

## Technical Article

## 8W 이하의 간단한 절연 전원 옵션 2가지



Josh Mandelcorn

다양한 산업용 및 차량용 시스템은 절연 바이어스 전원 공급 장치를 사용합니다. 절연 바이어스 전원을 위해 플라이백 또는 푸시-풀 컨버터를 사용하는 대부분의 기존 접근 방식(텍사스 인스트루먼트[TI] "HEV/EV를 위한 절연 바이어스 전원 공급 장치 아키텍처 및 토폴로지 트레이드오프" 프레젠테이션 및 "3가지 유형의 IGBT/SiC 바이어스 전원솔루션을 갖춘 HEV/EV 트랙션 인버터 전력계 레퍼런스 설계")에는 상당한 설계 작업이 필요하며 저누설 인덕턴스 절연 변압기에 의존합니다.

이 전원 팀에서는 절연 바이어스 전원의 설계 복잡성과 잡음 커플링을 줄이는 두 가지 접근 방식을 제시하고자 합니다. 8W의 여러 절연 출력과 전체 출력 전력에 유용한 한 가지 접근 방식은 TI의 **UCC25800-Q1** 같은 하프 브리지 드라이버와 함께 LLC(인덕터-인덕터-커패시터) 토폴로지를 사용합니다. 절연 변압기를 통합하고 최대 1.5W와 하나의 절연 출력에 유용한 두 번째 접근법은 TI의 **UCC14240-Q1**과 같은 단일 집적 회로(IC)를 사용합니다. 이 장치에는 전력 및 피드백 절연이 모두 포함되어 있으며, 설계를 완성하기 위해 필터 커패시터와 저항 디바이더만 필요합니다.

절연 전력의 복잡성, 특히 낮은 전력 수준에서 보면 비용, 크기 및 설계 리소스 부담이 상당히 커집니다. 저전력에 대한 가장 일반적인 토폴로지는 플라이백 컨버터입니다. 기존의 플라이백 컨버터는 오토커플러를 사용하여 2차측에서 1차측 컨트롤러 IC로 출력 전압을 다시 공급합니다. 저렴한 오토커플러는 장기적인 안정성 우려 때문에 까다로운 차량용 및 산업용 환경에서 옵션이 아닙니다. 폐쇄형 루프 조절을 사용하더라도 플라이백 출력 중 하나만 완전히 조정됩니다. TI의 **LM5180-Q1**과 같은 오토커플러 요구 사항을 제거하는 1차측 조절 기능을 갖춘 플라이백 컨버터를 사용할 수 있습니다. 그러나 잡음과 절연 문제를 갖춘 저누설 변압기의 필요성은 여전히 남아 있습니다.

대부분의 컨버터 토폴로지에서는 저누설 변압기는 절연 장벽을 통해 효율적으로 전력을 제공하는 것이 중요합니다. 긴밀하게 결합된 권선 및 인터리빙과 같이 변압기 누설 인덕턴스를 줄이는 방법은 일반적으로 1차-2차 커패시턴스를 증가시킵니다. 이 커패시턴스는 트랙션 인버터의 고압측 스위치나 온보드 충전기와 같이 절연 컨버터 스위칭 자체 그리고 절연 출력이 연결된 회로에서 모두 잡음을 분산시킵니다. 이 스위치는 나노초당 100V 이상에서 스위칭할 수 있습니다. 또한 변압기에는 높은(수 킬로볼트) 강화 절연과 낮은 누설 인덕턴스가 모두 요구되는 상당한 비용과 크기 부담이 있습니다.

