

第6章 串行通信和可编程串行接口芯片8251A

- 基本的通信方式有两种：并行通信、串行通信。
- 6.1 串行通信概述
- 6.1.1 数字通信系统模型
- 在数字通信中，首先要解决的问题是数字中的1和0如何表示与传送。
- 有两种常用方法：基带传输、频带传输。

1. 数字信号的基带传输系统模型

- **基带：**当终端设备把数据信息转换为适合传送的电信号时，这个电信号所固有的频带就是基带。相应地，这种原始的电信号就是基带信号。
- 在计算机进行串行数据通信中，计算机或数据设备产生的0和1电信号脉冲序列就是基带信号，或称数据基带信号。
- **基带系统：**在某种场合的通信中，基带信号不需要调制而直接在某些传输介质中传送。这种直接传输基带信号的系统称为基带系统。
- 基带系统是数据通信系统中的重要组成部分。基带传输是数据通信系统中最基本的传输方式。

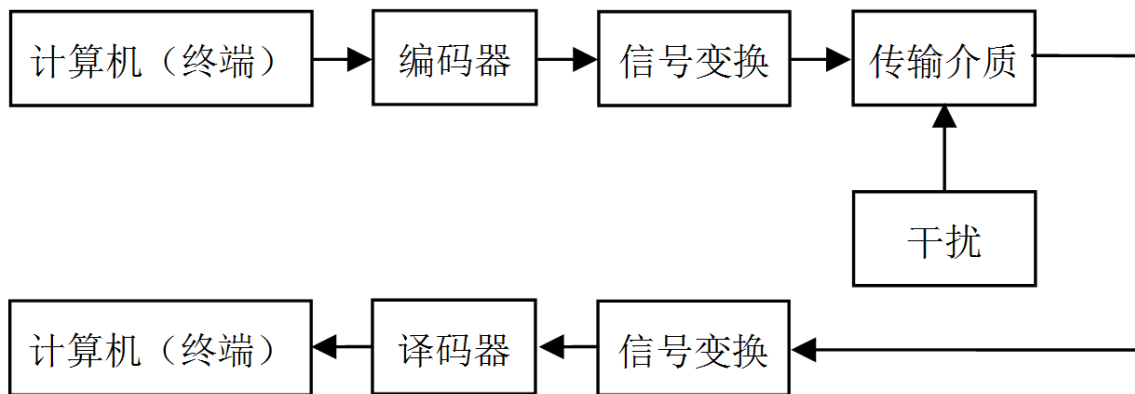


图 6.1.1 数字信号的基带传输系统框图

2. 数字信号的频带传输系统模型

- 基带传输方式适用于近距离传输数字信号。为进行远距离传输数字信号，可以利用已经广泛建立的双绞线、同轴电缆和光纤等有线信道，也可以利用空间电磁波传播的无线信道构成的通信网。然而，这些线路除光缆外绝大多数是为传输模拟信号而设计，不能直接用来传输离散的数字基带信号。
- 为了在模拟信道上间接地传输数字信号，必须对数字基带信号进行某种变换，使变换后的信号频谱落在信道频带之内，以适应于在模拟信道上传输，即实现数字基带信号的频带传输。
- 数字信号的频带传输是借助于高频载波实现的。
- 高频载波**是频率和幅值固定的周期信号，通常选用正弦信号。

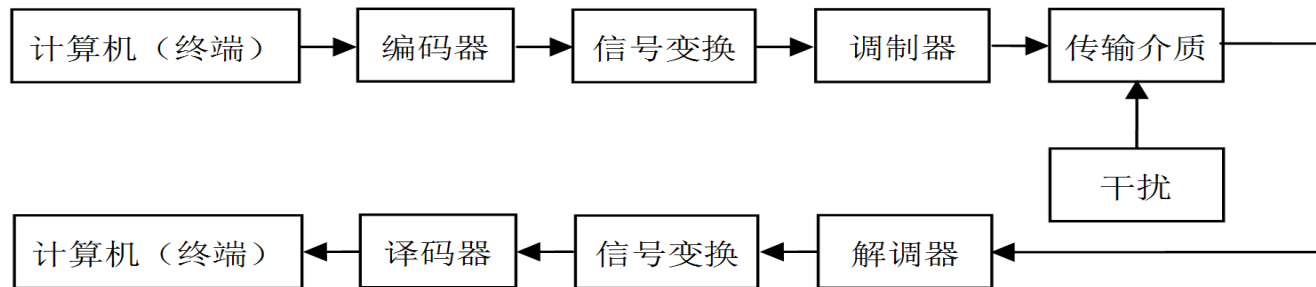


图 6.1.2 数字信号的频带传输系统框图

调制与解调

- **调制：**用数字信号控制载波的一个参数的变化，就可以实现数字信号变换成频带信号，这种变换就是调制。
- **解调：**已调信号经信道传输到接收端，在接收端通过反变换，将已调信号恢复成数字信号，这一变换过程称为解调。
- **调制解调器：**具有调制和解调两种功能的装置称为调制解调器（Modem）。
- 按调制方式，Modem可分三类：调幅、调频和调相。
- 调频方式是常用的一种调制方式，这种形式的调制称为频移键控FSK。

频移键控法FSK调制原理

- **频移键控调制原理：**两个不同频率的模拟信号分别由电子开关控制，在运算放大器的输入端相加，而电子开关由需要传输的数字信号来控制。
- 当信号为1时，控制开关1导通，送出一串频率较高的模拟信号；
- 当信号为0时，控制开关2导通，送出一串频率较低的模拟信号。
- 于是在运算放大器的输出端，就得到了已调制的信号。

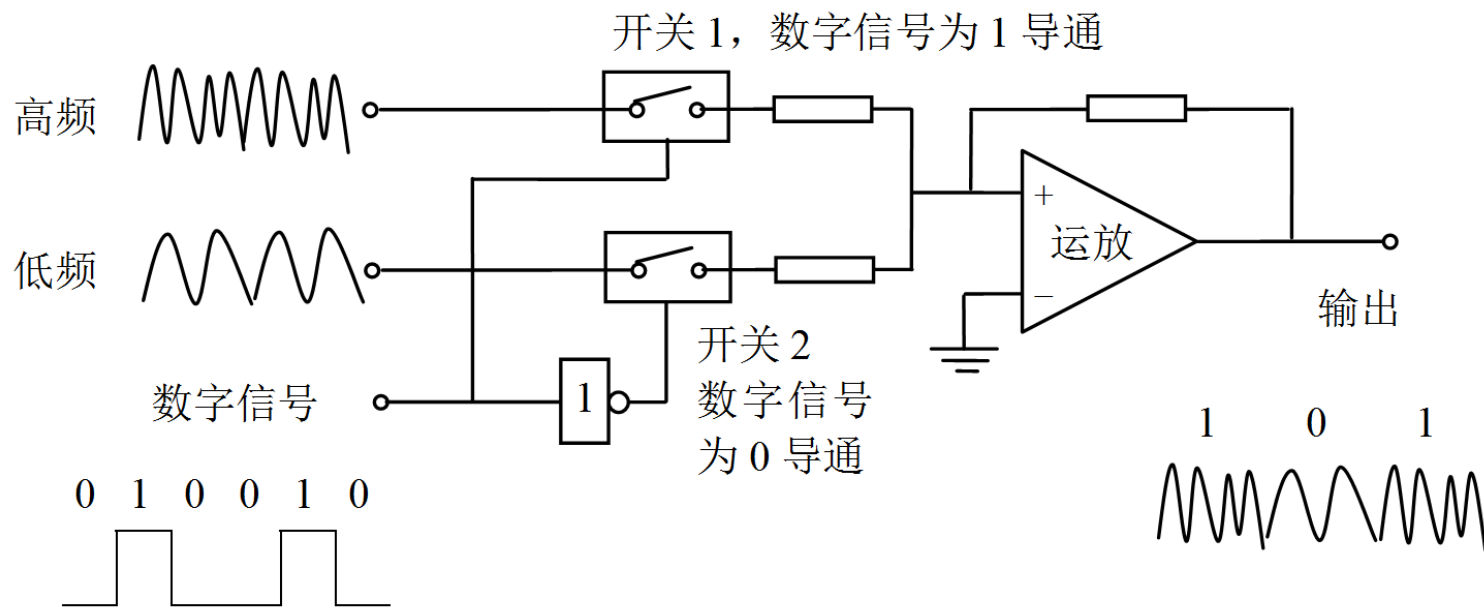


图 6.1.3 频移键控法调制原理图

6.1.2 串行通信的传送方向

- 通常串行通信在两个站（或设备）A与B之间传送数据。
- 按通信线路上数据传递的**方向**和时间的关系，将通信**分成三类**：单工通信、半双工通信、全双工通信。

