

# 유연한 RS-485 트랜시버를 이용해 시스템 설계 소요 시간과 비용을 절감하세요



Vikas Kumar Thawani, Mani Bhushan Ray

## 추상

RS-485는 지난 20여 년 동안 산업용 애플리케이션 분야에서 가장 널리 사용되는 무선 통신 인터페이스로 자리잡고 있습니다. RS-485는 평형 차동 신호 기능을 통해 공통 모드 잡음을 제거하고 소음이 심한 산업 환경에서 장거리 통신을 용이하게 만듭니다. RS-485는 공장 자동화, 보호 릴레이, 태양광 인버터, 에너지 계량기, 모터 드라이버 및 건물 자동화와 같은 대부분의 산업용 애플리케이션에서 공통 통신 포트로 사용되고 있습니다.

최종 장비의 요구 사항에 따라 RS-485 네트워크는 각기 다른 버스 전원 공급, 논리 인터페이스 공급 전압, 네트워크 길이 및 처리량에 맞게 설계해야 합니다. 결과적으로, 고객은 고유한 애플리케이션 요구 사항을 충족하려면 시중에서 판매하는 여러 RS-485 트랜시버 제품을 선택, 테스트 및 검증해 보아야 합니다. 또한, 시스템 설계자는 신호 품질 개선을 위해서는 엔드 노드에 보통 종단 저항이 필요하기 때문에 네트워크상에서 엔드 노드와 중간 노드용으로 각기 다른 PCB(인쇄 회로기판)를 개발하게 됩니다. 이러한 프로세스에는 상당한 설계 대역폭과 리소스가 필요하며, 따라서 시스템 설계 시간과 비용이 들고 출시도 지연됩니다.

THVD1424는 2선(반이중) 또는 4선(전이중), 저속 또는 고속 등 어떤 네트워크에서, 어느 노드 위치(엔드 노드, 중간 노드)에서나 같은 장치를 사용할 수 있는 유연성을 제공합니다. 따라서 THVD1424를 사용하면 다양한 애플리케이션 요구 사항에 맞춰 공통 PCB를 소프트웨어를 통해 설계 및 구성함으로써 엄청난 개발 시간 및 노력을 절약할 수 있습니다.

## 목차

|  |    |
|--|----|
| 1 일반적인 RS-485 네트워크와 종단의 필요성.....       | 2  |
| 2 네트워크 길이, 데이터 전송률 및 스테브.....          | 3  |
| 3 전환 가능한 종단 및 이중 스위칭을 위한 개별 설계.....    | 4  |
| 4 이중 스위칭을 위한 개별 설계.....                | 4  |
| 5 THVD1424 및 THVD1454 플렉서블 RS-485..... | 5  |
| 6 THVD1424를 사용한 애플리케이션 다이어그램.....      | 7  |
| 7 THVD1424의 4개 노드 테스트 실험 결과.....       | 9  |
| 8 결론.....                              | 11 |
| 9 개정 내역.....                           | 12 |

## 상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 1 일반적인 RS-485 네트워크와 종단의 필요성

그림 1-1 및 그림 1-2은(는) 각각 반이중과 전이중 구성의 일반적인 RS-485 네트워크를 보여줍니다. 이러한 토폴로지에서는 참여 드라이버, 리시버 및 트랜시버가 네트워크 스텝을 통해 메인 케이블 트렁크에 연결됩니다. 스텝은 트랜시버와 케이블 트렁크 사이의 전기적 거리이며, 기본적으로 종단되지 않은 버스 라인을 나타냅니다.

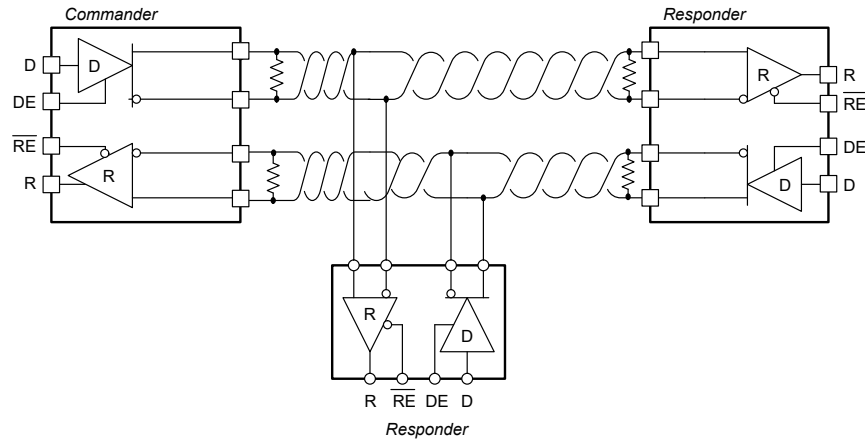


그림 1-1. 전이중 네트워크

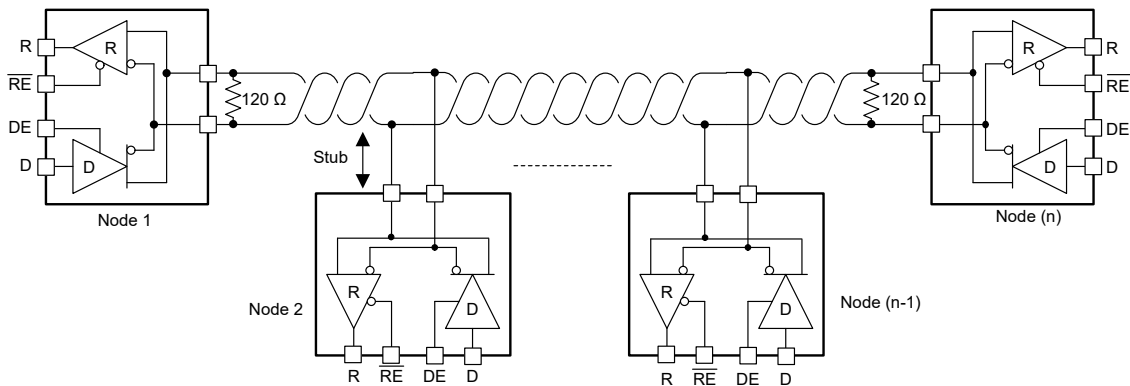


그림 1-2. 반이중 네트워크

전이중 구현에는 신호쌍 2개(선 4개), 트랜스미터와 리시버 용도로 별도의 버스 액세스 라인이 있는 전이중 트랜시버가 필요합니다. 전이중 네트워크에서는 노드 하나가 한 쌍에서 데이터를 전송하고 동시에 다른 쌍에서 데이터를 수신할 수 있어 높은 유효 처리량을 달성할 수 있습니다. 반이중 네트워크에서는 신호 쌍을 하나만 사용하기 때문에 데이터 구동과 수신이 서로 다른 시점에 발생해야 합니다. 이 구성에서는 처리량을 희생하는 대신 네트워크(전이중 네트워크 대비) 케이블 연결 비용을 줄일 수 있습니다.

