

Technical Article

비방출 클램프로 플라이백 효율성을 개선하는 방법



Brian King

플라이백 컨버터의 표준 형태로, 변압기의 누설 인덕턴스는 1차 전계 효과 트랜지스터(FET)의 드레인에서 전압 스파이크를 생성합니다. **그림 1**에서 보듯이 이러한 스파이크가 과도하고 손상되지 않도록 방지하는 FET는 대개 소산 클램프가 있는 클램핑 네트워크가 필요합니다. 그러나 소산 클램프에서 손실되는 전력은 플라이백 컨버터 효율을 제한합니다. 이 전원 팁에서는 비방출 클램핑 기술을 사용하여 누설 에너지를 재순환하고 효율성을 향상시키는 플라이백 컨버터의 두 가지 변형에 대해 조사할 것입니다.

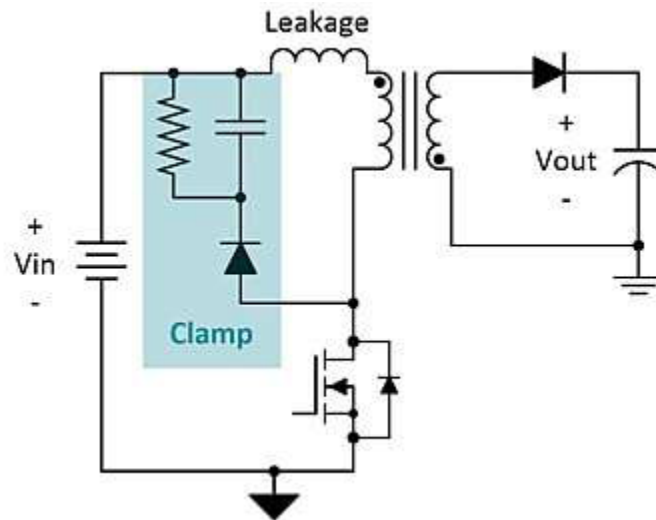


그림 1. 대부분의 플라이백 컨버터는 소산 클램프를 사용합니다.

손실이 발생하는 클램프에서 손실되는 전력은 각 스위칭 사이클의 누설 인덕턴스에 저장된 에너지와 관련이 있습니다. FET가 켜져 있을 때 변압기의 1차 권선의 전류가 컨트롤러에 의해 결정되는 피크 전류 값으로 증가합니다. 이 피크 전류는 1차 자화 및 누설 인덕턴스 모두에서 흐릅니다. FET가 꺼지면 자화 에너지가 변압기의 2차 권선을 통해 출력으로 전달됩니다. 누설 에너지는 변압기 코어를 통해 결합되지 않으므로 1차측에 남아 클램프로 흘러 들어갑니다.

이는 클램프에서 방출되는 누설 에너지뿐만 아니라 자화 에너지의 일부라는 점을 이해하는 것이 중요합니다. **전원 팁 #17**에서 설명했듯이, 1차 권선 전압을 반사된 출력 전압보다 훨씬 높게 클램핑하면 클램프에서 연소되는 자화 에너지의 양이 최소화됩니다.

2스위치 플라이백은 누설 에너지를 회수하는 플라이백 컨버터의 일반적인 변형입니다. **그림 2**는 2스위치 플라이백의 간략한 회로도입니다. 2차 FET는 2차 권선과 직렬로 연결되어 있습니다. 이 두 FET는 동시에 켜지거나 꺼집니다. 이것이 켜져 있을 때 1차 권선이 입력에 연결되고 피크 전류에 통전됩니다. 꺼지면 2차 권선이 자화 에너지를 출력으로 전달합니다. 누설 에너지는 D1과 D2를 통해 입력으로 다시 재활용됩니다. 누설 에너지를 회수함으로써 2스위치 플라이백은 단일 스위치 소산형 클램프 제품보다 높은 효율성을 자랑합니다.