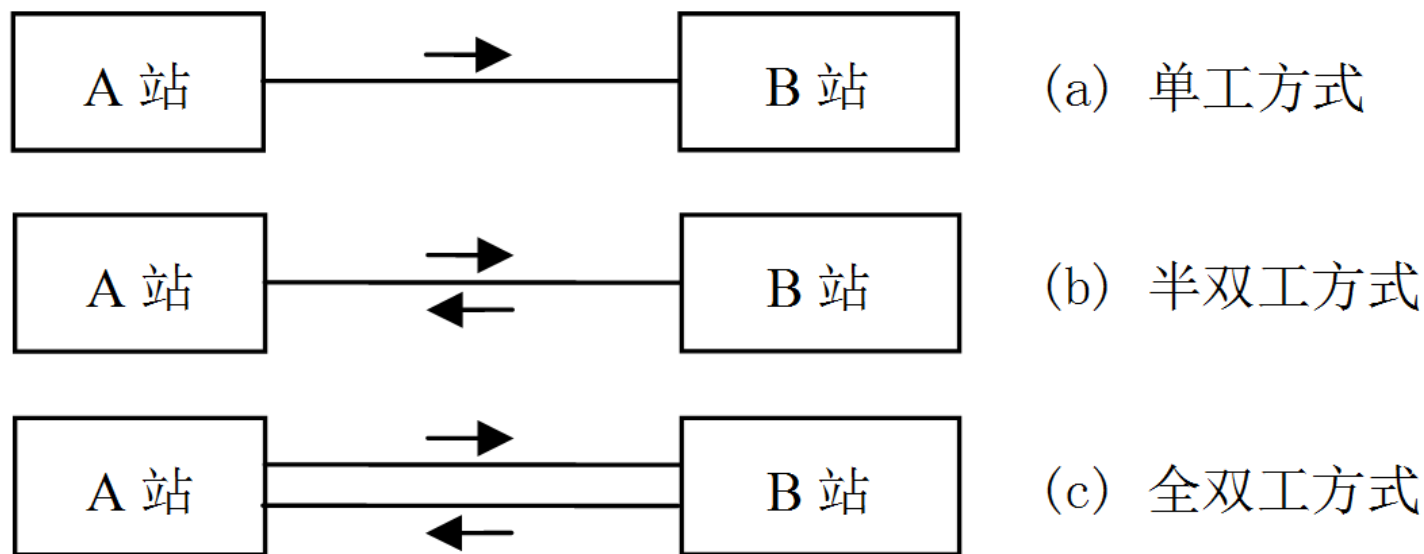


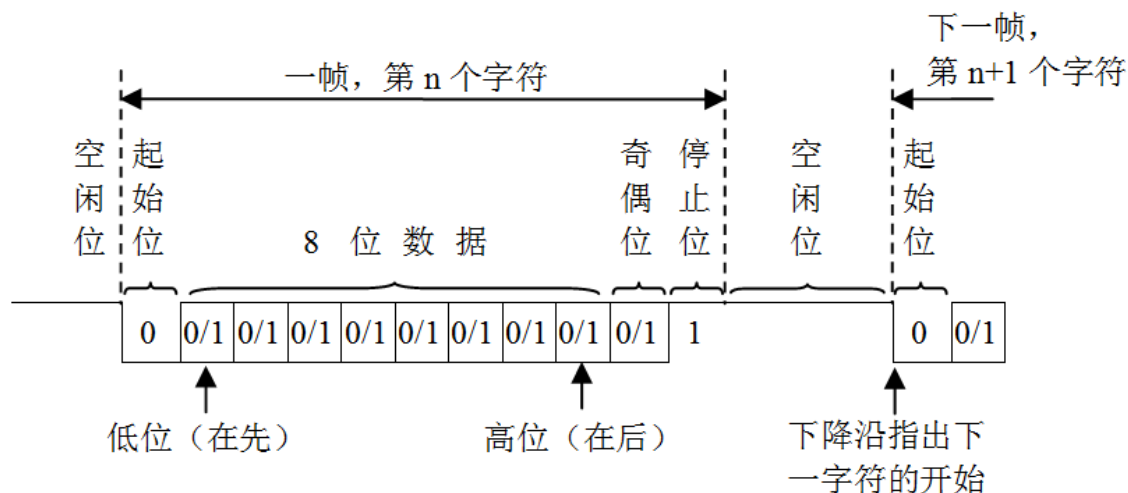
图 6.1.4 三种通信方式

6.1.3 传输速率

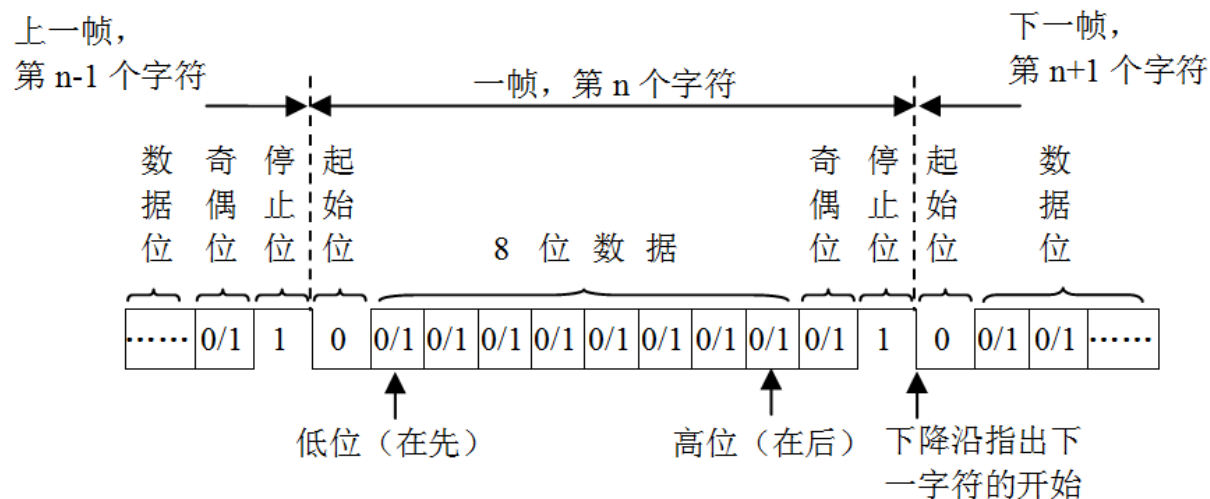
- 串行通信是一位一位传送的。衡量数字通信系统的一项重要指标是它的传输速率。
- 1. 信息传输速率
- 信息传输速率（传信率或比特率）：单位时间（每秒）内通信系统所传送的信息量，记作 R_b ，其单位为比特/秒（bit/s或bps）。
- 2. 码元传输速率
- 码元传输速率（传码率）：单位时间（每秒）内通信系统所传送的码元数目，记作 R_B ，其单位为波特（Baud）。
- 每个码元所占有的时间 T_B 叫做码长，则 $R_B = 1/T_B$ 。由于定义码元传输速率 R_B 并没有限定是几进制码元，实际系统中可能采用不同进制，所以在给出传码率的同时应说明码元是几进制的，如果采用二进制则用 R_{B2} 表示， M 进制用 R_{BM} 表示。 M 进制与二进制是可以相互表示的，当 $M=4$ 时，则 M 进制的每个符号可用两位二进制符号表示。

