

基于SP301x的隔离RS485解决方案

AN-13-0015

作者：李加刚



摘 要

RS485凭借其支持多节点、长距离通信和抗干扰能力强等优势在工业环境中应用广泛。为了防止共模干扰，雷击浪涌，电磁干扰等危害，保证通信的可靠性及系统安全性，RS485的隔离设计尤为重要。传统的低速RS485光耦合器隔离方案，存在LED光衰，带宽低，集成度低，时序一致性差等问题，针对传统光耦隔离方案的不足，本文介绍了一种基于SP301x的高集成度RS485容耦隔离方案，其具有高带宽，高可靠性，高集成度，低成本等优势。

本文首先说明了RS485需要隔离的原因，其次对比了光隔和容隔的优缺点，接着对SP301x的基本原理及功能进行介绍，最终给出了基于SP301x的隔离RS485应用设计方案。

目 录

1. 引言：为什么RS485需要隔离	2
2. 光隔和容隔对比	2
3. 数字隔离器SP301x简介	3
4. 隔离485应用电路设计	6
5. 修订历史	8

基于SP301x的隔离RS485解决方案

1.引言：为什么RS485需要隔离

在工业通信领域，RS-485 标准因其独特优势占据重要地位。它能支持多节点互联（最多可连接256个节点），在无中继情况下实现 1200 米的长距离数据传输，加上本身具备的差分传输抗干扰能力，使其成为工业自动化控制、智能仪表、安防监控和轨道交通等场景的首选通信方案。这些应用中，RS-485 总线往往需要连接分布在不同区域的设备，形成复杂的分布式通信网络。

但在实际工业环境中，RS-485 总线运行面临着多重挑战。首先，不同设备之间常存在明显的接地电位差，容易形成环流干扰，影响通信信号的稳定性；其次，工业现场的电机、变频器等设备会产生大量电磁干扰，这些干扰易通过电磁耦合侵入总线；此外，雷击、静电放电或电源浪涌等瞬态干扰，可能直接损毁总线接口器件。

正是这些现实问题，使得 RS-485 系统的隔离设计变得至关重要。通过隔离设计，能够有效阻断地环路，消除接地差异带来的干扰，确保通信数据稳定传输；同时建立电气隔离屏障，将敏感的控制电路与高噪声的总线环境隔离开来，显著降低瞬态冲击对核心器件的损坏风险；更重要的是，合理的隔离设计能提升系统整体安全性，满足工业设备安规标准要求，延长设备的无故障运行时间。

2.光隔和容隔对比

在隔离RS485接口电路的设计中，传统光电耦合隔离（以下简称“光耦”）方案具有简单，成熟的应用优势，但随着电容耦合隔离（以下简称“容耦”）的发展，容耦相较于光耦展现出多方面的显著优势，已成为现代工业通信设计的优先选择。

1. 速度与带宽优势

传统光耦受限于载流子渡越时间与光电转换延迟，响应速度通常在微秒级，难以满足高速通信需求，且易造成信号边沿失真。而容耦隔离利用高频调制信号，传输延迟可低至纳秒级，带宽轻松覆盖数Mbps应用场景，能完美匹配高速RS485收发器的时序要求，保障数据完整性和通信可靠性。

基于SP301x的隔离RS485解决方案

2. 功耗与集成度优势

光耦需驱动发光二极管（LED），输入侧典型驱动电流为5-10mA，对系统功耗敏感的应用（如现场仪表、电池供电设备）并不友好。容耦基于电容耦合原理，输入端仅需极小的充放电电流，功耗优势明显。此外，容耦易于多通道高集成度封装，大幅节省PCB空间，简化布局布线，提升系统可靠性。

3. 时序精度与一致性优势

光耦的传播延迟受温度、老化程度影响显著。LED老化后，光衰会导致延迟增大且通道间偏差加大，这在半双工RS485中可能引发时序错乱，增加误码风险。容耦采用标准的CMOS工艺，延迟特性稳定，受温度和老化影响极小，通道间匹配精度高，确保了信号切换时序的一致性，尤其适用于多节点、高实时性的总线网络。

