

串口通讯详解（含区别比较）

RS-232-C：也称标准串口，是目前最常用的一种串行通讯接口。它是在 1970 年由美国电子工业协会（EIA）联合贝尔系统、调制解调器厂家及计算机终端生产厂家共同制定的用于串行通讯的标准。它的全名是“数据终端设备（DTE）和数据通讯设备（DCE）之间 串行二进制数据交换接口技术标准”。传统的 RS-232-C 接口标准有 25 根信号线，采用标准 25 芯 D 型插头座。后来的 PC 上使用简化了的 9 芯 D 型插座。现在应用中 25 芯插头座已很少采用。现在的台式机一般有两个串口：**COM1** 和 **COM2**，从设备管理器的端口列表中就可以看到。硬件表现为计算机后面的 9 针 D 形接口，由于其形状和针脚数量的原因，其接头又被称为 **DB9** 接头。现在有很多手机数据线或者物流接收器都采用 **COM** 口与计算机相连，很多投影机，液晶电视等设备都具有了此接口，厂家也常常会提供控制协议，便于在控制方面实现编程受控，现在越来越多的智能会议室和家居建设都采用了中央控制设备对多种受控设备的串口控制方式。

RS-232 针脚定义：

- 1 CD ← Carrier Detect 载波检测
- 2 RXD ← Receive Data 接收数据
- 3 TXD → Transmit Data 发送数据

4 DTR → Data Terminal Ready 数据终端就绪

5 GND — System Ground 系统接地

6 DSR ← Data Set Ready 数据设备就绪

7 RTS → Request To Send 请求发送

8 CTS ← Clear To Send 允许发送

RS-422: 为改进 RS-232 通信距离短、速率低的缺点，RS-422 定义了一种平衡通信接口，将传输速率提高到 10Mb/s，传输距离延长到 4000 英尺（速率低于 100kb/s 时），并允许在一条平衡总线上连接最多 10 个接收器。RS-422 是一种单机发送、多机接收的单向、平衡传输规范，被命名为 TIA/EIA-422-A 标准。

RS-485: 为扩展应用范围，EIA 又于 1983 年在 RS-422 基础上制定了 RS-485 标准，增加了多点、双向通信能力，即允许多个发送器连接到同一条总线上，同时增加了发送器的驱动能力和冲突保护特性，扩展了总线共模范围，后命名为 TIA/EIA-485-A 标准。

串口的优点：

串口形容一下就是一条车道，而并口就是有 8 个车道同一时刻能传送 8 位（一个字节）数据。但是并口并不比串口快，由于 8 位通道之间的互相干扰。传输时速度就受到了限制。而且当传输出错时，要同时重新传 8 个位的数据。串口没有干扰，传输出错后重发一位就可以了。所以要比并口快。串口硬盘就是这样被人们重视的。

交换机串口

交换机的串口的英文就是 **trunk**; 是用来做下一跳路由转换用的.每个 **VLAN** 只有通过与 **TRUNK** 的路由指向后才能上外网

RS232C 串口通信接线方法（三线制）

首先，串口传输数据只要有接收数据针脚和发送针脚就能实现：同一个串口的接收脚和发送脚直接用线相连，两个串口相连或一个串口和多个串口相连；同一个串口的接收脚和发送脚直接用线相连对 **9 针串口**和 **25 针串口**，均是 **2 与 3** 直接相连；

两个不同串口（不论是同一台计算机的两个串口或分别是不同计算机的串口）

DB9-DB9

2-3,3-2,5-5

DB25-DB25

2-3,3-2,7-7

DB9-DB25

2-3,3-2,5-7

上面是对微机标准串行口而言的，还有许多非标准设备，如接收 **GPS** 数据或电子罗盘数据，只要记住一个原则：接收数据针脚（或线）与发送数据针脚（或线）相连，彼此交叉，信号地对应相接。下面对[1][2]引脚进行说明：

Pin	Name	Dir	Description
1	DCD		载波检测
2	RXD	Receive	接收数据
3	TXD	Transmit	发送数据
4	DTR	Data Terminal	Read

y 数据终端准备 5 GND System Ground 接地 6 DSR Data Set Ready 数据准备完成 7 RTS Request to Send 请求发送 8 CTS Clear to Send 清除发送 9 RI Ring Indicator 振铃提示 电脑主板上的串口：进行串行传输的接口，它一次只能传输 1Bit。串行端口可以用于连接外置调制解调器、绘图仪或串行打印机。它也可以控制台连接的方式连接网络设备，例如路由器和交换机，主要用来配置它们。

Universal Serial Bus

(通用串行总线)简称 **USB**，是目前电脑上应用较广泛的接口规范，由 Intel、Microsoft、Compaq、IBM、NEC、Northern Telecom 等几家大厂商发起的新型外设接口标准。**USB** 接口是电脑主板上的一种四针接口，其中中间两个针传输数据，两边两个针给外设供电。**USB** 接口速度快、连接简单、不需要外接电源，传输速度 12Mbps，最新 **USB2.0** 可达 480Mbps；电缆最大长度 5 米，**USB** 电缆有 4 条线，2 条信号线，2 条电源线，可提供 5 伏特电源，**USB** 电缆还分屏蔽和非屏蔽两种，屏蔽电缆传输速度可达 12Mbps，价格较贵，非屏蔽电缆速度为 1.5Mbps，但价格便宜；**USB** 通过串联方式最多可串接 127 个设备；支持热插拔。