저는 약 8W 이하의 비절연 전원에 대한 요구 사항에 초점을 맞출 것입니다. 여기서 사용 가능한 1차측 전원은  $12V_{DC} \sim 24V_{DC}$  범위에 있습니다. AC 주전원 또는 400 및 800V 배터리에 연결된 회로에서 전원이 필요한 안전 절연을 충족하려면 높은 절연 등급(3kV Root Mean Square[RMS] 이상)이 필요합니다. 애플리케이션 예로는 전기 자동차 및 트랙션 인버터를 위한 온보드 충전기의 절연 바이어스 전원이 있습니다. 이러한 전원은 일반적으로 빠른 스위치 턴오프의 경우 약 +15V이고, 빠른 스위치 턴오프의 경우 약 -5V입니다. 리턴 전압은 고전력 스위치의 이미터 또는 소스에 연결됩니다.

### 여러 출력과 최대 8W용 IC 1개: UCC25800-Q1

LLC 토폴로지(애플리케이션 노트, "**UCC25800-Q1 오픈 루프 LLC 변압기 드라이버를 사용한 절연 게이트 드라이버를 위한 바이어스 전원 설계**")를 사용하면 피드백 없이 절연 출력 전압의 올바른 부하 조정이 가능합니다. 이 토폴로지는 실제로 변압기의 누설 인덕턴스를 사용하여 소프트 스위칭을 제공하고 메인 스위치에서 스위칭 손실을 크게 줄입니다. 출력 조정에 대한 누설 인덕턴스 효과를 커플링 커패시턴스로 효과적으로 조정할 수 있다는 사실을 사용하면 1차와 2차가 별도의 보빈에 있는 높은 절연 변압기를 사용할 수 있습니다. 따라서 커플링 커패시턴스가 매우 낮으며 시스템 잡음이 낮고 안전 목적을 위한 높은 강화(수 킬로볼트) 절연이 가능합니다. 소프트 스위칭은 커플링 커패시터에 의한 누설 인덕턴스로부터 튜닝이 결합된 것으로, 누설 인덕턴스를 적에서 친구로 만듭니다.

이 방식에는 2차측 조절을 피하기 위해 전력을 위해 조정된 입력 DC 전압이 필요합니다. 2스위칭 하프 브리지(여기서 필요한 저전력 레벨에 대한 경우)의 경우 입력 전압의 절반의 구형파가 변압기 1차 측에 적용됩니다. 차량용 애플리케이션의 경우 다른 목적으로 12V 또는 24V의 조정 DC 전압이 있는 경우가 많습니다. 프리 레귤레이터가 필요한 경우 간단한 단일 종단 1차 인덕터 컨버터가 조정된 15V 또는 24V 입력 전력을 제공합니다. 이 사전 레귤레이터의 설계 부담은 저누설 플라이백 변압기로 인한 시스템 잡음을 길들이는 것보다 훨씬 더 적은 경우가 많습니다.

UCC25800-Q1와 함께 제시된 설계 예제에는 "**트랙션 인버터 애플리케이션을 위한 사전 조정 절연 드라이버 바이어스 전원 레퍼런스 설계**": 4개의 출력, 6W의 총 30V(그림 1 및 그림 2에 표시) 그리고 "**트랙션 인버터 애플리케이션용 절연 IGBT 및 SiC 드라이버 바이어스 전원 레퍼런스 설계**"(+16V/-5V, 24V에서 최대 6.6W)이 포함되어 있습니다. 절연 게이트 바이폴라

트랜지스터(IGBT) 및 실리콘 카바이드(SiC) 드라이버 레퍼런스 디자인에 사용된 변압기는 1차~2차 커패시턴스가 일반적으로 1.3pF에 불과한 반면, 비슷한 전력의 플라이백 변압기는 일반적으로 20pF에 불과합니다. 이렇게 커패시턴스가 10배 이상 감소하면 시스템에서 잡음 확산이 최소 20dB 감소합니다. 유일한 1차 및 2차 인터페이스는 변압기입니다.

