



第5章

串行通信接口

5.1 串行通信简介

5.1.1 串行通信数据传输方式

1. 同步传送方式

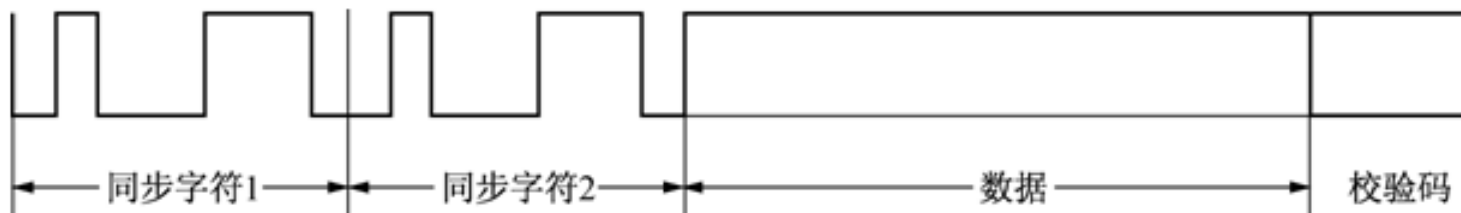


图 5-1 同步传送数据格式

5.1 串行通信简介

5.1.1 串行通信数据传输方式

2. 异步传送方式

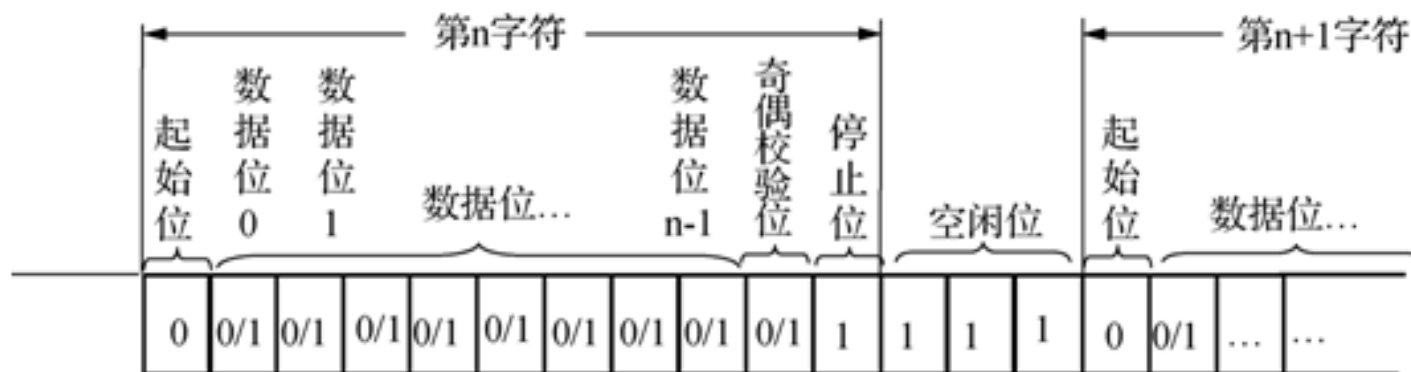


图 5-2 异步通信的数据帧格式

3. 异步传送的速率

5.1 串行通信简介

5.1.2 串行通信的方式

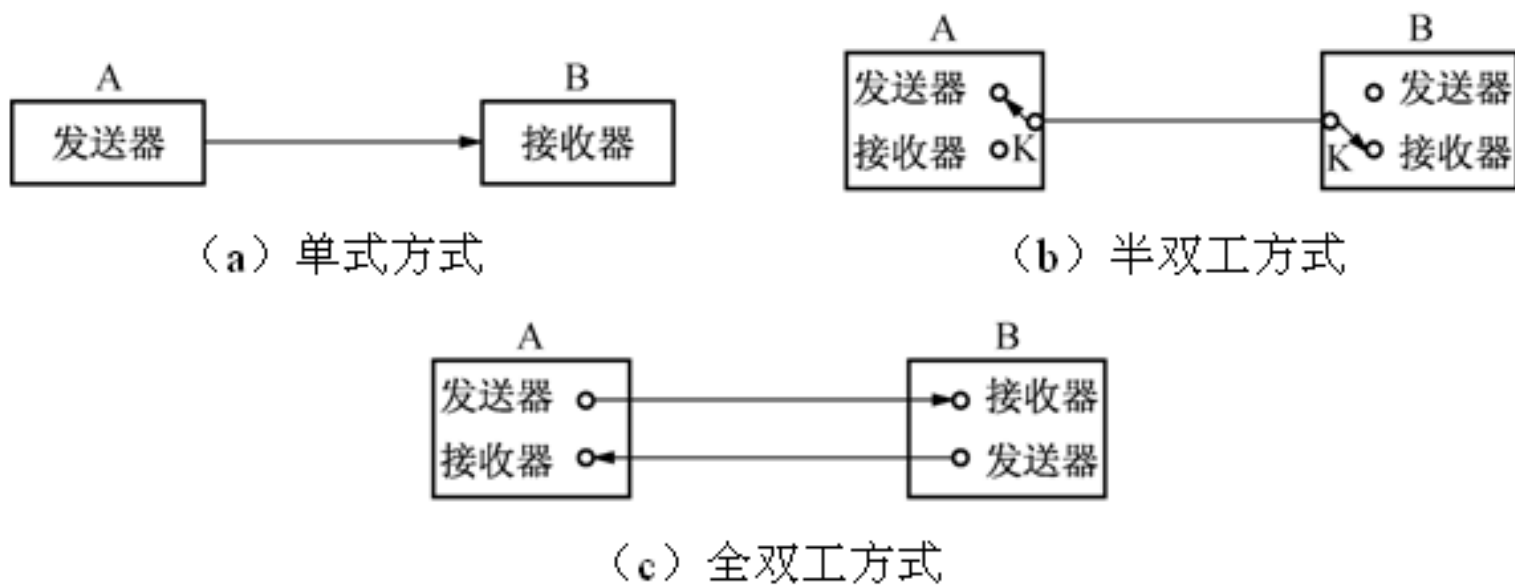


图 5-3 串行通信数据传输方式

5.2 单片机串行通信接口

5.2.1 单片机串行口的硬件结构

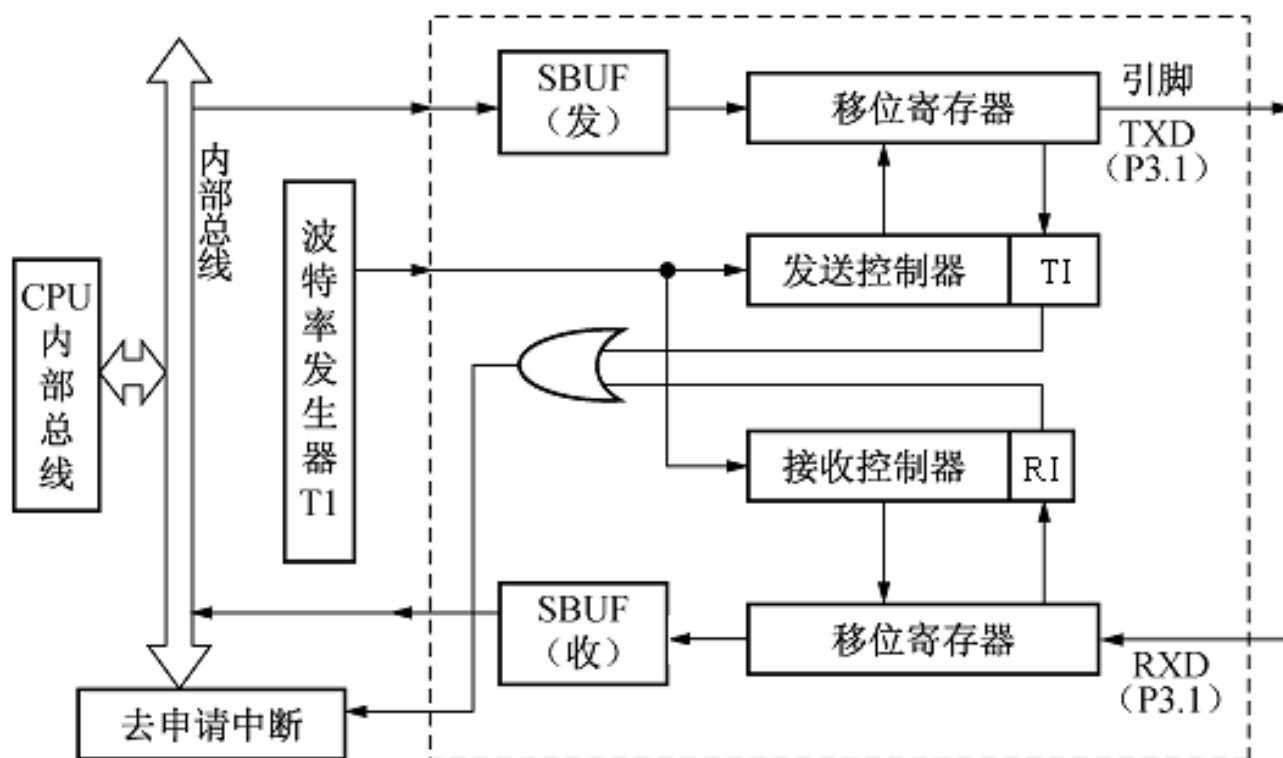


图 5-4 51 单片机串行通信口的结构

5.2 单片机串行通信接口

5.2.1 单片机串行口的硬件结构

1. 收发缓冲器 (SBUF)

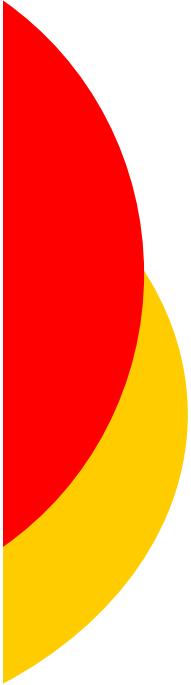
2. 串行通信控制寄存器 (SCON)

表 5-1 SCON 的位地址和位符号

位地址	9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H
位符号	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

表 5-2 SM0、SM1 状态组合和对应工作方式

SM0	SM1	工作方式	功能	波特率
0	0	方式 0	8 位同步移位寄存器	$f_{osc}/12$
0	1	方式 1	8 位 UART	可变 (T1 或 T2 溢出率/n)
