

31 通用同步/异步收发器

31.1 描述

通用同步/异步收发器 (USART) 提供一个全双工通用同步异步串行连接。数据帧格式可广泛的编程（数据长度，奇偶校验，停止位数）以适应尽可能多的标准。接收器执行奇偶校验错误，成帧错误和超时错误检测。接收器超时使能可变频处理，发送器时间保障方便和慢速远程器件的通信。接收与发送地址位也支持多点通信。

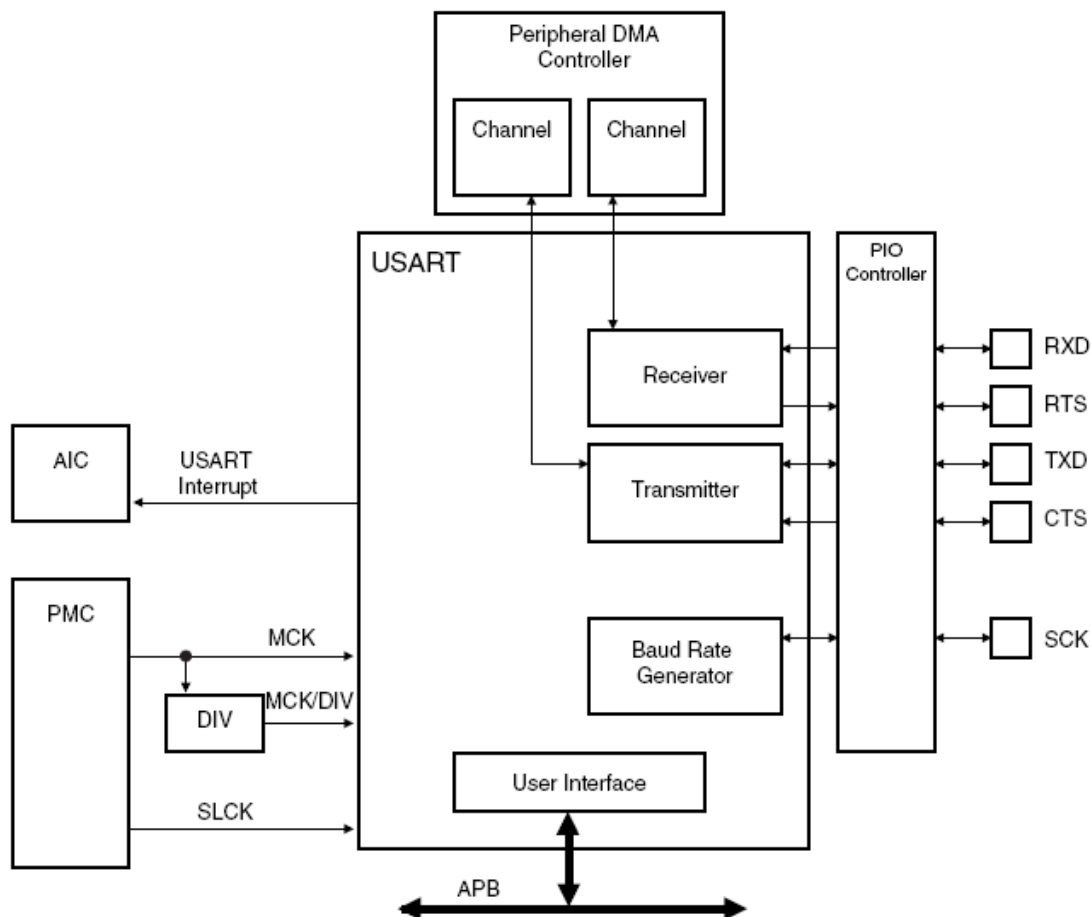
USART 有三个测试模式：远程回环，本地回环，自动回应。

USART 支持提供 RS485 总线接口的特殊操作模式，用 ISO7816T=0 或 T=1 智能卡插槽和红外收发器连接。硬件握手通信通过 RTS 和 CTS 引脚自动管理溢出控制。

USART 支持连接外设 DMA 控制器，外设 DMA 控制器将数据从接收器传输到发送器。PDC 提供无任何处理器干预的链式缓冲器管理。

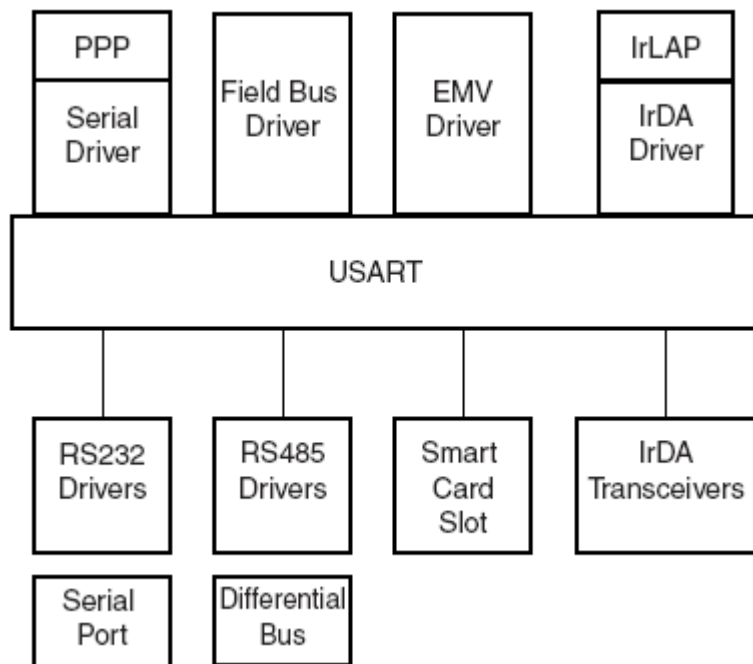
31.2 方框图

图 31-1 USART 方框图



31.3 应用方框图

图 31-2 应用方框图



31.4 I/O 口线描述

表 31-1 I/O 口线描述

名称	描述	类型	有效电平
SCK	串行时钟	I/O	
TXD	发送串行数据	I/O	
RXD	接收串行数据	输入	
CTS	清除发送	输入	低
RTS	请求发送	输出	低

31.5 附属产品

31.5.1 I/O 口线

连接 USART 的引脚可以和 PIO 口线复用。编程者必须首先编程 PIO 控制器来指定想要的 USART 引脚为其外设功能。若应用程序未使用 USART 的 I/O 口线，则它们可被 PIO 控制器用于其它用途。

当 USART 被禁用时，为了从下降沿阻止 TXD 口线，内部上拉电阻的使用是必须的。

31.5.2 电源管理

USART 时钟不连续。编程者必须首先在使用 USART 前使能电源管理控制器中的 USART 时钟。然而，若应用程序不需要 USART 操作，则可以停止 USART 时钟，并在需要的时候重新启动。此时，USART 将继续其停止的操作。

配置 USART 不需要使能 USART 时钟。

31.5.3 中断

USART 中断口线连接到高级中断控制器的内部中断源之一。使用 USART 需要首先编程 AIC。注意不推荐在边沿敏感模式下使用 USART 中断口线。

31.6 功能描述

USART 可以管理若干类型的串行同步或异步通信。

它支持以下通信模式：

- 5 到 9 位全双工异步串行通信
 - 高位或低位在先
 - 1, 1.5 或 2 个停止位
 - 偶校验, 奇校验, 标志, 间隔或无
 - 接收器频率 8 或 16 倍重采样
 - 可选的硬件握手
 - 可选的间断管理
 - 可选的多点串行通信
- 高速 5 到 9 位全双工同步串行通信
 - 高位或低位在先
 - 1, 或 2 个停止位
 - 偶校验, 奇校验, 标志, 间隔或无
 - 接收器频率 8 或 16 倍过采样
 - 可选的硬件握手
 - 可选的间断管理
 - 可选的多点串行通信
- 带驱动控制信号的 RS485
- 连接智能卡的 ISO7816, T0 或 T1 协议
 - NACK 处理, 带复制和重复限制的计数器
- 红外 IrDA 调制和解调
- 测试模式
 - 远程回环, 本地回环, 自动回应

31.6.1 波特率发生器

波特率发生器提供名叫波特率时钟的位周期时钟给接收器和发送器。

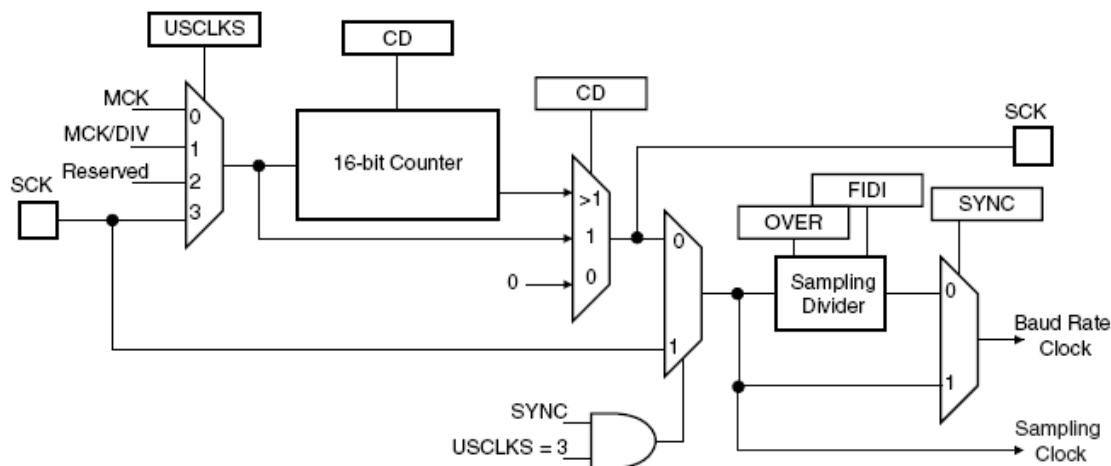
可通过设置模式寄存器(US_MR)中的 USCLKS 域在以下时钟间来选择波特率发生器时钟源：

- 主控时钟 MCK
- 主控时钟分频, 分频器和产品相关, 通常设置为 8
- 外部时钟, SCK 引脚有效。

波特率发生器基于一个 16 位分频器, 用波特率发生器寄存器(US_BRGR)的 CD 域编程此分频器。若编程 CD 为 0, 则波特率发生器不产生任何时钟。若编程 CD 为 1, 分频器被绕过变为无效。

若选择外部 SCK 时钟, 则 SCK 引脚上提供的信号的低电平和高电平的持续时间必须比主控时钟(MCK)周期长。SCK 引脚上提供的信号的频率必须至少比 MCK 的低 4.5 倍。

图 31-3 波特率发生器



31.6.1.1 异步模式下的波特率

若将 USART 编程为异步模式下工作，则选择的时钟首先要除以波特率发生器寄存器 (US_BRGR) 中已编程的 CD 域的值。合成的时钟被提供给接收器作为采样时钟并接着除以 16 或 8，这取决于对 US_MR 中 OVER 位的编程。