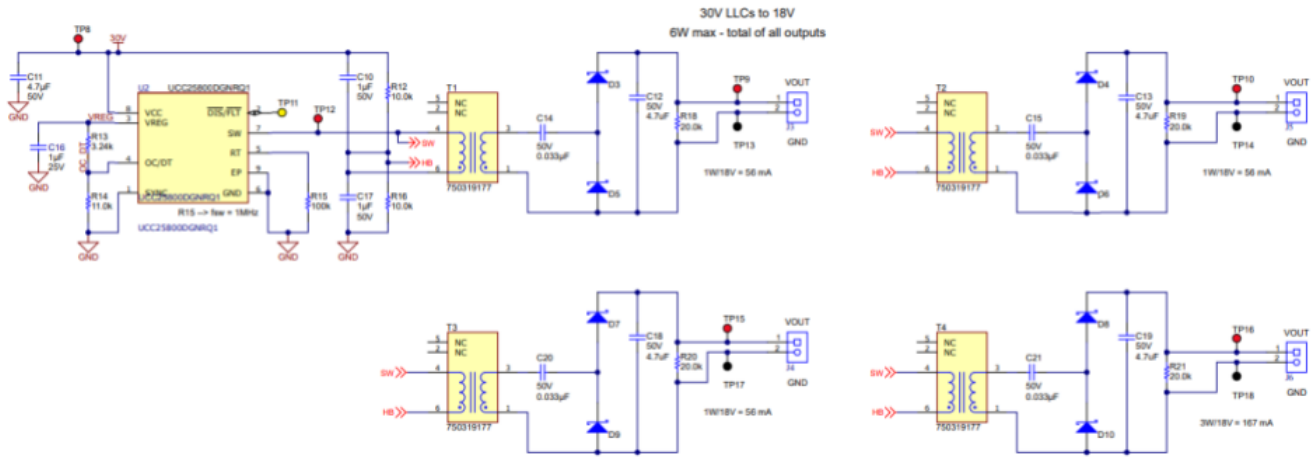


그림 1. 사전 조절된 레퍼런스 설계 회로도인 절연 4출력 컨버터입니다. 출처: 텍사스 인스트루먼트

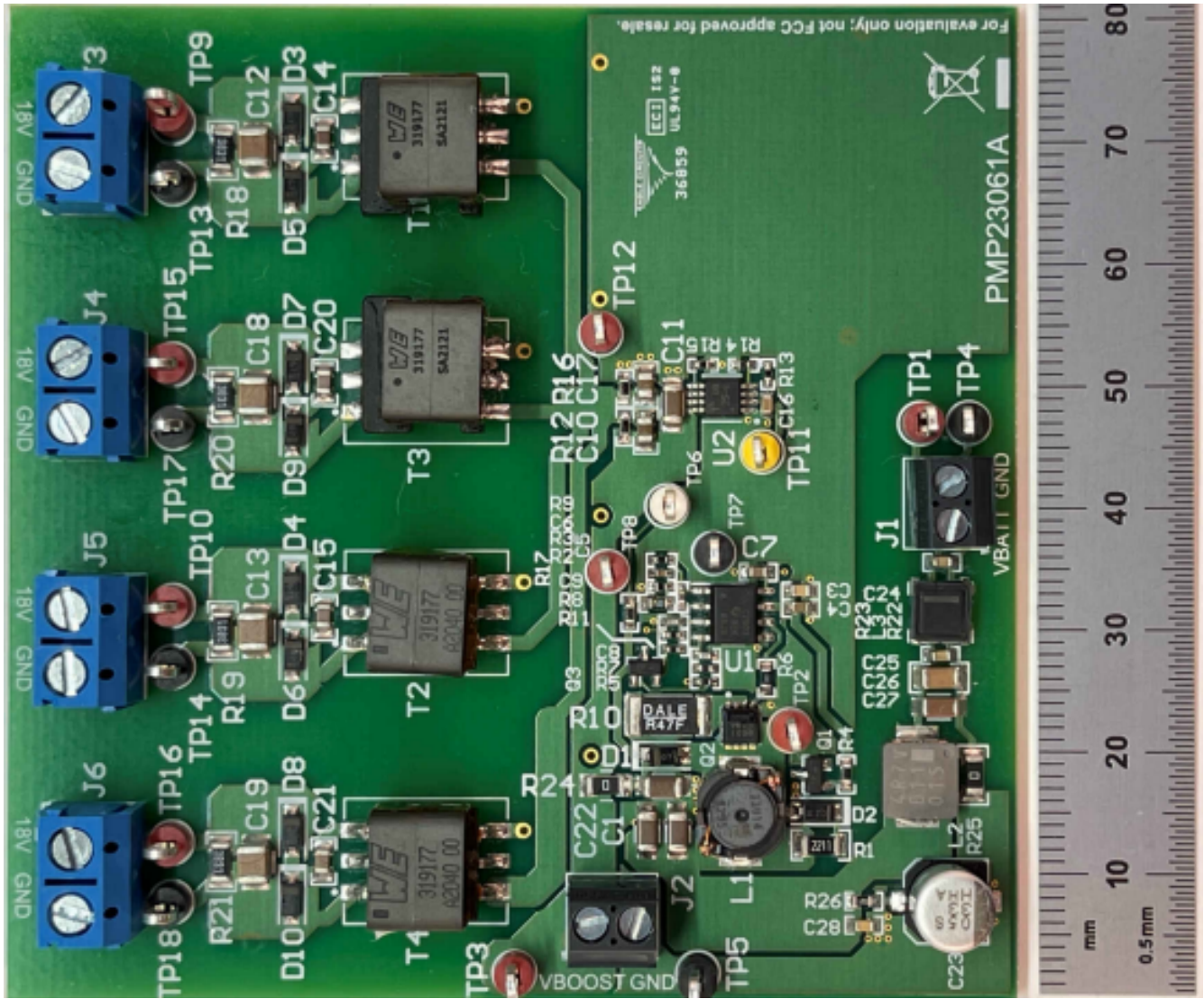


그림 2. 6V<sub>IN</sub>의 부스트 회로를 비롯한 사전 조정 레퍼런스 설계 조립보드입니다. 출처: 텍사스 인스트루먼트

4개 출력의 출력 조정은 최대 부하의 10%~100% 부하에 대해 16.25V~17.27V의 범위를 변화시킵니다.

### 절연 전원이 2W 미만이 필요할 때 더 간편한 접근 방식인 UCC14240-Q1

훨씬 더 간단한 접근 방식은 변압기와 2차-1차 피드백을 통합하는 자체 포함 절연 컨버터 IC로, 양극 및 음극 출력을 모두 설정하는 데 필요한 입력/출력 커패시터와 전압 디바이더만 사용합니다. 