

Serial Communication over Internet

互联网 串口通信

全世界串行口，联网起来！

周云波 [美]Shiwei Zhou 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

互联网 串口通信

全世界串行口，联网起来！

周云波 [美] Shiwei Zhou 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的目的是向读者介绍如何把传统的串口通信在网络上实现,包括局域网和互联网。首先介绍串口 RS-232 和 RS-485 的出现和发展,串口通信的原理和通信及编程;然后介绍以太网和互联网的通信协议 TCP/IP,以及它与串口之间的通信和编程;最后重点介绍几种通过网络实现串口通信的途径,包括使用浏览器、基于云路由器和即时通信软件、用 Java 的跨平台语言等。书中的大部分内容为作者多年从事串口通信的研究成果及市场分析,并且加上了美国的最新网络通信技术。难能可贵的是,本书首次把作者的具有专利技术的互联网串口通信技术的软件源代码,以及在美国的先进的研究成果予以公开,仅供读者学习和研究。

本书深入浅出,既有互联网和串口通信的实战入门介绍,也有专利的互联网串口通信新技术的剖析。适合工科大学生、工程技术人员、相关行业的管理人员参考。

本书随书附带的开发资料中有各章介绍的软件和部分程序源代码,读者可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册下载。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

互联网串口通信:全世界串行口,联网起来!/周云波,(美)周世唯著. — 北京:电子工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-121-32519-9

I. ①互… II. ①周… ②周… III. ①网络通信—通信技术 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 202162 号

责任编辑:田宏峰

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×980 1/16 印张:18.75 字数:420 千字

版 次:2017 年 9 月第 1 版

印 次:2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: tianhf@phei.com.cn。

前言

串行口简称串口，可以说，人类文明史就是一部串行通信史。所谓有文明的标志就是有文字记载，而文字只能一个字一个字地写和读，这就是一种串行通信。相对于文字和声音是串行的，图像就算是并行的。我们不能一目十行地阅读文字，也不能同时听多个声音并加以识别，却能够一眼看尽全幅图像的上下左右。与文字信息相比，人类文明历史上几乎没有留下图像信息。耳朵听到的声音在每一时刻只能有一个音符或者发音，连贯起来就是音乐或者语音，这就是我们在接收串行信息。我们讲话，每一瞬间只能讲一个语音，这就是我们在发送串行信号。乐谱或者文字就是串行通信的信息。今天我们为了便于理解串行通信技术，经常打比方就像我们在讲话沟通一样。比如，只能有一个人讲话（只能有一个主机或服务器），可以有 multiple 人听（多个从机或客户端）。讲话之前，先称呼人名，这里的人名就相当于从机或客户端的地址。讲完一段话需要不时停顿，就相当于信号的空闲状态。

中国古代的“狼烟”信号是最早的典型的二进制串行通信，在长期的停顿信号无狼烟（可以理解为 0-无敌情）的间隔后，突然点燃狼烟（可以理解为信号 1-有敌情），这就有效地传递了一位二进制信息：1 代表有狼烟，同时也代表有敌情。但是在烽火戏诸侯这个故事中，周幽王为了让褒姒开心，取悦褒姒，点燃了烽火台，将众多诸侯都戏弄了一番，果然褒姒觉得有趣，就哈哈大笑起来，后来由于褒姒因为觉得很有意思，就多次点燃烽火台戏弄众多诸侯，造成后来诸侯们都不相信周幽王的“信号”了。这是因为把编码信号弄混乱了，本来是 1 表示“有敌情”换成了 1 表示“无敌情”，导致信号混乱而无法通信。古希腊的马拉松为了传递一个简单的信息 1（我们赢了），连续跑了 40 多公里而累倒了。千年后，爱迪生用火车的汽笛来远程传输二进制信号，用长音（代表 1）和短音（代表 0）组合可以传输英文字母的 ASCII 字符信息。至今我们仍然能够听见用轮船的汽笛声表示到港或离港等信息。现在我们在互联网上看到的文字、语音、图像等信息仍然是通过串行通信来传输的，有时候网速很慢地打开一个图像，才慢慢地显示清晰，你就会懂得什么是串行通信。

互联网是当今的高新技术。人类文明的未来不一定是现在定义的互联网，但一定是更加紧密的互联关系。早期的人类局限于一个部落内的交流，一般不会超过 400 个人，这也是我们今天的人所能够记得的人名的上限。但是今天借助互联网，在我们的朋友圈和朋友的的朋友圈等，我们已经大大地拓展了我们互联的人数。今天世界人口大约 70 亿，

假设平均每人认识 100 个，理论上只要经过 5 个人的朋友圈的接力就可以到 $100^5=100$ 亿，也就是可以认识全世界的人。人类发展的历史也是越来越人口密集，同时分工更细、联系更加紧密的过程，如果这种联系可以称为网络，那么人类的未来还是更加紧密的互联网络。本书的副标题借用马克思《共产党宣言》扉页上的一段文字“全世界无产者，联合起来！”我改写为“全世界串行口，联网起来！”

可以说，互联网等网络串口通信把人类文明的未来与历史联系了起来，但是本书还没有写尽这个宏伟的过程。作者只是把串行口的通信从需要专门的布线到借助互联网进行通信的发展过程进行了一个简单的“串行”的描述。串行口通信在最近几十年内造就了多个世界五百强的企业或者业界巨头：Bell、Motorola、IBM、Hayes、MAXIM 等。由于本书引用或涉及了许多公司或个人的产品和软件，比如 CAYEE、ZLG、BOSHIKA、zhaojun、张海瑞等，我们一并表示感谢，感谢大家的支持和帮助。如果本书能够在串行通信的历史上留下一点小小的火花，我们就已经很满足了。如果有建议或者意见，欢迎联系作者：592905661@qq.com（周云波）和 Swchou435@gmail.com（Shiwei Zhou）。

作 者

2017 年 7 月

目 录

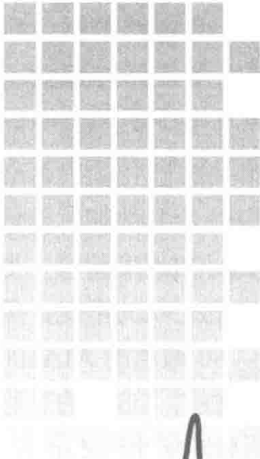
第 1 章 串口通信接口介绍	1
1.1 串口 RS-232 介绍	2
1.1.1 RS-232 接口的电气特性及物理结构	3
1.1.2 异步通信与同步通信及其格式	4
1.1.3 RS-232 传输电缆长度	5
1.1.4 RS-232 的实际应用	5
1.1.5 RS-232 接口的缺点及克服	7
1.2 RS-485 和 RS-422 简介	8
1.2.1 什么是 RS-485 接口	8
1.2.2 什么是 RS-422 接口	9
1.3 串口 RS-422 与 RS-485 的工程应用	10
1.3.1 RS-422 与 RS-485 传输线上匹配的一些说明	11
1.3.2 RS-422 与 RS-485 的接地问题	11
1.3.3 RS-422 与 RS-485 的网络失效保护	12
1.3.4 串口 RS-485 的新发展	14
1.4 USB 串口通信产品的发展	15
1.4.1 第一代产品: USB/RS-232 转换器	15
1.4.2 第二代产品: USB/RS-485/RS-422 转换器	16
1.4.3 第三代产品: 光电隔离 USB/RS-232/485/422 转换器	17
1.4.4 第四代产品: USB/串口光纤转换器	18
1.4.5 第五代产品: USB 网络串口转换器	18
1.4.6 USB 虚拟串口的评论	21
1.5 用单片机 I/O 口软件模拟串口及实现远程通信	22
1.5.1 TTL 电平转换成差分电平的纯软件方法	22
1.5.2 软件串行口的实现原理	23
1.5.3 软件串行通信的编程	24
第 2 章 串口通信的软件编程	27
2.1 串口调试助手软件的使用	27

