

FORWARD vs. FLYBACK: A BATALHA DOS TEMPOS MODERNOS



Descrição

Análise técnica comparativa entre as topologias Active Clamp Forward e Continuous Conduction Flyback em fontes PoE de alta potência.

#PowerElectronics #IEEE802.3bt #ForwardVsFlyback #Engenharia #ProfessorBairros

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E
MUITO MAIS.

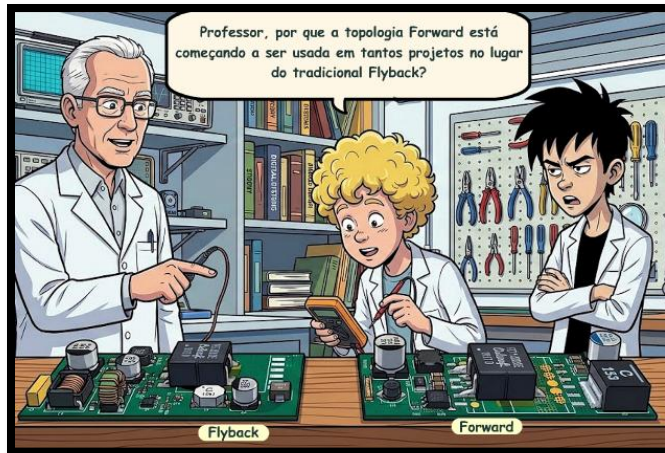
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com<https://www.youtube.com/@professorbairros>

Sumário

FORWARD vs. FLYBACK: A BATALHA DOS TEMPOS MODERNOS	1
1.1. Introdução.....	3
1.2. O Circuito Forward.....	3
1.3. Forward: Ciclo de Condução	4
1.4. Forward: Ciclo de Roda-Livre	4
1.5. O Circuito Flyback Moderno	5
1.6. Flyback: Ciclo de Armazenamento	5
1.7. Flyback: Ciclo de Transferência.....	6
1.8. Comparativo: Vantagens e Desvantagens.....	6
1.9. Performance e Estresse Térmico	7
1.10. Conclusão e Tirada	7
1.11. Referências.	8

1.1. Introdução

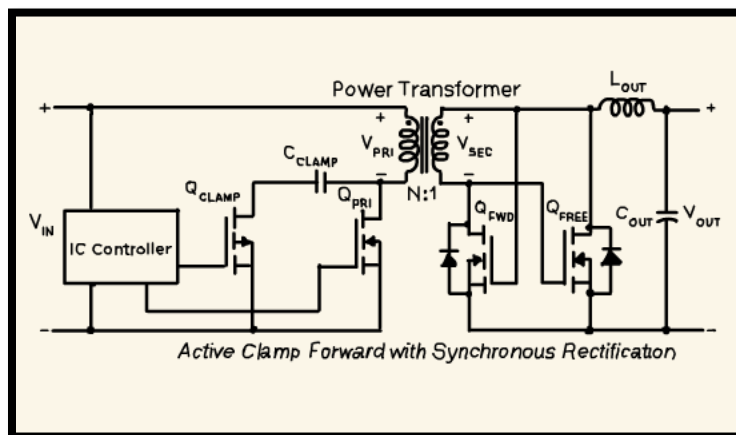


(Arthurzinho): "Professor, por que a topologia Forward está começando a ser usada em tantos projetos no lugar do tradicional Flyback?"

(Professor Bairros): "Excelente questão, Arthurzinho! Neste tutorial, focaremos em fontes de alimentação isoladas com polarização direta (Forward) ou Flyback. Discutiremos as

características das topologias Active Clamp Forward e Continuous Conduction Flyback, demonstrando as vantagens e desvantagens de projeto e desempenho de cada uma. Para isso, utilizaremos como exemplos duas fontes de 51 W para dispositivos PoE (Power over Ethernet) adequadas para o padrão IEEE 802.3bt."

