

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

AN-13-0024

作者：Zhe Zhang



RS485多节点应用中
外围电路设计注意事项

摘 要

随着RS485系统应用中节点数增多、通信距离增长、通信速率增大，外围电路设计对节点间能否正常通信就变得至关重要。本文针对RS485收发器常见外围电路设计在多节点系统应用中的注意事项给出建议。

目 录

1. RS485收发器推荐外围电路参考	2
1.1. 典型应用外围电路	2
1.2. PCB LAYOUT注意事项	2
2. 外围器件参数对多节点系统影响	4
2.1. 限流电阻 R_s 影响分析	4
2.2. 故障安全电路上下拉电阻 R_f 影响分析	5
2.3. 总线单端对地电容 C_s 影响分析	8
2.4. EMC防护器件影响分析	10
2.5. 逻辑侧电路影响分析	11
3. 修订历史	13

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

1.RS485收发器推荐外围电路参考

1.1.典型应用外围电路

以半双工RS485收发器为例，图1.1给出半双工RS485收发器常见外围电路示意图。

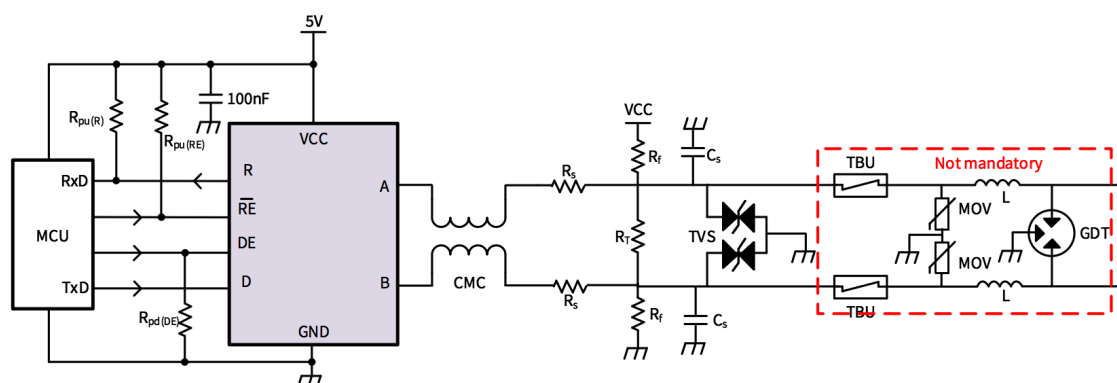


图1.1 半双工RS485典型应用外围电路示意图

其中，CMC是指共模电感； R_s 是限流电阻； R_t 是终端电阻； R_f 是故障安全电路的上下拉电阻； C_s 是单端对地电容；TVS是瞬态电压抑制管，主要用于ESD防护；TBU是瞬态阻断单元，MOV是压敏电阻，L是退耦电感，GDT是气体放电管，TBU、MOV、L、GDT四个器件主要用于浪涌防护，浪涌防护不强制要求在外围电路设计中考虑，工程师可根据实际应用场景需求增加。

1.2.PCB Layout注意事项

由于RS485收发器使用非常简单，所以工程师在PCB绘制中常常会忽略布局和走线的重要性，这有可能会在系统应用中带来负面影响。如下给出几点PCB Layout的注意事项，帮助工程师规避一些常见问题：

1.TVS建议放到总线端口附近，同时保证TVS位于接插件与芯片之间。这是为了当外部发生静电事件时，可以第一时间被TVS泄放而不进入系统板中(如系统考虑浪涌防护，则浪涌防护器件放在最靠近端口位置，再放置TVS)。图1.2为TVS合理摆放位置示意图，图1.3和图1.4为常见不合理摆放位置示意图。