RJ-45 接口

RJ-45 接口是以太网最为常用的接口，**RJ45** 是一个常用名称，指的是由 IEC (60)603-7 标准化，使用由国际性的接插件标准定

义的 8 个位置(8 针)的模块化插孔或者插头。

下面收集的是从单片机的角度来描述：

串行通信接口标准经过使用和发展，目前已经有几种。RS-232、RS-422 与 RS-485 都是串行数据接口标准，最初都是由电子工业协会（EIA）制订并发布的，RS-232 在 1962 年发布，命名为 EIA-232-E，作为工业标准，以保证不同厂家产品之间的兼容。RS-422 由 RS-232 发展而来，它是为弥补 RS-232 之不足而提出的。为改进 RS-232 通信距离短、速率低的缺点，RS-422 定义了一种平衡通信接口，将传输速率提高到 10Mb/s，传输距离延长到 4000 英尺（速率低于 100kb/s 时），并允许在一条平衡总线上连接最多 10 个接收器。RS-422 是一种单机发送、多机接收的单向、平衡传输规范，被命名为 TIA/EIA-422-A 标准。为扩展应用范围，EIA 又于 1983 年在 RS-422 基础上制定了 RS-485 标准，增加了多点、双向通信能力，即允许多个发送器连接到同一条总线上，同时增加了发送器的驱动能力和冲突保护特性，扩展了总线共模范围，后命名为 TIA/EIA-485-A 标准。由于 EIA 提出的建议标准都是以“RS”作为前缀，所以在通讯工业领域，仍然习惯将上述标准以 RS 作前缀称谓。RS-232、RS-422 与 RS-485 标准只对接口的电气特性做出规定，而不涉及接插件、电缆或协议，在此基础上用户可以建立自己的高层通信协议。因此在视频界的应用，许多厂家都建立了一套高层通信协议，或公开或厂家独家使用。如录像机厂家中的 Sony 与松下对录像机的 RS-422 控制协议是有差异的，视频服务器上的控制协议则更多了，如 Louth、Odetis 协议是公开的，而 ProLINK 则是基

于 Profile 上的。

在讨论 RS-232C 接口标准的详细内容之前，先简要说明两点：首先，RS-232-C 标准最初是远程通信连接数据终端设备 DTE(Data Terminal Equipment)与数据通信设备 DCE (Data Communication Equipment)而制定的。因此这个标准的制定，并未考虑计算机系统的应用要求。但目前它又广泛地被借来用于计算机（更准确的说，是计算机接口）与终端或外设之间的近端连接标准。显然，这个标准的有些规定及和计算机系统是不一致的，甚至是相矛盾的。有了对这种背景的了解，我们对 RS-232C 标准与计算机不兼容的地方就不难理解了。其次，RS-232C 标准中所提到的“发送”和“接收”，都是站在 DTE 立场上，而不是站在 DCE 的立场来定义的。由于在计算机系统中，往往是 CPU 和 I/O 设备之间传送信息，两者都是 DTE，因此双方都能发送和接收。

一、RS-232-C

RS-232C 标准（协议）的全称是 EIA-RS-232C 标准，其中 EIA(Electronic Industry Association)代表美国电子工业协会，RS (ecommeded standard)代表推荐标准，232 是标识号，C 代表 RS232 的最新一次修改（1969），在这之前，有 RS232B、RS232A。。它规定连接电缆和机械、电气特性、信号功能及传送过程。常用物理标准还有 EIA�RS-232-C、EIA�RS-422-A、EIA�RS-423A、EIA�RS-485。这里重点介绍 EIA�RS-232-C（简称 232，RS232）。例如，目前在 IBM PC 机上的 COM1、COM2 接口，就是 RS-232C 接口。

1. 电气特性:

EIA-RS-232C 对电器特性、逻辑电平和各种信号线功能都作了规定。在 TxD 和 RxD 上: 逻辑 1(MARK)=-3V~-15V 逻辑 0(SPACE)=+3~+15V 在 RTS、CTS、DSR、DTR 和 DCD 等控制线上: 信号有效(接通, ON 状态, 正电压)=+3V~+15V 信号无效(断开, OFF 状态, 负电压)=-3V~-15V 以上规定说明了 RS-232C 标准对逻辑电平的定义。对于数据(信息码): 逻辑“1”(传号)的电平低于-3V, 逻辑“0”(空号)的电平告语+3V; 对于控制信号: 接通状态(ON)即信号有效的电平高于+3V, 断开状态(OFF)即信号无效的电平低于-3V, 也就是当传输电平的绝对值大于 3V 时, 电路可以有效地检查出来, 介于-3~+3V 之间的电压无意义, 低于-15V 或高于+15V 的电压也认为无意义, 因此, 实际工作时, 应保证电平在 $\pm(3\sim 15)V$ 之间。EIA-RS-232C 与 TTL 转换: EIA-RS-232C 是用正负电压来表示逻辑状态, 与 TTL 以高低电平表示逻辑状态的规定不同。因此, 为了能够同计算机接口或终端的 TTL 器件连接, 必须在 EIA-RS-232C 与 TTL 电路之间进行电平和逻辑关系的变换。实现这种变换的方法可用分立元件, 也可用集成电路芯片。目前较为广泛地使用集成电路转换器件, 如 MC1488、SN75150 芯片可完成 TTL 电平到 EIA 电平的转换, 而 MC1489、SN75154 可实现 EIA 电平到 TTL 电平的转换。MAX232 芯片可完成 TTL $\leftrightarrow$ EIA 双向电平转换, 结合 1488 和 1489 的内部结构和引脚。MC1488 的引脚(2)、(4,5)、(9,10)和(12,13)接 TTL 输入。引脚 3、6、8、11 输出端接 EIA-RS-232C。MC1498 的 14 的 1、4、10、13 脚接 EIA 输入, 而 3、6、8、11 脚接

TTL 输出。具体连接方法可参考实物图。实物图中的左边是微机串行接口电路中的主芯片 UART，它是 TTL 器件，右边是 EIA-RS-232C 连接器，要求 EIA 高电压。因此，RS-232C 所有的输出、输入信号都要分别经过 MC1488 和 MC1498 转换器，进行电平转换后才能送到连接器上去或从连接器上送进来。

2、连接器的机械特性：

连接器：由于 RS-232C 并未定义连接器的物理特性，因此，出现了 DB-25、DB-15 和 DB-9 各种类型的连接器，其引脚的定义也各不相同。下面分别介绍两种连接器。

1 DB-25： PC 和 XT 机采用 DB-25 型连接器。DB-25 连接器定义了 25 根信号线，分为 4 组：

1.1 异步通信的 9 个电压信号（含信号地 SG）2，3，4，5，6，7，8，20，22

1.2 20mA 电流环信号 9 个（12，13，14，15，16，17，19,23，24）

1.3 空 6 个（9，10，11，18，21，25）

1.4 保护地（PE）1 个，作为设备接地端（1 脚）

2 DB-25 型连接器的外形及信号线分配如下所示。注意，20mA 电流环信号仅 IBM PC 和 IBM PC/XT 机提供，至 AT 电源机箱及以后产品，已不支持。DB-9 连接器在 AT 机及以后，不支持 20mA 电流环接口，使用 DB-9 连接器，作为提供多功能 I/O 卡或主板上 COM1 和 COM2 两个串行接口的连接器。它只提供异步通信的 9 个信号。