4. 寿命与可靠性优势

光耦的核心发光部件（LED）属有限寿命部件，长期工作后因材料老化导致亮度衰减，直接引起电流传输比（CTR）下降等性能劣化，因此其平均失效时间（MTTF）相对较短。而容耦的隔离机制依赖于二氧化硅介质的电场耦合，无物理磨损机制，具有更长的寿命和更高的可靠性，尤其适合要求长期稳定运行的工业环境。

5. 系统成本优势

尽管单颗光耦价格可能更低，但考虑其所需的外部分立元件（如限流电阻、施密特触发器整形电路）、更高的功耗成本以及潜在的维护成本，容耦的整体解决方案成本更具竞争力。其高集成度减少了元件数量和装配成本，提高了生产效率。

3. 数字隔离器SP301x简介

SP301x是一款信号隔离的三通道数字隔离器，采用了Novosns容耦隔离技术，满足增强绝缘应用需求，提供5kVrms绝缘耐压保护和10kV浪涌防护，具有优异的绝缘耐压性能、浪涌防护能力和高可靠性。SP301x采用开关键控(OOK)调制方式，如图2所示，通过发射器侧的内部振荡器产生高频载波对数字信号进行调制，通过基于二氧化硅的隔离电容传输，接收器对信号进行解调并输出。SP301x通过特殊的电路设计来提高CMTI性能并降低高频载波对外产生的辐射发射，具有优异的抗共模干扰能力和低EMI等优势。

基于SP301x的隔离RS485解决方案

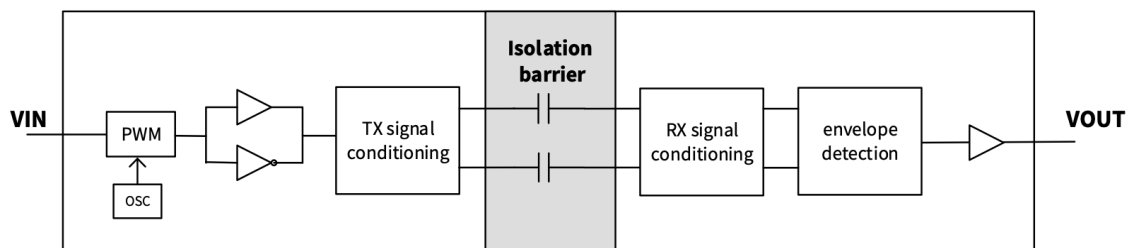


图1：SP301x单路隔离通道电路框图

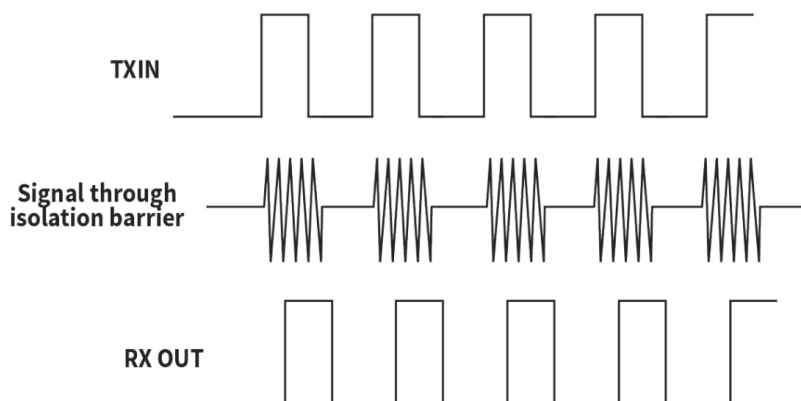


图2：OOK调制方式

芯片引脚示意图如图3所示，电路设计上，芯片使能功能的特殊设计，使其特别适用于隔离RS485的应用。使能通道（DEIN,DEOUT）在默认电平下，使芯片在静态工况下实现低功耗，进而减少系统待机功耗，并且使能通道能够独立传输高达1Mbps的控制信号。

此外，针对用户不同的使能控制逻辑，分别有SP301H和SP301L可供选择：SP301H的DEIN,DEOUT引脚默认高电平，低电平信号输入时，使能数据通道（DIN,DOUT）；SP301L的DEIN,DEOUT引脚默认低电平，高电平信号输入时，使能数据通道。数据通道满足8Mbps速率传输要求，满足高速RS485隔离的需求。RIN,ROUT为常规反向数字隔离通道，其与另外两个隔离通道完全解耦，具有较低的传输延迟。