若 OVER 被置为 1，接收器采样时钟为波特率时钟的 8 倍。若 OVER 被清零，采样频率为波特率时钟的 16 倍。

下面的公式计算波特率

$$Baudrate = \frac{SelectedClock}{(8(2 - Over)CD)}$$

假设 MCK 为可能的最高的时钟并且 OVER 被编程为 1，这就给出了最大的波特率为 8 分频的 MCK。

波特率计算举例

表 31-2 给出了对不同的源时钟频率计算 CD 值来获得 38400 波特的波特率。此表还给出实际合成的波特率和误差。

表 31-2 波特率举例 (OVER = 0)

源时钟	预期的波特率	计算结果	CD	实际波特率	误差
MHz	bit/s			Bit/s	
3 686 400	38400	6.00	6	38 400.00	0.00%
4 915 200	38400	8.00	8	38 400.00	0.00%
5 000 000	38400	8.14	8	39 062.50	1.70%
7 372 800	38400	12.00	12	38 400.00	0.00%
8 000 000	38400	13.02	13	38 461.54	0.16%
12 000 000	38400	19.53	20	37 500.00	2.40%
12 288 000	38400	20.00	20	38 400.00	0.00%
14 318 180	38400	23.30	23	38 908.10	1.31%
14 745 600	38400	24.00	24	38 400.00	0.00%
18 432 000	38400	30.00	30	38 400.00	0.00%
24 000 000	38400	39.06	39	38 461.54	0.16%
24 576 000	38400	40.00	40	38 400.00	0.00%
25 000 000	38400	40.69	40	38 109.76	0.76%
32 000 000	38400	52.08	52	38 461.54	0.16%
32 768 000	38400	53.33	53	38 641.51	0.63%

33 000 000	38400	53.71	54	38 194.44	0.54%
40 000 000	38400	65.10	65	38 461.54	0.16%
50 000 000	38400	81.38	81	38 580.25	0.47%
60 000 000	38400	97.66	98	38 265.31	0.35%
70 000 000	38400	113.93	114	38 377.19	0.06%

用以下公式计算波特率

$$BaudRate = MCK / CD \times 16$$

用以下公式计算波特率误差。建议误差不要高于 5%。

$$Error = 1 - \left(\frac{ExpectedBaudRate}{ActualBaudRate} \right)$$

31.6.1.2 同步模式下的波特率

若 USART 被编程为同步模式下工作，则选择的时钟简单的除以 US_BRGR 中 CD 域的值

$$BaudRate = \frac{SelectedClock}{CD}$$

同步模式下，若选择外部时钟 (USCLKS = 3)，则由 USART SCK 引脚上的信号直接提供时钟。无需分频。写入 US_BRGR 中的值无效。外部时钟频率必须至少比系统时钟低 4.5 倍。

当选择外部时钟 SCK 或分频的 (MCK/DIV) 内部时钟，若用户必须确保 SCK 引脚上信号占空比为 50:50，则 CD 中的编程值必须为偶数。若选择内部时钟 MCK，即使 CD 中的编程值为奇数，波特率发生器仍确保 SCK 引脚信号占空比为 50:50。

31.6.1.3 ISO7816 模式下的波特率

ISO7816 说明用以下公式定义了比特率：

$$B = \frac{Di}{Fi} \times f$$

其中：

- B 为比特率
- Di 是比特率调整因数
- Fi 是时钟频率分频因数
- F 是 ISO7816 时钟频率 (Hz)

Di 为 4 位二进制值，称作 DI，如表 31-3 中所示。

表 31-3 Di 中二进制和十进制值

DI 域	0001	0010	0011	0100	0101	0110	1000	1001
Di (十进制)	1	2	4	8	16	32	12	20

Fi 为 4 位二进制值，称作 FI，如表 31-4 中所示。

表 31-4 Fi 中二进制和十进制值

FI 域	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	1001	1010	1011	1100	1101
Fi (十进制)	372	372	558	744	1116	1488	1860	512	768	1024	1536	2048

表 31-5 给出了合成的 Fi/Di 比，是 ISO7816 时钟和波特率时钟的比值。

表 31-5 可能的 Fi/Di 比值

Fi/Di	372	558	744	1116	1488	1860	512	768	1024	1536	2048
1	372	558	744	1116	1488	1860	512	768	1024	1536	2048
2	186	279	372	558	744	930	256	384	256	768	1024
4	93	139.5	186	279	372	465	128	192	128	384	512
8	46.5	69.75	93	139.5	186	232.5	64	96	64	192	256
16	23.25	34.875	46.5	69.75	93	116.25	32	48	32	96	128
32	11.625	17.4375	23.25	34.875	46.5	58.125	16	24	85.3333	48	64
12	31	46.5	62	93	124	155	42.6667	64	51.2	128	173.3333
20	18.6	27.9	37.2	55.8	74.4	93	25.6	38.4		76.8	102.4

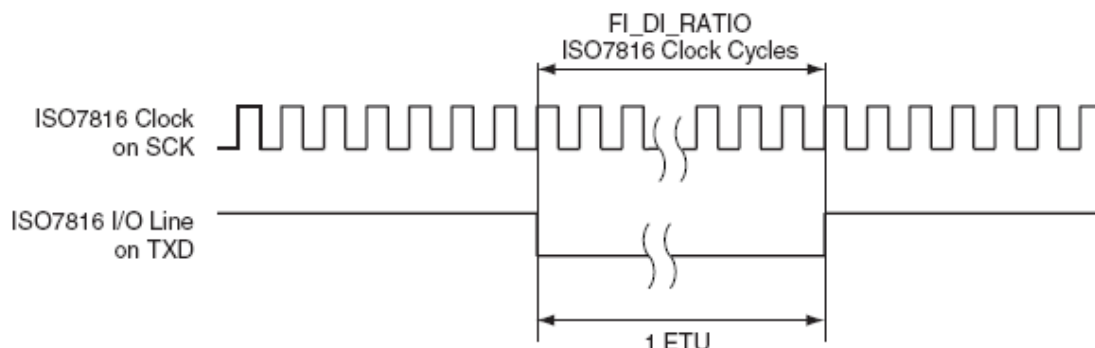
若 USART 被配置为 ISO7816 模式，通过模式寄存器 (US_MR) 中 USCLKS 域选择的时钟首先除以波特率发生器寄存器 (US_BRGR) 中 CD 域的编程值。可将合成的时钟提供给 SCK 引脚来供给智能卡时钟输入。这就是说可在 US_MR 中置位 CLK0 位。

可在 FI_DI 比寄存器 (US_FIDI) 中的 FI_DI_RATIO 域编程来分频此时钟。采样分频器执行此工作，在 ISO7816 模式采样分频器可执行达 2047 的分频。不支持非整数值的 Fi/Di 比并且用户必须编程 FI_DI_RATIO 域为一个尽可能接近期望值的值。

FI_DI_RATIO 域复位值为 0x174 (十进制为 372)，是 ISO7816 时钟和比特率 (Fi = 372, Di = 1) 之间最普通的除数。

图 31-4 根据一个比特时间，和 ISO 7816 时钟，展示了基本时间单元间的联系

图 31-4 基本时间单元 (ETU)



31.6.2 接收器和发送器控制

复位后，禁用接收器。用户必须通过设置控制寄存器 (US_CR) 中的 RXEN 位使能接收器。然而，可在接收器时钟被使能前编程接收器寄存器。

复位后，禁用发送器。用户必须设置控制寄存器 (US_CR) 中的 TXEN 位使能

接收器。然而，可在发送器时钟被使能前编程发送器寄存器。

可一起或独立的使能接收器和发送器

任何时候，软件可分别通过设置控制寄存器中的比特，RSTRX 和 RSTTX 来执行 USART 的接收器或发送器的复位。复位命令作为对应逻辑上的硬件复位有同样的效果。无论接收器或发送器执行了什么，通信将立即被停止。

用户还可通过分别的设置 US_CR 中的 RXDIS 和 TXDIS 独立的禁用接收器或发送器。若在接收一个字符期间禁用了接收器，则 USART 等待直到当前字符的接收结束，然后接受停止。若当发送器正在工作时被禁用，则 USART 等待当前字符和正在被存储到发送保持寄存器(US_THR)中的字符的发送结束。若编程了时间保护器，则可以正常的处理。

31.6.3 同步和异步模式

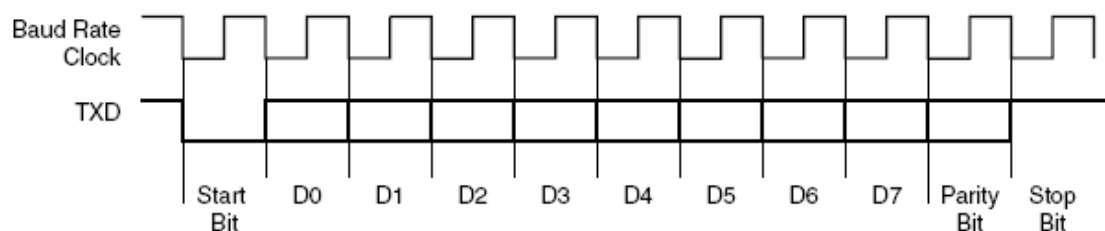
31.6.3.1 发送器操作

发送器在同步和异步操作模式(SYNC = 0 or SYNC = 1)执行同样的工作。在已编程的串行时钟的每个下降边沿，一个起始位，多达 9 个数据位，一个可选的奇偶校验位和一个达 2 位的停止位被连续的移出 TXD 引脚。

通过模式寄存器(US_MR)中的 CHRL 域和 MODE 9 位选择数据位数。不管 CHRL 域，通过设置 MODE 9 位选择九位。根据 US_MR 中的 PAR 位设置奇偶校验位。可配置偶校验，奇校验，空号，传号或无校验位。US_MR 中的 MSBF 域配置首先发送哪一位。若写 1，则首先发送最高位。写 0，则首先发送最低位。可通过 US_MR 中的 NBSTOP 域选择停止位的位数。在异步模式仅支持 1.5 个停止位。

图 31-5 字符发送

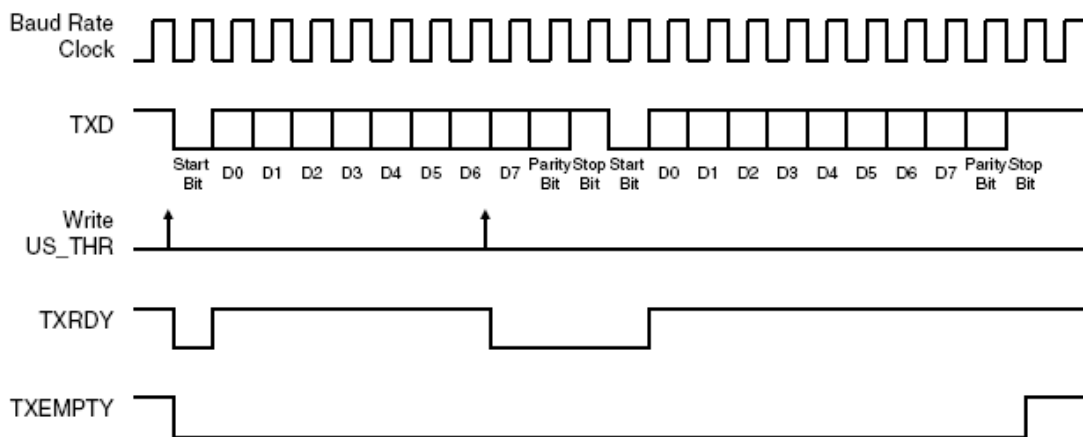
举例：8 位，校验使能，一个停止位



通过写发送保持寄存器(US_THR)发送字符。发送器报告通道状态寄存器(US_CSR)中的两个状态位：TXRDY(发送器就绪)和 TXEMPTY。TXRDY 指示 US_THR 为空，TXEMPTY 指示所有已写入 US_THR 中的字符对已被处理。当当前字符处理已完成，则上次写入 US_THR 的字符被传入发送器的移位寄存器并且 US_THR 变空，因此 TXRDY 升高。