전력 단계에는 1차측 풀 브리지, 시스템 잡음 커플링을 최소화하기 위해 1차-2차 커패시턴스가 약 3.5pF인 절연 변압기, 풀 브리지 출력 정류기가 포함되어 있습니다. 13MHz의 스위칭 주파수를 선택하면 모두 이 낮은 1차-2차 커패시턴스를 지원하고 차량용 애플리케이션의 모든 문제 대역에서 자체 스위칭 잡음을 잘 제거합니다. IC의 내부 피드백은 입력 전압이 명목에서 ± 10% 이상 변화할 수 있으며, 여전히 적절히 조절된 양극 및 음극 전압을 공칭 출력의 1.3% 이내로 제공합니다. 이 IC는 IC 내부에 완전히 포함되어 있는 토폴로지 복잡성이 설계 부담이 되지 않는다는 것을 보여줍니다.

UCC14240-Q1은 21V<sub>IN</sub>~27V<sub>IN</sub> 작업을 지원하고 트래션 인버터, 온보드 충전기 및 모터 제어 분야에서 IGBT 및 SiC 금속 산화막 반도체 전계 효과 트랜지스터용 게이트 드라이브 애플리케이션을 대상으로 하며, +15V의 일반적인 양극 전압을 사용하여 장치를 켭니다. 장치를 끄기 위해 -5V의 일반적인 음극 전압을 사용합니다. 그러나 다른 양극 및 음극 전압 조합은 총 18V ~ 25V 내에서 허용됩니다.

