

새로운 접지 레벨 트랜스레이터로 오프셋 문제를 해결하는 방법

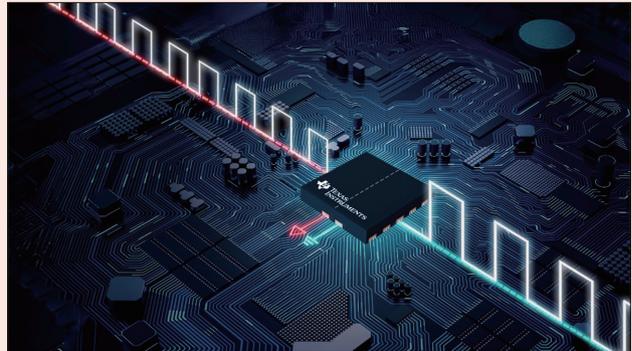
시스템 간의 접지 오프셋은 항상 발생해왔지만 저전압 모듈식 아키텍처가 확산되면서 더욱 흔해지고 있다. TI의 $\pm 80V$ 접지 레벨 트랜스레이터는 이러한 과제에 대한 간단한 솔루션을 제공하여 SPI 또는 I2C와 같은 인터페이스를 통해 여러 접지 레벨에서 전압 변환을 구현할 수 있다. 이제 이 기술을 활용하여 신호 무결성과 안정적인 시스템 작동을 유지하면서 기존 방식 대비 크기와 비용을 줄이면서도 최대 2배 빠른 성능을 구현할 수 있다.

자료제공 | TI 코리아

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

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

그림 1. 다양한 접지 도메인을 연결하는 $\pm 80V$ 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 있다.

- 갈바닉 아이솔레이터는 비싸고 크기가 크며 데이터 전송률 및 타이밍 성능이 제한된 경우가 많다. **표 1**은 이 솔루션과 접지 레벨 트랜스레이터의 차이점을 보여준다.

표 1. 접지 레벨 트랜스레이터와 갈바닉 아이슬레이터의 비교 표

매개 변수	접지 레벨 트랜스레이터	디지털 아이슬레이터	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

- 개별 레벨 시프터는 단방향 저속 신호를 처리할 수 있지만, 안정적이지 않고 확장할 수 없다. 비용은 저렴하지만 솔루션 크기가 약 10mm² ~ 20mm²다.

접지 오프셋의 과제

모듈식 설계의 서브시스템은 각자의 자체 전압 및 접지 레퍼런스로 작동한다. 그러나 이러한 시스템이 하나로 연결될 때, 접지 전위의 작은 차이가 신호 무결성 문제 및 통신 오류를 일으킬 수 있다. 그림 2 및 그림 3에서 볼 수 있

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

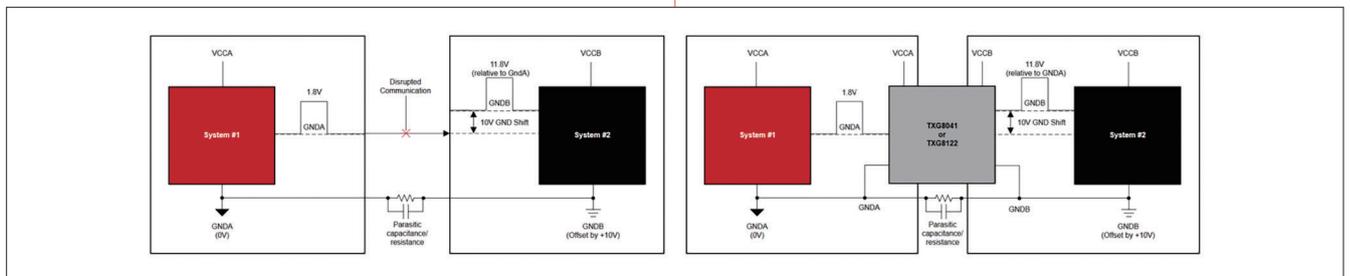
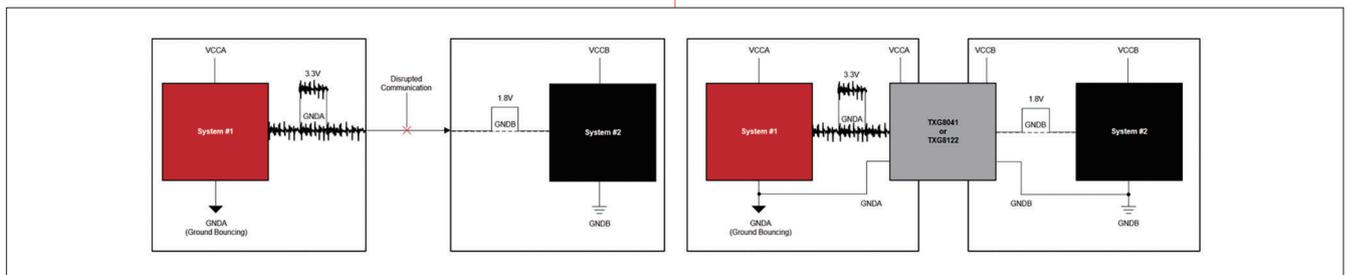


그림 3. 접지 레벨 트랜스레이터를 사용한 시스템 간 AC 접지 잡음 해결



듯이, 접지 오프셋은 DC 시프트 또는 AC 접지 잡음으로 인해 발생할 수 있다.