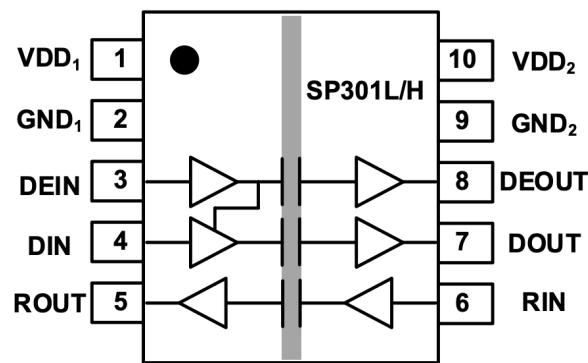


图3：芯片引脚示意图

封装设计上，SP301x采用小尺寸，引脚紧凑的密脚宽体封装形式。芯片本身提供8mm爬电距离，与此同时，显著减小了芯片占PCB板面积，对比于三路光耦隔离方案，隔离芯片面积节省达60%以上，实际芯片面积对比如图4所示。

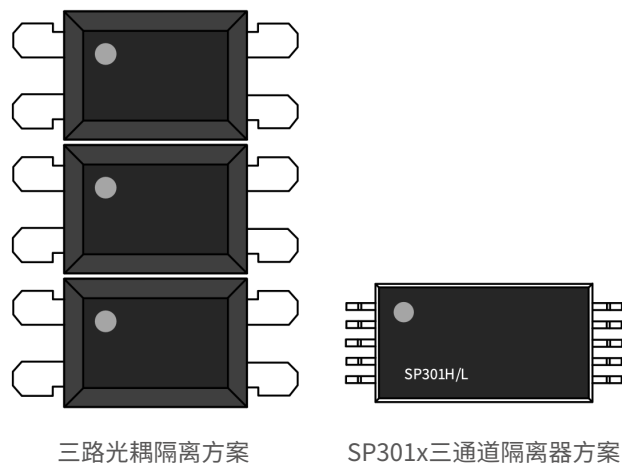


图4：三路光耦隔离方案与SP301x隔离方案PCB面积对比图

综上所述，SP301x具有高可靠性，高集成度，高参数一致性等优势。

4.隔离485应用电路设计

为使系统静态功耗最小，即RS485非通讯状态下，SP301x功耗最小，此时要求MCU给到RS485电路的非使能电平与SP301x的DEIN默认电平相同。以MCU控制485的使能逻辑为区分，基于SP301x的推荐方案表1所示。

表1：基于SP301H或SP301L的RS485隔离应用方案推荐

应用场景	应用方案及料号推荐	应用说明
MCU控制485的使能逻辑为低电平使能	方案1： SP301H	SP301H配合DEOUT后级信号反相电路
	方案2： SP301L	DEIN前级信号反相电路配合SP301L
MCU控制485的使能逻辑为高电平使能	方案3： SP301L	无需额外使能电平反相电路

1.MCU控制485的使能逻辑为低电平使能，推荐应用原理图如下：

方案1：

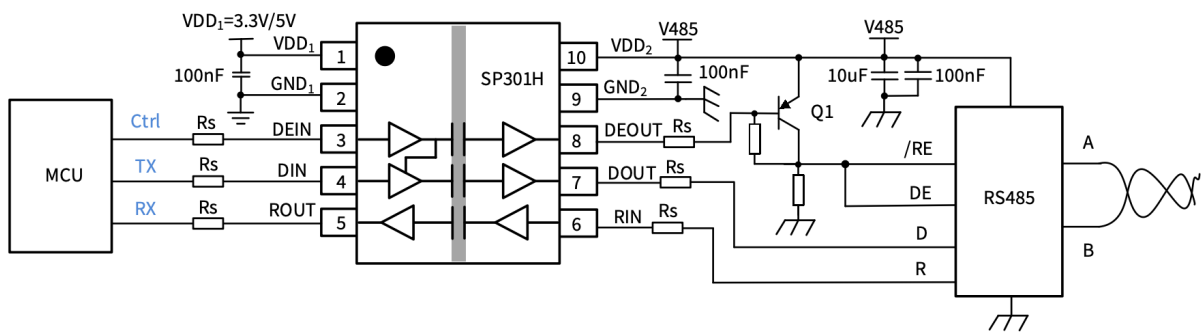


图5： SP301H加后级信号反相电路应用方案

此时，MCU控制485电路的Ctrl，TX，RX默认状态均为高电平，Ctrl低电平时，DEOUT引脚输出低电平，DEOUT输出通过PNP三极管（或反相器）反相后，485的使能引脚（DE，/RE）接收到高电平，485芯片使能。此时，由于DEIN=low，SP301H的Data通道被使能，MCU的TX信号通过隔离器传输到485侧。