6.1.4 异步通信与同步通信

串行通信中有两种基本的通信方式：
异步通信
同步通信



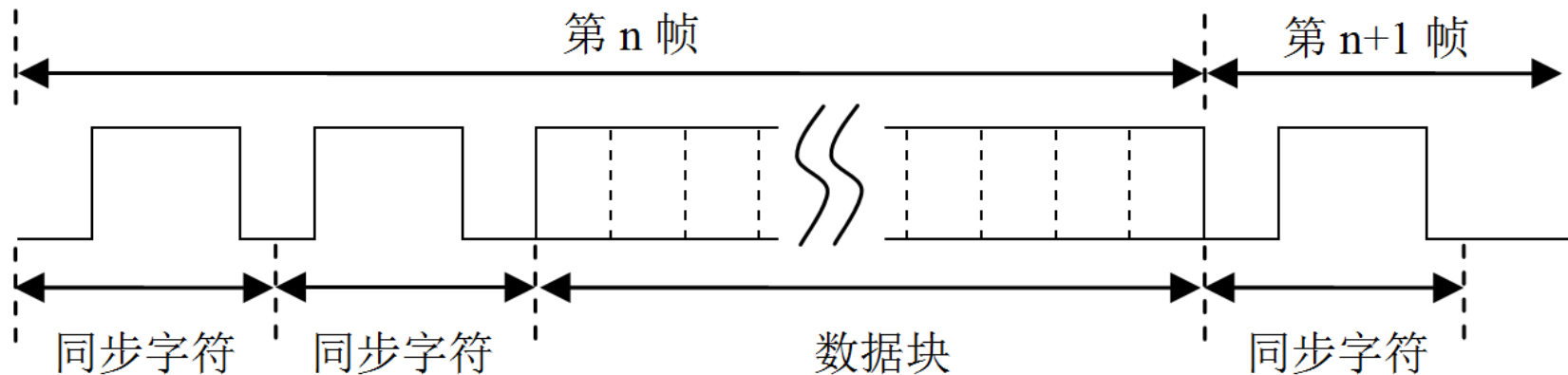
(a) 小于最高数据传送率格式



(b) 最高数据传送率格式

6.1.4 异步通信与同步通信

串行通信中有两种基本的通信方式：
异步通信
同步通信



注：帧与帧之间可以有间隙

图 6.1.6 同步串行通信格式

6.2 RS-232-C串行通信接口总线

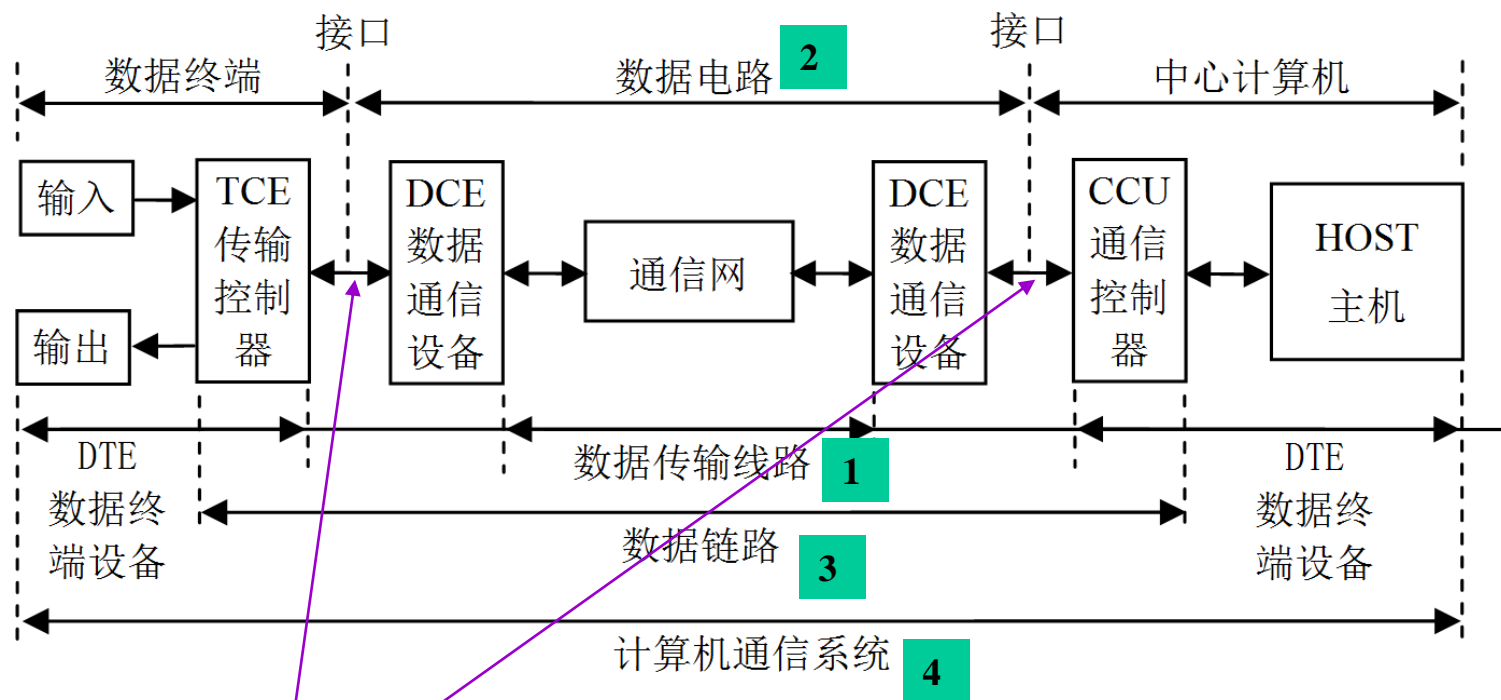


图 6.2.1 串行通信系统的结构框图

接口处使用RS232C接口标准，对信号功能、电气特性、机械特性做出规定

按分段功能分4个部分：
传输线路
数据电路
数据链路
计算机通信系统

RS-232-C接口标准

- 1. 机械特性

- RS-232-C并未定义连接器的物理特性，因此，出现了D25、D15和D9各种类型的连接器，其引脚定义也各不相同。常用的是D9型连接器。

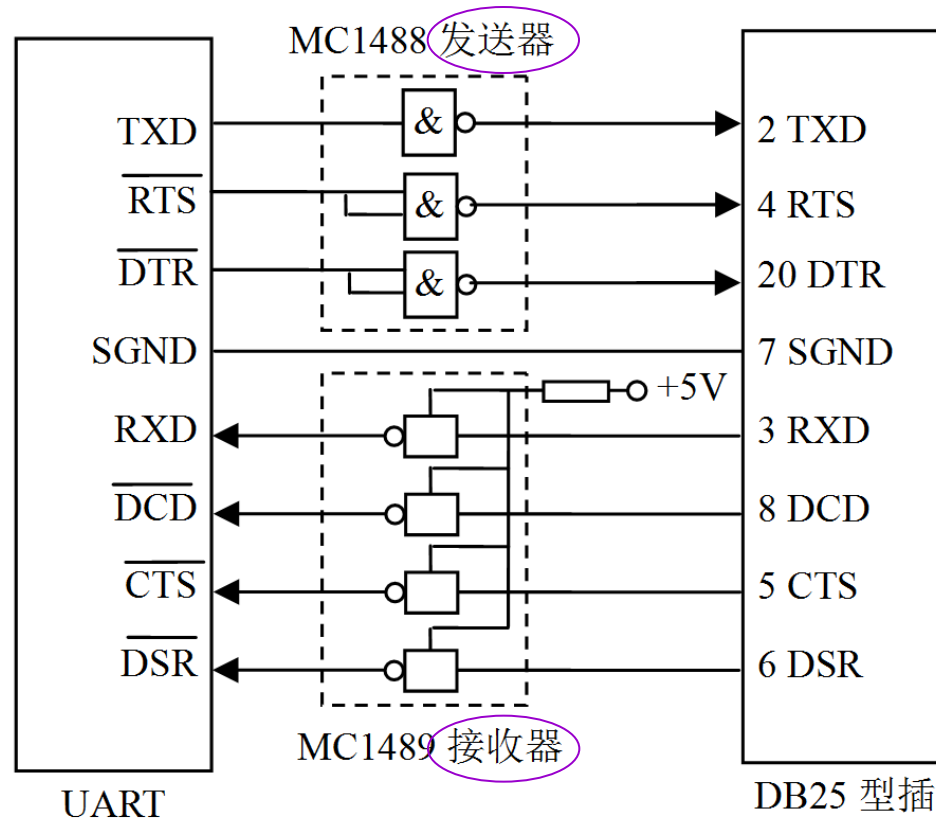
- 2. 电气特性

- 采用负逻辑电平：
- 逻辑0---对信号地线+3V~+15V（通常取+12V）
- 逻辑1---对信号地线-3V~-15V（通常取-12V）

- 3. 功能特性

- 主要是对接口中的各接口线作出功能定义，并说明相互间的操作关系。

RS-232-C与TTL之间电平转换电路



(1) RS-232-C用正负电压表示的逻辑状态，与TTL以高低电平表示的逻辑状态，其规定不同。

(2) 因此，为了能够使RS-232-C同计算机接口或终端的TTL器件连接，必须在RS-232-C与TTL电路之间进行电平和逻辑关系的变换。

(3) 实现这种变换的方法可用集成电路芯片MC1488和MC1489来完成。

表6.2.1 RS-232-C接口功能定义

引脚号	符号	信号名称	缩写	描述
1	AA	保护地（屏蔽）	PB	用于设备地
2	BA	发送数据	TXD	输出数据到modem
3	BB	接收数据	RXD	由modem输入数据
4	CA	请求发送	RTS	至modem，打开modem的发送器
5	CB	清除发送（允许发送）	CTS	由modem来，指示modem发送就绪
6	CC	DCE就绪	DSR	由modem来，指示modem电源已接，也不在测试期
7	AB	信号地（公共回路）	SGND	
8	CF	接收线信号检测器（载波检测）	DCD	由modem来，指示modem正接收通信链路的信号
9		测试预留		
10		测试预留		
11		未定义		
12	SCF	第二接收线信号检测器		由modem来，指示modem正接收辅通信链路的信号
13	SCB	第二清除发送		由modem来，指示modem辅信道发送就绪
14	SBA	第二发送数据		至modem，输出低速率数据
15	DB	发送器信号码元定时（DCE源）	TXC	由modem来，给终端或接口提供发送器时序
16	SBB	第二接收数据		由modem来，输入低速率数据
17	DD	接收器信号码元定时	RXC	由modem来，给终端或接口提供接收器时序
18		未定义		
19	SCA	第二请求发送		至modem，打开modem的辅信道发送器
20	CD	DTE就绪	DTR	至modem，准许modem接入通信链路，开始发送数据
21	CG	信号质量检测	SQD	由modem来，接收数据中的差错几率为低时才有效
22	CE	振铃检测	RI	由modem来，指示通信链路测出响铃信号
23	CH/CI	数据速率选择DTE源/DCE源		至modem/由modem来，指示两个同步数据之一的速率或速率范围
24	DA	发送器信号码元定时（DTE源）	TXC	至modem，给modem发送器提供时序
25		未定义		