从禁用发送器后，TXRDY 和 TXEMPTY 位都为低电平。当 TXRDY 有效时向 US_THR 写一个字符无效并且写入的字符丢失。

图 31-6 发送器状态



31.6.3.2 异步接收器

若将 USART 编程为异步工作模式 ($SYNC = 0$)，接收器过采样 RXD 输入口线。过采样频率是波特率时钟的 16 或 8 倍，取决于模式寄存器 (US_MR) 中的 OVER 位。

接收器采样 RXD 位。若在一个半的比特时间期间采样口线值为 0，则将检测到起始位，在比特率时钟上连续的采样到数据，奇偶校验位和停止位。

若采样频率为 16 倍，(OVER 为 0)，在第八次采样时检测到起始位为 0。接着在每 16 个采样时钟周期上连续的采样到数据位，奇偶校验位和停止位。若过采样频率为 8 倍，(OVER 为 1)，在第四次采样时检测到起始位为 0。接着，在每 8 个采样时钟周期上采样到数据位，奇偶校验位和停止位。

通过相同域和位选择数据位数，第一位发送和奇偶校验方式作为发送器，即，分别为 CHRL, MODE9, MSBF 和 PAR。仅对同步化方法，停止位数对接收器影响因为考虑到仅一个停止位，无论 NBSTOP 域，因此可能发生接收器和发送器间的重新同步化。此外，只要采样到停止位，接收器开始寻找一个新的起始位因此还可能当发送器运行在一个停止位时完成重新同步化。

图 31-7 和图 31-8 阐明了当 USART 运行在异步模式时，开始检测和字符接收

图 31-7 异步开始检测

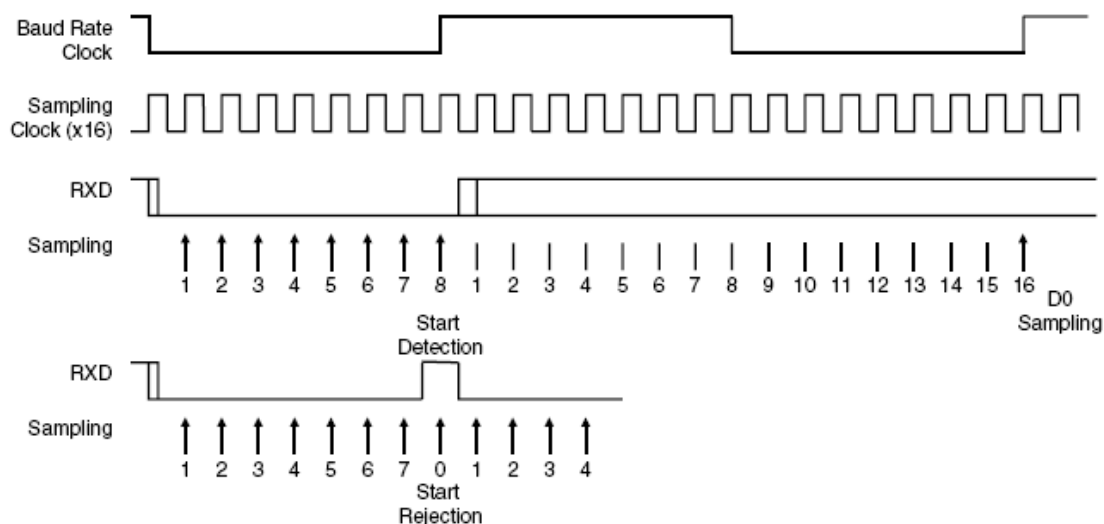
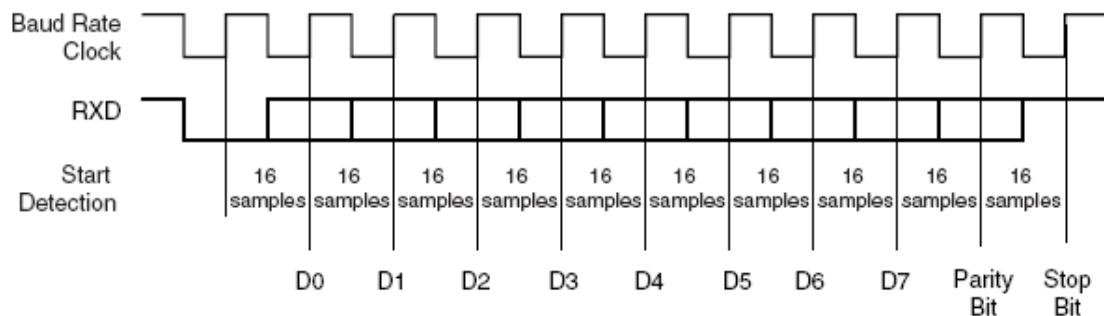


图 31-8 异步字符接收

举例：8 位，奇偶校验使能



31.6.3.3 同步接收器

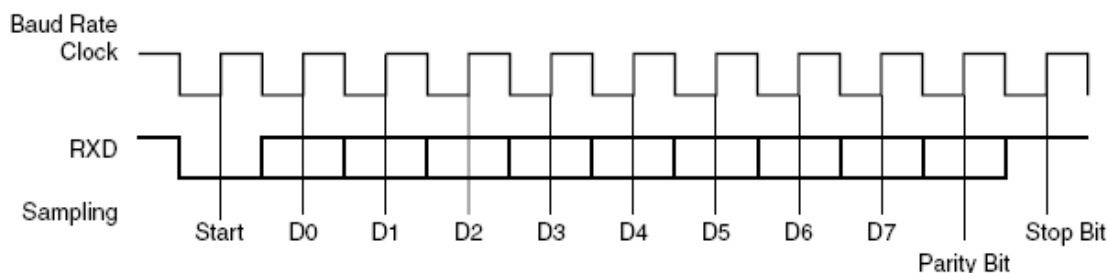
同步模式下 (SYNC = 1)，接收器在波特率时钟的每个上升沿采样 RXD 信号。若检测到一个低电平信号，则认为是一个起始位。采样到所有的数据位，奇偶校验位和停止位并且接收器等待下一个起始位。同步模式运行提供了一个高速传输的可能性。

配置域和位和异步模式相同。

图 31-9 阐明了同步模式下一个字符的接收

图 31-9 同步模式字符接收

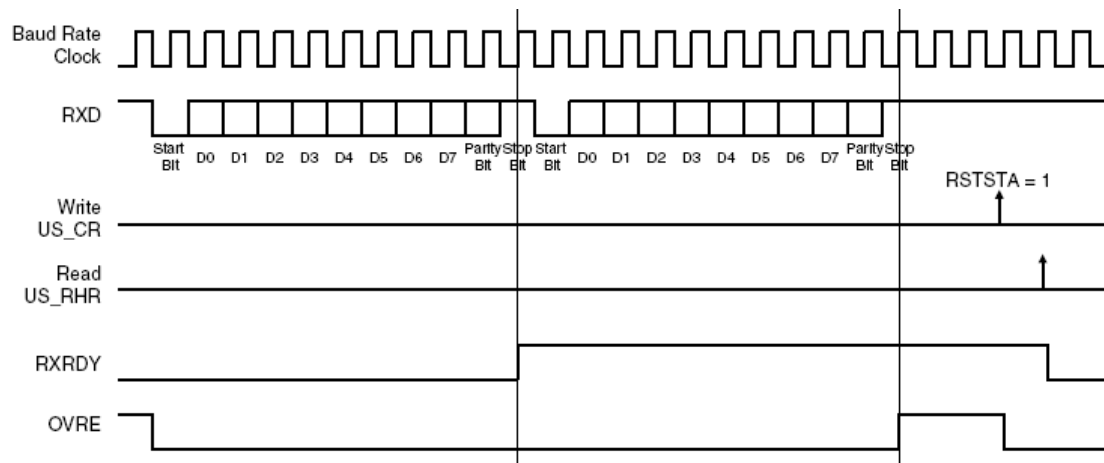
举例：8 位，奇偶校验使能，1 个停止位



31.6.3.4 接收器运行

当完成一个字符的接收，将被传输到接收保持寄存器 (US_RHR) 并且状态寄存器 (US_CSR) 中的 RXRDY 位升高。若当 RXRDY 置位时完成一个字符，则 OVRE (超限错误) 位被置位。上次的字符被传输到 US_RHR 并且覆盖前一个。通过用 RSTSTA (复位状态) 位对控制寄存器 (US_CR) 写 1 清零 OVRE 位。

图 31-10 接收器状态



31.6.3.5 奇偶校验

USART 支持通过编程模式寄存器 (US_MR) 中的 PAR 域选择五个奇偶校验模式。PAR 域还使能多点模式，见 410 页“多点模式”。支持奇校验和偶校验位产生和错误检测。

若选择偶校验，如果字符数据位中 1 的个数为偶数，则发送器的校验发生器使校验位为 0，如果 1 的个数为奇数，则校验位为 1。于是，接收器奇偶校验程序计数接收到的 1 的个数并且若采样奇偶位未响应则报告一个奇偶校验错误。若选择奇校验，如果字符数据位中 1 的个数为偶数，则发送器的奇偶校验发生器是奇偶校验位为 1，如果 1 的个数为奇数时校验位为 0。于是，接收器奇偶校验程序计数接收到的 1 的个数并且若采样奇偶位未响应则报告一个奇偶校验错误。如果使用传号奇偶校验，对所有字符发送器的奇偶校验发送器使奇偶位为 1。若奇偶校验位采样值为 0，则接收器奇偶校验程序报告错误。若使用空号奇偶校验，则对所有字符发送器的奇偶校验发生器使奇偶校验位为 0。若奇偶校验位采样值为 1 则接收器奇偶校验程序报告错误。若禁用奇偶校验，发送器不产生任何奇偶校验位并且接收器不报告任何校验错误。

表 31-6 展示了对字符 0x41 (字符 ASCII “A”) 奇偶校验位取决于 USART 配置的例子。因为有两位为 1，当奇偶校验位为奇数则加一位 1，或当奇偶校验位为偶数则加一个 0

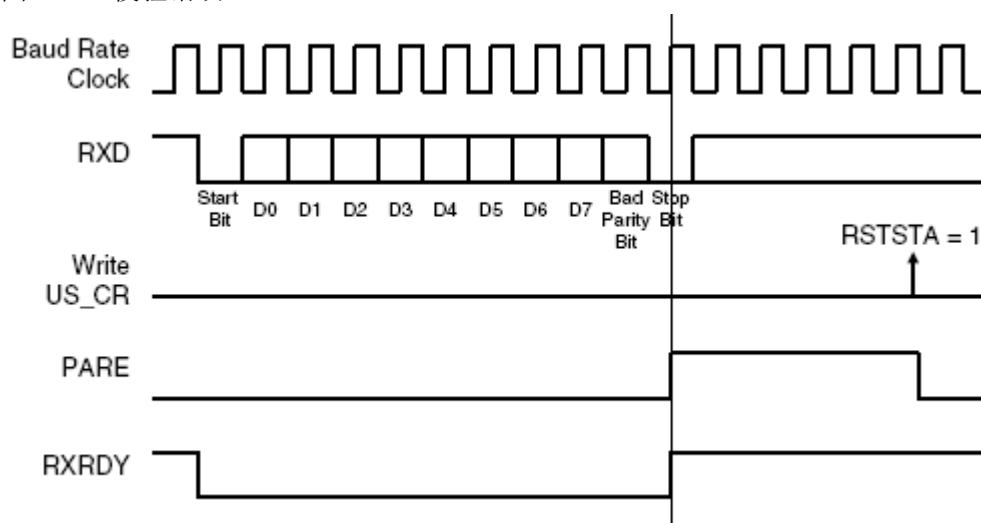
表 31-6 奇偶校验位举例

字符	十六进制值	二进制值	奇偶校验位	校验方式
A	0x41	0100 0001	1	奇校验
A	0x41	0100 0001	0	偶校验
A	0x41	0100 0001	1	传号校验
A	0x41	0100 0001	0	空号校验
A	0x41	0100 0001	无	无

当接收器检测到校验错误，则置位通道状态寄存器 (US_CSR) 中的 PARE (校验错误) 位。可通过用 RSTSTA 位向控制寄存器 (US_CR) 写 1 来清零 PARE 位。

图 31-11 阐明了校验位状态的置位和清零。

图 31-11 校验错误



31.6.3.6 多点模式

若模式寄存器(US_MR)中的 PAR 域编程为 0x6 或 0x07，则 USART 运行在多点模式。此模式区分数据字符和地址字符。发送数据时奇偶校验位为 0，发送地址时奇偶校验位为 1。

若配置 USART 为多点模式，则当奇偶校验位高电平时接收器置位 PARE 奇偶校验错误位，当向控制寄存器的 SENDA 位写 1 时，发送器可以同奇偶校验位高电平发送一个字符。

为处理奇偶校验错误，当向控制寄存器的 RSTSTA 位写 1 时清零 PARE 位。

当 SENDA 被写入 US_CR 时，发送器发送一个地址字节（奇偶校验位置位）。此时，写入 US_THR 的下一个字节作为地址被发送。正常发送写入 US_THR 中未写 SENDA 命令的任何字节时奇偶校验位为 1。

31.6.3.7 发送器时间保护器

时间保护器可用慢速远程设备使能 USART 接口。

时间保护器功能可使能发送器在 TXD 口线上两个字符间插入一个空闲状态。此空闲状态实际上作为一个长停止位运行。

在发送器时间保护寄存器(US_TTGR)的 TG 域编程空闲状态的延迟时间。当将此域编程为零值时不产生时间保护。否则，在 TG 中编程的比特周期数中除了停止位数外，发送器在 TXD 上每个已发送的字节后保持一个高电平。

如图 31-12 所示，通过编程时间保护器修改 TXRDY 和 TXEMPTY 状态位的状态。TXRDY 仅当下一个字符的起始位已发送时升高，因此若已向 US_THR 写入一个字符则在时间保护发送期间 TXRDY 维持 0 值。TXEMPTY 维持低电平直到完成时间保护发送，因为时间保护是当前正在被发送字符的一部分。

图 31-12 时间保护器操作

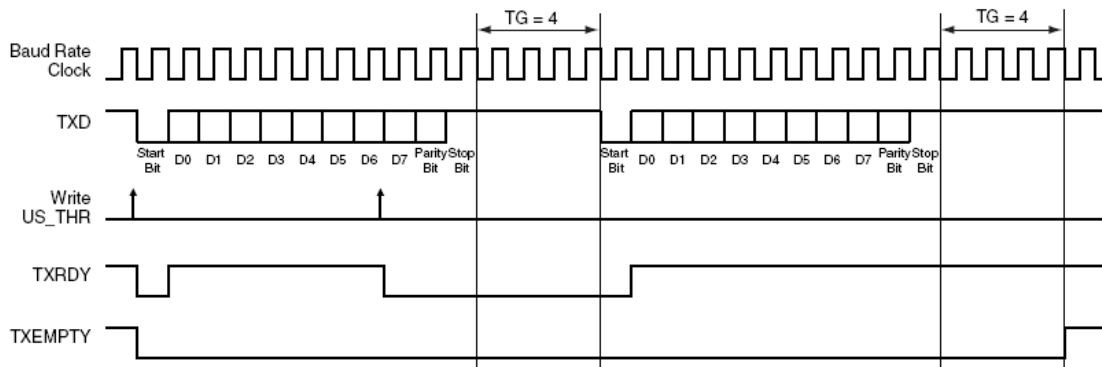


表 31-7 指示了时间保护器周期的最大长度，发送器可以处理相关波特率的功能

表 31-7 最大时间保护长度取决于波特率

波特率	比特时间	时间保护
Bit/sec	μs	ms
1200	833	212.50
9600	104	26.56
14400	69.4	17.71
19200	52.1	13.28
28800	34.7	8.85
33400	29.9	7.63
56000	17.9	4.55

57600	17.4	4.43
115200	8.7	2.21

31.6.3.8 接收器超时

接收器超时提供支持处理各种长度的帧。此功能检测 RXD 线上的空闲状态。当检测到超时，通道状态寄存器 (US_CSR) 中的 TIMEOUT 位升高并且可产生一个中断，以此向驱动指示一帧数据的结束。

在接收超时寄存器 (US_RTOR) 的 TO 域中编程超时延迟周期 (在此期间接收器等待一个新字符)。若将 TO 域编程为 0，则禁用接收器超时并且检测不到超时。US_CSR 中的 TIMEOUT 位维持 0 值。否则，接收器用 TO 中的编程值来装载 16 位寄存器。此计数器以每个比特周期递减，并每次重新装载接收到的一个新字符。若计数器值到达 0，则状态寄存器中的 TIMEOUT 位升高。接着，用户可以：

- 停止计数器时钟直到接收到一个新字符。可通过向控制寄存器 (US_CR) 中的 STTTO (启动超时) 写 1 执行。此时，接收到一个新字符前 RXD 上的空闲状态将不提供超时。这就阻止了必须在接收到一个新字符前处理以此中断，并且允许在接收到一帧数据后，等待 RXD 上的下一个空闲状态。

- 当未接收到字符时获得一个中断。通过向 US_CR 的 RETTO (重载和启动超时) 位写 1 执行此操作。若执行 RETTO，计数器立即开始从 TO 值向下计数。这就使得能产生周期性的中断所以可以处理用户超时，例如当在键盘上无按键按下时。

若执行 STTTO，则停止计数器时钟直到接收到第一个字符。RXD 上帧启动前的空闲状态不提供超时。这就避免了必须获得一个周期性中断并且当检测到 RXD 上的空闲状态时使能帧尾的等待。

若执行 RETTO，计数器立即开始从 TO 值向下计数。这就使得能产生周期性中断因此可以处理用户超时，例如当键盘上无按键按下时。

图 31-13 展示了接收器超时功能部件的框图

图 31-13 接收器超时框图

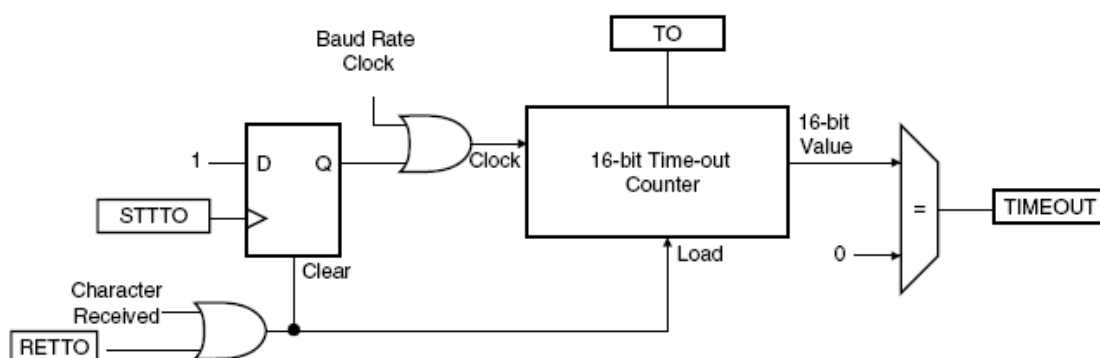


表 31-8 给出了对若干标准波特率的最大超时周期

表 31-8 最大超时周期

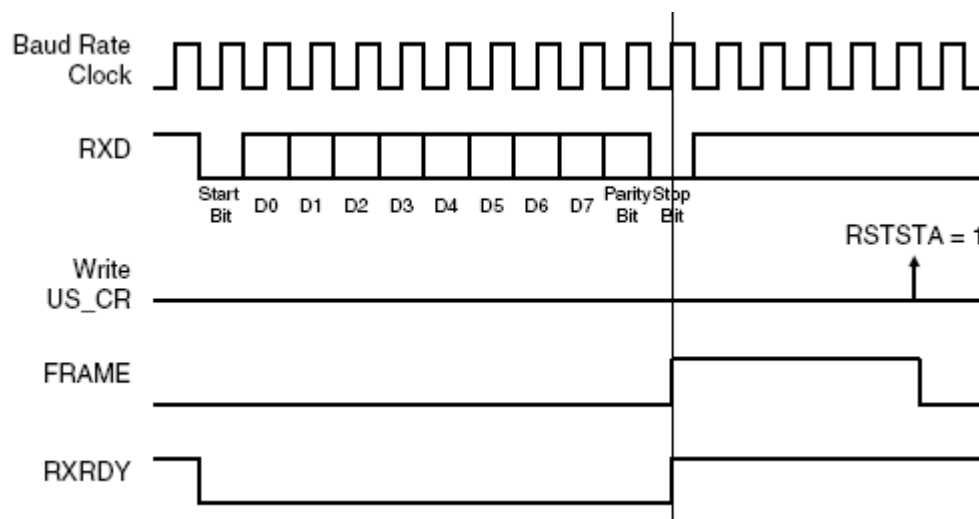
波特率	比特时间	超时
bit/sec	μs	ms
600	1 667	109 225
1 200	833	54 613
2 400	417	27 306
4 800	208	13 653
9 600	104	6 827
14400	69	4 551
19200	52	3 413
28800	35	2 276
33400	30	1 962
56000	18	1 170
57600	17	1 138
200000	5	328

31.6.3.9 成帧错误

接收器能检测到成帧错误。当检测到一个已接收字符的停止位为 0 时产生一个成帧错误。若完全重新同步化接收器和发送器则可能发生这种情况。

将在通道状态寄存器 (US_CSR) 的 FRAME 位报告成帧错误。只要检测到成帧错误则在停止位的中间激活 FRAME 位。通过向控制寄存器 (US_CR) 的 RSTSTA 位写 1 来清零 FRAME 位。

