

Technical White Paper

THVD44xx : 具有高级集成和灵活性的多协议收发器支持各种应用



Vikas Kumar Thawani, Mani Ray, and Jitender Kapil

摘要

RS-232 和 RS-422/RS-485 有线接口因其简单、低成本和稳健性而广泛用于工业应用。工业和工厂自动化、工业 PC (也称为单板计算机)、条形码扫描器、POS 机终端、楼宇安全系统和工业运输等应用会使用这些接口中的一个或两个。

多协议 (MP) 收发器将 RS-232、RS-422 和 RS-485 集成到一个芯片中, 为用户提供灵活的配置选项。多协议收发器可用作独立的 RS-232、RS-422 或 RS-485 收发器, 因为允许根据控制引脚在任一接口之间的无缝切换。MP 收发器通常组合了用于 RS-232 信号传输的电荷泵和用于 RS-232 接收器 (5k Ω) 和 RS-422/RS-485 (120 Ω) 的端接电阻器, 使整个系统紧凑, 并消除价格昂贵且占用空间的外部电路。

德州仪器 (TI) THVD44xx 系列多协议收发器提供了前所未有的集成度和灵活性。本文介绍多协议收发器并将它们与分立式实现进行比较。然后, 通过深入介绍工作模式和波形, 详细介绍 THVD44xx 器件。本文最后通过与市面上的器件相比, 展示了 THVD44xx 器件提供的优势。

内容

1 引言.....	2
2 多协议收发器应用使用案例.....	3
3 多功能多协议收发器的主要设计目标.....	5
4 分立式多协议收发器实现.....	6
5 TI 的 THVD44xx 多协议收发器系列.....	6
6 THVD4431 的 MODE 配置.....	8
7 THVD4431 应用图.....	10
8 THVD4431 的波形.....	12
9 THVD4431 相对于竞争器件的优势.....	13
10 结语.....	13

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

RS-232 在低成本、低速、点到点工业应用中很常见。RS-232 通常用于工厂设备诊断或编程。此接口利用大信号振幅来提高信噪比，适合严苛的工业环境。RS-232 是一种全双工有线接口，可通过单个驱动器和单个接收器来实现通信端口设计，或者该接口可以具有多个驱动器和接收器来处理握手控制信号，以控制发送器和接收器之间的数据流。

RS-232 标准使用反向逻辑，其中来自微控制器 (MCU) 的高电平数字信号转换为负模拟信号 (小于或等于 $-5V$)。在另一方面，低电平数字信号转换为正模拟信号 (大于或等于 $+5V$)。接收器阈值定义为 $\pm 3V$ ，因此在最低 RS-232 驱动器输出和接收器阈值之间存在一些裕度。从数据速率的角度来看，RS-232 标准要求高达 20kbps 的信号速率，同时对用于控制发射的传输信号的压摆率具有最大限制。现代器件在控制压摆率的同时，可以支持高达 1Mbps 的数据速率。最大数据速率受最大容性负载的影响，该负载产生自发送器和接收器之间的电缆电容。

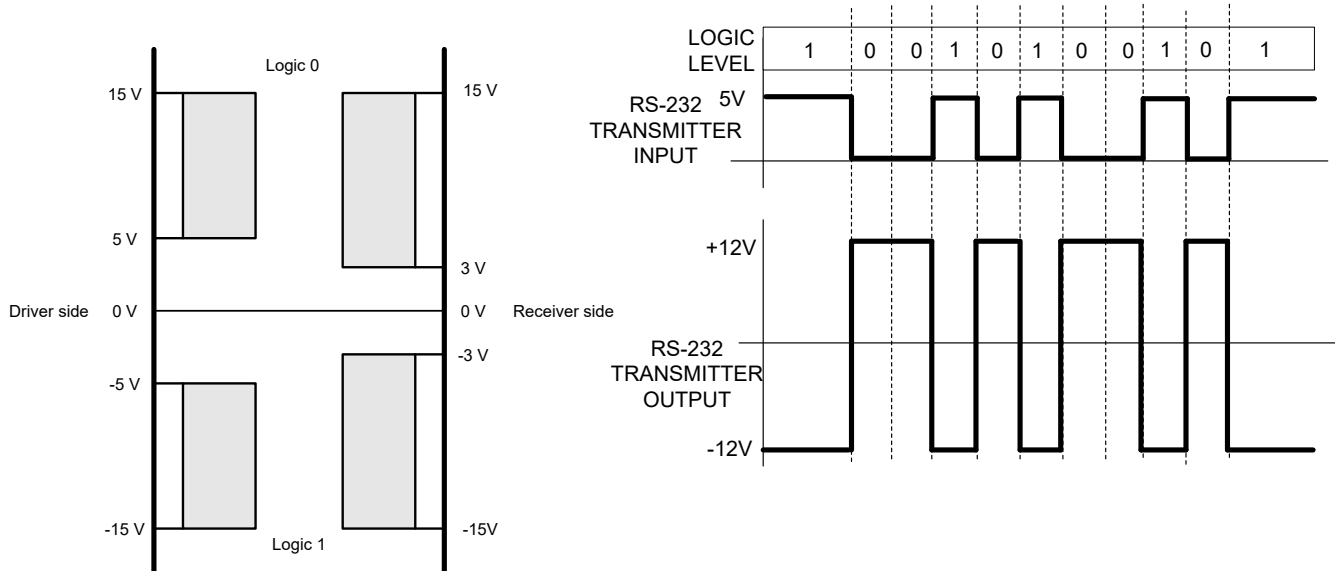


图 1-1. RS-232 驱动器和接收器的信号传输和振幅范围

二十多年来，RS-485 一直是工业应用中极其常用的有线通信接口。RS-485 的平衡差分信号传输可降低辐射和抑制共模噪声，从而提高抗扰度，使得在噪声大的工业环境中进行远距离通信切实可行。RS-485 允许多点网络，其中多个通信节点可以通过同一总线进行通信，从而降低电缆成本。RS-485 网络可以采用半双工 (2 线) 或全双工 (4 线) 方式实现。两个网络在最远端端接：与电缆特性阻抗匹配的端接可减少反射并提高信号质量。

