

## RS-232、RS-422 及 RS-485 串行数据标准的选择及使用

摘要：按照技术指标和电气接口介绍三种常见的串行数据标准：RS-232、RS-422 和 RS-485。介绍电缆端接技术、多个负载的使用、RS-232 菊花链连接、RS-232 至 RS-485 的转换、RS-485 至 RS-232 的转换，以及 RS-232 端口供电的 RS-485 转换。

### 引言

“标准的奇妙之处在于有如此之多的选择。”这句话出现在最近一次关于光缆的会议中，但同样也适用于电气接口标准。随着不同行业内串行数据标准的独立发展，我们拥有的标准从未如此之多。

PC 和电信应用领域最成功的串行数据标准可能就是 RS-232。相类似，RS-485 和 RS-422 也在工业应用领域最成功的标准之列。这些标准并不直接兼容。然而，对于控制和仪器仪表应用，往往必须在不同标准之间进行通信。本文讨论不同的标准(物理层指标)，介绍如何将一种标准转换为另一种标准，并演示如何在相同应用中组合不同的标准。

### RS-232 电气指标和典型连接

RS-232 链路最初用于支持 IBM PC 上的调制解调器和打印机应用。然而，该标准现在支持各种外设与 PC 通信。RS-232 标准定义为单端标准，用于以较低波特率(<20kbps)提高串行通信距离。多年以来，该标准几经变化，以支持较快的驱动器，例如 MAX3225E，该器件能提供 1Mbps 数据传输速率。为了兼容 RS-232，MAX3225E 等收发器必须满足表 1 所列的电气指标。从典型连接(图 1)可看出，利用硬件握手来控制数据流。

表 1. RS-232标准的主要电气指标汇总

参数	条件	最小	最大	单位
驱动器输出电压，开路			25	V
驱动器输出电压，带载	$3k\Omega < R_L < 7k\Omega$	$\pm 5$	$\pm 15$	V
驱动器输出电阻，关断	$-2V < V < 2V$		300	
电压变化率		4	30	V/ $\mu$ s
最大负载电容			2500	pF
接收器输入电阻		3	7	k $\Omega$
接收器输入门限：				
输出 = 串号(逻辑1)		-3		V
输出 = 空号(逻辑0)			3	V

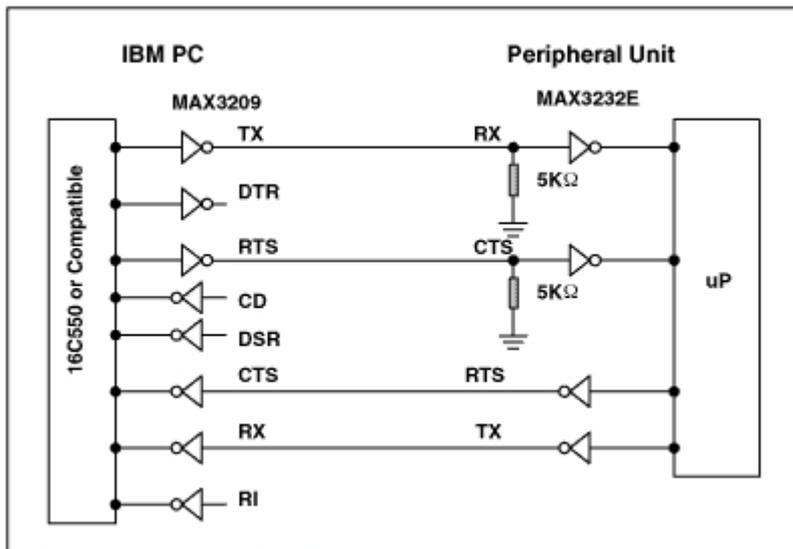


图1. 典型的RS-232连接。

典型 RS-232 信号(图 2, CH1)的摆动范围为正和负。注意左侧坐标轴上 0V 踪迹标记的相对位置。尽管 RS-232 数据为反相, 从 TTL/CMOS 到 RS-232 然后再返回至 TTL/CMOS 的转换恢复了数据的原始极性。RS-232 的典型传输距离很少超过 100 英尺。原因有两个: 首先, 发送电平( $\pm 5V$ )和接收电平( $\pm 3V$ )之差只允许有 2V 的共模抑制; 第二, 较长电缆的分布电容可能超过规定的最大负载(2500pF), 从而降低摆率。由于 RS-232 被设计为点对点接口, 并非多节点接口, 所以其驱动器的指标为  $3k\Omega$  至  $7k\Omega$  单负载。因此, 多节点接口应用通常采用菊链的连接方法(图 3)。