1	0	方式 2	9 位 UART	$f_{osc}/64$ 或 $f_{osc}/32$
1	1	方式 3	9 位 UART	可变 (T1 或 T2 溢出率/n)



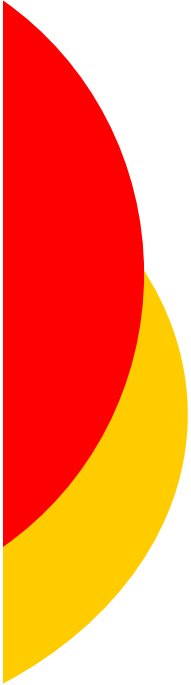
5.2 单片机串行通信接口

5.2.1 单片机串行口的硬件结构

3. 电源控制寄存器（PCON）

表 5-3 PCON 的位序和位符号

位序	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位符号	SMOD	/	/	/	GF1	GF0	PD	IDL



5.2 单片机串行通信接口

5.2.2 串行口的工作方式

1. 工作方式0

(1) 方式0发送数据应用举例

【程序 5-1】

```
MOV     SCON, #00H      ; 设定串行口方式0
MOV     SBUF, A         ; 将置于A中的数据通过缓冲寄存器SBUF送出
JNB     TI, $           ; 测TI位, 等待数据发送完毕。当TI=1时, 执行下一条语句
CLR     TI              ; 清除发送中断标志, 为下次发送作准备
```


5.2 单片机串行通信接口

(2) 方式0接收数据应用举例

【程序 5-2】

```
MAIN:  MOV     SCON, #10H    ; 置串行口方式0, 允许接收
        JNB     RI, $       ; 等待数据接收完毕
        MOV     A, SBUF     ; 将缓冲寄存器SBUF接收到的数据送到A中
        CLR     RI         ; 清中断接收标志RI, 为下一次数据接收工作作准备
```

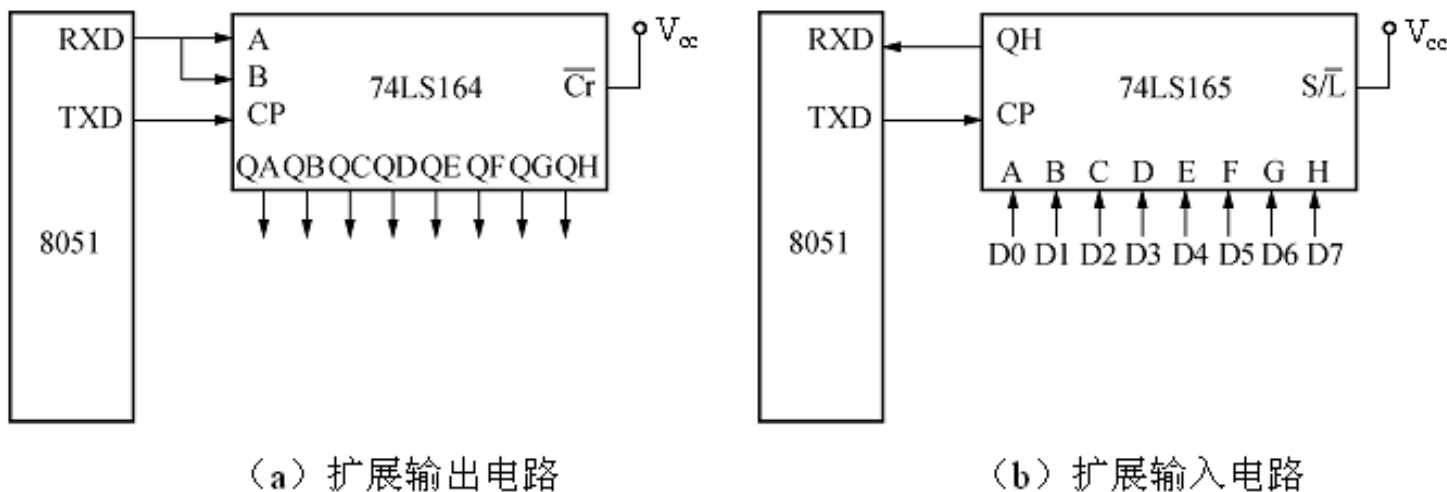


图 5-5 利用串行口扩展输入/输出接口

5.2 单片机串行通信接口

2. 工作方式1

$$\text{波特率} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \cdot \frac{f_{\text{osc}}}{12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

$$\text{波特率} = \frac{\text{定时器2溢出率}}{16} = \frac{f_{\text{osc}}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

表 5-4 定时器 T1 工作在方式 2 时作波特率发生器重装值

波特率/bps	fosc/MHz	SMOD	定时器 1		
			C / \bar{T}	模 式	重 装 值
104.2k	20	1	0	2	FFH
19.2k	11.0592	1	0	2	FDH
9600	11.0592	0	0	2	FDH
4800	11.0592	0	0	2	FAH
2400	11.0592	0	0	2	F4H
1200	11.0592	0	0	2	E8H
110	6	0	0	2	72H

5.2 单片机串行通信接口

3. 工作方式2

$$f_{osc} \times 2^{SMOD} / 64.$$

(1) 方式2发送数据应用说明

(2) 方式2接收数据应用说明

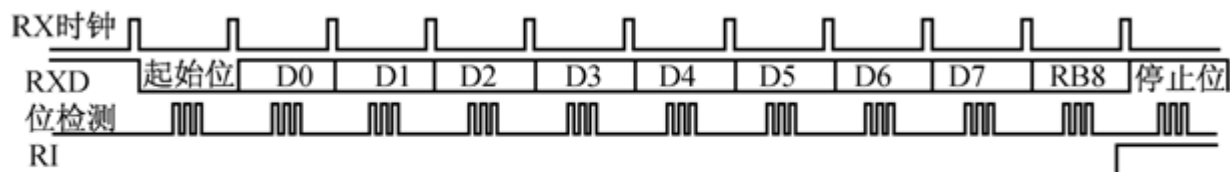


图 5-6 串行通信方式 2 接收数据波形

4. 工作方式3



5.2 单片机串行通信接口

5.2.3 串行通信波特率的计算

方式 0: 波特率固定为 $f_{osc}/12$; 其中, f_{osc} 为系统主机晶振频率。

方式 2: 波特率由 PCON 中的选择位 SMOD 来决定, 可由下式表示。

$$\text{波特率} = (2^{\text{SMOD}}/64) \times f_{osc}$$

方式 1 和方式 3: 波特率是可变的, 由定时器 T1 的溢出率控制, 可由下式表示。

$$\text{波特率} = (2^{\text{SMOD}}/32) \times \text{定时器 T1 溢出率}$$

定时器 T1 用作波特率发生器时, 通常工作在方式 2, 波特率可由下式计算。

$$\text{波特率} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \cdot \frac{f_{osc}}{12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.1 串行口工作方式0的应用

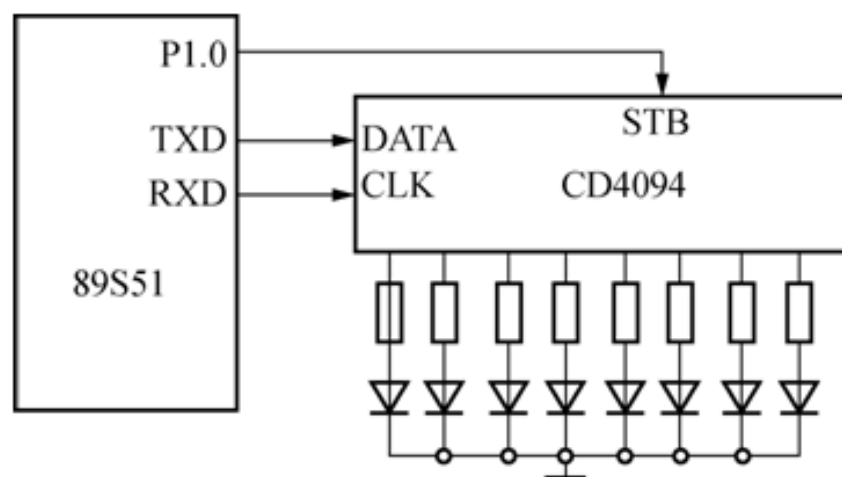


图 5-7 利用串行口扩展输出口控制流水灯的基本电路



5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.1 串行口工作方式0的应用

【程序 5-3】

```
                ORG    0000H
                MOV    SP, #60H
START:          MOV    SCON, #00H           ; 置串行口工作方式0
                MOV    A, #80H            ; 最高位灯先亮
OUT0:           CLR    P1.0               ; 关闭并行输出
                MOV    SBUF, A           ; 发送串行输出
OUT1:           JNB    TI, OUT1           ; 检测发送结束标志TI
                CLR    TI                ; 发送结束, 清TI标志, 以备下次发送
                SETB   P1.0              ; 打开并行口输出, 允许显示
                ACALL  DELAY              ; 调用延时子程序
                RR     A                  ; 循环右移
                SJMP  OUT0               ; 循环
DELAY:          MOV    R7, #0FAH         ; 延时子程序
D1:             MOV    R6, #0FAH
D2:             DJNZ  R6, D2
DJNZ            R7, D1
                RET
                END
```

5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.2 单片机间双机通信

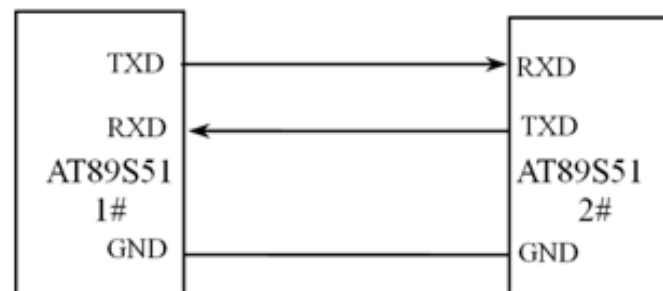


图 5-8 双机通信的基本电路连接

(1) 设置串行通信控制寄存器 (SCON)

表 5-5 SCON 的基本设置

SCON	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
位	0	1	0	1	0	0	0	0

(2) 计算定时器T1的初值

$$(TH1) = 256 - \frac{2^{SMOD}}{32} \cdot \frac{f_{osc}}{12 \times 2400} = 256 - \frac{1}{32} \cdot \frac{11.0592 \times 10^6}{12 \times 2400} = 256 - 12 = 244 = F4H$$

(3) 确定通信协议

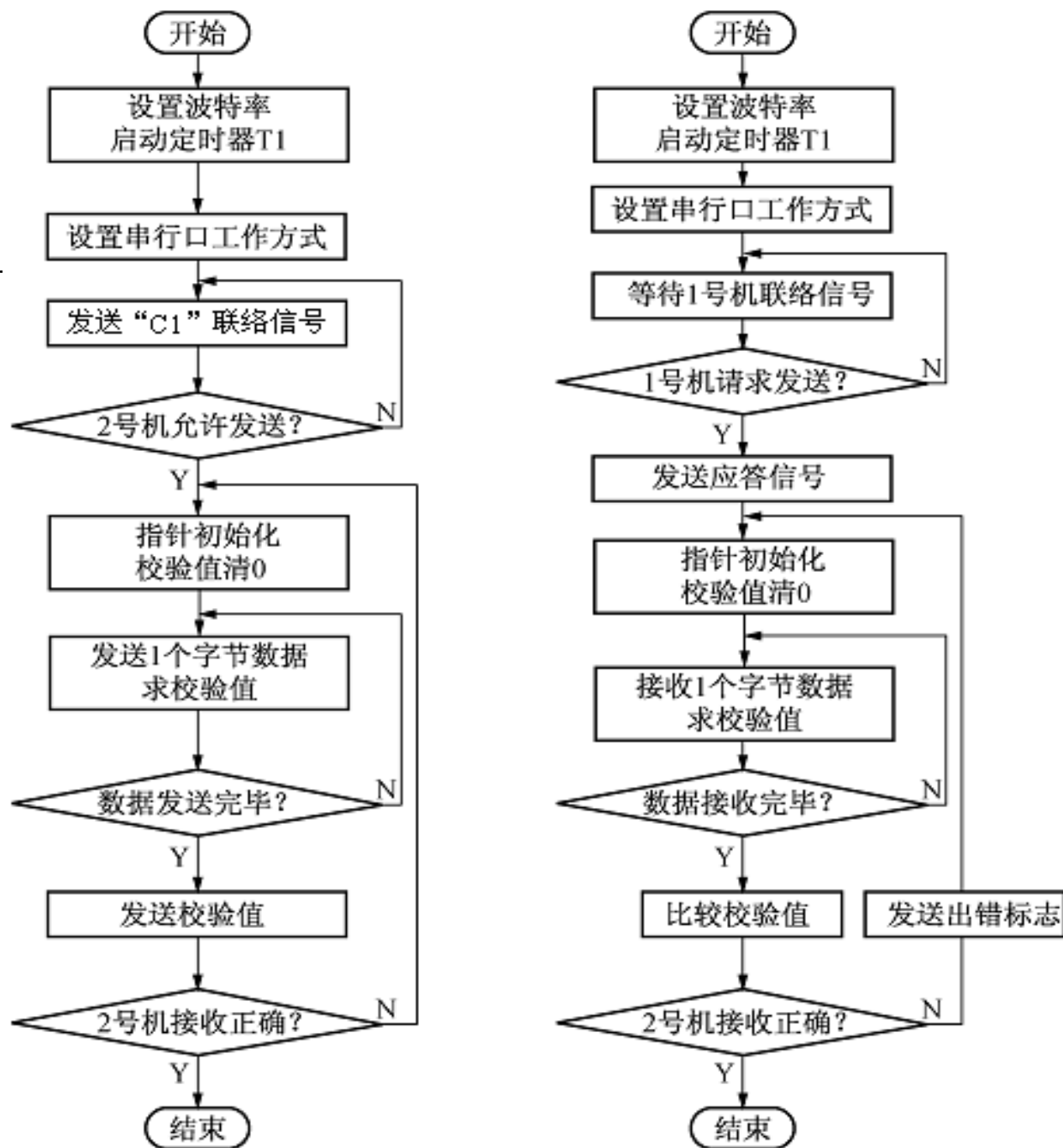


图 5-9 双机通信程序流程图

【程序 5-4】发送程序

```
ORG 0100H
ASTART: CLR EA
        MOV TMOD, #20H           ; 定时器1置为方式2
        MOV TH1, #0F4H          ; 装载定时器初值, 波特率为2400bps
        MOV TL1, #0F4H
        MOV PCON, #00H
        SETB TR1                ; 启动定时器
        MOV SCON, #50H          ; 设定串口方式1, 且准备接收应答信号
ALOOP1: MOV SBUF, #0C1H         ; 发联络信号
        JNB TI, $               ; 等待一帧发送完毕
        CLR TI                  ; 允许再发送
        JNB RI, $               ; 等待2号机的应答信号
        CLR RI                  ; 允许再接收
        MOV A, SBUF             ; 2号机应答后, 读至A
        XRL A, #0C2H            ; 判断2号机是否准备完毕
        JNZ ALOOP1             ; 2号机未准备好, 继续联络
ALOOP2: MOV R0, #30H           ; 2号机准备好, 设定数据块地址指针初值30H
        MOV R7, #10H           ; 设定数据块长度初值
        MOV R6, #00H           ; 清校验累加值单元
```

接下页



接上页

```
ALOOOP3:  MOV  SBUF, @R0          ; 发送一个数据字节
           MOV  A, R6
           ADD  A, @R0      ; 求校验累加值
           MOV  R6, A       ; 保存校验累加值
           INC  R0
           JNB  TI, $
           CLR  TI
           DJNZ R7, ALOOP3  ; 整个数据块是否发送完毕
           MOV  SBUF, R6    ; 发送校验累加值
           JNB  TI, $
           CLR  TI
           JNB  RI, $      ; 等待2号机的应答信号
           CLR  RI
           MOV  A, SBUF    ; 2号机应答, 读至A
           JNZ  ALOOP2     ; 2号机应答“错误”, 转重新发送
           RET            ; 2号机应答“正确”, 返回
           END
```

【程序 5-5】接收程序

```
BSTART:  ORG  0200H
          CLR  EA
          MOV  TMOD, #20H
          MOV  TH1, #0F4H           ; 置初值F4H
          MOV  TL1, #0F4H
          MOV  PCON, #00H
          SETB TR1
          MOV  SCON, #50H           ; 设定串口方式1, 且准备接收
BLOOP1:  JNB  RI, $                 ; 等待1号机的联络信号
          CLR  RI
          MOV  A, SBUF              ; 收到1号机信号
          XRL  A, #0C1H             ; 判断是否为1号机联络信号
          JNZ  BLOOP1              ; 不是1号机联络信号, 再等待
          MOV  SBUF, #0C2H         ; 是1号机联络信号, 发应答信号
          JNB  TI, $
          CLR  TI
BLOOP0:  MOV  R0, #40H              ; 设定数据块地址指针初值
          MOV  R7, #10H            ; 设定数据块长度初值
          MOV  R6, #00H            ; 清校验累加值单元
```

接下页



接上页

```
BLOOP2:    JNB  RI, $
            CLR  RI
            MOV  A, SBUF
            MOV  @R0, A                ; 接收数据转储
            INC  R0
            ADD  A, R6                ; 求校验累加值
            MOV  R6, A
            DJNZ R7, BLOOP2          ; 判断数据块是否接收完毕
            JNB  RI, $                ; 完毕, 接收1号机发来的校验累加值
            CLR  RI
            MOV  A, SBUF
            XRL  A, R6                ; 比较校验累加值
            JZ   END1                ; 校验累加值相等, 跳至发正确标志
            MOV  SBUF, #0FFH         ; 校验累加值不相等, 发错误标志
            JNB  TI, $                ; 转重新接收
            CLR  TI
            AJMP BLOOPO
END1:      MOV  SBUF, #00H
            RET
            END
```