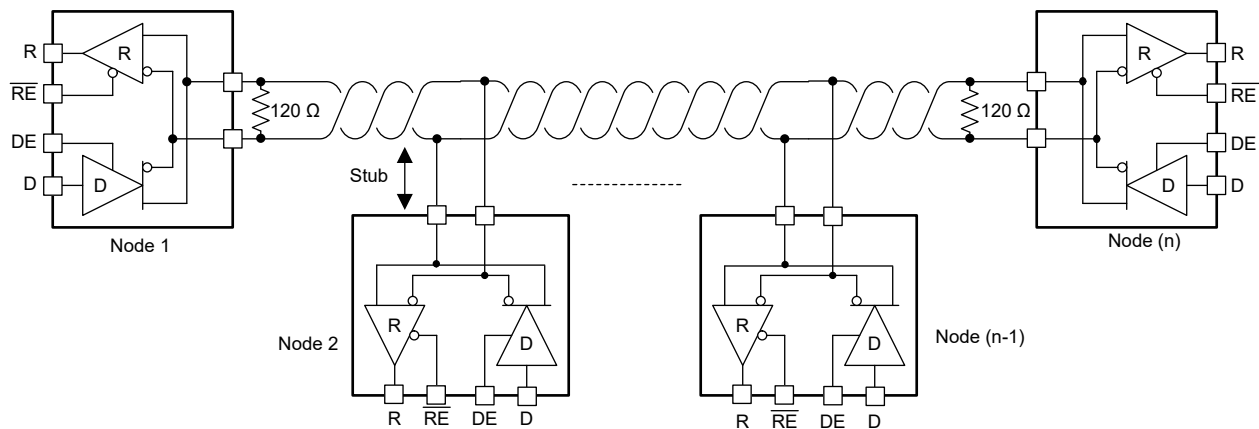


图 1-2. RS-485 半双工网络

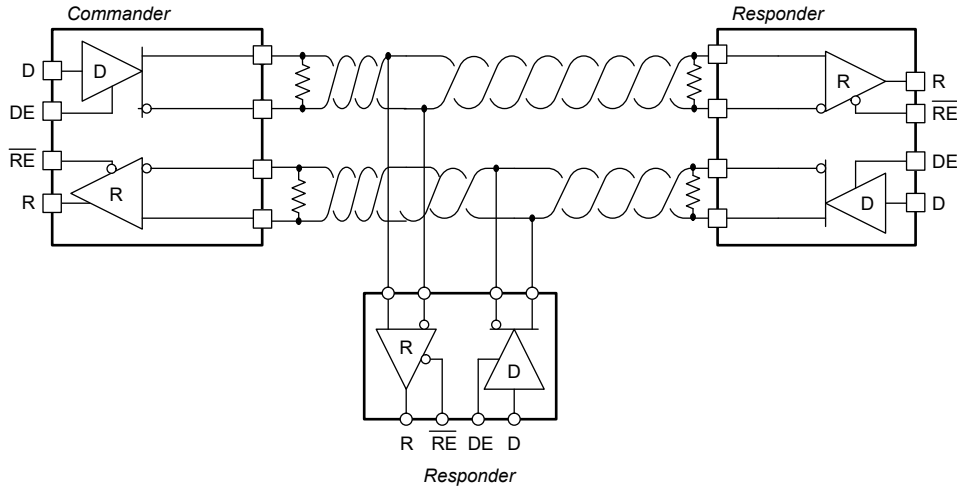


图 1-3. RS-485 全双工网络

RS-422 与 RS-485 类似，不同之处在于 RS-422 允许只有一个驱动器和多个接收器的多点网络。符合 RS-485 标准的收发器的设计方式使其也符合 RS-422 标准。

顾名思义，多协议收发器可以支持多种有线协议或接口。MP 收发器将 RS-232 和 RS-422/RS-485 接口组合到一个封装中。因此，终端应用中的通信端口能够采用以下任何方式进行配置：

- 点到点 RS-232 接口
- 作为多点单驱动器-多接收器 RS-422 接口
- 作为多点多驱动器-多接收器 RS-485 网络

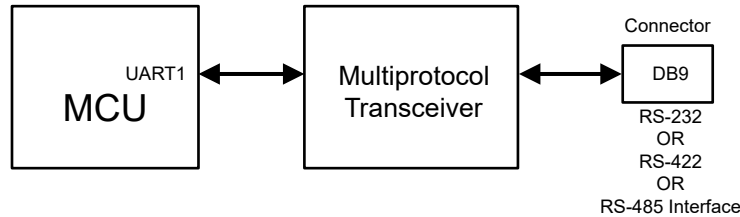


图 1-4. RS-232、RS-422 或 RS-485 应用中的多协议收发器

2 多协议收发器应用使用案例

利用多协议收发器的主要应用之一是工业 PC (即 IPC，也称为单板计算机)。现代工业制造和自动化已将 IPC 广泛应用到工厂、医疗、汽车和零售等多个领域。IPC 设计的主要要求如下：

- 针对瞬态事件的稳健性，以支持严苛的工业环境
- 通信多功能性 - IPC 需要支持大量通信接口，例如 USB、以太网、显示端口、RS-232 和 RS-485
- 小外形尺寸。板上的高功率耗散要求所使用的半导体器件必须支持更高的环境温度

系统设计人员主要通过两种方式使用多协议收发器：

- 一次需要一个接口的单个通信端口，通过共享总线/逻辑线进行通信。因此，在某个时间，端口要么是 RS-232 接口，要么是 RS-422/RS-485 接口。该应用的主要优势是无需两个物理连接器 - 同一个连接器可以用作 RS-232 或 RS-485，因此 PCB 上所需的总体空间大幅减少。
- 需要同时支持两个接口的两个端口，每个端口都可以针对 RS-232 或 RS-422/RS-485 进行配置。