DB-25 型连接器的引脚分配与 DB-25 型引脚信号完全不同。因此，若与配接 DB-25 型连接器的 DCE 设备连接，必须使用专门的电缆线。电缆长度：在通信速率低于 20kb/s 时，RS-232C 所直接连接的最大物理距离为 15m（50 英尺）。最大直接传输距离说明：RS-232C 标准规定，若不使用 MODEM，在码元畸变小于 4%的情况下，DTE 和 DCE 之间最大传输距离为 15m（50 英尺）。可见这个最大的距离是在码元畸变小于 4%的前提下给出的。为了保证码元畸变小于 4%的要求，接口标准在电气特性中规定，驱动器的负载电容应小于 2500pF。

3、RS-232C 的接口信号

RS-232C 规定标准接口有 25 条线，4 条数据线、11 条控制线、3 条定时线、7 条备用和未定义线，常用的只有 9 根，它们是：

（1）联络控制信号线：

数据装置准备好（Data set ready-DSR）——有效时（ON）状态，表明 MODEM 处于可以使用的状态。

数据终端准备好(Data set ready-DTR)——有效时（ON）状态，表明数据终端可以使用。

这两个信号有时连到电源上，一上电就立即有效。这两个设备状态信号有效，只表示设备本身可用，并不说明通信链路可以开始进行通信了，能否开始进行通信要由下面的控制信号决定。

请求发送(Request to send-RTS)——用来表示 DTE 请求 DCE 发送数据，即当终端要发送数据时，使该信号有效（ON 状态），向 MODEM

请求发送。它用来控制 MODEM 是否要进入发送状态。

允许发送 (Clear to send-CTS)——用来表示 DCE 准备好接收 DTE 发来的数据, 是对请求发送信号 RTS 的响应信号。当 MODEM 已准备好接收终端传来的数据, 并向前发送时, 使该信号有效, 通知终端开始沿发送数据线 TxD 发送数据。这对 RTS/CTS 请求应答联络信号是用于半双工 MODEM 系统中发送方式和接收方式之间的切换。在全双工系统中作发送方式和接收方式之间的切换。在全双工系统中, 因配置双向通道, 故不需要 RTS/CTS 联络信号, 使其变高。接收线信号检出 (Received Line detection-RLSD)——用来表示 DCE 已接通通信链路, 告知 DTE 准备接收数据。当本地的 MODEM 收到由通信链路另一端 (远地) 的 MODEM 送来的载波信号时, 使 RLSD 信号有效, 通知终端准备接收, 并且由 MODEM 将接收下来的载波信号解调成数字两数据后, 沿接收数据线 RxD 送到终端。此线也叫做数据载波检出 (Data Carrier detection-DCD) 线。振铃指示 (Ringing-RI)——当 MODEM 收到交换台送来的振铃呼叫信号时, 使该信号有效 (ON 状态), 通知终端, 已被呼叫。

(2) 数据发送与接收线:

发送数据 (Transmitted data-TxD)——通过 TxD 终端将串行数据发送到 MODEM, (DTE→DCE)。

接收数据 (Received data-RxD)——通过 RxD 线终端接收从 MODEM 发来的串行数据, (DCE→DTE)。

(3) 地线

有两根线 SG、PG——信号地和保护地信号线，无方向。

上述控制信号线何时有效，何时无效的顺序表示了接口信号的传送过程。例如，只有当 DSR 和 DTR 都处于有效（ON）状态时，才能在 DTE 和 DCE 之间进行传送操作。若 DTE 要发送数据，则预先将 DTR 线置成有效(ON)状态，等 CTS 线上收到有效(ON)状态的回答后，才能在 TxD 线上发送串行数据。这种顺序的规定对半双工的通信线路特别有用，因为半双工的通信才能确定 DCE 已由接收方向改为发送方向，这时线路才能开始发送。

2 个数据信号：发送 TXD；接收 RXD。

1 个信号地线：SG。

6 个控制信号：

DSR��数传机（即 modem）准备好，Data Set Ready.

DTR��数据终端（DTE，即微机接口电路，如 Intel8250/8251,16550）准备好，Data Terminal Ready。

RTS��DTE 请求 DCE 发送(Request To Send)。

CTS��DCE 允许 DTE 发送（Clear To Send），该信号是对 RTS 信号的回答。

DCD��数据载波检出，Data Carrier Detection 当本地 DCE 设备（Modem）收到对方的 DCE 设备送来的载波信号时，使 DCD 有效，通知 DTE 准备接收，并且由 DCE 将接收到的载波信号解调为数字信号，经 RXD 线送给 DTE。

RI��振铃信号 Ringing 当 DCE 收到交换机送来的振铃呼叫

信号时，使该信号有效，通知 DTE 已被呼叫。

一、远距离通信

第 1 和第 2 中情况是属于远距离通信（传输距离大于 15m 的通信）的例子，故一般要加调制解调器 MODEM，因此使用的信号线较多。注意：在以下各图中，DTE 信号为 RS-232-C 信号，DTE 与计算机间的电平转换电路未画出。

1、采用 Modem(DCE)和电话网通信时的信号连接：

若在双方 MODEM 之间采用普通电话交换线进行通信，除了需要 2~8 号信号线外还要增加 RI(22 号)和 DTR(20 号)两个信号线进行联络，

二、近距离通信：

当通信距离较近时，可不需要 Modem，通信双方可以直接连接，这种情况下，只需使用少数几根信号线。最简单的情况，在通信中根本不需要 RS-232C 的控制联络信号，只需三根线（发送线、接收线、信号地线）便可实现全双工异步串行通信，即是这里要讨论的第一种情况。无 Modem 时，最大通信距离按如下方式计算：

RS-232C 标准规定：当误码率小于 4%时，要求导线的电容值应小于 2500PF。对于普通导线，其电容值约为 170PF/M。则允许距离 $L=2500PF / (170PF/M) = 15M$ 。这一距离的计算，是偏于保守的，实际应用中，当使用 9600bps，普通双绞屏蔽线时，距离可达 30~35 米。

1、零 Modem 的最简连线（3 线制）：是零 MODEM 方式的最简单连接（即三线连接），图中的 2 号线与 3 号线交叉连接是因为在直连方式时，把通信双方都当作数据终端设备看待，双方都可发也可收。