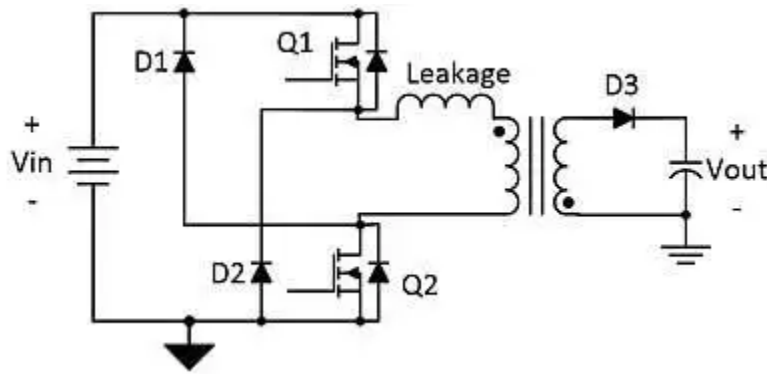


그림 2. 2스위치 플라이백은 누설 에너지를 입력으로 사용합니다.

두 개의 스위치가 동시에 전도되기 때문에 특히 저입력 전압 애플리케이션에서 전도 손실이 증가하는 경향이 있기 때문에 효율성이 다소 상쇄됩니다. 다행히도, 양쪽 FET의 드레인-소스 전압은 입력 전압으로 클램핑되므로 단일 스위치 플라이백에 비해 저전압 정격 FET를 사용할 수 있습니다. 클램핑되는 전압 응력도 높은 입력 전압 애플리케이션에 유리합니다.

효율성 계인은 누설 인덕턴스와 자화 인덕턴스의 비율과 관련이 있으며, 일반적으로 약 2%입니다. 누설 에너지를 회수하는 것은 고효율 이외의 다른 이점이 있습니다. 고전력 플라이백 애플리케이션(일반적으로 75W 이상)에서 손실 클램프의 손실은 열 관리의 악몽을 초래할 수 있습니다. 2 스위치 플라이백은 이 열원을 완전히 제거합니다.

이러한 높은 효율과 향상된 열 성능의 단점은 비용 및 복잡성 증가의 형태로 나타납니다. 추가적인 FET가 필요할 뿐만 아니라, 고압측 FET를 위한 절연 드라이브도 필요합니다. 또한 반사된 출력 전압이 최소 입력 전압보다 낮도록 변압기 변환 비율을 설정해야 합니다. 그렇지 않을 경우 출력 전압이 클램핑되고 변압기가 제대로 재설정되지 않습니다. 결과적으로, 2스위치 플라이백은 본질적으로 최대 50% 듀티 사이클로 제한됩니다. 실제로 반사 출력 전압은 최소 입력 전압보다 충분히 낮아야 누설 인덕턴스를 빠르게 재설정할 수 있습니다.

그림 3의 회로는 누설 에너지를 회수하지만 단일 스위치 플라이백을 사용하는 또 다른 방법을 보여줍니다. 이 비방출 클램프는 새로운 것은 아니지만 잘 알려져 있지 않습니다. 2스위치 플라이백과 동일한 이점을 제공합니다.

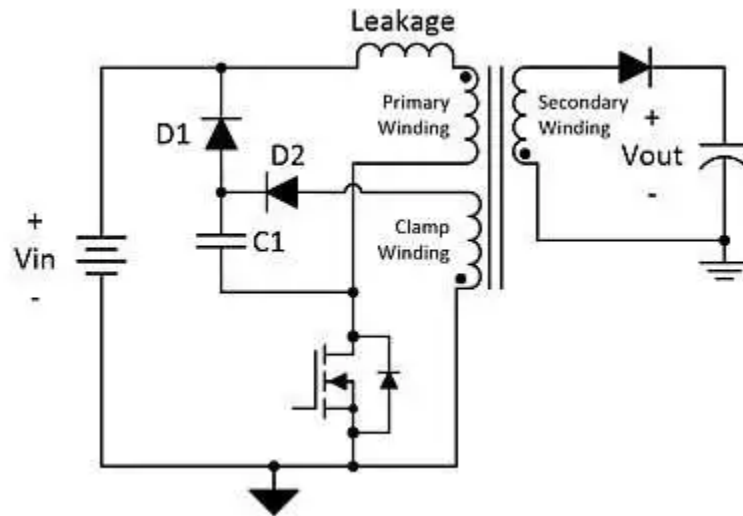


그림 3. 단일 스위치 플라이백에 추가된 간단한 비방출 클램프.

