Technical Article

접지가 불안정하신가요? 새로운 접지 레벨 트랜스레이터로 오프셋 문제를 해결하세요.

시스템이 점차 소형화되고 효율적이며 모듈화됨에 따라 설계자는 다양한 전압 도메인에서 통신을 관리하는 새로운 과제를 마주하게 됩니다. 대표적인 예로 EV(전기 자동차), 로봇 및 에너지 저장 시스템의 48V 시스템을 비롯한 $100V_{DC}$ 미만의 전압을 사용하는 아키텍처의 증가가 있습니다. 이러한 아키텍처는 고전압 설계의 복잡성을 피하면서도 전력 공급을 효율적으로 유지할 수 있어 더 작고 통합된 설계를 가능하게 합니다. 이러한 추세와 더불어 모듈식 설계 원칙, 즉 특정 기능에 맞게 최적화되고 상호 교환이 가능한 부품이 증가하고 있습니다. 예를 들어 전동 공구와 같은 소비자 제품은 교체할 수 있는 단일 배터리를 사용하므로 여러 장치를 쉽게 충전하고 관리할 수 있습니다.

모듈식 저전압 시스템이 인기를 얻으면서 서로 다른 전압 및 접지 도메인 간의 원활한 통신 지원이라는 새로운 통합 과제가 등장하고 있습니다. 그림 1에 나와 있는 TI의 ±80V 접지 레벨 트랜스레이터는 접지 전위가 다양한 시스템에서 1.71V~5.5V의 전압 변환을 지원하여 안정적이고 작고 확장 가능한 시스템 설계를 구현할 수 있도록 지원합니다.