시중에서 구입 가능한 대부분의 RS-485 트랜시버는 반이중이거나 전이중이며, 따라서 장치의 핀아웃과 패키지가 서로 다릅니다. 시스템 설계자 입장에서는 반이중과 전이중 설계 플랫폼 용도로 다른 장치를 선택해야 한다는 것이 첫 번째 문제입니다.

전기 신호는 구리 케이블(물리적 매체)을 통해 드라이버에서 네트워크상의 모든 리시버로 이동합니다. 네트워크를 구동하는 동안 드라이버(TX) 출력 임피던스는 낮고, 리시버(RX) 입력 임피던스는 보통 킬로옴(kΩ) 단위로 표시됩니다. 아래 그림에서 보듯이, 신호가 중간 노드의 스텝(A 지점과 B 지점에서)이나 리시버 입력 단자(n 모드에서)처럼 임피던스 불일치를 만나는 경우 신호의 일부가 다시 반사되며, 이것이 버스의 신호를 방해하여 신호 품질을 저하시킵니다. 반사 계수(r)는 방정식 1에 나와 있습니다.

$$r = \frac{Z_t - Z_o}{Z_t + Z_o} \text{를 위한 직렬 전압 레퍼런스} / \frac{Z_t + Z_o}{Z_t - Z_o} \text{를 위한 직렬 전압 레퍼런스} \quad (1)$$

여기서  $Z_t$ 는 종단 임피던스이고,  $Z_o$ 는 케이블 특성 임피던스입니다

전송선 이론에 따라, 반사를 최소화하려면 임피던스 불일치 불연속성을 제한하는 것이 매우 중요합니다. 그렇게 하기 위해 스텝 길이를 최소화하고 가장 먼 노드를 종단하는 설계 방식을 권장합니다. 신호가 양방향으로 이동할 수 있는 경우 네트워크의 양쪽 끝을 모두 올바르게 종단해야 합니다.

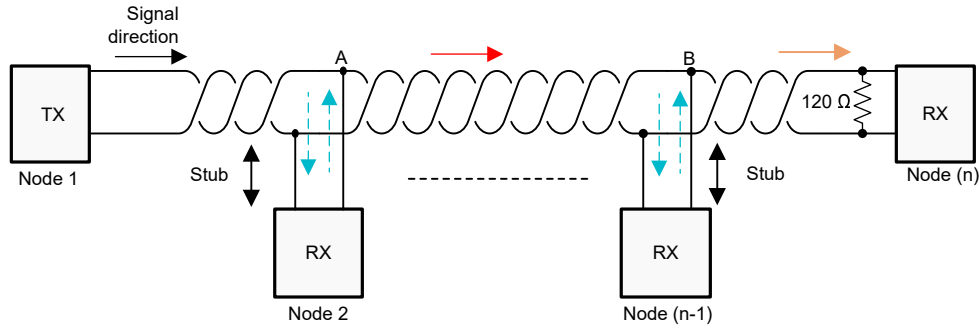


그림 1-3. RS-485 네트워크에서의 신호 반사 현상

버스 종단은 신호 품질을 향상시키는 효과적인 방법입니다. 그림 1-1과 그림 1-2에서 보는 것처럼, 보통 양쪽 끝 부분 노드는 값이 전송 케이블의 특성 임피던스와 일치하는 종단 저항을 사용해 종단합니다. 건물 자동화(HVAC, 온도 조절기 등) 같은 특정 애플리케이션에서는 RS-485 노드를 추가하거나 제거하는 방법으로 네트워크를 재구성할 수 있습니다. 이는 시스템 설계자 입장에서 두 번째 문제와 세 번째 문제를 야기합니다. 엔드 노드용 애플리케이션 보드를 중간 노드와 다르게 설계해야 하며, 테크니션이 수동으로 개입해 네트워크의 종단을 재구성해야 하는데, 그렇게 되면 케이블의 극성 반전, 잘못된 종단과 같은 인적 오류가 발생하기 쉽습니다.

## 2 네트워크 길이, 데이터 전송률 및 스텐브

RS-485 표준은 그림 2-1에서 보듯이 최대 작동 데이터 전송률 및 네트워크 길이 선택을 위한 지침을 제공합니다.

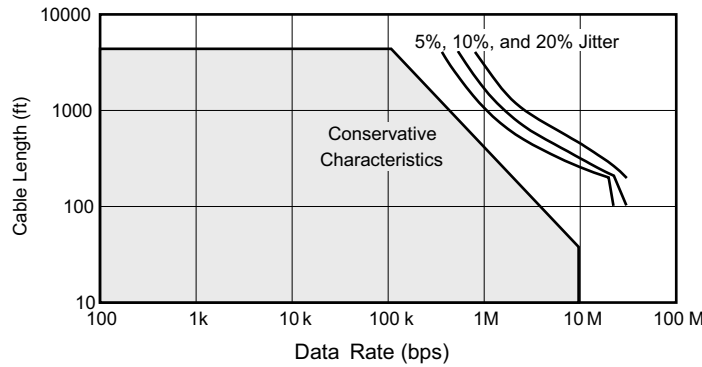


그림 2-1. 케이블 길이 vs. 데이터 전송률 특성

그림 2-1에 보면 허용 가능한 지터에 상응하는 신호율과 케이블 길이 간의 반비례 관계를 알 수 있습니다. 실선은 지터가 거의 없는 보수적인 추정치입니다. 시스템이 더 높은 신호 지터를 견딜 수 있으면서(다이어그램에서 5%, 10% 및 20% 지터 곡선) 높은 비트와 낮은 비트를 올바르게 구별할 수 있는 경우 네트워크 길이를 늘릴 수 있습니다. 데이터 전송률이 낮은 경우 케이블 저항이 신호를 감쇠시키기 때문에 케이블의 DC 저항이 최대 통신 거리를 제한합니다. 신호 주파수가 증가함에 따라 케이블의 AC 속성과 드라이버의 상승/하강 시간이 네트워크의 속도 대 거리 성능을 제한하기 시작합니다.

