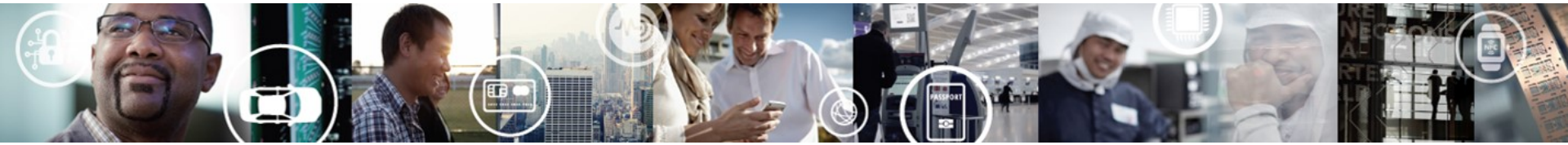
LPC82X 培训资料

异步串行接口USART

MAY, 2016



内容

- USART性能概述
- USART具体应用操作
- USART低功耗模式唤醒

USART性能概述

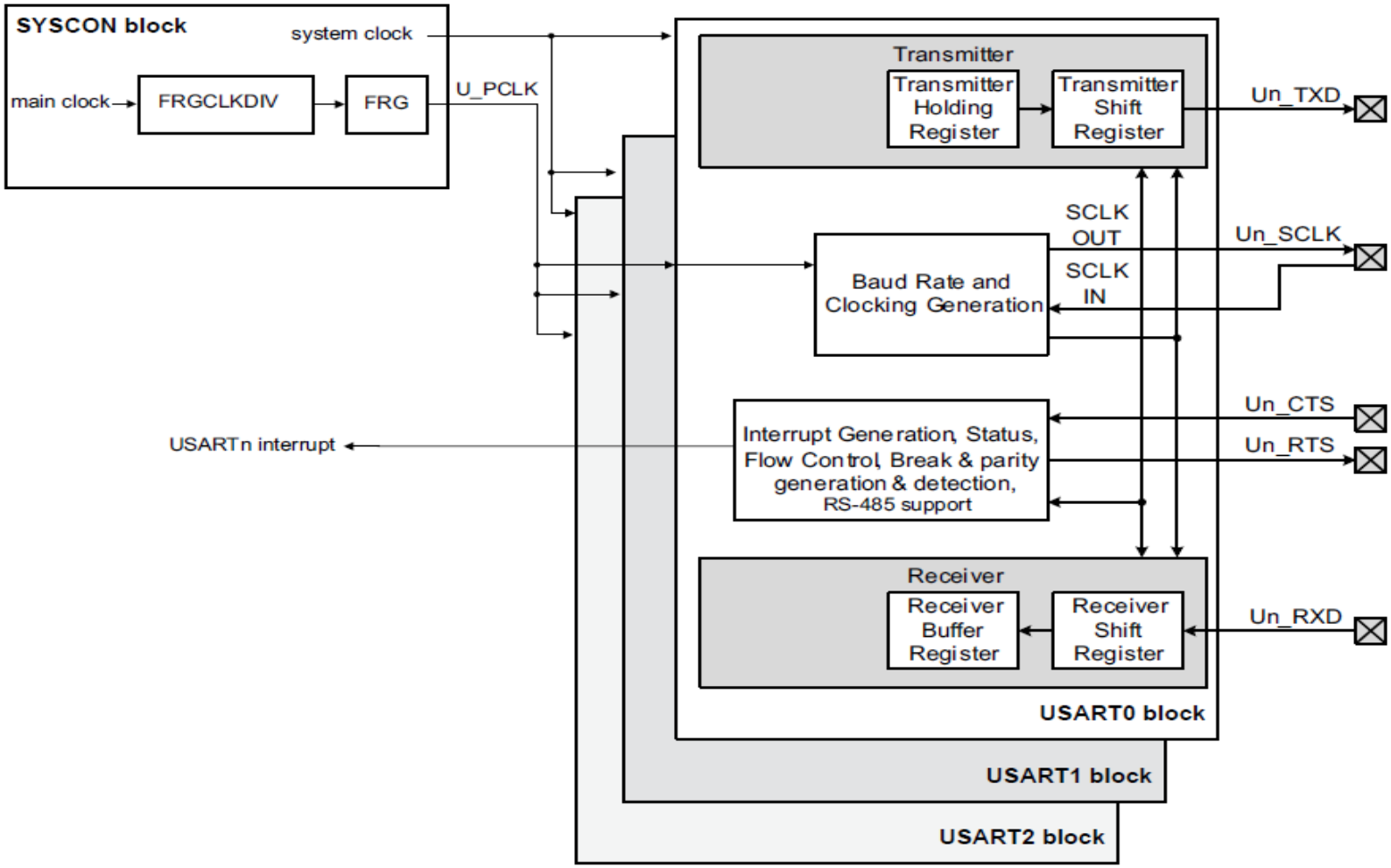
性能概述 - 基本功能

- 异步下最高速率可达1.875Mbits/s
- 同步下最高速率可达10Mbits/s
- 数据格式：7、8、9个数据位, 1、2个停止位
- 数据校验：无校验/奇校验/偶校验
- 中断源：接收就绪，发送就绪，发送器闲置，校验错，帧错
- DMA传输：数据收发可使用DMA
- 每数据位的过采样倍率从5-16，从最接近位时间中央的3个点中表决
- 分数波特率发生器：可使用常用时钟产生包括115200在内的几乎所有波特率

性能概述 – 扩展功能

- 使用RTS和CTS信号支持硬件流控
- 可以产生与识别break信号
- RS-485通信模式
- 多机通信（9个位）模式，软件匹配地址
- 同步通信模式，支持主机和从机，可以选择数据相位和连续时钟输出
- 自动检测波特率
- 异步通信模式下只能从睡眠模式下唤醒
- 同步通信模式下可以从全部低功耗模式下唤醒

