

32 位微控制器

如何通过 USART 唤醒低功耗模式

应用笔记

Rev1.01 2026 年 08 月

适用对象

产品系列	产品型号	产品系列	产品型号	产品系列	产品型号
HC32F460	ALL	HC32F4A0	ALL	HC32F448	ALL
HC32F451	ALL	HC32A4A0	ALL	HC32A448	ALL
HC32F452	ALL	HC32F4A2	ALL	HC32M441	ALL
HC32A460	ALL	HC32F467	ALL	HC32F334	ALL
HC32F4A8	ALL	HC32F472	ALL	HC32F336	ALL
HC32A4A8	ALL	HC32A472	ALL	HC32M413	ALL
HC32F431	ALL	HC32M458	ALL	-	-

声 明

- ★ 小华半导体有限公司（以下简称：“XHSC”）保留随时更改、更正、增强、修改小华半导体产品和/或本档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取最新相关信息。XHSC 产品依据购销基本合同中载明的销售条款和条件进行销售。
- ★ 客户应针对您的应用选择合适的 XHSC 产品，并设计、验证和测试您的应用，以确保您的应用满足相应标准以及任何安全、安保或其它要求。客户应对此独自承担全部责任。
- ★ XHSC 在此确认未以明示或暗示方式授予任何知识产权许可。
- ★ XHSC 产品的转售，若其条款与此处规定不同，XHSC 对此类产品的任何保修承诺无效。
- ★ 任何带有“®”或“™”标识的图形或字样是 XHSC 的商标。所有其他在 XHSC 产品上显示的产品或服务名称均为其各自所有者的财产。
- ★ 本通知中的信息取代并替换先前版本中的信息。

©2026 小华半导体有限公司 保留所有权利

目 录

适用对象	2
声 明	3
目 录	4
1 概述	5
2 低功耗模式	6
3 USART 唤醒功能	7
3.1 唤醒睡眠模式	7
3.1.1 操作步骤	7
3.1.2 唤醒时序	7
3.1.3 示例代码片段	8
3.2 唤醒停止模式	8
3.2.1 操作步骤	8
3.2.2 唤醒时序	8
3.2.3 示例代码片段	9
4 总结	11
版本修订记录	12

1 概述

本文档主要介绍小华半导体 HC32 系列芯片如何通过 USART 唤醒低功耗模式。

2 低功耗模式

HC32 系列的低功耗模式有睡眠模式、停止模式、掉电模式，具体如下表所示：

表 2-1 低功耗模式

模式		说明
睡眠模式（Sleep Mode）		CPU 时钟停止，外设保持运行
停止模式（Stop Mode）		芯片外设和 CPU 的时钟都停止
掉电模式（Power Down Mode）	掉电模式 1（PDMD1）	VDD 域掉电
	掉电模式 2（PDMD2）	VDD 域掉电，电压检测单元无效
	掉电模式 3（PDMD3）	VDD 域掉电，上电复位电路进入低功耗模式，电压检测单元（PVD）无效
	掉电模式 4（PDMD4）	VDD 域掉电，上电复位电路进入低功耗模式，电压检测单元（PVD）无效

上述低功耗模式中，睡眠模式和停止模式能被 USART 唤醒。

3 USART 唤醒功能

USART 通信空闲时，可以让系统进入低功耗模式（睡眠模式或停止模式）以节省电流消耗，在不改变 UART PORT 设定的情况下，UART 可通过任意中断唤醒系统的睡眠模式，可通过 UART 单元 1 的 RX 线来唤醒系统的停止模式。

3.1 唤醒睡眠模式

在睡眠模式中，CPU 时钟停止，外设正常运行，UART 可以正常接收数据，会置位相应标志位，当任意中断产生时，CPU 被唤醒。系统可在仅需外设工作的时候进入睡眠模式，以节省电流消耗，为防止在睡眠模式中漏掉 UART 的通信数据，建议 UART 的通信方式为中断方式。

3.1.1 操作步骤

UART 通过 RX 唤醒睡眠模式的步骤如下：

- 1) 设置 USART_RX 中断向量及中断处理程序
- 2) 系统进入睡眠模式
- 3) 系统检测到 RX 线上数据，RXNE 标志位置位，进入 USART_RX 中断 handle，系统被唤醒，在 USART_RX 处理程序中正确接收数据