RS-232-C接口的近距离直接连接

在使用RS-232-C实现近距离与远距离通信时，所使用的信号线是不同的。

所谓近距离是指传输距离小于15m的通信。在15m以上为远距离。

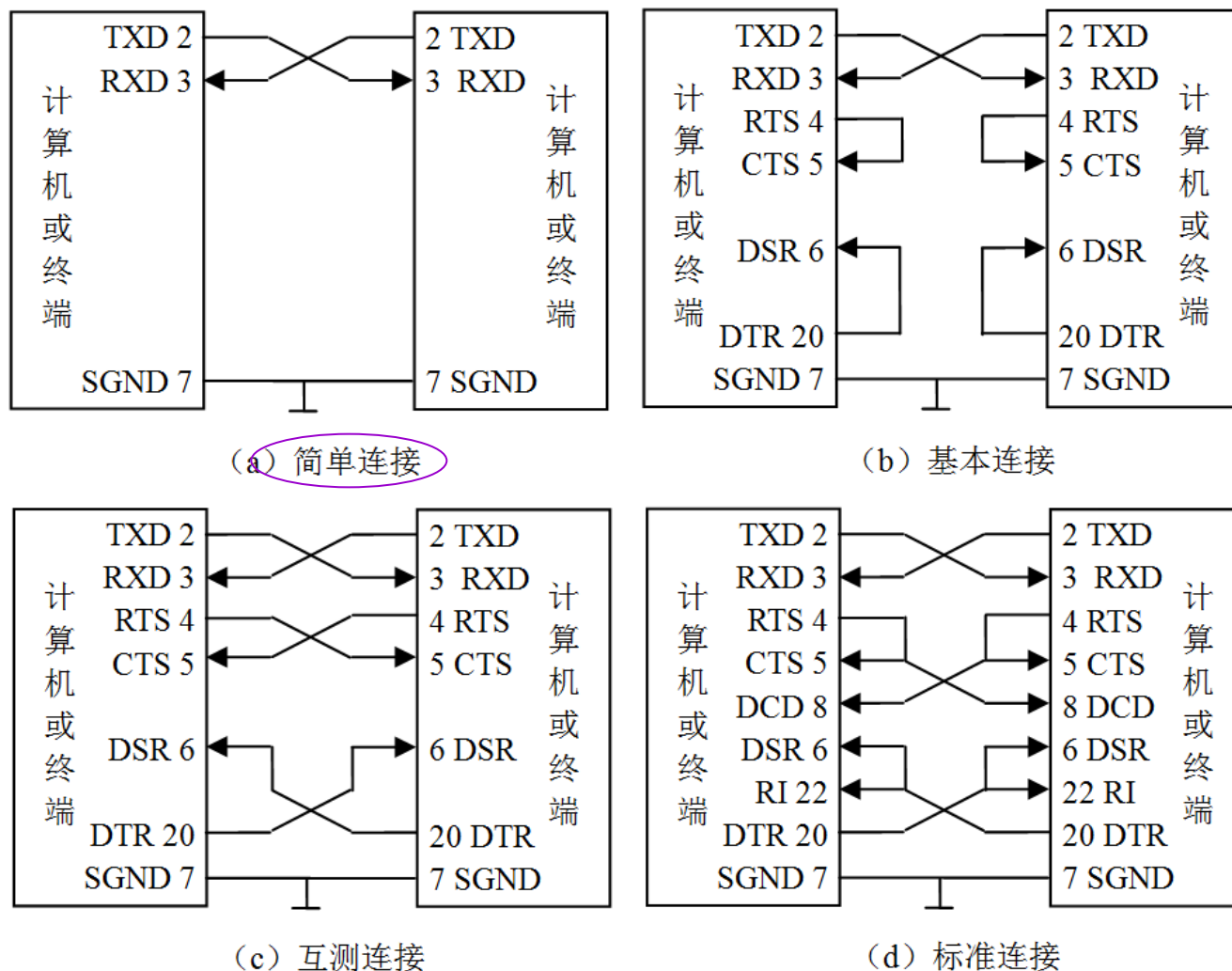


图 6.2.4 近距离直接连接

RS-232-C接口的远距离直接连接

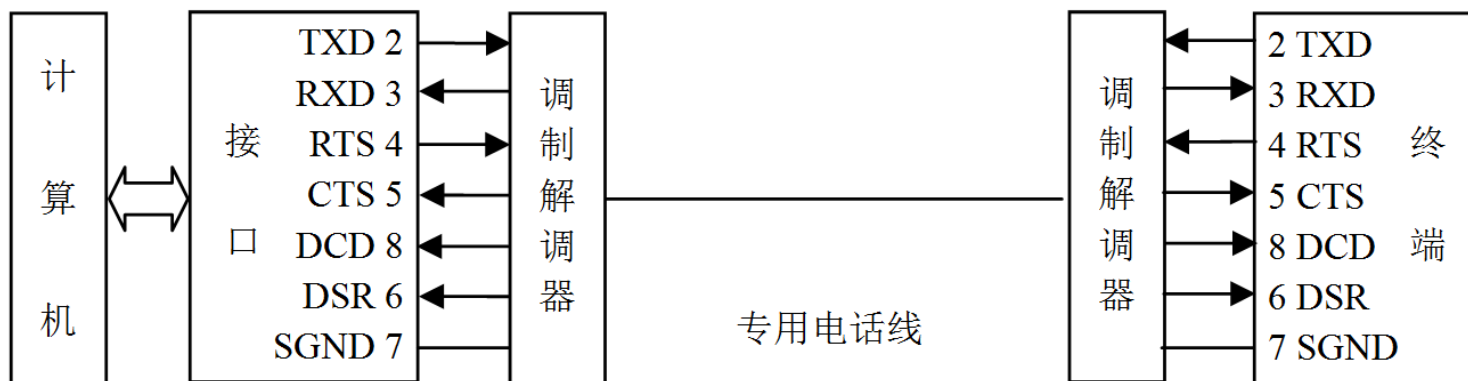


图 6.2.5 采用 MODEM 和专用线通信时信号线的连接

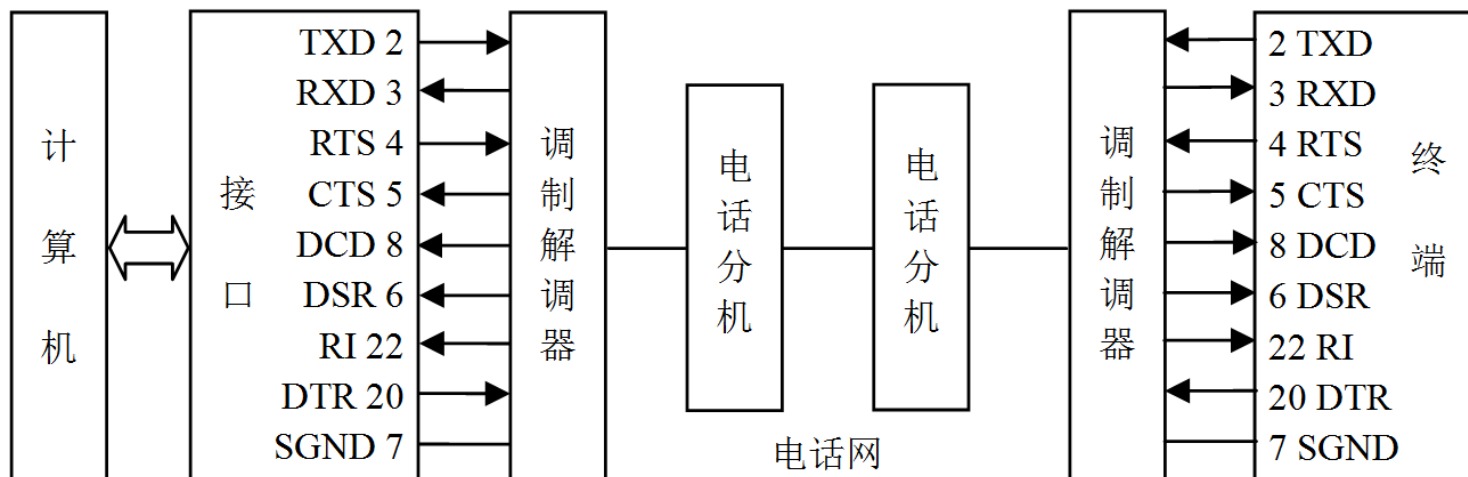


图 6.2.6 采用 MODEM 和电话网通信时信号线的连接

6.3 可编程串行通信接口芯片8251A

- 8251A的基本性能：
 - (1) 可以工作在同步方式，也可以工作在异步方式；在同步方式下，波特率为0~64K波特，在异步方式下，波特率为0~19.2K波特。
 - (2) 在同步方式时，可以用5、6、7或8位来代表字符，并且内部能自动检测同步字符，从而实现同步。此外，8251A还允许在同步方式下增加奇/偶校验位进行校验。
 - (3) 在异步方式时，可以用5、6、7或8位来代表字符，用1位作奇偶校验。此外，能根据编程为每个字符设置1个、1.5个或2个停止位。
 - (4) 所有的输入输出电路都与TTL电平兼容。
 - (5) 全双工双缓冲的接收/发送器。