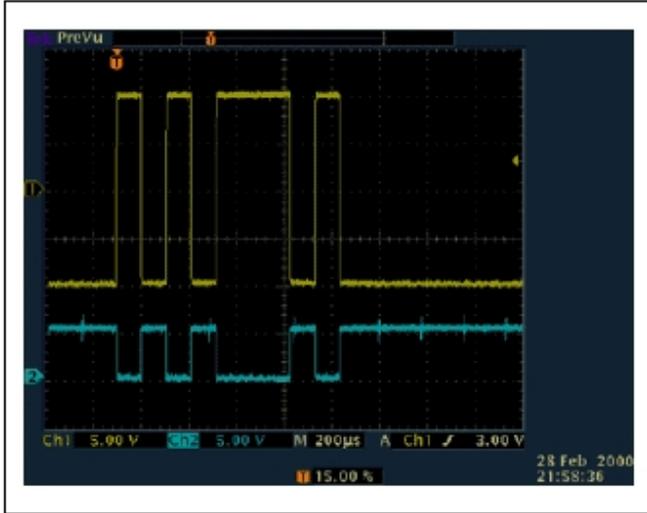


图2. RS-232接收器支持双极性输入信号(上部踪迹, CH1), 输出反相的TTL/CMOS信号(底部踪迹, CH2)。

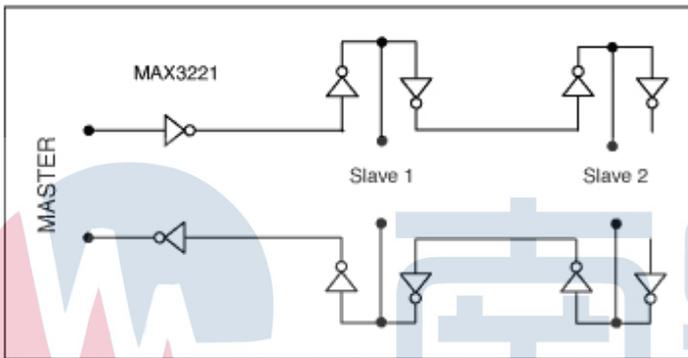


图3. 菊花链方法允许在单个RS-232链路上挂接多个从机接收器。

### 菊花链设备及其限制

在菊花链配置中, RS-232 信号经过第一个接收器, 并环回至发送器。对数据发送线中之后的器件重复该配置。该项技术的主要问题是电缆断裂。如果从机 1 和从机 2 之间发生断裂, 妨碍所有下行器件发送或接收数据。另一种多节点 RS-232 技术涉及到预缓冲或 RS-232 输出升压驱动(使其驱动多个并联的  $5k\Omega$  输入)。

为避免菊花链网络相关的问题, Maxim 开发了 MAX3322E/MAX3323E, 专门设计用于多节点应用。这些独特的器件采用了  $5k\Omega$  逻辑开关输入电阻。器件未被选中时, 其输入电阻保持为高阻态, 允许与共用总线上的其它器件继续通信。

另一种解决菊花链网络问题的方案是将 RS-232 Rx 和 Tx 信号转换为 RS-422 信号(见表 2)。RS-422 为差分标准, 允许传输距离长得多。RS-422 较高的输入阻抗, 与其较高驱动能力相结合, 允许连接多达 10 个节点(图 4)。RS-422 的另一种优势是独立的发送和接收通路, 无需方向控制。可以利用软件(XON/OFF 握手)或硬件(一组独立的双绞线)实现器件之间必要的握手。MAX3162 提供了 RS-232 和 RS-422 之间进行信号转换的经济途径。更多信息请参见下文的 RS-232/RS-485 协议转换器部分。



表 2. RS-422关键指标汇总

参数	条件	最小	最大	单位
驱动器输出电压, 开路			±10	V
驱动器输出电压, 带载	$R_L = 100\Omega$	2 -2		V
驱动器输出电阻	A至B		100	$\Omega$
驱动器输出短路电流	每输出至公共连接		150	mA
驱动器输出上升时间	$R_L = 100\Omega$		10	%位宽
驱动器共模电压	$R_L = 100\Omega$		±3	V
接收器灵敏度	$V_{CM} \leq \pm 7V$		±200	mV
接收器共模电压范围		-7	7	V
接收器输入电阻		4		k $\Omega$
差分接收器电压	可工作		±10	V
	可承受		±12	V