이 클램프를 구현하려면 변압기의 1차측 클램프 권선을 추가해야 합니다. 이 권선은 1차 권선과 동일한 회전 수를 가져야 합니다. 클램핑 커패시터가 추가되어 FET의 드레인에 연결됩니다. 클램프 커패시터의 다른 쪽 끝은 다이오드 D1에 의한 입력 전압과 다이오드 D2에 의해 클램프 권선에 클램핑됩니다.

클램프 권선과 D2는 클램프 커패시터의 전압을 입력 전압과 동일한 최대값으로 제한하며, 이는 그림 4과 같이 1차 루프 주변에 Kirchoff의 전압 법칙을 적용할 때 분명하게 나타납니다. 두 개의 1차측 권선 전압은 극성이나 크기에 관계없이 서로 상쇄됩니다. 이 방법은 두 권선에서 동일한 수의 회전을 사용하는 경우에만 작동합니다.

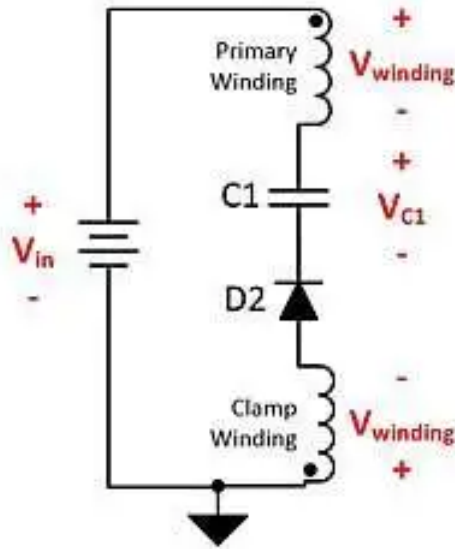


그림 4. 클램프 커패시터 전압은 입력 전압에 의해 제한됩니다.

이 클램프가 어떻게 작동하는지 이해하려면 FET가 꺼질 때 어떤 일이 발생하는지 알아야 합니다. 1차 FET가 꺼지면 누설 인덕턴스의 전류는 클램프 커패시터와 순방향 바이어스 다이오드 D1을 통해 흐릅니다. D1이 켜져 있는 동안 누설 인덕턴스는 입력 전압과 반사 출력 전압 사이의 차이와 동일한 전압을 갖게 됩니다. 누설 인덕턴스의 전류가 0으로 떨어지면 D1이 꺼집니다. 클램프 커패시터에 일시적으로 전달되는 누설 에너지는 클램프 커패시터의 전압이 입력 전압보다 약간 높습니다. D1이 꺼지면 D2 클램프는 변압기 권선의 커플링을 통해 이 저장된 전하를 출력으로 효과적으로 전달합니다.

이 클램프 회로는 필요한 부품이 더 적고 2스위치 플라이백보다 저렴합니다. 2스위치 플라이백과 마찬가지로 몇 %의 효율을 개선하고, 누설 에너지 소산과 관련된 열 문제를 해결합니다. 또한 이 클램프 회로는 듀티 사이클을 최대 50%로 제한합니다. 단점은 회로에 입력 전압의 두 배 이상의 정격 전압이 필요한 더 높은 전압의 FET가 필요하다는 점입니다. 또한 FET 드레인의 전압이 높기 때문에 2스위치 플라이백보다 전자기 간섭에 더 많은 문제가 발생할 수 있습니다.

능동 클램프 플라이백은 누설 에너지를 다시 클레임하고 동시에 제로 전압 스위칭을 제공할 수 있는 또 다른 버전의 플라이백입니다. 능동 클램프 플라이백은 더 복잡하고 UCC28780과 같은 특수 컨트롤러가 필요하므로 전원 팁에 대한 논의는 나중에 하도록 하겠습니다. 다음에 고출력 플라이백을 설계할 때는 효율성을 개선하고 전원 공급 장치를 냉각시키기 위해 비방출 클램프를 사용하는 것을 고려해 보십시오.

관련 문서

- [저렴한 플라이백 컨버터를 위한 효율성 향상](#)
- [전원 팁 #76: 플라이백 컨버터 설계 고려 사항](#)
- [전원 팁 #77: CCM 플라이백 컨버터 설계](#)
- [전원 팁 #17: 플라이백 컨버터 스너빙](#)

이전에 [EDN.com](#)에 게시됨 .

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 ti.com에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated