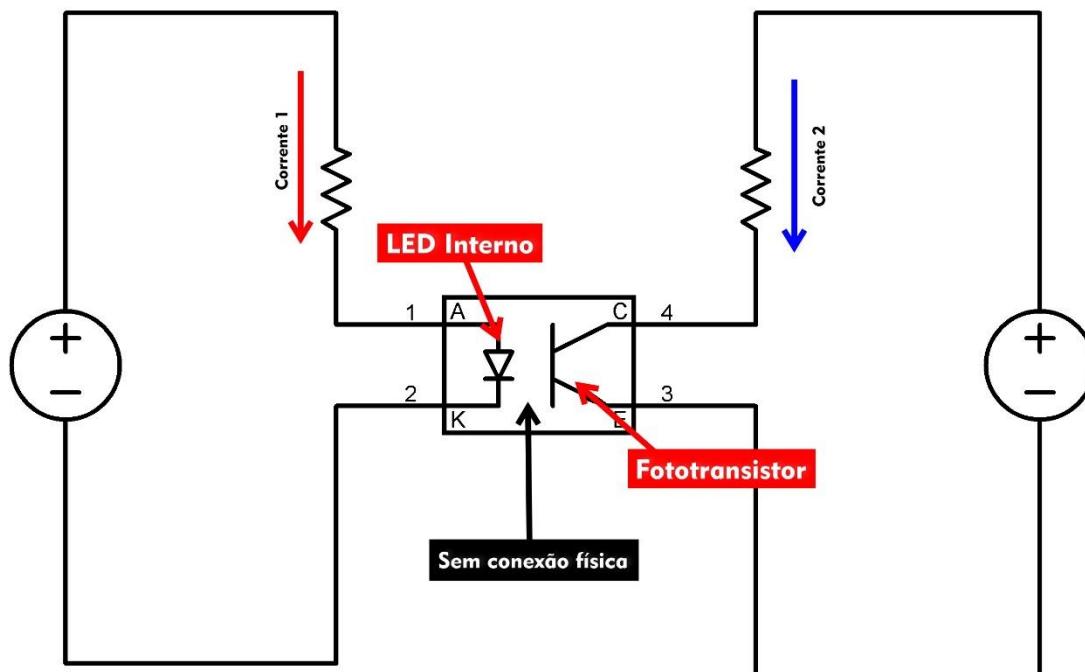
Se uma fonte A tem saída de 12V, entre esses 2 resistores teremos que ter 2.48V. Da mesma forma, se uma fonte B ter uma saída de 15V, você calculará esses 2 resistores de forma que você também terá os 2.48V.

Os 2.48V no terminal de referencia do TL431, significa que a saída da fonte tem exatamente a tensão que você quer!!



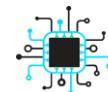
Outro componente que mencionamos é o Optoacoplador. Ele é um componente simples que transmite sinal por luminosidade, mantendo assim a isolação galvânica da placa.

Abaixo segue o esquema de funcionamento dele:

