

具备自动方向控制功能的隔离式RS-485中继器

作者：Richard Anslow和Jie Chen

简介

TIA/EIA-485也称为RS-485，是使用最广泛的平衡传输标准。其差分信号和宽共模电压范围为长距离通信提供了一种坚实可靠的方法。然而，当RS-485系统的运行距离超过1200米时，信号衰减和地电位差会让数据传输变得不可靠。图1所示为一个信号和电源隔离的RS-485中继器电路，用于解决长电缆网络的信号衰减、电气噪声和地电位差问题。图1中的RS-485中继器电路包括ADI公司的iCoupler®信号与电源隔离式ADM2587E RS-485收发器。ADM2587E已通过UL 1577认证，耐受电压为2.5 kVrms，提供RS-485网络所需的高压瞬变保护。图1所示电路通过增强中继器电路输出端的信号，解决了RS-485信号衰减问题。

RS-485中继器需要流程控制，这对RS-485总线上的通信方向控制很重要。利用高速互补金属氧化物半导体(CMOS)比较器ADCMP600可提供高速流程控制和方向性，从而实现可靠的通信系统。半双工RS-485网络只需两条线便可进行双向数据通信。本应用笔记讨论两种实现自动方向控制RS-485中继器的方法，以及每种方法的优点和缺点。在“自动方向控制”部分中描述操作流程时，为简明起见，省略了电流隔离。

对于图1所示RS-485中继器电路的操作，电流隔离不仅是必需的，而且很重要。非隔离式RS-485中继器易受较大地电位差的影响。每个中继器都需要隔离，以降低整个系统发生故障的风险。本应用笔记介绍了一种双通道隔离式RS-485收发器的简单设计，其采用完全集成的信号与电源隔离式RS-485收发器ADM2587E。

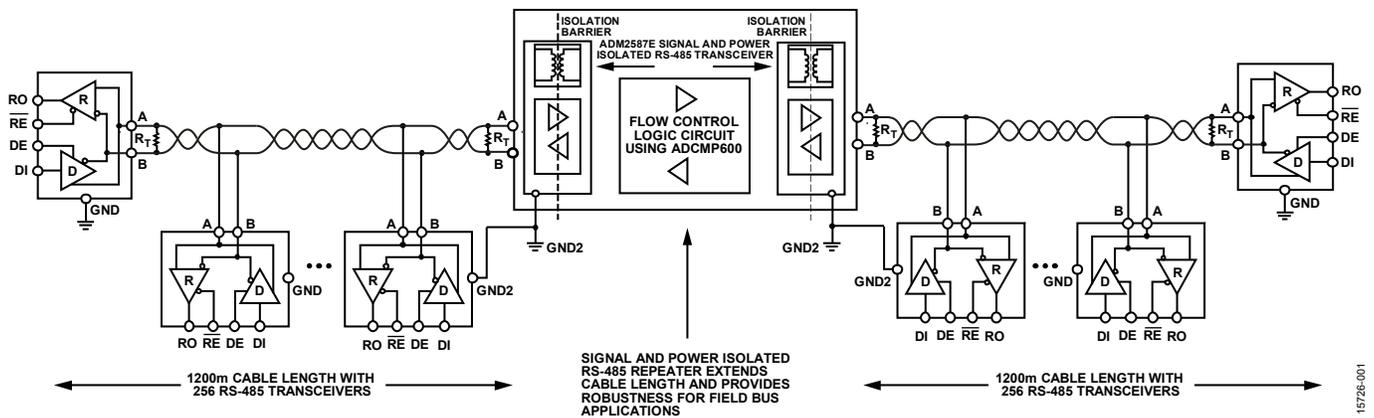


图1. 信号与电源隔离式RS-485中继器延长电缆长度，使现场总线应用更加鲁棒

目录

简介.....	1	电路实现.....	6
修订历史.....	2	RS-485 收发器.....	6
典型应用.....	3	施密特触发器.....	6
自动方向控制.....	4	延迟电路.....	7
字节定时方向控制.....	4	实验结果.....	7
位定时方向控制.....	5	参考文献.....	8
故障安全接收器.....	5		

修订历史

2017年9月—修订版0：初始版

典型应用

RS-485收发器设计用于长距离操作，但只能以较低数据速率进行长距离操作。RS-485应用的低数据速率为10 kbps。为了以更高数据速率在更长距离上工作（例如50 Mbps、100米），或者以较低数据速率在长得多的距离上工作（例如10 kbps、1200米），隔离式RS-485中继器是理想解决方案，适合工业自动化网络，包括可编程逻辑控制器(PLC)和机器人。