图 31-14 成帧错误状态



31.6.3.10 发送停顿

用户可以请求发送器在 TXD 线上产生一个间断状态。间断状态在至少一个完全的字符期间使 TXD 线变低。当一个 0x00 字符和奇偶校验位和停止位值 0 一起发送时也一样。然而，发送器至少在一个字符期间保持 TXD 线直到用户请求删除间断状态。

通过向控制寄存器 (US_CR) 的 STTBK 位写 1 来发送一个间断状态。无论当发送器空（在移位寄存器或在 US_THR 中无字符）或当正在发送一个字符时，

可在任何时间执行。若当正在移出一个字符时请求到一个中断，则在 TXD 线保持低前首先完成该字符。

一旦请求 STTBRK 命令，则忽略更远的 STTBRK 命令直到中断末尾完成。

通过向 US_CR 的 STPBRK 位写 1 来删除中断状态。若在小中断持续时间(一个字符，包括起始位，数据，奇偶校验位和停止位)结束前请求 STPBRK，则发送器确保完成中断状态。

即使是一个字符发送器也当作中断，即，仅当 US_CSR 中 TXRDY 位为 1 时考虑 STTBRK 和 STPBRK 命令，并且即使一个已处理的字符，中断状态的起始清零 TXRDY 和 TXEMPTY 位。

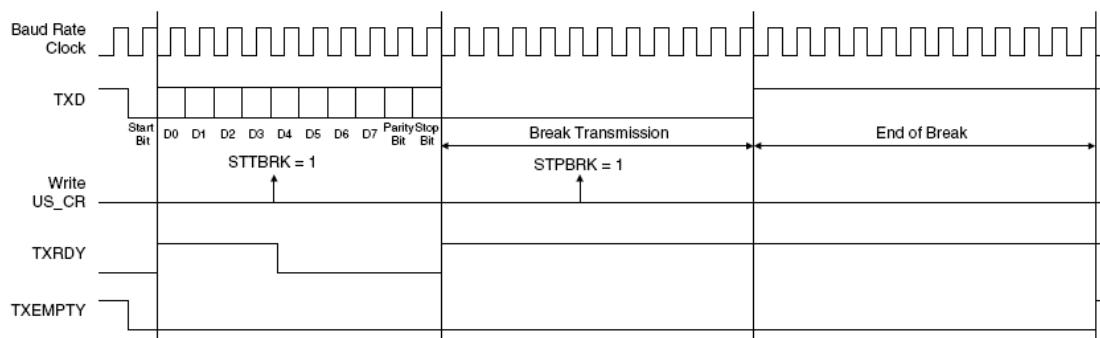
向 US_CR 的 STTBRK 和 STPBRK 位写 1 可导致不可预期的结果。忽略所有无先前的 STTBRK 命令的以请求的 STPBRK 命令。当挂起一个中断时一个写入发送保持寄存器的字节，但未启动启动，则忽略。

中断状态后，发送器对最小的 12 位时间向 TXD 线返回 1。因此，发送器确保远程接收器正确的检测到中断的结尾和下一个字符的起始。若用一个高于 12 的值编程时间保护器，则 TXD 线对时间保护周期保持高电平。

对此周期保持 TXD 线后，发送器回复正常操作。

图 31-15 阐述了 TXD 线上起始中断(STTBRK)和停止中断(STPBRK)命令的效果

图 31-15 中断发送



31.6.3.11 接收中断

当所有数据，奇偶校验位和停止位为低时，接收器检测到中断状态。这相当于用数据 0x00 检测成帧错误，但时 FRAME 维持低电平。

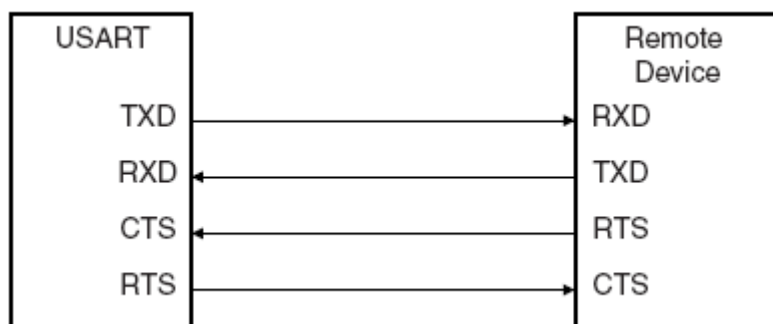
当检测到低电平停止位，接收器激活 US_CSR 中的 RXBRK 位。可通过向控制寄存器 (US_CR) 的 RSTSTA 写 1 清零该位。

在异步操作模式对至少 2/16 比特周期的一个高电平或在同步操作模式下一个高电平的采样值检测到接收中断结束。中断结束的检测还激活了 RXBRK 位。

31.6.3.12 硬件握手

USART 有一个带外流控制硬件握手。RTS 和 CTS 引脚被用于连接远程设备，如图 31-16 所示。

图 31-16 连接远程设备的硬件握手



通过向模式寄存器(US_MR)中的 USART_MODE 域写 0x2 值执行设置 USART 来同硬件握手运行。

当使能硬件握手时 USART 的动作和标准同步或异步模式下的动作相同，除了接收器驱动 RTS 引脚（如以下描述）和 CTS 上电平修改发送器的动作（如以下描述）。使用此模式需要用 PDC 通道接收。发送器可在任何情况下处理硬件握手。

图 31-17 显示了若使能硬件握手则接收器怎样运行。若禁用接收器并且来自 PDC 通道的 RXBUFF（接收缓冲器满）状态为高则将 RTS 引脚拉高。通常，当其 CTS 引脚（由 RTS 驱动）为高时远程设备不启动发送。只要使能接收器，则 RTS 降低，向远程设备指示可以启动发送。定义一个新缓冲区给 PDC 清零 RXBUFF 状态位，并因此将 RTS 引脚拉低。

图 31-17 当用硬件握手操作时接收器的动作

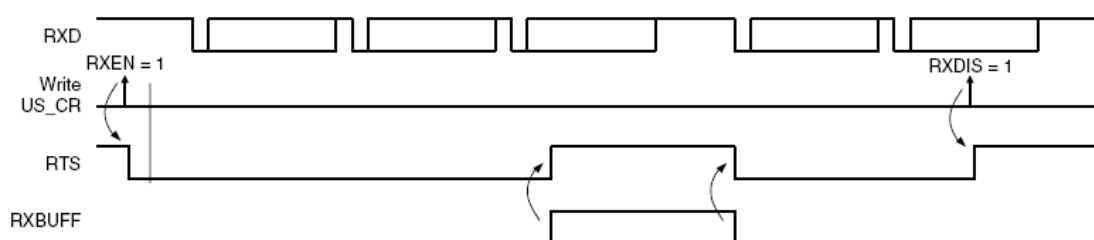


图 31-18 展示了人类使能硬件握手则发送器怎样运行。CTS 禁用发送器。若正在处理一个字符，则仅在当前字符完成后禁用发送器并且只要 CTS 引脚下降则发送下一个字符。

图 31-18 当用硬件握手操作时发送器的动作



31.6.4 ISO7816 模式

USART 有一个兼容 ISO7816 的操作模式。此模式允许接智能卡和通过一个 ISO7816 链接通信的安全访问模块(SAM)。支持由 ISO7816 规定定义的 T=0 和 T=1 两协议。

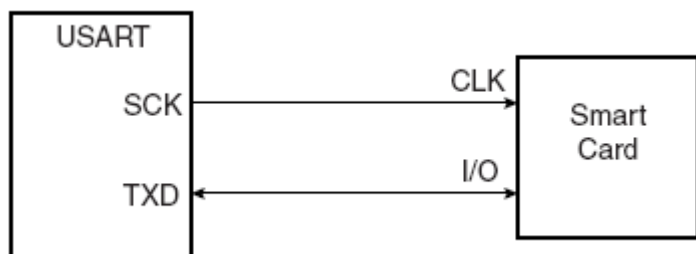
通过向模式寄存器(US_MR)中的 USART_MODE 域写值 0x4（对协议 T=0）和值 0x5（对协议 T=1）来执行 ISO7816 模式下的 USART 设定。

31.6.4.1 ISO7816 模式概述

IS07816 为仅有的一双向口线上的半双工通信。波特率由为远程设备提供的时钟的分频来确定。（见 401 页“波特率发生器”）

USART 连接一个智能卡，如图 31-19。TXD 口线变为双向并且波特率发生器供给 SCK 引脚上的 IS07816 时钟。由于 TXD 引脚变为双向，所以其输出仍由发送器输出驱动，但是仅当发送器有效同时其输入指向接收器的输入。因为 USART 产生时钟所以被认为时通信的主控。

图 31-19 连接智能卡到 USART



当运行在 IS07816 模式，T=0 或 T=1 的方式，字符格式是固定的。不管在 CHRL, MODE9, PAR 和 CHMODE 域中的编程值，其配置为 8 个数据位，偶校验和 1 或 2 个停止位。MSBF 决定先发送 LSB 或 MSB。校验位 (PAR) 决定正常模式还是反码发送。参考 427 页“USART 模式寄存器”和 428 页“PAR: 校验方式”。

USART 不能并行运行接收器和发送器模式，因为每次通信时单向的。不得不根据需要的模式随需求通过使能或禁用接收器或发送器配置 USART。在 IS07816 模式下同时使能接收器和发送器可能导致不可预期的结果。

IS07816 规范定义了一个反码发送格式。必须以其“非”值在 I/O 口线上发送字符的数据位。USART 不支持此模式，用户必须在数据写入发送保持寄存器 (US_THR) 前或在接收保持寄存器 (US_RHR) 中读取后对数据异或。

31.6.4.2 Protocol=0

在 T=0 的协议下，一个字符由 1 个起始位，8 个数据位，一个校验位和一个持续两位时间的保护时间组成。在保护时间内发送器移出这些位并且不驱动 I/O 口线。

若未检测到校验错误，则 I/O 口线在保护时间内维持 1 并且发送器下一个字符的发送，如图 31-20 所示。

若接收器检测到一个校验错误，则在保护时间内驱动 I/O 口线为 0 如图 31-21 所示。此错误位对无 (Non Acknowledge) 应答还叫做 NACK。此时，字符持续 1 的比特时间更长，因为保护时间长度一样并且持续 1 的比特时间加到了错误比特时间上。

当 USART 为接收器并且检测到一个错误，则不会将错误的字符装载到接收保持寄存器 (US_RHR) 中。将适时的置位状态寄存器中的 PSRE 位使得软件能处理错误。

图 31-20 无校验错误的 T=0 协议

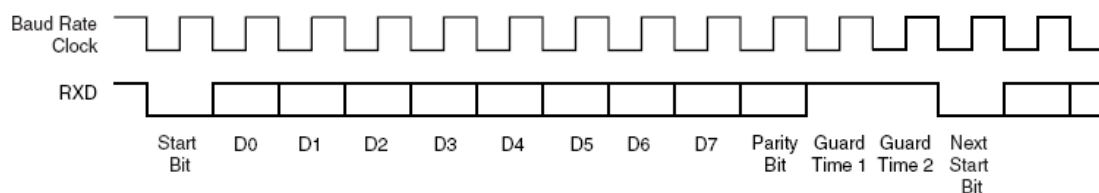
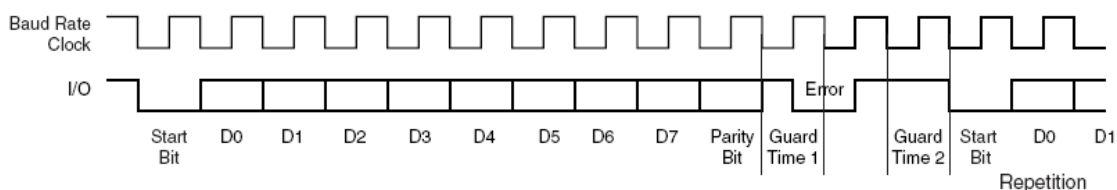


图 31-21 带校验错误的 T=0 协议



接收错误计数器

USART 接收器还记录总错误数。可通过读取寄存器中的错误数实现。NB_ERRORS 域可记录多达 255 个错误。自动的读取 US_NER 来清零 NB_ERRORS 域。

接收 NACK 禁止

还可配置 USART 来禁止错误。可通过置位模式寄存器 (US_MR) 中的 INACK 位来实现。若 INACK 为 1，则 I/O 口线上无错误信号即使检测到一个校验错误，但是置位状态寄存器 (US_SR) 中的 INACK 位。可通过向控制寄存器 (US_CR) 的 RSTNACK 位写 1 来清零 INACK 位。

此外，若置位 INACK，则接收到的错误字符将存储在接收保持寄存器中，就像未发生错误。然而，RXRDY 位不升高。

发送字符复制

当 USART 正在发送一个字符并得到 NACK，则可在移动下一个字符前复制该字符。可通过向模式寄存器 (US_MR) 的 MAX_ITERATION 域写入一个大于 0 的值来了使能复制。每个字符可重复发送多达 8 次；首次发送加七次副本。

若 MAX_ITERATION 不等于 0，USART 将复制和 MAX_ITERATION 中的装载值一样多的字符。

当 USART 副本数达到 MAX_ITERATION 值，则置位通道状态寄存器 (US_CSR) 的 ITERATION 位。若接收器应答字符复制，则停止复制并清零重复计数器。

可通过向控制寄存器的 RSIT 位写 1 来清零 US_CSR 中的 ITERATION 位。

禁用连续接收 NACK

接收器可限制发回远程发送器的连续 NACK 数。可通过设置模式寄存器中的 DSNACK 位编程。在 MAX_ITERATION 域中编程发送的最大 NACK 数。只要达到 MAX_ITERATION 值，则认为字符时正确的，向线上发送一个应答并且置位通道状态寄存器中的 ITERATION 位。

31.6.4.3 T=1 协议

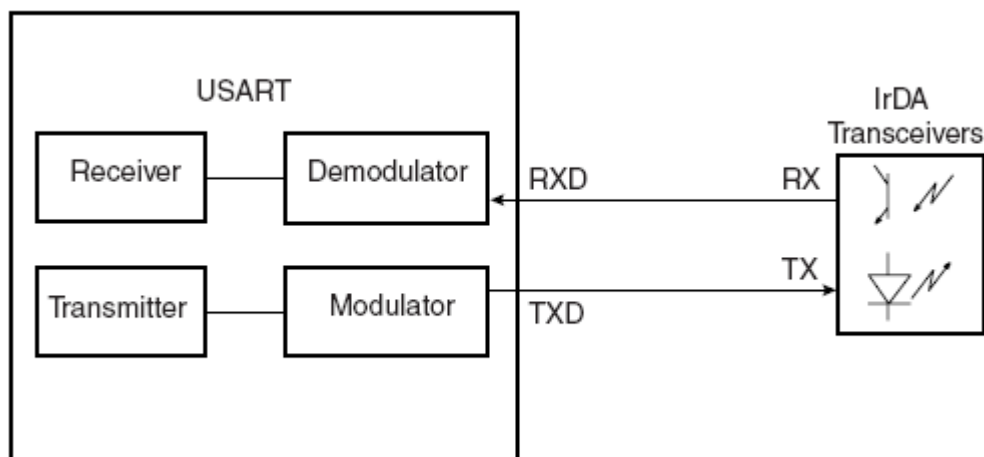
当运行在 ISO7816 协议 T=1，则发送类似于仅一个停止位的异步格式。发送时产生校验接收时检查。校验错误检测置位通道状态寄存器 (US_CSR) 中的 PARE 位。

31.6.5 IrDA 模式

USART 有支持半双工点对点无线通信的 IrDA 模式。嵌入了允许到红外收发器的无缝连接的调制器和解调器，如图 31-22 所示。调制器和解调器兼容 IrDA 规范 1.1 版并支持范围从 2.4 Kb/s 到 115.2 Kb/s 的数据传输速度。

可通过将模式寄存器 (US_MR) 中的 USART_MODE 域设置为 0x8 来使能 USART IrDA 模式。IrDA 滤波器寄存器 (US_IF) 允许配置解调器。USART 发送器和接收器运行在正常模式并且所有参数都是可访问的。注意调制起和解调器要处于有效状态。

图 31-22 IrDA 收发器的连接



必须根据管理的发送方向使能和禁用接收器和发送器。

31.6.5.1 IrDA 调制

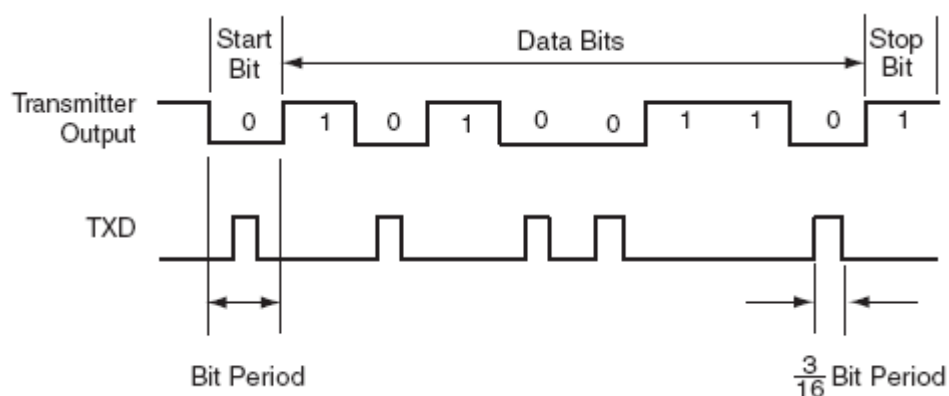
因为波特率达到 115.2 Kbits/sec (包含 115.2 Kbits/sec), 所以使用 RZI 调制方案。一比特时间 $\frac{3}{16}$ 的一个轻脉冲代表“0”。信号脉冲持续时间的一些例子如表 31-9

表 31-9 IrDA 脉冲持续时间

波特率	脉冲持续时间 ($\frac{3}{16}$)
2.4 Kb/s	78.13 μ s
9.6Kb/s	19.53 μ s
19.2Kb/s	9.77 μ s
38.4Kb/s	4.88 μ s
57.6Kb/s	3.26 μ s
115.2Kb/s	1.63 μ s

图 31-23 显示了字符发送的一个例子

图 31-23 IrDA 调制



31.6.5.2 IrDA 波特率

表 31-10 给出了 CD 值, 波特率错误和脉冲持续时间的一些例子。注意必须满足设备最大的容许误差 $\pm 1.87\%$ 。

表 31-10 IrDA 波特率误差

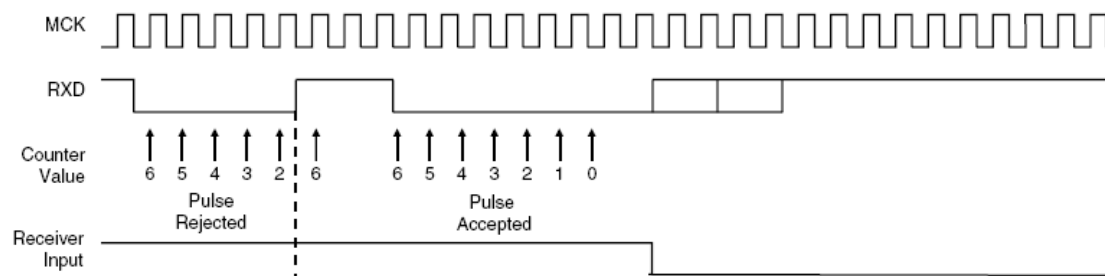
外设时钟	波特率	CD	波特率误差	脉冲时间
3686400	115200	2	0.00%	1.63
20000000	115200	11	1.38%	1.63
32768000	115200	18	1.25%	1.63
40000000	115200	22	1.38%	1.63
3686400	57600	4	0.00%	3.26
20000000	57600	22	1.38%	3.26
32768000	57600	36	1.25%	3.26
40000000	57600	43	0.93%	3.26
3686400	38400	6	0.00%	4.88
20000000	38400	33	1.38%	4.88
32768000	38400	53	0.63%	4.88
40000000	38400	65	0.16%	4.88
3686400	19200	12	0.00%	9.77
20000000	19200	65	0.16%	9.77
32768000	19200	107	0.31%	9.77
40000000	19200	130	0.16%	9.77
3686400	9600	24	0.00%	19.53
20000000	9600	130	0.16%	19.53
32768000	9600	213	0.16%	19.53
40000000	9600	260	0.16%	19.53
3686400	2400	96	0.00%	78.13
20000000	2400	521	0.03%	78.13
32768000	2400	853	0.04%	78.13

31.6.5.3 IrDA 解调器

解调器基于由一个 8 位递减计数器组成的 IrDA 接收滤波器，递减计数器由 US_IF 中的编程值装载。当在 RXD 上检引脚测到一个下降沿，滤波器计数器开始以主控时钟速 (MCK) 率递减计数。若当计数器到达 0 时在 RXD 上检引脚测到一个上升沿，则在一个比特时间内将接收器输入驱动为低电平。

图 31-24 阐述了 IrDA 解调器的运行

图 31-24 IrDA 解调器的运行

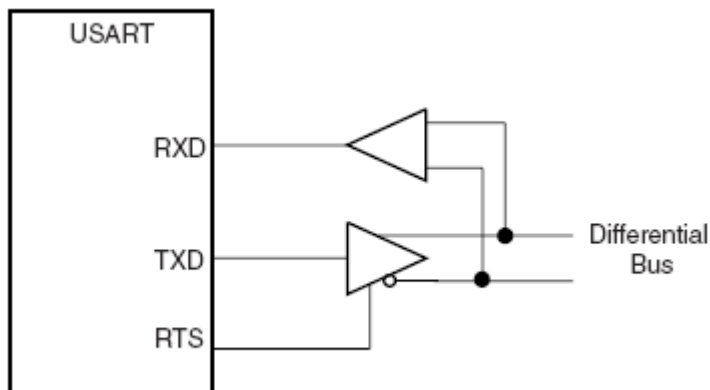


IrDA 模式和 ISO7816 使用相同的逻辑，注意必须将 US_FIDI 中的 FI_DI_RATIO 域设置为大于 0 的值以确保 IrDA 通信正常工作。

31.6.6 RS485 模式

USART 拥有 RS485 模式来使能线启动程序控制。当运行在 RS485 模式，USART 和运行在异步或同步模式相似并且所有参数的配置都是可能的。不同之处在于当发送器运行时 RTS 引脚为高电平。TXEMPTY 位控制 RTS 引脚的动作。一个 USART 上 RS485 总线的典型连接如图 31-25

