

简介

本文档介绍了 HC89S 系列中 UART 模块的基本功能，以及使用该模块时的注意事项。在实际的开发过程中，如需更深一步了解该模块的基本功能以及操作事项，可以参考芯片手册中 UART 模块的详细介绍。芯片手册中的例程为用户进一步的学习芯片提供参考，该例程也可以应用到实际的开发中。

- 本文档为 HC89S 系列的应用补充材料，不能代替用户手册，具体功能及寄存器的操作等相关事项请以用户手册为准。
- 相关数据手册、工具及技术文档下载网址：<http://www.holychip.cn/>。

目录

1	功能介绍	3
2	工作方式	3
2.1	方式 0: 同步半双工通讯	3
2.2	方式 1: 8 位 UART, 可变波特率, 异步全双工	5
2.3	方式 2: 9 位 UART, 固定波特率, 异步全双工	7
2.4	方式 3: 9 位 UART, 可变波特率, 异步全双工	9
3	波特率发生器	9
4	多机通信	10
4.1	软件地址识别	10
4.2	自动 (硬件) 地址识别	10
5	帧出错检测	11
5.1	发送冲突	11
5.2	接收溢出	11
5.3	帧出错	11
6	参考例程	11
7	其他信息	11

1 功能介绍

- 一个自带波特率发生器的 UART
- 波特率发生器为一个 16 位向上的计数器
- UART 有四种工作方式
- UART 增加帧错误，接收溢出及写冲突检测
- UART 增加地址自动识别

2 工作方式

UART有4种工作方式，在四种方式中，任何将SBUF作为目标寄存器的写操作都会启动发送。在方式0中由条件RI = 0和REN = 1初始化接收。这会在TXD引脚上产生一个时钟信号，然后在RXD引脚上移出8位数据。在其它方式中由输入的起始位初始化接收（如果RI = 0和REN = 1）。外部发送器通信以发送起始位开始。在发送之前TXD引脚必须被设置为输出高电平。

SM0	SM1	工作方式	类型	波特率
0	0	方式0	同步	波特率是 $F_{uart}/12 \times 6^{UX6}$
0	1	方式1	异步	BRT独立波特率发生器的溢出率/16
1	0	方式2	异步	$(2^{SMOD}/64) \times F_{uart}$
1	1	方式3	异步	BRT独立波特率发生器的溢出率/16

2.1 方式 0：同步半双工通讯

方式0支持与外部设备的同步通信，在RXD引脚上收发串行数据，TXD引脚发送移位时钟。HC89S105A提供TXD引脚上的移位时钟，因此这种方式是串行通信的半双工方式。在这个方式中，每帧收发8位，低位先接收或发送。

通过置UX6位为0或1，波特率固定为Fuart的1/12或1/2。当UX6位等于0时，串行端口以Fuart的1/12运行，当UX6位等于1时，串行端口以Fuart的1/2运行。与标准8051唯一不同的是，HC89S105A在方式0中有可变波特率。