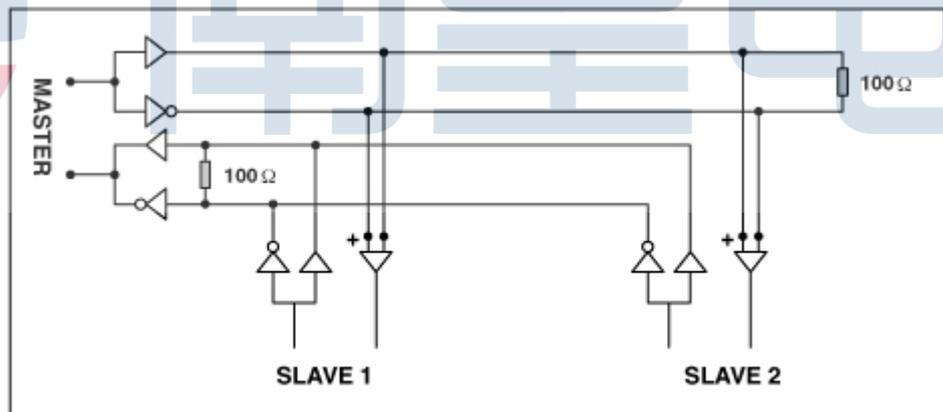


图4. 典型RS-422系统允许差分传输线路上挂接多达10个接收器。

### RS-485 与 RS-422 的差异及其在应用中的使用

RS-422 和 RS-485 收发器往往容易混淆, 往往将其中一个当做另一个的全双工版本。然而, 其共模范围及接收器输入电阻方面的电气差异使得这些标准适合于不同的应用。由于 RS-485 满足所有的 RS-422 规范(表 3), RS-485 驱动器可用于 RS-422 应用。然而, 相反则不成立。RS-485 驱动器的共模输出为-7V 至+12V, 而 RS-422 的共模范围仅为±3V。RS-422 驱动器的最小接收器输入电阻为4k $\Omega$ , 而 RS-485 驱动器则为12k $\Omega$ 。

表3. RS-485关键指标汇总

参数	条件	最小	最大	单位
驱动器输出电压, 开路		1.5 -1.5	6 -6	V V
驱动器输出电压, 带载	$R_L = 100\Omega$	1.5 -1.5	5 -5	V V
驱动器输出短路电流	每输出至公共连接		$\pm 250$	mA
驱动器输出上升时间	$R_L = 54\Omega$ $C_L = 50\text{pF}$		30	%位宽
驱动器共模电压	$R_L = 54\Omega$		$\pm 3$	V
接收器灵敏度	$-7\text{V} < V_{CM} < 12\text{V}$		$\pm 200$	mV
接收器共模电压范围		-7	12	V
接收器输入电阻		12		k $\Omega$

为降低接线费用以及达到较长的线长, RS-485 收发器已经成为销售终端、工业及电信应用领域广泛采用的标准。RS-485 较宽的共模范围也支持较长的线长和较高的每节点输入电阻, 允许总线上连接较多的节点(图 5)。