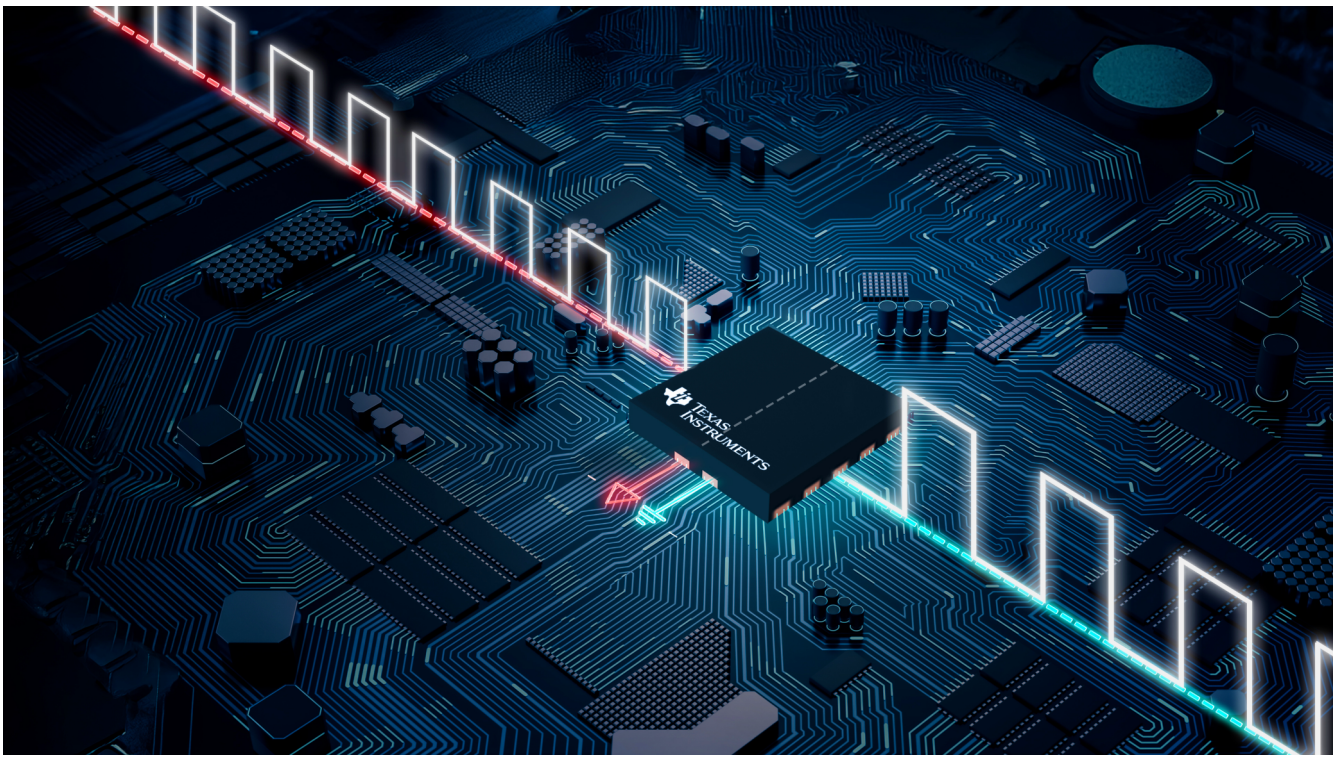

그림 1. 다양한 접지 도메인을 연결하는 ±80V 접지 레벨 트랜스레이터

80V 미만의 전압 범위에서 접지 오프셋을 해결하기 위해 설계자들은 전통적으로 갈바닉 절연 또는 개별 레벨 시프터를 사용했지만, 두 가지 방법 모두 복잡성, 크기, 비용 측면에서 상충될 수 있습니다.

- 갈바닉 아이솔레이터는 비싸고 크기가 크며 데이터 전송률 및 타이밍 성능이 제한된 경우가 많습니다. 아래 표 1는 이 솔루션과 접지 레벨 트랜스레이터의 차이점을 보여줍니다.
- 개별 레벨 시프터는 단방향 저속 신호를 처리할 수 있지만, 안정적이지 않고 확장할 수없습니다. 비용은 저렴하지만 솔루션 크기가 약 $10mm^2$~$20mm^2$입니다.

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

표 1. 접지 레벨 트랜스레이터와 갈바닉 아이솔레이터의 비교 표

매개 변수	접지 레벨 트랜스레이터	디지털 아이솔레이터	옵토커플러
데이터 전송률	250Mbps	100Mbps	<1Mbps
전파 지연(대표값)	3ns	10ns	100ns
채널 간 스큐(대표값)	0.2ns	3ns	10ns
풋프린트(4채널)	4mm^2	29mm^2	76mm^2
채널당 비용	낮음	높음	낮음
최적화 용도	80V 미만 접지 오프셋	고전압 시스템, 및 안전 인증	고전압 시스템, 및 안전 인증

접지 오프셋의 과제

모듈식 설계의 서브시스템은 각자의 자체 전압 및 접지 레퍼런스로 작동합니다. 그러나 이러한 시스템이 하나로 연결될 때, 접지 전위의 작은 차이가 신호 무결성 문제 및 통신 오류를 일으킬 수 있습니다. 그림 2 및 그림 3 에서 볼 수 있듯이, 접지 오프셋은 DC 시프트 또는 AC 접지 잡음으로 인해 발생할 수 있습니다.

DC 접지 시프트

전압 차이는 트레이스 저항 또는 긴 배선으로 인해 발생할 수 있습니다. 다중 도메인 시스템에서는 로컬 부하 전류 또는 비대칭 접지 토폴로지로 인해, 하나의 도메인이 다른 도메인에 비해 몇 볼트 높거나 낮은 전위에서 "부동" 상태가 될 수 있습니다. 예를 들어, 한 서브시스템이 짧고 넓은 트레이스를 통해 메인 접지에 연결되고, 다른 서브시스템은 길고 좁은 트레이스를 통해 접지면에 연결되는 경우에 전압 차이가 발생할 수 있습니다.

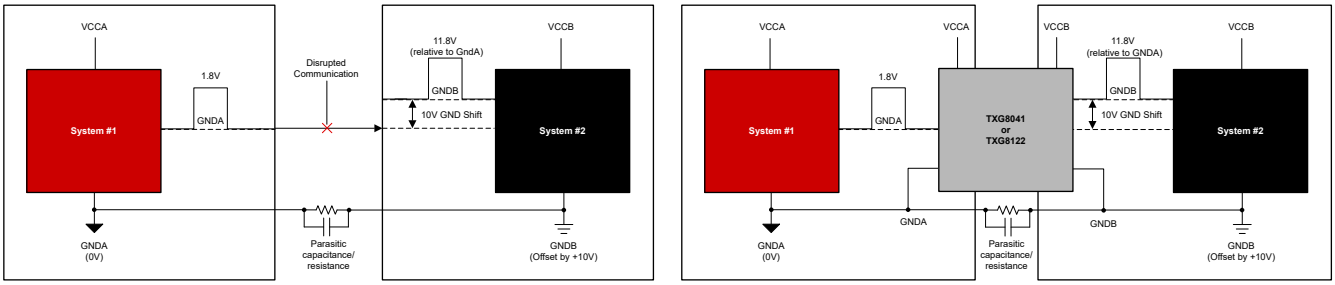

그림 2. 접지 레벨 트랜스레이터를 사용한 시스템 간 DC 접지 오프셋 해결

AC 접지 잡음

디지털, 아날로그 및 전원 회로가 공존하는 혼합 신호 시스템에서는 AC 접지 잡음이 흔히 발생합니다. 전원 측에서 이 잡음은 스위칭 전원 구성 요소에 의해 생성되는 크고 빠르게 변화하는 복귀 전류에서 비롯됩니다. 디지털 측에서는 고속 신호 전환으로 인해 디지털 접지에 과도 전류가 유입될 수 있습니다. 이러한 변동은 로컬 접지 전위가 전환시켜 공통 접지 레퍼런스를 가정하는 서브시스템 간의 통신에 지장을 줄 수 있습니다.

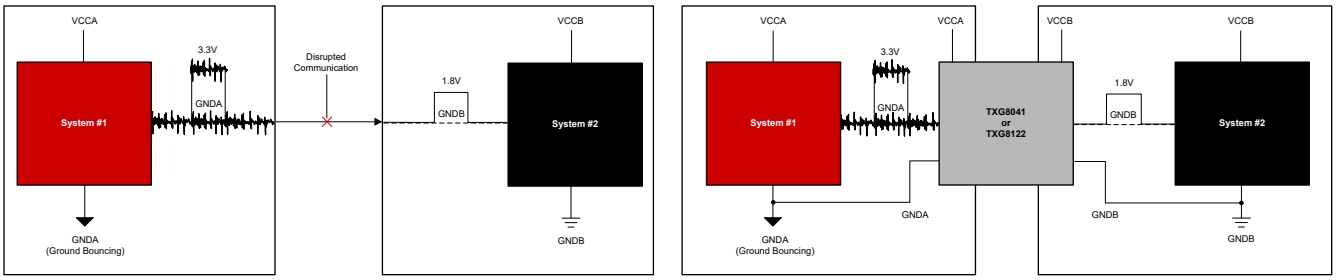

그림 3. 접지 레벨 트랜스레이터를 사용한 시스템 간 AC 접지 잡음 해결

저전압 시스템용으로 설계된 접지 레벨 트랜스레이터

TI의 접지 레벨 트랜스레이터는 1.71V~5.5V의 I/O 전압 레벨 전환을 지원하며, 최대 ±80V의 DC 접지 오프셋과 1MHz에서 최대 140Vpp의 AC 잡음 제거를 해결합니다. 이는 기존 복잡한 솔루션 대비 크기는 1/7, 비용은 절반 수준에 불과합니다. TXG8041은 5ns 미만의 전파 지연과 0.35ns 채널 간 스큐가 가능한 푸시-풀 출력을 지원하여, 최대 250Mbps 시스템 간의 실시간 통신을 위한 신속한 데이터 처리를 지원합니다. TXG8122는 I^{2}C 를 포함한 오픈 드레인 구성을 지원하며, 기존 솔루션 대비 절반 수준의 전력을 소비하고 전력 소모를 최소화하여 배터리 수명

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

을 연장하고 열 부하를 줄입니다. 이러한 트랜스레이터는 2.25mm^{2}의 소형 폼 팩터 패키지로 컴팩트함을 제공하며 다양한 채널 유형 및 구성을 갖추고 있어 확장성 또한 제공합니다.

