

通信简介

通信方式分为两种：

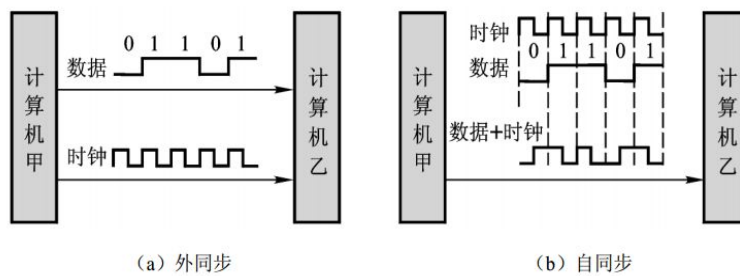
- 串行（字符数据按位传输，区别高低位，控制时序稍复杂-）
- 并行（数据位一次传输完成，传输中需要其他控制信号线完成，速度快）

通信协议：

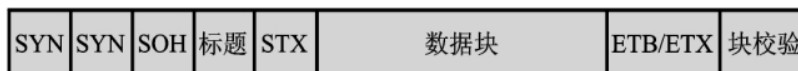
包含数据格式，同步方式，传输速率，校验方式等。

串行通信同步方式

- 同步（发送接收方使用同一套时钟）
同步通信时要建立发送方时钟对接收方时钟的直接控制。
 - 外同步：有一单独的时钟信号
 - 内同步：数据与时钟信号一同发送



面向字符同步（IBM 的二进制同步规程 BSC）



面向位同步（HDLC 和 IBM 的同步数据链路控制规程 SDLC）



- 异步（发送接收使用各自的时钟）
异步通信的特点是不要求收发双方时钟的严格一致，实现容易，设备开销较小，但每个字符要附加 2~3 位用于起止位，各帧之间还有间隔，因此传输效率不高。

通信方向

单工，半双工，全工。

校验方式

- 奇偶校验
 - 奇校验 包含校验位，累计的 1 为偶数个
 - 偶校验 包含校验位，累计的 1 为奇数个
- CRC 校验
- 累加和校验

传输速率（波特率与比特率）

比特率是每秒钟传输二进制代码的位数，单位是：位 / 秒（bps）。如每秒钟传送 240 个字符，而每个字符格式包含 10 位（1 个起始位、1 个停止位、8 个数据位），这时的比特率为 $10 \text{ 位} \times 240 \text{ 个/秒} = 2400 \text{ bps}$ bit/s

[参考文档 关于波特率与比特率的概念](#)

传输速率应该用比特率。

比特率 = 波特率 X 单个调制对应的二进制位数。

接口通信

RS232（全双工）

机械特性：阳头为计算机端

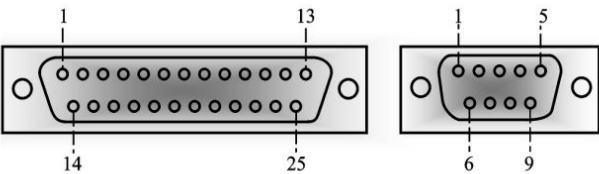


图 6.10 DB-25（阳头）和 DB-9（阳头）连接器定义

插 针 序 号	信 号 名 称	功 能	信 号 方 向
1	PGND	保护接地	
2 (3)	TXD	发送数据（串行输出）	DTE→DCE
3 (2)	RXD	接收数据（串行输入）	DTE←DCE
4 (7)	RTS	请求发送	DTE→DCE
5 (8)	CTS	允许发送	DTE←DCE
6 (6)	DSR	DCE 就绪（数据建立就绪）	DTE←DCE
7 (5)	SGND	信号接地	
8 (1)	DCD	载波检测	DTE←DCE
20 (4)	DTR	DTE 就绪（数据终端准备就绪）	DTE→DCE
22 (9)	RI	振铃指示	DTE←DCE

注：插针序号（）内为 9 针非标准连接器的引脚号。

电气特性：

RS-232C 采用负逻辑电平，规定 DC（-3~-15V）为逻辑 1，DC（+3~+15V）为逻辑 0。-3~+3V 为过渡区，不作定义。如图 6.11 所示。

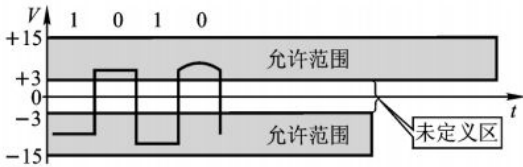


图 6.11 RS-232C 通信电平

应注意，RS-232C 的逻辑电平与通常的 TTL 和 MOS 电平不兼容。为了实现与 TTL 或 MOS 电路的连接，要外加电平转换电路。

RS-232C 发送方和接收方之间的信号线采用多芯信号线，要求多芯信号线的总负载电容不能超过 2 500pF。

通常，RS-232C 的传输距离为几十米，传输速率小于 20Kbps。

RS-422A（全双工）

与 RS232 区别是收发双方的信号地不再共用。另外，每个方向用于传输数据的是两条平衡导线。

所谓“平衡”，是指输出驱动器为双端平衡驱动器。如果其中一条线为逻辑“1”状态，另一条线就为逻辑“0”，比采用单端不平衡驱动对电压的放大倍数大一倍。驱动器输出允许范围是 $\pm 2 \sim \pm 6V$ 。

差分电路能从地线干扰中拾取有效信号，差分接收器可以分辨 200mV 以上的电位差。若传输过程中混入了干扰和噪声，由于差分放大器的作用，可使干扰和噪声相互抵消。因此可以避免或大大减弱地线干扰和电磁干扰的影响。

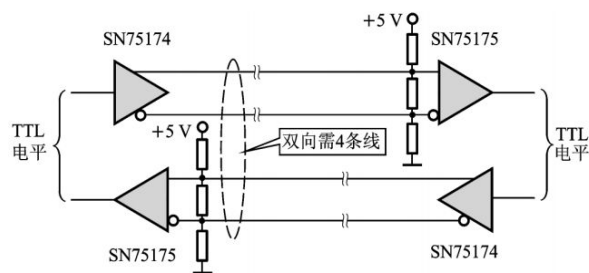


图 6.16 RS-422A 平衡驱动差分接收电路

RS-485（半双工）

点对多（最多 32）。差模信号。

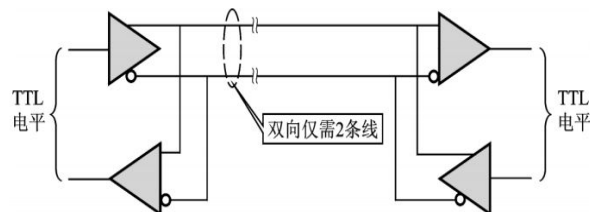


图 6.17 RS-485 接口示意图

规定		RS232	RS422	RS485
工作方式		单端	差分	差分
节点数		1收、1发	1发10收	1发32收
最大传输电缆长度		50英尺	400英尺	400英尺
最大传输速率		20Kb/S	10Mb/s	10Mb/s
最大驱动输出电压		+/-25V	-0.25V~+6V	-7V~+12V
驱动器输出信号电平 (负载最小值)	负载	+/-5V~+/-15V	+/-2.0V	+/-1.5V
驱动器输出信号电平 (空载最大值)	空载	+/-25V	+/-6V	+/-6V
驱动器负载阻抗(Ω)		3K~7K	100	54
摆率(最大值)		30V/ μs	N/A	N/A
接收器输入电压范围		+/-15V	-10V~+10V	-7V~+12V
接收器输入门限		+/-3V	+/-200mV	+/-200mV
接收器输入电阻(Ω)		3K~7K	4K(最小)	$\geq 12K$
驱动器共模电压			-3V~+3V	-1V~+3V
接收器共模电压			-7V~+7V	-7V~+12V

抗干扰以及电阻匹配

参阅 WIZ_RS232 RS485 电气特性与抗干扰设计

8051 串口通信

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

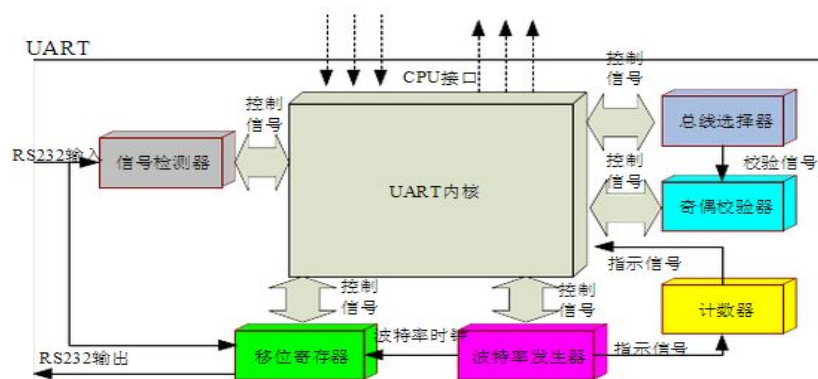
工作方式

- 方式 0, 8 位移位寄存器, 同步通信, 一般配合移位器件或其他器件使用。
- 方式 1, 8 位异步全双工, 可变比特率。
- 方式 2, 9 位异步, 全双工。固定比特率。可使用奇偶校验或多机通信。
- 方式 3, 9 位异步全双工, 可变波特率。可使用奇偶校验或多机通信。

根据 80C31 串行口的多机通信能力, 多机通信可以按照以下协议进行:

- (1) 所有从机的 SM2 位置 1, 处于接收地址帧状态。
- (2) 主机发送一地址帧, 其中 8 位是地址, 第 9 位为地址/数据的区分标志, 该位置 1 表示该帧为地址帧。
- (3) 所有从机收到地址帧后, 都将接收的地址与本机的地址比较。对于地址相符的从机, 使自己的 SM2 位置 0 (以接收主机随后发来的数据帧), 并把本站地址发回主机作为应答; 对于地址不符的从机, 仍保持 SM2=1, 对主机随后发来的数据帧不予理睬。
- (4) 从机发送数据结束后, 要发送一帧校验和, 并置第 9 位 (TB8) 为 1, 作为从机数据传送结束的标志。
- (5) 主机接收数据时先判断数据接收标志 (RB8), 若 RB8=1, 表示数据传送结束, 并比较此帧校验和。若正确, 则回送正确信号 00H, 此信号命令该从机复位 (即重新等待地址帧); 若校验和出错, 则发送 0FFH, 命令该从机重发数据。若接收帧的 RB8=0, 则存数据到缓冲区, 并准备接收下帧信息。
- (6) 主机收到从机应答地址后, 确认地址是否相符。如果地址不符, 发复位信号 (数据帧中 TB8=1); 如果地址相符, 则清 TB8, 开始发送数据。
- (7) 从机收到复位命令后回到监听地址状态 (SM2=1)。否则开始接收数据和命令。

UART 主要由 UART 内核、信号检测器、移位寄存器、波特率发生器、计数器、总线选择器和奇偶校验器 7 个模块组成。



图二 UART 实现原理图

内部实现简单机制: 参见文档

软件设计

数据（一字节）传输低位在前，高位在后。

串口接收的时候，接收器以所选择波特率的 16 倍速率（波特率因子）采样 RXD 引脚电平。
在发送数据时，发送器在发送时钟的下降沿将移位寄存器的数据串行移位输出；
在接收数据时，接收器在接收时钟的上升沿对接收数据采样，进行数据位检测，

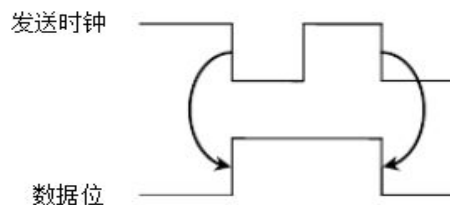


图 7.4 发送时钟

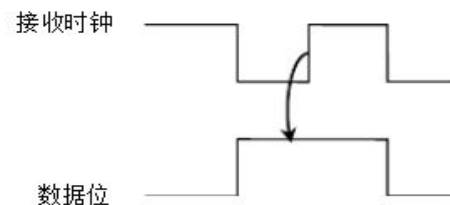


图 7.5 接收时钟

接收/发送时钟频率与波特率有如下关系：

$$\begin{aligned} \text{收/发时钟频率} &= n \times \text{收/发波特率} & \text{或} \\ \text{收/发波特率} &= \frac{\text{收/发时钟频率}}{n} & n=1, 16, 64 \end{aligned}$$

数据格式

（1）起始位：起始位必须是持续一个比特时间的逻辑 0 电平，标志传输一个字符的开始，接收方可用起始位使自己的接收时钟与发送方的数据同步。

（2）数据位：数据位紧跟在起始位之后，是通信中的真正有效信息。数据位的位数可以由通信双方共同约定，一般可以是 5 位、7 位或 8 位，标准的 ASCII 码是 0~127（7 位），扩展的 ASCII 码是 0~255（8 位）。传输数据时先传送字符的低位，后传送字符的高位。

（3）奇偶校验位：奇偶校验位仅占一位，用于进行奇校验或偶校验，奇偶校验位不是必须有的。如果是奇校验，需要保证传输的数据总共有奇数个逻辑高位；如果是偶校验，需要保证传输的数据总共有偶数个逻辑高位。由此可见，奇偶校验位仅是对数据进行简单的置逻辑高位或逻辑低位，不会对数据进行实质的判断，这样做的好处是接收设备能够知道一个位的状态，有可能判断是否有噪声干扰了通信以及传输的数据是否同步。

（4）停止位：停止位可以是 1 位、1.5 位或 2 位，可以由软件设定。它一定是逻辑 1 电平，标志着传输一个字符的结束。

（5）空闲位：空闲位是指从一个字符的停止位结束到下一个字符的起始位开始，表示线路处于空闲状态，必须由高电平来填充。

异步通信的数据发送过程

清楚了异步通信的数据格式之后，就可以按照指定的数据格式发送数据了，发送数据的具体步骤如下：

- （1）初始化后或者无需发送数据，发送端输出逻辑 1，可以有任意数量的空闲位。
- （2）当需要发送数据时，发送端首先输出逻辑 0，作为起始位。
- （3）接着就可以开始输出数据位了，发送端首先输出数据的最低位 D0，然后是 D1，最后是数据的最高位。
- （4）如果设有奇偶检验位，发送端输出检验位。

- (5) 最后，发送端输出停止位（逻辑 1）。
- (6) 如果没有信息需要发送，发送端输出逻辑 1（空闲位），如果有信息需要发送，则转入步骤（2）。

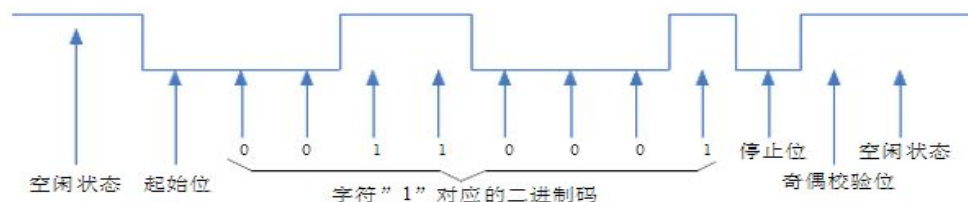
异步通信的数据接收过程

在异步通信中，接收端以接收时钟和波特率因子决定每一位的时间长度。下面以波特率因子等于 16（接收时钟每 16 个时钟周期使接收移位寄存器移位一次）为例来说明。

- (1) 开始通信，信号线为空闲（逻辑 1），当检测到由 1 到 0 的跳变时，开始对接收时钟计数。
- (2) 当计到 8 个时钟的时候，对输入信号进行检测，若仍然为低电平，则确认这是起始位，而不是干扰信号。
- (3) 接收端检测到起始位后，隔 16 个接收时钟对输入信号检测一次，把对应的值作为 D0 位数据。
- (4) 再隔 16 个接收时钟，对输入信号检测一次，把对应的值作为 D1 位数据，直到全部数据位都输入。
- (5) 检验奇偶校验位。
- (6) 接收到规定的数据位个数和校验位之后，通信接口电路希望收到停止位（逻辑 1），若此时未收到逻辑 1，说明出现了错误，在状态寄存器中置“帧错误”标志；若没有错误，对全部数据位进行奇偶校验，无校验错时，把数据位从移位寄存器中取出送至数据输入寄存器，若校验错，在状态寄存器中置“奇偶错”标志。
- (7) 本帧信息全部接收完，把线路上出现的高电平作为空闲位。
- (8) 当信号再次变为低时，开始进入下一帧的检测。

几个概念

- (1) 发送时钟：发送数据时，首先将要发送的数据送入移位寄存器，然后在发送时钟的控制下，将该并行数据逐位移位输出。
- (2) 接收时钟：在接收串行数据时，接收时钟的上升沿对接收数据采样，进行数据位检测，并将其移入接收器的移位寄存器中，最后组成并行数据输出。
- (3) **波特率因子**：波特率因子是指发送或接收 1 个数据位所需要的时钟脉冲个数。在同步传送方式，必须取 $n=1$ ，即接收/发送时钟的频率等于收/发波特率。在异步传送方式， $n=1, 16, 64$ ，即可以选择接收/发送时钟频率是波特率的 1, 16, 64 倍。因此可由要求的传送波特率及所选择的倍数 n 来确定接收/发送时钟的频率。



图一 RS232 串口通信时序图

波特率误差分析

理论上一个字节发送或接收中 BIT 累加误差不能超过 50%，传送 9 位数据格式+开始,停止位总共是 11 位。 $11 \times 4\% = 48\%$ 约等于 50%，实际上一般 2%以内可以比较可靠通信（考虑对方误差）。

由于是异步通信，异步的波特率误差不会产生累积效应的。所以只要能保证一个字符的传送没有问题即可，反正都是先起始位，再数据位，最后是停止位。

“

串口波特率高输出容易误码

单片机以波特率 16 倍的速度对串口信号采样 当发现起始信号以后与外部同步 每个信号位采样 16 次 其中选择中间三位(7、8、9)的值做此传输位值 这三个位的值如果不同 也要 3 选 2 选 2 位一致的电平值为信号值

采样 3 次，那么每一位中间 $t/2$ 已及前后各一次吧。那么当原本中间的这次采样偏差超过 $t/2$ 就必然有 2 次采样落到相邻的位上。落到相邻的 2 次采样结果必然一样

比如 A 发，B 收。假设发送一位的时间是 t 。

B 在接收时要不断采样，发现起始位后将试图以起始位的中点时刻开始每隔 t 时间取值一次。假如 A、B 两者时钟精度一致，那么 B 取值时刻都在数据位的中点上，也就是每一位的 $t/2$ 处。当 A、B 之间时钟有相对误差时，串口帧最后一位停止位时，B 的采样时刻偏离这一位中点将达到最大值。但只要 A、B 之间最后累积偏差值 $< t/2$ 时，B 就不会采样到相邻的位，也就是不会出现错误。所以 t 值越大宽容度越高，也就是波特率越小越不容易出错

”当使用软件模拟的时候，需要注意。

误差来源有 4:

- 串口时钟启动，停止的滞后。 T_1
- 时钟发生器产生时钟的本身误差（1 个机器周期） T_2
- 晶振误差 T_3
- 波特率发生器/定时器计算误差 T_4

软件模拟串口通信（参考波特率因子）

为了提高串行通信的抗干扰能力，

往往用多个时钟调制1个二进制数据，

调制1个二进制数据所用的收/发时钟个数称为波特率因子，

用 n 表示波特率因子，则：

$$\text{收/发时钟频率} = \text{波特率} \times \text{波特率因子 } n$$

例如 波特率因子为16，则16个时钟脉冲移位1次

当 $n=16$ 时，

接收器以数据波特率16倍的时钟对所接收的数据进行检测：

首先正确地检测到起始位，然后逐位确定各个数据位。

具体过程如下：

接收器在每个接收时钟的上升沿采样接收数据线，

当发现接收数据线出现低电平时，就认为是起始位的开始，

若在连续的8个时钟周期内检测到接收数据线仍保持低电平，

则确认它为起始位，而不是干扰信号。

通过这种方法，

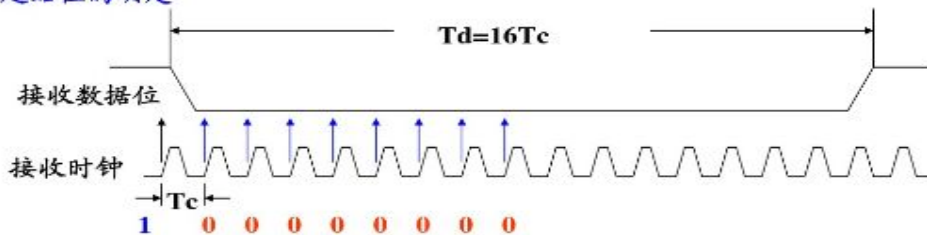
不仅能够排除接收线上的噪声干扰，识别假起始位，

而且能够相当精确地确定起始位的中间点，

从而提供一个准确的时间基准，

从这个基准算起，每个16个 T_c 采样一次数据线，作为输入数据。

起始位的确定



数据位的采样

