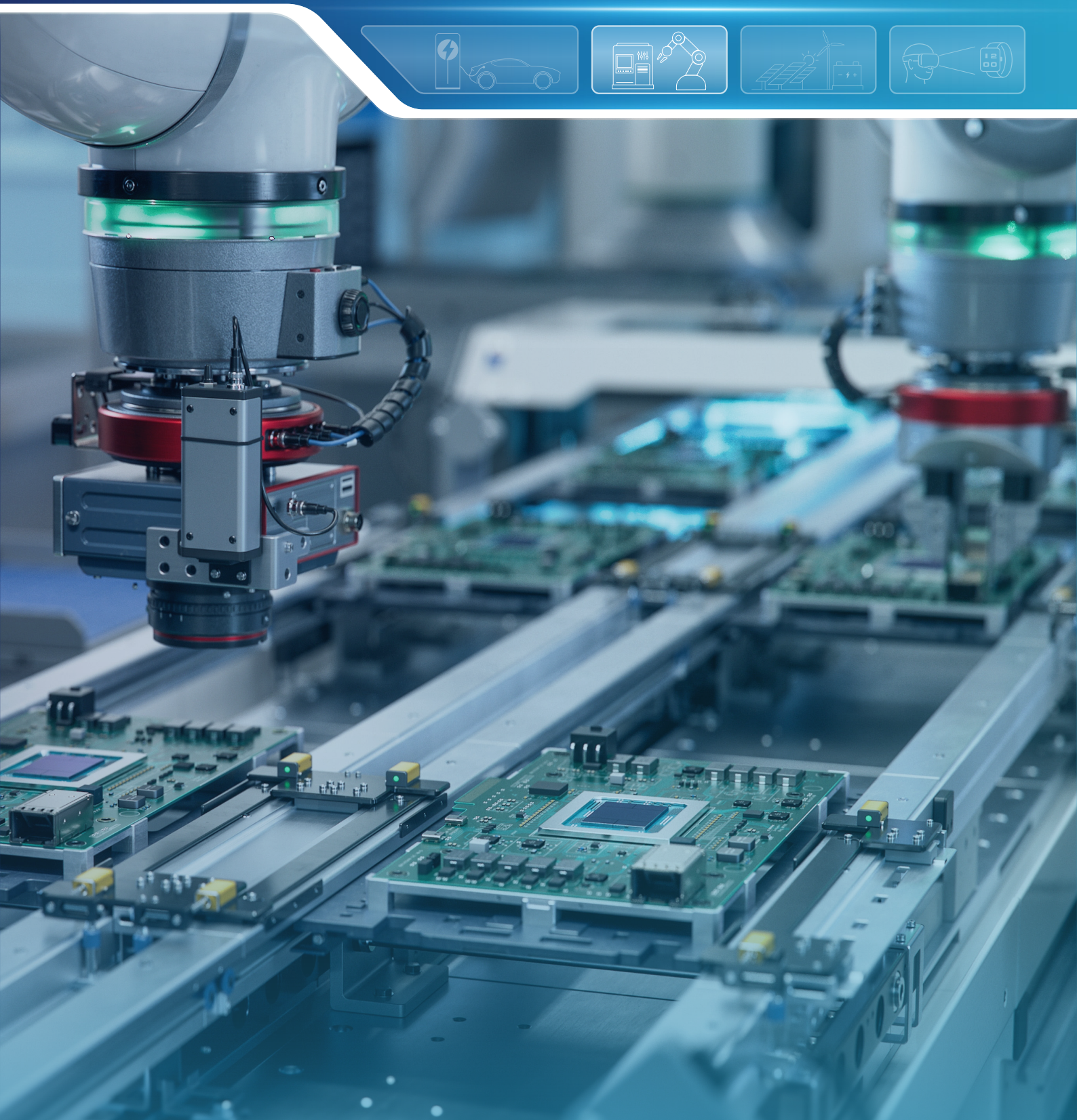


# RS485应用中数据传输速率与 电缆长度关系

AN-13-0006

作者: Zhe Zhang



## 摘要

在工业应用中往往需要在多个距离较远的系统中传输数据，基于TIA/EIA-485-A标准的RS485常常是较为理想的选择。数据传输的准确性和稳定性一般与RS485收发器性能，传输距离，电缆选型以及通信协议的选择有关，本应用笔记主要介绍RS485收发器性能参数，传输速率与电缆长度关系，不进行通信协议方面的介绍。