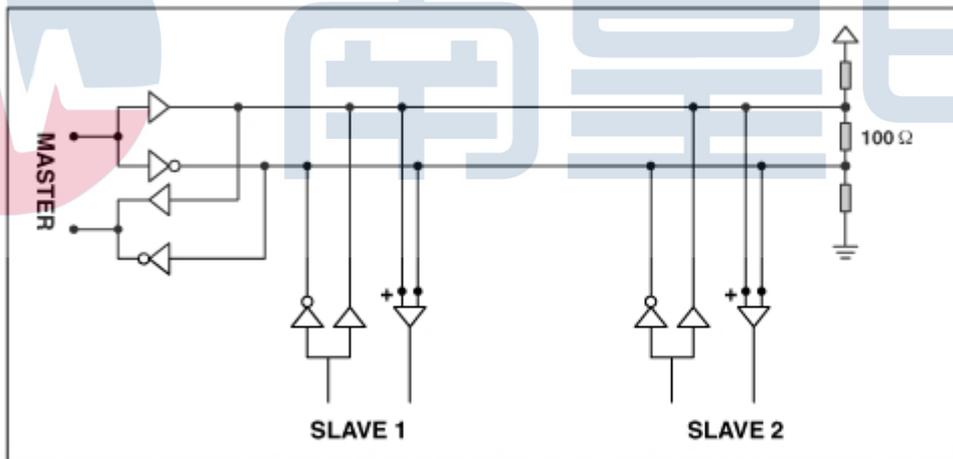


图5. 与RS-422相比, RS-485连接较高的输入阻抗和较宽的共模范围, 支持较长的线长。

差分 RS-485 传输(图 6)在双绞线电缆的每一根线上产生相反的电流和磁场, 交叉抵消每根线周围的反向磁场, 从而将辐射电磁干扰(EMI)降至最小。为了在较长电缆或较高数据率下进行传输, 电缆作为传输线, 并应利用电缆的特征阻抗进行端接。RS-485 连接的这个方面容易引起混淆。传输线需要端接吗? 如果需要, 应如何端接? 如果设计者不是最终用户, 这些问题应该留给安装方来解决吗? 对于大多数 RS-485 收发器, 数据资料标出了电缆作为传输线时不端接和简单点对点端接之间的简单选择(图 7)。A-B 端子之间的端接电阻是无害的。默认情况下, 应该在总线上最后一个收发器处对传输进行端接。

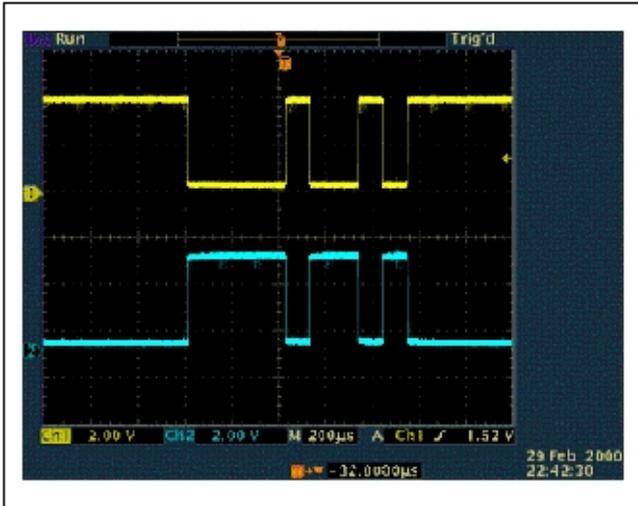


图6. RS-485线上的反极性信号交叉抵消了彼此的磁场，从而将EMI降至最小。以上示波器截屏上的GND基准经过搬移(偏移)，清晰显示RS-485输出信号的相反极性。

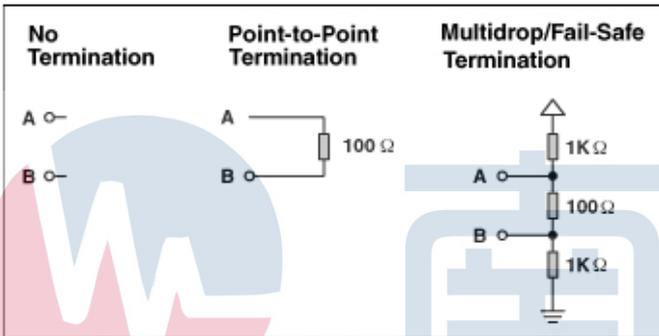


图7. 传输线端接电阻的选择取决于具体应用。

### 失效保护

确定是否需要端接电阻仅仅是实现 RS-485 系统时面临的问题之一。正常情况下，如果 A 比 B 大+200mV 或更多，RS-485 接收器输出为“1”；如果 B 比 A 大 200mV 或更多，收发器输出为“0”。在半双工 RS-485 网络中，主机收发器在向从机发送消息后，将总线置于三态。所以，如果没有信号驱动总线，接收器输出状态则无定义，因为 A 和 B 之差趋向于 0V。如果接收器输出 RO 为“0”，从机将其解释为新的开始位，并尝试读取随后的字节。由于不会发生停止位，所以结果就是成帧错误。总线变为无主，网络停顿。

不幸的是，对于 0V 差分输入，不同芯片测试中会产生不同的输出信号。原型可能正常工作，但特定的节点在生产测试中却失败。为解决这一问题，如图 7 中多节点/失效保护端接所示，对总线进行偏置。偏置总线，确保总线为三态时的接收器输出保持为“1”。或者，您可使用“真失效保护”接收器，例如 MAX3080 (5V)和 MAX3070 (3V)系列产品。这些器件将接收器的门限改为-50mV，确保差分输入为 0V 时 RO 输出为“1”。

### RS-232/RS-485 协议转换器

MAX3162 为一款很独特的器件，包括 RS-232 和 RS-485 接收器和发送器。宽范围通信器件包含在单片 IC 中，支持在 RS-232 和 RS-485 信号之间双向独立转换。图 8 所示的电路中，MAX3162 配置为在点对点应用中双向转换 RS-232 和 RS-485 信号。



