

Technical Article

플라이백 컨버터 설계 고려 사항



John Betten

플라이백 컨버터의 많은 장점들 중에는 가장 저렴한 절연 전원 컨버터로, 여러 출력 전압을 손쉽게 공급한다는 점, 간단한 1차 측 컨트롤러이고 최대 300W까지 전원을 공급한다는 점이 있습니다. 플라이백 컨버터는 TV부터 휴대전화 충전기, 통신 및 산업용 애플리케이션까지 다양한 오프라인 애플리케이션에 사용됩니다. 특히 이전에 플라이백 컨버터를 설계해 본 적이 없는 분이라면 기본 작동 방식이 복잡해 보일 수 있고 디자인 선택도 너무많게 느껴질 수 있습니다. 5A 연속 전도 모드(CCM) 플라이백에서 53VDC~12V에 대한 주요 설계 고려 사항을 살펴보겠습니다.

그림 1은(는) 250kHz에서 작동하는 60W 플라이백 상세 회로도입니다. FET Q2가 켜지면 변압기의 1차 권선 전반에 입력 전압이 적용됩니다. 이제 권선의 전류가 상승하면서 에너지를 변압기에 저장할 수 있게 됩니다. 출력 정류기 D1은 역방향 바이어스되어 있기 때문에 출력으로 흐르는 전류 흐름이 차단됩니다. Q2가 꺼지면 1차 전류가 중단되면서 권선의 전압 극이 반전됩니다. 이제 전류가 2차 권선에서 흐르면서 권선 전압의 극성을 점 전압 양극으로 역전시킵니다. D1이 전도하면서 출력 부하에 전류를 공급하고 출력 커패시터를 다시 충전합니다.

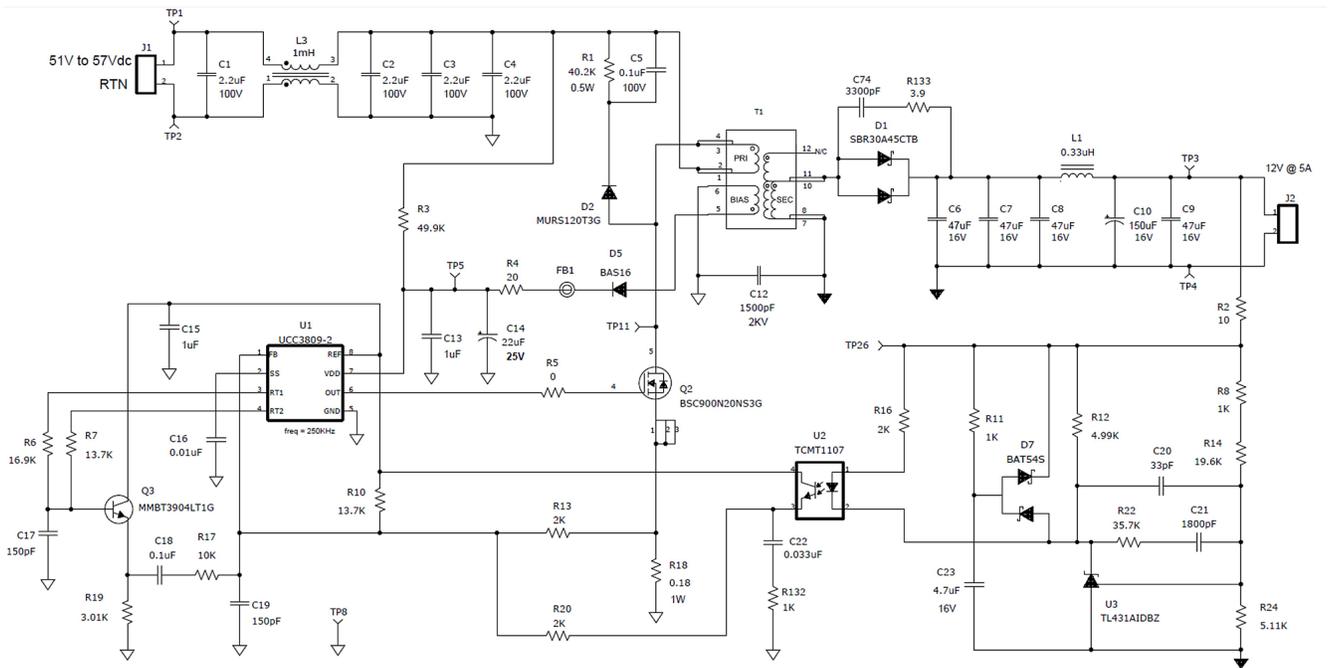


그림 1. 60W CCM 플라이백 컨버터 회로도.

추가 출력을 얻으려면 추가 변압기 권선을 추가하거나 심지어 다른 권선 위에 겹쳐 쌓을 수 있습니다. 하지만 출력이 많을수록 조정이 나빠집니다. 이는 권선과 코어(커플링) 사이의 불완벽한 자기 플럭스 결합과 권선의 물리적 분리 때문에 누설 인덕턴스가 생기기 때문입니다. 누설 인덕턴스는 1차 및 출력 권선과 직렬로 스트레이 인덕턴스 역할을 합니다. 이로 인해 권선과의 사이에 직렬로 의도하지 않은 전압 강하가 발생하게 되어 출력 전압 조정 정확도가 감소합니다. 일반적인 경험 법칙에 따르면, 비 조정출력은 적절한권선 변압기 사용 시 교차 부하에서 +/- 5~10%의 변동성을 보일것으로 예상할 수 있습니다. 또한, 중부 하 조정 출력은 피크 감지 누설로 인한 전압 스파이크를 통해 무부하 보조 출력에서 큰 폭의 전압 상승을 초래할 수 있습니다. 이 경우 프리로드나 소프트 클램프가 전압을 제한하는 데 도움이 될 수 있습니다.

CCM 및 불연속 전도 모드(DCM) 작동에는 각각 고유한 장점이 있습니다. 정의에 따르면 DCM 작동은 다음 사이클이 시작되기 전에 출력 전류가 전류가 0A로 감소할 때 발생합니다. DCM 작동의 이점에는 일반적으로 더 낮은 1차 인덕턴스가 있으며 이로 인해 전력 변압기가 더 작아지고, 정류기의 역방향 복구 손실 및 FET 턴온 손실이 제거되며, 우측 절반 평면 0이 없습니

다. 그러나 이러한 이점은 1차와 2차에서 높은 피크 전류, 입력 및 출력 커패시턴스의 증가, EMI(전자기 간섭)의 증가 및 CCM 대비해 저부하에서 듀티 사이클 작동 감소에 의해 상쇄됩니다.