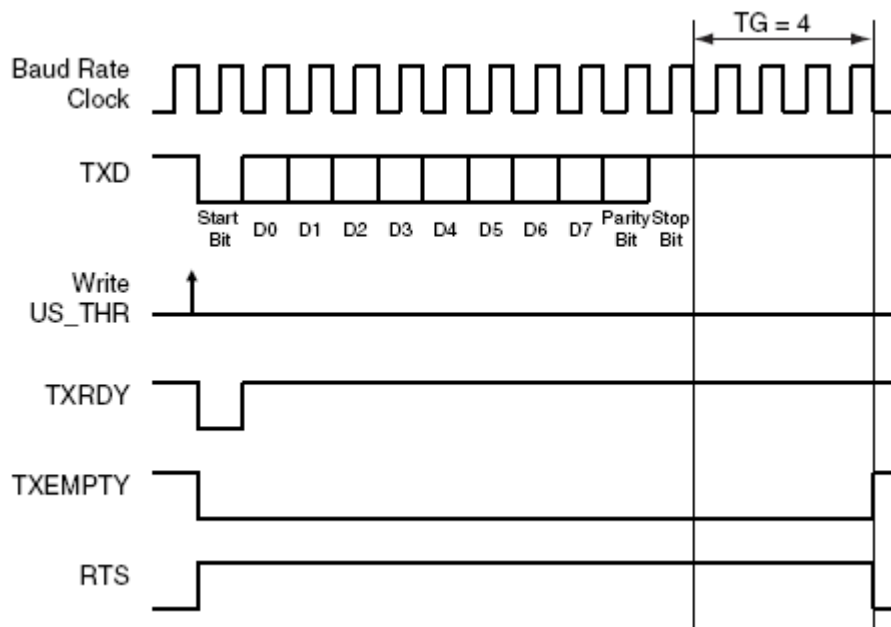
图 31-25 RS485 总线的典型连接



通过将模式寄存器 (US_MR) 中 USART_MODE 域编程为 1 来设置 USART 为 RS485 模式。

RTS 引脚电平和 TXEMPTY 位相反。重要的是，当编程了一个时间保护时 RTS 引脚维持高电平，因此在上一字符完成后仍可驱动总线。图 31-26 给出了当使能时间保护时在一个字符发送期间 RTS 波形的例子。

图 31-26 带时间保护的 RTS 驱动举例



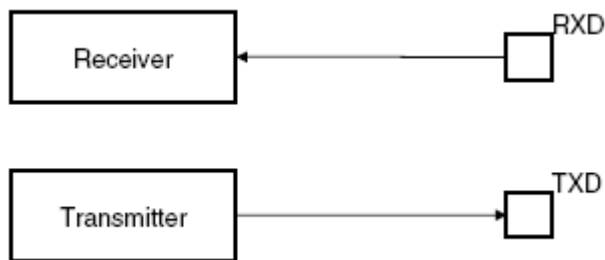
31.6.7 测试模式

可编程 USART 运行在三种不同的测试模式。内部回环功能允许板上诊断。回环模式下断开或未断开 USART 接口引脚并对回环内部的或外部的重新配置。

31.6.7.1 正常模式

正常模式将 RXD 引脚连接接收器输入将 TXD 引脚连接发送器输出。

图 31-27 正常模式配置

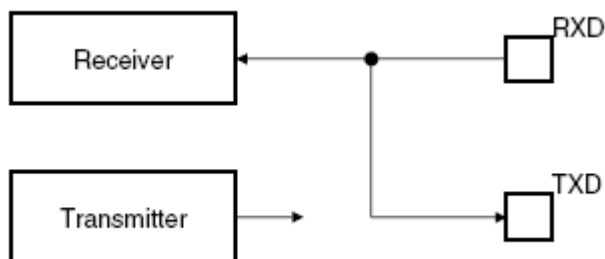


31.6.7.2 自动回应模式

自动回应模式允许逐位重新发送。当在 RXD 引脚上接收到一个比特，则将其发送到 TXD 引脚，如图 31-28 所示。编程发送器对 TXD 引脚无影响。

RXD 引脚仍然连接接收器输入，因此接收器维持有效。

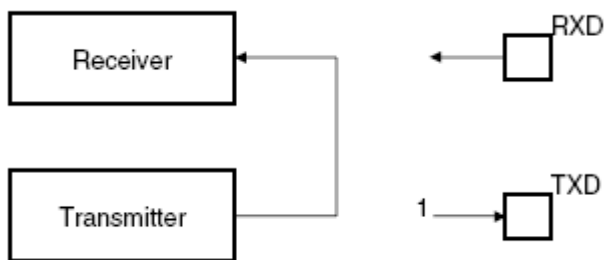
图 31-28 自动回波模式的配置



31.6.7.3 本地回环模式

本地回环模式将发送器的输出直接连接到接收器的输入，如图 31-29。未使用 TXD 和 RXD 引脚。RXD 引脚对接收器无影响，TXD 引脚被连续的拉高，如空闲模式。

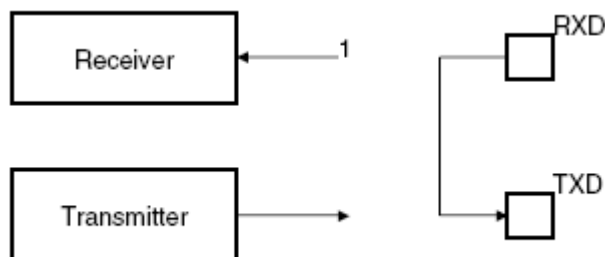
图 31-29 本地回环模式的配置



31.6.7.4 远程回环模式

远程回环模式直接连接 RXD 引脚和 TXD 引脚，如图 31-30 所示。禁用发送器和接收器并且无任何影响。此模式允许逐位重新发送。

图 31-30 远程回环模式的配置



31.7 USART 用户接口

表 31-11 USART 存储器映射

偏移量	寄存器	名称	访问类型	复位值
0x0000	控制寄存器	US_CR	只写	-
0x0004	模式寄存器	US_MR	读/写	-
0x0008	中断使能寄存器	US_IER	只写	-
0x000C	中断禁用寄存器	US_IDR	只写	-
0x0010	中断屏蔽寄存器	US_IMR	只读	0x0
0x0014	通道状态寄存器	US_CSR	只读	-
0x0018	接收器保持寄存器	US_RHR	只读	0x0
0x001C	发送器保持寄存器	US_THR	只写	-
0x0020	波特率发生器寄存器	US_BRGR	读/写	0x0
0x0024	接收器超时寄存器	US_RTOR	读/写	0x0
0x0028	发送器时间保护寄存器	US_TTGR	读/写	0x0
0x2C-0x3C	保留	-	-	-
0x0040	FI DI 比寄存器	US_FIDI	读/写	0x174
0x0044	错误数寄存器	US_NER	只读	-
0x0048	保留	-	-	-
0x004C	IrDA 滤波器寄存器	US_IF	读/写	0x0
0x5C - 0xFC	保留	-	-	-
0x100 - 0x128	位 PDC 寄存器保留	-	-	-

31.7.1 USART 控制寄存器

名称: US_CR

访问类型: 只写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	RTSDIS	RTSEN	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
RETTO	RSTNACK	RSTIT	SENDA	STTTO	STPBRK	STTBRK	RSTSTA
7	6	5	4	3	2	1	0
TXDIS	TXEN	RXDIS	RXEN	RSTTX	RSTRX	-	-

● RSTRX: 复位接收器

0: 无效

- 1: 复位接收器
 - RSTTX: 复位发送器
- 0: 无效
- 1: 复位发送器
 - RXEN: 使能接收器
- 0: 无效
- 1: 若 RXDIS 为 0, 使能接收器
 - RXDIS: 禁用接收器
- 0: 无效
- 1: 禁用接收器
 - TXEN: 使能发送器
- 0: 无效
- 1: 若 TXDIS 为 0, 使能发送器
 - TXDIS: 禁用发送器
- 0: 无效
- 1: 禁用发送器
 - RSTSTA: 复位状态位
- 0: 无效
- 1: 复位 US_CSR 中的 PARE, FRAME, OVRE, 和 RXBRK 状态位
 - STBRK: 启动中断
- 0: 无效
- 1: 在 US_THR 中当前字符已由发送移位寄存器发送则在字符后启动一个中断。若中断正在被发送则无效
 - STPBRK: 停止中断
- 0: 无效
- 1: 最少一个字符长度时间并在 12 位周期内发送一个高电平后停止中断发送。若无中断正在被发送则无影响。
 - STTTO: 启动超时
- 0: 无效
- 1: 协调超时计数器前开始等待字符。复位 US_CSR 中的 TIMEOUT 状态位
 - SENDA: 发送地址
- 0: 无效
- 1: 仅在多线模式下, 发送写入 US_THR 的下一个字符同时置位地址位。
 - RSTIT: 重复次数复位
- 0: 无效
- 1: 复位 US_CSR 中的 ITERATION, 若未使能 ISO7816 则无效
 - RSTNACK: 复位无应答
- 0: 无效
- 1: 复位 US_CSR 中的 NACK
 - RTSEN: 请求发送使能
- 0: 无效
- 1: 将 RTS 引脚驱动为 0
 - RTSDIS: 请求发送禁用
- 0: 无效

1: 将 RTS 引脚驱动为 1

31.7.2 USART 模式寄存器

名称: US_MR

访问类型: 读/写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	FILTER	-	MAX_ITERATION		
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	DSNACK	INACK	OVER	CLKO	MODE9	MSBF
15	14	13	12	11	10	9	8
CHMODE		NBSTOP		PAR			SYNC
7	6	5	4	3	2	1	0
CHRL		USCLKS		USART_MODE			

● USART_MODE

USART_MODE				USART 的模式
0	0	0	0	正常
0	0	0	1	RS485
0	0	1	0	硬件握手
0	0	1	1	保留
0	1	0	0	ISO7816 协议: T=0
0	1	0	1	保留
0	1	1	0	ISO7816 协议: T=1
0	1	1	1	保留
1	0	0	0	IrDA
1	1	x	x	保留

● USCLKS: 时钟选择

USCLKS		选择的时钟
0	0	MCK
0	1	MCK/DIV (DIV = 8)
1	0	保留
1	1	SCK

● CHRL: 字符长度

CHRL		字符长度
0	0	5bits
0	1	6bits
1	0	7bits
1	1	8bits

● SYNC: 同步模式选择

0: USART 运行在异步模式下

1: USART 运行在同步模式下

● PAR: 校验类型

PAR			校验类型
0	0	0	偶校验
0	0	1	奇校验
0	1	0	校验位强迫为 0 (空号)
0	1	1	校验位强迫为 1 (传号)
1	0	x	无校验
1	1	x	多点模式

● NBSTOP: 停止位数

NBSTOP		异步 (SYNC=0)	同步 (SYNC=1)
0	0	1 个停止位	1 个停止位
0	1	1.5 个停止位	保留
1	0	2 个停止位	2 个停止位
1	1	保留	保留