在楼宇技术中，RS-485网络常用于电梯主控制器(EHC)与各电梯控制模块(ECM)之间的通信。电缆不断移动，附近有大电机和电感器，故而需要坚固耐用的通信系统。隔离式RS-485中继器能够提高这些恶劣环境中的通信可靠性。

对于现有太阳能逆变器设施，其通信端口没有*iCoupler*隔离所实现的鲁棒性，隔离式RS-485中继器是强大的直接插入式解决方案。紧凑的隔离式RS-485中继器提供鲁棒的隔离保护，防止电磁(EMC)恶劣的太阳能环境中的电气噪声影响。

对于电能计量应用，隔离式RS-485中继器可用来强化通信接口的隔离保护，为用户提供安全保护，防范单相或三相电能计量系统中测得的高电压和电流。

自动方向控制

考虑图1所示的典型半双工RS-485总线。该双线多点网络允许数据双向传输，但一次只能在一个方向上传输。中继器必须能够检测信号从哪一侧进来，并且能够在另一侧将信号送出。

“字节定时方向控制”部分和“位定时方向控制”部分介绍了两种物理层方向控制方法。软件控制不在本应用笔记的范畴之内，它需要更多设计工作，且可以针对某一PLC系统进行定制。在“字节定时方向控制”部分和“位定时方向控制”部分中描述操作流程时，为简明起见，忽略了电流隔离。

字节定时方向控制

在字节定时方向控制中，当数据到达中继器的一侧时，接收器输出(RO)会触发一个单次脉冲，其进而使能另一侧的驱动器，如图2所示。该脉冲必须持续足够长的时间，以便驱动器能发送完整个数据包。

通过选择可配置的单次脉冲发生器，如ADI公司的LTC6993-3，便可轻松实现这种简单直接的解决方案。总线处于空闲状态时，故障安全高电平条件使两个收发器均保持接收模式。当RS-485 A和B总线引脚上存在数据时，接收器输出(RO)引脚上的第一个对应下降沿触发一个单次脉冲。脉冲宽度必须提前设置，即把适当值的电阻连接到LTC6993-3。这样，如果数据速率在通信期间改变，则预计中继器不会工作。对于字节定时方向控制，数据速率是固定的。

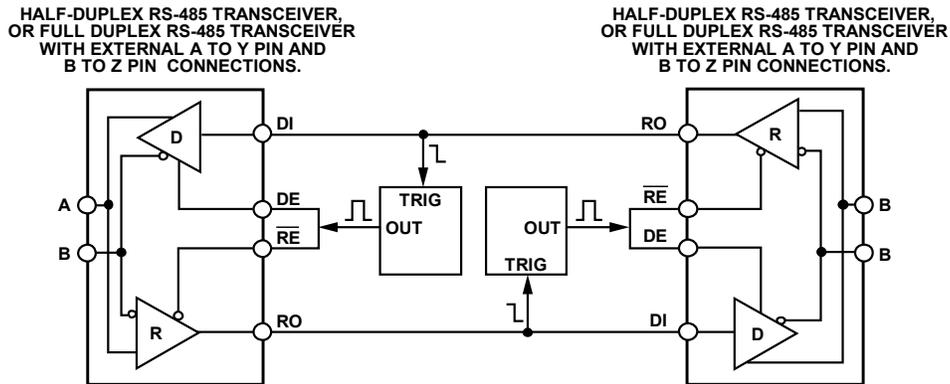


图2. 半双工字节定时方向控制简化框图

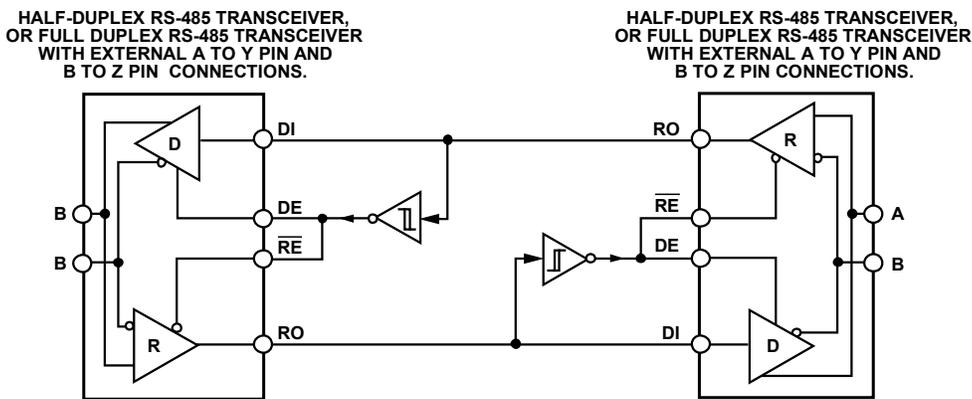


图3. 半双工位定时方向控制简化框图

位定时方向控制

用施密特触发器取代单次脉冲发生器，可以实现更灵活的方向控制，如图3所示。施密特触发器不是在发送数据包时使能驱动器，而是以位为基础使能或禁用驱动器。位定时方向控制方法与RS-485总线上的位速度无关。