在这种方式下，通信双方的任何一方，只要请求发送 RTS 有效和数据终端准备好 DTR 有效就能开始发送和接收。

(1) RTS 与 CTS 互联：只要请求发送，立即得到允许

(2) DTR 与 DSR 互联：只要本端准备好，认为本端立即可以接收（DSR、数传机准备好）。

2、零 Modem 标准连接：

如果想在直接连接时，而又考虑到 RS-232C 的联络控制信号，则采用零 MODEM 方式的标准连接方法，其通信双方信号线安排如下 1-2-3-4-5 顺序所演示的那样。

无 Modem 的标准联线（7 线制）如图所示：

从中可以看出，RS-232C 接口标准定义的所有信号线都用到了，并且是按照 DTE 和 DCE 之间信息交换协议的要求进行连接的，只不过是把 DTE 自己发出的信号线送过来，当作对方 DCE 发来的信号，因此，又把这种连接称为双叉环回接口。

双方的握手信号关系如下（注：甲方乙方并未在图中标出）：

(1) 当甲方的 DTE 准备好，发出 DTR 信号，该信号直接联至乙方的 RI（振铃信号）和 DSR（数传机准备好）。即只要甲方准备好，乙方立即产生呼叫（RI）有效，并同时准备好（DSR）。尽管此时乙方并不存在 DCE（数传机）。

(2) 甲方的 RTS 和 CTS 相连，并与乙方的 DCD 互连。即：一旦甲方请求发送（RTS），便立即得到允许（CTS），同时，使乙方的 DCD 有效，即检测到载波信号。

(3) 甲方的 TXD 与乙方的 RXD 相连，一发一收。

三、RS-422 与 RS-485 串行接口标准

1. 平衡传输

RS-422、RS-485 与 RS-232 不一样，数据信号采用差分传输方式，也称作平衡传输，它使用一对双绞线，将其中一线定义为 A，另一线定义为 B，通常情况下，发送驱动器 A、B 之间的正电平在+2~+6V，是一个逻辑状态，负电平在-2~6V，是另一个逻辑状态。另有一个信号地 C，在 RS-485 中还有一“使能”端，而在 RS-422 中这是可用可不用的。“使能”端是用于控制发送驱动器与传输线的切断与连接。当“使能”端起作用时，发送驱动器处于高阻状态，称作“第三态”，即它是有别于逻辑“1”与“0”的第三态。接收器也作与发送端相对的规定，收、发端通过平衡双绞线将 AA 与 BB 对应相连，当在收端 AB 之间有大于+200mV 的电平时，输出正逻辑电平，小于-200mV 时，输出负逻辑电平。接收器接收平衡线上的电平范围通常在 200mV 至 6V 之间。

2. RS-422 电气规定

RS-422 标准全称是“平衡电压数字接口电路的电气特性”，它定义了接口电路的特性。图 5 是典型的 RS-422 四线接口。实际上还有一根信号地线，共 5 根线。图 4 是其 DB9 连接器引脚定义。由于接收器采用高输入阻抗和发送驱动器比 RS232 更强的驱动能力，故允许在相同传输线上连接多个接收节点，最多可接 10 个节点。即一个主

设备 (Master), 其余为从设备 (Slave), 从设备之间不能通信, 所以 RS-422 支持点对多的双向通信。接收器输入阻抗为 $4k$, 故发端最大负载能力是 $10 \times 4k + 100\Omega$ (终接电阻)。RS-422 四线接口由于采用单独的发送和接收通道, 因此不必控制数据方向, 各装置之间任何必须的信号交换均可以按软件方式 (XON/XOFF 握手) 或硬件方式 (一对单独的双绞线) 实现。RS-422 的最大传输距离为 4000 英尺 (约 1219 米), 最大传输速率为 10Mb/s。其平衡双绞线的长度与传输速率成反比, 在 100kb/s 速率以下, 才可能达到最大传输距离。只有在很短的距离下才能获得最高速率传输。一般 100 米长的双绞线上所能获得的最大传输速率仅为 1Mb/s。RS-422 需要一终接电阻, 要求其阻值约等于传输电缆的特性阻抗。在短距离传输时可不需终接电阻, 即一般在 300 米以下不需终接电阻。终接电阻接在传输电缆的最远端。

3. RS-485 电气规定

由于 RS-485 是从 RS-422 基础上发展而来的, 所以 RS-485 许多电气规定与 RS-422 相仿。如都采用平衡传输方式、都需要在传输线上接终接电阻等。RS-485 可以采用二线与四线方式, 二线制可实现真正的多点双向通信而采用四线连接时, 与 RS-422 一样只能实现点对多的通信, 即只能有一个主(Master)设备, 其余为从设备, 但它比 RS-422 有改进, 无论四线还是二线连接方式总线上可多接到 32 个设备。

RS-485 与 RS-422 的不同还在于其共模输出电压是不同的, RS-485 是 -7V 至 +12V 之间, 而 RS-422 在 -7V 至 +7V 之间, RS-485 接收器最小输入阻抗为 12k, RS-422 是 4k; RS-485 满足所有 RS-422 的规范, 所以

RS-485 的驱动器可以用在 RS-422 网络中应用。RS-485 与 RS-422 一样，其最大传输距离约为 1219 米，最大传输速率为 10Mb/s。平衡双绞线的长度与传输速率成反比，在 100kb/s 速率以下，才可能使用规定最长的电缆长度。只有在很短的距离下才能获得最高速率传输。一般 100 米长双绞线最大传输速率仅为 1Mb/s。RS-485 需要 2 个终接电阻，其阻值要求等于传输电缆的特性阻抗。在短距离传输时可不需终接电阻，即一般在 300 米以下不需终接电阻。终接电阻接在传输总线的两端。

四、RS-422 与 RS-485 的网络安装注意要点

RS-422 可支持 10 个节点，RS-485 支持 32 个节点，因此多节点构成网络。网络拓扑一般采用终端匹配的总线型结构，不支持环形或星形网络。在构建网络时，应注意以下几点：