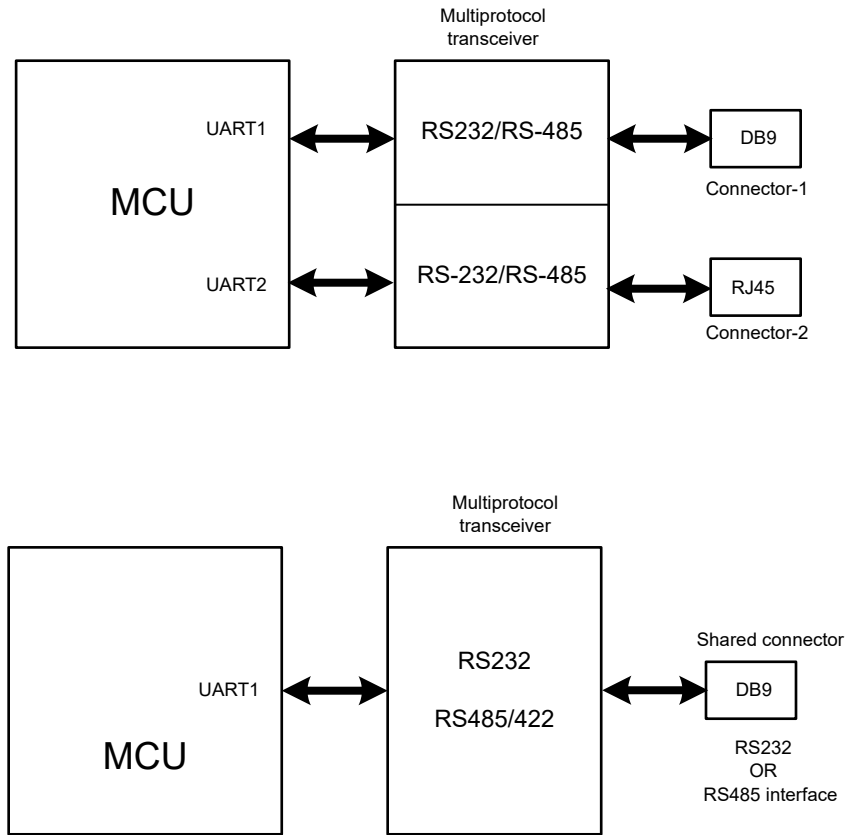


图 2-1. 单端口与双端口 MP 使用案例方法

这些使用方法主要针对下面详细说出的三种应用场景

- 具有动态可配置功能的共享端口：**某些应用需要可配置的通信端口。例如，工业设备的端口配置为 RS-485，可实现远距离多点通信。但在停机期间，该端口需要转换为 RS-232，以便进行诊断或固件升级。多协议收发器只需一个器件，而不需要单独的 RS-232 和 RS-485 收发器，因此可为这些应用带来优势。取消了用于在两个接口之间实现无缝切换的附加分立式电路，并且取消了任一接口的启用/禁用端接，因为该功能现已集成到多协议收发器中，从而显著缩小了解决方案尺寸。
- 单端口固定接口：**包含 RS-232 和 RS-422/RS-485 的多协议收发器可让只需要一个接口的应用获益。客户可以选择、测试和验证多协议收发器并针对任一接口对其进行配置。主要优势是缩短开发时间、减少开发工作并降低库存管理成本，因为现在客户不必为不同的应用选择不同的器件。
- 协议转换：**同时支持 RS-232 和 RS-485 接口的多协议收发器可用作协议转换器。某些应用场景需要将器件的传统 RS-232 端口转换为 RS-485，以实现远距离通信。RS-485 输入和输出可以连接到 RS-232 输出和输入，以实现 RS-232 通信距离延长。

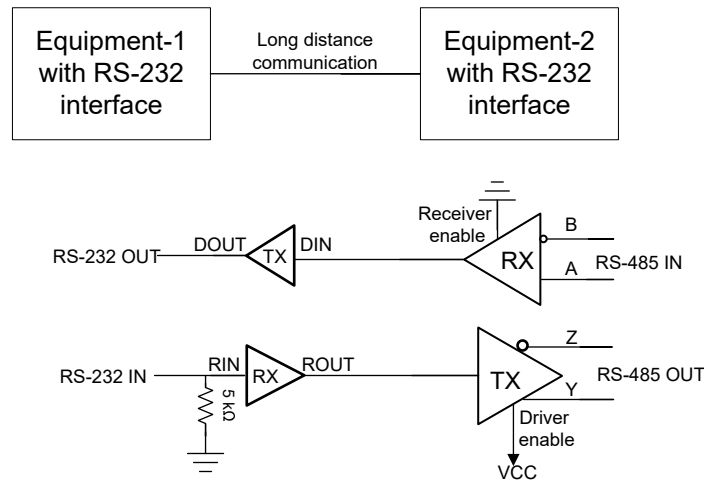


图 2-2. 协议转换

3 多功能多协议收发器的主要设计目标

多功能多协议收发器可能具有以下特性：

- 支持 RS-485 和 RS-232 接口，通过 MODE 配置引脚进行配置。如果这两个接口共用逻辑引脚和总线引脚，那么必须支持从未使用接口到使用中接口没有干扰/加载。
- 支持在半双工和全双工 RS-485 配置之间切换。
- 在 RS-485 配置中，对于总线引脚支持集成式 120 Ω 可切换端接电阻器。
- 对于 RS-232 接收器，支持集成式 5k Ω 电阻器。
- 对于可通过 3.3V 或 5V 电源运行的 RS-232 信号传输，支持集成式电荷泵。这使得总体解决方案尺寸较小，无需额外的电压轨，并且该器件可以由单个低压总线电源供电。
- 对 RS-232 和 RS-485 驱动器的压摆率控制、用于实现超低 (µA) 电流消耗的关断引脚以及诊断环回模式等其他特性可以使应用受益。

