



设计指南

RS-485： 通信方式依然最可靠

2017年

目录

引言/摘要.....	1
RS-485与RS-422.....	2
深入了解RS-485.....	3
工业环境带来的挑战.....	5
恶劣环境与系统保护.....	5
总结.....	10
参考.....	10

引言/摘要

尽管无线网络越来越普及，有线串行网络依然是最可靠、鲁棒性最好的通信方式，特别是在恶劣环境下。对于工业和楼宇自动化等要求具备较高的抗干扰、抗静电能力，以及高压故障保护的应用环境，这类网络能够提供更有效通信，进而保障设备的正常运行时间。本指南回顾RS-485协议并讨论其广泛用于工业领域的原因，以及常见问题的解决途径。

RS-485与RS-422

RS-485的特性使其成为恶劣工业环境下应用最广的接口协议。

在恶劣的工业和楼宇自动化网中，RS-485收发器是实现串口通信最常见的物理层接口。该串行标准通过两根线提供差分信号，实现工业应用所需的远距离、高速率传输。RS-485标准提供的接口可承受恶劣环境。工业和楼宇自动化应用中最常见的问题之一是在快速切换电感负载、静电放电以及工厂自动化设备运转过程中频繁的电压浪涌，会产生较大的电气特性瞬变，进而破坏数据传输或造成物理网络损坏。

现在常用的数据接口协议有很多种，每种协议都是针对特定的应用开的，具有特定的协议规范和结构。接口包括CAN、RS-232、RS-485/RS-422、

I²C、I²S、LIN、SPI和SMBus等。其中，RS-485和RS-422仍然是最可靠的协议之一，特别适合工厂和楼宇自动化等恶劣的工业电气环境。

尽管RS-485与RS-422非常相似，但两者不同。以下是这两项标准之间的一些差异，设计系统时需要注意。RS-422最适合只需要一个总线主机(驱动器)的工业环境，提供高达10Mbps的数据传输机制。RS-422使用两根线发送信号，提高最大波特率和电缆长度。RS-422是为多点应用设计的，总线上只连接一个发送器且只有一个发送器进行发送，最多10个接收器(图1)。典型应用包括过程自动化(化工、酿造、造纸厂)、工厂自动化(汽车和金属

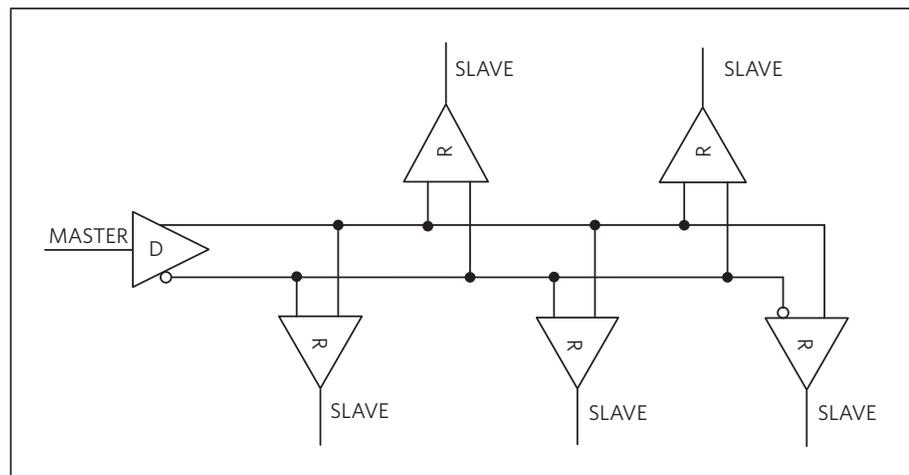


图1. RS-422多点总线

制造)、HVAC、安防、电机控制和运动控制。

当需要多个总线主机/驱动器时，RS-485具有更高的灵活性。该标准在RS-422的基础上进行改进，将设备数量从10个提高到了32个，拥有更宽的共模和差分电压范围，确保在最大负载下具有足够的信号电压。拥有这种增强的多点功能后，用户可构建连接到单个RS-485串口的设备网络。较强的抗噪性和多点功能使RS-485成为工业应用中的首选串行链路，可将多个分布式设备通过网络连接到PC或者其它控制器，实现数据采集、HMI等类似操作。RS-485是RS-422的扩展，因此所有RS-422设备均可通过RS-485进行控制。