1. 采用一条双绞线电缆作总线，将各个节点串接起来，从总线到每个节点的引出线长度应尽量短，以便使引出线中的反射信号对总线信号的影响最低。图 8 所示为实际应用中常见的一些错误连接方式（a，c，e）和正确的连接方式（b，d，f）。a，c，e 这三种网络连接尽管不正确，在短距离、低速率仍可能正常工作，但随着通信距离的延长或通信速率的提高，其不良影响会越来越严重，主要原因是信号在各支路末端反射后与原信号叠加，会造成信号质量下降。
2. 应注意总线特性阻抗的连续性，在阻抗不连续点就会发生信号的反射。下列几种情况易产生这种不连续性：总线的不同区段采用了不同电缆，或某一段总线上有过多收发器紧靠在一起安装，再者是过长

的分支线引出到总线。总之，应该提供一条单一、连续的信号通道作为总线。

五、RS-422 与 RS-485 传输线上匹配的一些说明

对 RS-422 与 RS-485 总线网络一般要使用终接电阻进行匹配。但在短距离与低速率下可以不用考虑终端匹配。那么在什么情况下不用考虑匹配呢？理论上，在每个接收数据信号的中点进行采样时，只要反射信号在开始采样时衰减到足够低就可以不考虑匹配。但这在实际难以掌握，美国 MAXIM 公司有篇文章提到一条经验性的原则可以用来判断在什么样的数据速率和电缆长度时需要进行匹配：当信号的转换时间（上升或下降时间）超过电信号沿总线单向传输所需时间的 3 倍以上时就可以不加匹配。例如具有有限斜率特性的 RS-485 接口 MAX483 输出信号的上升或下降时间最小为 250ns，典型双绞线上的信号传输速率约为 0.2m/ns（24AWG PVC 电缆），那么只要数据速率在 250kb/s 以内、电缆长度不超过 16 米，采用 MAX483 作为 RS-485 接口时就可以不加终端匹配。一般终端匹配采用终接电阻方法，前文已有提及，RS-422 在总线电缆的远端并接电阻，RS-485 则应在总线电缆的开始和末端都需并接终接电阻。终接电阻一般在 RS-422 网络中取 100Ω ，在 RS-485 网络中取 120Ω 。相当于电缆特性阻抗的电阻，因为大多数双绞线电缆特性阻抗大约在 $100\sim 120\Omega$ 。这种匹配方法简单有效，但有一个缺点，匹配电阻要消耗较大功率，对于功耗限制比较严格的系统不太适合。另外一种比较省电的匹配方式是 RC 匹配，如图 9。利用一只电容 C 隔断直流成分可以节省大部分功率。但电容

C 的取值是个难点，需要在功耗和匹配质量间进行折衷。还有一种采用二极管的匹配方法，如图 10。这种方案虽未实现真正的“匹配”，但它利用二极管的钳位作用能迅速削弱反射信号，达到改善信号质量的目的。节能效果显著。

六、RS-422 与 RS-485 的接地问题

电子系统接地是很重要的，但常常被忽视。接地处理不当往往会导致电子系统不能稳定工作甚至危及系统安全。RS-422 与 RS-485 传输网络的接地同样也是很重要的，因为接地系统不合理会影响整个网络的稳定性，尤其是在工作环境比较恶劣和传输距离较远的情况下，对于接地的要求更为严格。否则接口损坏率较高。很多情况下，连接 RS-422、RS-485 通信链路时只是简单地用一对双绞线将各个接口的“A”、“B”端连接起来。而忽略了信号地的连接，这种连接方法在许多场合是能正常工作的，但却埋下了很大的隐患，这有下面二个原因：

1. 共模干扰问题：正如前文已述，RS-422 与 RS-485 接口均采用差分方式传输信号方式，并不需要相对于某个参照点来检测信号，系统只需检测两线之间的电位差就可以了。但人们往往忽视了收发器有一定的共模电压范围，如 RS-422 共模电压范围为-7~+7V，而 RS-485 收发器共模电压范围为-7~+12V，只有满足上述条件，整个网络才能正常工作。当网络线路中共模电压超出此范围时就会影响通信的稳定可靠，甚至损坏接口。以图 11 为例，当发送驱动器 A 向接收器 B 发送数据时，发送驱动器 A 的输出共模电压为 V_{OS} ，由于两个系统具有各自独立的接地系统，存在着地电位差 V_{GPD} 。那么，接收器输入端的共模

电压 V_{CM} 就会达到 $V_{CM}=V_{OS}+V_{GPD}$ 。RS-422 与 RS-485 标准均规定 $V_{OS}\leq 3V$ ，但 V_{GPD} 可能会有很大幅度（十几伏甚至数十伏），并可能伴有强干扰信号，致使接收器共模输入 V_{CM} 超出正常范围，并在传输线路上产生干扰电流，轻则影响正常通信，重则损坏通信接口电路。

2. (EMI) 问题：发送驱动器输出信号中的共模部分需要一个返回通路，如没有一个低阻的返回通道（信号地），就会以辐射的形式返回源端，整个总线就会像一个巨大的天线向外辐射电磁波。

由于上述原因，RS-422、RS-485 尽管采用差分平衡传输方式，但对整个 RS-422 或 RS-485 网络，必须有一条低阻的信号地。一条低阻的信号地将两个接口的工作地连接起来，使共模干扰电压 V_{GPD} 被短路。这条信号地可以是额外的一条线（非屏蔽双绞线），或者是屏蔽双绞线的屏蔽层。这是最通常的接地方法。值得注意的是，这种做法仅对高阻型共模干扰有效，由于干扰源内阻大，短接后不会形成很大的接地环路电流，对于通信不会有很大影响。当共模干扰源内阻较低时，会在接地线上形成较大的环路电流，影响正常通信。一般认为，可以采取以下三种措施：

（1）如果干扰源内阻不是非常小，可以在接地线上加限流电阻以限制干扰电流。接地电阻的增加可能会使共模电压升高，但只要控制在适当的范围内就不会影响正常通信。

（2）采用浮地技术，隔断接地环路。这是较常用也是十分有效的一种方法，当共模干扰内阻很小时上述方法已不能奏效，此时可以考虑

将引入干扰的节点（例如处于恶劣的工作环境的现场设备）浮置起来（也就是系统的电路地与机壳或大地隔离），这样就隔断了接地环路，不会形成很大的环路电流。

（3）采用隔离接口。有些情况下，出于安全或其它方面的考虑，电路地必须与机壳或大地相连，不能悬浮，这时可以采用隔离接口来隔断接地回路，但是仍然应该有一条地线将隔离侧的公共端与其它接口的工作地相连。