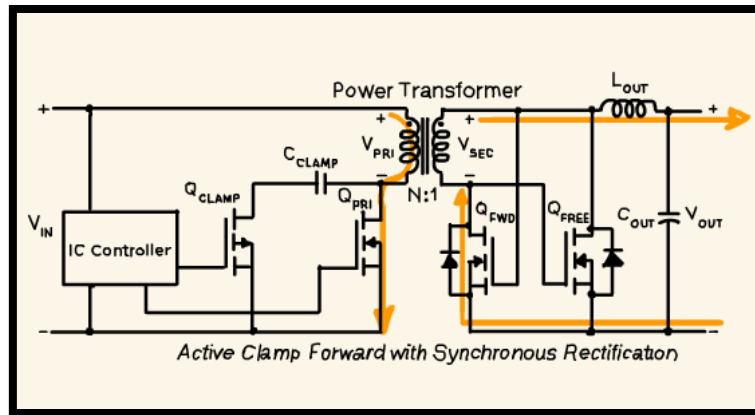
1.2. O Circuito Forward



(Professor Bairros): "No Forward, o transformador é um condutor direto, com um transformador comum. O controlador opera os MOSFETs Q_{PRI} e Q_{CLAMP} de forma complementar. No secundário, usamos **Retificação Síncrona (SR)** com os MOSFETs Q_{FWD} e Q_{FREE} atuando como diodos de baixa perda. Note que os gates são acionados pela própria tensão do

secundário, o chamado **Self-Driven Synchronous Rectification**, essa é a grande diferença nas fontes modernas, substituir os diodos por MOSFETs sincronizados."

1.3. Forward: Ciclo de Condução



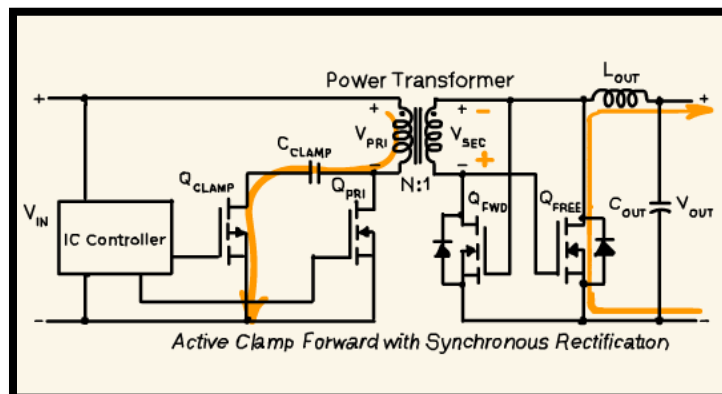
(Professor Bairros):

"Quando o mosfete Q_{PRI} liga, a tensão de entrada é aplicada ao primário. A polaridade na 'bolinha' do secundário fica positiva, saturando o gate de MOSFET Q_{FWD} no secundário, vejam que esse MOSFET funciona como um diodo sincronizado que retifica o

semiciclo positivo da onda.

A energia é transferida instantaneamente para a carga e o indutor de saída L_{OUT} armazena energia enquanto a corrente sobe linearmente."

1.4. Forward: Ciclo de Roda-Livre

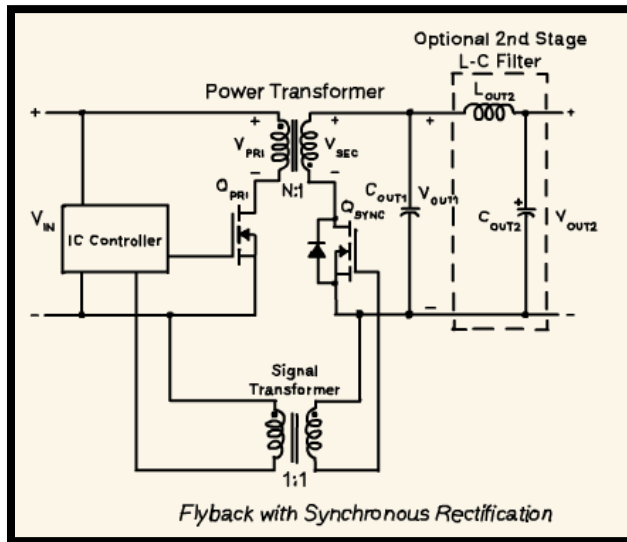


(Professor Bairros): "Ao desligar o MOSFET do primário Q_{PRI} , a polaridade inverte. O MOSFET forward no secundário desliga e o gate do MOSFET Q_{FREE} no secundário é polarizado positivamente pelo transformador, permitindo que a corrente do indutor continue fluindo para a carga (o que os americanos

chamam de roda-livre) nós chamamos de corrente de retorno, vejam que esse MOSFET também funciona como um diodo sincronizado.