3.1.2 唤醒时序

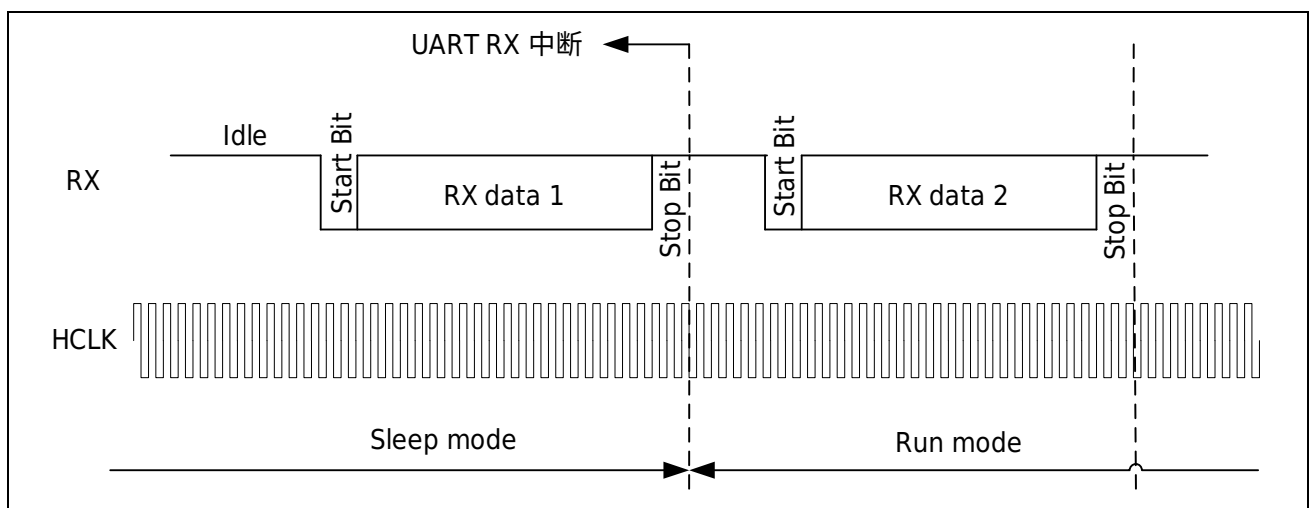


图 3-1 USART RX 中断唤醒睡眠模式

图 3-1 为 USART RX 中断唤醒睡眠模式的时序图，系统处于睡眠模式，系统时钟一直有效，当通信方发送数据，RX 线接收到数据传入 UART 数据寄存器，当检测到停止位，RXNE 标志位置位，产生 RX 接收满中断，系统被唤醒，回到运行模式。

3.1.3 示例代码片段

USART 相关的配置代码参考官网 SDK 库中 USART 的 usart_uart_int 样例。

■ 进入睡眠模式

```
PWC_SLEEP_Enter(PWC_SLEEP_WFI);
```

3.2 唤醒停止模式

UART 通信空闲时，可以让系统进入停止模式以节省电流消耗，在不改变 UART_PORT 设定的情况下，USART 单元 1 可以通过 RX 来唤醒系统的停止模式。

注意：USART 中仅 USART 单元 1 的 RX 可以唤醒系统的停止模式。

3.2.1 操作步骤

UART 通过 RX 唤醒停止模式的步骤如下：

- 1) UART 通信空闲时，设定 USART_1_WUPI 中断向量
- 2) 使能 UART1 接收信号线唤醒停止模式功能，即使能 INT_WUPEN.RXWUEN 位
- 3) 系统进入停止模式
- 4) 系统检测到 RX 线下降沿，从停止模式返回，在 USART_1_WUPI 中断处理程序中关闭该功能。

通过 USART1 的 RX 线来唤醒系统的停止模式，需要发送一帧唤醒数据（建议为 0x00），该数据不会被 UART 接收，且不置位相关的标志。待系统唤醒后再进行 UART 的正常通信。