6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理

5个主要部分：数据总线缓冲器、接收缓冲器、发送缓冲器、读/写控制逻辑电路、调制解调控制电路

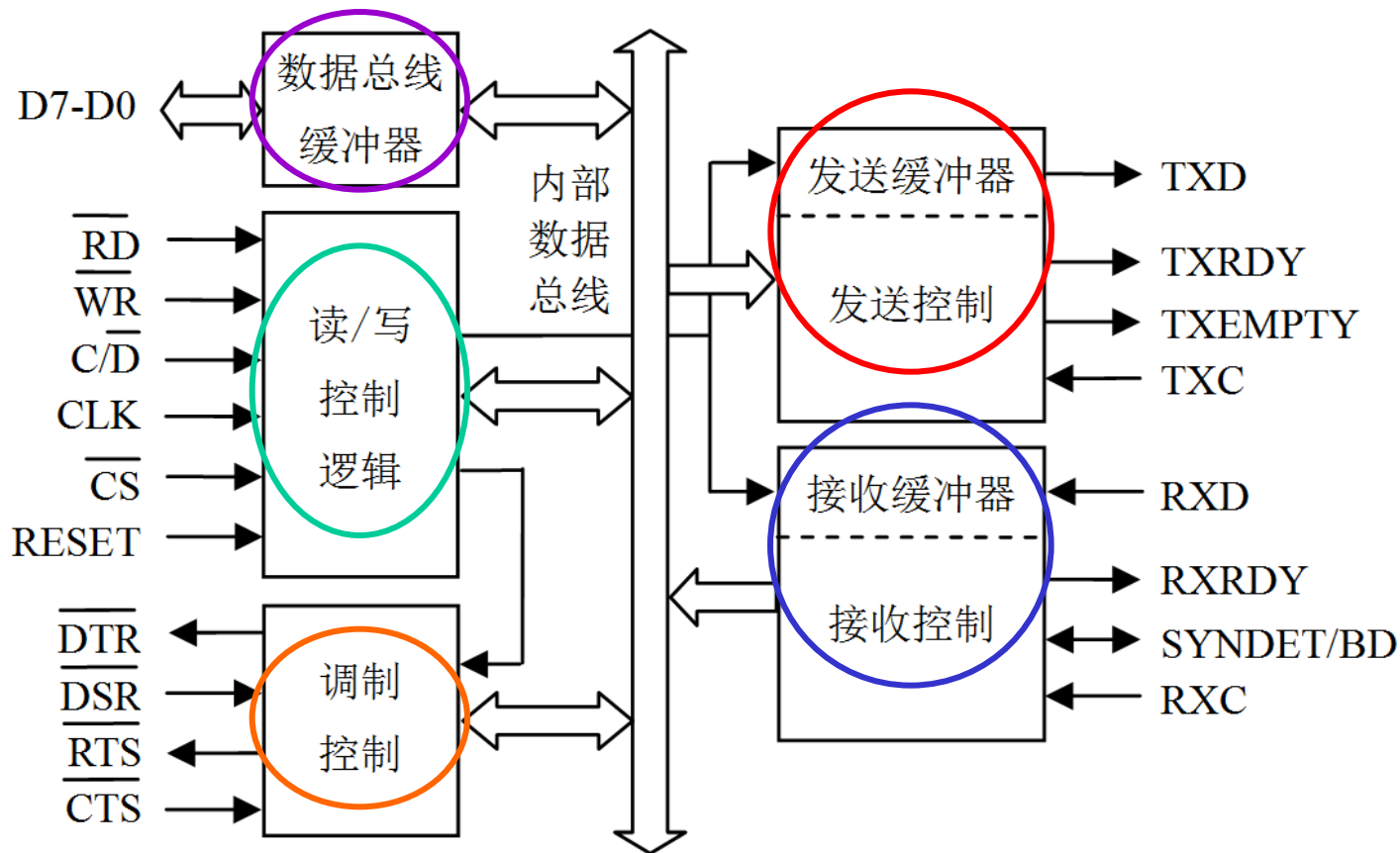
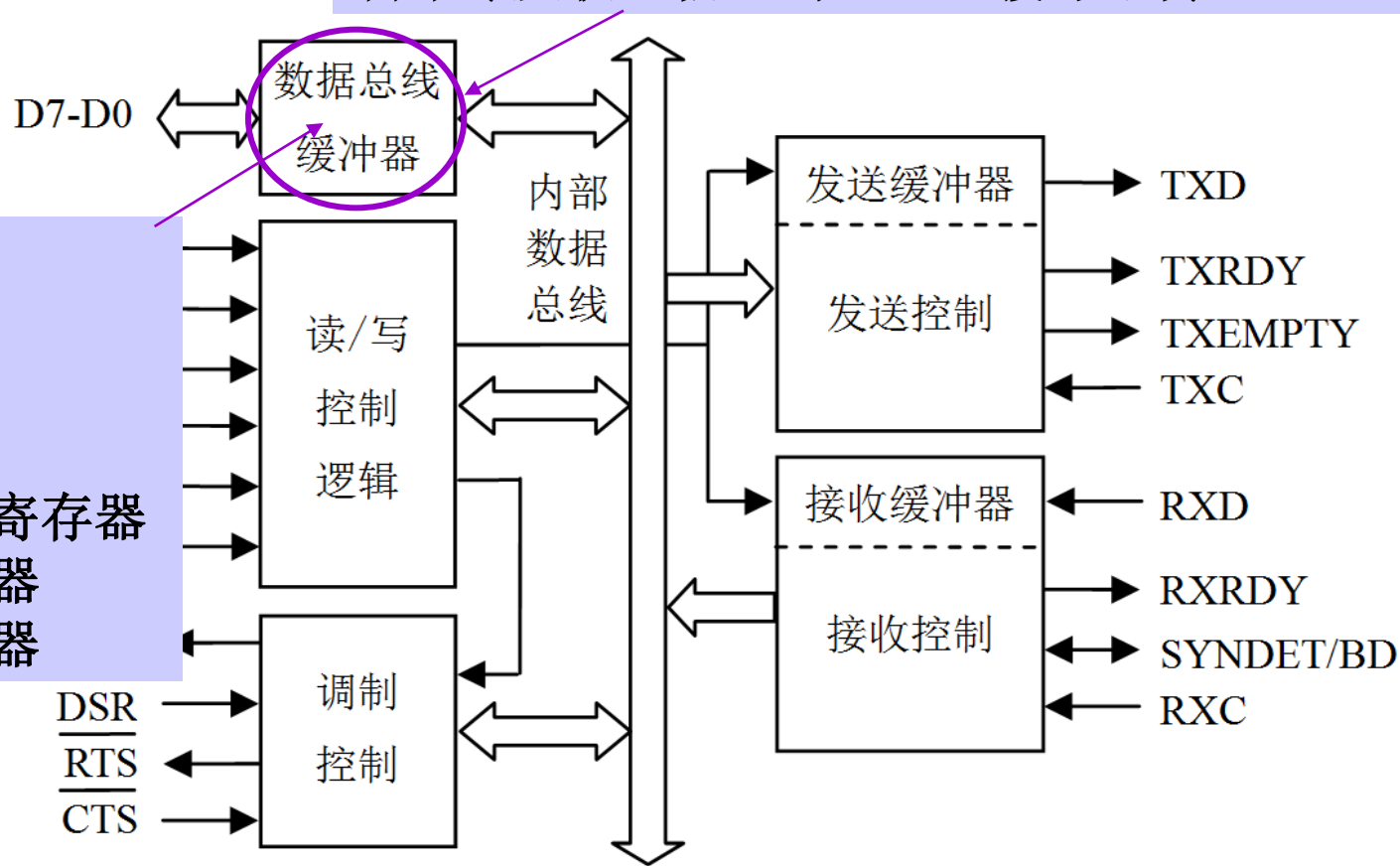