일단 RS-485 네트워크의 네트워크 길이와 작동 데이터 전송률이 결정되고 나면, 다음 할 일은 양호한 신호 품질을 유지할 수 있는 최대 스텐브 길이를 결정하는 것입니다. 일반적인 보수적 지침에 따르면, 스텐브의 전기적 길이, 또는 왕복 지연은 드라이버 상승 시간의 1/10보다 작도록 해서 최대 물리적 스텐브 길이가 방정식 2에 나와 있는 길이가 되도록 하는 것을 권장합니다.

$$L_{(STUB)} \text{를 위한 직렬 전압 레퍼런스} \leq 0.1 \times t_r \times v \times c \tag{2}$$

여기서

- $t_r$ 은 드라이버의 10/90 상승 시간입니다
- $c$ 는 빛의 속도입니다( $3 \times 10^8$ m/s)
- $v$ 는  $c$ 의 배수로 케이블 또는 트레이스의 신호 속도입니다
- $v$ 는  $c$ 의 배수로 케이블 또는 트레이스의 신호 속도입니다

이로 인해 이제 시스템 설계자는 네 번째 문제에 직면하게 됩니다. 저속 또는 고속 네트워크 설계에 맞게 각기 다른 장치를 선택하는 문제입니다.

### 3 전환 가능한 종단 및 이중 스위칭을 위한 개별 설계

시스템 설계자가 전환 가능한 종단 저항을 사용해 공통 PCB를 설계하려 하며 따라서 RS-485 네트워크의 모든 노드에 걸쳐 동일한 PCB를 사용할 수 있는 경우 opto-MOS 같은 광 릴레이 드라이버를 사용할 수 있습니다. opto-MOS는 논리 입력 신호에 응답하는 장치로, 저저항 반도체 스위치를 활성화 또는 비활성화합니다. 광학 절연으로 제어 신호 참조에 관계 없이 모든 공통 모드 전압에서 버스를 활성화합니다. 아래 이미지에 이 설계가 나와 있는데 이 개념을 확장해 전환 가능한 듀플렉스가 포함된 것을 알 수 있습니다. 즉, opto-MOS 2개를 추가로 사용함으로써 종단 활성화 또는 비활성화한 상태에서 반이중 또는 전이중 역할을 할 수 있는 설계를 구축할 수 있습니다.

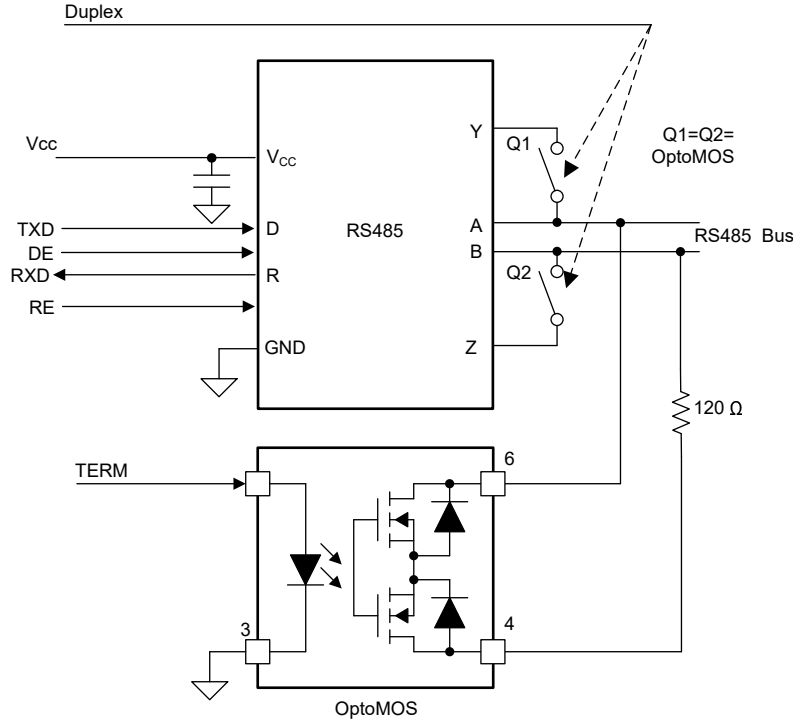
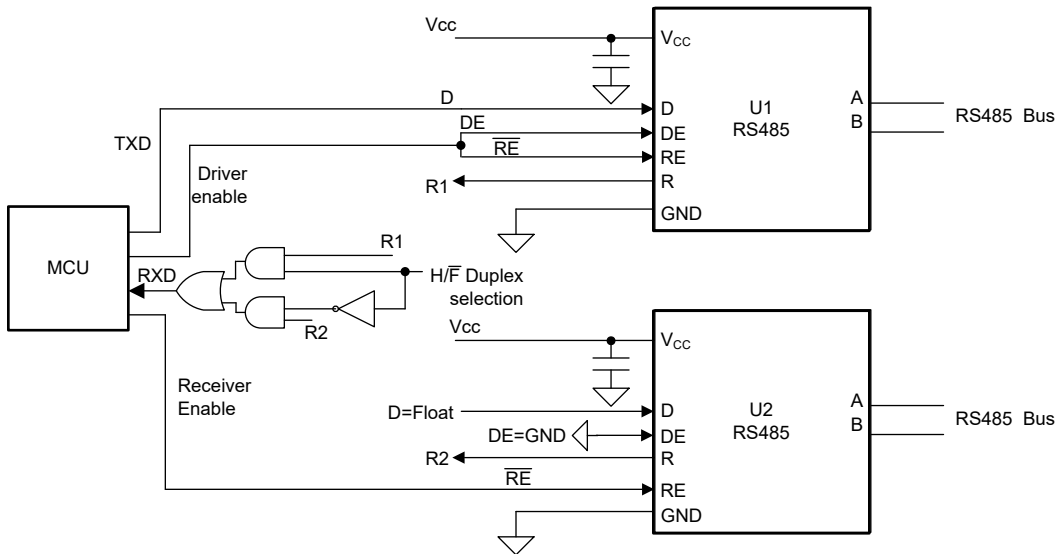