同字节定时方向控制类似，在位定时方向控制中，当RS-485总线处于空闲状态时，两个RS-485收发器均保持接收模式。当中继器一侧上的RS-485 A和B总线引脚上存在数据时，在第一个逻辑低电平位，RO从高电平变为低电平，施密特触发器输出从低电平变为高电平。ADCMP600用作图3中的施密特触发器。然后，RO引脚上存在一个逻辑高电平位，该高电平的上升沿再次切换ADCMP600的触发器输出，驱动器禁用。一个逻辑高电平状态在中继器的另一侧上发送，其等效于总线空闲状态，这是由RS-485收发器的故障安全功能实现的。与数据速率无关的RS-485中继器设计可能有互锁错误，在低电平到高电平数据跃迁过程中可能发生这种错误。某些RS-485驱动器的传播延迟比接收器长，所以当两个驱动器均使能时，就会发生互锁，需要利用内置延迟机制来避免这种情况。

故障安全接收器

故障安全功能对两种方向控制方法均很重要（参见图4），而图1所示的RS-485网络没有任何故障安全偏置电阻。现代RS-485收发器具备真正的故障安全特性，针对总线空闲状况提供逻辑高电平接收器输出。

如图4所示，当总线上的差分电压在±200 mV范围内时，标准RS-485接收器输出是不明确的。实现故障安全高电平条件的一种方法是使用偏置电阻，在总线空闲状态下，只要差分总线电压保持在200 mV以上，该电阻就会将接收器输出设置为高电平。然而，偏置电阻也是总线的共模负载，因此会显著减少总线节点。另一方面，真正的故障安全接收器将正阈值从+200 mV移动到-30 mV，导致即使总线差分电压等于0，接收器输出也会是高电平。

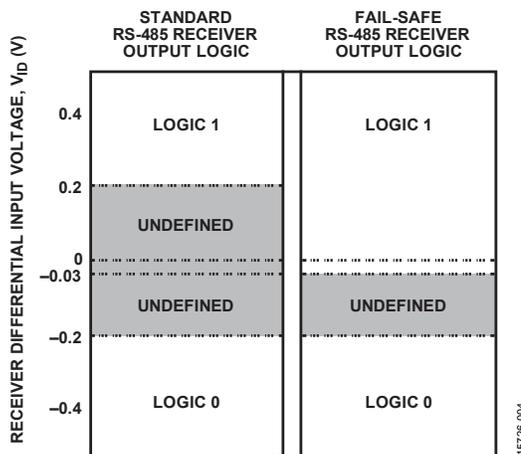


图4. 故障安全接收器

电路实现

要构建一个位定时方向控制RS-485中继器，应考虑三个不同的子功能模块：RS-485收发器、施密特触发器和延迟电路。

RS-485收发器

图6所示的ADM2587E是一款完全集成的信号与电源隔离式数据收发器。该RS-485收发器集成一个隔离式DC/DC电源，这使它成为隔离式RS-485中继器的完美选择。其接收器输入端具有开路和短路故障安全特性，当输入端开路或短路时，接收器输出端必为高电平。在总线空闲状态下，当总线上的驱动器均未使能时，接收器输入端的端接电阻上的电压衰减至0 V，接收器输出端保证处于高电平。ADM2587E无需外部DC/DC隔离模块，一条总线最多支持256个节点，并且具有真正的故障安全功能。

施密特触发器

图5显示了一个单电源供电的反相施密特触发器。施密特触发器可利用超快速比较器(ADCMP600)和正反馈网络来实现。电阻分压器(R2和R1)产生一个正基准电压，用以与输入电压进行比较。

V_{TL} 为接收器输出——输出低电压(V_{OL})、输出高电压(V_{OH})——从低电平变为高电平的阈值电压下限。 V_{TH} 为接收器输出从高电平变为低电平的阈值电压上限。