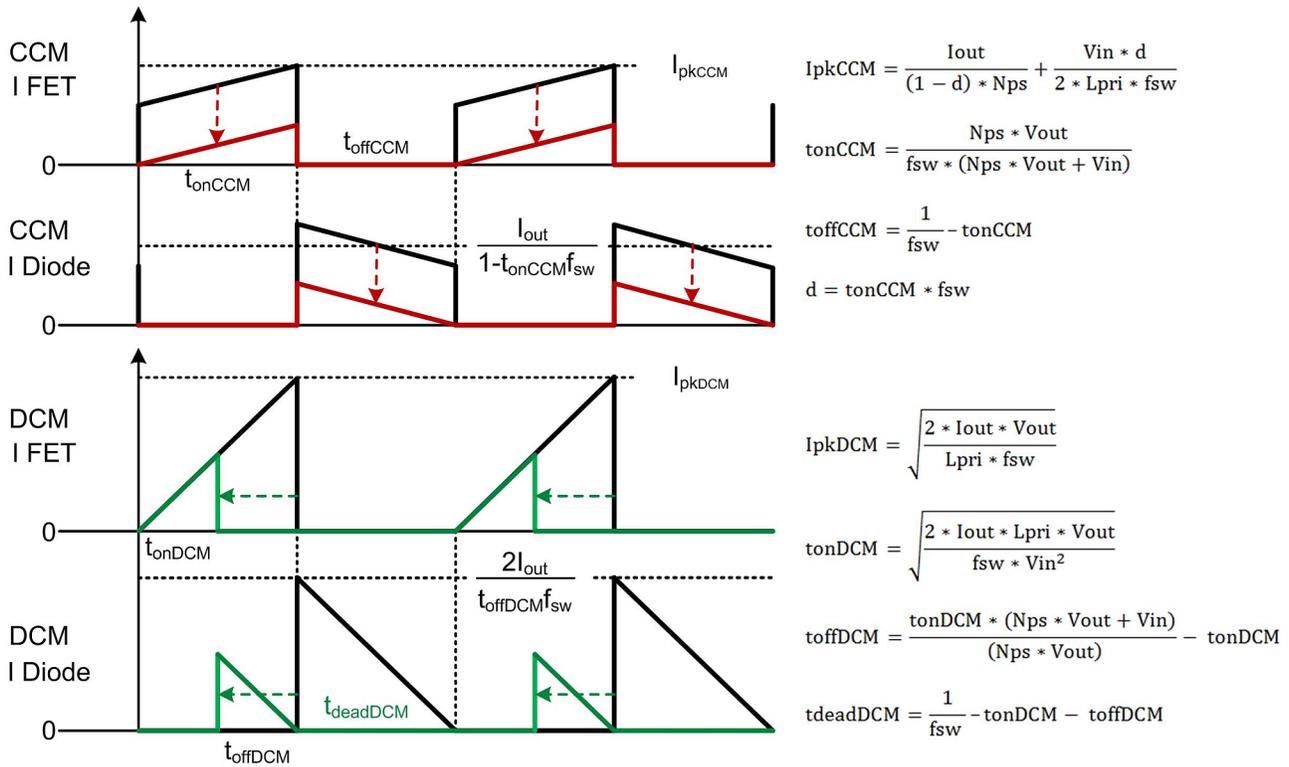


그림 2. CCM과 DCM 플라이백 FET 및 정류기 전류 비교.

그림 2은(는) Q2와 D1의 전류가 최소 V_{IN} 에서 어떻게 변하고 CCM과 DCM에서 모두 부하가 최대에서 최대 25%로까지 감소하는지 보여줍니다. CCM에서 듀티 사이클은 고정 입력 전압과 부하가 최대 및 최소 설계 수준(~25%) 사이일 때 일정합니다. 현재 "페디스탈" 레벨은 DCM에 도달할 때까지 부하가 줄면서 감소하며, 이 지점에서 듀티 사이클이 감소합니다. DCM에서 최대 듀티 사이클은 최소 V_{IN} 및 최대 부하에서만 발생합니다. 입력 전압 증가 또는 부하 감소 시 듀티 사이클이 감소합니다.

이로 인해 고압선 및 최소 부하에서 듀티 사이클이 작아질 수 있는만큼, 컨트롤러가 이 최소 온타임에서 올바르게 작동할 수 있도록 해야 합니다. DCM이 작동하면 정류기 전류가 0A에 도달한 후 듀티 사이클이 50% 미만일 때 데드 타임이 도입됩니다. FET 드레인에서 시누소이드 전압으로 특성화되고 잔류 전류, 기생 커패시턴스 및 누설 인덕턴스에 의해 설정되지만 일반적으로는 심하지 않습니다. 이 설계의 경우 스위칭 및 변압기 손실이 감소되면서 더 높은 효율을 달성할 수 있기 때문에 CCM 작동을 선택했습니다.

이 설계에서는 12V 출력이 조정에 도달한 후 컨트롤러에 전원을 공급하기 위해 1차 레퍼런스 14V 바이어스 권선을 사용하여 입력에서 직접 전원이 공급될 때 손실을 줄입니다. 저저리플 전압을 위해 2단계 출력 필터를 선택했습니다. 1단계 세라믹 커패시터는 D1의 펄스 전류에서 높은 RMS 전류를 처리합니다. 필터 L1 및 C9/C10에 의해 리플 전압이 감소하면서 C9/C10에서 RMS 전류와 함께 약 10배의 리플 감소가 발생합니다. 더 높은 출력 리플 전압이 허용되는 경우 인덕터-커패시터 필터를 제거할 수 있지만 출력 커패시터가 전체 RMS 전류를 처리할 수 있어야 합니다.

UCC3809-1 또는 UCC3809-2 컨트롤러는 절연 애플리케이션을 위해 U2 오프토크플러와 직접 상호 작용하도록 설계되었습니다. 비절연 설계에서 U2 및 U3을 컨트롤러에 직접 연결된 전압-피드백 저항 분할기와 함께 제거할 수 있습니다(예: 내부 오류 증폭기가 있는 UCC3813-x 시리즈).

Q2와 D1의 스위칭 전압은 변압기 상호 권선 및 구성 요소 기생 커패시턴스에서 고주파 공통 모드 전류를 생성합니다. EMI 커패시터 C12가 복귀 경로를 제공하지 않으면 이러한 전류는 입력 및/또는 출력으로 흐르게 되어 잡음이 증가하고 불규칙한 작동이 발생할 수 있습니다.

