



# 微机原理和接口技术

## 第十七讲 串行通信1

---



# 提 纲

1. 总线与通信

6. UART的应用-1

2. 通信协议与校验方式

7. UART的应用-2

3. UART的组成结构

8. RS232/RS485通信技术与应用

4. UART的工作方式

5. UART的波特率

# 提 纲

## 1. 总线与通信



# 总线与通信

---

**主要介绍总线与通信的概念和基本原理，包括总线类型，异步通信的帧格式、波特率，以及串行通信的数据传送方式。**



# 总线与通信

---

主要介绍总线与通信的概念和基本原理，包括总线类型，异步通信的帧格式、波特率，以及串行通信的数据传送方式。



# 总线与通信

总线：微控制器系统、测量仪器系统内部以及相互之间信息传递的公共通道。

总线分类：芯片总线、系统总线、通信总线

## 1. 芯片总线

功能：连接片内各模块的通道，用于模块之间的信息传输。

- 8051 MCU内部总线：数据总线DB、地址总线AB、控制总线CB
- 微控制器的片内总线大都采用并行的单总线结构（分时复用）

## 2. 系统总线：也称为内总线

功能：微控制器系统或智能仪器内部各模块、各器件之间传送信息的通道。

- 系统总线分为并行系统总线（如PCI总线、VXI总线）和串行系统总线（如I<sup>2</sup>C、SPI、1-wire）。



# 总线与通信

## 3. 通信总线：也称为外总线

功能：两个或多个系统之间传送信息的通道。

➤ 通信总线分为并行通信总线（如IEEE488总线）和串行通信总线（如RS232、RS485总线）

并行通信：数据字节的各位同时被传送或接收

特点：传输速度快，当传输距离远、位数多时，会提高成本、降低通信成功率。

串行通信：数据字节的各位按顺序逐位传送或接收

特点：只需2-3根传输线，线路简单、成本低，特别适合远距离通信，但传输速度相对并行通信要慢。



## 总线与通信

---

串行真的很慢吗？

3G、4G、5G其实都是串行通信。



# 总线与通信

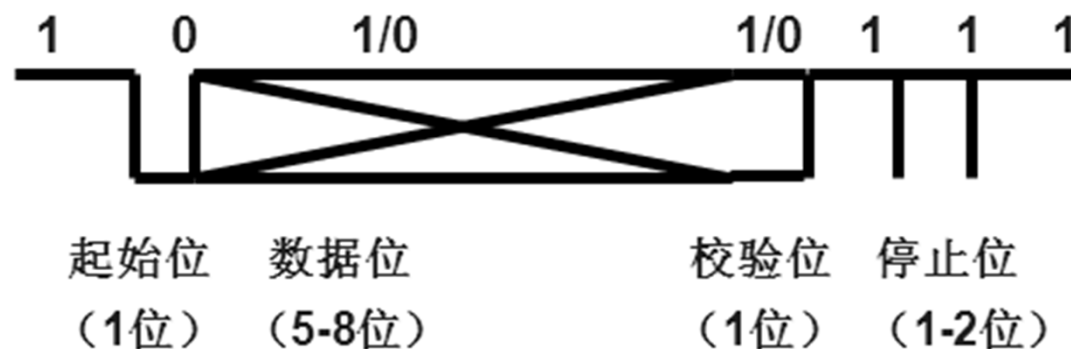
串行通信类型按数据的传递方式不同，可分为异步通信与同步通信。

## 1. 异步通信

异步通信中数据或字符按帧发送。

### (1) 数据帧格式

一个字符完整的通信格式为一个数据帧，由起始位、数据位、奇偶校验位和停止位组成。





# 总线与通信

数据帧中各部分：

- **起始位：**为逻辑“0”信号，占用一位，用来通知接收设备，一个新的字符开始了。
- **数据位：**紧跟着起始位的是5~8位数据的最低位LSB，异步传送规定低位在前，高位在后。
- **奇偶位：**紧跟在数据最高位MSB之后，占用一位，奇偶校验时，根据协议置“1”或“0”（根据需要设置）。
- **停止位：**为逻辑“1”信号，可占用1-2位。接收端收到停止位时，表示一帧数据结束。同时为接收下一帧数据作好准备，只要再收到一个逻辑“0”就是一个新字符的开始。