迟滞电压本质上是 V_{TH} 和 V_{TL} 之差，用于确保噪声瞬变不会引起误触发。

图1中的RS-485中继器采用5 V单电源(V_{CC})供电。迟滞电压设置为1.2 V ($V_{TH} = 2.4 V$, $V_{TL} = 1.2 V$)。有关 V_{OH} 和 V_{OL} 电压的更多信息，请参阅ADCMP600数据手册。在给定条件下，电阻值可通过下式计算：

$$V_{TL} = (R1 \parallel R3) \times V_{CC} \div ((R1 \parallel R3) + R2) + (R1 \parallel R2) \times V_{OL} \div ((R1 \parallel R2) + R3) \quad (1)$$

$$V_{TH} = (R1 \parallel R3) \times V_{CC} \div ((R1 \parallel R3) + R2) + (R1 \parallel R2) \times V_{OH} \div ((R1 \parallel R2) + R3) \quad (2)$$

$$\text{迟滞} = V_{TH} - V_{TL} \quad (3)$$

$$\text{迟滞} = (R1 \parallel R2) \times (V_{OH} - V_{OL}) \div ((R1 \parallel R2) + R3) \quad (4)$$

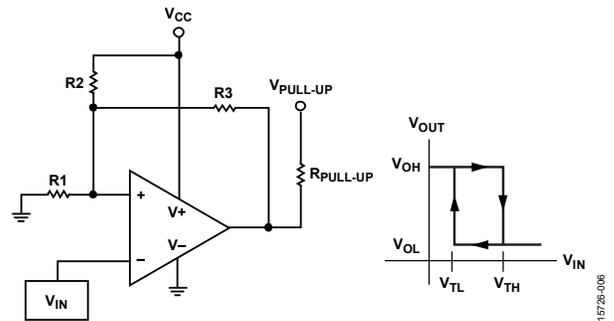


图5. 反相施密特触发器

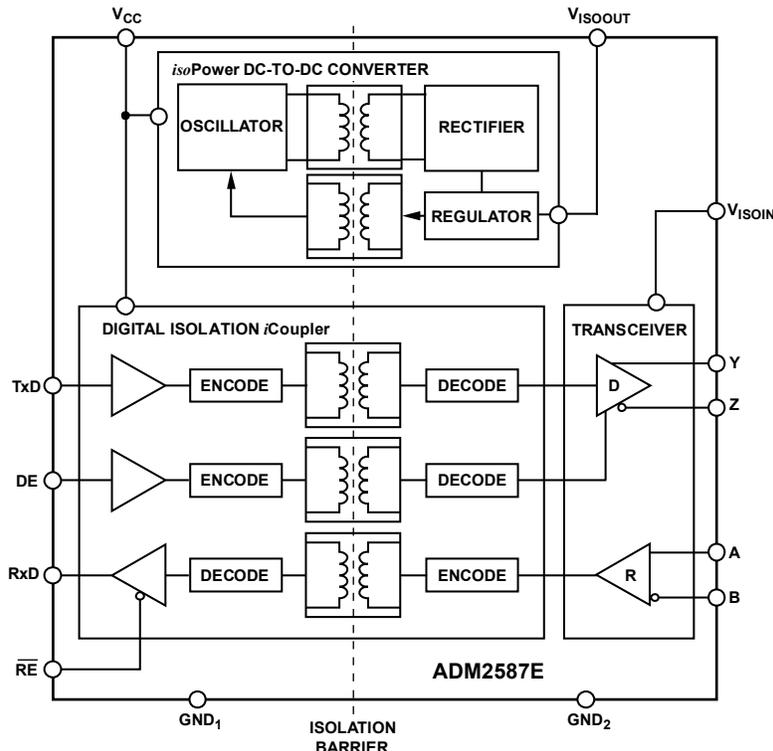


图6. ADM2587E功能框图

延迟电路

ADM2587E驱动器的最大传播延迟为700 ns，而接收器的延迟典型值约为90 ns。这种时序差异可能引起接收器输出(RO)出现意外的逻辑低电平。为避免意外，应在施密特触发器之前实现一个低电平到高电平延迟电路，如图9所示。

当RO1变为高电平时，C1通过R_{D1}缓慢充电，从0变为V_{TH}。确保该延迟时间比驱动器的低电平到高电平传播延迟t_{PLH}要长。对于给定的C1，R_{D1}值可通过下式计算：

$$R_D I = \frac{2 \times t_{PLH}}{C1 \times \ln \left(1 - \frac{V_{TH}}{V_{CC}} \right)}$$

实验结果

ADM2587E总线引脚A、B、Y和Z连在一起以形成半双工模式。针对半双工操作，A连接到Y，B连接到Z。图7显示了本应用笔记所讨论的RS-485中继器的测试结果。数据速率为40 kbps，通道1代表差分输入信号，通道2测量差分输出信号。延迟电路在输出信号上升沿引起脉冲，然后差分电压(V_{OD})变回0 V。总线上的故障安全接收器可将该脉冲和0 V V_{OD}解读为逻辑高电平，否则将需要偏置电阻。