功能块框图如下图所示，数据通过 RXD 引脚移入和移出串行端口，移位时钟由 TXD 引脚输出。

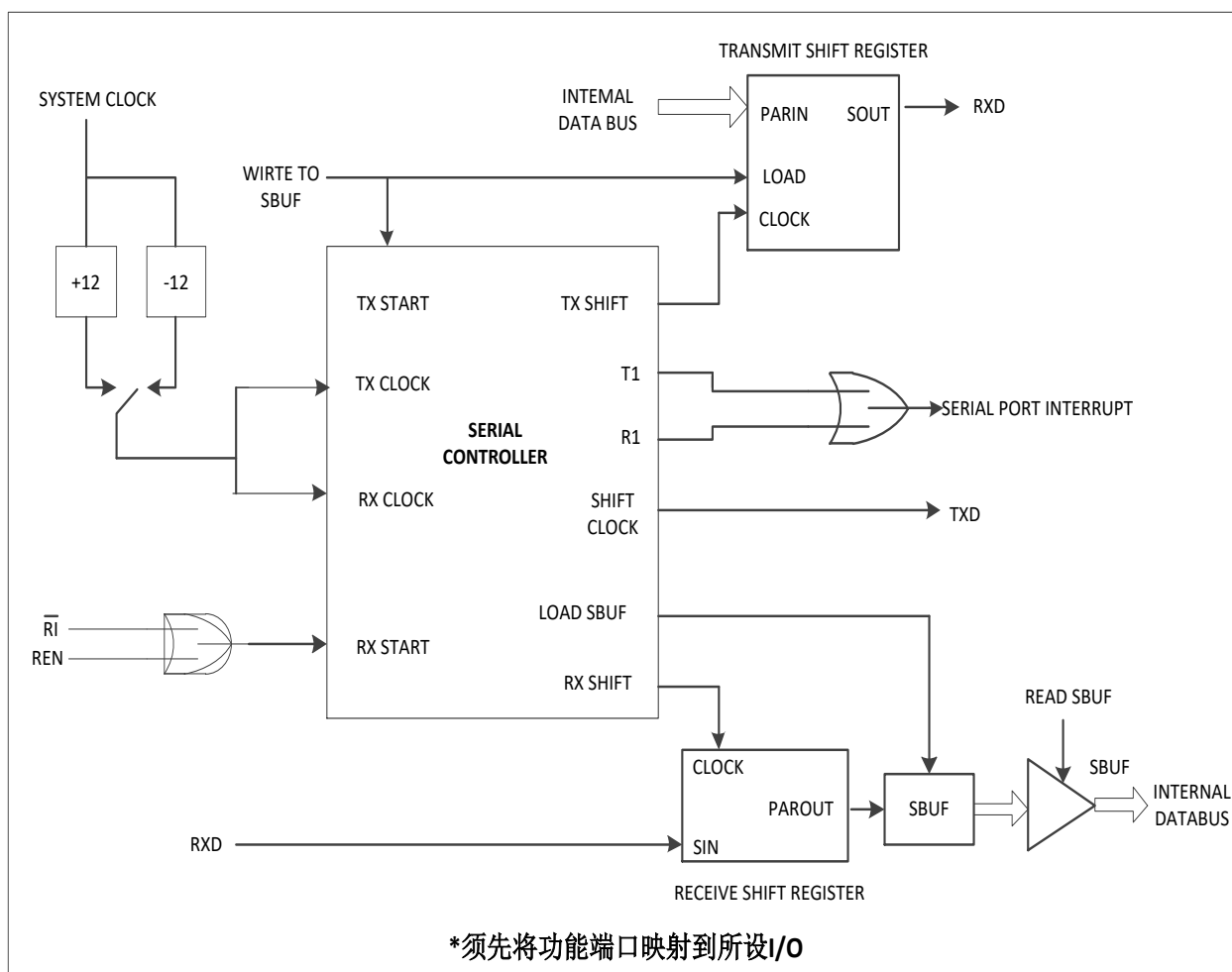


Figure 2-1 UART 模式 0 功能框图

任何将 **SBUF** 作为目标寄存器的写操作都会启动发送。下一个系统时钟 **TX** 控制块开始发送。数据转换发生在移位时钟的下降沿，移位寄存器的内容逐次从左往右移位，空位置 **0**。当移位寄存器中的所有 **8** 位都发送后，**TX** 控制模块停止发送操作，然后在下一个系统时钟的上升沿将 **TI** 位置 **1**。

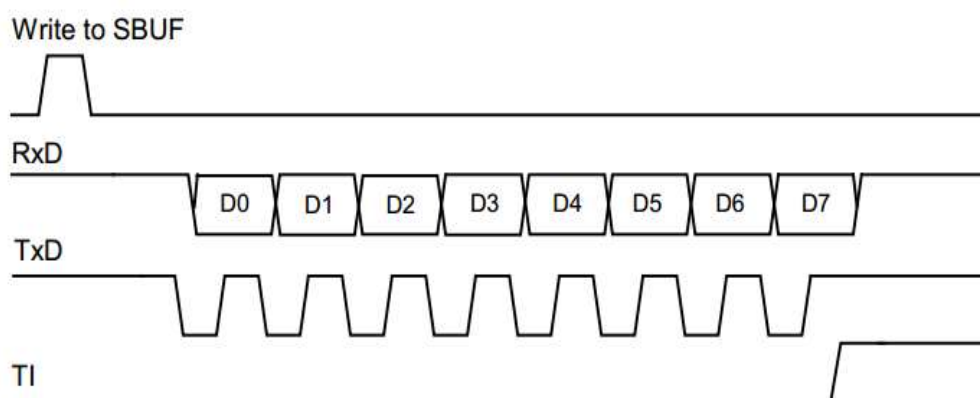


Figure 2-2 模式 0 数据发送时序框图

REN 位置 1 和 RI 位清 0 初始化接收。下一个系统时钟启动接收，在移位时钟的上升沿锁存数据，接收转换寄存器的内容逐次向左移位。当所有 8 位数据都移到移位寄存器中后，RX 控制块停止接收，在下一个系统时钟的上升沿 RI 置位，直到被软件清零才允许下一次接收。