그림 3-1. 전환 가능한 종단 및 이중 스위칭을 위한 opto-MOS 구현

이전 설계의 문제는 보드 면적을 지나치게 많이 차지하고 고비용 솔루션이라는 점입니다.

### 4 이중 스위칭을 위한 개별 설계

핀 제어 반이중 또는 전이중 역할을 할 수 있는 설계의 대안적 개별 구현 방법은 아래에서 보는 것처럼 반이중 트랜시버 2개를 사용해 로직을 구축하여 2선 또는 4선 네트워크에 대한 데이터를 송수신하는 것입니다.



| Duplex Selection   | RXD | U1  | U2  |
|--------------------|-----|---|---|
| High (half duplex) | R1  | Acts as TX and RX. Driver enable signal controls it | Can be ignored for half duplex operation. |
| Low (Full duplex)  | R2  | Acts as TX  | Acts as RX                                |

그림 4-1. 이중 스위칭의 로직 구현

이 설계에서도 2개의 RS-485 트랜시버와 로직 게이트 때문에 보드 면적의 상당 부분을 차지한다는 같은 문제가 있습니다.

## 5 THVD1424 및 THVD1454 플렉서블 RS-485

이전 섹션에서 설명한 문제점에는 모두 한 가지 간단한 해결책이 있습니다. THVD1424 및 THVD1454.

텍사스 인스트루먼트사는 업계 최초로 진정으로 유연한 RS-485 트랜시버를 출시했습니다. 이 제품군은 고유한 장치 2개로 이루어져 있습니다.

- **THVD1424**에는 드라이버와 리시버 버스 핀에 걸쳐 온칩 120Ω 전환 가능한 종단, 핀 제어 이중 스위칭 및 슬루율 제어 기능이 있어 어떤 종류의 네트워크에서나, 어떤 노드 위치에서나 공통 장치를 사용할 수 있습니다. 이 장치는 핀 H/F를 구성해 반이중 또는 전이중 RS-485 네트워크에서 모두 사용 가능합니다. 장치에는 슬루율 제어 핀 SLR이 있으며, 이를 이용해 장치를 최대 20Mbps 모드로, 또는 슬루율 제한 500Kbps 모드로 설정할 수 있습니다. 종단 저항은 TERM\_TX와 TERM\_RX 등 핀 2개를 사용해 제어합니다. 이 장치에는 1.65V~5.5V를 지원하는 별도의 VIO 핀이 있어 저전압 마이크 로컨트롤러와 상호작용하는 기능도 있습니다. 버스 공급 전압 VCC는 VIO와는 독립적일 수 있으며 3~5.5V를 지원합니다. 모든 기능은 열효율적인 초소형 16 VQFN 패키지(3mm x 3mm) 안에 들어 있습니다.

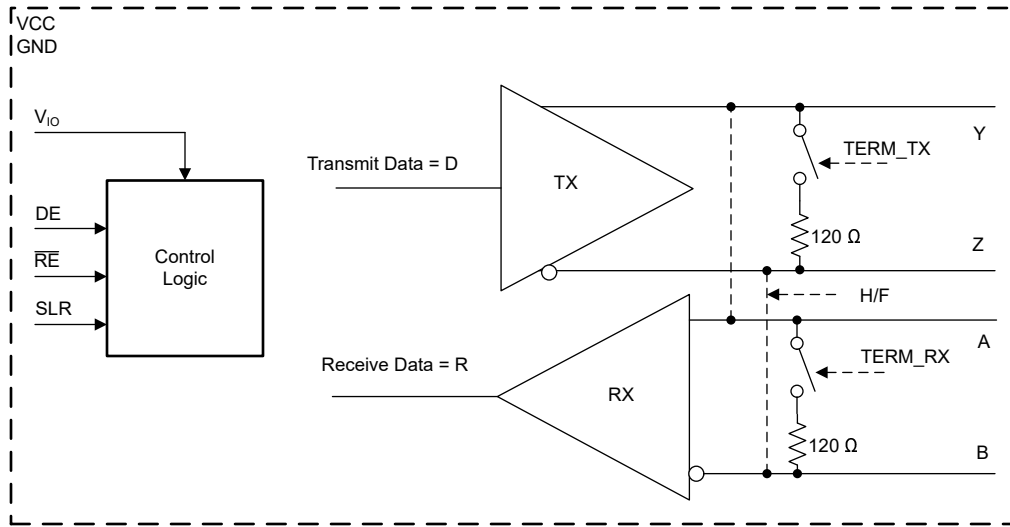


그림 5-1. THVD1424 블록 다이어그램

- THVD1454에는 THVD1424와 달리 하위 기능 세트가 있습니다. THVD1454는 공간 절약형 10 VSON 패키지(3mm × 3mm)에 들어 있으며, 반이중 네트워크에만 설계됩니다. 또한 이 장치에는 버스 핀 전체에 걸쳐 온칩 120Ω 전환 가능 중단과 슬루율 제어 기능이 있습니다. 이 장치는 동급 경쟁사 솔루션과의 핀 호환성을 원하는 고객에게 탁월한 대안을 제공합니다.