● CHMODE: 通道模式

CHMODE		模式描述
0	0	正常模式
0	1	自动回波。接收器输入连接到 TXD 引脚
1	0	本地回环。发送器输出连接到接收器输入
1	1	远程回环。RXD 引脚内部的连接到 TXD 引脚

● MSBF: 位顺序

0: 首先发送 LSB 位

1: 首先发送 MSB 位

● MODE9: 9 位字符长度

0: CHRL 定义字符长度

1: 9 位字符长度

● CLKO: 时钟输出选择

0: USART 不驱动 SCK 引脚

1: 若 USCLKS 不选择外部时钟 SCK 则 USART 驱动 SCK

● OVER: 过采样模式

0: 16x 倍过采样

1: 8x 被过采样

● INACK: 禁止无应答

0: 产生 NACK

1: 不产生 NACK

● DSNACK: 禁用连续的 NACK

0: 只要在接收到的字符 (除非 INACK 置位) 中产生一个校验错误则发送 NACK 到 ISO 口线上。

1: 连续的校验错误加起来达到在 MAX_ITERATION 域中规定的值。这些校验错误在 ISO 口线上产生一个 NACK。只要达到此值, 不向 ISO 口线上发送附加的 NACK。ITERATION 标志位有效。

● MAX_ITERATION

定义 ISO7816 模式下, protocol T= 0 时最大重复数

● FILTER: 红外接收口线滤波器

0: USART 不对接收口线滤波

1: USART 使用三采样滤波器(1/16-位时钟) (2/3 多数逻辑)对接收口线滤波。

31.7.3 USART 接口使能寄存器

名称: US_IER

访问类型: 只写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	CTSIC	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	NACK	RXBUFF	TXBUFE	ITERATION	TXEMPTY	TIMEOUT
7	6	5	4	3	2	1	0
PARE	FRAME	OVRE	ENDTX	ENDRX	RXBRK	TXRDY	RXRDY

- RXRDY: RXRDY 中断使能
- TXRDY: TXRDY 中断使能
- RXBRK: 接收器间断中断使能
- ENDRX: 接收传输结束中断使能
- ENDTX: 发送结束中断使能
- OVER: 超限错误中断使能
- FRAME: 成帧错误中断使能
- PARE: 校验错误中断使能
- TIMEOUT: 超时中断使能
- TXMEPTY: TXMEPTY 中断使能
- ITERATION: 迭代中断使能
- TXBUFE: 缓冲区空中断使能
- RXBUFF: 缓冲区满中断使能
- NACK: 无应答中断使能
- CTSIC: 发送输入变化清除中断使能

31.7.4 USART 中断禁用寄存器

名称: US_IDR

访问类型: 只写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	CTSIC	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	NACK	RXBUFF	TXBUFE	ITERATION	TXEMPTY	TIMEOUT
7	6	5	4	3	2	1	0
PARE	FRAME	OVRE	ENDTX	ENDRX	RXBRK	TXRDY	RXRDY

- RXRDY: RXRDY 中断禁用
- TXRDY: TXRDY 中断禁用
- RXBRK: 接收器间断中断禁用
- ENDRX: 接收传输结束中断禁用
- ENDTX: 发送结束中断禁用

- OVER: 超限错误中断禁用
- FRAME: 成帧错误中断禁用
- PARE: 校验错误中断禁用
- TIMEOUT: 超时中断禁用
- TXMEPTY: TXMEPTY 中断禁用
- ITERATION: 迭代中断禁用
- TXBUFE: 缓冲区空中断禁用
- RXBUFF: 缓冲区满中断禁用
- NACK: 无应答中断禁用
- CTSIC: 发送输入变化清除中断禁用

31.7.5 USART 中断屏蔽寄存器

名称: US_IMR

访问类型: 只读

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	CTSIC	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	NACK	RXBUFF	TXBUFE	ITERATION	TXEMPTY	TIMEOUT
7	6	5	4	3	2	1	0
PARE	FRAME	OVRE	ENDTX	ENDRX	RXBRK	TXRDY	RXRDY

- RXRDY: RXRDY 中断屏蔽
- TXRDY: TXRDY 中断屏蔽
- RXBRK: 接收器间断中断屏蔽
- ENDRX: 接收传输结束中断屏蔽
- ENDTX: 发送结束中断屏蔽
- OVER: 超限错误中断屏蔽
- FRAME: 成帧错误中断屏蔽
- PARE: 校验错误中断屏蔽
- TIMEOUT: 超时中断屏蔽
- TXMEPTY: TXMEPTY 中断屏蔽
- ITERATION: 迭代中断屏蔽
- TXBUFE: 缓冲区空中断屏蔽
- RXBUFF: 缓冲区满中断屏蔽
- NACK: 无应答中断屏蔽
- CTSIC: 发送输入变化清除中断屏蔽

31.7.6 USART 通道状态寄存器

名称: US_CSR

访问类型: 只读

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
CTS	-	-	-	CTSIC	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	NACK	RXBUFF	TXBUFE	ITERATION	TXEMPTY	TIMEOUT
7	6	5	4	3	2	1	0
PARE	FRAME	OVRE	ENDTX	ENDRX	RXBRK	TXRDY	RXRDY

- **RXRDY: 接收器就绪**
 - 0: 自上次读取 US_RHR 未接收到完整的字符或已禁用接收器。若当接收器被禁用时正在接收字符，则当接收器使能时 RXRDY 变为 1.
 - 1: 至少接收到一个完整的字符并且还未读取 US_RHR
- **TXRDY: 发送器就绪**
 - 0: 一个字符在 US_THR 正等待被发送到发送移位寄存器，或请求一个 STTBRK 命令，或发送器禁用。只要发送器使能，则 TXRDY 变为 1.
 - 1: US_THR 中无字符
- **RXBRK: 间断接收/间断结束**
 - 0: 自上次 RSTSTA 未检测到间断接收或间断结束
 - 1: 自上次 RSTSTA 检测到间断接收或间断结束
- **ENDRX: 接收器传输结束**
 - 0: 来自接收 PDC 通道的传输结束信号无效
 - 1: 来自接收 PDC 通道的传输结束信号有效
- **ENDRX: 发送器传输结束**
 - 0: 来自发送 PDC 通道的传输结束信号无效
 - 1: 来自发送 PDC 通道的传输结束信号有效
- **OVER: 超限错误**
 - 0: 自上次 RSTSTA 未发生超限错误
 - 1: 自上次 RSTSTA 至少发生一次超限错误
- **FRAME: 成帧错误**
 - 0: 自上次 RSTSTA 未检测到停止位
 - 1: 自上次 RSTSTA 至少检测到一个停止位
- **PARE: 校验错误**
 - 0: 自上次 RSTSTA 未检测到校验错误
 - 1: 自上次 RSTSTA 至少检测到一次校验错误
- **TIMEOUT: 接收器超时**
 - 0: 自上次启动超时命令 (US_CR 中 STTTO) 无超时或超时寄存器为 0
 - 1: 自上次启动超时命令 (US_CR 中 STTTO) 有一次超时
- **TXEMPTY: 发送器空**
 - 0: US_THR 或发送移位寄存器中有字符，或发送器禁用
 - 1: US_THR 或发送移位寄存器中无字符
- **ITERATION: 达到最大复制数**
 - 0: 自上次 RSIT 未达到最大复制数
 - 1: 自上次 RSIT 已达到最大复制数
- **TXBUFE: 发送缓冲区空**

- 0: 来自发送 PDC 通道的信号缓冲区空无效
- 1: 来自发送 PDC 通道的信号缓冲区空有效
- RXBUFF: 复制缓冲区满
- 0: 来自接收 PDC 通道的信号缓冲区满无效
- 1: 来自接收 PDC 通道的信号缓冲区满有效
- NACK: 无应答
- 0: 自上次 RSTNACK 未检测到无应答
- 1: 自上次 RSTNACK 至少检测到一次无应答
- CTSIC: 发送输入变化清除标志位
- 0: 自上次读取 US_CSR 在 CTS 引脚上未检测到输入变化
- 1: 自上次读取 US_CSR 在 CTS 引脚上至少检测到一次输入变化
- CTS: CTS 输入映像
- 0: CTS 为 0
- 1: CTS 为 1

31.7.7 USART 接收保持寄存器

名称: US_RHR

访问类型: 只读

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
RXSYNH	-	-	-	-	-	-	RXCHR
7	6	5	4	3	2	1	0
RXCHR							

- RXCHR: 接收到的字符
- 若 RXRDY 置位则为上次接收的字符
- RXSYNH: 接收同步
- 0: 上次接收到的字符为数据
- 1: 上次接收到的字符为命令

31.7.8 USART 发送保持寄存器

名称: US_THR

访问类型: 只写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
TXSYNH	-	-	-	-	-	-	TXCHR
7	6	5	4	3	2	1	0
TXCHR							

- TXCHR: 待发送字符
- 若未置位 TXRDY 在当前字符后下一个字符待发送
- TXSYNH: 带发送 Sync 域

0: 下一个发送字符被解码为一个数据。启动帧定界器为 DATA SYNC

1: 下一个发送字符被解码为一个命令。启动帧定界器为 COMMAND SYNC

31.7.9 USART 波特率发生器寄存器

名称: US_BRGR

访问类型: 读/写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
CD							
7	6	5	4	3	2	1	0
CD							

● CD: 时钟分频器

CD	USART_MODE ≠ IS07816			USART_MODE = IS07816
	SYNC=0		SYNC=1	
	OVER=0	OVER=1		
0	波特率时钟禁用			
1 到 65535	波特率=选择的 时钟/16/CD	波特率=选择的 时钟/8/CD	波特率=选择的 时钟/CD	波特率=选择的 时钟 /CD/FI_DI_RATIO

31.7.10 USART 接收起超时寄存器

名称: US_RTOR

访问类型: 读/写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
TO							
7	6	5	4	3	2	1	0
TO							

● TO: 超时值

0: 接收器超时禁用

1-65535: 接收器超时使能并且超时延迟位 TO*Bit 周期

31.7.11 USART 发送器时间保护寄存器

名称: US_TTGR

访问类型: 读/写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
TG							

● **TG: 时间保护值**

0: 发送器时间保护禁用

1-255: 发送器时间保护使能并且时间保护延迟为 TG*Bit 周期

31.7.12 USART FI DI RADIO 寄存器

名称: US_FIDI

访问类型: 读/写

复位值: 0x174

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	FI_DI_RATIO		
7	6	5	4	3	2	1	0
FI_DI_RATIO							

● **FI_DI_RADIO: FI/DI 比值**

0: 若选择 ISO7816 模式, 则波特率发生器不产生信号

1-2047: 若选择 ISO7816 模式, 波特率为 SCK 上提供被 FI_DI_RATIO 分频的时钟。

31.7.13 USART 错误数寄存器

名称: US_NER

访问类型: 只读

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
NB_ERRORS							

● **NB_ERRORS: 错误数**

在一个 ISO7816 传输期间产生的错误总数。当读取时此寄存器自动清零

31.7.14 USART IrDA FILTER 寄存器

名称: US_IF

访问类型：读/写

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
IRDA_FILTER							

● IRDA_FILTER: IrDA 滤波器

置位 IrDA 解调器的滤波器



Educate Different 

Powered by Team Mcuzone

QQ:8204136

Website: www.mcuzone.com

2008