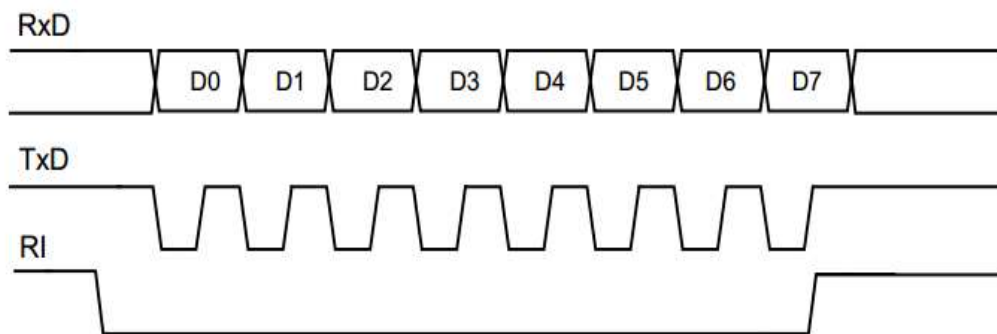


Figure 2-3 模式 0 数据接收时序框图

2.2 方式 1: 8 位 UART, 可变波特率, 异步全双工

方式 1 提供 10 位全双工异步通信，10 位由一个起始位（逻辑 0），8 个数据位（低位在前）和一个停止位（逻辑 1）组成。在接收时，这 8 个数据位存储在 SBUF 中而停止位储存在 RB8 中。方式 1 中的波特率固定为自带波特率发生器溢出率的 1/16。

功能块框图如下图所示：

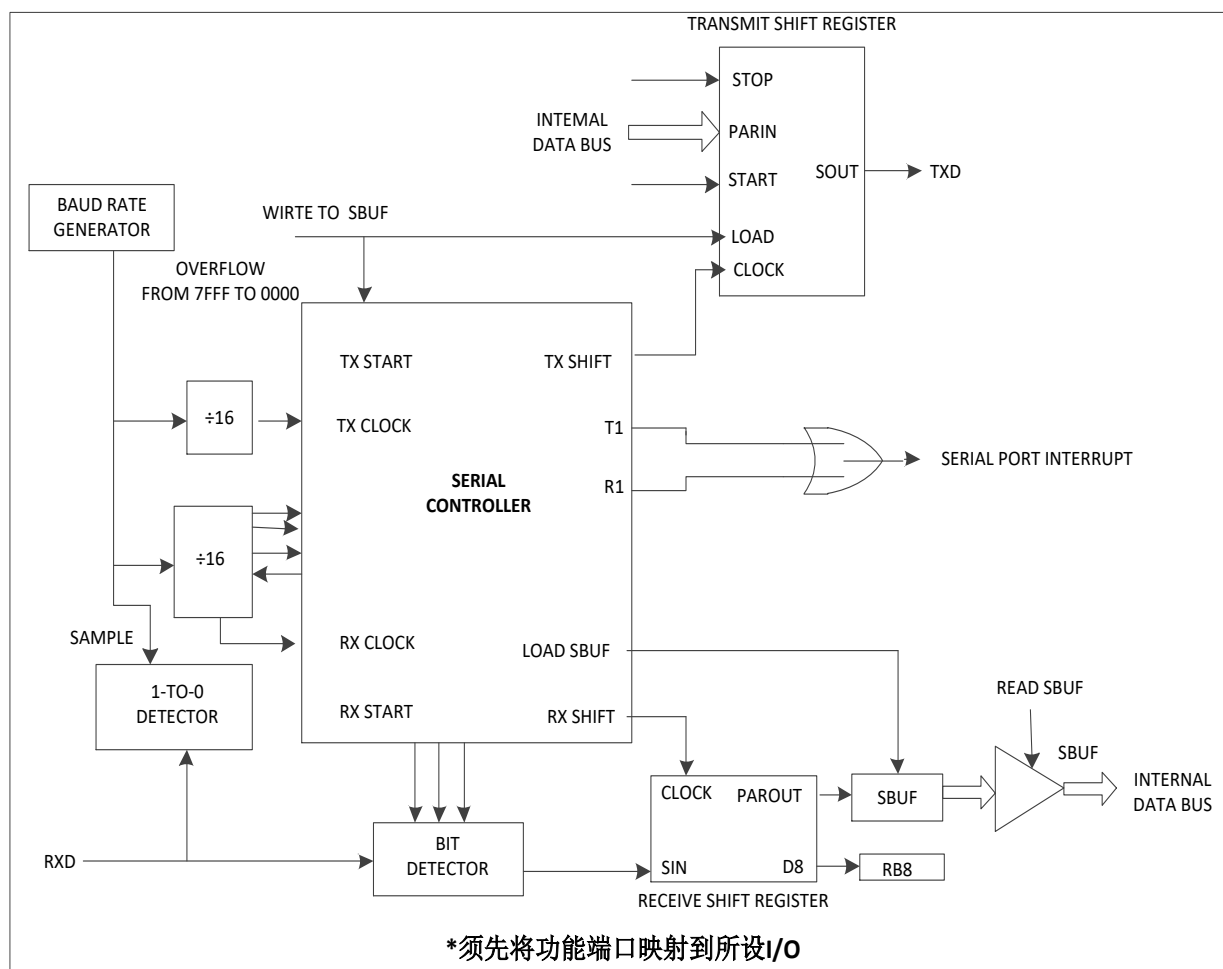


Figure 2-4 UART 模式 1 功能框图

任何将 SBUF 作为目标寄存器的写操作都会启动发送，实际上发送是从 16 分频计数器中的下一次跳变之后的系统时钟开始的，因此位时间与 16 分频计数器是同步的，与对 SBUF 的写操作不同步。起始位首先在 TXD 引脚上移出，然后是 8 位数据位。在发送移位寄存器中的所有 8 位数据都发送完后，停止位在 TXD 引脚上移出，在停止位发出的同时 TI 标志置位。

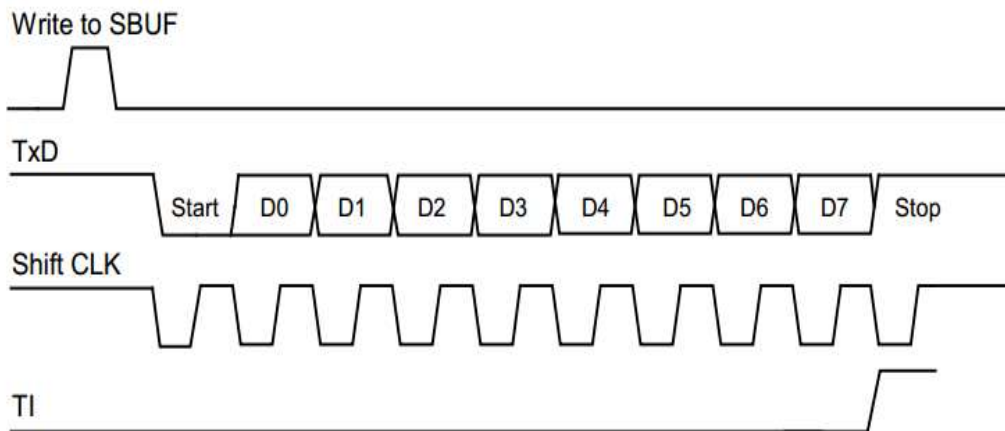


Figure 2-5 模式 1 数据发送时序框图

只有 REN 置 1 时才允许接收。当 RXD 引脚检测到下降沿时串行口开始接收串行数据。为此，CPU 对 RXD 不断采样，采样速率为波特率的 16 倍。当检测下降沿时，16 分频计数器立即复位，这有助于 16 分频计数器与 RXD 引脚上的串行数据位同步。16 分频计数器把每一位的时间分为 16 个状态，在第 7、8、9 状态时，位检测器对 RXD 端的电平进行采样。为抑制噪声，在这 3 个状态采样中至少有 2 次采样值一致数据才被接收。如果所接收的第一位不是 0，说明这位不是一帧数据的起始位，该位被忽略，接收电路被复位，等待 RXD 引脚上另一个下降沿的到来。若起始位有效，则移入移位寄存器，并接着移入其它位到移位寄存器。8 个数据位和 1 个停止位（包含错误的停止位，详见寄存器 SM2 位说明）移入之后，移位寄存器的内容和停止位（包含错误的停止位）被分别装入 SBUF 和 RB8 中，RI 置 1，但必须满足下列条件：

- (1) RI = 0
- (2) SM2 = 0 或者接收的停止位 = 1

如果这些条件被满足，那么停止位（包含错误的停止位）装入 RB8，8 个数据位装入 SBUF，RI 被置位。否则接收的帧会丢失。这时，接收器将重新去探测 RXD 端是否有另一个下降沿。用户必须用软件清零 RI，然后才能再次接收。

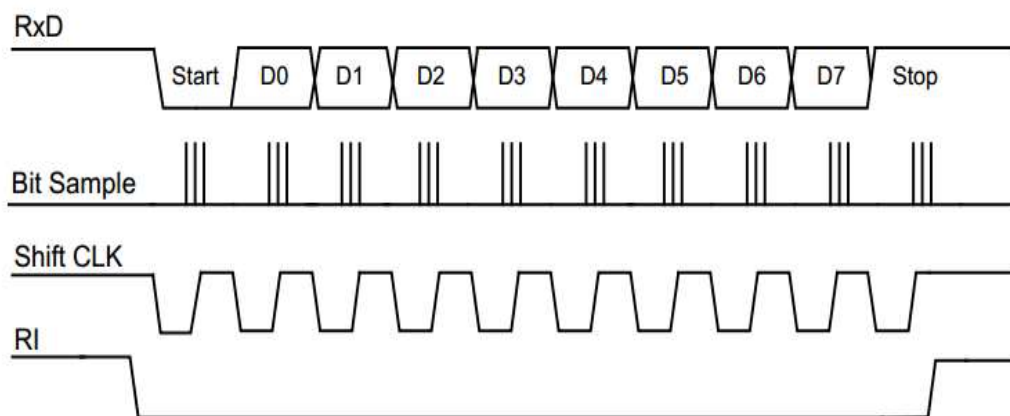


Figure 2-6 模式 1 数据接收时序框图

2.3 方式 2：9 位 UART，固定波特率，异步全双工

这个方式使用异步全双工通信中的 11 位。一帧由一个起始位（逻辑 0），8 个数据位（低位在前），一个可编程的第 9 数据位和 一个停止位（逻辑 1）组成。方式 2 支持多机通信和硬件地址识别（详见多机通信章节）。在数据传送时，第 9 数据位（TB8 位）可以写 0 或 1，例如，可写入 PSW 中的奇偶位 P，或用作多机通信中的数据/地址标志位。当接收到数据时，第 9 数据位移入 RB8 而停止位不保存。SMOD 位选择波特率为系统工作频率的 1/32 或 1/64。功能块框图如下所示。

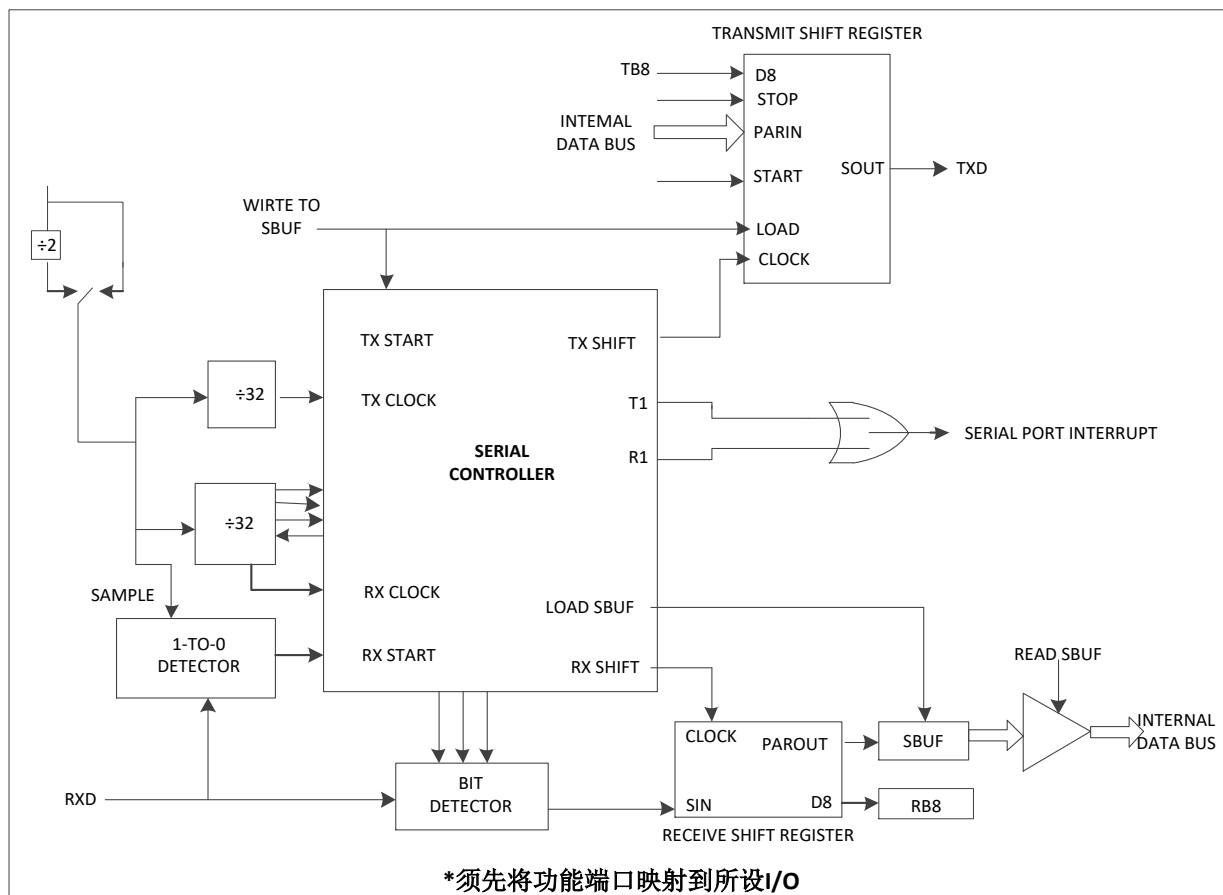


Figure 2-7 UART 模式 2 功能框图

任何将 SBUF 作为目标寄存器的写操作都会启动发送，同时也将 TB8 载入到发送移位寄存器的第 9 位中。实际上发送是从 16 分频计数器中的下一次跳变之后的系统时钟开始的，因此位时间与 16 分频计数器是同步的，与对 SBUF 的写操作不同步。起始位首先在 TXD 引脚上移出，然后是 9 位数据。在发送转换寄存器中的所有 9 位数据都发送完后，停止位在 TXD 引脚上移出，在停止位开始发送时 TI 标志置位。

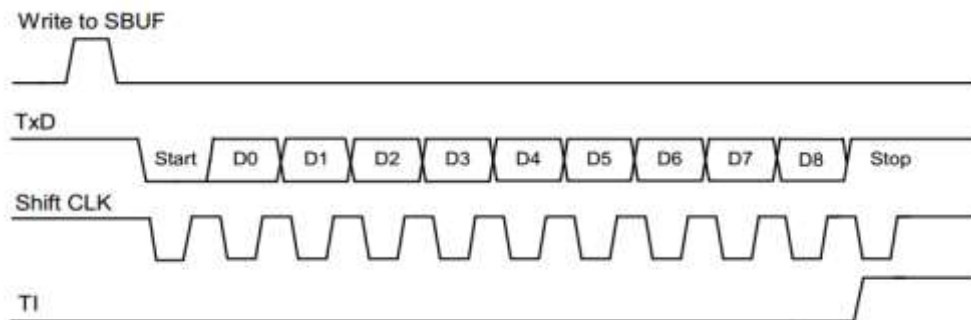


Figure 2-8 模式 2 数据发送时序框图

只有REN置位时才允许接收。当RXD引脚检测到下降沿时串行口开始接收串行数据。为此，CPU对RXD不断采样，采样速率为波特率的16倍。当检测下降沿时，16分频计数器立即复位。这有助于16分频计数器与RXD引脚上的串行数据位同步。16分频计数器把每一位的时间分为16个状态，在第7、8、9状态时，位检测器对RXD端的电平进行采样。为抑制噪声，在这3个状态采样中至少有2次采样值一致数据才被接收。如果所接收的第一位不是0，说明这位不是一帧数据的起始位，该位被忽略，接收电路被复位，等待RXD引脚上另一个下降沿的到来。若起始位有效，则移入移位寄存器，并接着移入其它位到移位寄存器。9个数据位和1个停止位移入之后，移位寄存器的内容被分别装入SBUF和RB8中，RI置1，但必须满足下列条件：