# 总线与通信

## (2) 异步通信的特点

- 以字符（数据帧）为单位进行传输的，帧与帧之间的时间间隔是任意的，即帧与帧之间是异步的，通过起始位控制通信双方正确收发。
- 每个数据帧中的各位以固定的时间传送，因此通信双方必须采用相同的波特率，以实现数据帧收发的同步。
- 由于异步通信的数据帧有固定格式，通信双方只需按约定的帧格式收发数据，因此其硬件结构比同步通信方式简单。
- 由于在数据帧中插入了为实现同步收发的起始位、停止位，因此其通信效率比同步通信方式要低。
- 异步通信的数据帧中可以加入校验位进行数据传送的错误检测，应用广泛。

串行通信总线（外总线）通常采用异步通信方式，如RS232、RS485等。



# 总线与通信

## (3) 波特率

波特率是异步通信的一个重要指标，反映了数据传送的速率。

定义：单位时间内传输的二进制数据的位数。通常用每秒传输的bit数表示，为b/ps或bps (bit per second)。波特率越高，传送速度越快。

例：每秒传送120字符，设每个字符包含10位，则传送波特率为：1200bps。每个bit数据的传送时间 $T_d$  为波特率的倒数。

波特率=1200bps,  $T_d=1000\text{ms}/1200=0.833\text{ms}$ 。

国际上，波特率规定为：1200、1800、2400、4800、9600 (9.6K)、19.2K、38.4K、115.2K。

# 总线与通信

## 2. 同步通信

➤ 同步通信是一种连续串行传送数据的通信方式，发送端和接收端需要一个同步时钟信号，用于控制通信双方收发的同步；同步信号由发起通信的主机发生。

➤ 同步通信至少需要3条线：数据线SDA，同步时钟SCL，公共地。

➤ 以“数据序列”为单位进行通信，一个“数据序列”包括三部分：

同步字符：表示数据传送开始，以实现发送端和接收端的同步。

数据块：要通信的数据内容。同步字符结束后，连续、顺序地发送和接收。

校验字符：为检测通信数据的正确性，提高数据传送的可靠性，在数据块发送完毕后，通常要按约定发送数据块的校验码。校验方式和校验码长度，按约定的通信协议进行。



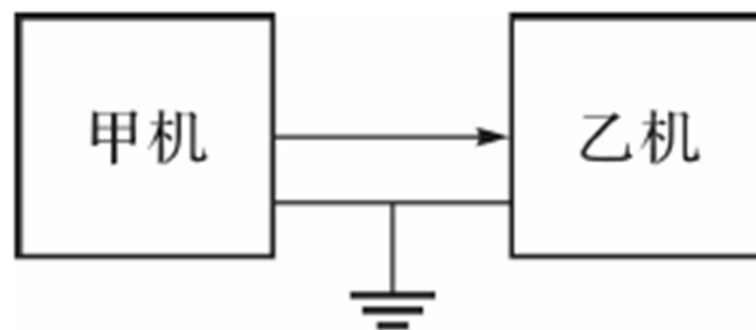
串行系统总线（内总线）通常采用同步通信方式，如I<sup>2</sup>C、SPI、USB。