图 6.3.1 8251A 的结构框图

6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理

数据总线缓冲器是三态双向8位缓冲器，它是8251A与微机系统数据总线的接口，数据、控制命令及状态信息均通过此缓冲器传送。



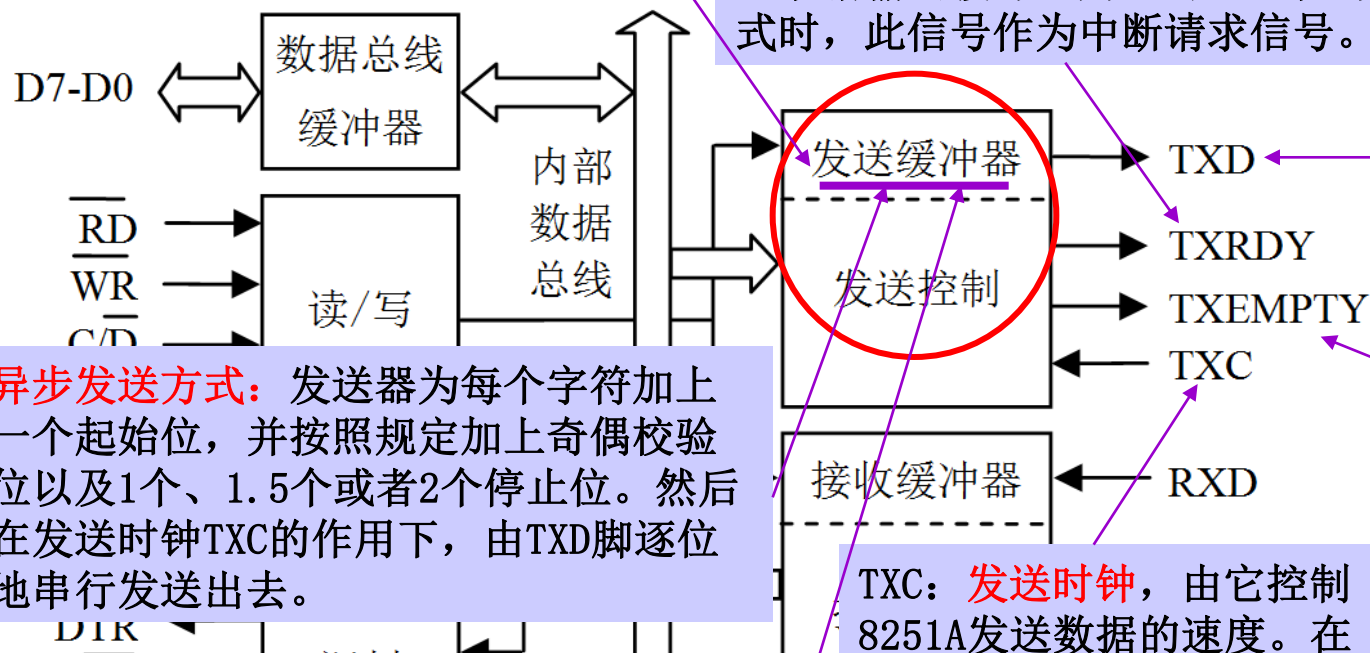
含有：
命令寄存器
状态寄存器
方式寄存器
两个同步字符寄存器
数据输入缓冲器
数据输出缓冲器

图 6.3.1 8251A 的结构框图

6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理

功能：接收CPU送来的并行数据，按照规定的数据格式变成串行数据流后，由TXD输出线送出。

TXRDY：发送器准备好，高电平有效。有效时，表示发送器已准备好接收CPU送来的数据。当CPU向8251A写入一个数据后，TXRDY自动复位。当8251A允许发送，且数据输出缓冲器为空时，此信号有效。在用中断方式时，此信号作为中断请求信号。



TXD：发送数据线

TXEMPTY：发送移位器空，高电平有效。有效时，表示发送器中的移位寄存器已经变空。8251A从CPU接收待发的数据后，自动复位。

异步发送方式：发送器为每个字符加上一个起始位，并按照规定加上奇偶校验位以及1个、1.5个或者2个停止位。然后在发送时钟TXC的作用下，由TXD脚逐位地串行发送出去。

同步发送方式：发送缓冲器在准备发送的数据前面先插入由初始化程序设定的一个或两个同步字符，在数据中插入奇偶校验位。然后在发送时钟TXC的作用下，将数据逐位地由TXD引脚发送出去。

TXC：发送时钟，由它控制8251A发送数据的速度。在异步方式下，TXC的频率可以是波特率的1倍、16倍或64倍，可由程序设定。在同步方式下，TXC的频率与发送数据波特率相同。

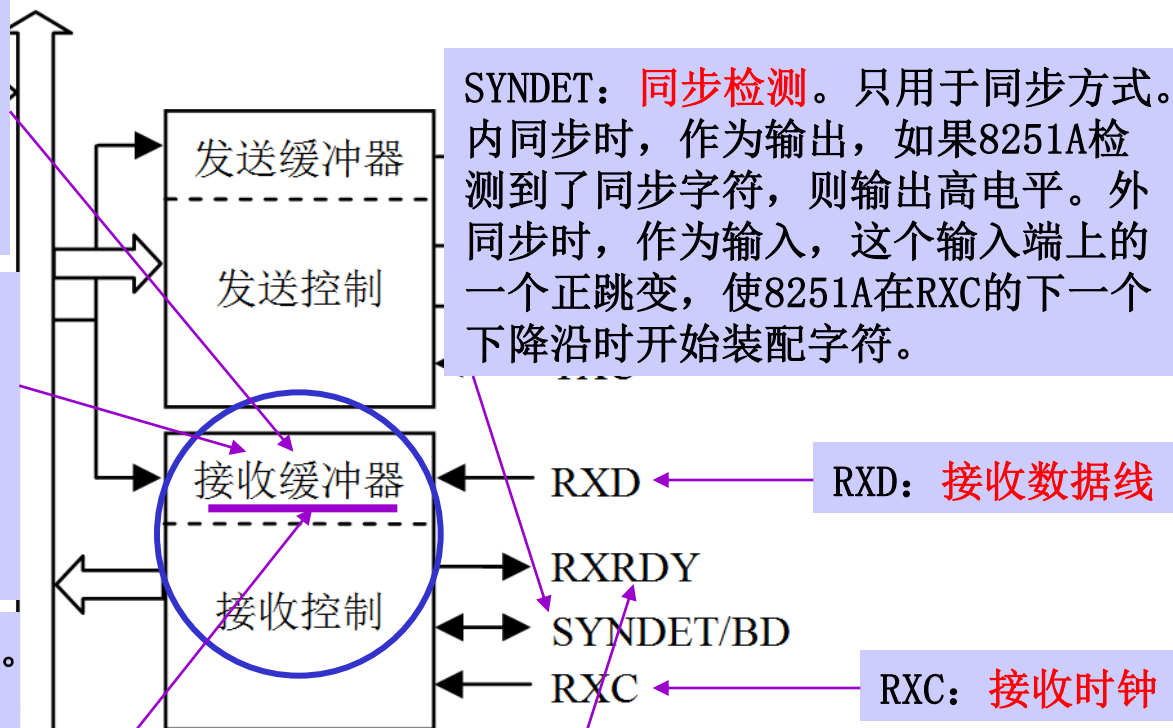
6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理

功能：接收在RXD脚上输入的串行数据，并按规定的格式把串行数据转换为并行数据，存放在数据总线缓冲器中的数据输入缓冲器中。

异步接收方式：在“允许接收”条件下，接收缓冲器监视RXD线。发现起始位后，开始采样并进行字符装配，装配一个直接后，送到数据输入缓冲器，同时发出RXRDY有效信号。

同步接收方式：先搜索同步字符。匹配同步字符后，SYNDET引脚变为高电平。

外同步方式：SYNDET端出现高电平，8251A便认为已经完成同步。实现同步之后，对RXD线采样，把收到的数据送入移位寄存器中。装配字符，然后送入数据输入缓冲器，并且在RXRDY引脚上发出有效信号。



SYNDET：同步检测。只用于同步方式。内同步时，作为输出，如果8251A检测到了同步字符，则输出高电平。外同步时，作为输入，这个输入端上的一个正跳变，使8251A在RXC的下一个下降沿时开始装配字符。

RXRDY：接收数据准备好，高电平有效。在允许接收的条件下，当8251A已经从它的串行输入端接收了一个字符，并完成了格式变换，此信号有效，通知CPU读取数据。当CPU从8251A读取一个字符后，RXRDY信号自动复位。在中断方式时可作为中断请求信号。

8251A 的结构框图

6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理

CLK: **时钟**, 产生8251A的内部时序。同步方式时, CLK频率要大于RXC和TXC频率的30倍。异步方式时, 此频率要大于RXC和TXC频率的4.5倍。