4 分立式多协议收发器实现

考虑到上述设计目标，可以达成分立式多协议实现，如图 1-1 中所示。

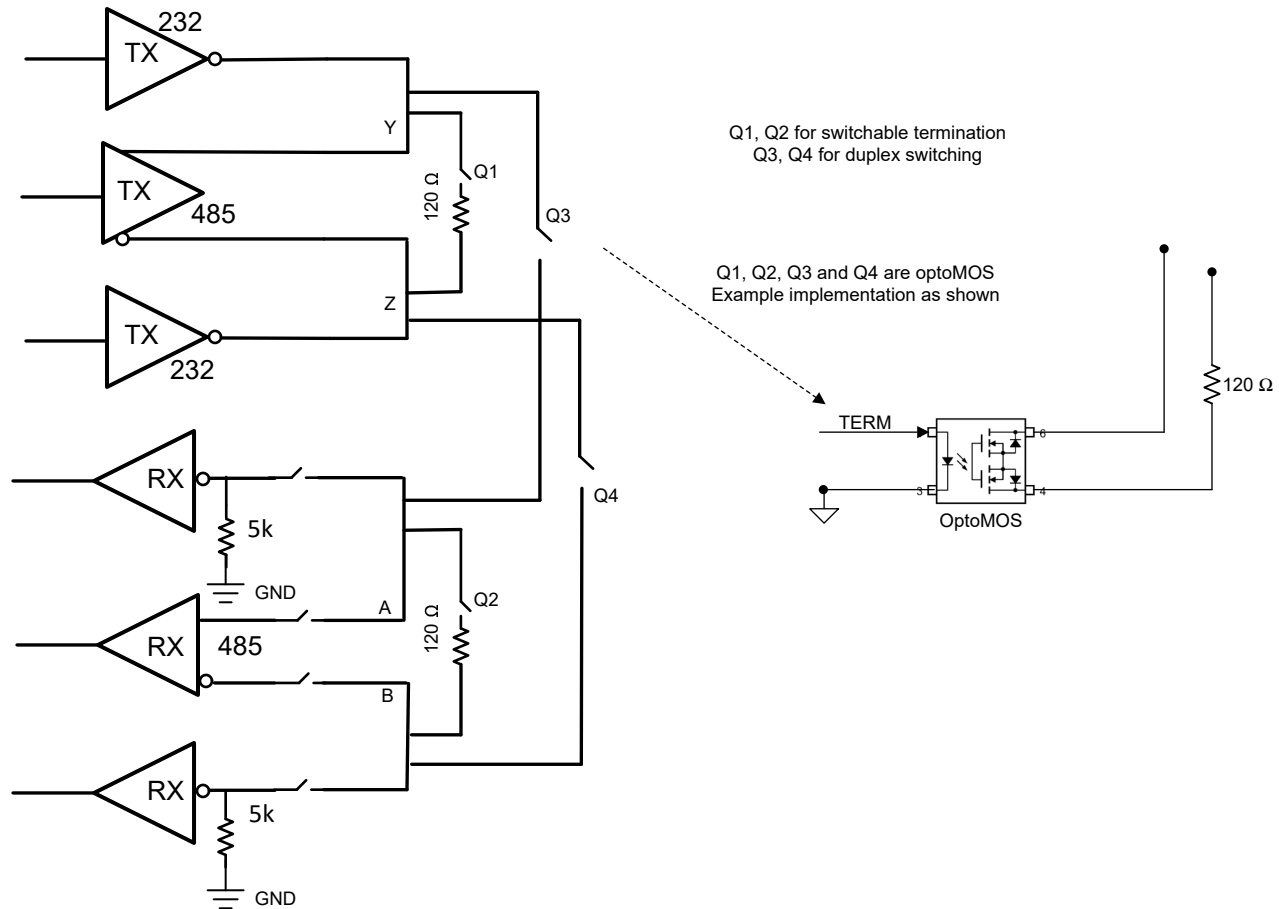


图 4-1. 分立式多协议解决方案实现

将驱动器和接收器同相端子 (Q3) 和反相端子 (Q4) 连接在一起的 OptoMOS 用于使解决方案可在半双工和全双工之间切换。Q1 和 Q2 OptoMOS 用于打开或关闭 120 Ω 端接电阻器，使节点成为终端节点或中间节点。从功能方面看，该解决方案可以正常工作，但有一个问题会降低 RS-485 系统的性能。市面上的集成式 RS-232 器件在 RS-232 接收器引脚上具有 5k Ω 电阻，即使将解决方案配置为 RS-485，该电阻仍然存在。这会为 RS-485 接收器带来负载，并减少 RS-485 支持的节点数。显然，分立式解决方案的设计很棘手，需要相当多的外部元件并占用大量布板空间，使得整体解决方案成本高昂且体积庞大。

5 TI 的 THVD44xx 多协议收发器系列

德州仪器 (TI) 发布了多协议收发器 THVD44xx 系列。此系列中的所有三款器件都用于这样的单个通信端口：一次需要一个接口 (RS-232 或 RS-422/RS-485)，通过共享总线/逻辑线进行通信。