그림 3, 그림 4 및 그림 5 및는 "SPI 프로그래머블 게이트 드라이버 및 바이어스 전원 레퍼런스 설계"의 일부로 계획된 3,000V<sub>RMS</sub> 절연을 통해 독립 고전압 절연 예시를 보여줍니다. U1은 실제 DC/DC 절연 전원 공급 장치이며, U3은 스마트 절연 게이트 드라이버, Q1과 L1이 있는 U2는 자동차 배터리-DC 컨버터입니다. 8mm 1차-2차 절연 밸리에 주목하십시오.

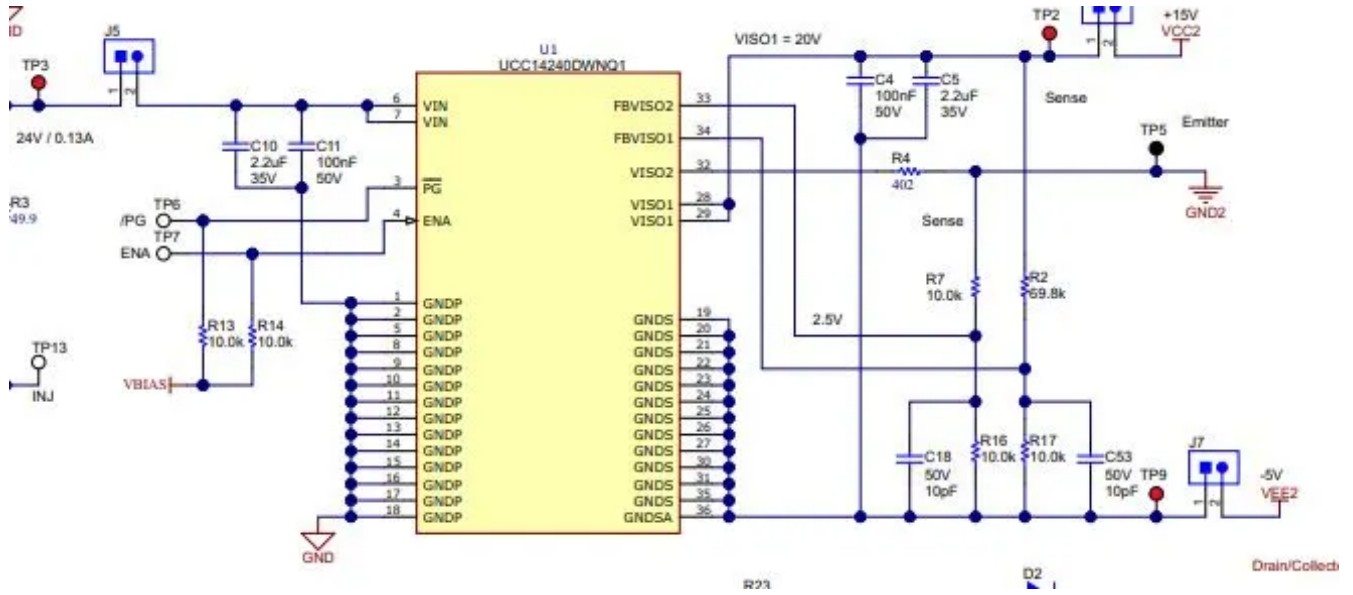


그림 3. 일체형 변압기 레퍼런스 설계에 포함된 차량용 "SPI 프로그래머블 게이트 드라이버 및 바이어스 공급 장치" 회로도 - +15V/ -5V 컨버터. 출처: 텍사스 인스트루먼트