RS-485与RS-422的典型应用相类似：过程自动化(化工、酿造、造纸厂)、工厂自动化(汽车和金属制造)、HVAC、安防、电机控制和运动控制。由于RS-485提高了灵活性，所以在两者中更常见。

深入了解RS-485

如上所述，TIA/EIA-485常被称为RS-485，是工业中应用最广的接口。RS-485可用于长达4000英尺的距离和高达52 Mbps的速率，理想用于大型工厂环境，以支持工业自动化所需的高数据速率和长电缆距离。

RS-485接口可使用一对传输线工作在半双工模式，或使用两对线(4线)工作在全双工模式，以同时发送和接收数据。半双工多点配置时可支持最多32个驱动器和多达32个接收器。市场上已经出现具有1/4单位负载甚至1/8单位负载接收器输入阻抗的新器件，例如MAX13448E，允许一条总线上挂接128至256个接收器。拥有这种增强的多点功能后，用户可构建大型RS-485串行设备网络，如图2所示。

接收器输入检测灵敏度为 $\pm 200\text{mV}$ ，意味着接收器只有检测到高于 $+200\text{mV}$ 和低于 -200mV 的信号电平才识别为1或0位(图3)。在 $\pm 200\text{mV}$ 范围之内的噪声被有效屏蔽。差分信号有效消除共模噪声。最小接收器输入阻抗为 $12\text{k}\Omega$ ，驱动器输出电压最小值 $\pm 1.5\text{V}$ 、最大值 $\pm 5\text{V}$ 。

工业环境带来的挑战

在可能损坏硬件或对数字通信产生不利影响的环境条件下，为保证可靠操作，工业系统设计师面临诸多困难。

其中之一是工厂自动化领域的过程自动控制环节。过程控制器监测、测量环境变量，并将执行命令发送到控制或报警装置。控制器大多基于微控制器设计，其架构优化满足工厂和应用的需求。这些系统中的点对点通信线路容易受恶劣电气环境的影响。