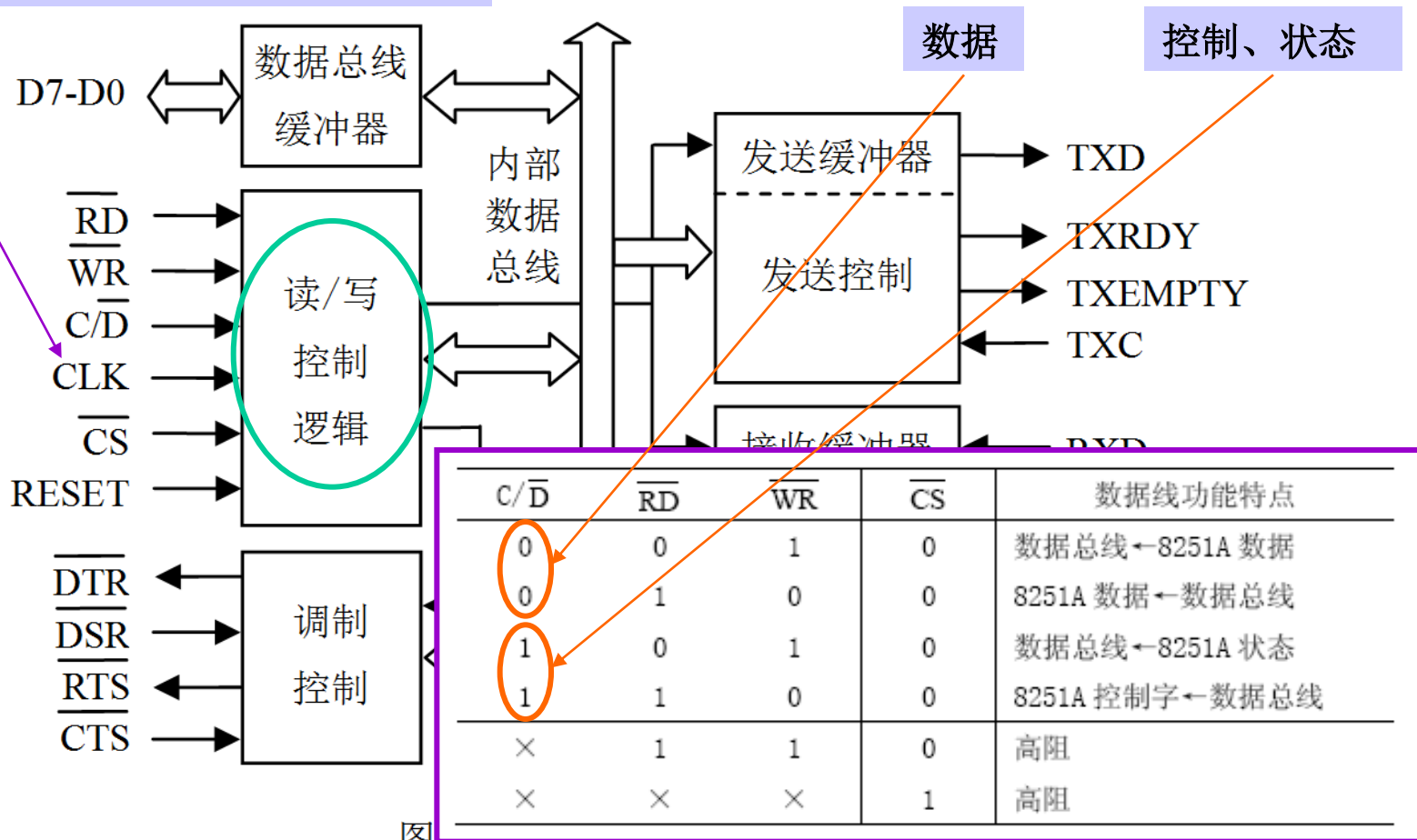
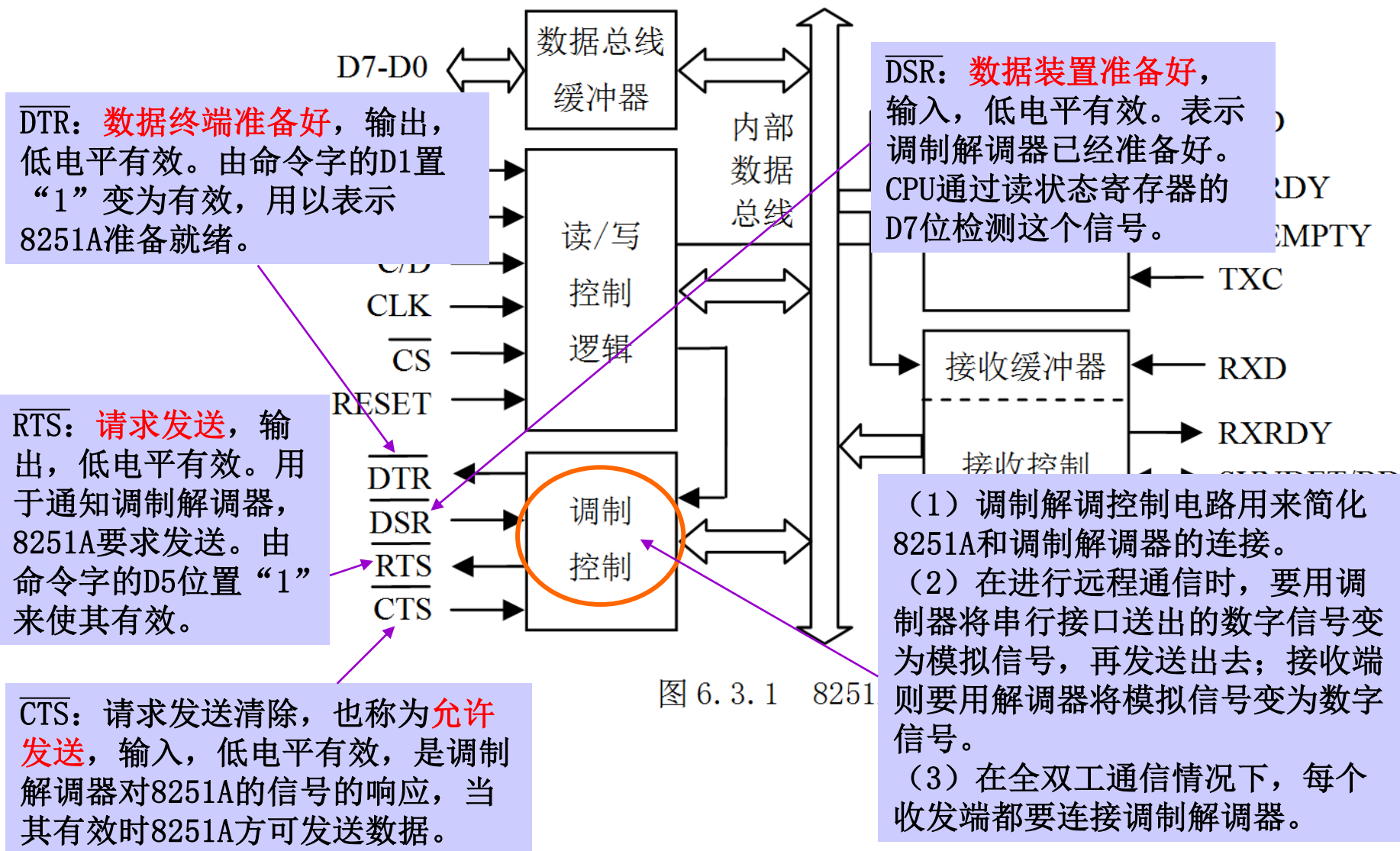


图 6.3.1 8251A 的结构框图

6.3.1 8251A内部逻辑与工作原理



- (1) 调制解调控制电路用来简化8251A和调制解调器的连接。
- (2) 在进行远程通信时, 要用调制器将串行接口送出的数字信号变为模拟信号, 再发送出去; 接收端则要用解调器将模拟信号变为数字信号。
- (3) 在全双工通信情况下, 每个收发端都要连接调制解调器。

6.3.3 8251A的控制字-方式选择控制字

8251A有两个控制字：方式选择控制字，操作命令控制字

功能：方式选择控制字用来选择工作方式，确定数据位长度、是否要奇偶校验、停止位的位数或同步字符的个数等。

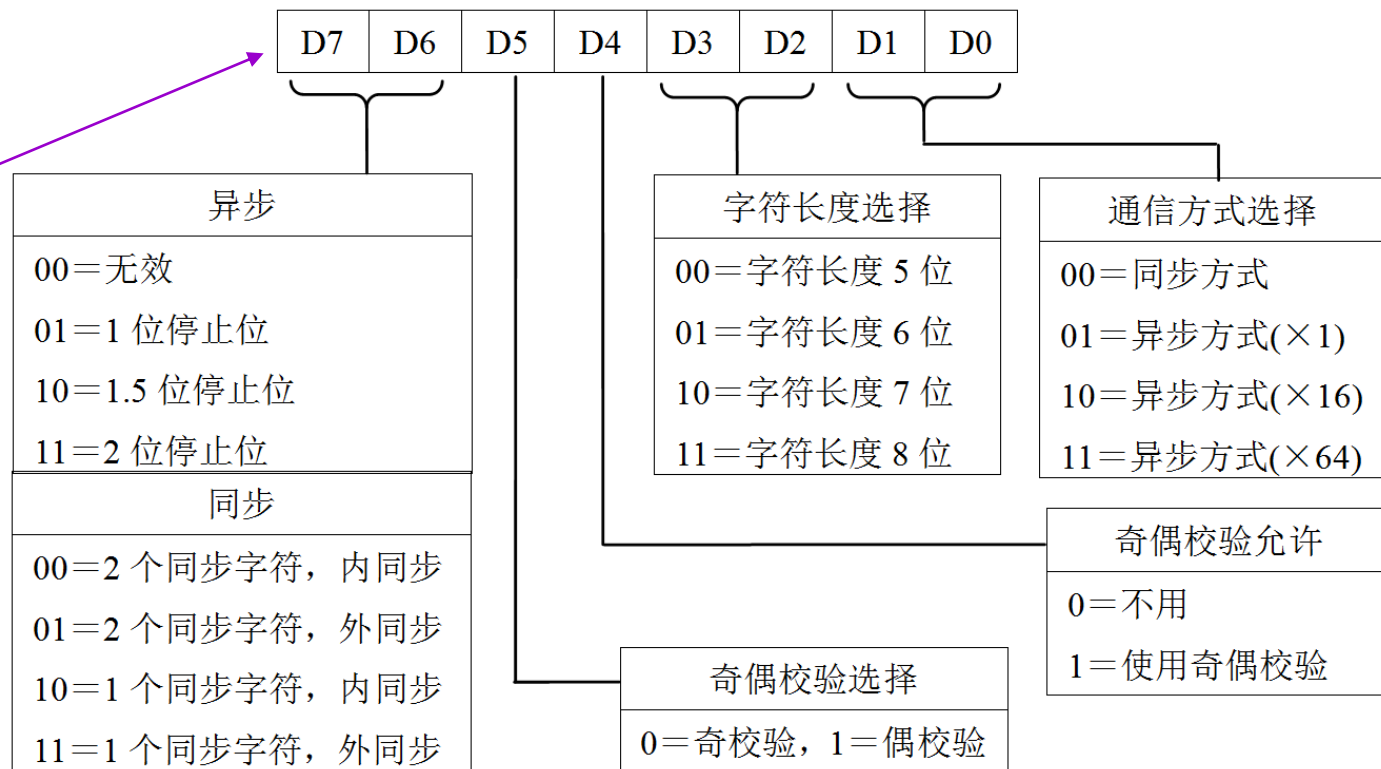


图 6.3.2 8251A 方式选择控制字格式

方式选择控制字在8251A复位之后送入，操作命令控制字在方式选择控制字之后的任何时间均可送入。

6.3.3 8251A的控制字- 命令控制字

功能：命令控制字控制8251A的发送、接收、内部复位等的实际操作。

与引脚反相							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
EH	IR	RTS	ER	SBRK	RXE	DTR	TXEN
1= 搜索 同步字 符	1= 内 部 复位	1= 发 送 请 求 有 效	1= 错 误 标 志 复 位	1= 发 中 止 字 符	1= 接 收 允 许	1= 数 据 终 端 准 备 好	1= 发 送 允 许