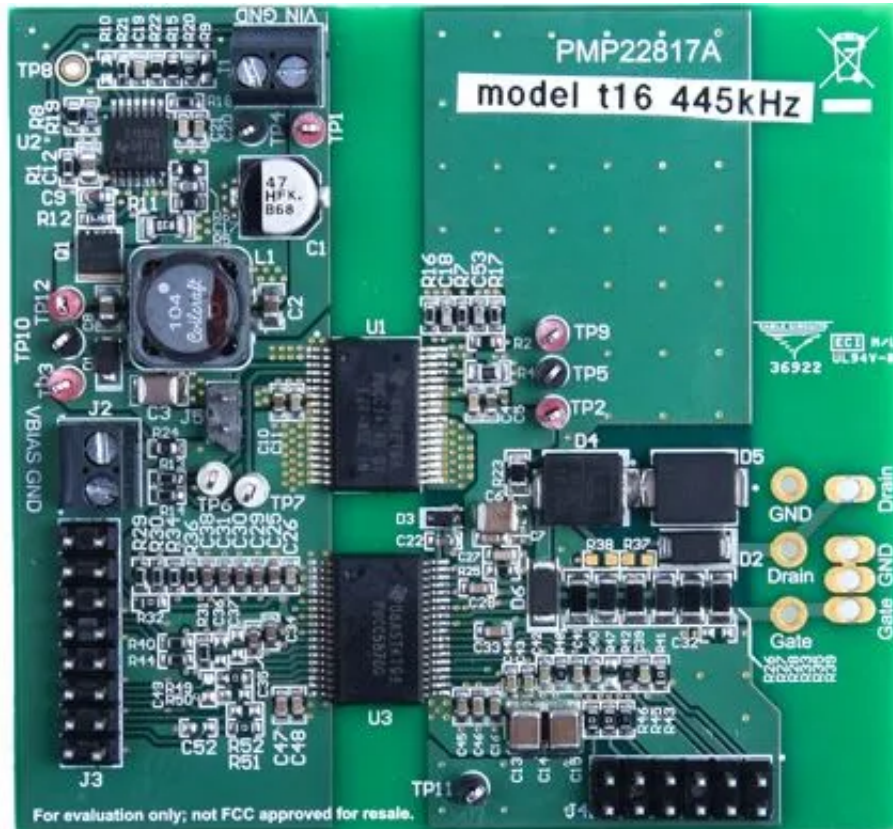


그림 4. 차량용 SPI - 프로그래머블 레퍼런스 설계 조립 보드. 출처: 텍사스 인스트루먼트

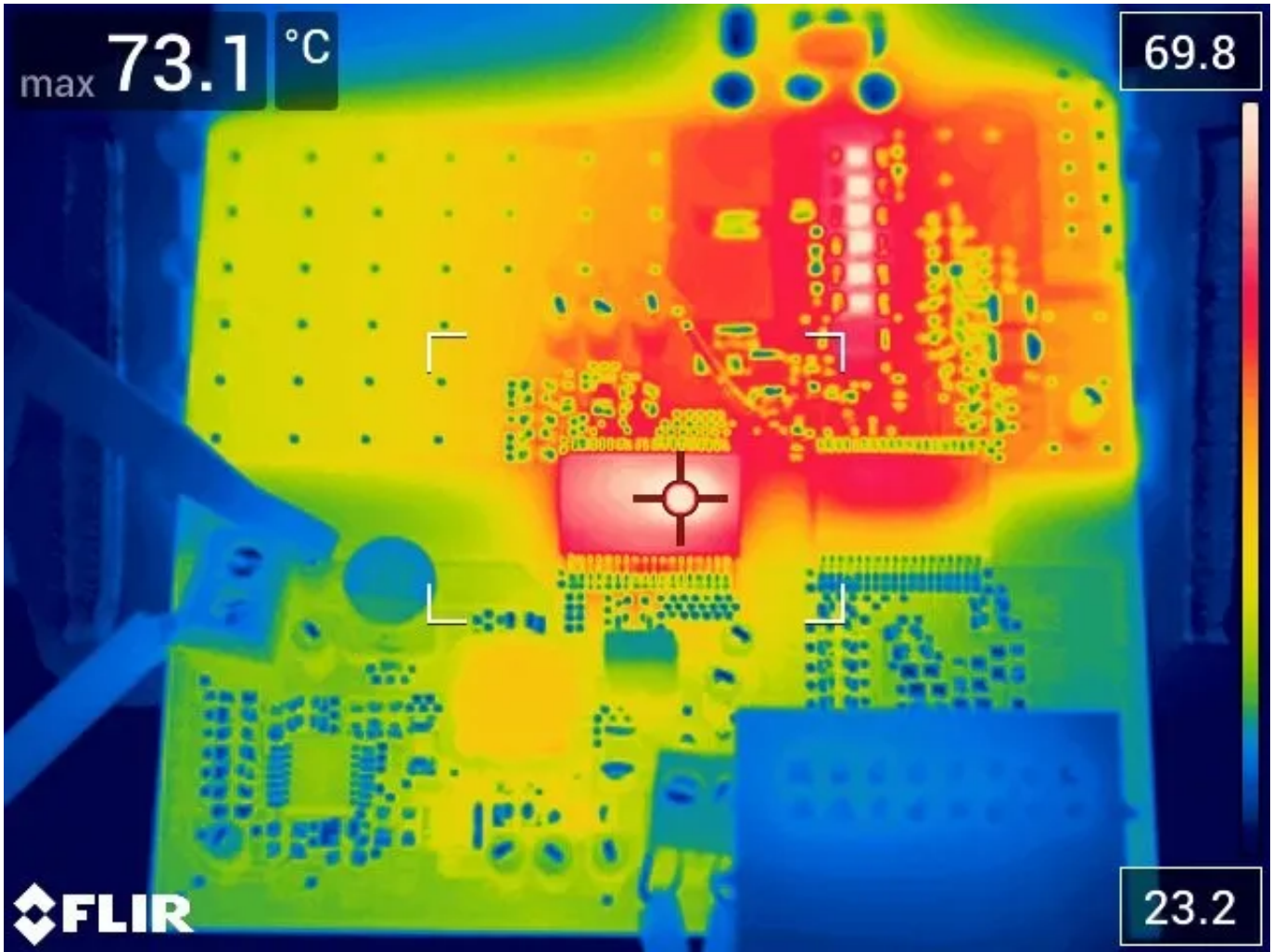


그림 5. 1.6W 부하를 지원하는 차량용 SPI 프로그래머를 레퍼런스 설계 열 이미지. 출처: 텍사스 인스트루먼트

이 두 가지 접근 방식을 사용하면 고전력 인버터 및 배터리 충전기의 게이트 드라이브에 절연 전력을 제공하는 설계 문제가 훨씬 줄어들고 시스템 수준에서 무선 주파수 잡음도 감소하는 이점이 있습니다. 첫 번째 접근 방식은 단일 IC로 제어되는 여러 절연 출력을 가능하게 합니다. 두 번째 접근 방식을 사용하면 필터 커패시터와 분할기 저항만 있는 하나의 IC가 완벽한 절연 전원 솔루션을 제공합니다.

#### 관련 콘텐츠

- 전원 팁 #112: 결합 테스트를 위한 온보드 기구
- 전원 팁 #111: 협업 모바일 로봇에 전류 감지가 필요한 이유
- 전원 팁 #110: 기생이 예상치 못한 EMI 필터 공진을 생성하는 방법
- 전원 팁 #109: 서버용 전원 공급 장치 설계의 5가지 주요 동향
- 절연 전원 공급 장치를 만드는 데는 다른 많은 과제
- 절연 전력 변환: 2차측 제어를 위한 사례 만들기

이전에 [EDN.com](https://www.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.com](https://ti.com)에서 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