## 目录

1. RS485收发器参数与传输速率及传输距离关系 .....	2
1.1. 电压参数性能与传输距离的关系 .....	2
1.2. 时序参数性能与传输速率的关系 .....	2
2. 数据传输速率与电缆长度 .....	3
2.1. 电缆对信号的衰减 .....	3
2.2. 电缆对时序的影响 .....	5
2.3. 非理想工况 .....	5
3. 修订历史 .....	7

## 1.RS485收发器参数与传输速率及传输距离关系

### 1.1.电压参数性能与传输距离的关系

TIA/EIA-485-A标准中要求RS485收发器的接收器必须能有效检测任何差分电压幅度大于200mV的信号作为有效数据信号。因此，接收器最差情况的输入差分幅度为200mV。同时，TIA/EIA-485-A标准中要求RS485收发器的驱动器必须能产生大于1.5V的差分电压。以图 1.1中给出的半双工典型应用为例，当主节点发送差分信号到总线再到从节点从总线接收差分信号的过程中，总线电压的直流衰减可达1.3V。这也是在长距离通信时，RS485是优先选择的原因之一。

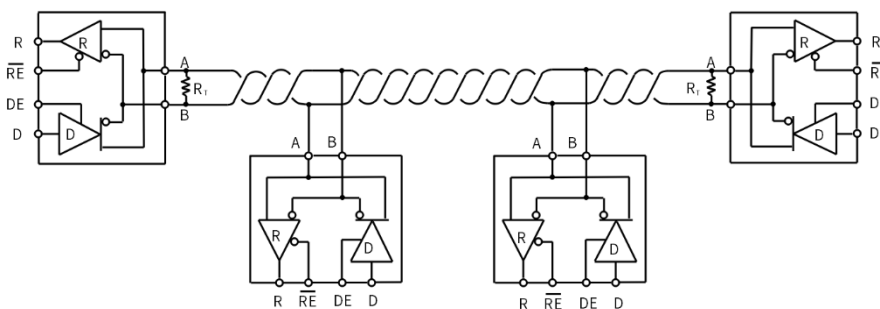


图 1.1 半双工RS485典型应用

理论上，RS485收发器可产生的总线电压衰减越大，可支持的传输距离越大。纳芯微电子推出的RS485收发器系列产品，在全电压范围内驱动器产生差分电压大于1.5V，同时接收器可以识别大于-10mV的差分电压为高电平，性能优于TIA/EIA-485-A标准中要求，而且宽共模电压范围（-7V至12V）允许驱动器和接收器之间存在地电位差。因此，可以支持在RS485应用系统中的长距离通信需求。

### 1.2.时序参数性能与传输速率的关系

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，如图 1.2。以20Mbps通信速率为例， $t_{bit}=50ns$ ，则 $t_r$ ， $t_f$ 要满足不超过50ns的30%，即15ns。纳芯微电子推出的RS485收发器系列产品， $t_r$ ， $t_f$ 不超过10ns。因此可以满足20Mbps通信速率的要求。



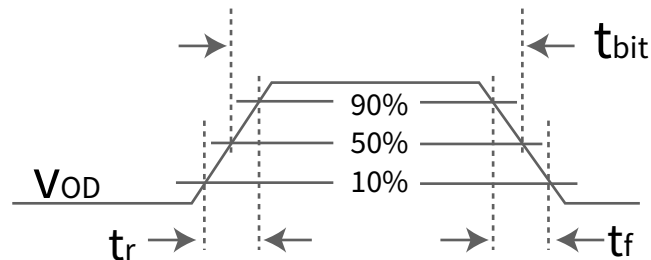


图 1.2 驱动器时序参考图

## 2. 数据传输速率与电缆长度

在确定特定电缆长度下可能的数据传输速率时，仅选取满足性能需求的RS485收发器是不够的，还需要考虑线缆参数对信号的影响。TIA/EIA-568-B.2标准中对双绞线参数做出一定规范，对分析电缆的直流、交流参数对RS485信号质量的影响提供参考。本文将基于TIA/EIA-568-B.2标准对传输速率与电缆长度的关系进行介绍。