3.2.2 唤醒时序

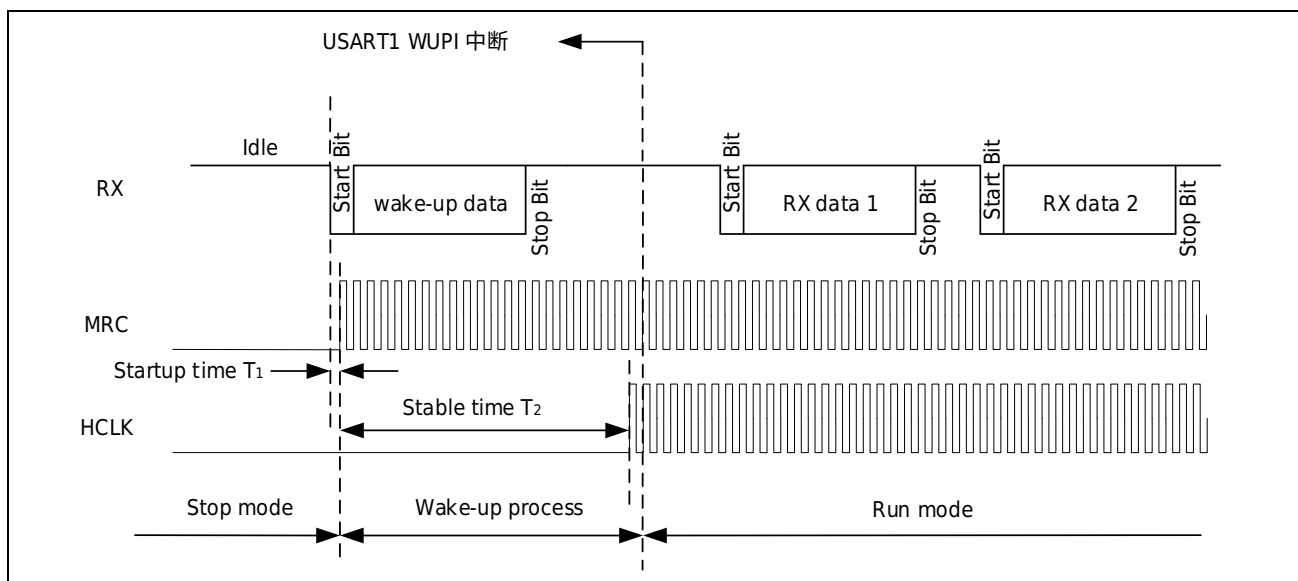


图 3-2 USART1 RX 唤醒停止模式

图 3-2 为 USART1 RX 唤醒停止模式的时序图，在停止模式中，外设停止运行，CPU 时钟停止振荡。当使能 USART1 接收信号线唤醒停止模式功能，系统检测到 USART1 RX 管脚下降沿，经过 T1 时间（建立时间），时钟开始振荡，经过 T2 时间（稳定时间）后，系统时钟开始振荡，CPU 进入 WUPI 中断服务程序，系统被唤醒，进入运行模式。

Startup Time T₁ 时间不同芯片略有差异，具体如表 3-1 所示

表 3-1 从停止模式唤醒，T₁ 时间

芯片系列	T ₁ 典型值	T ₁ 最大值	单位
HC32A448/HC32A460/HC32A4A0/HC32A4A8/HC32F448/HC32F451/HC32F452/HC32F460/HC32F467/HC32F4A0/ HC32F4A2/HC32F4A8/ HC32M441	8	15	μs
HC32A472/HC32F334/HC32F336/HC32F472	20.4	35	

Stable Time T₂ 时间受系统所使能的时钟源影响，系统会等所有时钟源稳定后，再输出系统时钟 HCLK，即 T₂ 约等于系统所使能时钟源中最大稳定时间。不同时钟源的稳定时间可查看数据手册，表 3-2 为 HC32F460 系列芯片不同时钟源的稳定时间。

表 3-2 HC32F460 不同时钟源稳定时间

时钟源	规格			单位
	最小值	典型值	最大值	
HRC	-	-	15	μs
MRC	-	-	3	
LRC	-	-	36	
XTAL*	-	2.0	-	ms
XTAL32	-	2.0	-	s

*1) XTAL 的稳定时间是晶振为 8MHz 时的数据

3.2.3 示例代码片段

USART 相关的配置代码参考官网 SDK 库中 USART 的相关样例，按通信方式选择不同的配置。以下代码片段以 HC32F460 为例。

■ 进入睡眠模式

```
PWC_STOP_Enter(PWC_STOP_WFI);
```

■ 停止模式配置，即 USART 接收信号线唤醒停止模式使能

```
static void STOP_Config(void) static void STOP_Config(void)
{
    stc_pwc_stop_mode_config_t stcStopConfig;

    (void)PWC_STOP_StructInit(&stcStopConfig);
    stcStopConfig.u16ExBusHold = PWC_STOP_EXBUS_HIZ;
```

```
stcStopConfig.u16Clock = PWC_STOP_CLK_KEEP;
stcStopConfig.u16FlashWait = PWC_STOP_FLASH_WAIT_ON;

(void)PWC_STOP_Config(&stcStopConfig);

/* Wake-up source config (USART1 RX here) */
INTC_WakeupSrcCmd(INTC_STOP_WKUP_USART1_RX, ENABLE);
}
```

■ WUPI 中断注册

```
/* Register TX empty IRQ handler && configure NVIC. */
(void)INTC_IrqInstallHandle(INT000_IRQn, INT_SRC_USART1_WUPI,
                           DDL_IRQ_PRIO_DEFAULT, USART_RxWaleUp_IrqCallback);
```

中断号 INT000_IRQn、中断优先级 DDL_IRQ_PRIO_DEFAULT 可根据需求配置，此处仅为示例。

4 总结

本文档介绍了 HC32 系列芯片如何通过 USART 唤醒低功耗模式,以及唤醒后的时序,用户可参考使用。

版本修订记录

版本号	修订日期	修订内容
Rev1.00	2026/04/28	初版发布。
Rev1.01	2026/08/04	适用对象新增 HC32M413、HC32F431、HC32M458 系列型号。