THVD4431：对于 RS-232，三个发送器和五个接收器；对于 RS-485，一个发送器和一个接收器，采用 40-QFN 封装 (6mm*6mm)。

THVD4421：对于 RS-232，两个发送器和两个接收器；对于 RS-485，一个发送器和一个接收器，采用 32-QFN 封装 (5mm*5mm)。

THVD4411：对于 RS-232，一个发送器和一个接收器；对于 RS-485，一个发送器和一个接收器，采用 24-QFN 封装 (4mm*4mm)。

图 1-1 至图 1-1 显示了每款器件的方框图。有关引脚排列、功能和应用原理图的更多详细信息，请参阅特定于器件的数据表。

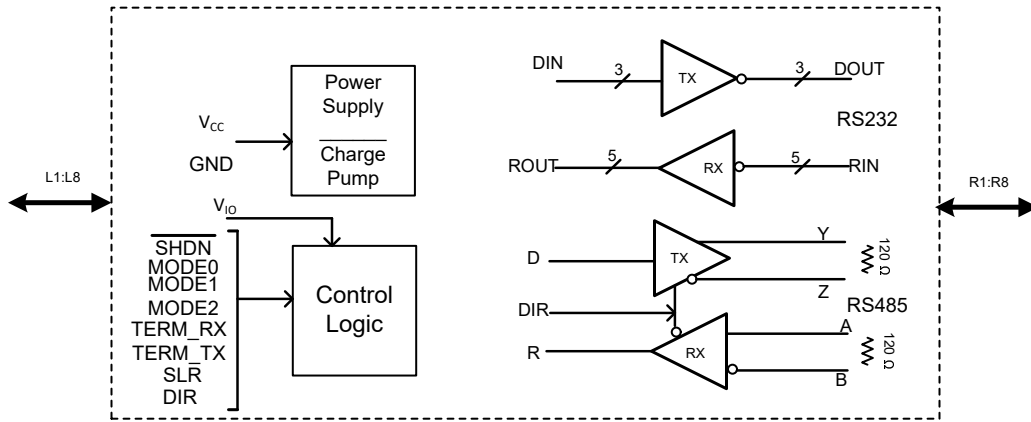


图 5-1. THVD4431 方框图

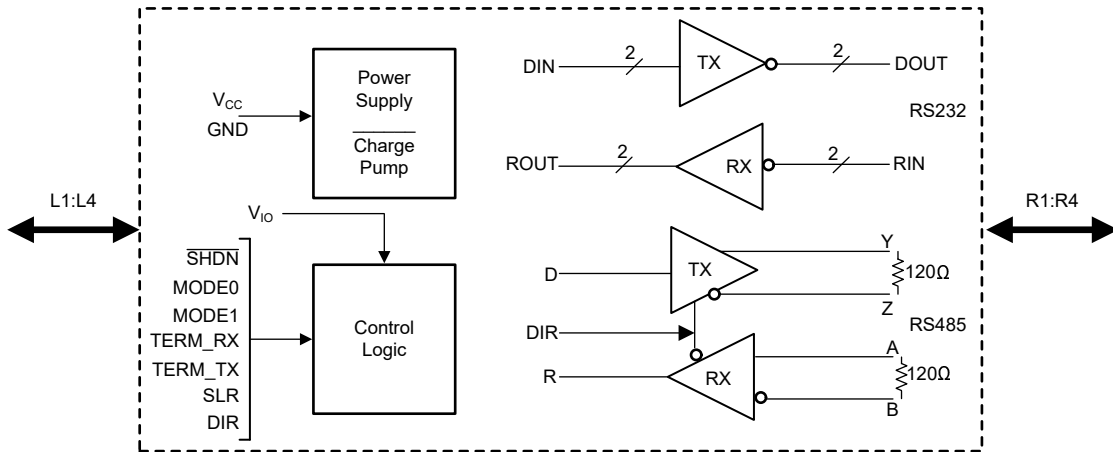


图 5-2. THVD4421 方框图

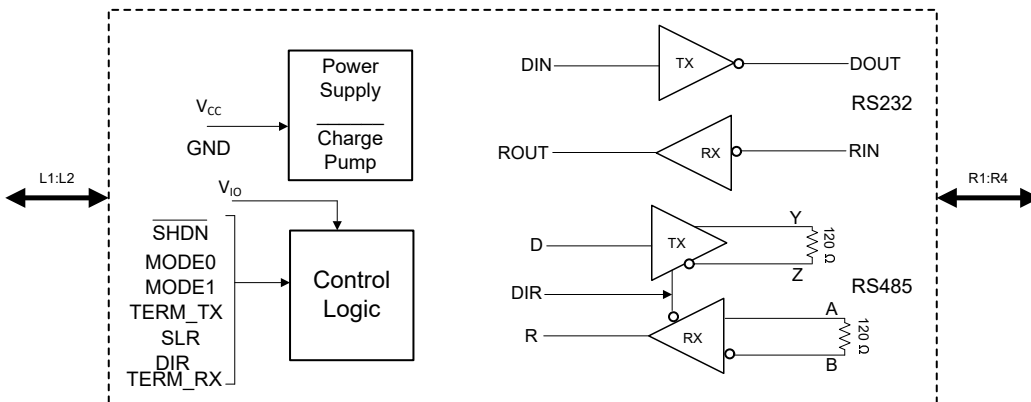


图 5-3. THVD4411 方框图

下面是所有三款器件共有的特性：

- 所有总线引脚上均具有集成的 4 级 (8kV 接触放电、15kV 空气间隙放电) IEC-ESD 保护 (符合 IEC 61000-4-2 标准) 。
- 在 RS-485 驱动器和 RS-485 接收器总线引脚上具有集成式 120 Ω 可切换端接电阻器。可以通过 TERM_TX/ TERM_RX 引脚打开/关闭这些引脚，为系统设计人员提供了充分的灵活性，使他们可以在任何类型的网络 (半双工或全双工) 的任何节点 (中间或末端) 上使用器件。
- 集成式高效低噪声电荷泵，用于驱动 RS-232 电压电平。此电荷泵从 3.3V_{CC} 产生 ±5.5V (标称值) 稳压输出，或从 5V_{CC} 产生 ±9V (标称值) 输出。

- 超低功耗关断模式，在该模式中，所有块均关闭，器件消耗的漏电流低于 20 μ A。
- RS-232 和 RS-485 的压摆率控制使同一器件能够在两个最大信号传输速率场景中使用。
- 支持逻辑电源 (1.65V 至 5.5V)，以支持不同的 MCU 接口电源和总线电源电压。
- 足够的配置选项，例如 RS-485 半双工模式、RS-485 全双工模式、RS-422 模式、RS-232 模式，某些器件还具有诊断环回模式。
- 支持扩展的环境温度范围：-40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C
- 集成式保护特性 (例如 RS-485 和 RS-232 驱动器短路、RS-485 接收器失效防护运行、欠压和热关断等) 可实现稳健运行。
- 可节省空间的高效散热 QFN 封装。

6 THVD4431 的 MODE 配置

可以通过 MODE 引脚将 THVD4431 配置为不同的模式。下面的图表说明了这些模式。THVD4431 通过减少测试和鉴定时间以及重复使用原理图和布局使应用获益，因为通过引脚控制，可将该器件用于任何模式。请注意，无论器件在任何 RS-232 模式下或在任何 RS-485 模式下运行，都使用相同的总线和逻辑引脚。

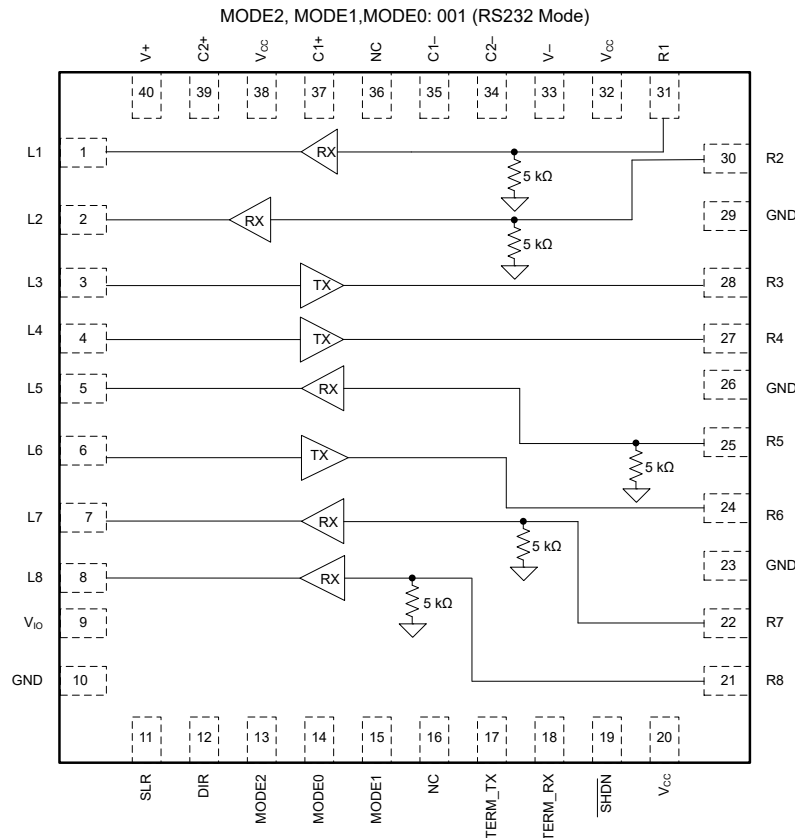


图 6-1. RS-232 3T5R 模式下的 THVD4431

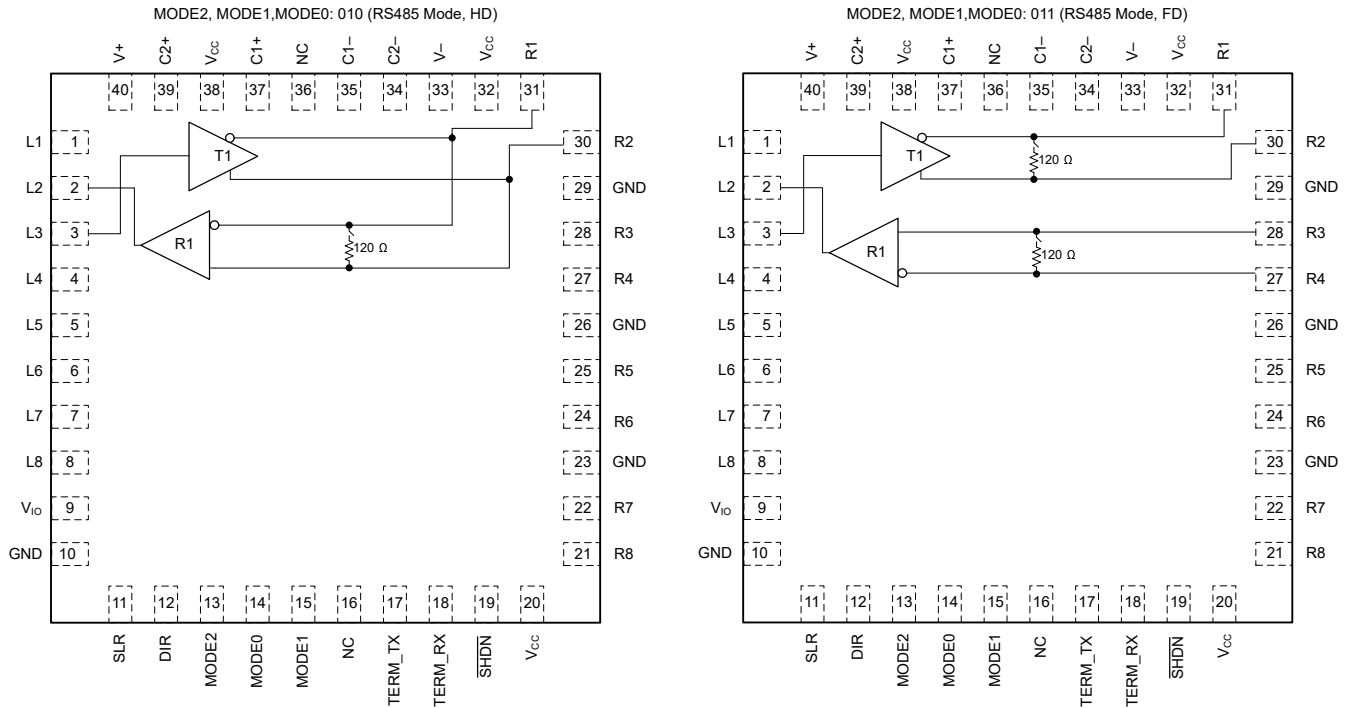


图 6-2. RS-485 半双工和全双工模式下的 THVD4431

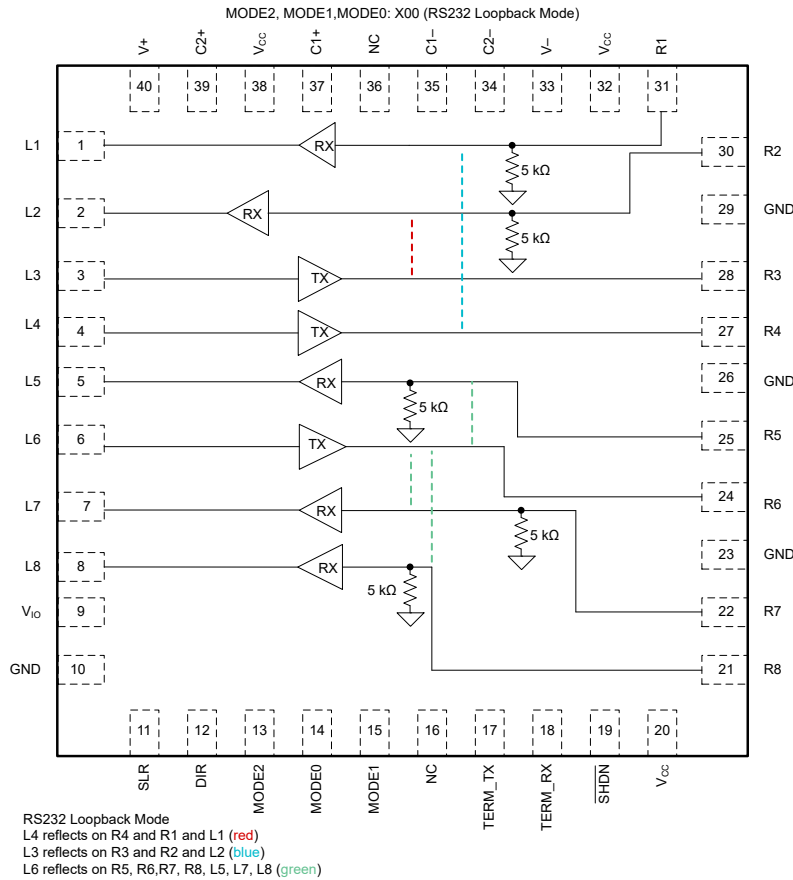


图 6-3. RS-232 环回模式下的 THVD4431

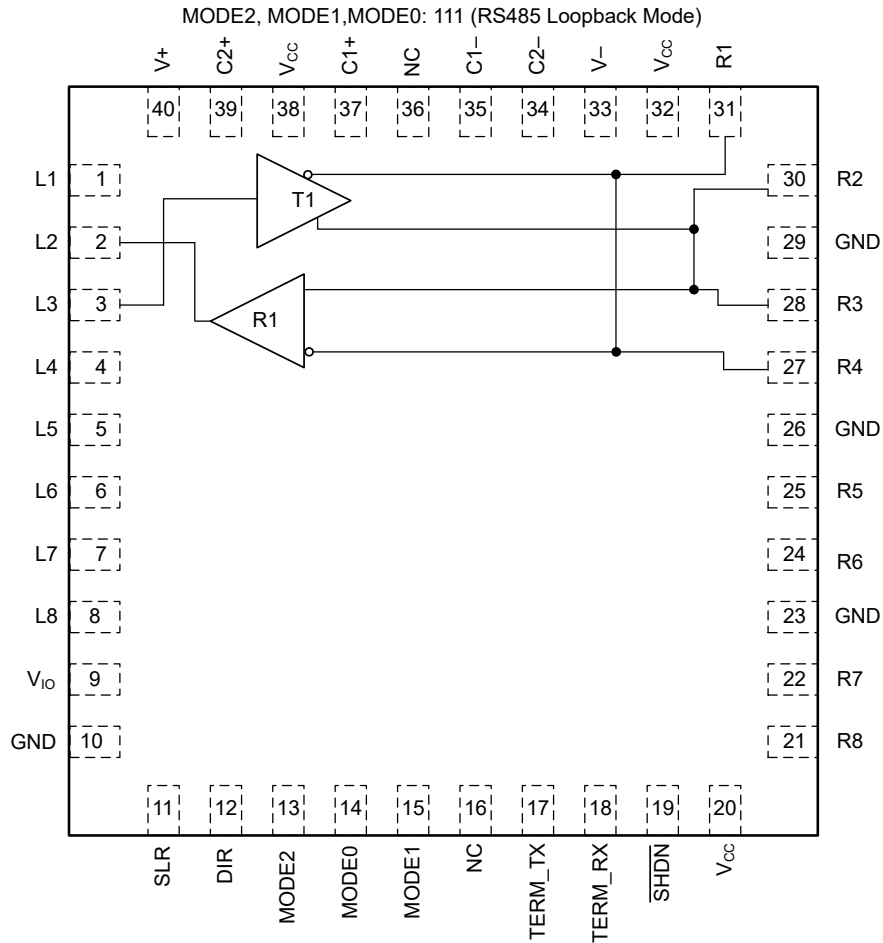


图 6-4. RS-485 环回模式下的 THVD4431

7 THVD4431 应用图

如前文所述，可以配置 THVD4431 以用于 RS-485 半双工网络、RS-485 全双工网络或 RS-232 3T5R 点对点通信。请注意在 RS-485 网络中每个节点使用 THVD4431 的方式，末端节点启用片上端接，中间节点关闭片上端接。