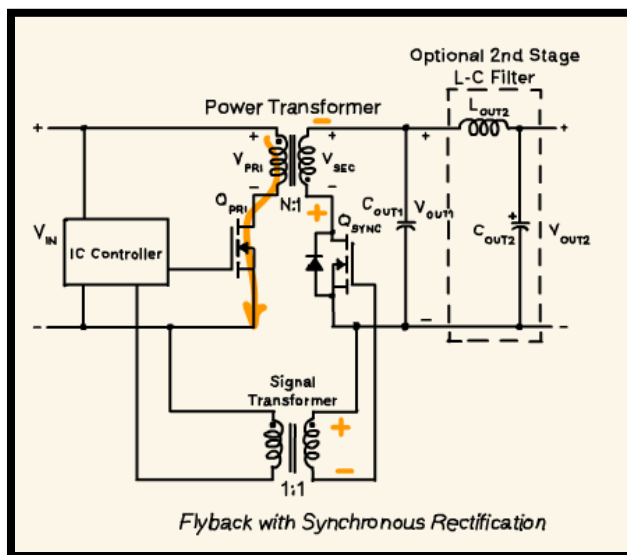
Ao mesmo tempo, no primário os MOSFETs Q_{CLAMP} e o capacitor C_{CLAMP} grampeiam a tensão do primário, reciclando a energia de magnetização e eliminando picos destrutivos."

1.5. O Circuito Flyback Moderno



(Professor Bairros): "Diferente do Forward, o Flyback armazena energia no próprio transformador. Para usar a **Retificação Síncrona (SR)** aqui para comutar os MOSFETs do secundário não podemos depender da tensão direta do transformador de forma simples. Precisamos de um **pequeno transformador de sinal** para levar o comando de gate do controlador (no primário) até o MOSFET Q_{SYNC} no secundário isolado."

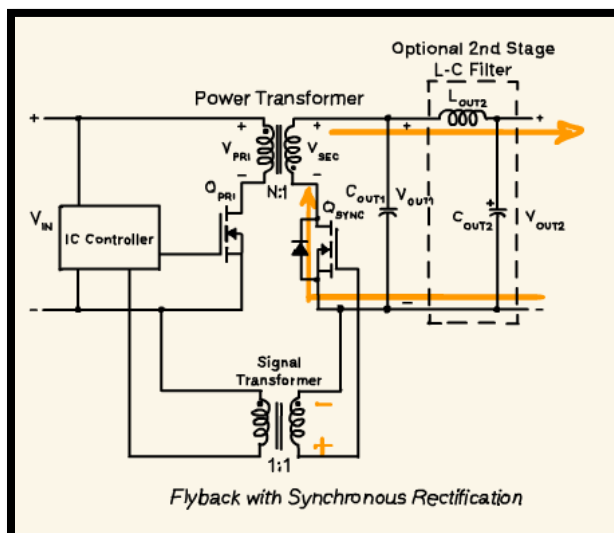
1.6. Flyback: Ciclo de Armazenamento



(Professor Bairros): "No ciclo de carga do transformador, o primeiro ciclo do fly-back o mosfet Q_{PRI} está ligado e a corrente cresce no primário, criando um campo magnético no núcleo."

Devido à inversão das 'bolinhas', a tensão no secundário é negativa, mantendo MOSFET de sincronismo Q_{SYNC} e qualquer caminho de saída bloqueados. Estamos carregando o 'tanque' magnético."

1.7. Flyback: Ciclo de Transferência

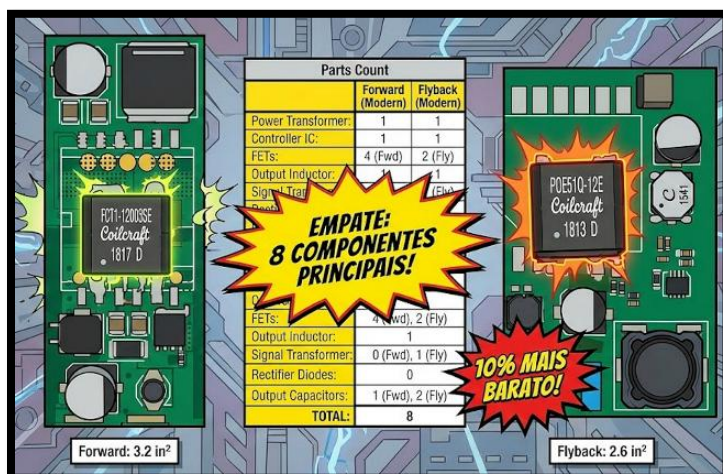


(Professor Bairros): "Quando o MOSFET do primário Q_{PRI} abre, o campo magnético colapsa e as polaridades se invertem, o positivo no secundário do transformador fica do lado sem bolinha e a corrente flui do transformador para a carga e volta pelo MOSFET de sincronismo Q_{sync} ."

Note que aqui o MOSFET de sincronismo ligado se transforma numa resistência de baixo valor por isso a corrente pode circular do source para o dreno, isso mesmo o MOSFET é um componente

bidirecional. Para ligar o MOSFET de sincronismo Q_{sync} o sinal enviado pelo transformador de acionamento deve saturar o gate. Nesse ciclo de descarga da energia do transformador a energia armazenada se transforma numa corrente retificada que é direcionada à saída. É um processo de 'encher e esvaziar' o balde em cada ciclo."

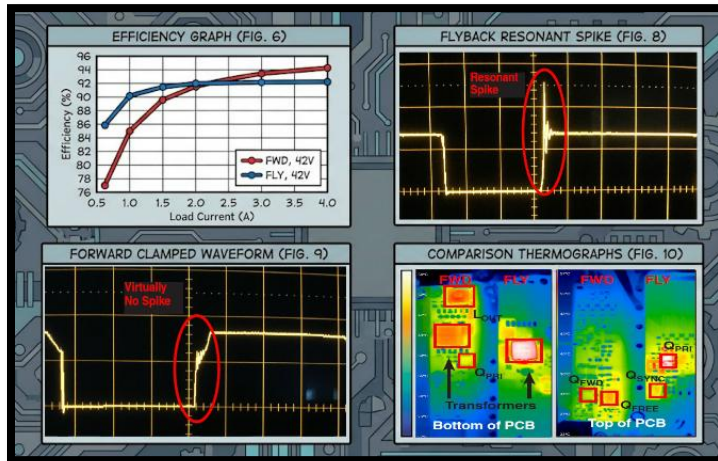
1.8. Comparativo: Vantagens e Desvantagens



(Professor Bairros): "Vamos comparar as duas configurações, será que tem uma melhor do que a outra? O Flyback moderno reduziu a vantagem de custo do modelo tradicional, que sempre foi bem mais barato do que o forward, afinal o flyback tinha menos componentes, agora empata com o forward! Os dois usam cerca de 8 componentes

principais, tudo para conseguir o SR, a retificação sincronizada. Embora a montagem do Flyback ainda seja ligeiramente menor e 10% mais barato, ele exige transformadores maiores e capacitores de saída mais robustos, tudo para lidar com o ripple elevado."

1.9. Performance e Estresse Térmico

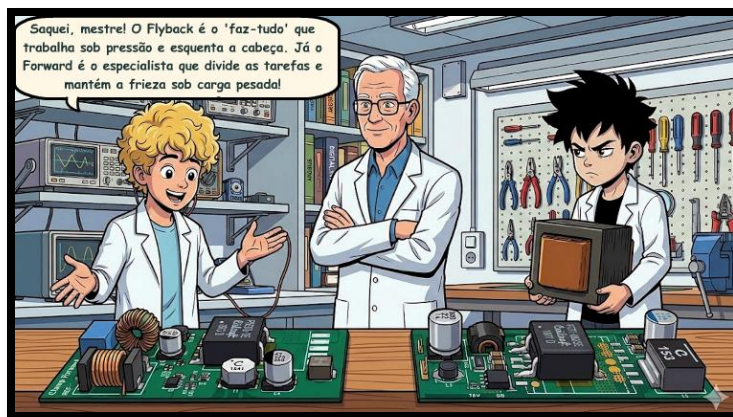


(Professor Bairros): "O Forward vence na eficiência (94.3% contra 92.8% do flyback) e no estresse de componentes como mostra o gráfico (FIG. 6).

No Flyback do nosso exemplo a indutância de dispersão gera picos de 146V no dreno, exigindo MOSFETs de maior tensão e maior resistência de condução dreno source $R_{DS(on)}$ (FIG. 8),

isso gera picos intensos na comutação. No Forward (FIG. 9.png), o grampo ativo limita esse pico a 90V como mostra a imagem do osciloscópio, resultando em uma operação muito mais fria, como vemos nos termógrafos (FIG. 10)."

1.10. Conclusão e Tirada



(Professor Bairros): "Em resumo: o Flyback ainda é o campeão de custo e tamanho para a maioria casos, mas o Forward é a escolha técnica superior quando a eficiência e a integridade térmica são as prioridades no novo mundo tecnológico."

(Arthurzinho): "Saquei, mestre! O Flyback é o 'faz-tudo' que trabalha sob pressão e esquenta a cabeça. Já o Forward é o especialista que divide as tarefas e mantém a frieza sob carga pesada!"

1.11. Referências.

FORWARD vs. FLYBACK: A BATALHA DOS TEMPOS MODERNOS

Análise técnica comparativa entre as topologias Active Clamp Forward e Continuous Conduction Flyback em fontes PoE de alta potência.

#PowerElectronics #IEEE802.3bt #ForwardVsFlyback #Engenharia #ProfessorBairros

YOUTUBE: <https://youtu.be/CC-hKrWE9Ko>