图 6.3.3 8251A 命令控制字格式

强迫TXD为低

6.3.3 8251A的控制字- 状态字

CPU可在任意时刻，通过IN指令将8251A内部状态寄存器的内容（即状态字）读入CPU，以判断8251A当前的工作状态。

与引脚相同							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DSR	SYNDET/BD	FE	OE	PE	TXEMPTY	RXRDY	TXRDY
1= 数据装置就绪	1=同步检出	1= 格式错	1= 溢出错误	1=奇偶错	1=发送移位器空	1=接收准备好(输入缓冲器满, 读复位)	1=发送准备好(输出缓冲器空, 写复位)

图 6.3.4 8251A 状态字格式

- (1) PE=1表示当前产生了**奇偶错**。
- (2) OE=1表示当前产生了**溢出错误**，CPU还没来得及将上一字符取走，下一个字符又来到了RXD端，8251A继续接收下一字符，结果使上一字符丢失。
- (3) FE=1表示未检测到停止位，产生了**格式错**，只对异步方式有效。

这里TXRDY状态与引脚TXRDY有区别。状态位TXRDY只要数据输出缓冲器空就置位；而**引脚TXRDY要满足三个条件时才置位**（即满足**CTS=0**、**TXRDY=1**，**TXEN=1**时）。当CPU往8251A输出一个字符以后，状态位TXRDY会自动清0。

8251A初始化流程图

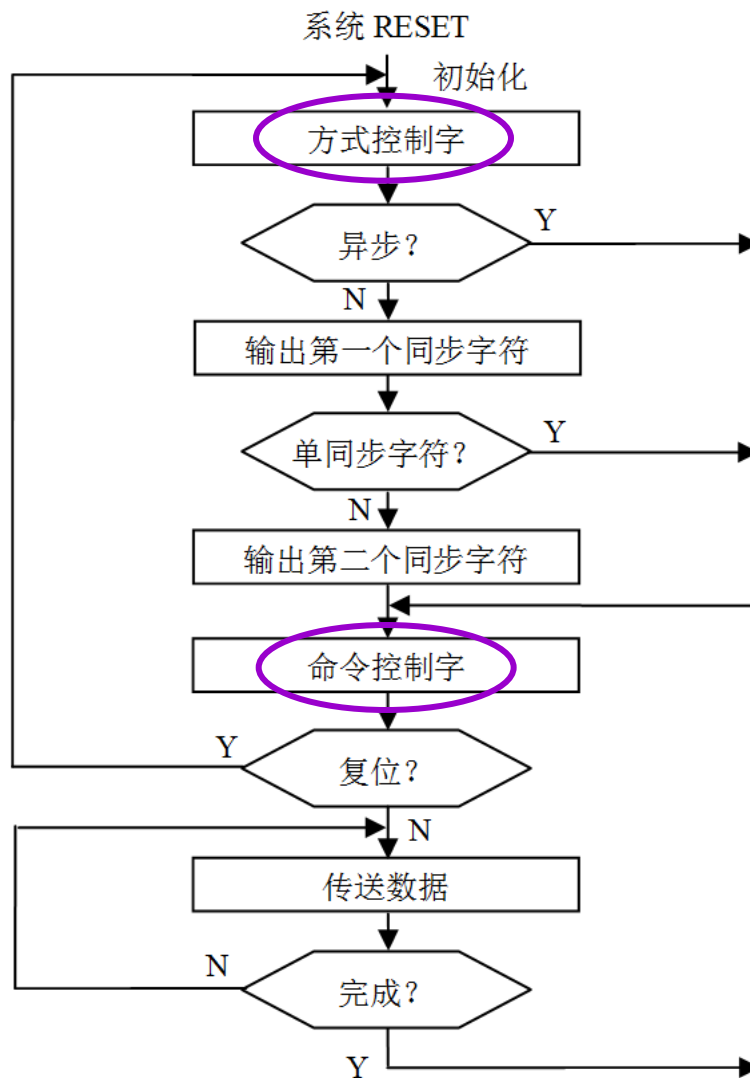


图 6.3.5 8251A 初始化流程图

例6.3.1 8251A异步方式初始化

- 设8251A工作在异步方式，波特率因子为16，每个字符7个数据位，采用偶校验，2个停止位，允许发送和接收，设8251A数据端口地址为200H，8251A控制端口地址为201H。试编写8251A的初始化程序。
- 方式选择控制字：11111010B（即FAH），写入控制端口201H。
- 命令控制字：00110111B（即37H），允许发送和接收，写入控制端口201H。
- 初始化程序：

MOV	AL, 0FAH	； 方式选择控制字，异步方式，7位/字符，
		； 偶校验，2个停止位
MOV	DX, 201H	； 控制端口地址
OUT	DX, AL	； 传送
MOV	AL, 37H	； 命令控制字，发送和接收允许，清出错标志
OUT	DX, AL	； 传送

例6.3.2 8251A同步方式初始化

- 设8251A工作在内同步方式，2个同步字符（设同步字符为3AH），每个字符7个数据位，采用偶校验，允许发送和接收，设8251A数据端口地址为90H，8251A控制端口地址为91H。试编写8251A的初始化程序。
- 方式选择控制字：00111000B（即38H），写入控制端口91H。
- 命令控制字：10010111B（即97H），使8251A进入同步字符检测，出错标志复位，允许发送和接收，置引脚有效，写入控制端口91H。
- 同步字符：2个同步字符，均为3AH。
- 初始化程序：

MOV	AL, 38H	； 方式选择控制字，内同步方式，
		； 2个同步字符，7位数据，偶校验
OUT	91H, AL	
MOV	AL, 3AH	
OUT	91H, AL	； 送第一个同步字符3AH
OUT	91H, AL	； 送第二个同步字符3AH
MOV	AL, 97H	； 命令控制字，启动发送器和接收器，
		； 清出错标志， $\overline{\text{DTR}}$ 有效
OUT	91H, AL	

例6.3.3 8251A状态字的使用

- 设8251A工作在异步方式，波特率因子为16，每个字符7个数据位，采用偶校验，2个停止位，允许接收，设8251A数据端口地址为70H，8251A控制端口地址为71H。试编写8251A输入100个字符的程序段，字符存入DATA开始的存储区。
- 方式选择控制字：11111010（即FAH），写入控制端口71H。
- 命令控制字：00110111B（即37H），置引脚RTS、DTR有效，出错标志复位，允许发送和接收，写入控制端口71H。
- 状态字：检测状态字D1位的RXRDY，若RXRDY=1，说明已接收一个完整字符，可以读取。读取一个字符后，还要确定接收的字符是否正确，方法是检测状态字的D5D4D3位（帧错、溢出错、奇偶错），相应位为1表明出现对应的错误，需要进行错误处理。

4. 初始化程序:

	MOV	AL, 0FAH	; 方式选择控制字, 异步方式, 7位/字符, 偶校验, 2个停止位
	OUT	71H, AL	; 送控制口
	MOV	AL, 37H	; 命令控制字, $\overline{\text{RTS}}$ 、 $\overline{\text{DTR}}$ 有效, 发送和接收允许, 清出错标志
	OUT	71H, AL	; 送控制口
	MOV	DI, OFFSET DATA	; 设置输入字符存储偏移地址
	MOV	CX, 100	; 计数器初值, 输入100个字符
X1:	IN	AL, 71H	; 读状态字
	TEST	AL, 02H	; RXRDY=1? 是, 接收字符就绪, 准备读取并存储
	JZ	X1	; RXRDY不为1, 输入字符未就绪, 循环等待
	IN	AL, 70H	; 读取字符
	MOV	[DI], AL	; 存储
	INC	DI	; 修改存储指针
	IN	AL, 71H	; 读状态字
	TEST	AL, 38H	; 测试有无帧错、溢出错、奇偶错 (状态字相应位为1表明出错)
	JNZ	X2	; 出错, 转错误处理程序
	LOOP	X1	; 正确, 接收下一个字符
	JMP	X3	; 全部接收完成, 转结束
X2:		; 错误处理程序
X3:		; 结束处理

第6章 结 束