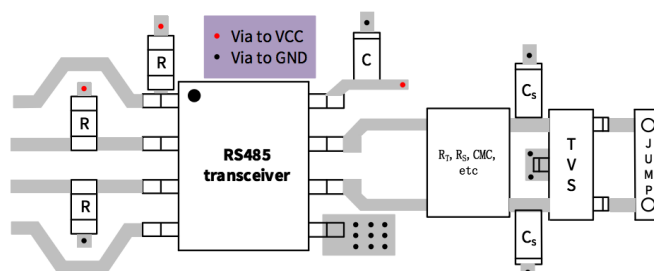


图1.2 合理PCB Layout示意图

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

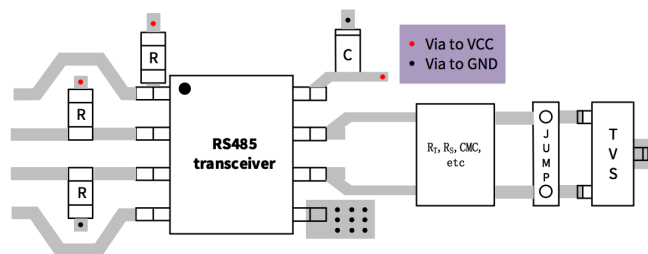


图1.3 TVS不合理摆放位置一示意图

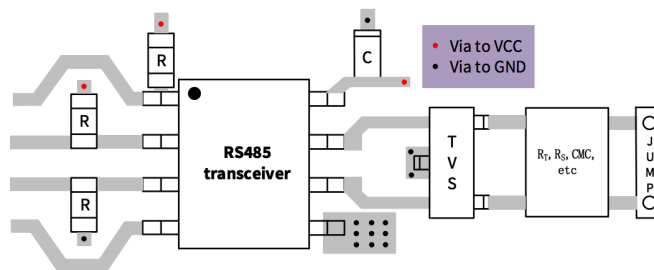


图1.4 TVS不合理摆放位置二示意图

2. 芯片VCC引脚需要增加一个100nF的旁路电容用于滤除高频噪声。建议100nF电容离芯片引脚尽可能近且与芯片在同一面，同时需要注意走线尽量保证过孔在电容前以保证供电信号最后经过电容滤波给到芯片，如图1.2所示为VCC电容合理layout示意图。此外，如果实际PCB板上供电走线到芯片VCC引脚较长，建议在芯片引脚增加一个 μF 级别电容来稳压。

图1.5给出了一种不合理Layout的示意图，其中滤波电容离芯片引脚较远且与芯片不在同一面，同时VCC电位过孔位于滤波电容和芯片引脚之间，使得滤波电容没起到较好滤波作用。

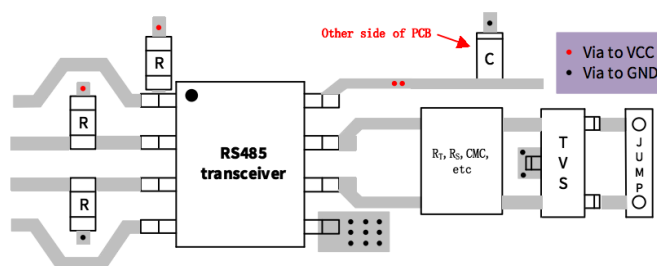


图1.5 VCC 滤波电容不合理Layout示意图

3. 如实际系统应用中有使用CMC的需求，Layout时建议CMC下的GND层做扣铜处理，同时CMC位置建议参考图1.1放置到最靠近A,B引脚位置，能有效滤除共模干扰。

4. 总线A,B走线建议尽可能走差分对走线。

5. 芯片GND引脚附近建议放置一些GND过孔，减少GND回路，如图1.2所示。

6. 建议单端对地电容 C_s 放在TVS后，如图1.2所示。

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

2. 外围器件参数对多节点系统影响

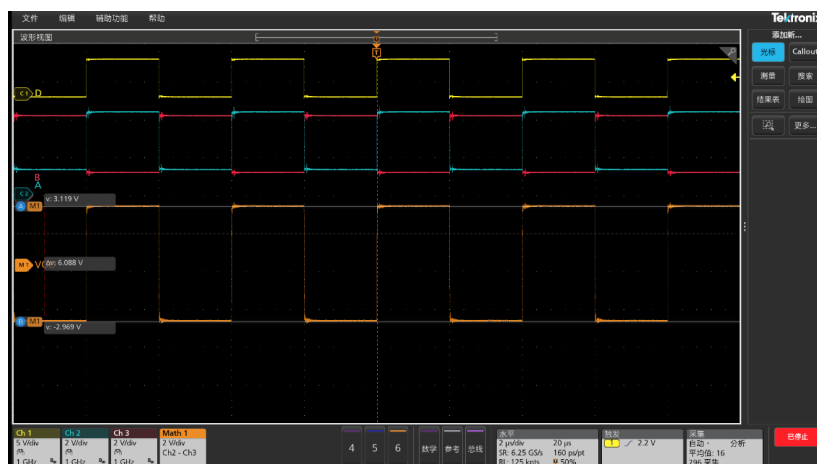
在多节点系统应用中，即使不考虑通信距离，通信线，系统拓扑等因素带来的寄生影响，外围器件参数理论上随着节点数的增多也会存在叠加效果，如果在设计之初没考虑到外围器件参数叠加的影响，有可能会造成多节点系统通信异常。因此该小节对常见外围参数造成影响进行分析，帮助工程师在外围设计时规避常见问题。波形测试选择的RS485收发器型号为NCA3176，仅供参考。