在恶劣的工业环境和楼宇自动化网络中，RS-485收发器是实现串口通信最常见的物理层接口。

Maxim的RS-485收发器IC内置保护功能，例如高ESD保护、高压故障保护(防止较大电压尖峰)和热插拔功能，确保无误码数据传输。

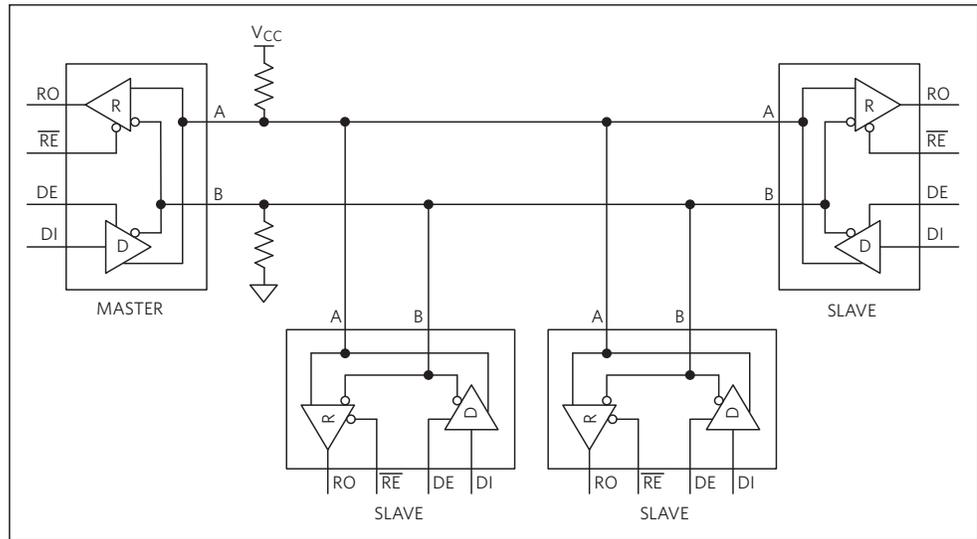


图2. 工业应用中常见的多点半双工收发器系统

ESD是一种严重的工业问题，据估算每年造成数十亿美元的损失。

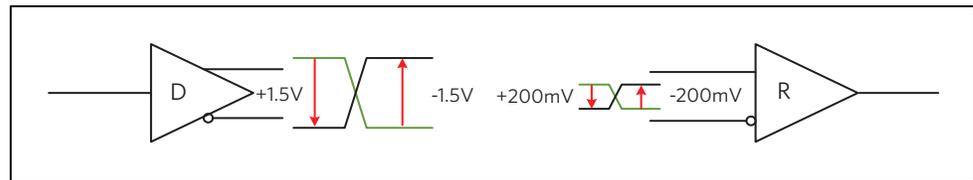


图3. RS-485的最小总线信号电平

工业应用中使用的DC-DC转换器包括高输入电压和隔离电源转换器。许多应用采用24V或48V DC分布式供电。总线电源降压转换至12V或5V后，再采用负载点转换器提供必要的供电。用于远端传感器和执行器通信的网络还需要保护措施，以防止瞬态、EMI以及地电位差的影响。

Maxim Integrated致力于保证工业应用IC的可靠性，并且能够承受恶劣的电气环境。Maxim的RS-485收发

器IC内置保护功能，例如高ESD保护、高压故障保护(防止较大电压尖峰)和热插拔功能，确保无误码数据传输。

恶劣环境与系统保护

以下是RS-485收发器集成的保护功能。

增强ESD

两种具有不同电势的材料相互接触

时，会发生静电放电(ESD，一种过压故障)，储存的静态电荷发生转移，产生火花。ESD火花往往是由于人与周围环境的相互作用产生的。这些意外的火花会改变半导体器件的特性，使其性能下降或彻底损毁。在更换电缆

甚至接触到I/O端口时，ESD也会威胁到电子系统。伴随这些日常事件产生的放电，可能会损毁接口IC，进而造成端口无效(图4)。此类故障的代价可能非常昂贵——不但增加保修成本，降低产品的品质认知度。ESD是一种严

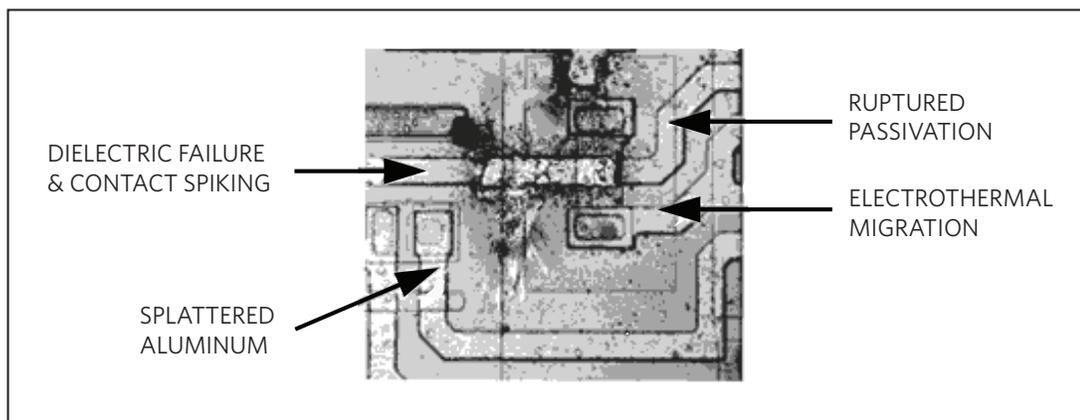


图4. ESD保护性能不足的IC，很容易发生灾难性的故障

重的工业问题，据估算每年造成数十亿美元的损失。现场发生的ESD事件会造成个别元件失效，有时会引发灾难性的系统故障。

Maxim Integrated投入了大量精力开发具有可靠ESD保护的IC。从RS-232和RS-485接口IC开始，Maxim已经

外部ESD二极管和其它分立元件可用于保护数据线。许多IC集成一定程度的ESD保护，IC本身无需更多的外部保护。图5所示为常见集成保护的简化功能图。信号输入/输出(I/O)上的电压尖峰被箝位到 V_{CC} 或GND，以保护内部电路。许多接口产品和模拟开关集成ESD保护，其设计符合IEC 61000-4-2标准。