5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.3 单片机多机通信

1. 硬件连接
2. 通信协议

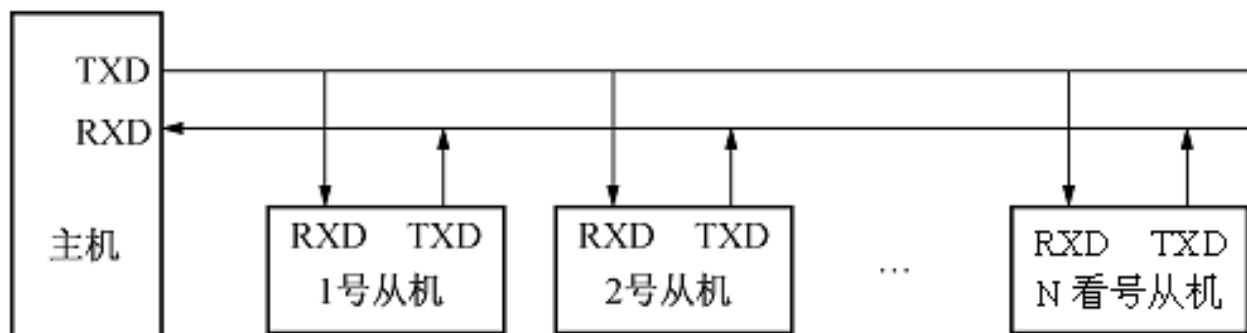


图 5-10 单片机主-从方式多机通信基本结构

5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.4 单片机与PC机的通信

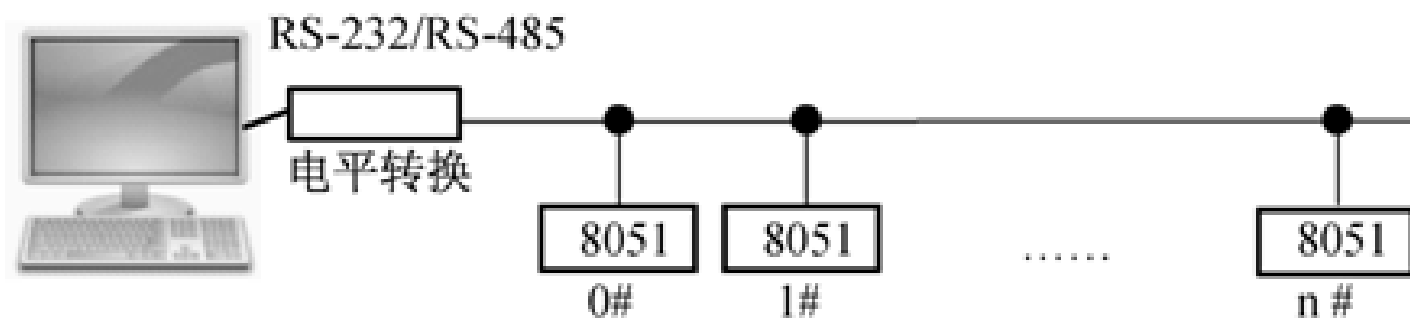


图 5-11 单片机与 PC 机的多机通信接口电路示意图



5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.4 单片机与PC机的通信

【程序 5-6】

```
ORG 0300H
MAIN:  MOV  TMOD, #20H           ; 在11.0592MHz下, 串行口波特率
      MOV  TH1, #0FDH         ; 9600bps, 方式3
      MOV  TL1, #0FDH
      MOV  PCON, #00H
      SETB TR1
      MOV  SCON, #0D8H
LOOP:  JBC  RI, RECEIVE        ; 接收到数据后立即发出去
      SJMP LOOP
RECEIVE: MOV  A, SBUF
      MOV  SBUF, A
SEND:  JBC  TI, SENDEND
      SJMP SEND
SENDEND: SJMP LOOP
      END
```

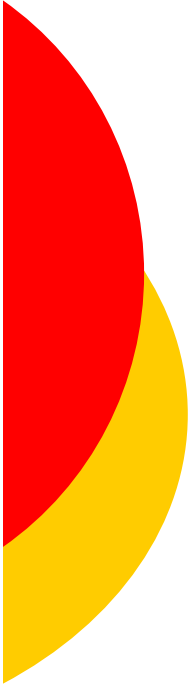


5.3 单片机串行通信应用示例

5.3.4 单片机与PC机的通信

【程序 5-7】

```
Sub Form_Load ()
    MSComm1.CommPort=2
    MSComm1.PortOpen=TURE
    MSComm1.Settings="9600, N, 8, 1"
End Sub
Sub command1_Click ()
    Instring as string
    MSComm1.InBufferCount=0
    MSComm1.Output="A"
    Do
        Dummy=DoEvents ()
    Loop Until (MSComm1.InBufferCount>2)
    Instring=MSComm1.Input
End Sub
Sub command2_Click ()
    MSComm1.PortOpen=FALSE
    UnLoad Me
End Sub
```