七、RS-422 与 RS-485 的网络失效保护

RS-422 与 RS-485 标准都规定了接收器门限为 $\pm 200\text{mV}$ 。这样规定能够提供比较高的噪声抑制能力，如前文所述，当接收器 A 电平比 B 电平高 $+200\text{mV}$ 以上时，输出为正逻辑，反之，则输出为负逻辑。但由于第三态的存在，即在主机在发端发完一个信息数据后，将总线置于第三态，即总线空闲时没有任何信号驱动总线，使 AB 之间的电压在 $-200\sim +200\text{mV}$ 直至趋于 0V ，这带来了一个问题：接收器输出状态不确定。如果接收机的输出为 0V ，网络中从机将把其解释为一个新的启动位，并试图读取后续字节，由于永远不会有停止位，产生一个帧错误结果，不再有设备请求总线，网络陷于瘫痪状态。除上述所述的总线空闲会造成两线电压差低于 200mV 的情况外，开路或短路时也会出现这种情况。故应采取一定的措施避免接收器处于不确定状态。通常是在总线上加偏置，当总线空闲或开路时，利用偏置电阻将总线偏置在一个确定的状态（差分电压 $\geq -200\text{mV}$ ）。如图 13。将 A 上拉到地，B 下拉到 5V ，电阻的典型值是 $1\text{k}\Omega$ ，具体数值随电缆的

电容变化而变化。上述方法是比较经典的方法，但它仍然不能解决总线短路时的问题，有些厂家将接收门限移到-200mV/-50mV，可解决这个问题。例如 Maxim 公司的 MAX3080 系列 RS-485 接口，不仅省去了外部偏置电阻，而且解决了总线短路情况下的失效保护问题。

八、RS-422 与 RS-485 的瞬态保护

前文提到的信号接地措施，只对低频率的共模干扰有保护作用，对于频率很高的瞬态干扰就无能为力了。由于传输线对高频信号而言就是相当于电感，因此对于高频瞬态干扰，接地线实际等同于开路。这样的瞬态干扰虽然持续时间短暂，但可能会有成百上千伏的电压。实际应用环境下还是存在高频瞬态干扰的可能。一般在切换大功率感性负载如电机、变压器、继电器等或闪电过程中都会产生幅度很高的瞬态干扰，如果不加以适当防护就会损坏 RS-422 或 RS-485 通信接口。对于这种瞬态干扰可以采用隔离或旁路的方法加以防护。

1. 隔离保护方法。这种方案实际上将瞬态高压转移到隔离接口中的电隔离层上，由于隔离层的高绝缘电阻，不会产生损害性的浪涌电流，起到保护接口的作用。通常采用高频变压器、光耦等元件实现接口的电气隔离，已有器件厂商将所有这些元件集成在一片 IC 中，使用起来非常简便，如 Maxim 公司的 MAX1480/MAX1490，隔离电压可达 2500V。这种方案的优点是可以承受高电压、持续时间较长的瞬态干扰，实现起来也比较容易，缺点是成本较高。

2. 旁路保护方法。这种方案利用瞬态抑制元件（如 TVS、MOV、气体放电管等）将危害性的瞬态能量旁路到大地，优点是成本较低，缺

点是保护能力有限，只能保护一定能量以内的瞬态干扰，持续时间不能很长，而且需要有一条良好的连接大地的通道，实现起来比较困难。实际应用中是将上述两种方案结合起来灵活加以运用，如图 14。在这种方法中，隔离接口对大幅度瞬态干扰进行隔离，旁路元件则保护隔离接口不被过高的瞬态电压击穿。



下面从单片机常用的角度来简述一下 SPI 、 I2C 的串口的区别在哪里？

第一个是名称的区别：

SPI (Serial Peripheral Interface: 串行外设接口)；

I2C (INTER IC BUS)

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: 通用异步收发器)

第二，区别在电气信号线上：

SPI 总线由三条信号线组成：串行时钟 (SCLK)、串行数据输出 (SDO)、串行数据输入 (SDI)。SPI 总线可以实现 多个 SPI 设备互相连接。提供 SPI 串行时钟的 SPI 设备为 SPI 主机或主设备 (Master)，其他设备为 SPI 从机或从设备 (Slave)。主从设备间可以实现全双工

通信，当有多个从设备时，还可以增加一条从设备选择线。

如果用通用 I/O 口模拟 SPI 总线，必须要有一个输出口(SD0)，一个输入口(SDI)，另一个口则视实现的设备类型而定，如果要实现主从设备，则需输入输出口，若只实现主设备，则需输出口即可，若只实现从设备，则只需输入口即可。

I2C 总线是双向、两线(SCL、SDA)、串行、多主控(multi-master)接口标准，具有总线仲裁机制，非常适合在器件之间进行近距离、非经常性的数据通信。在它的协议体系中，传输数据时都会带上目的设备的设备地址，因此可以实现设备组网。

如果用通用 I/O 口模拟 I2C 总线，并实现双向传输，则需一个输入输出口(SDA)，另外还需一个输出口(SCL)。(注：I2C 资料了解得比较少，这里的描述可能很不完备)

UART 总线是异步串口，因此一般比前两种同步串口的结构要复杂很多，一般由波特率产生器(产生的波特率等于传输波特率的 16 倍)、UART 接收器、UART 发送器组成，硬件上由两根线，一根用于发送，一根用于接收。

显然，如果用通用 I/O 口模拟 UART 总线，则需一个输入口，一个输出口。

第三，从第二点明显可以看出，SPI 和 UART 可以实现全双工，但 I2C 不行；

第四，各家发表意见！

甲：I2C 线更少，觉得比 UART、SPI 更为强大，但是技术上也

更加麻烦些，因为 I2C 需要有双向 I/O 的支持，而且使用上拉电阻，使用中觉得抗干扰能力较弱，一般用于同一板卡上芯片之间的通信，较少用于远距离通信。SPI 实现要简单一些，UART 需要固定的波特率，就是说两位数据的间隔要相等，而 SPI 则无所谓，因为它是有时钟的协议。