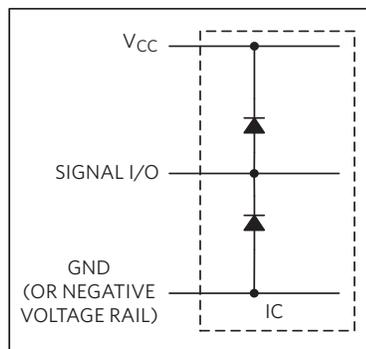


图5. 简化的集成ESD保护电路

成为接口收发器ESD保护领域的领导者。这些器件的I/O引脚可承受IEC 61000-4-2标准规定的ESD冲击，非常可靠，无需外部元件，且成本低于绝大多数替代方案。

过压等故障可能是由于接线错误、连接松散、电缆挤压等故障造成的，甚至是PCB或连接器中的焊料碎屑也会造成电源线与数据短接。

Maxim器件的所有引脚均采用ESD保护架构，在处理和组装期间提供静电放电保护。具有高ESD保护的器件，例如MAX3483AE/MAX3485AE系列，其发送器输出和接收器输入提供高达±20kV ESD保护功能。这些收发器不但不会被低于其额定值的ESD尖峰损坏，而且在静电冲击后无需断电或重启即可继续正常工作。此外，在上电、断电及关断模式下均提供ESD尖峰保护。

故障保护

工业网络应用中，RS-485器件的驱动器输出/接收器输入经常遭受瞬态高压(电压超出了EIA/TIA-485标准规定的-7V至+12V范围)冲击。此类故障不同于ESD事件。ESD事件的持续时间较短，小于100ns，而电压故障通常持续较长时间，大约为200×s或更长。过压等故障可能是由于接线错误、连接松散、电缆挤压等故障造成的，甚至是PCB或连接器中的焊料碎屑造成电源线与数据短接。许多工业电源超过+20V，所以这种现象可能是灾难性的。与数据线的任何接触都会造成标准、没有保护的RS-485收发器损坏。

为预防这些故障，普通的RS-485器件需要昂贵的分立式外部保护电路或器件。具有故障保护功能的RS-485收发器提供通信总线上高达±40V、±60V甚至±80V的过压保护。Maxim提供许多具有故障保护功能的RS-485/RS-422收发器，例如MAX13442E-MAX13444E，数据引脚可承受高直流电压。为降低系统复杂度，省去外部保护，此类故障保护器件的驱动器输出和接收器输入可承受高达±80V(相对于地)的故障电压，不会造成损坏。无论器件处于工作状态、关断模式还是没有供电，均能保证有效保护。这使其成为业界最可靠的收发器，理想用于工业应用。这些器件的设计可承受过压故障，例如直接短路到电源、接线错误、连接器故障、电缆碾压以及错误使用工具等。