DC 접지 시프트

전압 차이는 트레이스 저항 또는 긴 배선으로 인해 발생할 수 있다. 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 있다. 예를 들어, 한 서브시스템이 짧고 넓은 트레이스를 통해 메인 접지에 연결되고, 다른 서브시스템은 길고 좁은 트레이스를 통해 접지면에 연결되는 경우에 전압 차이가 발생할 수 있다.

AC 접지 잡음

디지털, 아날로그 및 전원 회로가 공존하는 혼합 신호 시스템에서는 AC 접지 잡음이 흔히 발생한다. 전원 측에서 이 잡음은 스위칭 전류 구성 요소에 의해 생성되는 크고 빠르게 변화하는 복귀 전류에서 비롯된다. 디지털 측에서는

고속 신호 전환으로 인해 디지털 접지에 과도 전류가 유입될 수 있다. 이러한 변동은 로컬 접지 전위가 전환시켜 공통 접지 레퍼런스를 가정하는 서브시스템 간의 통신에 지장을 줄 수 있다.

저전압 시스템용으로 설계된 접지 레벨 트랜스레이터

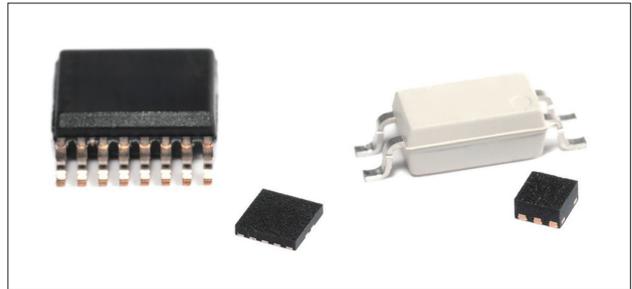
TI의 접지 레벨 트랜스레이터는 1.71V~5.5V의 I/O 전압 레벨 전환을 지원하며, 최대 $\pm 80V$ 의 DC 접지 오프셋과 1MHz에서 최대 140Vpp의 AC 잡음 제거를 해결한다. 이는 기존 복잡한 솔루션 대비 크기는 1/7, 비용은 절반 수준에 불과하다. TXG8041은 5ns 미만의 전파 지연과 0.35ns 채널 간 스큐가 가능한 푸시-풀 출력을 지원하여, 최대 250Mbps 시스템 간의 실시간 통신을 위한 신속한 데이터 처리를 지원한다. TXG8122는 I²C를 포함한 오픈 드레인 구성을 지원하며, 기존 솔루션 대비 절반 수준의 전력을 소비하고 전력 소모를 최소화하여 배터리 수명을 연장하고 열 부하를 줄인다. 이러한 트랜스레이터는 2.25mm²의 소형 폼 팩터 패키지로 컴팩트함을 제공하며 다양한 채널 유형 및 구성을 갖추고 있어 확장성 또한 제공한다.

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 의무화돼 서로 다른 접지 위에서 작동하는 장치 간 안정적인 통신을 보장한다. 이러한 시스템에서는 48V에서 작동하는 제어 모듈이 레이아웃이나 부하 조건으로 인해 몇 볼트의 접지 오프셋이 존재하더라도 12V 센서와 통신해야 할 수 있다.

TXG8041은 최대 $\pm 80V$ 의 접지 오프셋을 갖는 이중 도메인 간 통신을 지원하며, 이는 48V 배터리 시스템의 과도 현상까지 처리한다. 또한 더 빠른 데이터 전송률과 낮은 전파 지연으로 고속 SPI 통신을 가능케 한다. **그림 4**에서 볼 수 있듯이, 접지 레벨 트랜스레이터는 1채널 구성의 경우 2.25mm², 4채널 구성의 경우 4mm²의 소형 패키지로 제공

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



되며 이는 일반적인 갈바닉 아이솔레이터보다 훨씬 작다.

배터리 스택 모니터링 활성화

가전제품, 전기 자전거 및 에너지 저장 시스템과 같은 배터리 구동 시스템에는 더 높은 전압과 긴 작동 시간을 지원하기 위해 적응형 배터리 모니터가 널리 사용된다. 이러한 아키텍처에서 각 모니터는 스택의 일부를 측정한다. 상단 모니터는 주로 전체 팩 전압의 절반(예: 24V)에 가까운 접지 레퍼런스에 위치하며, 이로 인시스템 마이크로컨트롤러(MCU)와 다른 접지에 연결되어 직접적인 통신이 어렵다. 이 의도적인 토폴로지는 접지 오프셋을 유발한다. TXG8122는 MCU와 배터리 모니터 간 통신에 자주 사용되는 I²C 통신을 지원한다. 또한 이 장치는 정적 버스 조건에서 전력 소비량을 줄이며, 4mm²의 풋프린트로 소형화 및 모듈식 시스템에 유연한 통합이 가능하다.

결론

시스템 간의 접지 오프셋은 항상 발생해왔지만 저전압 모듈식 아키텍처가 확산되면서 더욱 흔해지고 있다. TI의 $\pm 80V$ 접지 레벨 트랜스레이터는 이러한 과제에 대한 간단한 솔루션을 제공하여 SPI 또는 I²C와 같은 인터페이스를 통해 여러 접지 레벨에서 전압 변환을 구현할 수 있다. 이제 이 기술을 활용하여 신호 무결성과 안정적인 시스템 작동을 유지하면서 기존 방식 대비 크기와 비용을 줄이면서도 최대 2배 빠른 성능을 구현할 수 있다. **SN**