图8显示了延迟电路的充电斜坡，其决定施密特触发器何时将其输出从高电平变为低电平。在相反的跃迁状态中，一个快速恢复二极管使C1迅速放电，导致延迟为0。经测试，此设计支持最高500 kbps数据速率。

图9显示了带延迟电路的半双工位定时方向控制。也可以使用全双工隔离式RS-485收发器，将A引脚连接到Y引脚，Z引脚连接到B引脚，形成半双工外部总线连接。推荐使用ADM2587E作为RS-485收发器。

图9所示的数字1至4对应于图7和图8中显示的相同数字的波形。例如，图8中的波形3为施密特触发器输出，图9中的黑圈数字3表示其对应的电路位置。

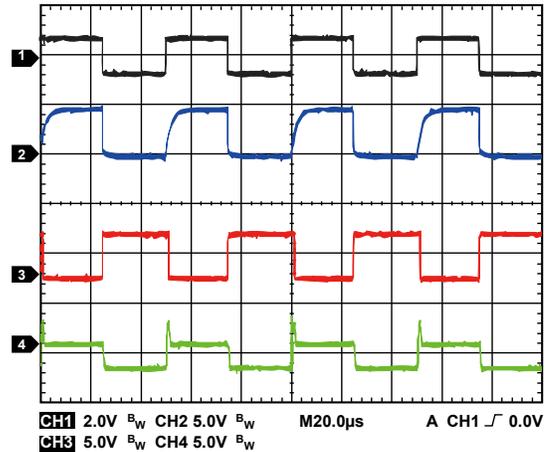


图7. 以40 kbps数据速率运行的隔离式RS-485中继器

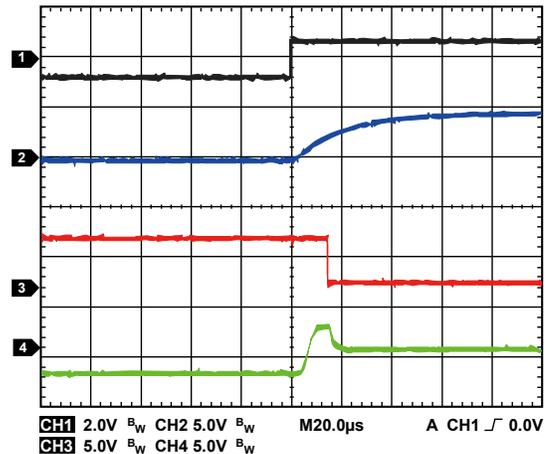


图8. 隔离式RS-485中继器低电平到高电平波形

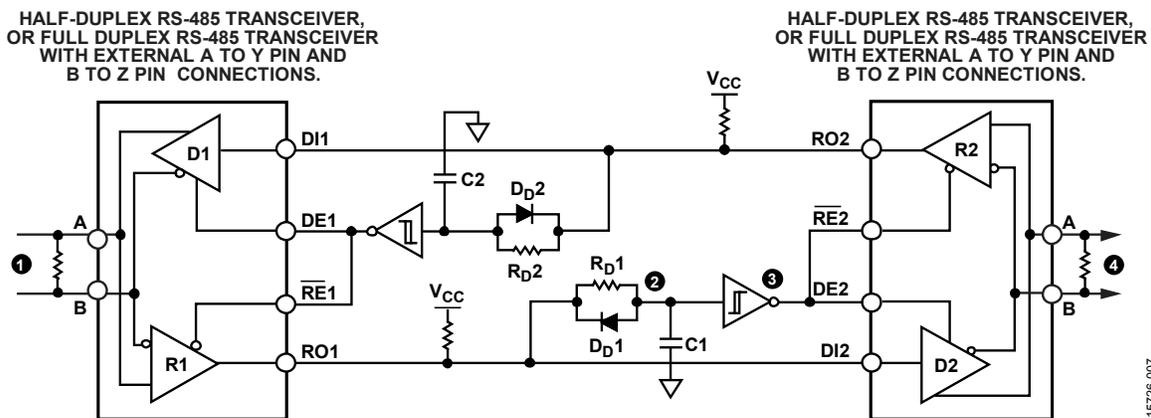


图9. 带延迟电路的半双工位定时方向控制

参考文献

Marais, Hein。应用笔记AN-960, *RS-485/RS-422电路实施指南*, ADI公司。2008年。

Moghimi, Reza。通过迟滞根除比较器的不稳定性, ADI公司。2000年。