(1) RI = 0

(2) SM2 = 0或者接收的第9位 = 1，且接收的字节符合约定从机地址

如果这些条件被满足，那么第9位移入RB8，8位数据移入SBUF，RI被置位。否则接收的数据帧会丢失。

在停止位的当中，接收器回到寻找RXD引脚上的另一个下降沿。用户必须用软件清除RI，然后才能再次接收。

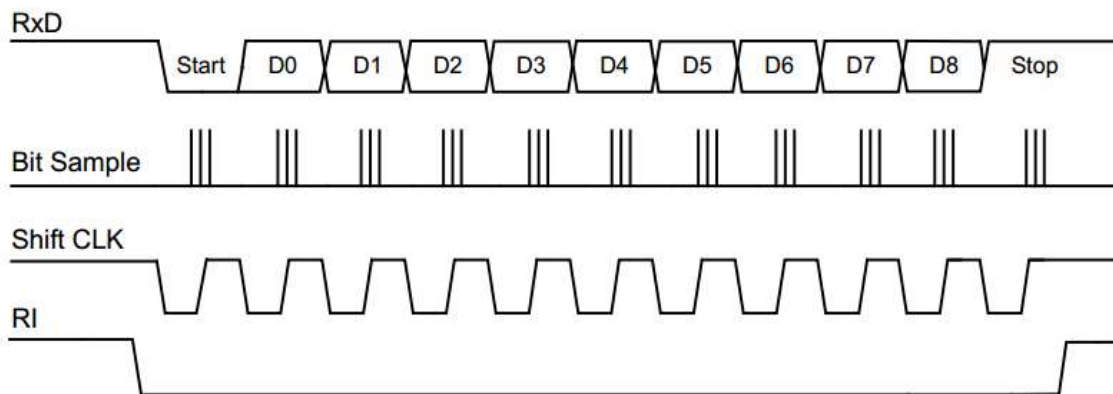
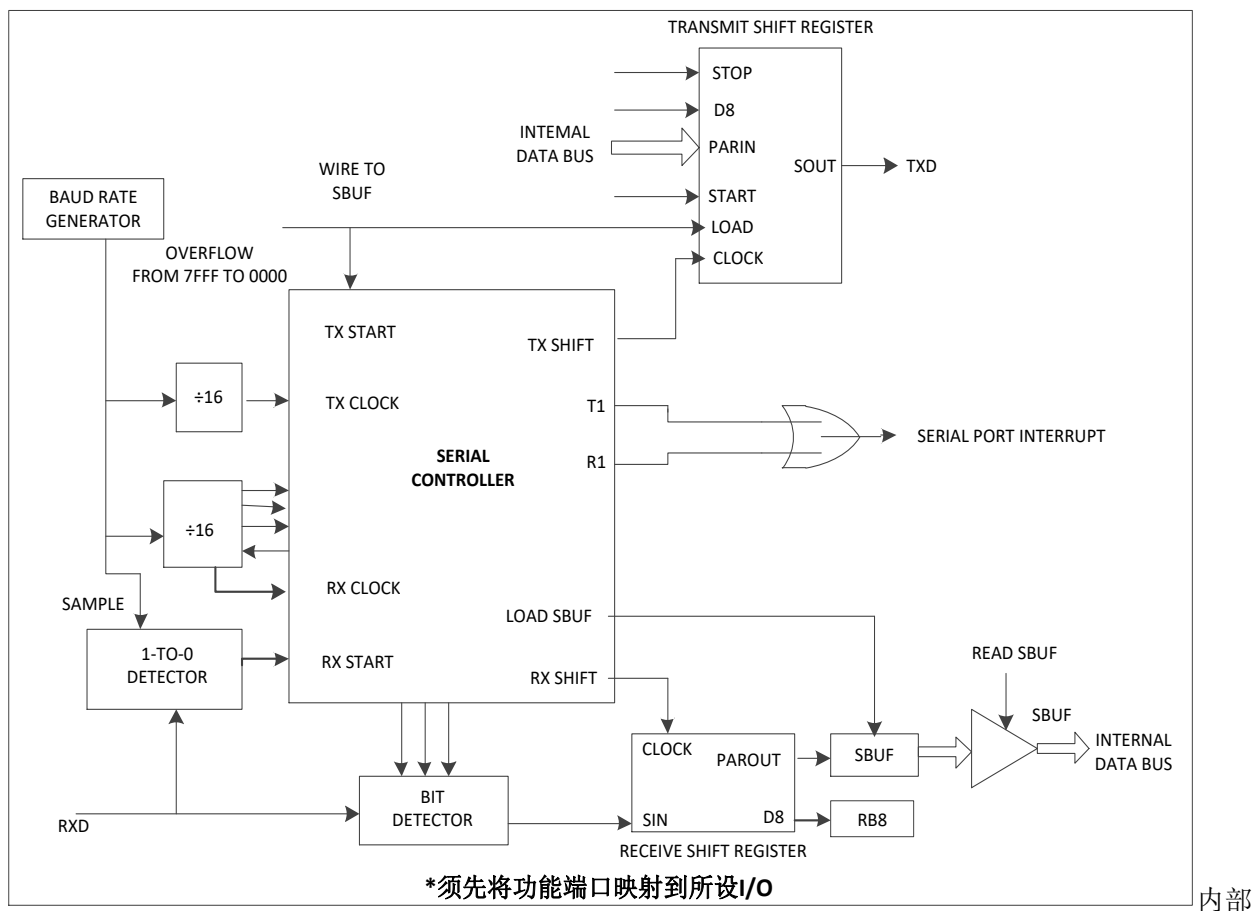


Figure 2-9 模式 2 数据接收时序框图

2.4 方式3：9位UART，可变波特率，异步全双工

方式3使用方式2的传输协议以及方式1的波特率产生方式。



3 波特率发生器

UART 自带一个波特率发生器，它实质上是一个 16 位递增计数器。

在方式0中，波特率可编程为系统时钟的1/12或1/2，由UX6位决定。当UX6为0时，串行端口在Fuart的1/12下运行。当UX6为1时，串行端口在Fuart的1/2下运行。

在方式2中，波特率固定为系统时钟的1/32或1/64，由SMOD位中决定。当SMOD位为0时，UART以Fuart的1/64运行。当SMOD位为1时，UART以Fuart的1/32运行。

波特率的时钟可以通过UART_CLKS寄存器选择32MHz，这样可以使用115200的波特率。

$$\text{Baud} = 2^{\text{SMOD}} \times \left(\frac{F_{\text{uart}}}{64} \right)$$

在方式1和方式3中，波特率公式如下：

$$\text{Baud} = \frac{F_{\text{uart}}}{16 \times (65536 - \text{SBRT})}, \quad \text{SBRT} = [\text{SBRTH} : \text{SBRTL}]$$

4 多机通信

4.1 软件地址识别

方式2和方式3具有适用于多机通讯功能。在这两个方式下，接收的是9位数据，第9位移入RB8中，之后是停止位。可以这样设定UART：当接收到停止位，且RB8 = 1时，串行口中断有效（请求标志RI置位）。此时置位SM2位，UART工作在多机通讯模式。

在多机通讯系统中，按如下所述来使用这一功能。当主机要发送一数据块给几个从机中的一个时，先发送一地址字节，以寻址目标从机。地址字节与数据字节可用第9数据位来区别，地址字节的第9位为1，数据字节的第9位为0。

如果从机SM2为1，则不会响应数据字节中断。地址字节可以使所有从机产生中断，每一个从机都检查所接收到的地址字节，以判别本机是不是目标从机。被寻到的从机对SM2位执行清零操作，并准备接收即将到来的数据字节。当接收完毕时，从机再一次将SM2置位。没有被寻址的从机，则保持SM2位为1，不响应数据字节。

注：在方式1中，SM2用来检测停止位是否有效，如果SM2 = 1，接收中断不会响应直到接收到一个有效的停止位。

4.2 自动（硬件）地址识别

在方式2和方式3中，SM2置位，UART运行状态如下：接收到停止位，RB8的第9位为1（地址字节），且接收到的数据字节符合UART的从机地址，UART产生一个中断。从机将SM2清零，接收后续数据字节。

第9位为1表明该字节是地址而非数据。当主机要发送一组数据给几个从机中的一个时，必须先发送目标从机地址。所有从机等待接收地址字节，为了确保仅在接收地址字节时产生中断，SM2位必须置位。自动地址识别的特点是只有地址匹配的从机才能产生中断，硬件完成地址比较。

中断产生后，地址匹配的从机清零SM2，继续接收数据字节。地址不匹配的从机不受影响，将继续等待接收和它匹配的地址字节。全部信息接收完毕后，地址匹配的从机应该再次把SM2置位，忽略所有传送的非地址字节，直到接收到下一个地址字节。

使用自动地址识别功能时，主机可以通过调用给定的从机地址选择与一个或多个从机通信。主机使用广播地址可以寻址所有从机。有两个特殊功能寄存器，从机地址（SADDR）和地址屏蔽（SADEN）。从机地址是一个8位的字节，存于SADDR寄存器中。SADEN用于定义SADDR各位的有效与否，如果SADEN中某一位为0，则SADDR中相应位被忽略，如果SADEN中某一位置位，则SADDR中相应位将用于产生约定地址。这可以使用户在不改变SADDR寄存器中的从机地址的情况下灵活地寻址多个从机。

	从机1	从机2
SADDR	10100100	10100111
SADEN	11111010	11111001
约定地址	10100x0x	10100xx1
广播地址	1111111x	11111111

从机1和从机2的约定地址最低位是不同的。从机1忽略了最低位，而从机2的最低位是1。因此只与从机1通讯时，主机必须发送最低位为0的地址（10100000）。类似地，从机1的第1位为0，从机2的第1位被忽略。因此，只与从机2通讯时，主机必须发送第1位为1的地址（10100011）。如果主机需要同时与两从机通讯，则第0位为1，第1位为0，第2位被两从机都忽略，两个不同的地址用于选定两个从机（10100001和10100101）。

主机可以通过广播地址与所有从机同时通讯。这个地址等于SADDR和SADEN的位或，结果中的0表示该位被忽略。多数情况下，广播地址为0xFF，该地址可被所有从机应答。

系统复位后，SADDR和SADEN两个寄存器初始化为0，这两个结果设定了约定地址和广播地址为xxxxxxx（所有位都被忽略）。这有效地去除了多从机通讯的特性，禁止了自动寻址方式。这样的UART将对任何地址都产生应答，兼容了不支持自动地址识别的8051控制器。用户可以按照上面提到的方法实现软件地址识别的多机通讯。

5 帧出错检测

2个错误标志位被置位后，只能通过软件清零，尽管后续接收的帧没有任何错误也不会自动清零。

5.1 发送冲突

如果在一个数据发送正在进行时，用户软件写数据到SBUF寄存器时，发送冲突位（TXCOL位）置1。如果发生了冲突，新数据会被忽略，不能被写入发送缓冲器（即不影响传送）。

5.2 接收溢出

RI置1，接收缓冲器中的数据未被读取，RI被清0，又开始新的数据接收，若在新的数据接收完成前（RI置1）还未读取之前接收缓冲区中的数据，在那么接收溢出位（RXROV位）置位。如果发生了接收溢出，接收缓冲器中原来的数据不影响，后面的数据则丢失。

5.3 帧出错

如果检测到一个无效（低）停止位，那么帧出错位（FE位）置1。

6 参考例程

芯圣（Holychip）官方提供了UART模块的参考例程，用户可通过例程进一步学习和使用该模块，在实际的应用开发中也可以直接参考例程快速对该模块进行操作。

7 其他信息

技术支持信息：www.holychip.cn

HOLYCHIP 公司保留对以下所有产品在可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。HOLYCHIP 不承担由本手册所涉及的产品或电路的运用和使用所引起的任何责任，HOLYCHIP 的产品不是专门设计来应用于外科植入、生命维持和任何 HOLYCHIP 产品产生的故障会对个体造成伤害甚至死亡的领域。如果将 HOLYCHIP 的产品用于上述领域，即使这些是由 HOLYCHIP 在产品设计和制造上的疏忽引起的，用户应赔偿所有费用、损失、合理的人身伤害或死亡所直接或间接所产生的律师费用，并且用户保证 HOLYCHIP 及其雇员、子公司、分支机构和销售商与上述事宜无关。

芯圣电子

2022 年 6 月