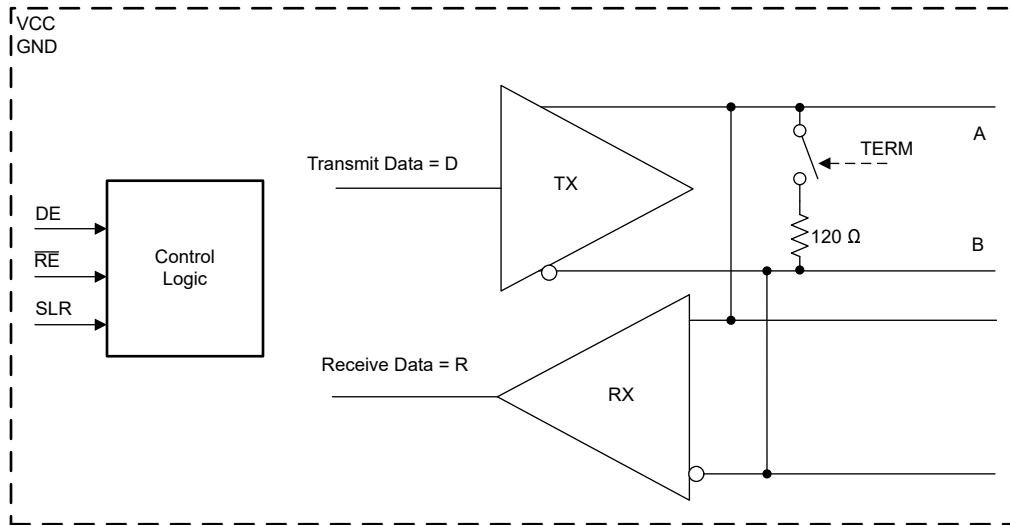


그림 5-2. THVD1454 블록 다이어그램

그 외에 제공되는 고유 기능은 다음과 같습니다.

그 외에 양쪽 장치에서 모두 제공되는 고유 기능은 다음과 같습니다.

- 버스 핀들을 통과하는 중단 저항은 드라이버나 리시버의 활성/비활성 상태에 관계 없이 버스 핀들 전체에 걸쳐 활성화 또는 비활성화할 수 있습니다.
- 중단은 공급 전압 3~5.5V, 공통 모드 전압 -7V~12V 및 온도 -40°C~125°C에 걸쳐 엄격하게 조절합니다.
- 이 장치는 3.3V 또는 5 V 버스 공급 장치에서 작동 가능합니다.
- 버스 핀은 버스의 노드 256개를 지원하는 1/8 단위 부하를 제공합니다.
- 버스 개방, 단락 및 유효 상태를 위한 페일세이프 리시버.
- 버스 핀의 레벨 4 IEC 61000-4-2 ESD 보호: ±8kV 접촉 방전/±15kV 공중 방전.
- 저속 모드에서 고속 잡음 펄스를 필터링하기 위한 리시버 경로의 글리치 필터.
- 확장된 산업용 온도 범위: -40°C~125°C.
- 버스 단락 전류 제한, 과열 시 전원 차단 및 저전압 공급 등 통합된 보호 기능.

## 6 THVD1424를 사용한 애플리케이션 다이어그램

그림 6-1, 그림 6-2 및 그림 6-3를 보면 TI의 Flexible RS-485 트랜시버, THVD1424의 다기능성을 잘 알 수 있습니다. 네트워크 다이어그램은 THVD1424가 어떻게 반이중과 전이중 네트워크에 모두 적합한지 잘 보여줍니다. 소프트웨어 구성만으로도 모든 노드 위치에서 동일한 보드 설계를 복제할 수 있습니다. 또한 소프트웨어에서 처리 가능하기 때문에 중단 재구성을 위해 수동으로 개입할 필요가 없습니다.