方案2:

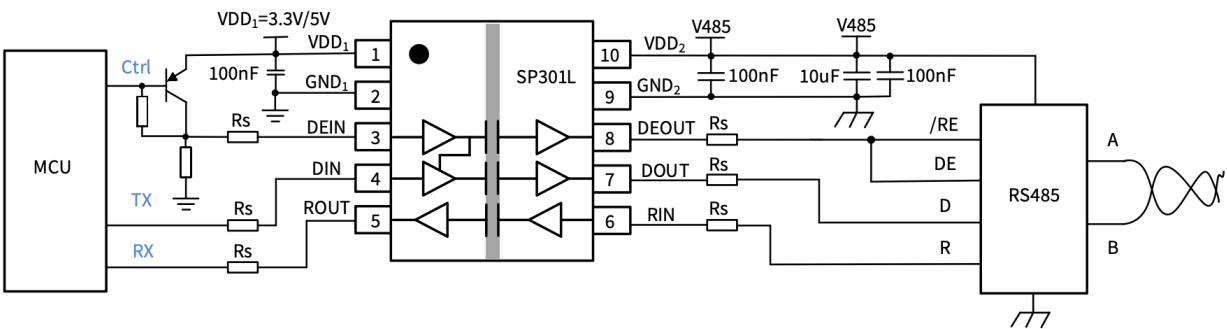


图6：SP301L加前级信号反相电路应用方案

此时，MCU控制485电路的Ctrl，TX，RX默认状态均为高电平，Ctrl低电平时，通过一级反相器后，DEIN输入高电平，DEOUT输出高电平，485芯片使能。此时，SP301L的Data通道使能，TX信号由隔离器传输到485侧。

2.MCU控制485的使能逻辑为高电平使能，推荐应用原理图如图7所示：

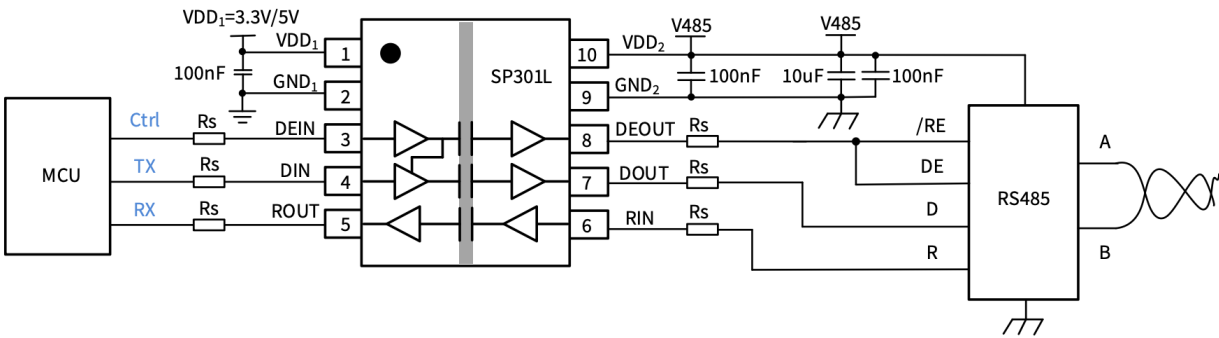


图7：SP301L无需反相电路应用方案

此时，TX，RX默认状态均为高电平，Ctrl默认低电平，此时，SP301L处于最小功耗状态，ROUT为独立通道，实时输出RIN信号，485处于接收状态。Ctrl发送高电平使能，DEOUT输出高电平，485芯片使能，且SP301L的Data通道被使能，TX信号由隔离器传输到485侧。

5.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	李加刚	2025/9/26

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重 要 声 明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、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陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的适用法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（www.novosns.com）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有