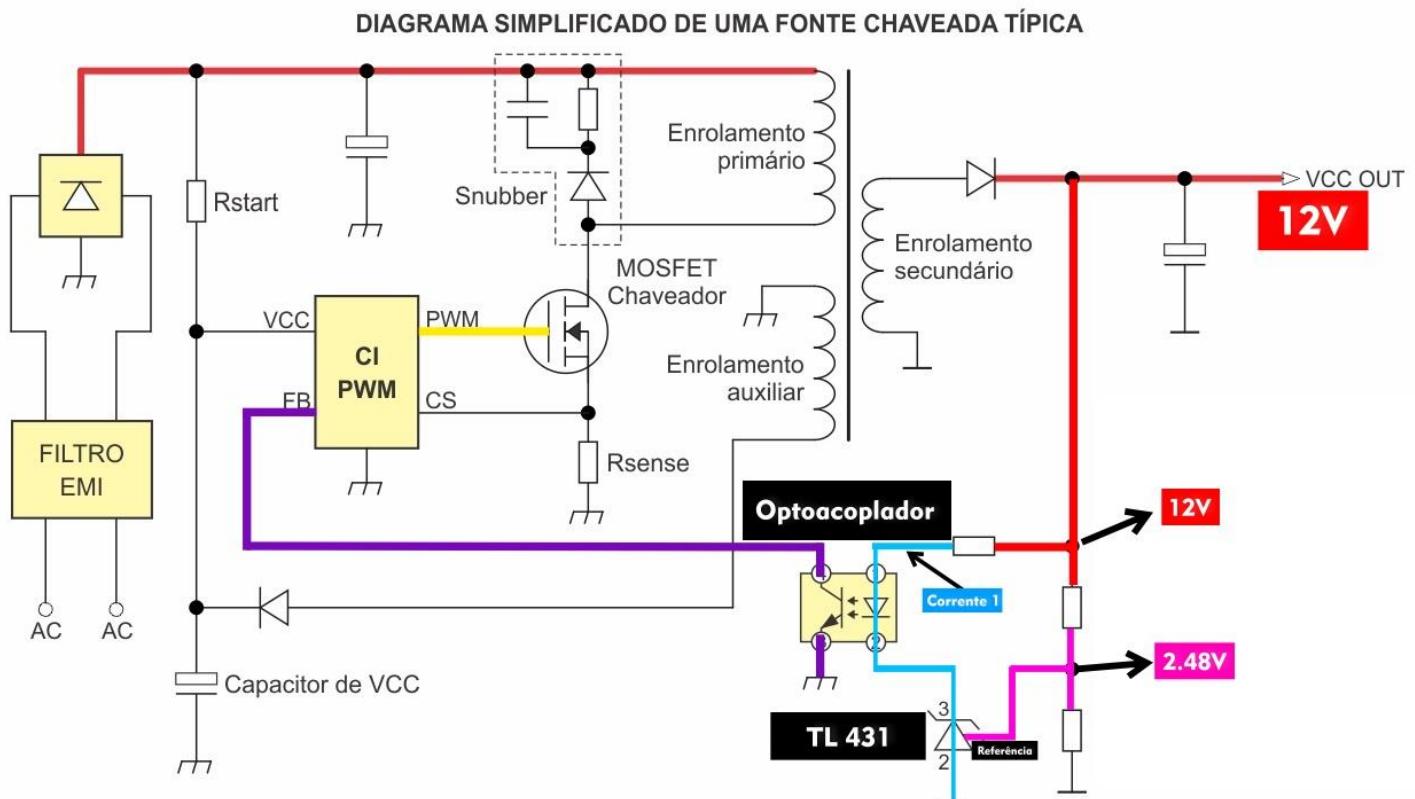


O funcionamento básico é simples: Quando a corrente 1 passa pelo led interno do Optoacoplador, esse led brilhará e acionará a base do fototransistor. Quando a base do fototransistor é acionada, a corrente 2 começará a circular. A intensidade da corrente 2 é diretamente proporcional à intensidade da corrente 1, pois se a corrente 1 for maior, o led interno brilhará muito e polarizará mais a base do fototransistor, permitindo que mais corrente flua através dele.

Nas fontes chaveadas, a combinação do TL431 e do Optoacoplador, permite que tenhamos um circuito de feedback funcional e satisfatório.



No esquema abaixo, conseguimos ver isso melhor:

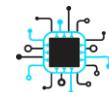


Uma explicação rápida do circuito é a seguinte:

Imagine que na saída da fonte ela tenha que ter 12V. Na hora do projeto, calculamos os resistores do TL431 para que no terminal de referência do TL431 tenha-se exatamente 2.48V quando a tensão na saída for 12V. Também escolhemos um Optoacoplador apropriado para este circuito, um PC817 pode ser uma boa opção.

Sendo assim, quando a tensão na saída for 12V, teremos 2.48V na referência do TL431, que fará com que uma quantidade normal de corrente flua por ele. Já que ele está ligado ao Optoacoplador, essa mesma corrente circulará também pelo Optoacoplador, fazendo o led interno brilhar e polarizando o fototransistor que está do lado primário da fonte.

Esse fototransistor está ligado ao terminal de feedback do circuito de PWM e, de acordo com o brilho do led interno do Optoacoplador, a tensão nos terminais do fototransistor será alterada. Para uma tensão de 12V na saída, a tensão do fototransistor terá um determinado valor que o circuito de PWM entenderá que tem exatamente 12V na saída da fonte.



Caso a tensão na saída fique abaixo ou acima dos 12V, a tensão no terminal de referencia do TL431 também sofrerá alteração, mudando a corrente que passa pelo Optoacoplador e dessa forma alterando a condução do fototransistor. Com a condução do fototransistor alterada, a tensão nos terminais dele mudará e, como está ligado ao terminal de feedback do CI de PWM, esse CI perceberá a alteração na saída da fonte e fará ajustes no duty cycle do sinal PWM, a fim de consertar o nível de tensão na saída da fonte.

Existem inúmeros circuitos de feedback, e você provavelmente nunca saberá de cara como exatamente todos funcionam. Por isso, você precisa saber qual o objetivo do circuito e, assim, puxar o datasheet dos componentes e entender como eles trabalham.

Espero que essa Maratona tenha ajudado você a avançar na eletrônica em especial nas Fontes Chaveadas. Abaixo, deixarei o link dos sites para download de esquemas elétricos, bem como o link das 4 aulas da Maratona e o link dos nossos cursos.

Desejo profundamente que você atinja seus objetivos e seja muito feliz.

Que Deus esteja com você e abençoe sua trajetória!

Prof Mika

Link das 4 aulas da Maratona:

Aula 1: [Círcuito principal das Fontes Chaveadas](#)

Aula 2: [Rastreamento de defeitos do primário](#)

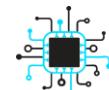
Aula 3: [Círcuito de PWM](#)

Aula 4: [Círcuito de secundário e Círcuito de Feedback](#)

Link dos Cursos:

[Curso Fontes Chaveadas Definitivo](#)

[Curso Módulo One](#)



Sites para download de esquemas:

<https://www.electronica-pt.com/>

<https://elektrotanya.com/>

<https://un.ostecnica.com.br/>

<https://www.diagram.com.ua/english/>

<https://pdfcoffee.com/>

<https://kupdf.net/>

<https://www.manualslib.com/>

<https://www.eserviceinfo.com/>