乙：I2C 的速度比 SPI 慢一点，协议比 SPI 复杂一点，但是连线也比标准的 SPI 要少。

I2C 的数据输入输出用的是一根线，SPI 则分为 dataIN 和 dataOUT。由于这个原因，采用 I2C 时 CPU 的端口占用少，SPI 多一根。但是由于 I2C 的数据线是双向的，所以隔离比较复杂，SPI 则比较容易。所以系统内部通信可用 I2C，若要与外部通信则最好用 SPI 带隔离（可以提高抗干扰能力）。但是 I2C 和 SPI 都不适合长距离传输。长距离时就要用 485 了。

UART 总线是异步串口，因此一般比前两种同步串口的结构要复杂很多，一般由波特率产生器（产生的波特率等于传输波特率的 16 倍）、UART 接收器、UART 发送器组成，硬件上由两根线，一根用于发送，一根用于接收。

SPI 总线系统是一种同步串行外设接口，它可以使 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信以交换信息。外围设置 FLASHRAM、网络控制器、LCD 显示驱动器、A/D 转换器和 MCU 等。SPI 总线系统可直接与

各个厂家生产的多种标准外围器件直接接口，该接口一般使用 4 条线：串行时钟线（SCK）、主机输入/从机输出数据线 MISO、主机输出/从机输入数据线 MOST 和低电平有效的从机选择线 SS（有的 SPI 接口芯片带有中断信号线 INT 或 INT、有的 SPI 接口芯片没有主机输出/从机输入数据线 MOSI）。

SPI 的通信原理很简单，它以主从方式工作，这种模式通常有一个主设备和一个或多个从设备，需要至少 4 根线，事实上 3 根也可以（单向传输时）。也是所有基于 SPI 的设备共有的，它们是 SDI（数据输入），SDO（数据输出），SCK（时钟），CS（片选）。

- (1) SDO - 主设备数据输出，从设备数据输入
- (2) SDI - 主设备数据输入，从设备数据输出
- (3) SCLK - 时钟信号，由主设备产生
- (4) CS - 从设备使能信号，由主设备控制

其中 CS 是控制芯片是否被选中的，也就是说只有片选信号为预先规定的使能信号时（高电位或低电位），对此芯片的操作才有效。这就允许在同一总线上连接多个 SPI 设备成为可能。

接下来就负责通讯的 3 根线了。通讯是通过数据交换完成的，这里先要知道 SPI 是串行通讯协议，也就是说数据是一位一位的传输的。这就是 SCK 时钟线存在的原因，由 SCK 提供时钟脉冲，SDI，SDO 则基于此脉冲完成数据传输。数据输出通过 SDO 线，数据在时钟上升沿或下降沿时改变，在紧接着的下降沿或上升沿被读取。完成一位数据传输，输入也使用同样原理。这样，在至少 8 次时钟信号的改

变（上沿和下沿为一次），就可以完成 8 位数据的传输。

要注意的是，SCK 信号线只由主设备控制，从设备不能控制信号线。同样，在一个基于 SPI 的设备中，至少有一个主控设备。这样传输的特点：这样的传输方式有一个优点，与普通的串行通讯不同，普通的串行通讯一次连续传送至少 8 位数据，而 SPI 允许数据一位一位的传送，甚至允许暂停，因为 SCK 时钟线由主控设备控制，当没有时钟跳变时，从设备不采集或传送数据。也就是说，主设备通过对 SCK 时钟线的控制可以完成对通讯的控制。SPI 还是一个数据交换协议：因为 SPI 的数据输入和输出线独立，所以允许同时完成数据的输入和输出。不同的 SPI 设备的实现方式不尽相同，主要是数据改变和采集的时间不同，在时钟信号上沿或下沿采集有不同定义，具体请参考相关器件的文档。

在点对点的通信中，SPI 接口不需要进行寻址操作，且为全双工通信，显得简单高效。在多个从设备的系统中，每个从设备需要独立的使能信号，硬件上比 I2C 系统要稍微复杂一些。

最后，SPI 接口的一个缺点：没有指定的流控制，没有应答机制确认是否接收到数据。

AT91RM9200 的 SPI 接口主要由 4 个引脚构成：SPICLK、MOSI、MISO 及 /SS，其中 SPICLK 是整个 SPI 总线的公用时钟，MOSI、MISO 作为主机，从机的输入输出的标志，MOSI 是主机的输出，从机的输入，MISO 是主机的输入，从机的输出。/SS 是从机的标志管脚，在互相通信的两个 SPI 总线的器件，/SS 管脚的电平低的是从机，相反/SS

管脚的电平高的是主机。在一个 SPI 通信系统中，必须有主机。SPI 总线可以配置成单主单从，单主多从，互为主从。

SPI 的片选可以扩充选择 16 个外设, 这时 PCS 输出=NPSC, 说 NPSC0~3 接 4-16 译码器, 这个译码器是需要外接 4-16 译码器, 译码器的输入为 NPSC0~3, 输出用于 16 个外设的选择。

SPI 协议举例

SPI 是一个环形总线结构，由 ss (cs)、sck、sdi、sdo 构成，其时序其实很简单，主要是在 sck 的控制下，两个双向移位寄存器进行数据交换。

假设下面的 8 位寄存器装的是待发送的数据 10101010, 上升沿发送、下降沿接收、高位先发送。

那么第一个上升沿来的时候 数据将会是 sdo=1; 寄存器=0101010x。

下降沿到来的时候，sdi 上的电平将所存到寄存器中去，那么这时寄存器=0101010sdi，这样在 8 个时钟脉冲以后，两个寄存器的内容互相交换一次。这样就完成里一个 spi 时序。

举例：

假设主机和从机初始化就绪：并且主机的 sbuff=0xaa，从机的 sbuff=0x55，下面将分步对 spi 的 8 个时钟周期的数据情况演示一遍：

假设上升沿发送数据

这样就完成了两个寄存器 8 位的交换，，sdi、sdo 相对于主机而言的。

其中 ss 引脚作为主机的时候，从机可以把它拉底被动选为从机，作

为从机的是时候，可以作为片选脚用。根据以上分析，一个完整的传送周期是 16 位，即两个字节，因为，首先主机要发送命令过去，然后从机根据主机的命令准备数据，主机在下一个 8 位时钟周期才把数据读回来。SPI 总线是 Motorola 公司推出的三线同步接口，同步串行 3 线方式进行通信：一条时钟线 SCK，一条数据输入线 OSI，一条数据输出线 MISO；用于 CPU 与各种外围器件进行全双工、同步串行通讯。SPI 主要特点有：可以同时发出和接收串行数据；可以当作主机或从机工作；提供频率可编程时钟；发送结束 中断标志；写冲突保护；总线竞争保护等。下图示出 SPI 总线工作的四种方式，其中使用的最为广泛的是 SPI0 和 SPI3 方式 (实线表示)：