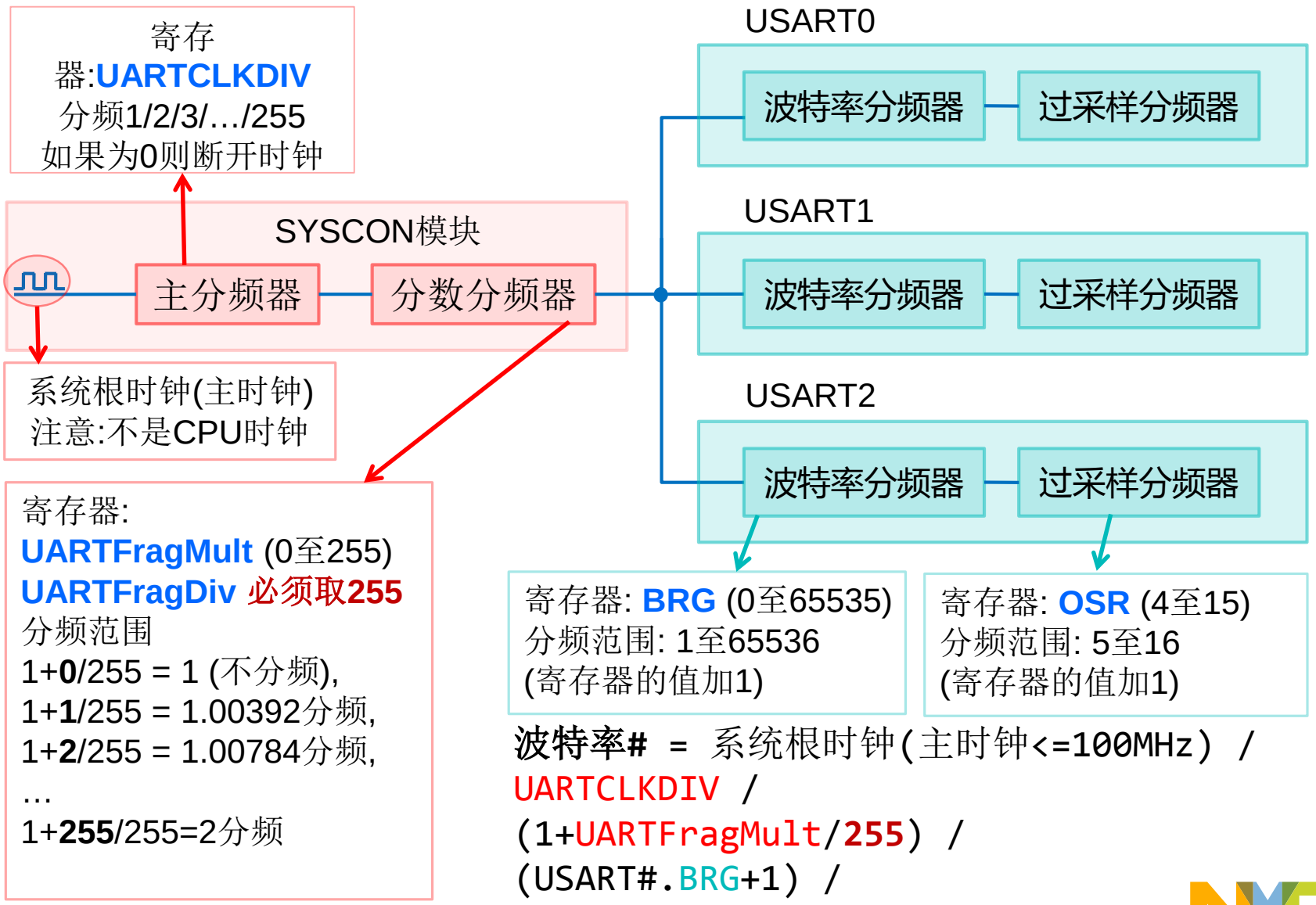
USART功能框图



U_PCLK = FRGCLKDIV/(1+MULT/DIV)

USART具体应用操作

异步模式下波特率的产生



波特率# = 系统根时钟(主时钟<=100MHz) /
UARTCLKDIV /
(1+UARTFragMult/**255**) /
(USART#.BRG+1) /
(USART#.OSR+1) #=0/1/2

使用USART模块的主要步骤

SYSCON

- 通过SYSCON模块（SYSAHBCLKCTRL:bit14/15/16）开启USART0/1/2模块的时钟，解除复位PININT模块
- 通过SYSCON模块配置全部UART的主分频器和分数分频器

SWM, IOCON

- 通过SWM分配引脚，通过IOCON正确配置引脚属性

NVIC /DMA

- 通过NVIC打开对应的USART中断源（每个USART使用1路），按需配置优先级。USART亦受DMA的支持

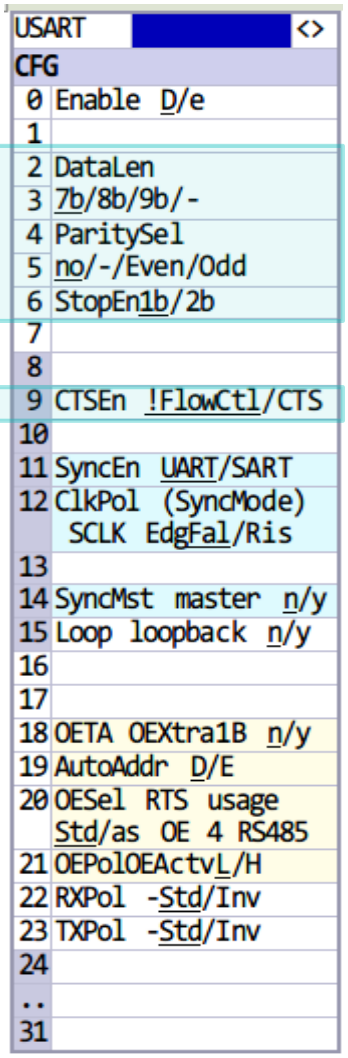
USART#

- 配置USART模块自身 （见下文详述）

以“115200,n,8,1”收发串口数据 基本配置

- 目标: 配置USART在12MHz的主时钟下异步通信，串口设置为115200, 无流控, 8, 1
  - 1. 通过USART的CFG寄存器配置关键参数：
    - 使能USART : CFG[0:0] = 1
    - 配置数据位为8位: CFG[3:2]= 1
    - 配置校验为无校验：CFG[5:4] = 0
    - 配置停止位为1个: CFG[6:6] = 0
    - 配置为无流控: CFG[9:9] = 0
    - 不使用同步收发模式: CFG[12:11,14] = 0
    - 不使用环回(自发自收): CFG[15:15] = 0
    - 不使用RS-485: CFG[21:18] = 0
    - 不反向识别波形极性: CFG[23:22] = 0
    - 寄存器配置 (未定义的空白位必须写0):
      - UART#.CFG = 1<<0 | 1<<2 | 0<<4 | 0<<6 | 0<<9 | 0<<11 | 0<<14 | 0<<15 | 0xF<<18 | 3<<22;
    - 相关API函数：Chip_UART_ConfigData()

用不着的功能，但是又必须妥善处理



以“115200,n,8,1”收发串口数据 设置波特率

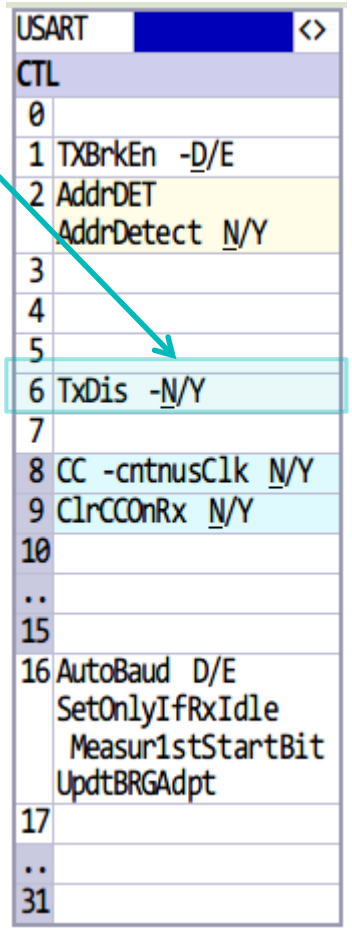
- 2. 配置波特率，有多种解法, 当主时钟为12MHz时：
  - 保守解法: 先配置整数分频器，有误差时用分数分频器弥补
    - SYSCON.UARTCLKDIV=1
    - USART#.OSR=16-1=15 (标准过采样率就是16)
    - USART#.BRG=6-1=5 (12000000/115200/16 =6.51)
    - SYSCON.UARTFRAGMULT=22 ((6.51/6-1)*255=22)
    - 波特率=12000000/1/(1+22/255)/6/16=115072, 误差约0.12%
  - 一种“投机”解法 :在线路较好时不使用分数分频器, 而是减少过采样倍率
    - SYSCON.UARTCLKDIV=1
    - SYSCON.UARTFRAGMULT=0 (不使用分数分频器)
    - USART.OSR=13-1=12 (减少过采样倍率, 12000000/115200/13=8.013, 除不尽的部分最小)
    - USART.BRG=8-1=7 (最后再确定BRG的值)
    - 波特率=12000000/1/(1+0/255)/8/13=115384, 误差约为0.3%
    - 注意：减少过采样倍率会提高对信号波形的质量要求
  - 相关API函数 (仅支持16倍过采样)：
    - Chip_Clock_SetUSARTNBaseClockRate() , Chip_UART_SetBaud()

以“115200,n,8,1”收发串口数据 杂项配置

–3. 通过USART的CTL寄存器使能发送器

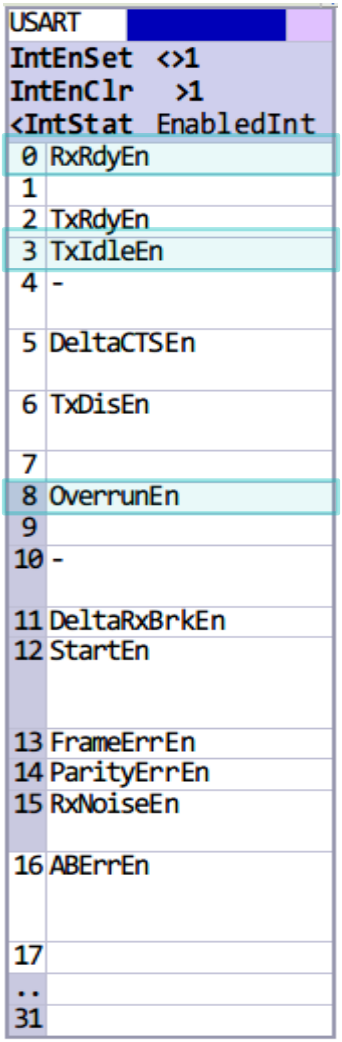
- 解除对发送器的禁用: CTL[6:6] = 0
- 不发送断路信号 : CTL[1:1] = 0
- 不使用RS-485的地址检测功能: CTL[2:2] = 0
- 不使用同步模式(连续时钟发送): CTL[9:8] = 0
- 不做自动波特率检测: CTL[16:16] = 0
- 寄存器配置:
  - UART#.CTL = 0<<1 | 0<<2 | 0<<6 | 0<<8 | 0<<16;
- 相关API函数: Chip_UART_TXEnable();

用不着的功能，但是又必须妥善处理



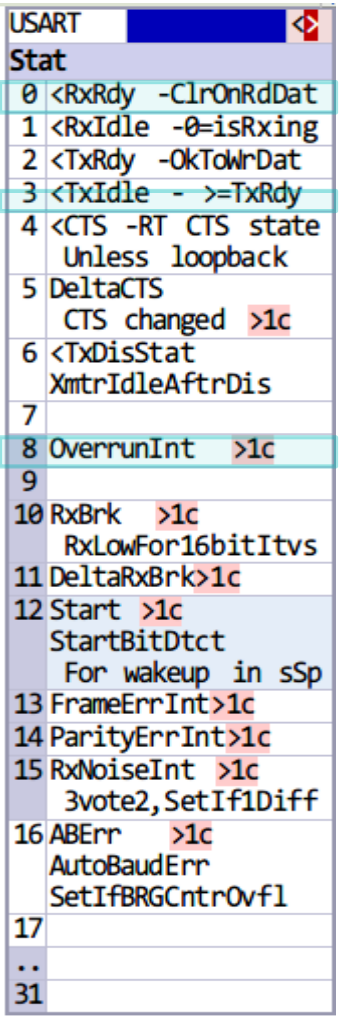
以“115200,n,8,1”收发串口数据 中断配置

- 4. 通过两个寄存器INTENSET和INTENCLR来使能需要的中断，禁止不需要的中断:
  - 它们均写1有效。INTENSET还用于读取当前使能的中断
  - 使能接收就绪中断：INTENSET[0:0]=1
  - 发送器闲置中断：INTENSET[3:3] = 1
    - 使能：发送器一空闲就发中断，所以要在发送一个数据字后再使能
    - 禁用：在发送全部数据后，要禁用这个中断。
  - 使能接收数据溢出中断：INTENSET[8:8] = 1
  - 禁用发送器就绪中断: INTENCLR[2:2] = 1
    - 发送器就绪中断有助于提高发送效率，但是中断产生时最后一个数据很可能尚在发送中（只是可以接收下个数据而已），容易出错。
  - 禁用其它中断
  - 寄存器操作：
    - 实现技巧：可以先除能全部中断，再使能需要的中断:
      - UART#.INTENCLR = 0x0001F96D; (空白位不能写1)
      - UART#.INTENSET = 1<<0 | 1<<3 | 1<<8;
  - 相关API函数:
    - Chip_UART_IntEnable() , Chip_UART_IntDisable()



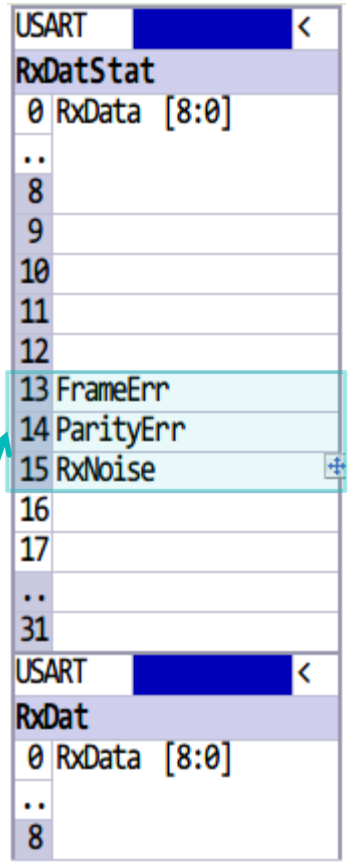
以“115200,n,8,1”收发串口数据 标志位

- 4. USART的STAT寄存器显示和清除当前的事件标志，有些标志写1清除，有些由硬件自动设置和清除。
  - 接收到数据标志: STAT[0:0], 只读，读取数据时自动清除
  - 发送器闲置标志：STAT[3:3], 只读，写入新数据时自动清除
  - 接收数据爆棚标志：STAT[8:8], 手动写1清除。
  - 其它略
  - 如果是使用查询方式，需要在循环中轮询上述标志：
    - 例如： while (!(LPC_UART#->STAT & 1<<0) 等待数据接收
  - 如果是使用中断方式，只需在INTENSET寄存器中打开相应标志对应的中断开关



以“115200,n,8,1”收发串口数据 数据处理

- 发送数据：
  - 在”发送器闲置”(STAT.bit2)或”发送器就绪”(STAT.bit3)标志设置时，往USART的TXDAT寄存器写数据
- 接收数据
  - 轮询”接收到数据”(STAT.bit0)标志或者打开接收中断
  - 读取USART的RXDAT寄存器可以读取纯数据，或者
  - 读取USART的RXDATSTAT寄存器，这会在读取的每笔数据上同时附着对应的错误标志
    - [8:0] : 数据字
    - [13:13]: 这个数据字存在帧错误（停止位错）
    - [14:14]:这个数据字存在奇/偶校验错
    - [15:15]: 接收这个数据字时线路噪音大(过采样表决”意见”不统一)
  - 读取数据时会自动清除”接收到数据”(STAT.bit0)标志，因此ISR无需手工清除标志。



USART上的DMA数据收发

- 每个USART的每个方向(接收/发送)各对应一个DMA通道
- USART对DMA的请求是自动完成的，在USART上无需作任何配置
  - 每当发送器有数据要发送时，就在发送通道上产生DMA请求
  - 每当接收器收到新数据时，就在接收通道上产生DMA请求
- 在DMA控制器上正确初始化
  - 填写对应通道的描述符(16字节)
  - 配置对应的DMA通道(DMA.CFG#寄存器)
  - 开启传输完成中断
  - 使能外设请求

DMA通道号	USART数据路径
0	USART0.RX（数据接收）
1	USART0.TX（数据发送）
2	USART1.RX（数据接收）
3	USART1.TX（数据发送）
4	USART2.RX（数据接收）
5	USART2.TX（数据发送）

USART对RS-485的支持 接收时地址与数据的管理

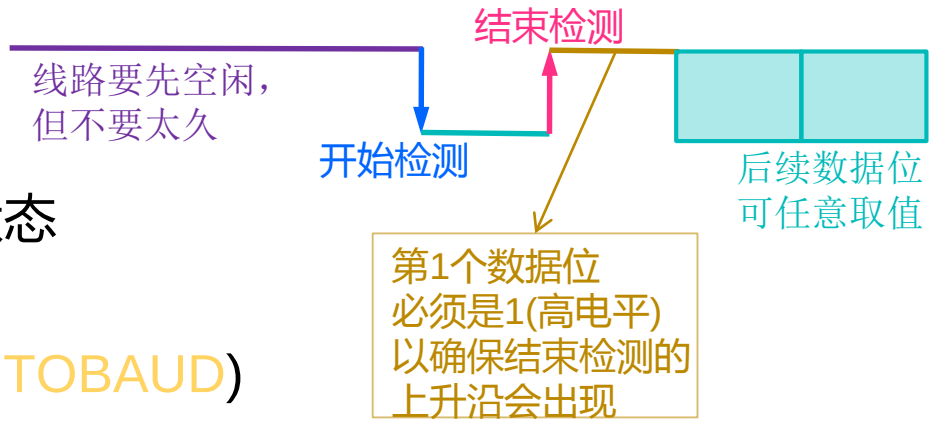
- 从设备的地址识别与数据接收
  - 1. 在USART#.CFG[3:2]位段中，设置数据位为9个
  - 2. 设置USART#.ADDR寄存器为本机从设备地址
  - 3. 设置USART#.CFG.bit19 (AUTOADDR) 为1
  - 4-1. 接收地址时，设置USART#.CTL.bit2 (ADDRDET)为1，此时仅当收到的数据第9位为1，并且8位地址与ADDR的设置相匹配时才接受（产生中断/DMA）
  - 4-2. 接收数据时，设置USART#.CTL.bit2(ADDRDET)为0，此时接收全部数据
- 主设备上的操作
  - 在USART#.CFG[3:2]位段中，设置数据位为9个
  - 主设备无需辨别地址还是数据，可以不作其它配置

USART对RS-485的支持 半双工数据发送的实现

- USART的”RTS”信号在RS-485模式下当作”OE”信号使用
- 控制”OE”信号以实现半双工
  - 设置USART#.CFG.bit20(OESEL)为1, 把”RTS”信号挪用为RS-485的”OE”信号
  - 根据RS-485收发器对OE极性的要求设置USART#.CFG.bit21(OEPOL)
    - 0=OE低电平有效，1=OE高电平有效
  - 根据软件反应的延迟设置USART#.CFG.bit18(OETA)
    - 0=发完数据后立即解除OE有效，1=发完数据后再等一个帧的时间才解除OE有效
      - 使用DMA发送时可立即释放OE，使用中断发送时最好等待一个帧时间给ISR作处理。

自动检测波特率

- 工作原理：检测起始位的持续时间，要求起始位后面的第1个数据位必须是1——也就是说数据必须是奇数(1,3,5,…255)。
- 检测到起始位后，更新BRG寄存器的值到最接近的，不处理其它的3个分频因子

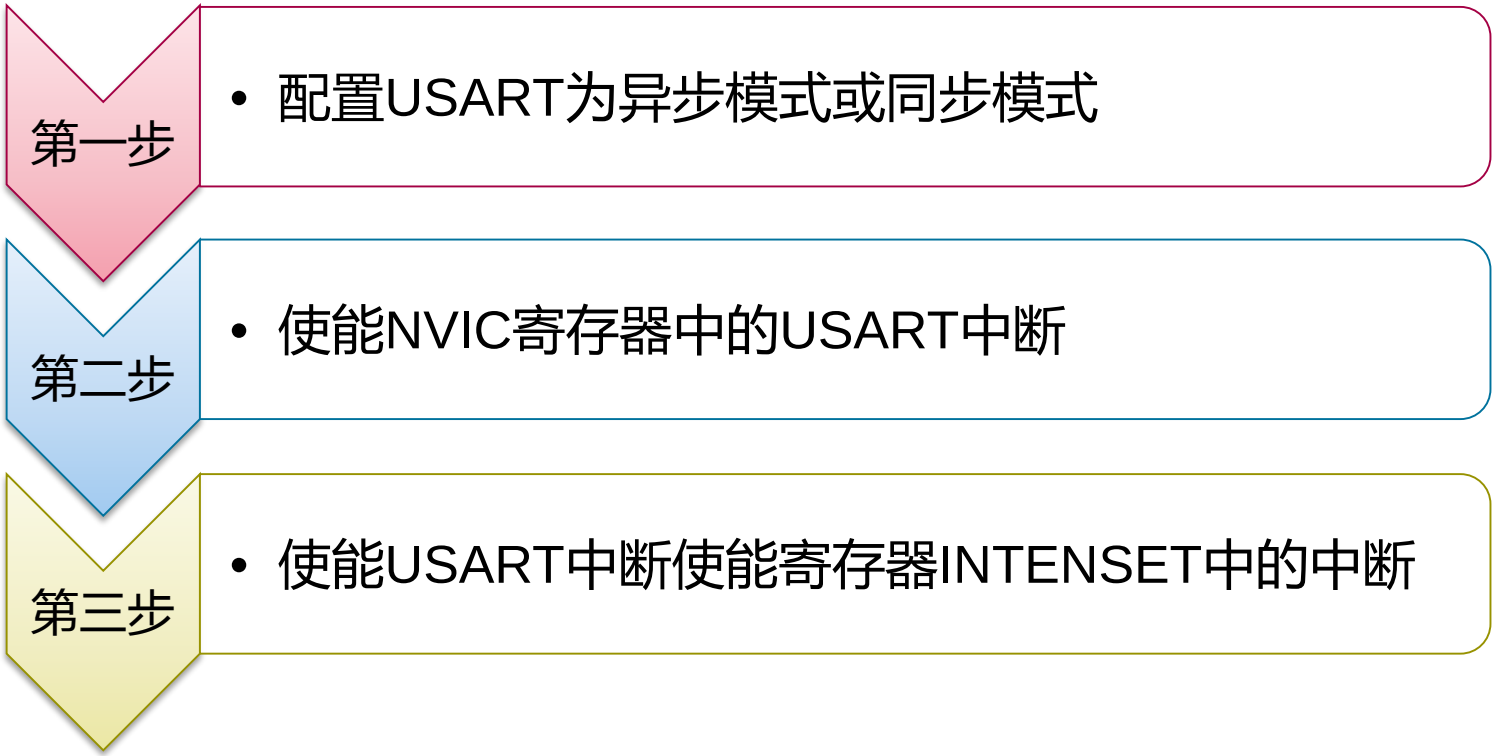


- 使用步骤
  - 确保首先RXD线路是空闲状态
  - 设置USART#.BRG为0
  - 置1 USART#.CTL.bit16(AUTOBAUD)
  - 发送方尽快发送一个奇数过来
    - 如果不及时会超时退出，并设置错误标志USART#.STAT.bit16(ABERR)
  - 成功接收后，USART自动把最接近的设置写到BRG寄存器中，自动清除AUTOBAUD位；收到的数据也写到RXDAT寄存器，供用户核实。

USART低功耗模式唤醒

低功耗模式唤醒-1

- 睡眠模式下，任何触发USART中断的信号都可以唤醒芯片，相关配置如下：



低功耗模式唤醒-2

- 深度睡眠/掉电模式下，只能支持USART同步从机模式的唤醒（因为USART 时钟被关闭了），相关配置如下：

SECURE CONNECTIONS
FOR A SMARTER WORLD