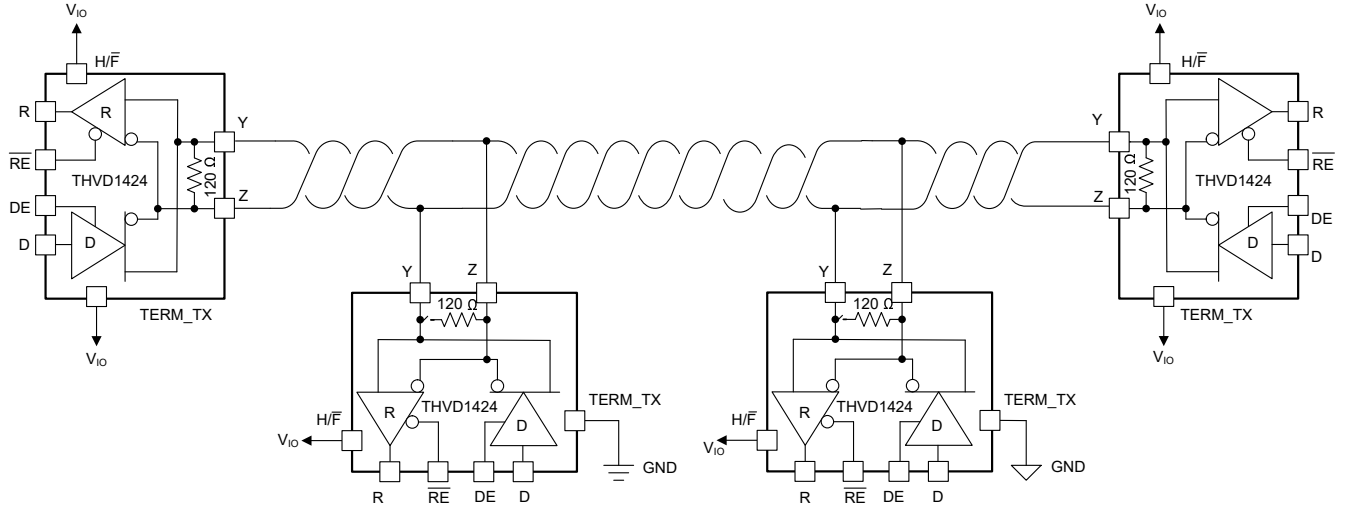


그림 6-1. THVD1424를 이용한 반이중 네트워크

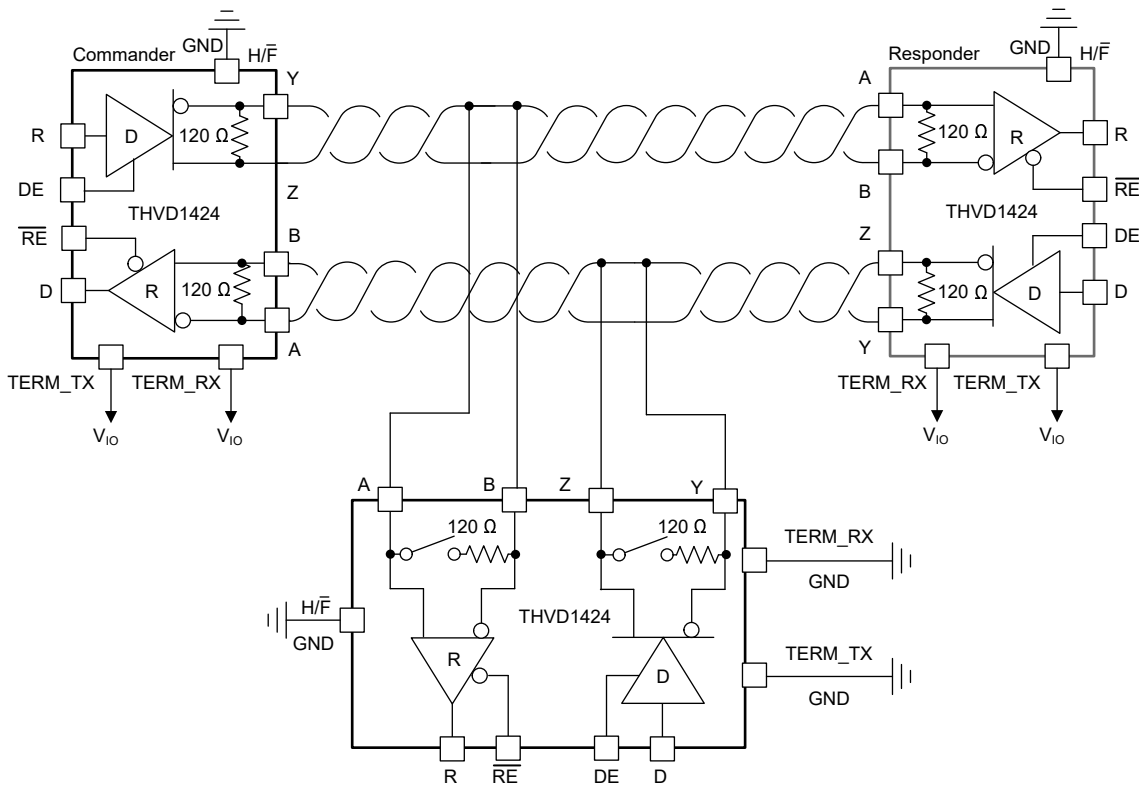


그림 6-2. THVD1424를 이용한 전이중 네트워크

THVD1424는 작동할 때 공급 핀 VCC와 VIO에서 1 uF 우회 커패시터 2개만 있으면 되기 때문에 다양한 기능의 초소형 설계를 제공합니다. 모든 논리 핀은 공급 장치나 접지에 선으로 연결할 수 있고, 패키지 측면에 위치합니다. 버스 핀 4개가 모두 패키지 한쪽에 있어 플로우루 레이아웃이 가능합니다. 그림 6-3에 우회 커패시터가 탑재된 장치의 입체 이미지가 나와 있습니다.

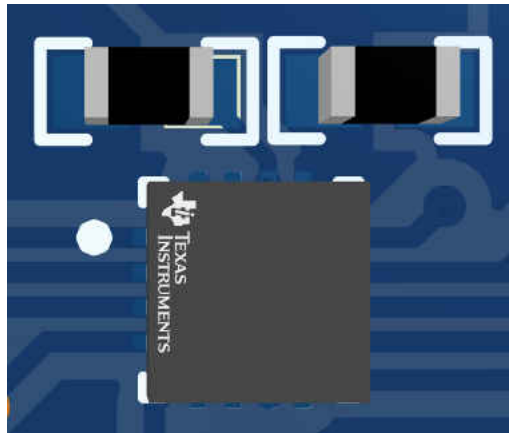


그림 6-3. THVD1424의 레이아웃 다이어그램



## 7 THVD1424의 4개 노드 테스트 실험 결과

아래와 같이 50피트 길이의 연선 케이블과 연결된 THVD1424 보드 4개를 사용해 노드 4개 반이중 네트워크를 구성했습니다. 다중 지점 네트워크의 이상적인 토폴로지는 데이터 체인이지만 여기서는 긴 스타버브 신호 품질 저하에 영향을 미친다는 것을 보여주기 위해 버스 토폴로지 네트워크를 구축했습니다.