# 总线与通信

按照数据的传送方向，串行通信可分为单工、半双工和全双工三种传送方式

## 1. 单工传送方式

是一种数据只沿一个方向传送的通讯方式，甲机只能作发送器，乙机只能作为接收器，数据由甲机传送给乙机。通讯时只需用一根传输线即可实现数据传送。

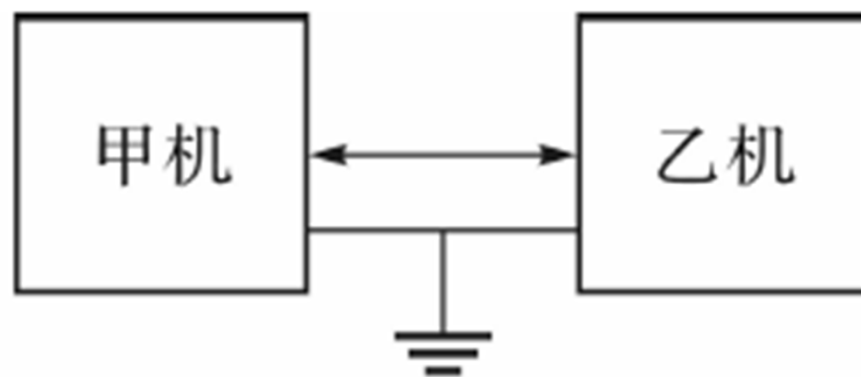


# 总线与通信

## 2. 半双工传送方式

数据能够在两个方向上传送，但在同一时刻只能由一台发送、另一台接收。仅用一根传输线，交替进行双向传送数据。

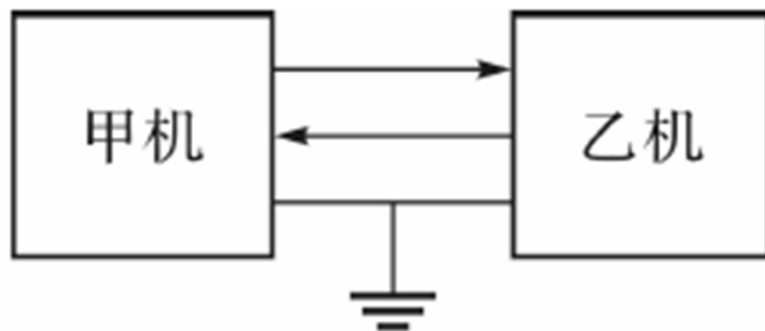
数据能够在两个方向上传送，但不能同时进行。



## 总线与通信

### 3. 全双工传送方式

甲机和乙机之间有2条数据线，甲机和乙机都有独立的接收器和发生器硬件模块，因此双方在任何时刻都可以同时进行发送和接收。





# 提 纲

## 2. 通信协议与校验方式



## 通信协议和校验方式

---

**主要介绍通信协议的内容和校验方式，包括字节的奇偶校验，数据块的和校验和循环冗余CRC校验。**



# 通信协议和校验方式

## 1. 通信协议

为保证通信双方准确可靠的通信，需要进行数据传输的一些约定，即制订通讯协议。内容应包括数据帧格式、波特率、校验方式、握手方式以及传送数据、命令的含义等。

通信双方必须遵循约定的通信协议，才能进行有效的通信。

## 2. 校验方式

对于通信来说，需要检测接收数据的正确性（检测通信过程中是否出错），检测错误的过程称之为校验。常用的校验方法有字节的奇偶校验，数据块的累加和校验和循环冗余校验。

### (1) 字节的奇偶校验

通过在数据帧的校验位上，设置“0”或者“1”，使得数据帧中“1”的个数为奇数个，称为奇校验；为偶数个，称为偶校验。



# 通信协议和校验方式

## 2. 校验方式

例1：用奇校验传送33H和43H。

分析： 奇校验即要求通过加上校验位（0或1），使得每帧数据中的“1”的个数为奇数个。

33H: 00110011 其中1的个数为4，所以校验位应为1；

43H: 01000011 其中1的个数为3，所以校验位应为0；

数据帧格式：每帧11位。

“ 1	1	00110011	0 ”	传输方向→
“ 1	0	01000011	0 ”	传输方向→
停	校	8位数据位	起	
止	验	（低位在前，	始	
位	位	即低位先发）	位	



# 通信协议和校验方式

## 2. 校验方式

例2：用偶校验传送9EH和35H。

分析：偶校验要求通过加上校验位（0或1），使得每帧数据中的“1”的个数为偶数个。

9EH    10011110    校验位=1

35H    00110101    校验位=0

数据帧格式：

“1	1	10011110	0”	传输方向→
“1	0	00110101	0”	传输方向→
停	校	8位数据位	起	
止	验	（低位在前）	始	
位	位		位	



# 通信协议和校验方式

## 2. 校验方式

### (2) 数据块的累加和校验

- 发送方将待发送的 $n$ 个字节进行加运算，形成 $n$ 个发送数据“累加和”，并把该“累加和”附在 $n$ 个字节后面传送。
- 接收方在接收过程中或接收到 $n$ 个字节后，也按同样方法进行 $n$ 个字节的加运算，形成 $n$ 个接收数据的“累加和”。
- 接收方把对方发送的“累加和”与自己产生的“累加和”进行比较，若相等，表示数据块传送正确，否则表示传送出错。

累加和校验运算简单，但校验能力有限。能够发现几个连续字节改变的差错，但不能检出数字之间的顺序错误（数据交换位置累加和不变）。



# 通信协议和校验方式

## 2. 校验方式

### (3) 数据块的循环冗余校验

- 将整个数据块看成是一个二进制数，然后用一个特定的数去除它，将余数作校验码附在数据块后面发送。
- 接收方在接收到该数据块和校验码后，进行同样的运算，所得余数为0，表示数据传送正确，否则表示传送出错。

循环冗余校验具有极高的检出率，通常高达99.9999%，因此，循环冗余校验CRC是常用的数据块校验方式。



# 通信协议和校验方式

---

## 2. 校验方式 组合校验

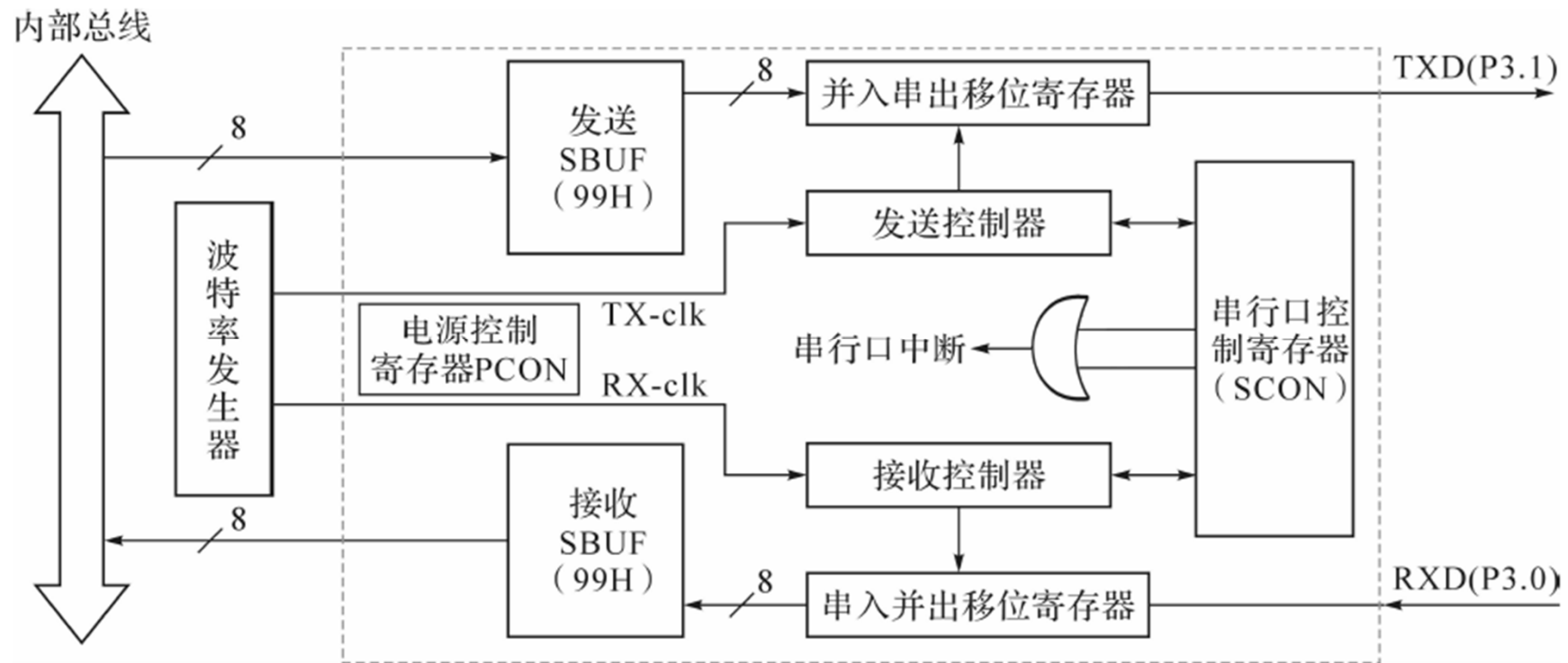


# 提 纲

## 3. UART的组成结构

## UART的组成结构

UART串行口由发送数据缓冲器SBUF、发送控制器、输出移位寄存器，接收数据缓冲器SBUF、接收控制器、输入移位寄存器，以及串行口控制寄存器SCON和电源控制寄存器PCON等组成。



# UART的组成结构

## 1. 串行口控制寄存器SCON

字节地址为98H，可位寻址。

位	7	6	5	4	3	2	1	0
位符号	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
英文注释	Serial Mode bit 0	Serial Mode bit 1	Serial Mode bit 2	Receive Enable	Transmit bit 8	Receive bit 8	Transmit Interrupt Flag	Receive Interrupt Flag

➤SM1、SM0:

工作方式选择位。

SM0	SM1	工作方式	特 点	波特率
0	0	方式 0	8 位移位寄存器	$f_{osc}/12$
0	1	方式 1	10 位 UART	可设置
1	0	方式 2	11 位 UART	$f_{osc}/64$ 或 $f_{osc}/32$
1	1	方式 3	11 位 UART	可设置

# UART的组成结构

## 1. 串行口控制寄存器SCON

位	7	6	5	4	3	2	1	0
位符号	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
英文注释	Serial Mode bit 0	Serial Mode bit 1	Serial Mode bit 2	Receive Enable	Transmit bit 8	Receive bit 8	Transmit Interrupt Flag	Receive Interrupt Flag

- **REN**: 允许接收控制位。
  - 由软件置位或复位。当REN=1时, 表示允许串行模块接收数据; REN=0, 则禁止接收。
- **TB8**: 方式2和方式3中, 数据帧中要发送的第8位数据 (或奇偶校验位)。
  - 方式0、1时不用, 方式2、3时, 要发送的第8位数据 (0或1), 必须事先用软件写入该位。
- **RB8**: 方式2和方式3中, 数据帧中接收到的第8位数据 (或奇偶校验位)。
  - 方式2、3时, 串行模块自动将接收到的第8位数据送入该位; 方式1时停止位将被送入该位。



# UART的组成结构

## 1. 串行口控制寄存器SCON

➤ SM2: 多机通信控制位。

- 当工作在方式2或3且SM2=1时, 则只有当接收到的第8位 (RB8) 为“1”, 才能置位中断接收标志RI; RB8为“0”时, 清除RI; 如SM2=0, 则RB8无论为何值, 均置位RI。
- 在工作方式0、方式1时, SM2通常设为“0”。

➤ TI: 发送中断标志位。

- 发送完一帧数据硬件使TI=1。TI由软件清0。

➤ RI: 接收中断标志位。

- 接收到一帧数据时, 根据SM2的值决定是否由硬件置1。该位也须由软件清0。

## UART的组成结构

### 2. 电源控制寄存器PCON

字节地址为87，不可位寻址。

位	7	6	5	4	3	2	1	0
位符号	SMOD	—	—	—	GF1	GF0	PD	IDL

➤ SMOD：波特率选择位。当SMOD=1，表示波特率加倍，否则不加倍。

### 3. 数据缓冲器SBUF

串行口中有两个地址相同但物理空间独立的寄存器，均表示为SBUF，分别为发送缓冲器和接收缓冲器。发送缓冲器只写不读，接收缓冲器只读不写。

➤ 当MCU写一个数据到SBUF（如 MOV SBUF, A），即启动了串行口的数据发送；

➤ 当MCU读一次SBUF（如 MOV A, SBUF）时，表示从接收缓冲器读取接收到的内容。

# Thank you!