### 2.1. 电缆对信号的衰减

插入损耗是指由于驱动器和接收器之间插入一段电缆长度而导致信号衰减，用dB表示。TIA/EIA-568-B.2标准（4.3.4.7小节）中提及电缆在任何频率下插入损耗的计算公式：

$$Insertion\ loss \leq k1\sqrt{f} + k2 \times f + \frac{k3}{\sqrt{f}} dB/100m(328ft)$$

其中，k1、k2及k3为电缆插入损耗公式常数，TIA/EIA-568-B.2标准给出5e类和3类两种电缆相关参数，如下表。f则为电缆上数据的传输频率。

	k1	k2	k3
Category3	2.32	0.238	0.000
Category5e	1.967	0.023	0.05

TIA/EIA-568-B.2标准还指明了5e类电缆适用于100MHz以下，3类电缆适用于16MHz以下。据此，本文给出5e类和3类电缆在规定频率使用范围内对信号衰减曲线。

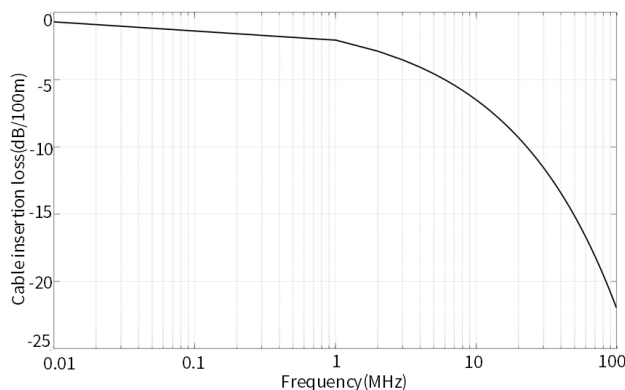


图 2.1 5e类电缆衰减曲线

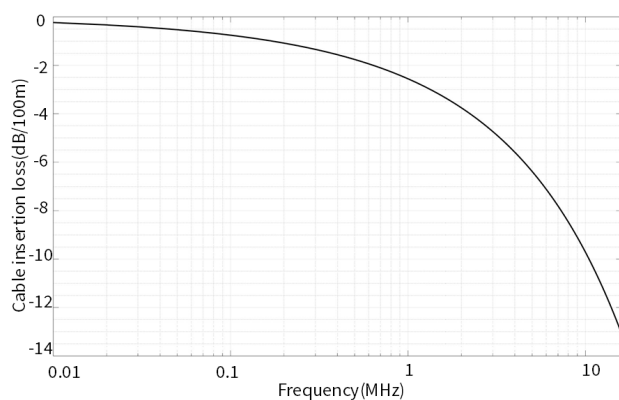


图 2.2 3类电缆衰减曲线

在信号衰减中，dB相当于是功率衰减，即 $dB=10 \cdot \log_{10}(P/P_r)$ ，其中P为实际功率， $P_r$ 为参考功率。假设阻抗固定， $P=U^2/R$ ，则 $dB=20 \cdot \log_{10}(U/U_r)$ 。以5e类电缆为例，在10MHz的数据速率下实现100m布线，电缆衰减为-5.8dB，所以接收端电压衰减约为发送端的51%。因此可以使用上述公式来估算数据速率和电缆长度。

## 2.2. 电缆对时序的影响

电缆除了会对信号造成衰减，同样会对信号时序造成影响，从而影响信号质量。进行高速率通信时，电缆的交流效应限制了信号的质量并将电缆长度限制于较短距离。因此在实际系统中确定可靠的数据传输速率时，还需要考虑线缆对信号传播延迟、上升下降时间的影响。TIA/EIA-568-B.2标准中4.3.4.12小节与4.3.4.13小节分别给出了线缆允许带来的最大传播延迟和上升下降时间偏移。允许引入最大传播延时时间与频率的关系：

$$\text{delay} \leq (534 + \frac{36}{\sqrt{f}}) \text{ns}/100\text{m}(328\text{ft})$$