5.4 RS-232C标准

5.4.1 RS-232C标准串行通信接口

1. RS-232C电气特性
2. RS-232C的通信距离和速度
3. RS-232C电平转换芯片及电路

5.4 RS-232C标准

4. RS-232C连接器的机械标准

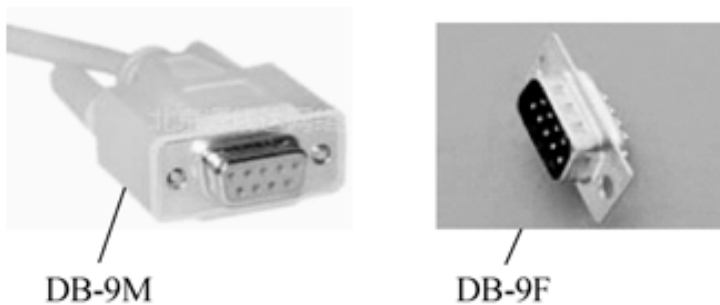


图 5-12 DB-9 连接器



图 5-13 DB-25 连接器

5.4 RS-232C标准

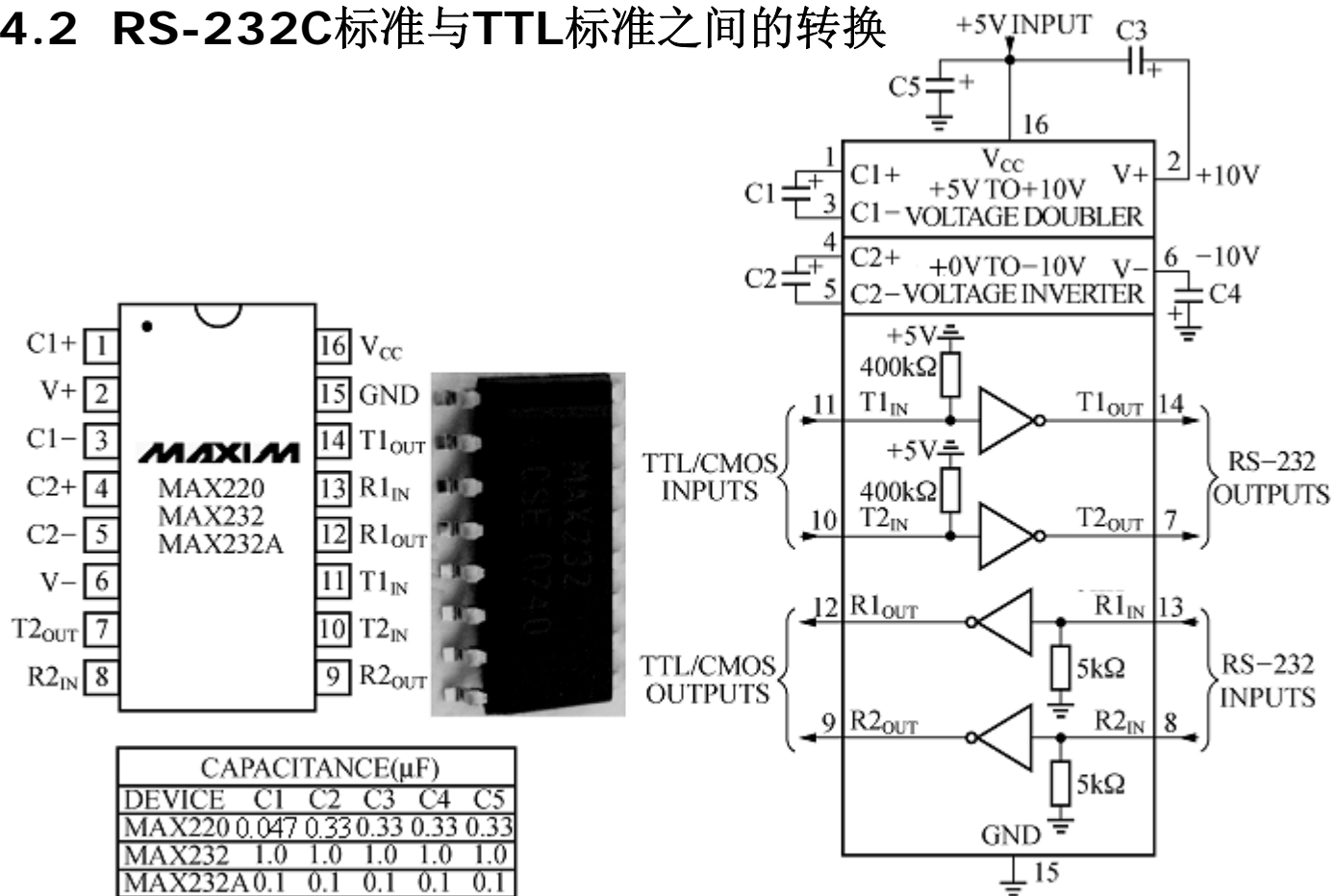
5. RS-232C的主要串行通信信号

表 5-6 DB-9 规格 9 芯 RS-232C 信号引脚定义

引 脚	定 义	引 脚	定 义
1	数据载波检测 (DCD)	6	数据装置就绪 (DSR)
2	接收数据 (RXD)	7	请求发送 (RTS)
3	发送数据 (TXD)	8	允许发送 (CTS)
4	数据终端准备好 (DTR)	9	振铃提示 (RI)
5	信号地 (SGND)		

5.4 RS-232C标准

5.4.2 RS-232C标准与TTL标准之间的转换



(a) 引脚图和接口器件参数

(b) 典型应用连接方式

图 5-14 MAX232 的引脚图和典型应用

5.5 RS-485串行通信

5.5.1 RS-485串行总线标准

表 5-7 RS-485 电气参数

项目名称	参 数	项目名称	参 数
工作模式	差动	最大输出短路电流	250mA
传输介质	双绞线	驱动器输出阻抗	54Ω
允许的收发器数	32~256 个节点	接收器输入灵敏度	±200mV
最高数据速率	100Mbps	接收器最小输入阻抗	12kΩ
最远传输距离	1200m	接收器输入电压范围	-7V~+12V
最小驱动输出电压	±1.5V	接收器输出逻辑 1	>200mV
最大驱动输出电压	±5V	接收器输出逻辑 0	<-200mV