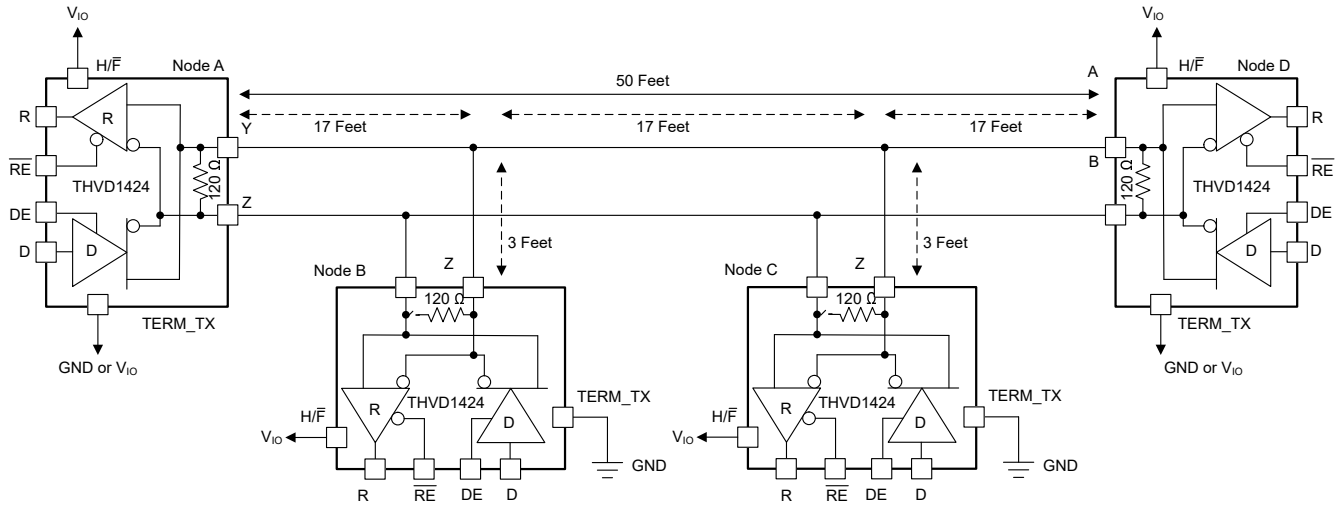


그림 7-1. THVD1424를 사용한 네트워크 셋업

각 노드는 5V에 연결되어 있고, 접지는 모든 노드에서 공통입니다. 노드 B는 함수 생성기를 사용해 구동했고, 버스 파형은 노드 A에서 확인했습니다.