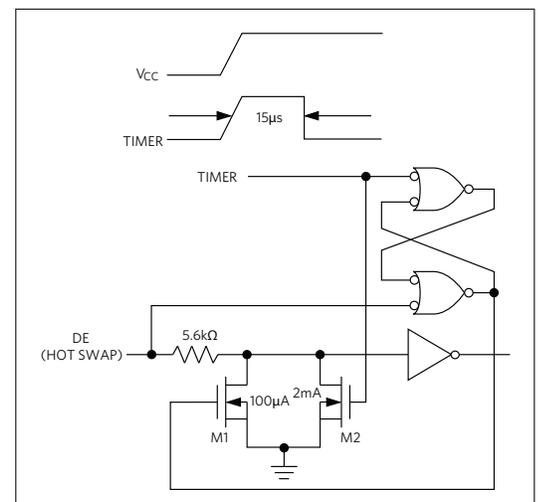


图6. 驱动器使能引脚(DE)简化结构

真失效保护接收器

许多RS-485收发器的重要特性之一是真失效保护，该功能可保证接收器在输入开路时或端接总线的所有发送器被禁止(高阻态)时，输出为逻辑高电平。真失效保护通过将接收器输入门限更改为略低的-50mV和-200mV负差分电压，解决了总线跌落问题。通过将接收器输入门限设置为-50mV和-200mV之间，确保逻辑高电平输出。如果差分接收器输入电压($V_A - V_B$)大于或等于-50mV，RO输出为逻辑高电平；如果($V_A - V_B$)小于或等于-200mV，RO输出为逻辑低电平。当挂接在终端匹配总线上的所有发送器都禁止时，接收器差分输入电压将通过匹配电阻拉至地，失效保护确保接收器输出逻辑高电平，噪声裕量为50mV (最小)。与以往的失效保护器件不同，-50mV至-200mV门限电压满足EIA/TIA-485标准规定的 ± 200 mV。

热插拔功能

热插拔电路可消除电路初始化过程中或连接到带电背板时数据电缆的错误跳变；短路限流和热关断保护电路可以使驱动器不受大功率损耗的损害。

将电路板插入到带电背板时，可能会在DE、 $\overline{DE/RE}$ 、 \overline{RE} 以及接收器输入A、B线上引起较大的电压瞬变，从而造成数据通信故障。例如，电路板插入时，处理器执行上电序列。在

此期间，输出驱动器的高阻态不能将收发器的使能输入驱动至预定逻辑电平。同时，高阻输出高达 $10\mu\text{A}$ 的漏电流，或者 V_{CC} 或GND的容性耦合噪声，可能造成输入漂移到不正确的逻辑状态。为防止发生此类问题，MAX3440E-MAX3443E在DE、 $\overline{DE/RE}$ 和 \overline{RE} 端增加了热插拔保护电路，防止在热插拔条件下错误地激活驱动器。 V_{CC} 升高时，热关断(或RE上拉)电路使DE保持至少 $10\mu\text{s}$ 的低电平状态，直到DE电流超过 $200\mu\text{A}$ 。完成初始上电过程后，下拉电路不起作用，并复位热插拔输入。

内部热插拔电路的工作原理是什么？驱动器使能输入(DE)由两个nMOS器件M1和M2 (图6)构成。当 V_{CC} 由零开始上升时，内部 $15\mu\text{s}$ 定时打开M2，触发SR锁存器，而锁存器又同时打开M1。晶体管M2 (2mA流入电流源)和M1 ($100\mu\text{A}$ 流入电流源)通过 $5.6\text{k}\Omega$ 电阻将DE拉至GND。M2将DE拉至禁止状态，防止最高 100pF 的外部寄生电容将DE驱动为高电平。 $15\mu\text{s}$ 后，定时器断开M2，M1保持导通，使DE保持低电平，防止三态漏电流将DE驱动到高电平。M1保持导通，直到外部电流源达到所要求的输入驱动电流。此时，复位SR锁存器，M1关断。M1关闭时，DE恢复为标准高阻CMOS输入。一旦 V_{CC} 下降至1V以下，即复位输入。对于 \overline{RE} ，互补电路利用两个pMOS器件将 \overline{RE} 拉高至 V_{CC} 。

失效保护接收器保证接收器在输入开路时或端接总线的所有发送器被禁止时，输出为逻辑高电平。

热插拔电路可消除电路初始化过程中或连接到带电背板时数据电缆的错误跳变。

总结

工厂自动化等工业系统应用容易受恶劣电气环境的影响。对于系统级设计师来说，开发能够承受此类工作环境的硬件时，综合考虑各种原因的电压瞬变至关重要。大多数数据通信网络借助RS-485协议标准的可靠性，以及收发器IC的特殊安全功能，可以胜任此类工作。诸如外部ESD保护、高压故障保护以及热插拔等结构可预防故障的发生，有助于保证系统可靠性。

参考

1. AN4491 – 闪电球或火花损害——取决于您有多高！
<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/4491>
2. AN5260 – 恶劣工业环境下的设计注意事项
<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5260>
3. AN639 – Maxim引领ESD保护之路
<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/639>

更多信息

更多信息请访问：
www.maximintegrated.com/cn

© 2017 Maxim Integrated Products, Inc.保留所有权利。Maxim Integrated和Maxim Integrated徽标是Maxim Integrated Products, Inc.在美国及全球其它司法管辖区的商标。其它所有公司名称可能是其相应所有者的商品或商标名称。