2.1. 限流电阻 R_s 影响分析

系统应用中选择使用限流电阻 R_s ，主要有两个作用：

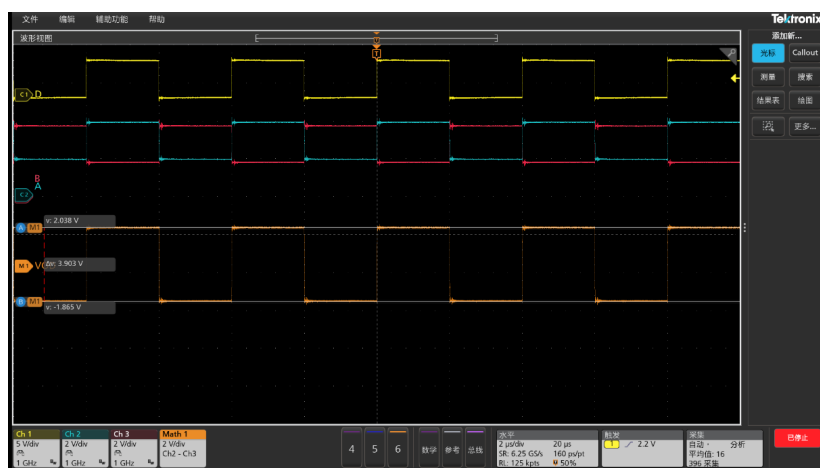
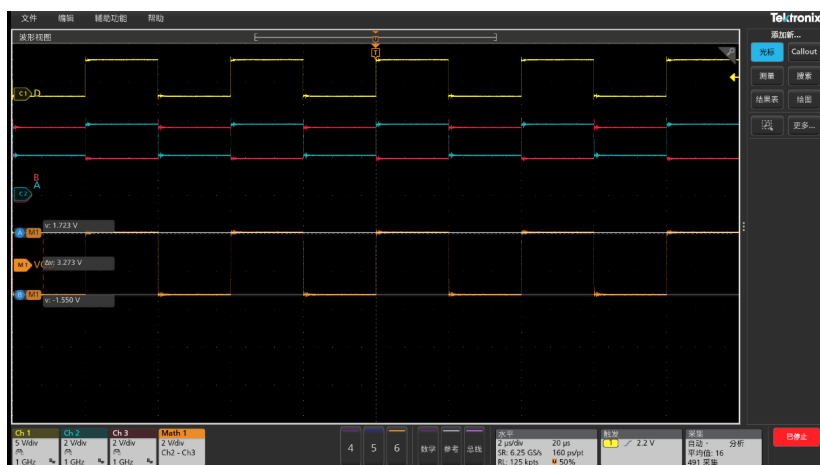
1. 当总线出现过压、ESD或浪涌事件时，外围保护器件TVS等会起作用将能量泄放，这时限流电阻会限制进入芯片A、B引脚的峰值电流，确保芯片内部ESD保护器件在安全功率范围内，防止其因过流而烧毁。
2. 在不增加限流电阻的情况下，当系统中某个节点RS485收发器的A或B出现异常损坏导致芯片内部对VCC或GND出现短路时，A或B的总线上会出现大的短路电流可能会导致通信异常。但如果总线外围中存在 R_s 电阻的话，就可以很好的限制故障电流将故障节点对总线的的影响降低。以某一个接收节点RS485收发器的A对GND出现异常损坏导致短路为例，如果没有限流电阻，则A总线会被强拉到接近GND的水平，从而影响总线通信。但如果此时外围 R_s 阻值设置为 20Ω ，以常见总线短路电流规格最大为250mA为例，这时 R_s 电阻上会有5V压降，则发送节点的A输出电平不会受到影响，总线通信可以正常维持，只是发送节点的VCC功耗会因为短路电流异常增大。

但限流电阻 R_s 的使用也要考虑其对系统的负面影响，这是在系统设计时要考虑的一个重要因素。其最主要的负面影响是在发送节点对外发送差分信号时， R_s 会和终端电阻 R_T 分压导致实际发送到总线的差分电压衰减，图2.1给出不同 R_s 值对发送节点差分电压的影响。测试条件：通信速率为500Kbps，终端电阻为54 Ω ，VCC供电为5V。



(a) $R_s=0\Omega$

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

(b) $R_s=20\Omega$ (c) $R_s=30\Omega$ 图2.1 不同 R_s 值对差分电压的影响

从测试结果看当 $R_s = 30\Omega$ 时，发送节点产生的负向差分电压临界1.5V，而 TIA/EIA-485A标准对发送节点产生差分电压的最低要求为1.5V，所以此时 R_s 无法继续增加。理论上 R_s 的选值要保证发送节点产生差分电压至少大于1.5V，但实际系统应用中考虑到通信线线损，VCC电压，终端电阻设置等因素的影响，一般建议 R_s 的选值不超过20 Ω 。实际选值最好根据实际系统使用的通信线的参数，VCC电压，终端电阻选值进一步推算。在类似Profibus的应用中对长距离通信的差分电压有明确要求的场景下，不建议使用 R_s 。

2.2.故障安全电路上下拉电阻 R_i 影响分析

故障安全保护电路旨在当总线无信号输入的情况下，确保接收器仍能输出确定状态。总线信号丢失可能由以下三种原因引起：

1. 总线短路：双绞线因绝缘失效发生接触等；

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

2. 总线开路：电缆断开或收发器与总线断开连接等；
3. 总线空闲：所有总线驱动器均未工作。

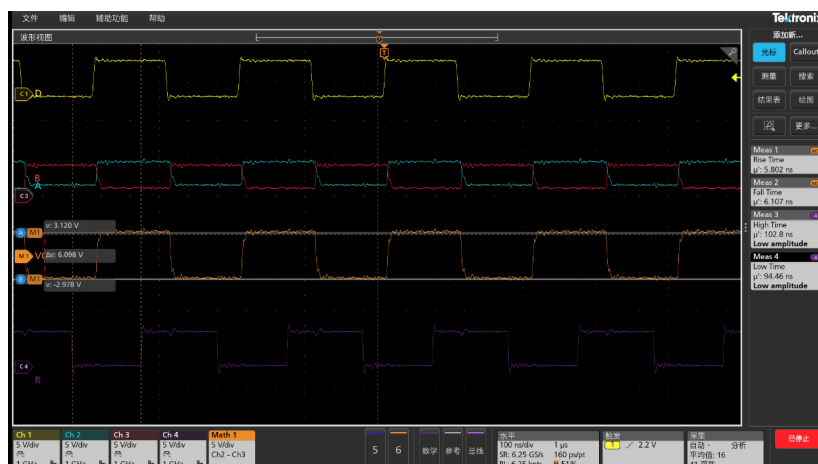
TIA/EIA-485A标准要求接收器能够识别大于200mV或小于-200mV的差分电压，这意味着当输入信号为0时，接收器输出状态将处于不确定状态。纳芯微RS485系列收发器至少能够识别大于-10mV的差分电压，确保在信号丢失导致输入信号为零时，仍能输出恒定的高电平状态。然而，若仅依赖芯片自身的接收器能力应对信号丢失，最坏情况下的噪声容限仅为10mV。因此，在干扰较大的环境下，建议增加故障安全保护电路以提升噪声容限。

故障安全保护电路可由电阻分压电路构成，以确保能够在终端电阻上产生足够的总线差分电压， R_f 阻值计算可以参考下述公式：

$$\left(\frac{\frac{R_{in}}{n} \times RT}{\frac{R_{in}}{n} + RT} \right) \times VCC = VAB \times \left(\frac{\frac{R_{in}}{n} \times RT}{\frac{R_{in}}{n} + RT} + 2R_f \right)$$

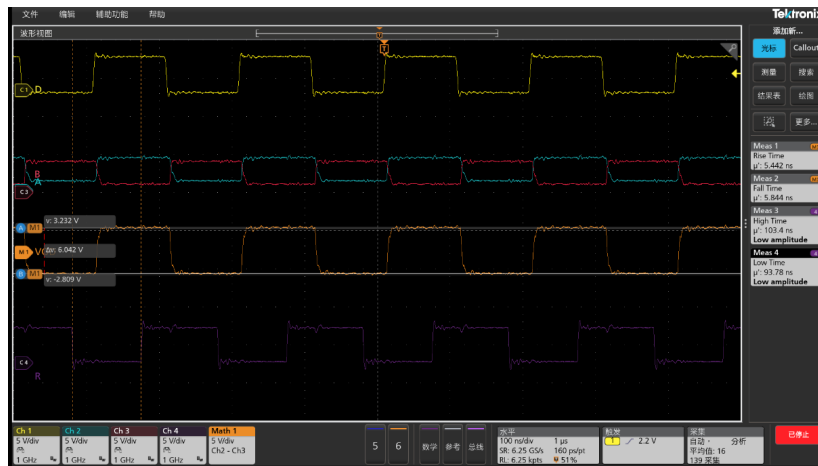
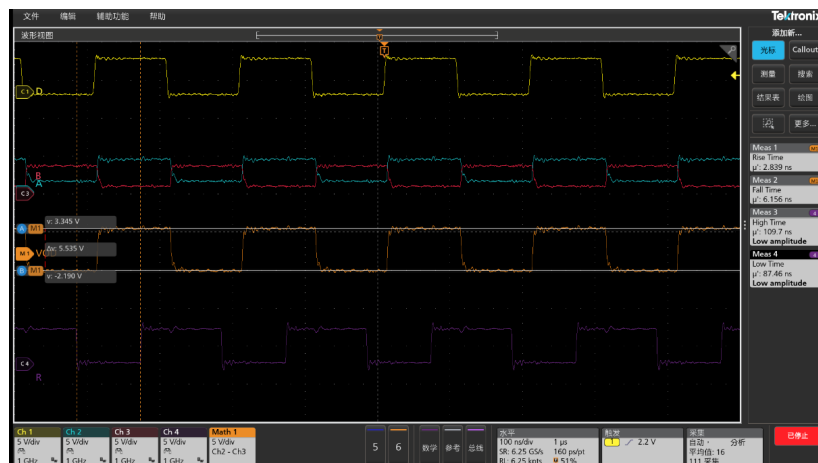
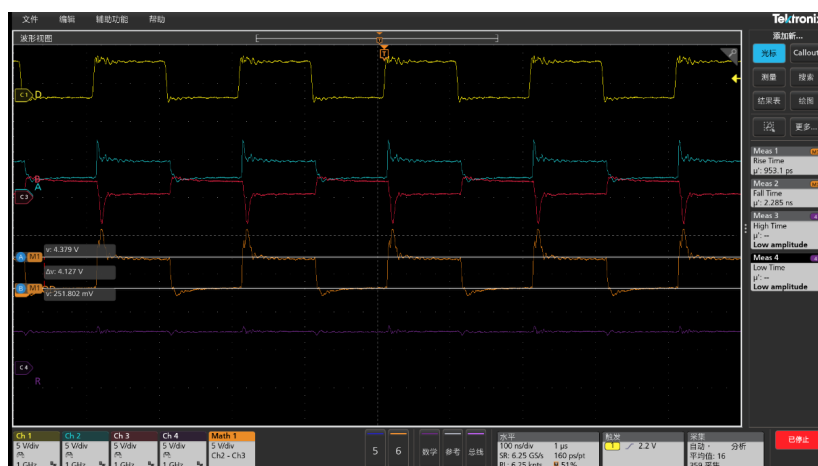
其中 R_{in} 是RS485收发器的差分输入电阻； n 是总线上的节点数量； V_{CC} 是芯片电源电压， V_{AB} 是所需的差分电压， R_f 是整个多节点系统的终端电阻总值。以需要产生0.2V差分电压为例，假设总线上有两个节点，NCA3176的差分输入电阻为96k Ω ，电源电压 VCC 为5V，则计算得出的电阻值 R_f 为720 Ω 。

当然，故障安全上下拉电阻 R_f 的使用也要考虑其对系统的负面影响。由于故障安全电路在A上引入上拉，在B上引入下拉，所以该电路对发送节点发送D=0的报文(A输出低电平，B输出高电平)会有衰减差分电压的影响，并且引入的上下拉越强，影响越大。如图2.2给出不同 R_f 值对差分电压和 R 输出影响。测试条件：通信速率为10Mbps，终端电阻阻值为54 Ω ， VCC 供电为5V。



(a) 无 R_f

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

(b) $R_f=750\Omega$ (c) $R_f=50\Omega$ (d) $R_f=10\Omega$ 图2.2 不同 R_f 值对差分电压和R输出脉宽影响

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

从测试结果看到当 R_f 阻值选择750 Ω 时对差分电压及R输出的脉宽基本无影响。但随着 R_f 的逐渐减小，差分电压逐渐向正向偏移，同时R高电平的脉宽会增长，低电平的脉宽会缩短，甚至当 R_f 小到一定值会导致R低电平输出完全消失。所以在高通信速率、长距离通信的多节点应用场景中， R_f 设置不能过小。

除此之外，实际应用中会发现很多工程师在考虑产品量产及系统总线空闲稳定性的因素后，在 R_f 的设置上往往会出现一些错误的操作，导致在多节点系统应用中影响通信。如下给出几点 R_f 设置的注意事项：

1.如考虑到产品量产，会统一在每个节点都贴焊 R_f 而不会在实际系统选择在总线特定位置接入 R_f 时，阻值计算参考公式如下：

$$\left(\frac{\frac{R_{in}}{n} \times RT}{\frac{R_{in}}{n} + RT} \right) \times VCC = VAB \times \left(\frac{\frac{R_{in}}{n} \times RT}{\frac{R_{in}}{n} + RT} + 2 \frac{R_f}{n} \right)$$

这种情况下，是要考虑产品实际应用中的具体节点数，因为每个节点的上下拉电阻会并联在一起，这是一定要注意的。

2.为了系统总线空闲稳定性在 V_{AB} 值上设置过大，正常保证可以产生200mv差分电压即可。

2.3.总线单端对地电容 C_s 影响分析

总线单端对地电容 C_s 主要是用于滤除总线高频噪声，可以帮助优化系统抗干扰能力。在EMC环境恶劣的使用场景下，是常见的外围优化选择之一。但总线单端对地电容的存在，必然会对总线波形产生一定影响。并且随着节点数的增多、通信速率的增快，这种影响往往不能忽视。因此本小节给出一个参考计算公式帮助工程师在系统设计时可以大致估算出总线单端对地电容 C_s 的限值，避免由于 C_s 的选取导致系统应用异常。

首先，TIA/EIA-485-A标准中要求RS485收发器的驱动器在发生电平切换时，总线电压10%到90%电压的转换时间要限制在位时间的30%以内，即 t_r 或 $t_f = 1/\text{Baud Rate} * 30\%$ ，如图2.3。虽然这个要求是针对收发器本身而非系统板的要求，但单端对地电容的存在主要影响的便是总线的 t_r 和 t_f 参数，因此可以借鉴这个要求来评估单端对地电容对通信的影响。

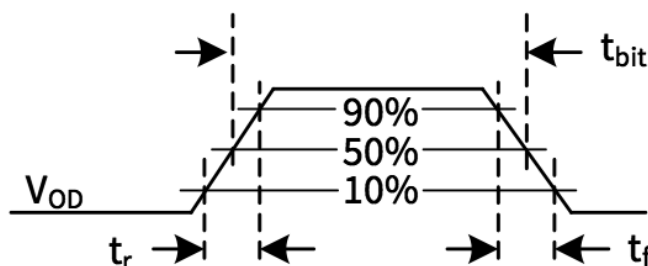


图2.3 驱动器时序参考图

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

其次，单端对地电容的存在相当于在RS485收发器总线高低电平切换时，对其进行充放电，因此可参考常规的RC电路上升/下降时间计算公式：

$$tr/tf = 2.2 \times R \times C$$

其中系数2.2是根据沿从10%到90%的计算为 $[-\ln(0.9)] - [-\ln(0.1)] = \ln(9) \approx 2.2$ ，R主要分为 R_{on} （芯片内部导通电阻，可按60Ω取值）和 R_s ，C则表示为单端对地的总电容，可分为 C_s 和寄生电容 C_p （通信线寄生，PCB寄生等）。

综上所述给出n个节点系统中 C_s 的参考计算公式：

$$C_s = \frac{0.3}{n \times 2.2 \times (R_s + R_{on}) \times \text{Baud Rate}} - \frac{C_p}{n}$$

以5个节点， R_s 为10Ω， C_p 总共100pF，10Mbps通信速率为例，

$$C_s = \frac{0.3}{5 \times 2.2 \times (10 + 60) \times 10\text{Mbps}} - 20 = 39\text{pF}$$

通过计算每个节点的 C_s 选值不能超过39pF，否则会导致总线 t_r 或 t_f 的畸变超过30%。图2.4给出了模拟这种单端对地电容情况下的10M通信速率下的总线波形，图2.5给出无单端对地电容情况下的10M通信速率下的总线波形。测试条件：通信速率为10Mbps，终端电阻阻值为54Ω，VCC供电为5V。

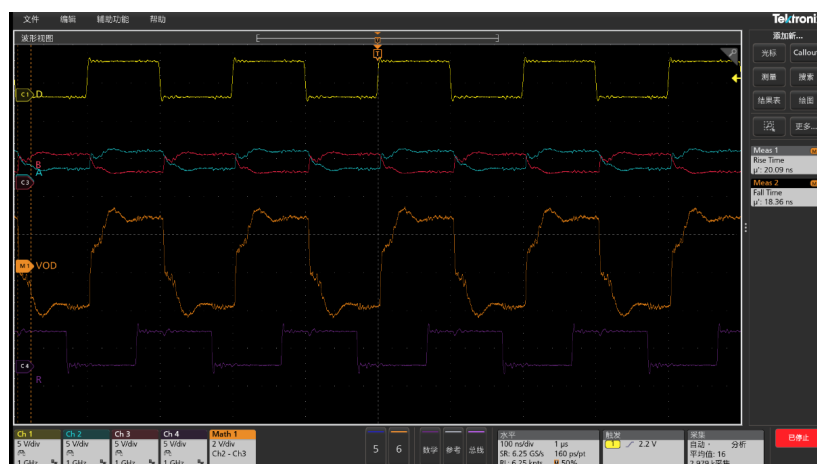


图2.4 增加单端对地电容情况下的10M通信速率下的总线波形

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

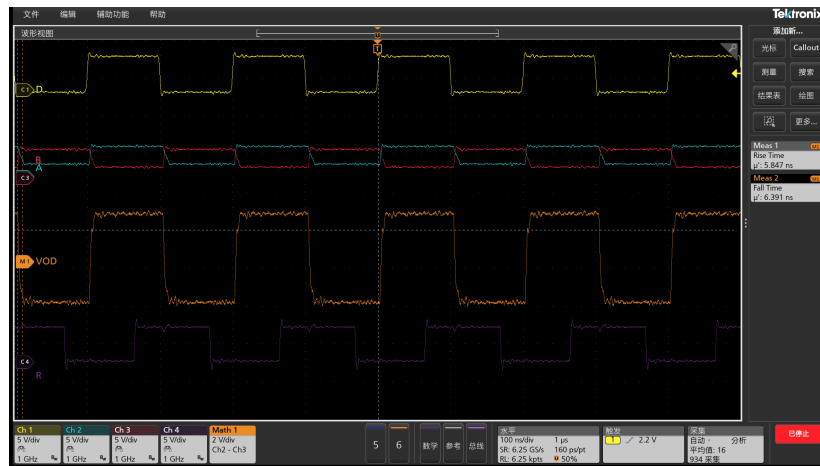


图2.5 无单端对地电容情况下的10M通信速率下的总线波形

可以看到单端对地电容的存在会造成总线波形畸变，并随着容值不断增加变得更加恶劣。当然上述的计算过程仅涉及提到的几种因素影响，实际系统中的影响因素更多(外围电路，软件采样点设置等)，所以只能做为工程师初步电路设计的参考，建议工程师根据实际系统情况进一步调整 C_s 选值。

2.4. EMC防护器件影响分析

在RS485的应用中，为保证整个系统运行的稳定性，EMC性能优化是一个无法避免的问题。常见的EMC防护手段主要包括选择EMC性能更优的RS485收发器和选择相关EMC防护外围器件，如图1.1中所示。EMC防护器件需要在系统发生瞬态过压或过流时起作用，同时保证不会影响系统正常工作。所以这类器件的静态参数一般不会很大，避免影响到系统正常工作。但当系统节点数增多时，这些器件的静态参数往往会叠加，有可能会对系统的正常运行产生一定的影响，因此本小节对相关EMC防护器件的关键静态参数进行分析，帮助工程师在电路设计时规避错误选型：

1. 共模电感CMC：共模电感的主要作用是对共模噪声有显著的抑制作用，同时不会对差分信号产生影响。非常适合在RS485这种差分信号传输的系统中使用，既能防止外部噪声传入，也能抑制自身噪声向外辐射。共模电感的几个重要参数，工程师在选型时需要注意：

- 电感值：对于CMC电感值的选取需要从抑制总线共模噪声方面去考虑。在RS485总线的共模噪声频率处,CMC应具有尽可能高的电感值,表现为高阻抗抑制共模噪声的传播。但需要注意感值越大，漏感和分布电容会越大，会导致信号沿变缓或出现严重振铃。一般推荐感值选择不超过 $100\mu\text{H}$ ，在高速率的场景下推荐不超过 $51\mu\text{H}$ 。同时相同感值下建议尽可能选择小封装共模电感减小分布电容和漏感。
- 直流电阻：这是线圈导线自身的固有电阻，当有电流流过时会产生压降，因此工程师在系统设计时需要将直流电阻和 R_s 合并到一起考量。在相同感值下，建议选取直流电阻更小的型号。

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

同样地，瞬态阻断单元TBU，退耦电感L选型时也要考量器件本身直流电阻参数对系统的影响。

2.瞬态电压抑制管TVS：TVS的重要参数选型已在应用文档AN-13-0012做了详细说明，本小节主要讨论TVS的结电容对多节点系统影响。结电容是指TVS的PN结在零偏压或反偏压下的等效电容，当TVS放置在总线对GND间做保护时，结电容相当于直接接入总线和GND之间，其影响便与单端对地电容 C_s 一致。因此工程师在实际系统设计时除了要考虑单端对地电容 C_s ，也要考虑TVS结电容对信号上升下降沿的影响，评估方法也可以参考 C_s 。建议选型时选择结电容更小的TVS。

同样地，压敏电阻MOV，气体放电管GDT选型时也要考量器件电容对系统的影响。

2.5.逻辑侧电路影响分析

在RS485多节点系统应用中，要保证同时刻只有一个节点在发送报文。这要求其他节点在接收时一定要保证使能引脚DE配置为不使能，否则会导致总线异常。如图2.6和图2.7分别给出两个节点通信时接收节点DE状态对总线波形影响。测试条件：通信速率为500Kbps，终端电阻阻值为54Ω，VCC供电为5V，接收节点D pin默认外部上拉。

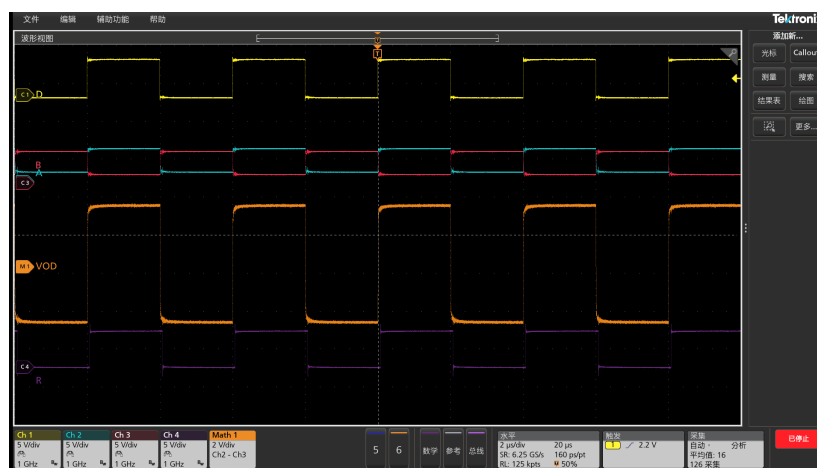


图2.6 接收节点DE不使能总线波形

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

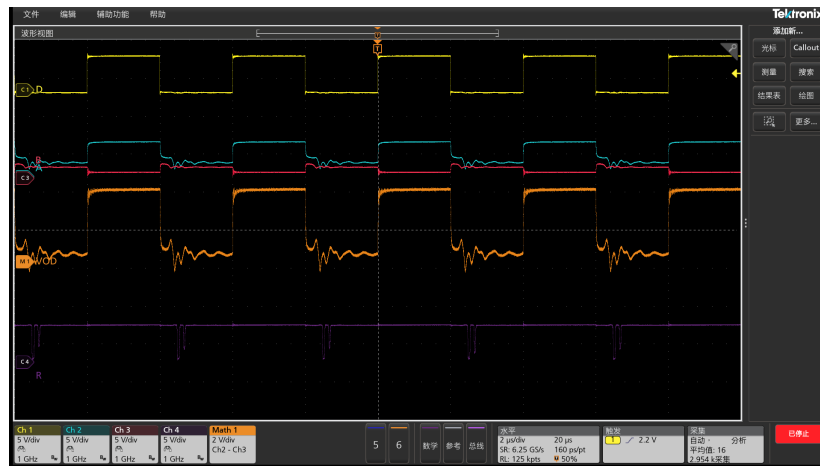


图2.7 接收节点DE使能总线波形

通过图2.6和图2.7的对比可以看到，当接收节点DE使能时，会导致总线波形异常，进而导致R输出异常。这是因为当接收节点DE使能时会将D的状态传输到总线，当发送节点发送的D状态与接收节点D状态冲突时便会造成总线波形异常。所以工程师在系统设计时一定要保证同一时刻总线上只有一个节点的DE是使能的，建议DE引脚外部接一个下拉电阻。

RS485多节点应用中 外围电路设计注意事项

3.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Zhe Zhang	2026/06/17

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所有法律、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