其中f为数据传输频率。以5e线缆为例，图 2.3给出不同传输速率下，允许线缆带来的最大传播延时。

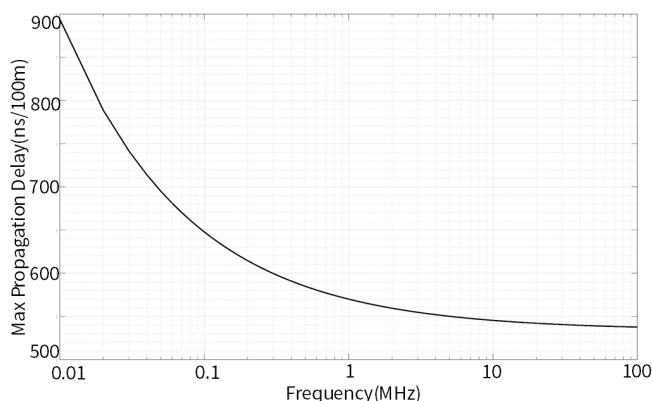


图 2.3 传输速率与最大传输延时关系

以10MHz数据传输频率为例，经计算可以得到每100m允许最大传播延时为545ns，同时TIA/EIA-568-B.2标准中规定每100m允许最大上升下降沿时间偏移为45ns。实际应用中可以参考上述数据对使用电缆性能进行评估，如果满足TIA/EIA-568-B.2标准对时序的要求，则可以认为电缆符合通信需求。

## 2.3. 非理想工况

上述两小节介绍均是处在理想工况下的分析，实际应用中非理想工况的出现是不可避免的，这便可能会对通信的准确性和稳定性产生影响。下表给出了常见的非理想工况及可能会对系统的影响。

非理想工况	非理想工况对系统的影响
RS485总线存在外部噪声源	潜在的噪声源如IEC61000-4-2静电放电ESD, IEC61000-4-4电快速瞬变EFT, IEC61000-4-5浪涌, 便可能会降低系统的可靠性及数据的有效传输
双绞线电缆两根线间存在差异	可能导致上升下降沿时间发生过度偏移, 造成通信异常
双绞线之间存在串扰	可能会产生误码, 影响通信
多节点长距离通信	多节点长距离通信可能会导致阻抗不匹配, 造成信号反射, 从而产生误码

基于上述非理想工况对通信的影响, 以信号抖动不超过10%为基准, 下图给出电缆长度和数据速率的保守估计值曲线。

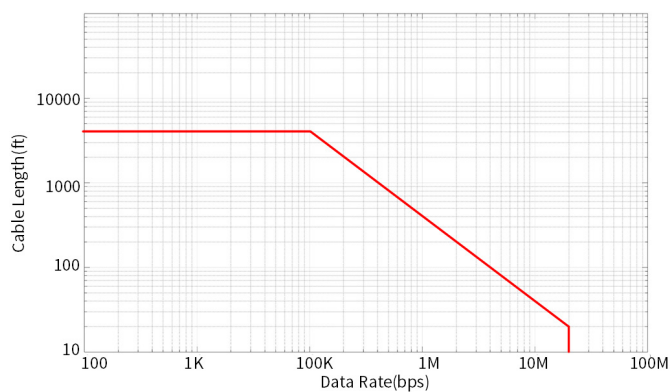


图2.4 电缆长度和数据传输速率估算值

一般RS485通信速率在100Kbps以下时, 支持最大电缆长度为4000英尺 (1200m) 左右。随着电缆长度的减少, 通信速率可以进一步提高。本文给出的估算值相较于现如今电缆性能保守得多, 所以在给定数据速率下, 实际可支持距离应比给出的参考值大。

### 3.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Zhe Zhang	2024/9/14

销售联系方式: [sales@novosns.com](mailto:sales@novosns.com); 获取更多信息: [www.novosns.com](http://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](http://www.novosns.com))。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有