케이스 1: 각 노드의 SLR(슬루율) 제어핀은 고속에서 종단의 영향을 확인하기 위해 접지에 연결했습니다. 노드 B는 2Mbps의 속도로 구동

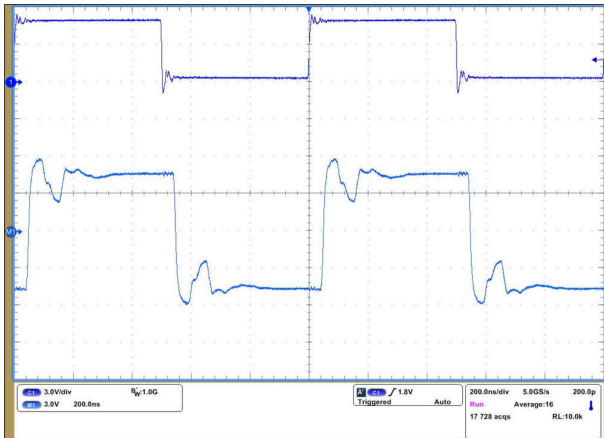


그림 7-2. 노드 A와 노드 D는 2Mbps 신호로 종단 취소

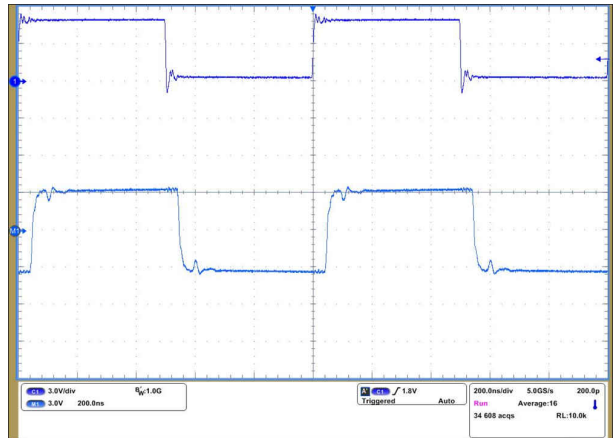


그림 7-3. 노드 A와 노드 D는 2Mbps 신호로 종단

케이스 2: 노드 B는 10Mbps로 구동

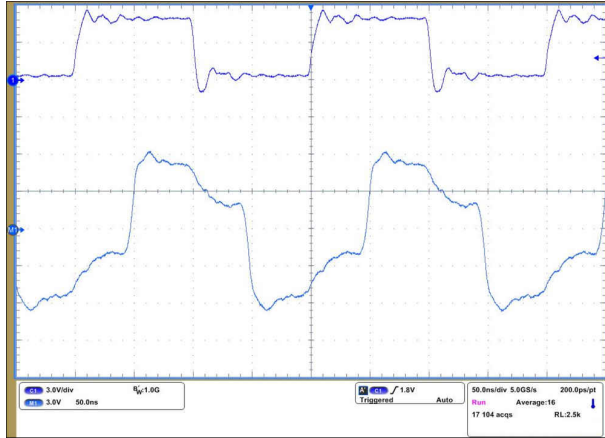


그림 7-4. 노드 A와 노드 D는 10Mbps 신호로 중단 취소

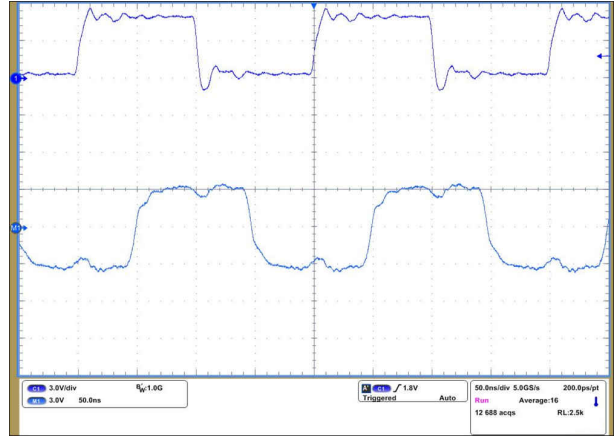


그림 7-5. 노드 A와 노드 D는 10Mbps 신호로 중단

케이스 3: 노드 B는 20Mbps로 구동

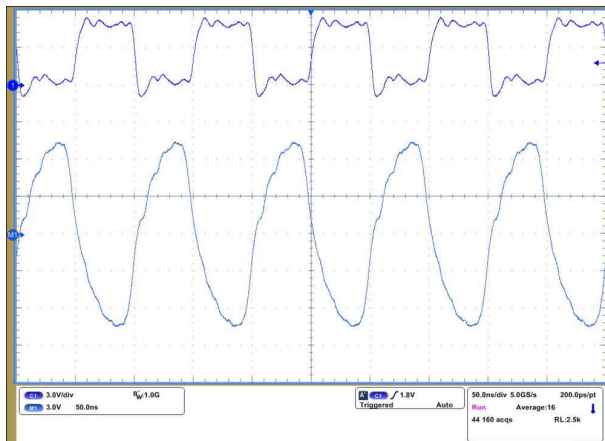


그림 7-6. 노드 A와 노드 D는 20Mbps 신호로 중단 취소

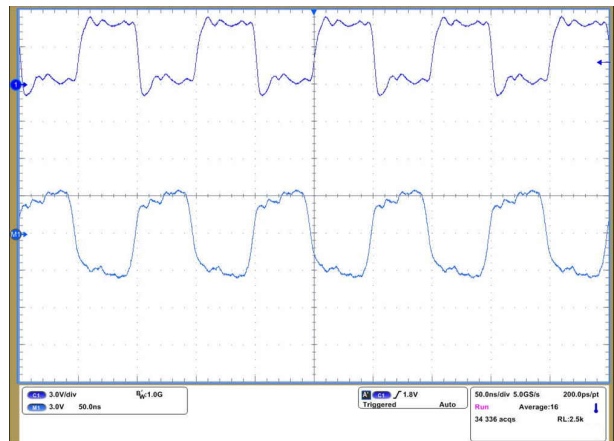


그림 7-7. 노드 A와 노드 D는 20Mbps 신호로 중단

케이스 4: SLR 핀은 모든 노드에 대해 High(높음)로 설정했으며, 노드 B는 500kbps로 구동했습니다.

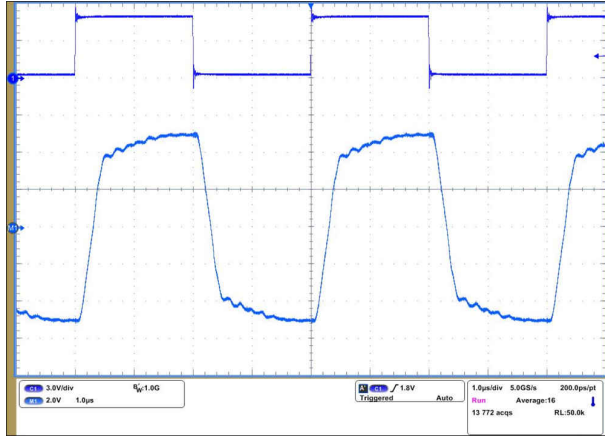


그림 7-8. 노드 A와 노드 D는 500Mbps 신호로 중단 취소

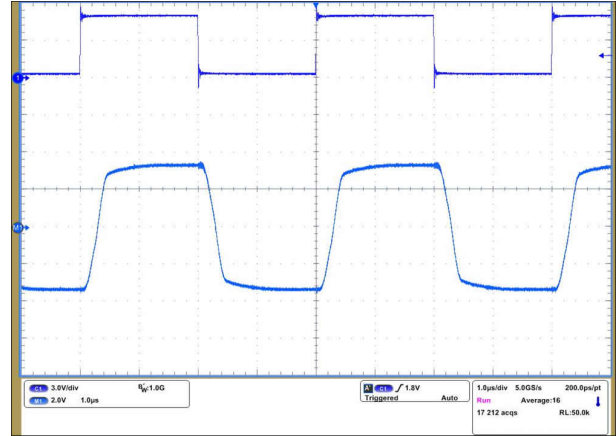


그림 7-9. 노드 A와 노드 D는 500Mbps 신호로 중단

위 파형에서 보듯이, 네트워크 양쪽 끝을 중단하는 경우 반사를 줄여 버스 파형을 크게 향상시킬 수 있습니다. 500kbps가 훨씬 더 느린 속도이고 저속에서, 그리고 이 거리에서는 중단이 선택 사항이 되지만, 중단이 있다는 것만으로도 버스 파형이 향상됩니다.

참고: 중단된 버스 파형은 진폭이 더 작는데, 이는 무부하 드라이버 차동 출력이 공급에 더 가깝게 스윙하며, 그 때문에 부하 드라이버 출력보다 더 크기 때문입니다. 또한, 스템 길이는 이러한 전환 시간에 대해 실제 네트워크에서 마주치게 될 길이 (20Mbps 모드로 설정된 드라이버의 경우 보통 ~10ns)보다 의도적으로 더 길게 유지합니다. 또 하나 참고해야 할 사항은, 20Mbps 신호율에 대한 네트워크 길이 50피트(약 15미터)의 경우 케이블의 AC 손실 때문에 약간 성능이 떨어지게 되며, 따라서 중단된 상황에서도 파형이 이상적이지 않다는 것입니다.

## 8 결론

텍사스 인스트루먼트의 THVD1424 및 THVD1454 장치는 보드 면적 확대나 솔루션 비용 상승 없이 RS-485 네트워크의 시스템 설계자들이 직면하는 공통적인 문제점을 해결해 주는 매력적인 솔루션을 제공합니다. THVD1424는 진정한 유연성을 제공하는 업계 최초의 RS-485 트랜시버입니다. 시스템 설계자가 장치의 테스트 및 검증을 완료하고 나면 장치는 이제 모든 현재 및 미래 설계 플랫폼에서 사용할 수 있는 준비가 완료되며, 그 결과 개발 비용과 소요 시간을 획기적으로 감소시키고 출시를 가속화할 수 있습니다. 빠른 평가를 위해 [THVD1424EVM](#) 평가 모듈은 [THVD1424](#)에 사용할 수 있으며, [THVD1454EVM](#)은 [THVD1454](#)에 사용할 수 있습니다.

## 9 개정 내역

---

### Changes from Revision B (March 2023) to Revision C (May 2023) Page

- 발행물 전체에 THVD1454가 추가되었음..... 1
- 

### Changes from Revision A (January 2023) to Revision B (March 2023) Page

- THVD1424 이미지를 사용하여 전이중 네트워크를 업데이트했습니다.....7
- 

### Changes from Revision \* (October 2022) to Revision A (January 2023) Page

- 문서 전체에서 표, 그림 및 상호 참조에 대한 번호 매기기 형식이 업데이트되었습니다..... 1
  - 전이중 네트워크 이미지 업데이트.....2
  - 반이중 네트워크 이미지 제목 업데이트.....2
-

## 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 © 2023, 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated