UART 使用指南

概述

本手册适用范围：

适用范围	
SPC1125 系列	SPC1125，SPC1128
SPC1168 系列	SPC1155，SPC1156，SPC1158，SPC1168，SPD1148，SPD1178，SPD1188，SPD1163，SPM1173
SPC2168 系列	SPC2168，SPC2165，SPC2166，SPC1198
SPC1169 系列	SPC1169，SPD1179，SPD1176
SPC2188 系列	SPC1185，SPC2188

目录

图片列表

表格列表

版本历史

版本	日期	作者	状态	变更
A/0	2023-06-28	XuQing He	Outdated	1. 首次发布。
C/0	2024-03-26	Jiali Zhou	Outdated	1. 修改排版格式。
C/1	2024-08-07	An Zhu	Released	1. 修改章节 2，3，4。 2. 修改为全系列通用文档。

1 特性

UART 单元功能，通用特性有以下几点：

- 收发各有 64 字节 FIFO；
- 支持最高波特率为 UART 模块时钟频率的 1/16
- 异步收发器无需时钟；
- 支持奇、偶、无奇偶校验；
- 支持自动波特率；
- 拥有内部诊断功能：
- 环回测试以实现通讯链路故障隔离；
- 完备的故障记录；
- 串行红外异步接口，符合红外数据协会（IrDA）的标准；

还有一些特性只有部分芯片才有，如表 1-1 所示：

表 1-1：特性与芯片

特性	芯片
支持 LIN 协议标准	SPC1169，SPD1179，SPD1176，SPC2188，SPC1185
可编程 FIFO 阈值	SPC1169，SPD1179，SPD1176，SPC2188，SPC1185
支持 DMA	SPC1169，SPD1179，SPD1176，SPC2188，SPC1185，SPC2168，SPC2165，SPC2166，SPC1198

2 功能描述

2.1 波特率设置

针对不同的产品类型，本章将详细阐述各种类型 UART 波特率的设置方法。

- **SPC1168/SPC2168/SPC1125 系列**

通过将 16 位的分频值填入 2 个 8 位的分频锁存寄存器（UARTDLL 和 UARTDLH）来生成。在初始化期间，需要加载这些分频值，以确保波特率产生器正确地工作。如果任意一个分频锁存寄存器被写入 0x0，16 倍频的时钟会停止。UART 的波特率由下面的式给出：

$$BaudRate = \frac{UART\_CLK}{16 \times Divisor}$$

例如，如果分频值是 24，且 UART 时钟为 24 MHz，波特率为 62500bps。

注意：
1. 在发送或者接收数据时，改变波特率是不被允许的。
2. 芯片波特率设置范围需要查询芯片对应的数据手册。
3. UARTDLH 寄存器与其他寄存器共享同一个地址，需要提前将 UARTLCR 寄存器的 DLAB 置为 1，才能读写 UARTDLH 寄存器

- **SPC1169/SPC2188 系列**

通过配置 UARTBDCNT 寄存器来指定分频比，计算出 UART 的波特率。UART 接收器内部需要在每位数据内做 16 倍过采样，所以 UARTBDCNT 必须至少是 16。如果用户写入一个小于 16 的数，则会被硬件改写为 16。

$$Baud\ rate = \frac{f_{uart_{clk}}}{UARTBDCNT}$$

f_{uart_clk}为 UART 模块的时钟频率，可以通过 CLOCK_GetModuleClock()函数获取，$Baud\ rate$为 UART 的波特率。

注意：
1. 在发送或者接收数据时，改变波特率是不被允许的。
2. 芯片波特率设置范围需要查询芯片对应的数据手册。
3. 若每个帧长为 n 位，则用户需要保证计算得到的波特率和期望的波特率之间的相对误差在±1/(2n-1)范围内。

2.2 自动波特率

自动波特率的实现方法分为同步检测和验证结果两步，本章将详细阐述自动波特率的实现方法与过程。

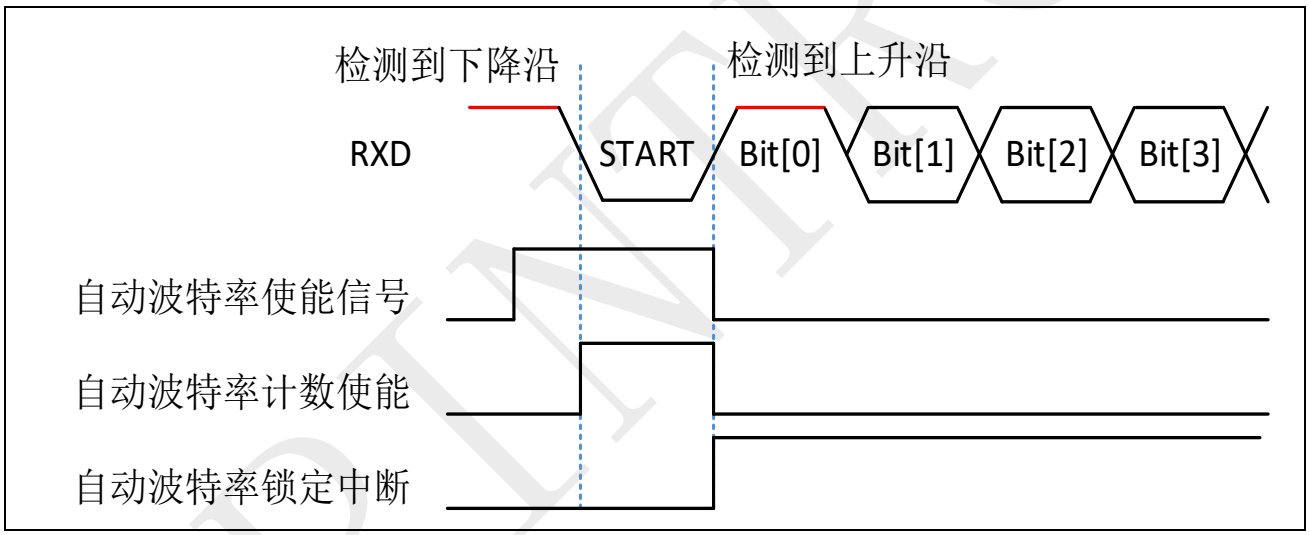
2.2.1 检测过程

如图 2-1 所示，当使能自动波特率检测后，UART 对开始位脉冲持续的时钟周期进行计数，最后将这个计数值写入到自动波特率计数寄存器中。当自动波特率计数寄存器被写值后，代表自动波特率检测完成，并产生自动波特率锁定中断（该中断需要先使能）。

实现自动波特率功能对 RX 信号需要满足以下两个条件：

- 开启自动波特率功能前 RX 信号的默认电平必须为高电平；
- UART 接收的第一个比特的数据必须为高电平；

图 2-1：自动波特率同步检测过程



注意：
1. 在 IrDA（串行红外）模式下，自动波特率检测是不被支持的。
2. UART 配置完成且使能之后，才允许配置自动波特率功能。
3. 自动波特率信号在自动波特率完成后会失能，如果想进行第二次自动波特率侦测需要再次使能。

其中不同的芯片型号的自动波特率的使能寄存器位，自动波特率计数寄存器，及自动波特率锁定中断寄存器位，如表 2-1 所示：

表 2-1：自动波特率各芯片寄存器介绍

芯片型号	使能寄存器位	自动波特率计数寄存器	自动波特率锁定中断寄存器位
SPC1125 系列 SPC1168 系列 SPC2168 系列	UARTABR.ABE	UARTACR	UARTIIR.ABL
SPC1169 系列 SPC2188 系列	UARTCTL.ABEN	UARTABCNT	UARTIF.ABLOCK

2.3 Polling 传输模式

CPU 在 UART 通信中，通过不停的查询寄存器，确认接收和发射状态来传输 FIFO 数据，被称为 FIFO 的轮询模式（Polling Mode）。

具体操作如下：

- 发送数据：检查发送 FIFO 状态位，为 1 表示发送 FIFO 未满，可以通过写 FIFO 放入发送的数据。
- 接收数据：查询接收 FIFO 状态位，为 1 表示接收 FIFO 非空，可以通过读 FIFO 获取接收的数据。

不同芯片 FIFO 的寄存器状态位，如表 2-2 所示。

表 2-2：芯片与 FIFO 的寄存器状态位

芯片型号	发送 FIFO 状态位	接收 FIFO 状态位
SPC1169 系列 SPC2188 系列	UARTSTS.TXNF	UARTSTS.RXNE
SPC1125 系列 SPC1168 系列 SPC2168 系列	UARTLSR.TDRQ	UARTLSR.DR

2.4 中断传输模式

CPU 在 UART 通信中，通过收到不同的 FIFO 中断后，去中断服务函数里传输 FIFO 的数据，被称为 FIFO 的中断传输模式。

具体中断有：

1. 接收中断：当接收 FIFO 到达触发阈值时，会触发接收数据请求中断，提示用户在中断服务函数里从接收 FIFO 取出数据。
2. 发送中断：当发送中断条件满足时，会触发发送数据请求中断，提示用户在中断服务函数里往发送 FIFO 写入数据。各个芯片的发送中断的触发条件如表 2-3 所示。

表 2-3：芯片与发送中断触发条件

芯片型号	发送中断触发条件

SPC1125 系列 SPC1168 系列 SPC2168 系列	当发送 FIFO 至少是半空时。
SPC1169 系列 SPC2188 系列	当发送 FIFO 中的字节数不超过阈值时。

3. 接收超时中断：在接收到一个数据之后规定的时间窗口内如果没有新的数据接收，则产生超时中断。不同的芯片拥有不同的超时窗口设定，如表 2-4 所示

表 2-4：芯片与超时窗口

芯片型号	超时窗口
SPC1125 系列 SPC1168 系列 SPC2168 系列	接收 4 个连续字符所需时间
SPC1169 系列 SPC2188 系列	由 UARTTOTH 寄存器值决定的波特周期

当在通信中使能接收超时中断，并触发了中断，意味着通信出现异常或者通信结束，为了通信数据的完整性，CPU 需要先把接收 FIFO 中的残余数据取出，再去继续使用 UART，这些数据被称为尾部字节。处理尾部字节时，需要把超时中断关闭，通过 FIFO 状态寄存器去确定尾部字节是否被清掉。

3 功能实例

3.1 使用 FIFO 传输数据

3.1.1 功能需求

使用 FIFO 中断模式去接收一段数据。

3.1.2 功能实现

1. 使能 FIFO 功能；
2. 设定接收中断阈值；
3. 使能接收中断；
4. 在中断函数中，从 RXFIFO 中取出数据。

SDK 中有提供此实例代码，具体示例名称请看表 3-1。

表 3-1：各芯片平台的示例名称

芯片型号	示例名称
SPC1158,SPC1168,SPD1148,SPD1163,SPD1178, SPD1188,SPC2168,SPC1198	.sdk 目录\ Project\0_Examples\UART_RX_INT
SPC2188,SPC1185	.sdk 目录\ Project\0_Examples\8_UART_RX_Int
SPC1169,SPD1179	.sdk 目录\ Project\0_Examples\16_1_UART_RX_Int

注意： 在示例中的中断函数有打印函数，目的是为了演示，实际情况下为了确保实时性，中断函数应尽可能精简，不要使用打印函数。