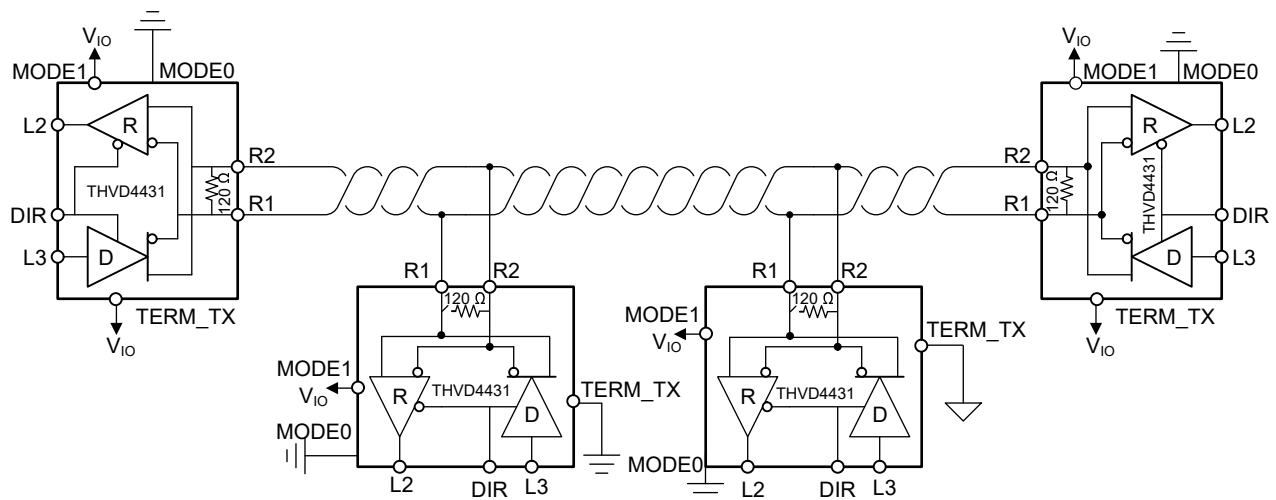


图 7-1. RS-485 半双工网络中的 THVD4431

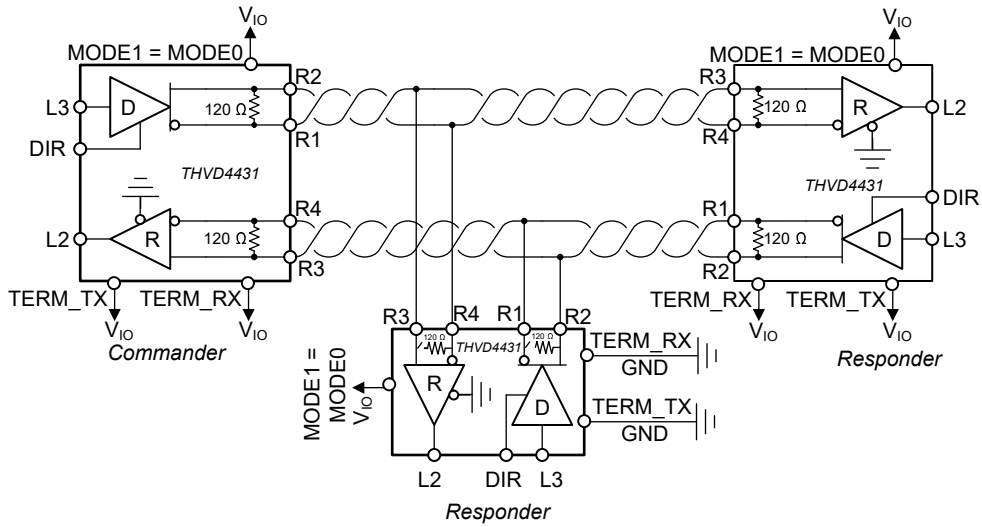


图 7-2. RS-485 全双工网络中的 THVD4431

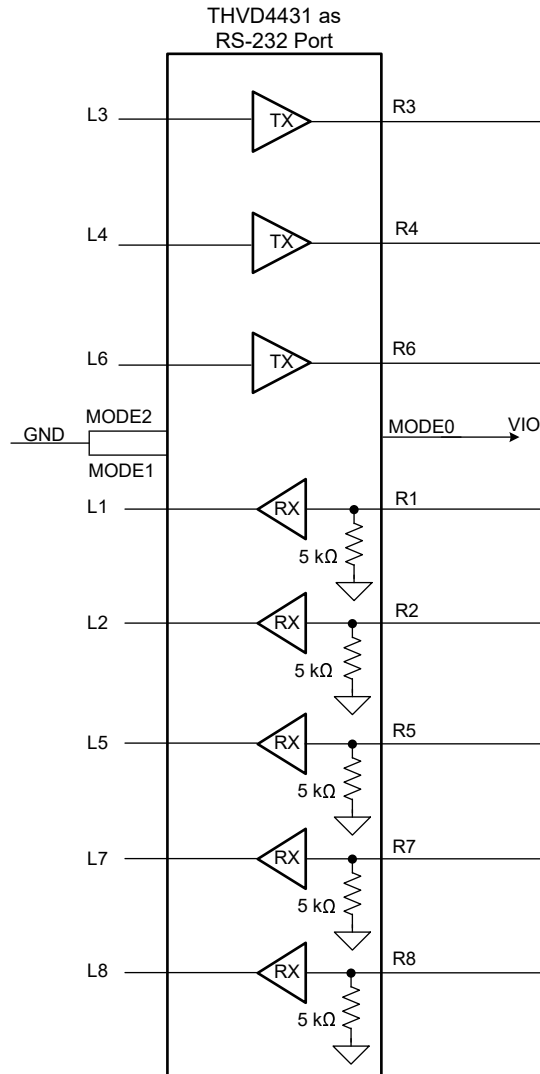
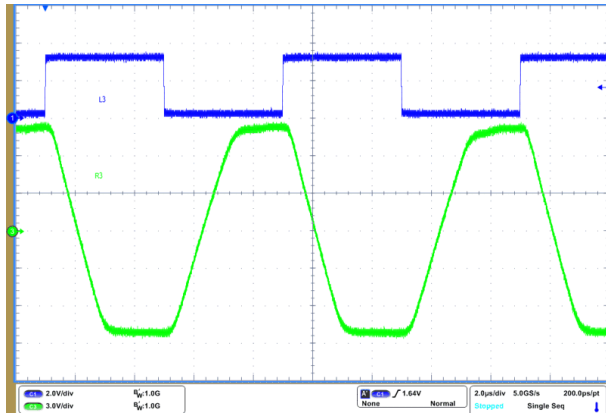