48V 아키텍처에서의 애플리케이션

48V 아키텍처가 EV 제조업체들 사이에서 점차 확산됨에 따라, 전자 설계 분야에서는 최신 국제 표준화 기구 21780 표준을 준수하고 접지 오프셋에 대한 구체적인 테스트가 의무화되어 서로 다른 접지 위에서 작동하는 장치 간 안정적인 통신을 보장합니다. 이러한 시스템에서는 48V에서 작동하는 제어 모듈이 레이아웃이나 부하 조건으로 인해 몇 볼트의 접지 오프셋이 존재하더라도 12V 센서와 통신해야 할 수 있습니다.

TXG8041은 최대 ±80V의 접지 오프셋을 갖는 이종 도메인 간 통신을 지원하며, 이는 48V 배터리 시스템의 과도 현상까지 처리합니다. 또한 더 빠른 데이터 전송률과 낮은 전파 지연으로 고속 SPI 통신을 가능하게 합니다. 그림 4에서 볼 수 있듯이, 접지 레벨 트랜스레이터는 1채널 구성의 경우 2.25mm^2, 4채널 구성의 경우 4mm^{2}의 소형 패키지로 제공되며 이는 일반적인 갈바닉 아이솔레이터보다 훨씬 작습니다.

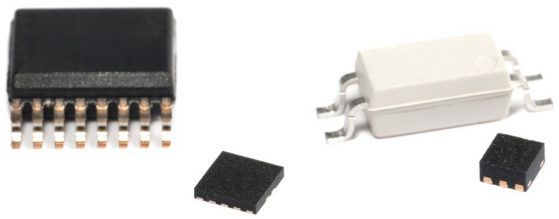

그림 4. 7배 더 큰 29mm2 갈바닉 아이솔레이터와 비교한 4mm2 SON 패키지의 TXG8041(왼쪽) 및 8배 더 큰 19mm2 옵토커플러와 비교한 2.25mm2 SON 패키지의 TXG8010(오른쪽)

배터리 스택 모니터링 활성화

가전제품, 전기 자전거 및 에너지 저장 시스템과 같은 배터리 구동 시스템에는 더 높은 전압과 긴 작동 시간을 지원하기 위해 적층형 배터리 모니터가 널리 사용됩니다. 이러한 아키텍처에서 각 모니터는 스택의 일부를 측정합니다. 상단 모니터는 주로 전체 팩 전압의 절반(예: 24V)에 가까운 접지 레퍼런스에 위치하며, 이로 인시스템 마이크로컨트롤러(MCU)와 다른 접지에 연결되어 직접적인 통신이 어렵습니다. 이 의도적인 토폴로지는 접지 오프셋을 유발합니다. TXG8122는 MCU와 배터리 모니터 간 통신에 자주 사용되는 I^{2}C 통신을 지원합니다. 또한 이 장치는 정적 버스 조건에서 전력 소비량을 줄이며, 4mm^{2}의 풋프린트로 소형화 및 모듈식 시스템에 유연한 통합이 가능합니다.

결론

시스템 간의 접지 오프셋은 항상 발생해왔지만 저전압 모듈식 아키텍처가 확산되면서 더욱 흔해지고 있습니다. TI의 ± 80V 접지 레벨 트랜스레이터는 이러한 과제에 대한 간단한 솔루션을 제공하여 SPI 또는 I^{2}C와 같은 인터페이스를 통해 여러 접지 레벨에서 전압 변환을 구현할 수 있습니다 이제 이 기술을 활용하여 신호 무결성과 안정적인 시스템 작동을 유지하면서 기존 방식 대비 크기와 비용을 줄이면서도 최대 2배 빠른 성능을 구현할 수 있습니다.

추가 리소스

- 애플리케이션 노트 모든 접지가 0V는 아닙니다를 읽어보세요.
- TXGx04x 4채널 접지 레벨 트랜스레이터 평가 모듈로 시작하세요.
- 접지 레벨 트랜스레이터의 새로운 포트폴리오를 살펴보세요.
- 애플리케이션 노트 아날로그 스위치로 포토 릴레이 교체 시의 주요 전압 고려 사항을 확인하세요.

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, 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 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated