



STM32 MCU Development

# STM32 单片机开发

-- 通信基本概念与串口通信

## 目录

1. 通信基础知识.....	3
1.1. 计算机通信.....	3
1.2. 同步与异步通信.....	3
1.3. 并行与串行通信.....	4
1.4. 全双工、半双工、单工.....	4
1.5. 电平信号和差分信号.....	4
2. 串口通信.....	5
2.1. 串口通信介绍.....	5
2.2. 串口通信基本原理.....	6
2.3. 串口通信基本概念.....	7
3. RS485 总线.....	9
3.1. RS485 介绍.....	9
3.2. RS485 应用.....	11

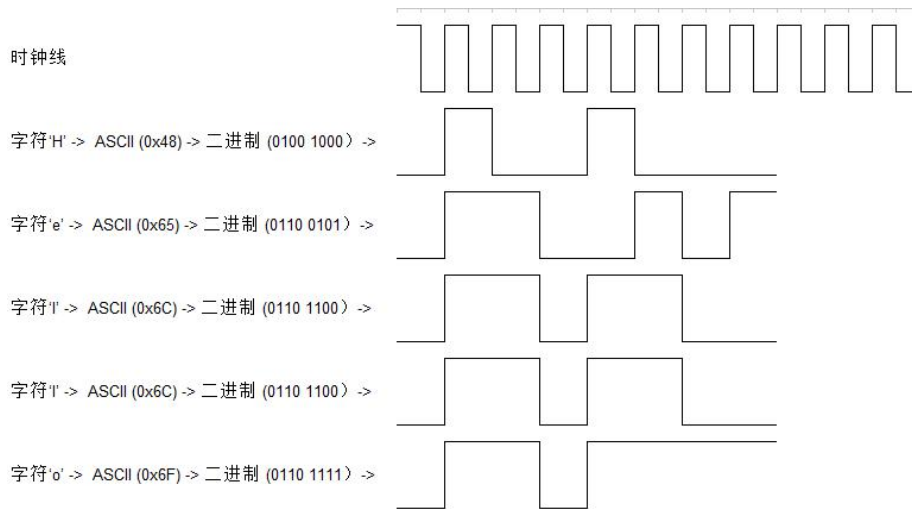
## 1. 通信基础知识

### 1.1. 计算机通信

我们知道程序的作用是对数据进行处理，而 CPU 主要是用来执行程序的。那 CPU 是如何获取内存或其他外设(芯片)之间的进行数据交互的呢？这时候就涉及到计算机通信的基本概念。

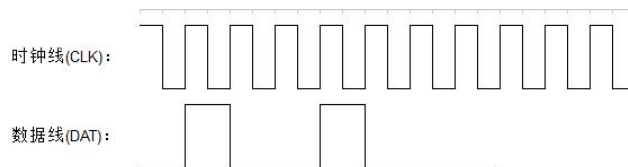
假设现在 CPU 需要给某个外设芯片发送字符串“Hello”，我们知道字符串是由字符组成的，一个字符就是一个字节，这样“Hello”这个字符串可以一个一个字符(字节)发出去。

另外我们知道计算机所能处理的是 0、1、0、1 这样的数字信号，表现在物理硬件上就是高低电平，这样每个字节的数据就可以通过 8 个连续的高、低电平发送给对方了。如下图所示，“Hello”这个字符串的发送电平图如下所示：



### 1.2. 同步与异步通信

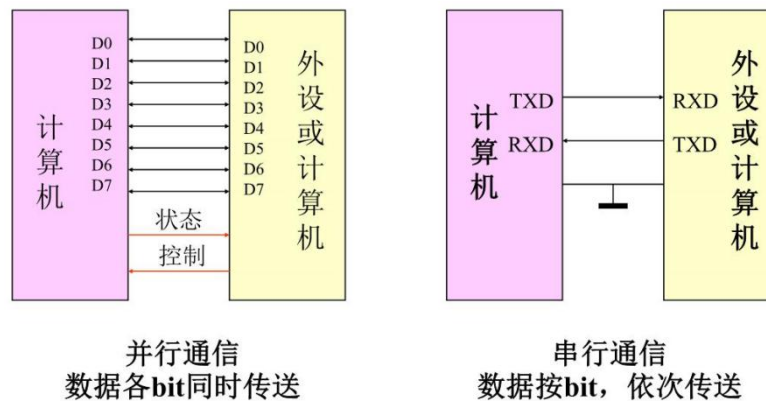
如果收发双方在通信时，有同步时钟信号则叫同步通信。



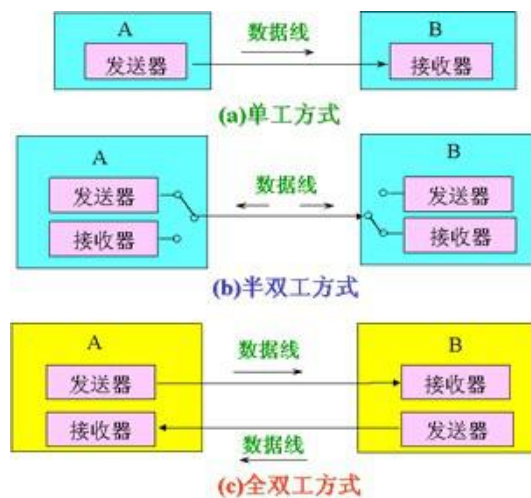
如果收发双方在通信时，没有同步时钟信号则叫异步通信。异步通信靠通信速率来规范高/低电平要维持多长时间来表示 0/1，这个速率叫做波特率(baudrate)，其单位为 bps(bits per second)。



### 1.3. 并行与串行通信



### 1.4. 全双工、半双工、单工



### 1.5. 电平信号和差分信号

电平信号和差分信号是用来描述通信线路传输方式的，也就是说如何在通信线路上表示 1 和 0。电平信号的传输线中有一个参考电平线(一般是 GND)，然后信号线上的信号值是由信号线电平和参考电平线的电压差决定；差分信号的传输线中没有参考电平线，所有都是信号线(D+,D-)，然后 1 和 0 的表达靠信号线之间的电压差。

电平信号的两根通信线(数据线和 GND)之间的电平差异容易受到干扰，传输容易失败；差分信号不容易受到干扰，因此传输质量比较稳定。现代通信(如网线、USB 线等)一般都使用差分信号，电平信号几乎没有了。经过这么多年的发展，最终胜出的是：异步、串行、差分，譬如 USB 和网络通信。

## 2. 串口通信

### 2.1. 串口通信介绍

串口通信在早期是计算机与外界通信的主要手段，那时候的计算机基本上都标配串口以实现和外部通信，而现如今 PC 上基本上很少见到了，如果在某些特定领域需要使用的话，通常会买 USB 转串口设备来扩展使用。

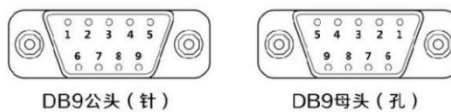
因为串行通信比较简单，它在嵌入式领域使用得非常广泛，如我们经常使用的通信模块 GPRS/3G/4G/5G/NB-IoT、GPS、串口 WiFi、蓝牙、Zigbee、LoRa 等等几乎全部都是使用串口通信，这也就导致熟练掌握串口通信是嵌入式开发人员的必备技能之一。

串口通信早期就定义了一套标准的串口规约，DB9（9 个引脚）接口就是标准接口，此外还有不常见的 DB25（25 个引脚）。大家注意串口 DB9 是 9Pin 的接头，不要跟我们 PC 上的 VGA（接显示器、投影仪等图形化设备的接口）接头搞混淆了。



DB9 接口中有 9 根通信线，其中 3 根线(GND、TXD、RXD)很重要必不可少，剩余 6 根都是和流控有关的，现在我们使用串口都是用来做调试一般都禁用流控，所以这 6 根很少使用。

### DB9串口定义及接线参考

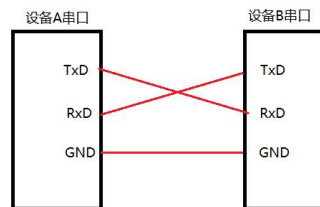


针脚编号	名称	功能
1	DCD(Data Carrier Detect)	数据载波检测
2	RXD (Received Data)	串口数据输入
3	TXD (Trasmitted Data)	串口数据输出
4	DTR (Rata Terminal Ready)	数据终端就绪
5	GND (Signal Ground)	信号地线
6	DSR (Data Send Ready)	数据发送就绪
7	RTS (Request to Send)	发送数据请求
8	CTS (Clear to Send)	发送清除
9	RI (Ring Indicator)	铃声指示

## 2.2. 串口通信基本原理

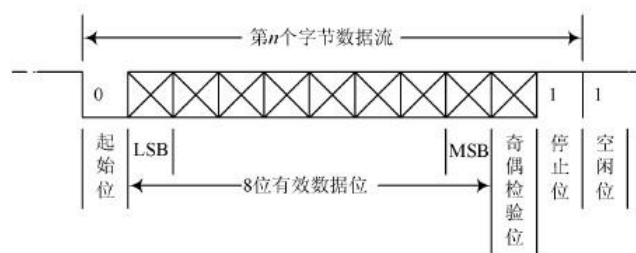
### 串口通信连线：

任何通信都要有信息传输载体，或者是有线的或者是无线的。串口通信是通过串口线进行有线通信，在通信时最少需要两根线(GND 和信号线)既可以实现单工通信，GPS 模块就是典型的串口单工通信实例。此外大部分的串口通信都是使用 3 根线(TXD、RXD、GND)来实现全双工通信。下面是全双工串口连线示意图：



### 串口通信时序：

串口通信时，收发是一个周期一个周期进行的，每个周期传输  $n$  个二进制位。这一个周期就叫做一个通信单元，一个通信单元由：起始位+数据位+奇偶校验位+停止位组成的。



### 起始位：

它表示发送方要开始发送一个通信单元，起始位的定义是串口通信标准事先指定的，是由通信线上的电平变化来反映的。对于串口通信而言总线没有数据传输空闲时维持高电平，一旦产生一个下降沿变成低电平则表示起始信号。

### 数据位：

它一个通信单元中发送的有效信息位，是本次通信真正要发送的有效数据，串口通信一次发送多少位有效数据是可以设定的（可选的有 6、7、8、9，一般都是选择 8 位数据位，因为一般通过串口发送的数据都是以字节为单位的 ASCII 码编码，而 ASCII 码中一个字符刚好编码为 8 位）。

### 校验位：

它是用来校验数据位，以防止数据位出错的。这里有两种校验方式，即奇校验和偶校验。其中：

- 奇校验保证传输过程中 1 的个数为奇数，如 8 位数据传输中 1 的个数为偶数，则校验位为 1；
- 奇校验保证传输过程中 1 的个数为偶数，如 8 位数据传输中 1 的个数为偶数，则校验位为 0；



## 停止位：

它是发送方用来表示本通信单元结束标志的，停止位的定义是串口通信标准事先指定的，是由通信线上的电平变化来反映的。常见的有 1 位停止位、1.5 位停止位、2 位停止位等，一般使用的是 1 位停止位。

## 总结：

串口通信是异步通信，所以通信双方必须事先约定好通信参数，这些通信参数包括：波特率、数据位、校验位、停止位，这些参数中的任何一个设置错误，都会导致通信失败。譬如波特率调错了，发送方发送没问题，接收方也能接收，但是接收到全是乱码。

## 2.3. 串口通信基本概念

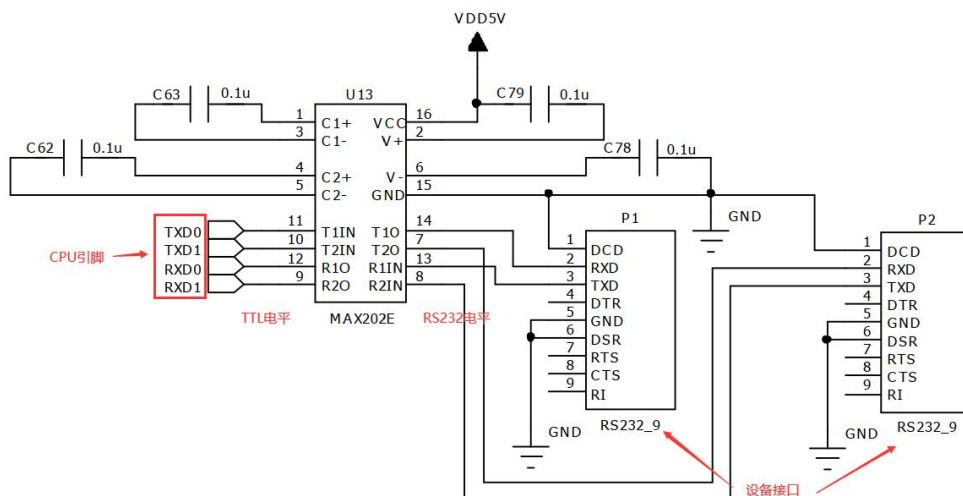
### TTL 电平与 RS232 电平：

电平信号是用信号线电平减去参考线(GND)电平得到的电压差，这个电压差决定了传输值是 1 还是 0。在电平信号中多少 V 代表 1，多少 V 代表 0 是不固定的，取决于电平标准。

- RS232 电平中-15V ~ -3V 表示 1，+3V ~ +15V 表示 0；
- TTL 电平中+5V 表示 1，0V 表示 0。

不管哪种电平都是为了在传输线上表示 1 和 0，区别在于适用的环境和条件不同。RS232 电平适合干扰大、距离远的情况，一般传输距离小于 15 米，用于工业上；TTL 电平适合距离近且干扰小的情况，一般用在电路板内部的两个芯片之间。

对于编程来说，RS232 电平传输和 TTL 电平传输是没有差异的。所以电平标准对硬件工程更有意义，而软件工程师只要略懂即可，这里主要是在连接两个串口设备时，TTL 电平和 RS232 电平串口不可以混接，一般 CPU 或芯片引出的串口默认都是 TTL 电平，如果要转成 RS232 电平的话一般会接一个 MAX232 的芯片。如下图所示：



## 串口使用注意事项

现在我们的 PC 基本上都没有串口接口了，在我们调试单片机的过程中又需要使用串口来进行程序调试，这样不可避免需要购买 USB 转串口设备。那么在购买 USB 转串口设备时，我们又要注意哪些事项呢？

- 如果对方设备是 DB9 接头，则要根据对方提供的是公头还是母头，来购买相应的接口类型；
- 要根据对方设备是 RS232 电平还是 TTL 电平来购买相应的 USB 转串口设备；
- 如果对方开发板上提供的是插针或公头，则可以使用公头接头+杜邦线来连接；
- USB 转串口设备的价格差别主要是芯片和晶振好坏，10 元左右的串口线误码率和丢包率极高；
- USB 转串口芯片一般有 CH34x、PL2303、CP210x、FT232 等，稳定性和价格由低到高；
- 不同的 USB 转串口设备用的芯片可能不一样，那安装的驱动也应该不一样；



## 串口通信特点：

- 串口通信单向只有一个数据线实现通信，同时只能传输 1 个二进制位数据，所以是串行通信；
- 串口通信的发送方和接收方之间没有统一的时钟信号，所以它是异步通信方式；
- 串口通信即可以实现全双工通信，也可以实现单工通信；
- 串口通信出现时间较早、速率较低，并且采样电平信号传输，抗干扰能力不强，传输的距离较近；



### 3. RS485 总线

RS-485 是美国电子工业协会（EIA）在 1983 年批准了一个新的平衡传输标准，EIA 一开始将 RS（Recommended Standard）做为标准的前缀，不过后来为了便于识别标准的来源，已将 RS 改为 EIA/TIA。目前标准名称为 TIA-485，但工程师及应用指南仍继续使用 RS-485 来称呼此标准。

RS485 和 RS232 一样都是基于串口的通讯接口，数据收发的操作是一致的，但是它们在实际应用中通讯模式却有着很大的区别，RS232 接口为全双工数据通讯模式，而 RS485 接口一般为半双工数据通讯模式，数据的收发不能同时进行，为了保证数据收发的不冲突，硬件上是通过方向切换来实现的，相应也要求软件上必须将收发的过程严格地分开。

#### 3.1. RS485 介绍

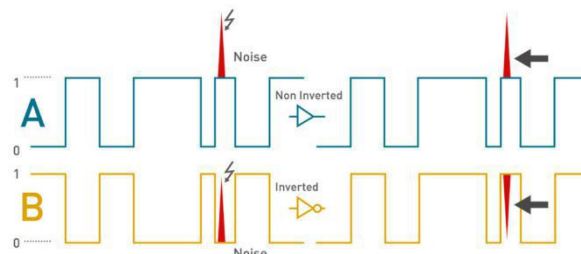
RS-232-C 接口标准出现较早，这就难免有不足之处，主要有以下几点：

- 接口使用一根 Tx 信号线和一根 Rx 信号线而构成共地的传输形式，这种方式抗噪声抗干扰性弱；
- 传输距离有限，最大传输距离标准值为 50 英尺，实际上也只能用在 50 米左右。
- 传输速率较低，在异步传输时，波特率为 20Kbps（一般是 115200bps）；
- 通信的时候只能两点之间进行通信，不能够实现多机联网通信；
- RS232 与 TTL 电平不兼容，另外接口的信号电平值较高，易损坏接口电路的芯片；

针对 RS232 接口的不足，就不断出现了一些新的接口标准，RS485 就是其中之一，它具备以下的特点：

- 差分传输增加噪声抗扰度，减少噪声辐射；
- 长距离链路，最长可达 4000 英尺（约 1219 米）；
- 数据速率高达 10Mbps（40 英寸内，约 12.2 米）；
- 同一总线可以连接多个驱动器和接收器
- 宽共模范围允许驱动器和接收器之间存在地电位差异，允许最大共模电压 -7-12V

RS-485 能够进行远距离传输主要得益于使用差分信号进行传输，当有噪声干扰时仍可以使用线路上两者差值进行判断，使传输数据不受噪声干扰。



RS-485 差分线路包括以下 2 个信号：

A: 非反向（non-inverting）信号

B: 反向（inverting）信号

也可能会有第 3 个信号，为了平衡线路正常动作要求所有平衡线路上有一个共同参考点，称为 SC 或者 G。该信号可以限制接收端收到的共模信号，收发器会以此信号作为基准值来测量 AB 线路上的电压。

RS485 有两线制和四线制两种接线，四线制是全双工通讯方式，两线制是半双工通讯方式。RS485 采用差分信号负逻辑，+2V~+6V 表示“0”，-6V~-2V 表示“1”：

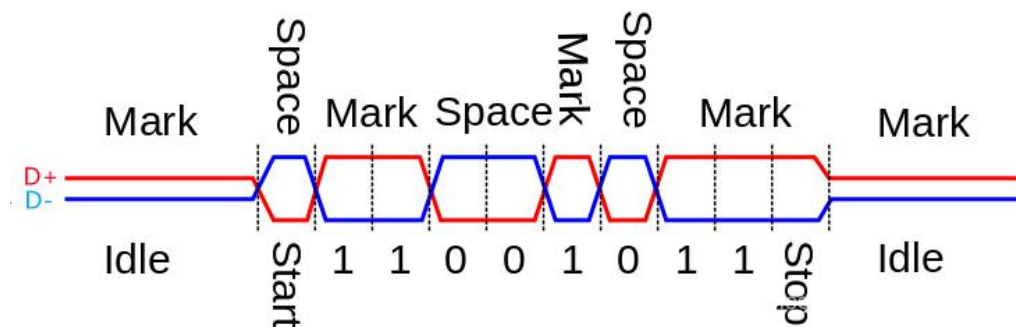
- 若是 SPACE（逻辑 0），线路 A 信号电压比线路 B 高；
- 若是 MARK（逻辑 1），线路 B 信号电压比线路 A 高；

不同的 IC 使用的信号标示方式不同，不过 EIA 的标准中只使用 A 和 B 的名称。数据为 1 时，信号 B 会比信号 A 要高。不过因为标准其中也提到信号 A 是“非反向信号”，信号 B 是“反向信号”。因此信号 A、B 的定义就更容易混淆了，许多组件制造商（错误的）依循了这个 A/B 的命名原则，所以具体定义需要实际参考设计厂家芯片手册。

为了不引起分歧，一种常用的命名方式是：

- TX+ / RX+ 或 D+来代替 B（信号 1 时为高电平）
- TX- / RX- 或 D-来代替 A（信号 0 时为低电平）

下图列出在 RS-485 利用“异步开始-停止”方式发送一个字符（0xD3，MSB）时，D+端子及 D-端子上的电压变化。



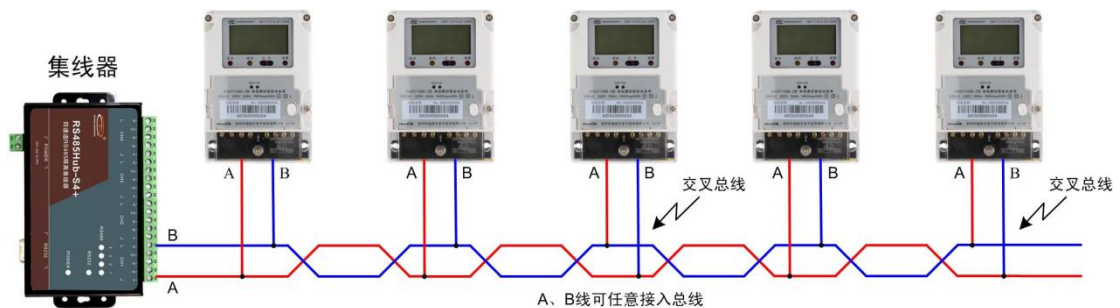
### 3.2. RS485 应用

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 RS-232、RS-485/RS-422、CAN、I2C、SPI、I2S、LIN 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。

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。RS-485 标准提供的接口可承受恶劣环境。

RS485 总线是一种常见的串行总线标准，采用平衡发送与差分接收的方式，因此具有抑制共模干扰的能力。在一些要求通信距离为几十米到上千米的时候，RS485 总线是一种应用最为广泛的总线。而且在多节点的工作系统中也有着广泛的应用。

当需要多个总线主机/驱动器时，RS-485 具有更高的灵活性。该标准是在 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。