图 7-3. RS-232 点对点通信中的 THVD4431

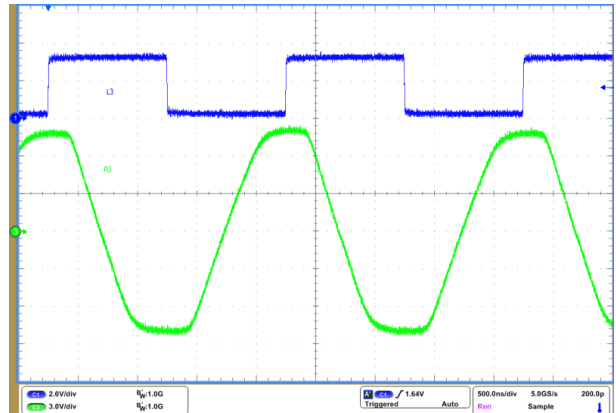
8 THVD4431 的波形

本节显示了在 RS-232 和 RS-485 模式中配置的 THVD4431 上捕获的一些波形，还显示了模式切换波形：



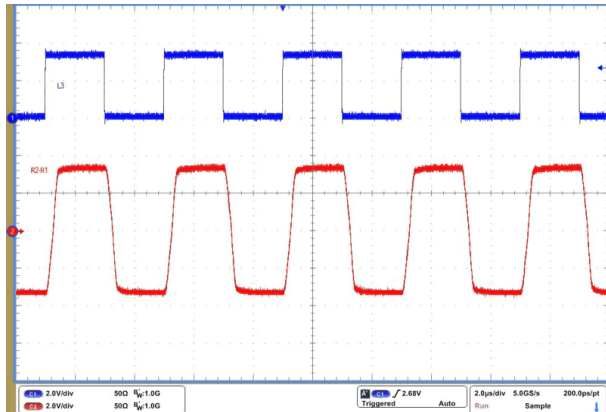
$V_{CC} = 5V$ ，总线负载 = $5k\Omega \parallel 2.5nF$

图 8-1. 250kbps 模式下的 RS-232 波形



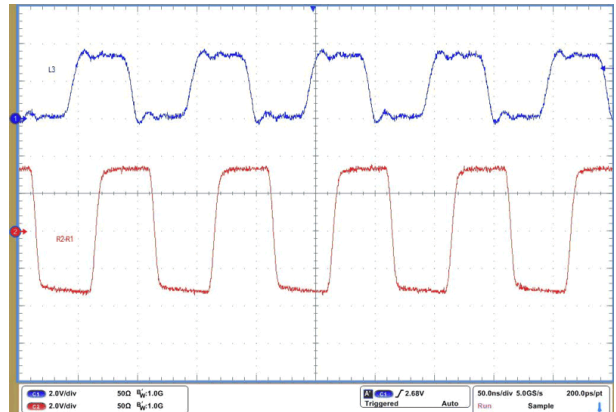
$V_{CC} = 5V$ ，总线负载 = $5k\Omega \parallel 1nF$

图 8-2. 1Mbps 模式下的 RS-232 波形



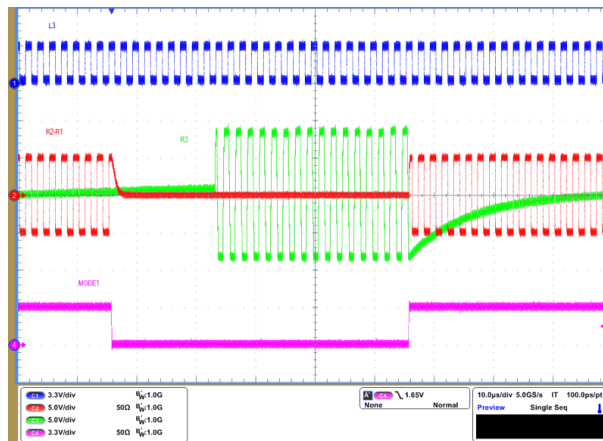
$V_{CC} = 5V$ ，总线负载 = $54\Omega \parallel 50pF$

图 8-3. 500kbps 模式下的 RS-485 波形



$V_{CC} = 5V$ ，总线负载 = $54\Omega \parallel 50pF$

图 8-4. 20Mbps 模式下的 RS-485 波形



$V_{CC} = 5V$ ， $L3 = 1Mbps$ 方波， $SLR = GND$ ， $MODE1$ 在 $10kHz$ 下切换

图 8-5. RS-232 到 RS-485 模式切换波形

9 THVD4431 相对于竞争器件的优势

表 9-1. THVD4431 相对于竞争器件的优势

参数	THVD4431	竞争器件 A	竞争器件 B	竞争器件 C	系统含义
逻辑电平支持	1.65V 至 5.5V	1.7V 至 5.5V	不支持	不支持	TI 器件为 1.8V MCU 接口提供逻辑电平支持，是面向未来的解决方案
典型 RS-232 输出电压电平 @5Vcc	±9V (稳压)	±5.5V	±9V (未稳压)	±9V (未稳压)	TI 器件的 RS-232 输出将根据不同的数据速率和不同的容性负载进行调节。振幅越高，在噪声大的工业环境中的 SNR 越好
诊断环回模式	针对 RS-232 和 RS-485 的全路径环回	仅逻辑环回	仅逻辑环回	不支持	TI 器件支持芯片运行状况监控和电缆/连接器短路检测
针对 RS-485 的集成式 120 Ω 可切换端接电阻器	是 (对于 TX 和 RX 引脚)	是 (对于 TX 和 RX 引脚)	仅 RX 引脚	仅 RX 引脚	TI 器件在 RS-485 网络放置方面具有更高的灵活性，因为各个总线引脚上的端接可以打开/关闭
工作环境温度	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C	-40°C 至 85°C	-40°C 至 85°C	TI 器件支持更高的环境温度，从而实现更小的 PCB/终端系统
直通式布局	是	是	是	否	THVD4431 中的所有左侧引脚是 MCU 逻辑引脚，右侧引脚是总线 (连接器) 引脚，可实现整洁的 PCB 布局

10 结语

与市面上现有的解决方案相比，德州仪器 (TI) 的 THVD44xx 多协议收发器可提供引人注目的差异化优势。这些器件只需四个电荷泵电容器和两个旁路电容器即可运行。根据所需发送器和接收器的数量，不同的客户和应用可以选择该系列 3 款器件中的任意一款。这些器件具有较高的集成度，有助于实现无法通过分立式或当前市面上提供的竞争对手多协议解决方案实现的新应用。此系列的全部 3 款器件均提供评估板，便于快速评估并抢先开始设计。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司