SPI 总线四种工作方式 SPI 模块为了和外设进行数据交换，根据外设工作要求，其输出串行同步时钟极性和相位可以进行配置，时钟极性 (CPOL) 对传输协议没有重大的影响。如果 CPOL=0，串行同步时钟的空闲状态为低电平；如果 CPOL=1，串行同步时钟的空闲状态为高电平。时钟相位 (CPHA) 能够配置用于选择两种不同的传输协议之一进行数据传输。如果 CPHA=0，在串行同步时钟的第一个跳变沿 (上升或下降) 数据被采样；如果 CPHA=1，在串行同步时钟的第二个跳变沿 (上升或下降) 数据被采样。SPI 主模块和与之通信的外设时钟相位和极性应该一致。

SPI 总线包括 1 根串行同步时钟信号线以及 2 根数据线。

SPI 模块为了和外设进行数据交换，根据外设工作要求，其输出串行同步时钟极性和相位可以进行配置，时钟极性 (CPOL) 对传输协议

没有重大的影响。如果 $CPOL=0$ ，串行同步时钟的空闲状态为低电平；如果 $CPOL=1$ ，串行同步时钟的空闲状态为高电平。时钟相位（ $CPHA$ ）能够配置用于选择两种不同的传输协议之一进行数据传输。如果 $CPHA=0$ ，在串行同步时钟的第一个跳变沿（上升或下降）数据被采样；如果 $CPHA=1$ ，在串行同步时钟的第二个跳变沿（上升或下降）数据被采样。 SPI 主模块和与之通信的外设时钟相位和极性应该一致。所谓 SPI 主模块和与之通信的外设备时钟相位和极性应该一致。这句话有 2 层意思：其一，主设备 SPI 时钟和极性的配置应该由外设来决定；其二，二者的配置应该保持一致，即主设备的 SDO 同从设备的 SDO 配置一致，主设备的 SDI 同从设备的 SDI 配置一致。因为主从设备是在 $SCLK$ 的控制下，同时发送和接收数据，并通过 2 个双向移位寄存器来交换数据。

上升沿主机 SDO 发送数据 1，同时从设备 SDO 发送数据 0；紧接着在 $SCLK$ 的下降沿的时候从设备的 SDI 接收到了主机发送过来的数据 1，同时主机也接收到了从设备发送过来的数据 0。

SPI 协议编程交流

SPI 接口时钟配置：

在主设备这边配置 SPI 接口时钟的时候一定要弄清楚从设备的时钟要求，因为主设备这边的时钟极性和相位都是以从设备为基准的。

因此在时钟极性的配置上一定要搞清楚从设备是在时钟的上升沿还是下降沿接收数据，是在时钟的下降沿还是上升沿输出数据。但要注意的是，由于主设备的 SDO 连接从设备的 SDI ，从设备的 SDO 连

接主设备的 SDI, 从设备 SDI 接收的数据是主设备的 SDO 发送过来的, 主设备 SDI 接收的数据是从设备 SDO 发送过来的, 所以主设备这边 SPI 时钟极性的配置 (即 SDO 的配置) 跟从设备的 SDI 接收数据的极性是相反的, 跟从设备 SDO 发送数据的极性是相同的。下面这段话是 Sychip Wlan8100 Module Spec 上说的, 充分说明了时钟极性是如何配置的:

The 81xx module will always input data bits at the rising edge of the clock, and the host will always output data bits on the falling edge of the clock.

意思是: 主设备在时钟的下降沿发送数据, 从设备在时钟的上升沿接收数据。因此主设备这边 SPI 时钟极性应该配置为下降沿有效。

又如, 下面这段话是摘自 LCD Driver IC SSD1289:

SDI is shifted into 8-bit shift register on every rising edge of SCK in the order of data bit 7, data bit 6 data bit 0.

意思是: 从设备 SSD1289 在时钟的上升沿接收数据, 而且是按照从高位到低位的顺序接收数据的。因此主设备的 SPI 时钟极性同样应该配置为下降沿有效。

时钟极性和相位配置正确后, 数据才能够被准确的发送和接收。因此应该对照从设备的 SPI 接口时序或者 Spec 文档说明来正确配置主设备的时钟。

软件过程改进

SPI: Software Process Improvement. 软件过程改进。是软件企业项目过程质量的改进，CMM，ISO9000—3 说的就是这个。

UART 简述如下：

UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter，通用异步接收/发送装置，**UART** 是一个并行输入成为串行输出的芯片，通常集成在主板上，多数是 16550AFN 芯片。因为计算机内部采用并行数据，不能直接把数据发到 Modem，必须经过 **UART** 整理才能进行异步传输，其过程为：**CPU** 先把准备写入串行设备的数据放到 **UART** 的寄存器（临时内存块）中，再通过 **FIFO**（**First Input First Output**，先入先出队列）传送到串行设备，若是没有 **FIFO**，信息将变得杂乱无章，不可能传送到 **Modem**。它是用于控制计算机与串行设备的芯片。有一点要注意的是，它提供了 **RS-232C** 数据终端设备接口，这样计算机就可以和调制解调器或其它使用 **RS-232C** 接口的串行设备通信了。

作为接口的一部分，**UART** 还提供以下功能：将由计算机内部传送过来的并行数据转换为输出的串行数据流。将计算机外部来的串行数据转换为字节，供计算机内部使用并行数据的器件使用。在输出的串行数据流中加入奇偶校验位，并对从外部接收的数据流进行奇偶校验。在输出数据流中加入启停标记，并从接收数据流中删除启停标记。处理由键盘或鼠标发出的中断信号（键盘和鼠标也是串行设备）。可以处理计算机与外部串行设备的同步管理问题。有一些比较高档的 **UART** 还提供输入输出数据的缓冲区，现在比较新的 **UART**

是 16550，它可以在计算机需要处理数据前在其缓冲区内存储 16 字节数据，而通常的 UART 是 8250。现在如果您购买一个内置的调制解调器，此调制解调器内部通常就会有 16550 UART。

以上描述请参考，北京中显祝您研发愉快！