2.1.1	一个串口的自己发送自己接收	27
2.1.2	一台计算机的两个串口之间的通信	28
2.1.3	两台计算机的两个串口之间的通信	29
2.2	串口通信与扩展的调试软件	29
2.2.1	4232A 框内的串口扩展功能	37
2.2.2	DIZ4232 框内的串口扩展功能	38
2.2.3	无串口扩展功能的简化的串口通信软件	40
2.3	带串口自动打开等功能的串口调试软件	40
2.4	超高速的串口调试软件	59
2.4.1	如何判断 USB/串口转换器本身是否支持 921.6 kbps 波特率	59
2.4.2	如何实现 USB/串口转换器的 921.6 kbps 波特率通信	60
第 3 章	TCP/IP 通信软件编程	62
3.1	TCP/IP 通信的硬件连接	62
3.2	TCP/IP 测试工具软件的使用	65
3.3	简单的 VB 的 Winsock 聊天程序实例	68
3.4	用 VC++ 编写的 Winsock 聊天程序实例	75
第 4 章	通过局域网实现串口通信	84
4.1	基于局域网的纯软件串口即时通信	84
4.2	通过以太网/串口转换器实现串口通信	107
4.3	串口信号通过以太网传输	112
4.4	通过 Wi-Fi/串口转换器实现串口通信	114
4.5	以太网串口通信产品的发展方向	118
4.5.1	有线以太网向无线升级	118
4.5.2	百兆向千兆以太网升级	120
4.5.3	串口从电口到光纤的升级	120
4.5.4	以太网从电口到光纤的升级	121
4.5.5	单串口向多串口的发展	122
4.5.6	虚拟串口软件的标准化	122
第 5 章	通过浏览器实现串口通信	124
5.1	基于浏览器的远程串口控制器	125
5.2	基于浏览器的云串口通信软件	128
5.3	基于浏览器的 Java 串口编程原理简介	130
5.4	基于浏览器的云串口通信的网页源代码及解释	131

5.5	IE 浏览器通过 MSCOMM 控件与串口外设通信的工程实例	142
5.6	基于云串口服务器的互联网串口通信前景	144
第 6 章	通过路由器实现互联网串口通信	148
6.1	基于路由器的互联网串口通信的原理	148
6.2	已预先内置 DDNS 域名的云无线路由器	150
6.2.1	功能特点	150
6.2.2	硬件连接	151
6.2.3	上网机器的设置	151
6.2.4	无线网络配置	152
6.2.5	虚拟服务(端口映射)和 DMZ	152
6.2.6	路由器软件功能界面	152
6.3	基于专门云路由器的互联网串口通信的实现	153
6.3.1	本地计算机的设置	153
6.3.2	以太网/串口转换器的设置	154
6.3.3	云串口通信测试及虚拟串口	154
6.4	基于需要安装花生壳 DDNS 的无线路由器	156
6.4.1	域名申请,并将其与无线路由器绑定	156
6.4.2	检测动态域名是否正常	156
6.4.3	端口映射	158
6.4.4	串口联网设备的配置	158
6.4.5	启动服务器,等待串口联网设备的连接请求	159
6.5	利用无线路由器本身的串口	159
6.5.1	用 OpenWrt 修改无线路由器的程序	159
6.5.2	用 OpenWrt 烧写无线路由器的程序	170
6.5.3	基于 AR9331 的 OpenWrt 路由器核心模块	177
第 7 章	用即时通信软件实现互联网串口通信	179
7.1	基于即时通信软件的串口控制器	180
7.2	好灵通即时通信:串口远程通信的革命	184
7.3	互联网版好灵通串口即时通信软件的代码及解释	185
7.3.1	主窗体[frmMain(Client.frm)]窗体的源代码	188
7.3.2	登录界面[frmLog(Log.frm)]窗体的源代码	199
7.3.3	登录成功之后的界面[frmLogin(Login.frm)]的代码	201
7.3.4	通信界面窗体[frmChat(Chat.frm)]的源代码	203

7.3.5	接收文件窗体[frmReceiveFile(ReceiveFile.frm)]的源代码	209
7.3.6	发送文件窗体[frmSendFile(SendFile.frm)]	213
7.3.7	自动调整界面大小的窗体[frmTip(Tip.frm)]	217
7.3.8	显示版本信息的窗体[frmTip(Tip.frm)]	219
7.4	用于互联网串口即时通信的 USB/串口转换器	220
7.4.1	硬件和驱动程序安装	220
7.4.2	好灵通串口即时通信软件的配合使用	221
7.4.3	典型应用	223
7.5	Wi-Fi 串口即时通信使物联网成为现实	224
第 8 章	智能手机或平板电脑的互联网串口通信	227
8.1	智能手机或平板电脑互联网串口通信的原理	227
8.2	智能手机或平板电脑的设置	228
8.3	互联网/串口转换器的设置	229
8.4	智能手机或平板电脑互联网串口通信测试	230
8.5	安卓智能手机的 USB/串口转换器及互联网串口通信	230
8.6	带 USB-OTG 功能的部分平板电脑互联网串口通信	232
8.7	智能手机的蓝牙-串口转换器及互联网串口通信	233
8.7.1	为计算机蓝牙扩展无线串口（从模式）	235
8.7.2	为安卓智能手机蓝牙扩展无线串口（从模式）	235
8.7.3	为苹果智能手机蓝牙扩展无线串口	236
8.7.4	无线串口透明传输（一个主模式，另一个从模式）	237
8.7.5	BLU232 的设置指令	237
8.8	基于 FT312D 的安卓智能手机 USB 转串口设计	238
8.8.1	FT312D 接口芯片及其硬件连接	239
8.8.2	FT312D 的 USB 转串口的软件开发	240
8.8.3	FT312D 串口通信代码示例	241
8.9	智能手机的基于音频传输的互联网串口通信	243
第 9 章	用 Java 实现互联网串口通信	246
9.1	使用 Javax.comm 对串口通信进行编程	246
9.1.1	Javax.comm 简介	246
9.1.2	下载	247
9.1.3	安装	247
9.1.4	API	247

9.1.5	实例	248
9.1.6	安装 Java Communications API	252
9.1.7	硬件的准备	252
9.1.8	Comm API 基础	252
9.1.9	通信方式	254
9.1.10	完整的程序	257
9.2	使用 Java Socket 对 TCP/IP 通信进行编程	263
9.2.1	Java 关于 TCP/IP 通信的 Socket 添加库介绍	263
9.2.2	简单的客户端到服务器单方向 TCP/IP 信息传输	264
9.3	本地串口通过 TCP/IP 传输到远端串口	275
9.3.1	将串口读入数据输出到 TCP/IP	275
9.3.2	将 TCP/IP 得到的数据传输到串口	280
9.4	基于 Linux 服务器的互联网串口通信	283
9.4.1	Linux 环境的设定与连接	283
9.4.2	连接	283
9.4.3	远端文件的视觉化传输	285
	参考文献	287



第 1 章

串口通信接口介绍



串口就是串行口的简称。

与串行口相提并论的是并行口，串行口与并行口都可以用于通信。并行口与串行口的区别是交换信息的方式不同，并行口能同时通过 8 条数据线传输信息，一次传输一个字节；而串行口只能用 1 条线传输一位数据，每次传输一个字节的一位。并行口由于同时传输更多的信息，理论上速度明显高于串行口，但串行口可以用于比并行口更远距离的数据传输。

串口和并口都是用来传递数据的，串口是用连续的高低位表示数据，如 0x55 就是连续的 01010101，高低电平间隔时间相等，具体间隔由总线速度和配置的串口波特率有关。并口是用同一时刻几个端口的状态组合表示数据的，如 A 口表示 0x55，即 A8~A1 依次为 01010101。单片机启动时有默认的总线速率，一般烧录程序会用外接晶振重新配置总线速率，然后根据要实现的功能配置相关的寄存器，然后主程序就可以自由地实现算法等了。

计算机上有串口或并口的设备有硬盘、主板、还有打印机等。串口一般用于连接一些特殊的外接设备，如通信方面的设备，这就是本书所讲的用于互联网串口通信的串口，一般称为 RS-232，并且可以转换成为 RS-485 或 RS-422。并口通常用于连接打印设备，如 DB-25 针母口的，现在的计算机已经不常见了。串口比较小，如 DB-9 针公口，有突出的针露在外面。

形容一下，串口就是一条车道，而并口则有 8 个车道，并口同一时刻能传送 8 位（一个字节）数据。但是高速通信时实际上并不是并口快，由于 8 位通道之间的互相高频电

磁干扰，传输速度就受到了限制，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，所以实际上高速通信时，串口比并口快，串口硬盘就是这样被人们重视的。

串口和并口是连接外设的不同端口，这两种端口的外形、传输速度和可以连接的设备都有所不同。串口传输是一位接一位的，就像串起的珠子一样；并口可以并发数据的同时传输多位。现在的串行硬盘 SATA 接口，是一样的道理，它之所以可以 150 Mbps 的速度传输，得益于其串行的方式。并行的几路信号在比较高的频率下不能很好地解决它们之间的干扰，所以现在 ATA 13 Mbps 的并行硬盘已走到极限，取而代之的是 STAT。另外，80 通道的 ATA100 的并口硬盘数据线，其中 40 根是地线，都是用来防止并行信号之间的干扰的。USB 的全称是通用串行总线，但是相对于传统的 RS-232 串口通信来讲，USB 传输距离短（小于 5 m），协议复杂，关键是不能多机进行 USB 口组网通信，所以不在本书的讲解范围。

所谓数据通信，就是从数据源产生的数据，经过硬件线路或软件线路的连接（统称信道），按照一定的通信规程（协议），形成数据流传输到另一方的过程。计算机与各种用途的终端之间，以及计算机之间，都需要数据通信，遥测、遥信、遥控、自控、雷达等都需要数据处理与传输，也都离不开数据通信。本文介绍的是串口通信标准，包括 RS-232、RS-485 和 RS-422。

RS-485 口可以理解为 RS-232 口的差分形式，主要目的是为了解决 RS-232 的 2 个缺点：

- 远距离传输，RS-485 最远传输 1200 m，而 RS-232 最远传输 15 m；
- 多机通信，RS-485 可以到 32 个或以上设备，而 RS-232 只能一对一。

最早的 RS-485 芯片的是由 Motorola 公司生产的，现在公司已经改名为 ON SEMICONDUCTOR。Motorola 是无线通信的鼻祖，许多通信芯片，如调制解调器芯片、编码/解码芯片等都是 Motorola 发明的。

MAXIM 对 RS-232 和 RS-485 做出了重大改进。MAXIM 对 RS-232 的重要贡献体现在单 5 V 供电的芯片 MAX232，而之前 Motorola 的 RS-232 芯片是用 ± 15 V 供电的；MAXIM 对于 RS-485 的贡献主要在于提高了接口芯片的性能：

- 功耗从 mA 级降到了 μ A 级，这才使得无源 RS-232/485 转换器成为可能；
- 节点数从 32 提高到 128，乃至 256 个。

1.1 串口 RS-232 介绍

在串行通信时，要求通信双方都采用一个标准接口，使不同的设备可以方便地连接起来进行通信。RS-232C 接口（又称 EIA RS-232C）是目前最常用的一种串行通信接口，

RS-232C 中的“C”表示 RS-232 的版本, 所以与 RS-232 简称是一样的, 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信的标准, 它的全名是“数据终端设备 (DTE) 和数据通信设备 (DCE) 之间串行二进制数据交换接口技术标准”, 该标准规定采用一个 25 个引脚的 DB-25 连接器, 对连接器的每个引脚的信号内容, 以及各种信号的电平加以规定。

后来 IBM 的 PC 将 RS-232 简化成了 DB-9 连接器, 从而成为事实标准, 而工业控制的 RS-232 口一般只使用 RXD、TXD、GND 三条线。

1.1.1 RS-232 接口的电气特性及物理结构

RS-232 是 EIA (Electronic Industries Association) 定义的串行通信的电器接口, RS-232 事实上有三种 (A、B 和 C), 它们分别采用不同的电压来表示 on 和 off。最被广泛使用的是 RS-232C, 它将 mark(on) 比特的电压定义为 $-3\text{ V} \sim -12\text{ V}$ 之间, 而将 space(off) 的电压定义为 $+3\text{ V} \sim +12\text{ V}$ 之间。虽然 RS-232C 标准称信号最远被传输 15 m, 但事实上你可以使用它传输更长的距离, 直到信号波特率已经小到不行了为止。

本书以后提及的 RS-232 均指 RS-232C, 可以认为是 RS-232C 的简称。RS-232 的接线中除了用来传入传出数据的电线, 还有一些用来提供时序、状态和握手的电线, 如表 1.1 所示

表 1.1 DB-9 针以及 DB-25 针的 RS-232 引脚定义

DB-9 引脚	名称	全名	方向 (主机-外设)	DB-25 引脚
3	TXD	Transmit Data	→	2
2	RXD	Receive Data	←	3
7	RTS	Request To Send	→	4
8	CTS	Clear To Send	←	5
6	DSR	Data Set Ready	←	6
4	DTR	Data Terminal Ready	→	20
1	DCD	Data Carrier Detect	←	8
9	RI	Ring Indicator	←	22
5	GND	Signal Ground	↔	7

下面对各个信号进行介绍。

GND: Logic Ground, 从技术角度讲, GND 不能算是信号, 但是没有它, 其他信号都不能用了。Logic Ground 有点像一个参考电压, 可以通过它来判断哪个电压表示正、哪个电压表示负。

TXD: Transmitted Data, TXD 信号负载着从电脑或者设备到另一端 (比如调制解调器) 的数据。mark 范围的电压被解析成 1, 而 space 范围电压被解析成 0。

RXD: Received Data, RXD 于 TXD 正好相反, 它负载着从另一端的电脑或者设备上传到工作站的数据。mark 和 space 的解析方法与 TXD 一致。

DCD: Data Carrier Detect, DCD 信号通常来自串口连接线的另一端, 这条信号线上的 space 电压表示另一端的电脑或者设备现在已经连接。但是, DCD 信号线却不是总可以得到的, 有些设备上有这条信号线, 而有的则没有。

DTR: Data Terminal Ready, DTR 信号是由工作站产生的, 用以告诉另一端的电脑或者设备你是否已经准备好了。space 电压表示准备好了, 而 mark 电压表示没有准备好。当工作站上打开串行接口时, DTR 通常自动被设置为有效。

CTS: Clear To Send, CTS 则通常来自连接线的另一端, space 电压表示可以从工作站送出更多的数据。CTS 通常用来协调工作站和另一端之间的串行数据流。

RTS: Request To Send, 如果 RTS 信号被设置成 space 电压, 这表示准备好了一些数据需要传送。和 CTS 一样, RTS 也被用来协调工作站和另一端的电脑或者设备之间的数据流。有些工作站上会一直将这个信号设置为 space。

1.1.2 异步通信与同步通信及其格式

计算机为了弄懂传给它的串行数据, 需要确定每个字符开始和结束的位置, 这通常是用异步串行数据来完成的。在异步模式中, 除非有字符被传输, 否则串行数据线总是处于 mark(1)状态。有一个 Start 位会被加入传输字符的第 1 位之前, 在字符本身的位之后会有一个可选的 Parity 位和一个或者多个 Stop 位。Start 位总是 space(0)并且它会告诉计算机新的串行数据过来了。数据可以随时被送出或者接收, 这就是所谓的异步。本书以后所有提及的串口通信均指异步通信。

与异步数据不同, 同步数据是一个稳定的字节流。形象地说, 要同步就得有一个有固定节奏的“口哨”指令来标记数据传输的开始或结束, 这个“口哨”就是同步时钟。为了能够在线路上读取到数据, 计算机必须提供或者接收一个时钟, 这样才能保证发送端和接收端同步。尽管已经有同步时钟, 计算机还是必须以某种方式标志数据流的开端。这些同步协议都定义了一个确定的比特序列来表示数据包的开始和结束, 当然, 它们也定义了一个用来表示没有数据传输的比特序列, 这些比特序列可以帮助计算机识别数据包的开端。因为同步协议可以不使用每个字符的同步比特位, 所以通常它们的性能比异步通信快最少 25%, 而且一般比较适用于远距离的网络连接或者有两个串口接口的配置的情况。尽管同步通信的速度有优势, 大部分 RS-232 硬件却不支持它, 因为同步通信需要其他的硬件和软件。

可选的 Parity 位仅仅是所有传输位的和, 这个和用以表示传输字符中有奇数个 1 还是偶数个 1。在偶数 Parity 中, 如果有传输字符中有偶数个 1, 那么 Parity 位被设置成 0, 而传输字符中有奇数个 1, 那么 Parity 位被设置成 1。在奇数 Parity 中, 位设置与此相反。

还有一些术语,如 Space Parity、Mark Parity 和 No Parity, Space Parity 是指 Parity 位会一直被设置位 0;而 Mark Parity 正好与此相反, Parity 会一直是 1; No Parity 的意思就是根本不会传输 Parity 位。最后的位叫做 Stop 位,传输字符之间可以有 1 个、1.5 个或者 2 个 Stop 位,而且它们的值总是 1;通常, Stop 位是用于计算机一些时间处理前面的字符的,但是它只是用来同步接收数据的计算机和接收的字符。异步数据通常被表示成 8n1、7e1,它们分别表示“8 数据位, No Parity 和 1 个 Stop Bit”,以及“7 数据位, Even Parity 和 1 个 Stop Bit”,或者与此类似的形式。

1.1.3 RS-232 传输电缆长度

由于 RS-232C 标准规定在码元畸变小于 4% 的情况下,传输距离可达 15 m,其实这个 4% 的码元畸变是很保守的,在实际应用中,约有 99% 的用户是按码元畸变 10%~20% 的范围工作的,所以实际使用中最大传输距离会远超过 15 m。美国 DEC 公司曾在码元畸变为 10% 而得出下面实验结果,如表 1.2 所示。

表 1.2 DEC 公司的实验结果

波特率/bps	1 号电缆传输距离/m	2 号电缆传输距离/m
110	1500	900
300	1500	900
1200	900	900
2400	300	150
4800	300	75
9600	75	75

其中,1 号电缆为屏蔽电缆,型号为 DECP.NO.9107723,内有三对双绞线,每对由 22# AWG 组成,外部覆以屏蔽网;2 号电缆为不带屏蔽的电缆,型号为 DECP.NO.9105856-04,是 22#AWG 的四芯电缆。

从这个实验结果可以看出:

- (1) 速率越高距离越短,但是不是严格的反比例关系;
- (2) 屏蔽电缆比非屏蔽电缆明显传输得更远。

经过多年来 RS-232 器件及通信技术的改进,RS-232 的通信距离已经大大增加。BOSHIKA 对 RS-232 的通信距离标准进行了改进,EX232 型的 RS-232 增强器可以将普通的 RS-232 口的通信距离延长到 500~1000 m,并且提交到了 EIA。

1.1.4 RS-232 的实际应用

目前 RS-232 是 PC 与通信工业中应用最广泛的一种串行接口,被定义为一种在低速率串行通信中增加通信距离的单端标准。在数据通信领域中,包括各种终端和计算机端

口在内的设备称作数据终端设备，即 DTE；与之相比，调制解调器和其他通信设备，则称作数据通信设备，即 DCE。数据终端设备和数据通信设备之间的分界是连接它们的插件，而对这一分界的说明，则是从物理、电气及逻辑上进行数据交换的规则，它是由接口标准规定的。最常用的 EIA RS-232 标准，EIA 标准的很多内容已被其他许多标准化组织所采纳。RS-232C 是 1969 年 EIA 提出的建议标准（Recommend Standard），232 则表示一个具体通信标准的识别号码，后缀 C 表明此标准最后的修订版本。RS-232C 标准适用于数据终端设备与数据通信设备之间、速率范围为 0~115.2 kbps 的串行数据传输。此标准限制数据终端设备和数据通信设备之间的电缆长度为 15 m，RS-232C 标准的另一部分是规定用电缆接头作为数据终端设备和数据通信设备的接插件，这就是熟知的 DB-25 接插件。电缆两端都装备有“凸形”插头，通常它被设计成能插到调制解调的 DB-25 凹形插座上。后来 IBM 的 PC 将 RS-232 简化成了 DB-9 连接器，从而成为事实标准。而工业控制的 RS-232 口一般只使用 RXD、TXD、GND 三条线。

RS-232 采取不平衡传输方式，即所谓的单端通信。收、发端的数据信号是相对于信号地，如从 DTE 设备发出的数据在使用 DB-9 连接器时是 3 脚相对 5 脚（信号地）的电平。典型的 RS-232 信号在正负电平之间摆动，在发送数据时，发送端驱动器输出正电平在 +5~+15 V，负电平在 -5~-15 V 电平。当无数据传输时，线上为 TTL，从开始传送数据到结束，线上电平从 TTL 电平到 RS-232 电平再返回 TTL 电平。接收器典型的工作电平在 +3~+12 V 与 -3~-12 V。由于发送电平与接收电平的差仅为 2 V~3 V，所以其共模抑制能力差，再加上双绞线上的分布电容，其传送距离最大为约 15 m，最高速率为 115.2 kbps。RS-232 是为点对点（即只用一对收、发设备）通信而设计的，其驱动器负载为 3~7 k Ω ，所以 RS-232 适合本地设备之间的通信。

RS-232 与 RS-485 转换器如图 1-1 所示。

RS-232 串口通信接线方法：一般情况下，接口电路经常使用的有 7 条信号线，连接方法为 GND-GND、TXD-RXD、RXD-TXD、RTS-CTS、CTS-RTS、DTR-DSR、DSR-DTR；如果是三线制的 RS-232 通信，只接 GND-GND、TXD-RXD、RXD-TXD 即可。

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：接收数据引脚（或线）与发送数据引脚（或线）相连，相互交叉，信号地对应相接，就能“百战百胜”。串口调试中要注意的几点：

- 不同编码机制不能混接，如 RS-232 不能直接与 RS-422 接口相连，必须通过 RS-232 与 RS-485/RS-422 转换器才能连接；
- 线路焊接要牢固，不然程序没问题，却因为接线问题误事；
- 串口调试时，准备一个好用的调试工具，如串口调试助手、串口精灵等，有事半功倍之效果。

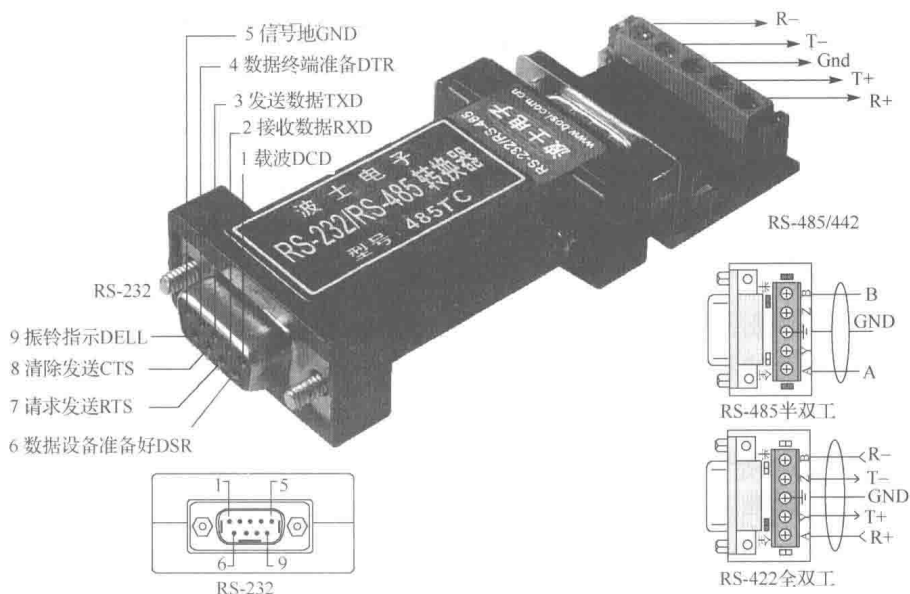


图 I-1 RS-232 与 RS-485 转换器

1.1.5 RS-232 接口的缺点及克服

RS-232 是最通常的用处是直接连接到一个 RS-232 设备或者通过 RS-485 的转换器连接到 RS-485 设备，其他拥有 RS-232 接口的设备包括打印机、数据采集模块、测试装置和控制回路。它具有以下优点：

- 它是无处不在的，每一台 PC 都有一个或者更多的 RS-232 接口；
- 在微控制器中，接口芯片使得将一个 5 V 串口转换成 RS-232 变得更容易；
- 连接距离可以达到 15~30 m，大多数的外设接口都不会用于太长的距离；
- 对于一个双向选择，只需要 3 条导线；一个并行连接器一般需要 8 条数据线，两条或者更多的控制信号线和几根接地线。

虽然 RS-232 标准已被承认并广泛用于各个领域，但一般来说 RS-232 接口标准有如下缺点：

- 数据传输速率慢（一般只能达到 115.2 kbps）；
- 传输距离短（一般装置间电缆长度为 15 m 之内）；
- 接口处信号容易互相干扰，传输距离越长干扰越重；
- 不支持多机通信，也就是说，在一个连接器中不能有超过 2 台以上的设备；
- 指定的最大数据传输速率是 115200 bps。

但是，最近很多接口芯片可以超过这个值，尤其是在短程连接上，只要通过互联网传输即可。互联网是基于 TCP/IP 协议的，可以很好地克服上述缺点。