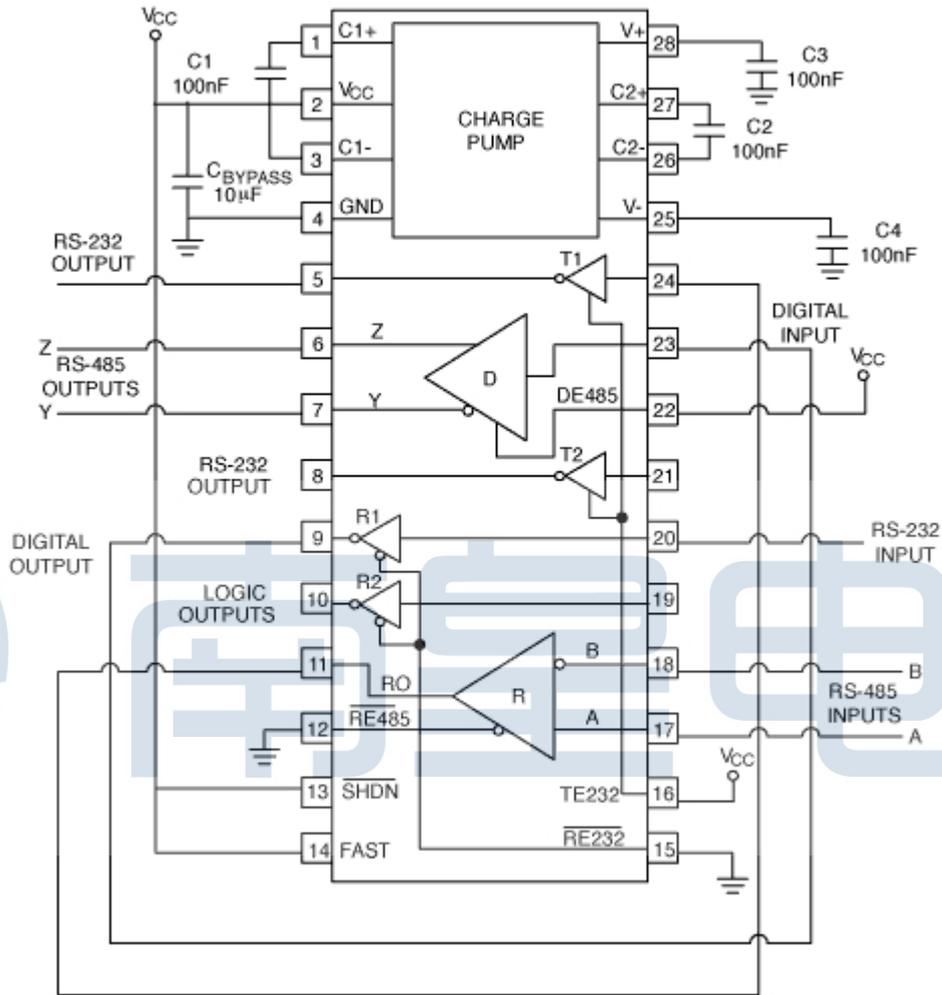


图 8. MAX3162 在点对点应用中双向转换 RS-232 和 RS-485 信号。

图 9 所示为 MAX3162 配置为 RS-232/RS-485 多节点协议转换器。转换方向由 RTS 信号 R1IN 控制。单端 RS-232 接收器输入信号转换为差分 RS-485 发送器输出；类似地，差分 RS-485 接收器输入信号转换为单端 RS-232 发送器输出。R2IN 上接收的 RS-232 数据在 Z 和 Y 上作为 RS-485 信号发送；A 和 B 上接收的 RS-485 信号在 T1OUT 上作为 RS-232 信号发送。

RTS 线为共用线，用于控制转换 RS-232 和 RS-485 的电路总线方向。该线在 RS-232 端口上控制 RS-485 收发器作为发送器还是接收器(图 9)。注意，系统不确定 UART 发送缓冲器中的数据字节是否已发送，除非系统监测 RS-485 驱动器的输入 DI。也就是说，系统必须允许固定延时或主动监测 DI 输入，然后再使用 DE 输入来改变总线方向。

其它方向控制技术包括使用微控制器以及利用数据驱动 DE 输入，同时轮询 A-B 线电压差(利用上拉电阻将 A 连接至 5V，利用下拉电阻将 B 连接至地)。这些电阻的值随电缆电容变化，但典型值为 1kΩ。