5.5 RS-485串行通信

5.5.2 RS-485接口标准的半双工和全双工

1. 半双工通信电路

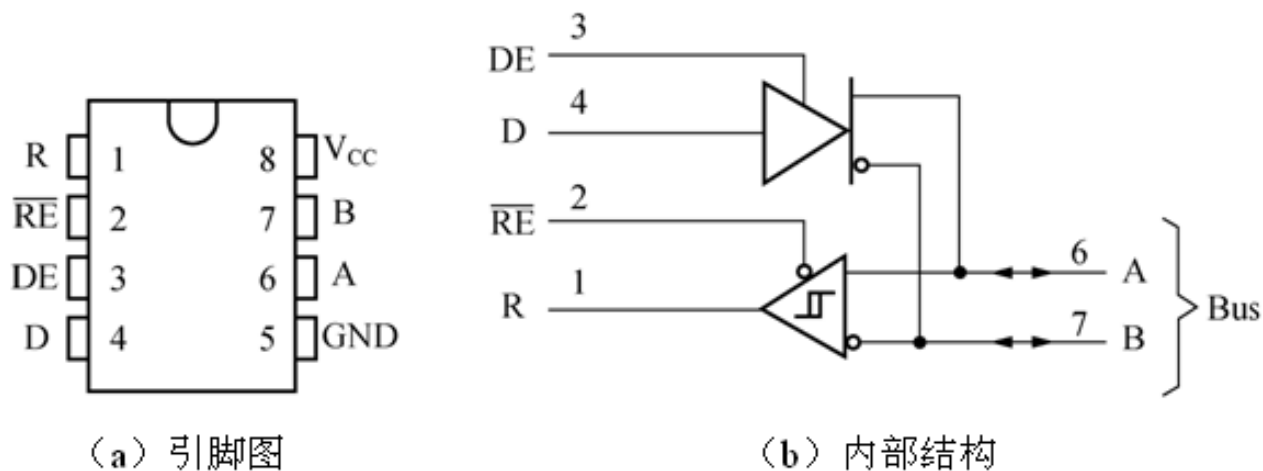


图 5-15 RS-485 接口芯片 SN75176

5.5 RS-485串行通信

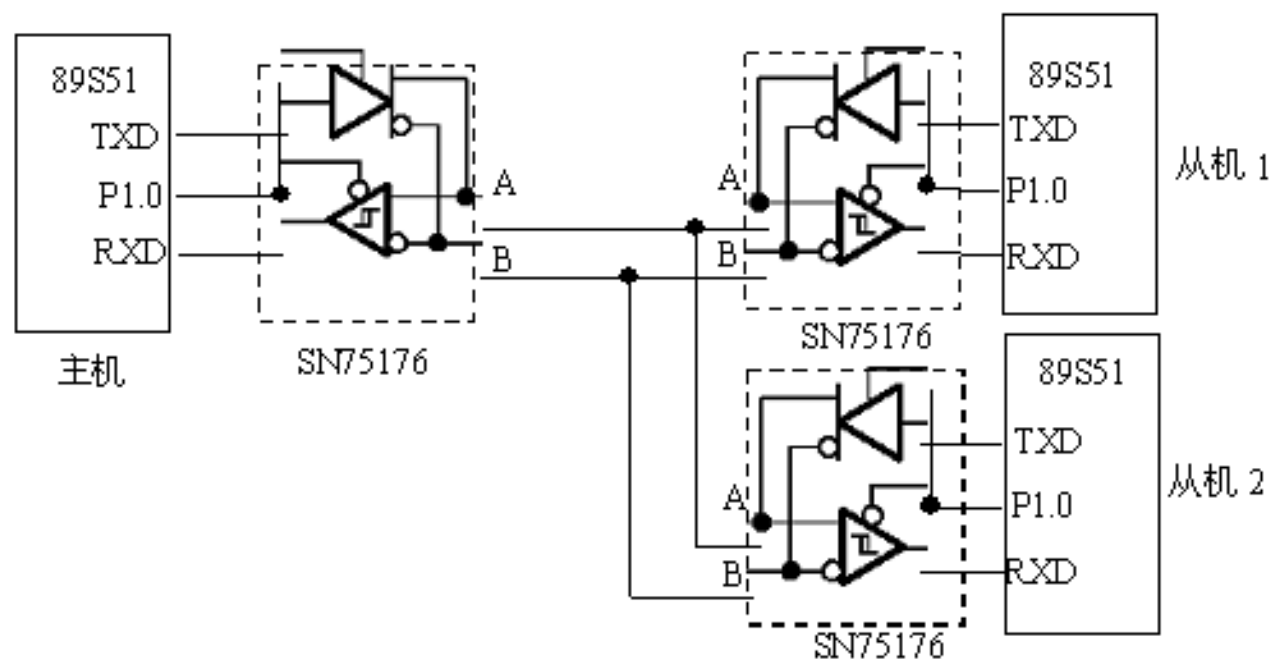


图 5-16 RS-485 半双工多机通信电路

5.5 RS-485串行通信

5.5.2 RS-485接口标准的半双工和全双工

2. 全双工通信电路

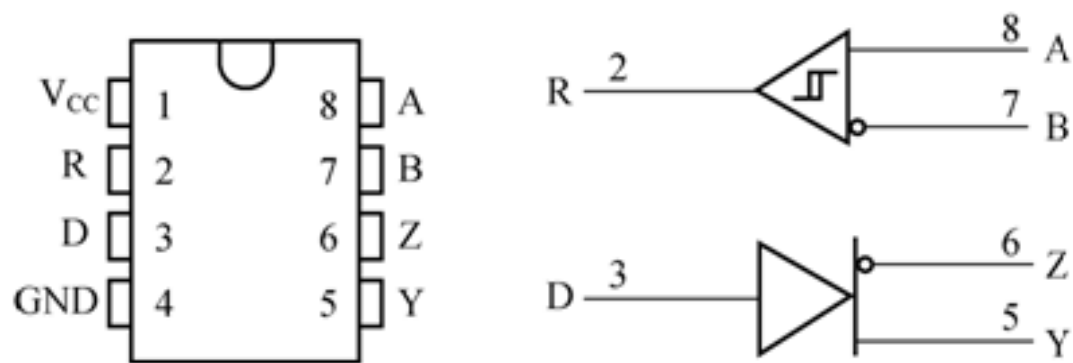


图 5-17 RS-485/422 接口芯片 SN75179

5.5 RS-485串行通信

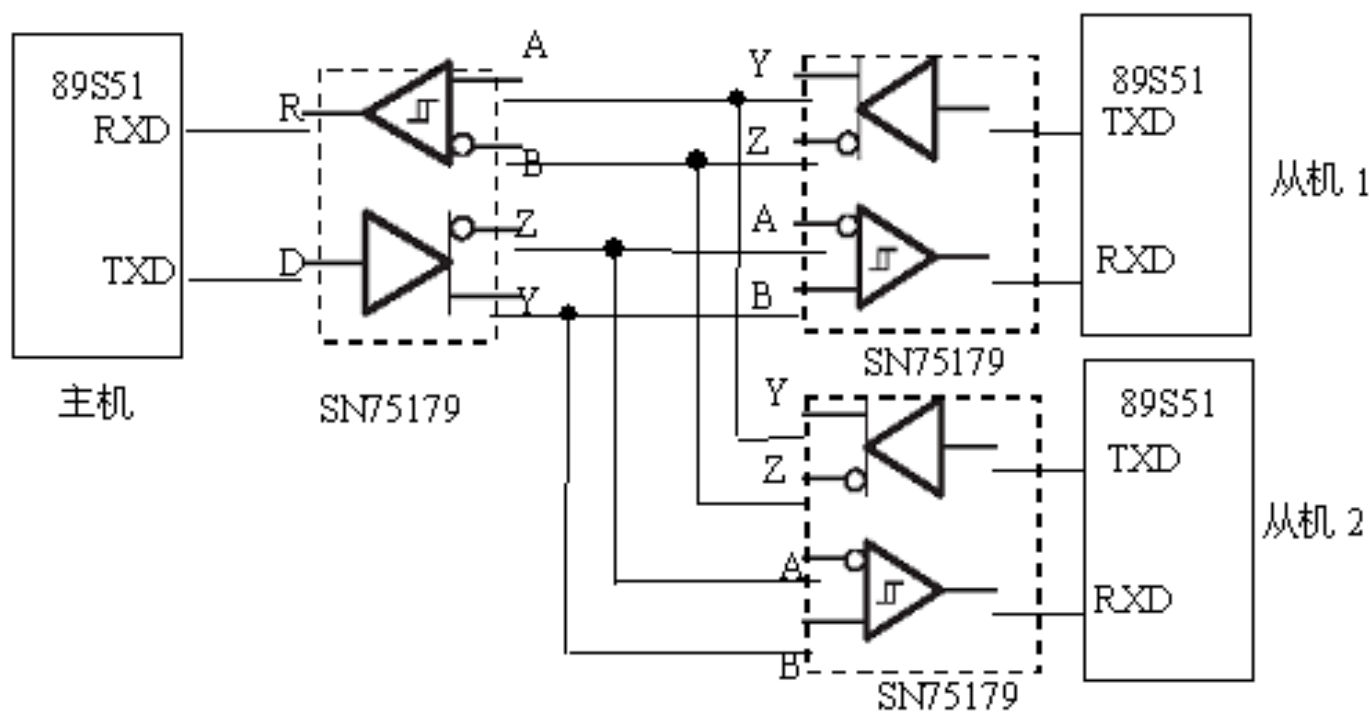


图 5-18 RS-485/422 主从全双工多机通信电路