Q3/R19/C18/R17의 조합은 오실레이터의 전압 램프를 전류 모드 제어에 사용되는 R18의 1차 전류 감지 전압으로 합산하여 기율기 보상을 제공합니다. 기율기 보상은 하위 고조파 진동을 제거하는데, 넓은 듀티 사이클 펄스에 이어 좁은 펄스가 나타나

는것이 이러한 현상의 특징입니다. 이 컨버터는 50% 작동을 초과하지 않도록 설계되었기 때문에 스위치 지터 민감성을 줄이기 위해 기울기 보상을 추가했습니다. 그러나 과도한 전압 기울기는 제어 루프를 전압 모드 제어 쪽으로 밀어 넣어 불안정할 수 있습니다. 마지막으로, 옵토커플러가 2차측에서 오류 신호를 전송하여 출력 전압을 조정 상태로 유지합니다. 피드백(FB) 신호는 전류 램프, 기울기 보상, 출력 오류 신호 및 DC 오프셋으로 구성되어 과전류 임계값을 낮춥니다.

그림 3은(는) Q2와 D1의 전압 파형을 보여 주며,약간의 누설 인덕턴스와 다이오드 역복구 유도 링잉을 표시합니다.

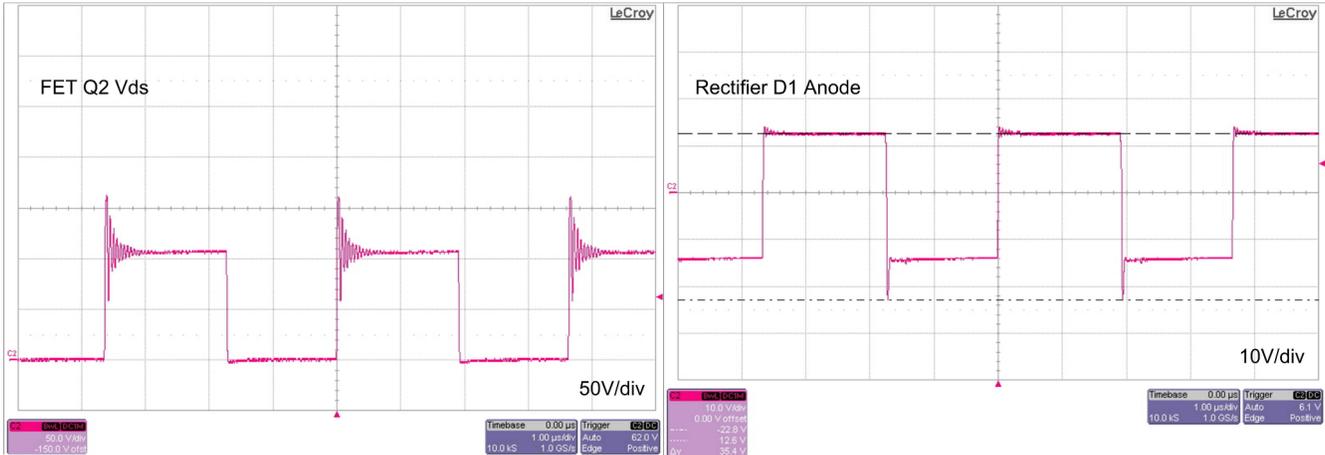


그림 3. FET 및 정류기 링잉은 클램프와 스너버(57V_{IN}, 5A에서 12V)로 제한합니다.

플라이백은 저비용 절연 컨버터가 필요한 애플리케이션에서 표준으로 간주됩니다. 이 설계 예시에서는 CCM 플라이백 설계의 기본 설계 고려 사항을 살펴봅니다.

Power House에서 TI의 전원 팁 블로그 시리즈를 확인해 보세요.

참고:

- 파워 팁 #75: 오토모티브 시스템용 USB 전원 공급
- 플라이백 컨버터를 2상 LED 드라이버의 프론트 엔드로 설계하는 방법
- LTC 설계 노트: 560V 입력, 무 옴토 절연 플라이백 컨버터
- 의사공진 플라이백 컨버터는 에너지 저장 커패시터를 쉽게 충전합니다
- 플라이백 컨버터에 BJT를 사용하는 이유

이전에 EDN.com에 게시되었습니다.

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 침해에 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