



MSP430F2 系列 16 位超低功耗单片机模块原理

第 13 章 IIC (Interface IC) 集成电路之间接口

版本: 1.3

日期: 2007.6.

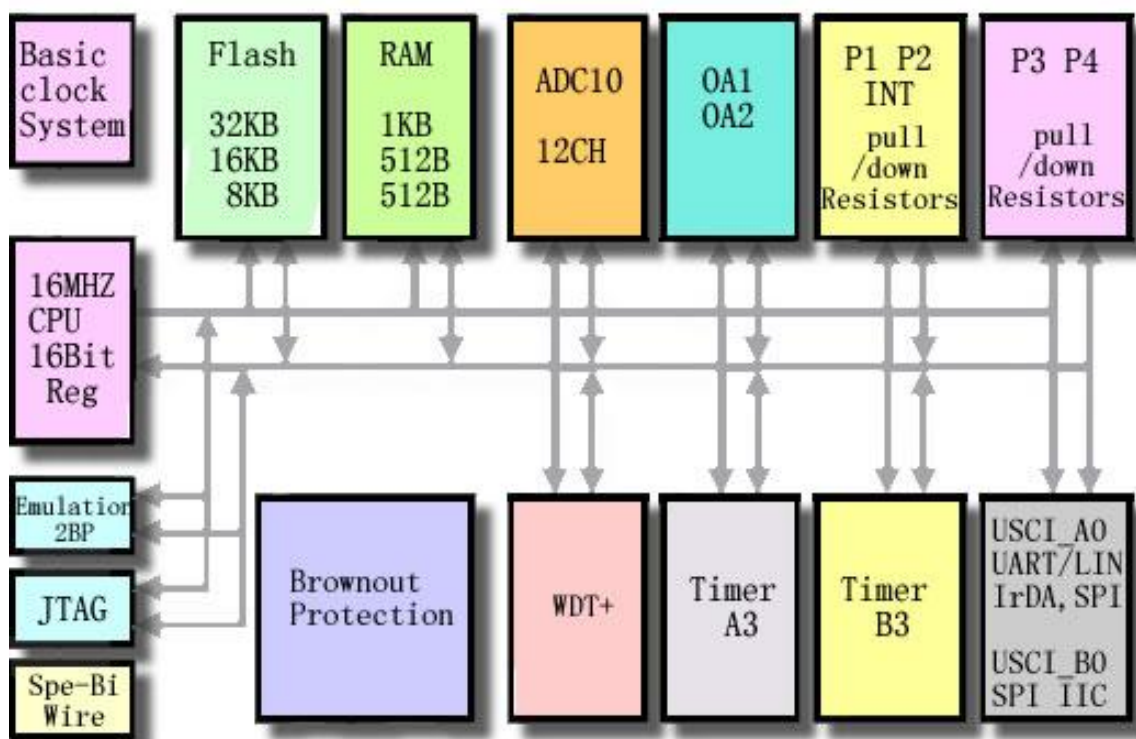
原文: TI MSP430x2xxfamily.pdf

翻译: 欧浩源 中国计量学院

编辑: DC 微控技术论坛版主

注: 文章是翻译 TI MSP430x2xxfamily.pdf 文件中的部分内容。由于我们翻译水平有限, 有整理过程中难免有所不足或错误; 所以以下内容只供参考. 一切以原文为准。

详情请密切留意微控技术论坛。



第13章 通用串行通信接口的 I²C 模式

通用串行通信接口（USCI）支持在一个硬件模块中的多种串行通信模式，本章讨论 I²C 模式的操作。

主题

- 13.1 USCI 概述
- 13.2 USCI 介绍：I²C 模式
- 13.3 USCI 操作：I²C 模式
- 13.4 USCI 寄存器：I²C 模式

13.1 USCI 概述

通信串行通信接口（USCI）模块支持多种异步通信模式。不同的 USCI 模块支持不同的模式。每一个 USCI 模块以不同的字母命名。例如，USCI_A 不同于 USCI_B 等等。如果不止一个相同的 USCI 模块被安装在一个设备上，这些模块以递增的数字命名。例如，一个设备上有两个 USCI_A 模块，它们可以命名为 USCI_A0 和 USCI_A1。如果有需要，可以通过查阅设备明细表确定那些 USCI 模块可以那些设备上。

USCI_Ax 模块支持：

- n UART 模式
- n 脉冲调制的 IRDA 通信
- n 自动波特率检测的 LIN 通信
- n SPI 模式

USCI_Bx 模块支持：

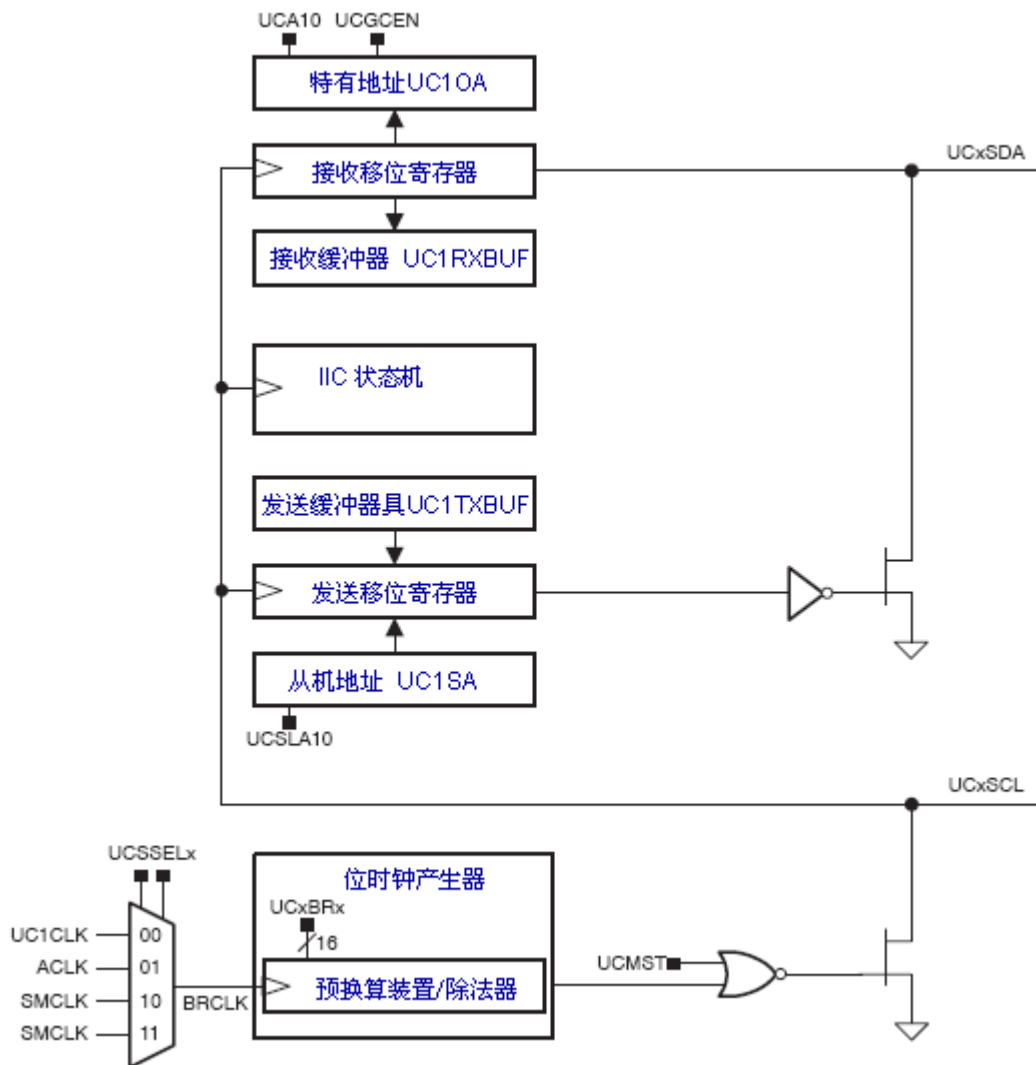
- n I²C 模式
- n SPI 模式

13.2 USCI 介绍：I²C 模式

在 I²C 模式中，USCI 模块提供一个能为 MSP430 和 I²C 兼容设备的互连接口。挂接在 I²C 总线上面的扩展器件通过两线的 I²C 接口实现与 USCI 模块的串行数据接收与发送。

I²C 模块的特性：

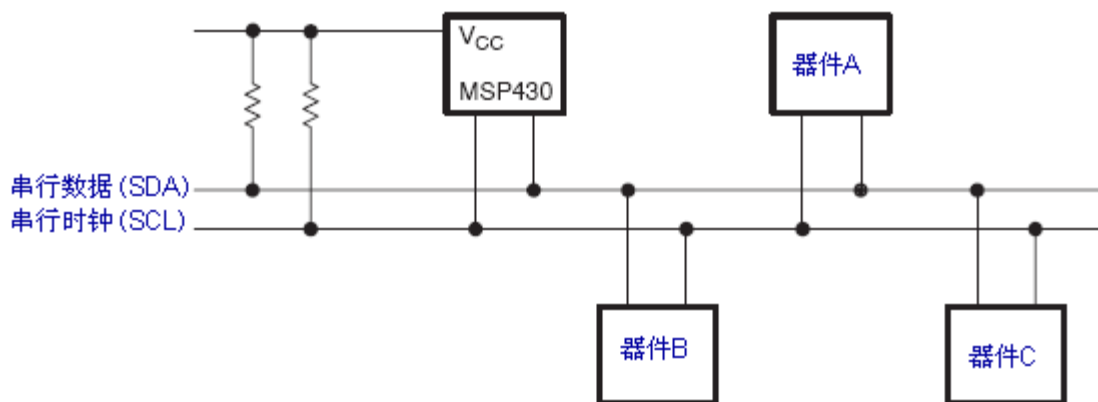
- n 遵循飞利浦半导体公司的 I²C 规范 v2.1
 - u 7 位和 10 位的设备寻址方式
 - u 广播模式
 - u 开始/重新开始/停止
 - u 多主设备收发模式
 - u 从设备收发模式
 - u 支持高达 100kbps 的标准方式和高达 400kbps 的高速方式
 - n 在主设备模式中，UCxCLK 频率可编程
 - n 低功耗设计
 - n 从设备根据检测到开始信号将 MSP430 从 LPMx 模式唤醒
 - n 在 LPM4 模式可以进行从机操作
- 图 13-1 描述了 USCI 在 I²C 模式中的配置。



13.3 USCI 操作: I²C 模式

I²C 模式支持所有的主方式或从方式的 I²C 兼容设备。图 13-2 描述了一个 I²C 总线的例子。每一个 I²C 设备都有唯一的地址可被识别，并且可以将该设备任意作为发送端或者接收端对其操作。进行数据传输的时候，一个连接在 I²C 总线上面的设备可以视为主设备或者是从设备。主设备开始一个数据的传输并且产生时钟信号 SCL。任何被主设备寻址到的设备被认为是一个从设备。

I²C 数据通过串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL) 进行传输。SDA 和 SCL 都是双向的，它们必须通过上拉电阻连接到供电电压的正端。



注意：SDA 和 SCL 标准

MSP430 的 SDA 和 SCL 管脚不允许拉高超过 MSP430 的 V_{CC} 电压。

13.3.1 USCI 初始化和复位

通过 PUC 信号或者使 UCSWRST 位置 1 都可以复位 USCI。在一个 PUC 信号后，UCSWRST 位自动置 1，并使 USCI 复位。为了选择 I²C 操作，UCMODEx 必须设置为 11。在模块初始化之后，便可以进行发送和接收的操作了。UCSWRST 位清 0 可以释放 USCI，使其进入操作模式。

为了避免不可预测的行为，当对 UCSWRST 被置 1 时应该对 USCI 进行设置或者重新设置。在 I²C 模式中对 UCSWRST 置 1 会产生下面的影响：

- n I²C 通信停止。
- n SDA 和 SCL 处于高阻态。
- n UCBxI2CSTAT 的 0—6 位清 0。
- n UCBxTXIE 和 UCBxRXIE 清 0。
- n UCBxTXIFG 和 UCBxRXIFG 清 0。
- n 其他位和寄存器保持不变。

注释：USCI 模块初始化和重设置。

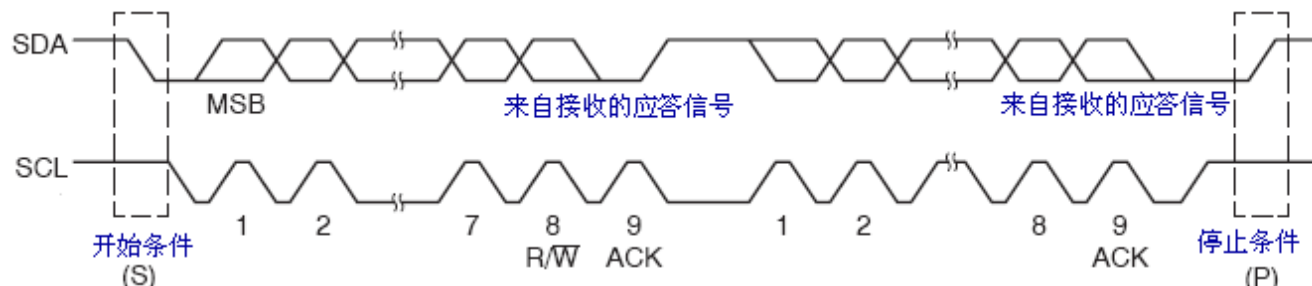
USCI 初始化/重设置的推荐步骤如下：

- 1) UCSWRST 位置 1 (BIS.B #UCSWRST, &UCxCTL1)。
- 2) 在 UCSWRST=1 时初始化所有的 USCI 寄存器。
- 3) 配置端口。
- 4) 通过软件使 UCSWRST 位清 0 (BIC.B #UCSWRST, &UCxCTL1)。
- 5) 通过 UCxRXIE 或 UCxTXIE 或者两者皆有，使能中断。

13.3.2 I²C 串行数据

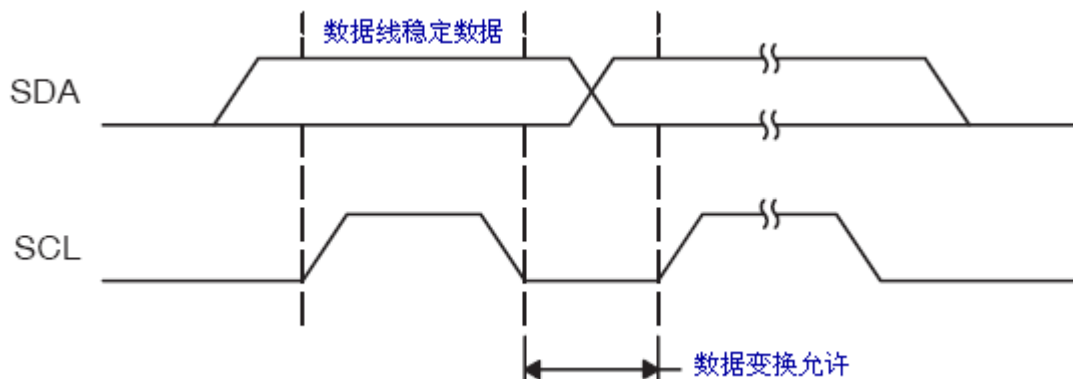
主设备在传输每一个数据位时都会产生一个时钟脉冲。I²C 模式操作是以字节为单位的。数据传输中最重要的起始位如图 13-3 所示。

在起始条件后面的第一个字节包含 7 位的从设备地址和一个 R/W 位。当 R/W=0 时，主设备向从设备发送数据。当 R/W=1 时，主设备读取从设备的数据。在每个字节的第 9 个 SCL 时钟，接收端发送一个 ACK 应答信号。



起始条件和停止条件都是由主设备产生的，其时序如图 13-3 所示。起始条件是在 SCL 信号为高电平的时候，SDA 产生一个由高变低的电平变化。停止条件是在 SCL 为高电平的时候，SDA 产生一个由低变高的电平变化。USBUSY 位表示总线是否处于忙的状态，它在起始条件之后被置高，在停止条件之后被清 0。

如图 13-4 所示，数据在 SCL 高电平期间必须保持稳定。SDA 的高低状态变化只能在 SCL 为低电平的时候改变。否则起始条件或者停止条件会被产生。

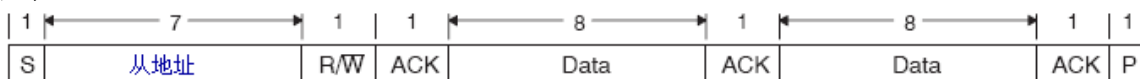


13.3.3 I²C 的寻址方式

I²C 模式支持 7 位和 10 位的寻址方式。

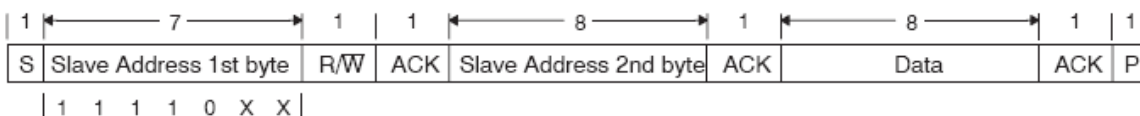
7 位寻址方式

7 位寻址方式的格式如图 13-5 所示。第一个字节由 7 位从地址和 R/W 位组成。每个字节传输完毕接收设备都会发送一个响应位 (ACK)。



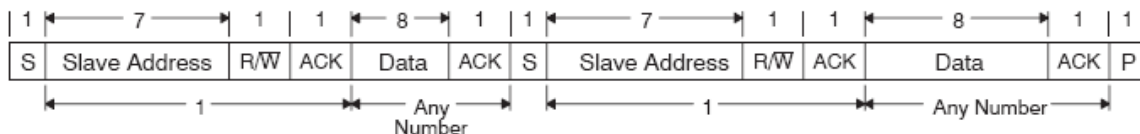
10 位寻址方式

10 位寻址方式的格式如图 13-6 所示。第一个字节有 11110b 加上 10 位从地址的高 2 位和 R/W 位组成。每个字节传输完毕接收设备都会发送一个响应位 (ACK)。第二个字节是 10 位从地址剩下的 8 位数据，在这之后是 ACK 应答信号和 8 位数据。



再次起始条件

主设备可以在不停止传输的情况下，通过再次发送起始信号改变 SDA 上传数据流方向。这可以称为再次开始。在再次起始产生之后，从设备的地址和标识数据流方向的 R/W 位需要重新发送。再次起始条件的格式如图 13-7 所示。

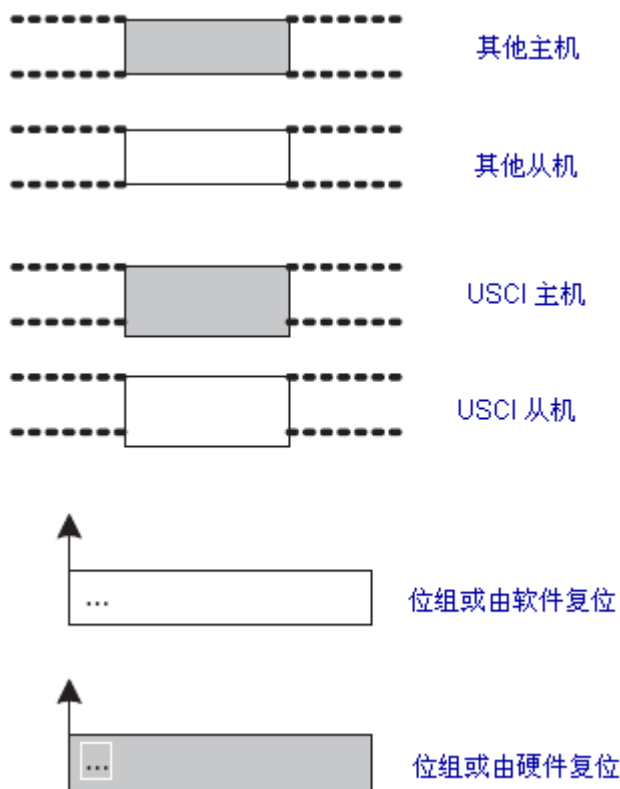


13.3.4 I²C 模式中的操作方式

USIC 模块中的 I²C 模式可以工作在主发送模式、主接收模式、从发送模式或者从接收模式。这里从下面几个部分来讨论该模式。可以通过时序来阐述该模式。

图 13-8 解释了时序描述中使用的一些图例。主设备发送的数据用灰色的矩形块表示，而从设备发送的数据用白色的矩形块表示。USCI 模块发送的数据，主模式或这从模式也是用相应的图例表示，只不过是其使用的矩形块比其他设备所使用的大一点。

USCI 模块的行为用带有箭头的灰色矩形块表示，其箭头所指为数据流中行为发生的地方。必须通过软件来处理的行为用白色矩形块表示，其箭头指向数据流中行为必定发生的地方。



从模式

选择在 I²C 模式并设置 UCMODEx=11, UCSYNC=1, 同时将 UCMST 位清 0，可以将 USCI 模块配置为 I²C 从模式。

刚开始的时候，USCI 模块必须通过将 UCTR 位清 0 配置为接收模式，使其可以接收 I²C 的地址。在这之后，根据接收到从设备地址和 R/W 位可以自动进行发送和接收的操作。

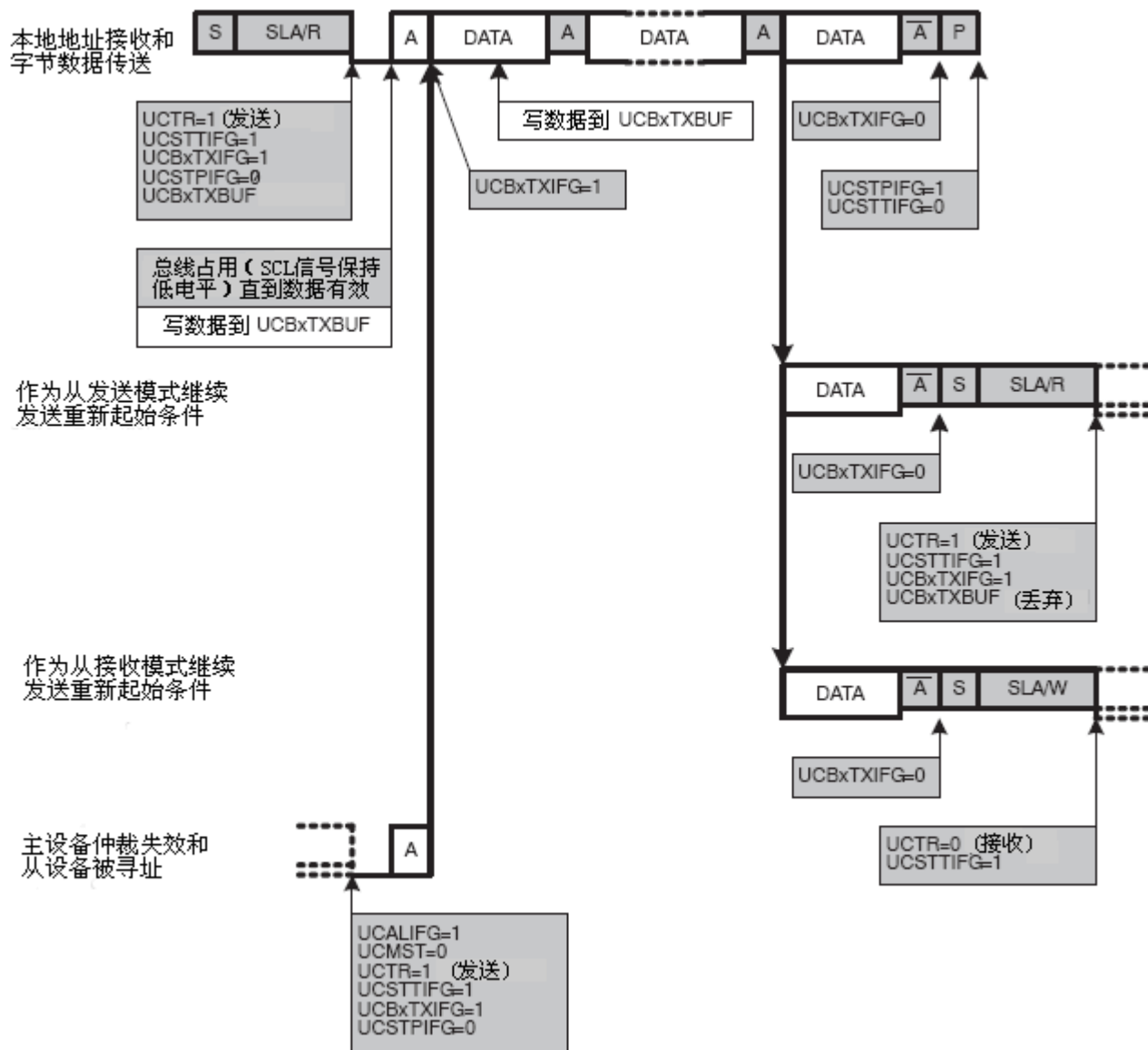
USCI 的从设备地址是通过 UCBxI2COA 寄存器编程得到的。当 UCA10=0 时，选择的是 7 位寻址方式，当 UCA10=1 时，选择的是 10 位寻址方式。如果需要响应广播，可以将 UCGCEN 位置 1。

当在总线上监测到一个起始条件之后，USCI 模块将接收被传输的地址，并将该地址和存储在 UCBxI2COA 中的本地地址进行比较。如果该地址和 USCI 的从地址相匹配，则 UCSTTIFG 标志位置 1。

I²C 从发送模式

当从设备发现主设备发送的从地址与本地地址匹配，并且 R/W 位为 1 的时候，该设备进入从发送模式。从发送端根据主设备产生的时钟脉冲向 SDA 总线发送串行数据位。虽然从设备不产生时钟信号，但是当一个字节发送完毕需要 CPU 干预时需要将 SCL 信号拉低。

如果主设备向从设备请求数据，则从设备的 USCI 模块会自动的设置发送端，同时 UCTR 位和 UCBxTXIFG 位置 1。SCL 线在第一个数据写进发送寄存器 UCBxTXBUF 开发发送之前保持低电平。当地址被响应之后，UCSTTIFG 标志位清除，然后开始传输数据。一旦数据转移到移位寄存器之后，UCBxTXIFG 位将重新置 1。当一个数据被主设备接收响应之后，写进 UCBxTXBUF 寄存器的下一个数据开始传输；或者这时候发送寄存器还处于空的状态，这种情况下，SCL 线会保持低电平将应答周期延迟直到新的数据被写进 UCBxTXBUF 寄存器。如果主设备发送一个 NACK 应答信号后面是停止条件，则 UCSTPIFG 标志位置 1。如果 NACK 应答信号后面是重新起始条件，则 USCI 的 I²C 状态机重新回到地址接收状态。从发送模式的控制如图 13-9 所示。



I²C 从接收模式

当检测到这设备发送的从地址和本地地址匹配，并且 R/W 位为 0 时，设备进入从接收模式。在从接收模式中，主设备每产生一个时钟脉冲，SDA 总线上就能接收到串行数据位。从设备不产生时钟脉冲，但是当接收到一个字节后需要 CPU 干预的时候可以将 SCL 信号拉低。

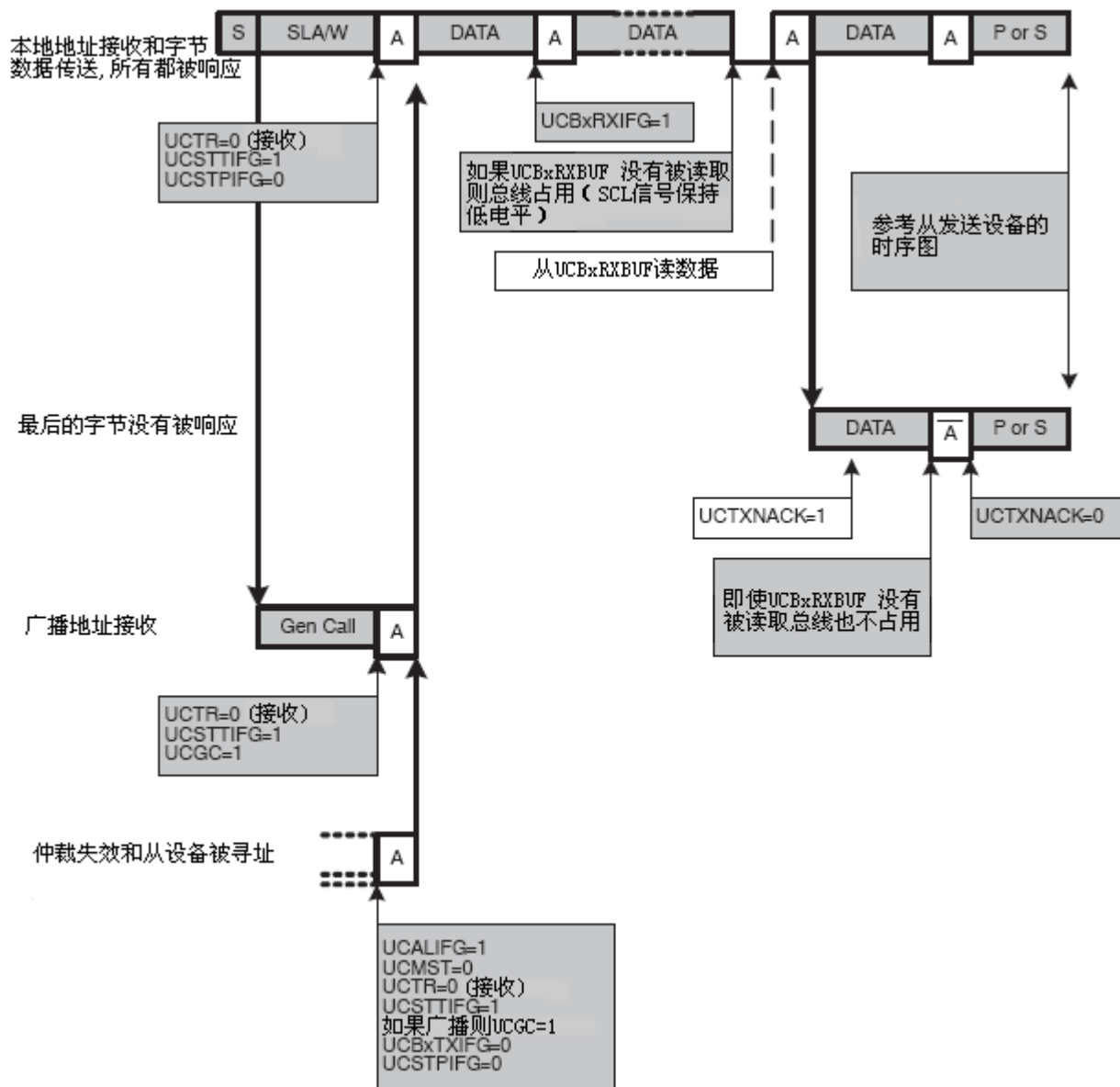
如果已经接收的数据在接收结束时没有被从 UCBxRXBUF 读走，总线会通过保持 SCL 信号为低电平将总线延时。一旦 UCBxRXBUF 接收到的新数据被读取的时候，一个应答信号会发送给主设备，这时就可以开始接收下一个数据了。

在下一个应答周期中，设置 UCTXNACK 为会产生一个应答信号发送给主设备。即使 UCBxRXBUF 还没有准备接收最好的数据 NACK 信号也会发送。如果 SCL 信号保持低电平时 UCTXNACK 位被置位那么总线将会释放。一个 NACK 信号将马上被发送，同时 UCBxRXBUF 将会装载最后接收到的数据。由于先前的数据还没有被读取，可能会使这些数据丢失。为了避免数据的丢失，在 UCTXNACK 被置位之前，UCBxRXBUF 需要被读取。

当主设备产生一个停止条件的时候，UCSTPIFG 标志被置位。

如果主设备发送一个重复开始条件，USCI 的 I²C 状态机返回到它的地址接收状态。

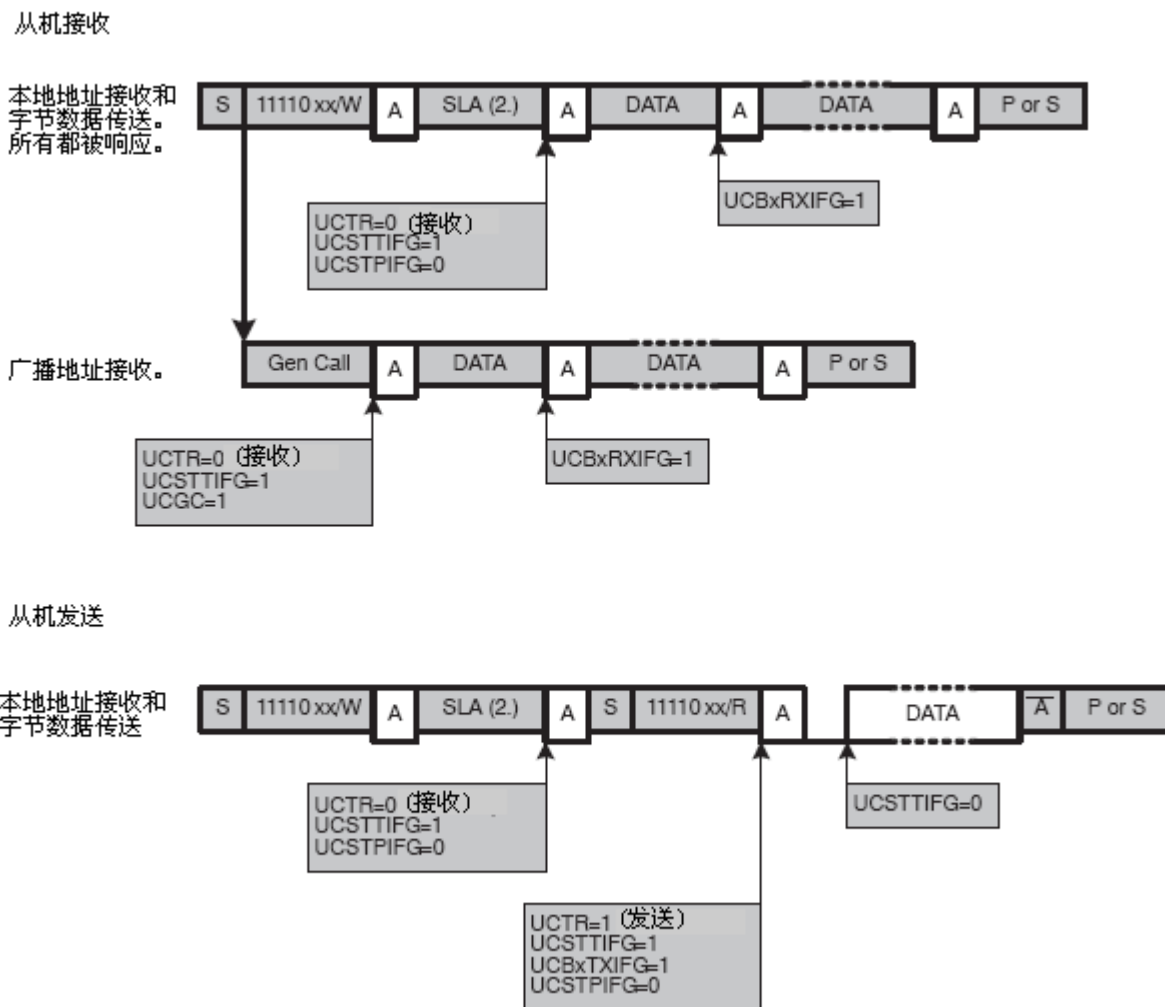
I²C 从接收的操作如图 13-10 所示。



I²C 从模式中的 10 位寻址方式

当 UCA10=1 时，10 位寻址方式被选择，其过程如图 13-11 所示。在 10 位寻址方式中，在所有的地址接收完之后，从设备进入接收模式。USCI 模块通过将 UCSTTIFG 标志置位，同时将 UCTR 位清除来指示上面的寻址行为。主设备发送一个重新起始条件和地址的第一个字节，在该字节中 R/W 位为 1，这样可以将从设备切换到发送模式。如果 UCSTTIFG 以前被清除的话，这时会被置位，同时 USCI 模块也会通过 UCTR=1 切换到发送模式。

I²C 从模式 10 位寻址如图 13-11 所示。



主模式

I²C 主设备通过 UCMODE_x=11 和 UCSYNC=1 选择 I²C 模式，同时将 UCMST 置位可将 USCI 模块设置为 I²C 主模式。当该主设备时为主设备系统中的一部分时，UCMM 必须置位同时其本地地址必须通过 UCBxI2COA 寄存器编程指定。当 UCA10=0 时，选择的是 7 位寻址方式。当 UCA10=1 时，选择的是 10 位寻址方式。如果 USCI 模块需要响应广播则 UCGCEN 位需要置 1。

I²C 主发送模式

在初始化之后，主发送端模块也需要做下面的一些初始化工作：将目标从地址写进 UCBxI2CSA 寄存器，通过 UCSLA10 位选择从地址的大小，将 UCTR 置位是其工作在发送模式，将 USTXSTT 置位产生一个起始条件。

USCI 模块首先检查总线是否可用，然后产生一个起始条件和发送从地址。当起始条件产生，第一个写进 UCBxTXBUF 的数据被发送后，UCBxTXIFG 位置 1。一旦从设备响应发送的地址之后，USTCSTT 位将清除。

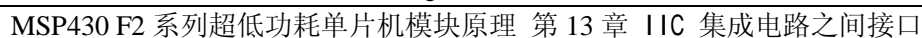
在传输从地址的过程中，如果总线仲裁没有失效，则写进 UCBxTXBUF 的数据会被发送。当要发送的数据从缓冲区转移到移位寄存器中是 UCBxTXIFG 将再次置位。如果在响应周期前没有数据装载进 UCBxTXBUF 时，SCL 总线将在应答周期中保持低电平状态直到有数据写进 UCBxTXBUF。在数据传输或者总线占用时在 UCTXSTP 和 UCTXSTT 位不会置 1。

接收到从设备发来的响应信号之后，如果将 UCTXSTP 置 1 则会产生一个停止条件。如果在发送从设备地址或者 USCI 模块等待数据写进 UCBxTXBUF 寄存器的过程中对 UCTXSTP 置位，即使没有数据被发送也会产生一个停止条件。当传输单一的数据的时候，在数据传输的时候必须将 UCTXSTP 置位，或者在数据开始发送之后不要将新的数据写进 UCBxTXBUF 寄存器。否则，只有地址信息被传输。当要发送的数据从缓冲区转移到移位寄存器后，UCBxTXIFG 位会置位指示数据的传输已经开始，可以将 UCTXSTP 置位了。

将 UCTXSTT 置位会产生一个起始条件。在这种情况下，UCTR 可能置位也可能被清除，从而将设备配置为发送端或者接收端。如果有需要，不同的从地址可以写进 UCBxI2CSA 寄存器。

如果从设备没有响应发送的数据，则没有响应中断标志 UCNACKIFG 位置 1。主设备必须通过一个停止条件或者一个重新起始条件来作出响应。如果已经有数据写进 UCBxTXBUF 寄存器，则该数据将被抛弃。如果这个数据需要在一个重新起始条件之后被发送，那么该数据则需要重新写进 UCBxTXBUF 寄存器。

I²C 主发送操作如图 13-12 所示。



I²C 主接收模式

在初始化之后，主接收端模块也需要做下面的一些初始化工作：将目标从地址写进 UCBxI2CSA 寄存器，通过 UCSLA10 位选择从地址的大小，将 UCTR 置位是其工作在接收模式，将 USTXSTT 置位产生一个起始条件。

USCI 模块首先检查总线是否可用，然后产生一个起始条件和发送从地址。当从设备响应该地址之后，USTCSTT 位清除。

从设备对地址响应之后发送的第一个数据，该数据被接收后被主设备响应，同时 UCBxRXIFG 标志置位。在接收从设备的数据过程中，UCTXSTP 和 UCTXSTT 不会置位。在接收数据最末位的过程中，如果主设备没有读取 UCBxRXBUF，主设备则一直占用总线，直到 UCBxRXBUF 寄存器被读取。

如果从设备没有响应发送的数据，则没有响应中断标志 UCNACKIFG 位置 1。主设备必须通过一个停止条件或者一个重新起始条件来作出响应。

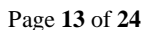
UCTXSTP 位置 1 会产生一个停止条件。如果 UCTXSTP 置位，在接收完从设备发送的数据之后，将会产生一个停止条件跟随在 NACK 信号后面，或者如果 USCI 模块正在等待 UCBxRXBUF 被读取，这时停止条件会立即产生。

如果主设备只想接收单一的字节数据，在字节数据正在接收的时候必须将 UCTXSTP 置位，这种情况下，UCTXSTP 可能需要表决决定什么时候可以清除：

```
BIS.B #UCTXSTT, &UCBOCTL1    ; 发送起始条件
POLL_STT BIT.B #UCTXSTT, &UCBOCTL1    ; 表决 UCTXSTT 位
JC      POLL_STT              ; 等待清除
BIS.B #UCTXSTP, &UCBOCTL1    ; 发送起始条件
```

将 UCTXSTT 置位会产生一个起始条件。在这中情况下，UCTR 可能置位也可能被清除，从而将设备配置为发送端或者时接收端。如果有需要，不同的从地址可以写进 UCBxI2CSA 寄存器。

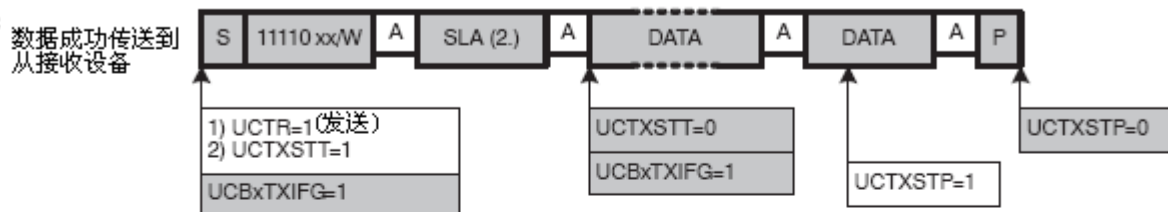
I²C 主接收操作如图 13-13 所示。



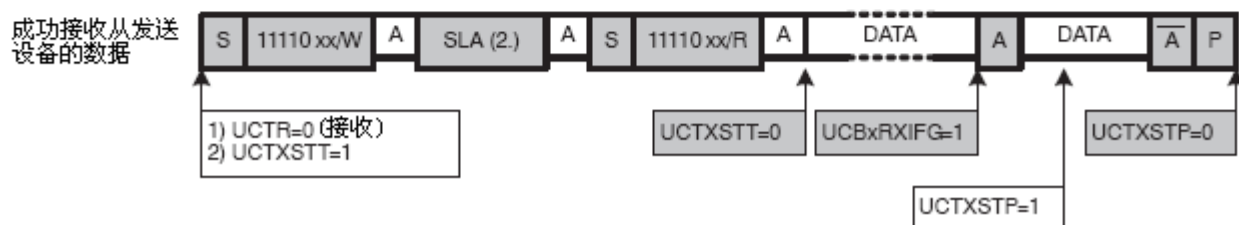
I²C 主模式中 10 位寻址方式

通过设置 UCSLA10=1 可以选择 10 位寻址模式，其寻址模式如图 13-14 所示。

主发送

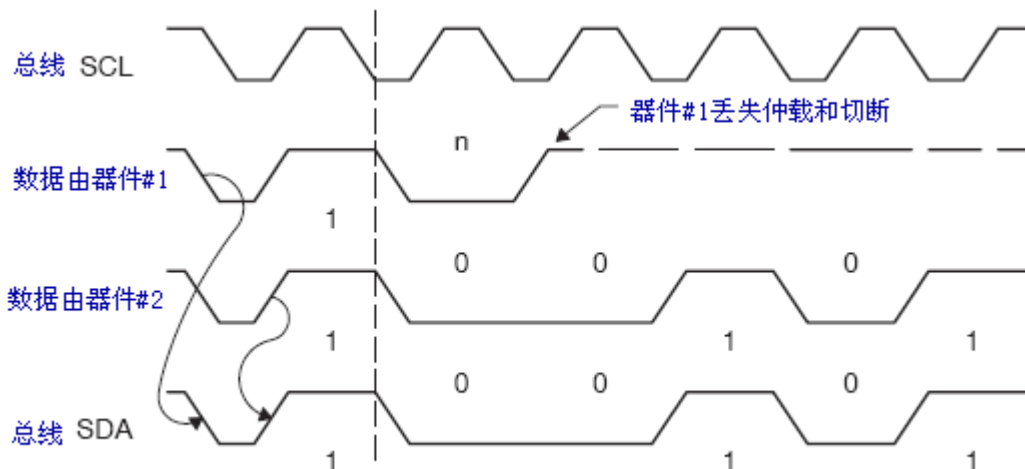


主接收



总线仲裁

当两个或者多个主发送设备在总线上同时开始发送数据时，总线仲裁过程被启用。图 13-15 举例说明了两个设备之间的总线仲裁过程。仲裁过程中使用的数据就是相互竞争的设备发送到 SDA 线上的数据。第一个主发送设备产生的逻辑高电平被第二个主发送设备产生的逻辑低电平否决。在总线仲裁过程中，发送二进制数值最低的串行数据的设备将获得总线的优先权。失去仲裁的主发送设备转变成从接收模式，并且设置仲裁失效中断标志位 UCALIFG。如果两个或者更多的设备发送的第一个字节的内容相同，那么仲裁就发生在随后的传输中。



如果在仲裁进行过程中，SDA 上有重复起始条件或者停止条件被发送，那么包括在仲裁中的主发送设备都必须在格式帧中同样的位置发送重复起始条件或者停止条件。

仲裁不能发生在一下场合：

- n 重复起始位和数据位之间。
- n 停止位和数据位时间。
- n 重复起始位和停止位之间。

13.3.5 I²C 时钟发生与同步

I²C 总线上面的 SCL 时钟信号由主设备提供。当 USCI 模块工作在主模式的时候，BITCLK 由 USCI 模块中的位时钟发生器提供，同时通过 UCSSELx 位选择时钟源。在从模式中，不需要位时钟发生器，同时对 UCSSELx 位也不关心。

UCBxBR1 和 UCBxBR0J 寄存器中 UCBRx 的 16 位数值是 USCI 时钟源 BRCLK 的除数。在单主模式中，能够使用的最大位时钟是 $f_{BRCLK}/4$ 。在多主模式中，最大的位时钟为 $f_{BRCLK}/8$ 。BRCLK 的频率可以通过下面的公式得到：

$$f_{BitClock} = \frac{f_{BRCLK}}{UCBRx}$$

当 UCBRx 为偶数的时候，产生的 SCL 最小高电平和低电平周期为：

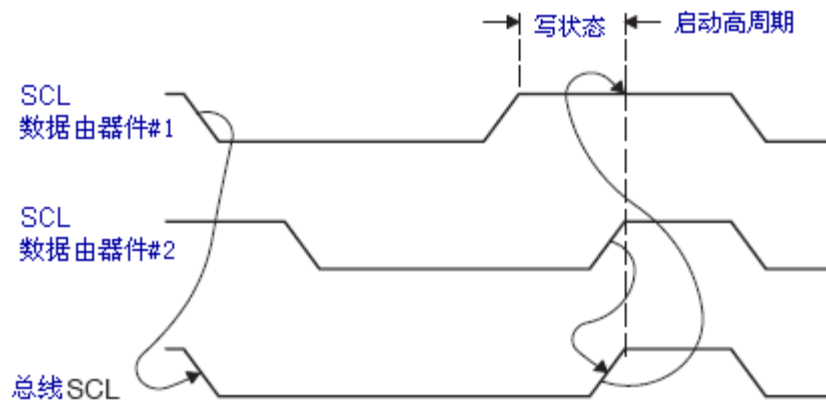
$$t_{LOW,MIN} = t_{HIGH,MIN} = \frac{UCBRx/2}{f_{BRCLK}}$$

当 UCBRx 为奇数的时候，产生的 SCL 最小高电平和低电平周期为：

$$t_{LOW,MIN} = t_{HIGH,MIN} = \frac{UCBRx/2}{f_{BRCLK}}$$

USCI 时钟源的频率和设置 UCBRx 的比例因子必须要选择，以便和 I²C 规范指定的最小高低电平周期时间相对应。

在仲裁过程中，需要对来自不同主设备的时钟进行同步处理。在 SCL 上第一个产生低电平的主设备强制其他设备也发送低电平，SCL 会被总线上低电平周期最长的设备保持为低。其他设备必须等到 SCL 被释放以后才能开始发送高电平。其时钟的同步过程如图 13-16 所示。同步过程中某个快速设备的速度可能被其他低速的设备拉低。



13.3.6 在低功耗模式中使用 USCI 模块中的 I²C 模式

在使用低功耗模式时，USCI 模块为 SMCLK 提供了自动时钟激活。当 USCI 模块使用 SMCLK 作为时钟源，并且由于设备处于低功耗模式中而该时钟被停止时，如果系统需要，不管时钟源的控制位是否被设置，USCI 模块都会自动激活该时钟源。该时钟会一直保持到 USCI 模块恢复到理想的条件下。在 USCI 模块恢复到理想条件之后，时钟源的控制回到其控制位设置的控制状态。这种自动时钟激活并不提供给 ACLK。

当 USCI 模块激活一个停止的时钟源时，该时钟源对整个设备和一切使用该时钟源的外围设备都会活动起来。例如，当 USCI 模块强制激活 SMCLK 时，使用 SMCLK 作为时钟源的定时器将开始工作。

在 I²C 从模式种，不需要内部的时钟源，因为时钟是由外部的主设备提供的。这样，当设备处于 LPM4 低功耗模式中，所有的内部时钟源都停止的情况下，在 I²C 从模式中控制 USCI 模块。任何接收或者发送的中断都能够将 CPU 从任何的低功耗模式中唤醒。

13.3.7 I²C 模式中的 USCI 中断

在中断向量表中有两个中断向量是给 USCI 模块中的 I²C 模式使用的。其中一个中断向量分配给接收和发送中断标志位产生的中断，而另一个中断向量则分配给四种状态切换产生的中断使用。每个中断标志都有他们自己的中断使能位。当中断被使能并且 GIE 位置 1 时，如果发送中断请求该中断标志将会产生。DMA 的传输由设备上面的 DMA 控制器通过 UCBxTXIFG 标志位和 UCBxRXIFG 标志位进行控制的。

I²C 发送中断操作

UCBxTXIFG 中断标志位被发送端置 1 标志 UCBxTXBUF 已经准备好接收另一个数据了。这时候，如果 UCBxTXIE 和 GIE 同时被置位的话，将会产生一个中断请求。当有一个数据写进 UCBxTXBUF 或者接收到一个 NACK 应答信号时，UCBxTXIFG 中断标志位会自动复位。在 I²C 模式被选择并且 UCSWRST=1 时，UCBxTXIFG 被置位。一在个 PUC 信号之后或者当 UCSWRST=1 时，UCBxTXIE 将会复位。

I²C 接收中断操作

当接收端接收到一个字符并装载到 UCBxRXBUF 寄存器后，UCBxRXIFG 中断标志位置 1。这时如果 UCBxRXIE 和 GIE 同时被置位，则产生一个中断请求。在一个 PUC 信号之后或者当 UCSWRST=1 时，UCBxRXIFG 和 UCBxRXIE 将自动复位。当 UCBxRXBUF 寄存器被读取时，UCBxRXIFG 中断标志自动复位。

I²C 状态切换中断操作

I²C 状态切换中断标志位的描述如表 13-1 所述。

中断标志	中断条件
UCALIFG	仲裁失效。当两个或多个设备同时开始发送数据时总线仲裁失效。当 USCI 模式作为主设备操作时被系统中的其他主设备作为从设备寻址时也会产生仲裁失效。当仲裁失效时该中断标志位置位。当该标志位置位时，UCMST 位被清除，同时 I ² C 控制器变为从模式。
UCNACKIFG	没有响应中断。在需要响应的时候，主设备没有接收到从设备的响应，该标志位置位。当主设备收到一个起始条件时该位自动清除。
UCSTTIFG	起始信号检测中断标志。在从模式中，I ² C 模块检测到一个起始信号，同时发送地址和本地地址匹配，该标志位置位。该标志只用于从模式。当该设备接收到一个停止条件时该位自动清除。
UCSTPIFG	停止条件检测中断标志。在从模式中，当 I ² C 模块检测到一个停止条件时该标志位置位。该标志只用于从模式。当该设备接收到一个起始条件时该位自动清除。

中断向量的分配

USCI_Ax 和 USCI_Bx 共享相同的中断向量。I²C 模块中状态变化中断标志位—USCI_Bx 中的 UCALIFG、UCNACKIFG、UCSTTIFG、UCSTPIFG 和 USCI_Ax 中的 UCAxRXIFG 使用同一个中断向量。I²C 模块发送和接收中断标志—USCI_Bx 中的 UCBxTXIFG、UCBxRXIFG 和 USCI_Ax 中的 UCAxTXIFG 共享另外一个中断向量。

中断向量软件处理实例

下面的这个软件处理实例描述了一个从 USCI_A0 中产生的数据接收中断的中断服务程序的获取和处理过程，该数据的接收可以是在 UART 模式或 SPI 模式中，这个实例也包括 I²C 模式中从 USCI_B0 产生的状态变化中断。

```
USCIA0_RX_USCIB0_I2C_STATE_ISR
    BIT.B #UCA0RXIFG, &IFG2 ; USCI_A0 是否是接收中断
    JNB USCIA0_RX_ISR
    USCIB0_I2C_STATE_ISR
```

； 解析 I2C 状态变化.....

.....

RETI

USCIA0_RX_ISR

； 读取 UCA0RXBUF 寄存器.....清除 UCA0RXIFG 位。

RETI

下面的这个软件处理实例描述了一个从 USCI_A0 中产生的数据发送中断的中断服务程序的获取和处理过程，该数据的接收可以是在 UART 模式或 SPI 模式中，这个实例也包括 I²C 模式中从 USCI_B0 产生的数据发送中断。

USCIA0_RX_USCIB0_I2C_DATA_ISR

BIT.B #UCA0TXIFG, &IFG2 ; USCI_A0 是否有发送中断

JNB USCIA0_TX_ISR

USCIB0_I2C_DATA_ISR

BIT.B #UCB0RXIFG, &IFG2

JNZ USCIB0_I2C_RX

USCIB0_I2C_RX

； 读取 UCB0RXBUF 寄存器.....清除 UCB0RXIFG 位。

RETI

USCIA0_TX_ISR

； 写 UCA0RXBUF 寄存器.....清除 UCA0RXIFG 位。

RETI

13.4 USCI 寄存器：I²C 模式

对于 USCI_B0，I²C 模式中可以的 USCI 寄存器如表 13-2。

表 13-2 USCI_B0 中的控制寄存器和状态寄存器

寄存器	简易格式	类型	地址	初始状态
USCI_B0 控制寄存器 0	UCB0CTL0	读/写	068H	用 PUC 置 001H
USCI_B0 控制寄存器 1	UCB0CTL1	读/写	069H	用 PUC 置 001H
USCI_B0 位速率控制寄存器 0	UCB0BR0	读/写	06AH	用 PUC 复位
USCI_B0 位速率控制寄存器 1	UCB0BR1	读/写	06BH	用 PUC 复位
USCI_B0I2C 中断使能寄存器	UCB0I2CIE	读/写	06CH	用 PUC 复位
USCI_B0 状态寄存器	UCB0STAT	读/写	06DH	用 PUC 复位
USCI_B0 接收缓存区	UCB0RXBUF	读	06EH	用 PUC 复位
USCI_B0 发送缓冲区	UCB0TXBUF	读/写	06FH	用 PUC 复位
USCI_B0 本地地址寄存器	UCB0I2COA	读/写	0118H	用 PUC 复位
USCI_B0 从地址寄存器	UCB0I2CSA	读/写	011AH	用 PUC 复位
SFR 中断使能寄存器 2	IE2	读/写	001H	用 PUC 复位
SFR 中断状态寄存器 2	IFG2	读/写	003H	用 PUC 置 00AH

注意：更改 SFR 位

为了避免改变其他模式中的控制位，这里推荐使用 BIS.B 或者 BIC.B 指令来进行对 IE_x 和 IFG_x 位的置 1 和清 0 操作，而不要使用 MOV.B 或者 CLR.B 指令。

对于 USCI_B1，I²C 模式中可以的 USCI 寄存器如表 13-3。

表 13-3 USCI_B0 中的控制寄存器和状态寄存器

寄存器	简易格式	类型	地址	初始状态
USCI_B1 控制寄存器 0	UCB1CTL0	读/写	0D8H	用 PUC 置 001H

USCI_B1 控制寄存器 1	UCB1CTL1	读/写	0D9H	用 PUC 置 001H
USCI_B1 位速率控制寄存器 0	UCB1BR0	读/写	0DAH	用 PUC 复位
USCI_B1 位速率控制寄存器 1	UCB1BR1	读/写	0DBH	用 PUC 复位
USCI_B1I2C 中断使能寄存器	UCB1I2CIE	读/写	0DCH	用 PUC 复位
USCI_B1 状态寄存器	UCB1STAT	读/写	0DDH	用 PUC 复位
USCI_B1 接收缓存区	UCB1RXBUF	读	0DEH	用 PUC 复位
USCI_B1 发送缓冲区	UCB1TXBUF	读/写	0DFH	用 PUC 复位
USCI_B1 本地地址寄存器	UCB1I2COA	读/写	017CH	用 PUC 复位
USCI_B1 从地址寄存器	UCB1I2CSA	读/写	017EH	用 PUC 复位
USCI_A1/B1 中断使能寄存器	UC1IE	读/写	006H	用 PUC 复位
USCI_A1/B1 中断状态寄存器	UC1IFG	读/写	007H	用 PUC 置 00AH

UCBxCTL0, USCI_Bx 控制寄存器 0

7	6	5	4	3	2	1	0
UCA10	UUSLA10	UCMM	Unused	UCMST	UCMODE _x =11	UCSYNC=1	
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	r-1

UCA10	位 7	本地地址模式选择 0 7 位本地地址 1 10 位本地地址
UUSLA10	位 6	从设备地址模式选择 0 7 位从设备地址 1 10 位从设备地址
UCMM	位 5	多主设备的环境选择 0 单主设备环境。在这个系统中没有其他主机，其地址匹配单元禁用。 1 多主设备环境。
Unused	位 4	未使用。
UCMST	位 3	主设备模式选择。 在多主设备环境中（UCMM=1），当主设备仲裁释放后，UCMST 位自动被清 0，同时其模式变为从设备。 0 从设备模式。 1 主设备模式。
UCMODE _x	位 2 – 1	USCI 模式。 当 UCSYNC=1 时，UCMODE _x 位用于选择同步模式。 00 3 线 SPI。 01 4 线 SPI（STE=1 时，主从模式使能）。 02 4 线 SPI（STE=0 时，主从模式使能）。 03 I ² C 模式。
UCSYNC	位 0	同步模式使能。 0 异步模式。

1 同步模式。

UCBxCTL1, USCI_Bx 控制寄存器 1

	7	6	5	4	3	2	1	0
	UCSSELx	Unused	UCTR	UCTXNACK	UCTXSTP	UCTXSTT	UCSWRST	
	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-1
UCSSELx	位 7—6	USCI 时钟源的选择。 这些位选择 BRCLK 时钟源。 00 UCLKI 01 ACLK 02 SMCLK 03 SMCLK						
Unused	位 5	未使用。						
UCTR	位 4	发送/接收。 0 接收。 1 发送。						
UCTXNACK	位 3	发送一个 NACK 信号。 该位在 NACK 信号发送后自动清 0。 0 正常响应。 1 产生 NACK 信号。						
UCTXSTP	位 2	在主设备模式中发送 STOP 条件，在从设备模式中该位被忽略。 在主设备接收模式中，NACK 信号在 STOP 条件之前，当 STOP 条件产生后，该位自动清 0。 0 不产生 STOP 条件。 1 产生 STOP 条件。						
UCTXSTT	位 1	在主设备模式中发送 START 条件，在从设备中该位被忽略。 在主设备接收模式中，NACK 信号在 START 条件重发之前。当 START 信号和地址信息被发送后，该位自动清 0。 0 不产生 START 条件。 1 产生 START 条件。						
UCSWRST	位 0	软件复位使能。 0 禁止。USCI 复位使操作释放。 1 使能。在复位状态中，USCI 的逻辑被保持。						

UCBxBR0, USCI_Bx 波特率控制寄存器 0

7	6	5	4	3	2	1	0
UCBRx							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

UCBxBR1, USCI_Bx 波特率控制寄存器 1

7	6	5	4	3	2	1	0
UCBRx							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

UCBR_x 波特率分频因子。
一个 16 位的(UCBR0+ UCBR1)形成分频因子的数值。

UCB_xSTAT, USCI_B_x 状态寄存器

	7	6	5	4	3	2	1	0
	Unused	UCSCLLOW	UCGC	UCBBUSY	UCNACKIFC	UCSTPIFG	UCSTTIFG	UCALIFG
	rw-0	r-0	rw-0	r-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0
Unused	位 7	未使用。						
UCSCLLOW	位 6	SCL 低电平。 0 SCL 没有被拉为低电平。 1 SCL 被拉为低电平。						
UCGC	位 5	广播地址接收。 接收到一个 START 信号后，该位自动清 0。 0 没有接收到广播地址。 1 接收到广播地址。						
UCBBUSY	位 4	总线是否空闲。 0 总线空闲。 1 总线忙。						
UCNACKIFC	位 3	没有响应中断标志位。 接收到一个 START 信号后，该位自动清 0。 0 没有中断请求。 1 有中断请求。						
UCSTPIFG	位 2	停止条件中断标志位。 接收到一个 START 条件后该位自动清 0。 0 无中断请求。 1 有中断请求。						
UCSTTIFG	位 1	开始条件中断标志位。 接收到一个 STOP 条件后该位自动清 0。 0 无中断请求。 1 有中断请求。						
UCALIFG	位 0	仲裁失效中断标志位。 0 无中断请求。 1 有中断请求。						

UCB_xRXBUF, USCI_B_x 接收缓存寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
UCRXBUF _x							
r	r	r	r	r	r	r	r

UCRXBUF_x 位 7—0 接收缓存存放从接收移位寄存器最后接收的字符，可由用户访问。读取接收缓存可以复位

接收时产生的 UCBxRXIFG。

UCBxTXBUF, USCI_Bx 发送缓存寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
UCTXBUFx							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

UCTXBUFx 位 7—0 发送缓存的内容可以由用户访问，并将数据保持到被传送到移位寄存器进行数据传输。对发送缓存进行写操作将 UCBxRXIFG 清 0。

UCBxI2COA, USCI_Bx 本地地址寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
UCGCEN	0	0	0	0	0	I2COAx	
rw-0	r0	r0	r0	r0	r0	rw-0	rw-0

7	6	5	4	3	2	1	0
I2COAx							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

UCGCEN 位 15 广播响应使能。
0 不响应广播。
1 响应广播。

I2COAx 位 9—0 I²C 模式本地地址。
I2COAx 包含了 USCI_Bx 中 I²C 控制器的本地地址。该地址应该时正确合理的。在 7 位寻址方式中，第 6 位为最高位，9 到 7 位忽略。在 10 位寻址方式中，第 9 位为最高位。

UCBxI2CSA, USCI_Bx 从设备地址寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
0	0	0	0	0	0	I2CSAx	
r0	r0	r0	r0	r0	r0	rw-0	rw-0

7	6	5	4	3	2	1	0
I2CSAx							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

I2CSAx 位 9—0 I²C 从设备模式的地址。
I2CSAx 包含了被 USCI_Bx 模块寻址的扩展设备的从地址。I2CSAx 只有在主机模式才有效。该地址应该时正确合理的。在 7 位寻址方式中，第 6 位为最高位，9 到 7 位忽略。在 10 位寻址方式中，第 9 位为最高位。

UCBxI2CIE, USCI_Bx 中断使能寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved				UCNACKIE	UCSTPIE	UCSTTIE	UCALIE
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

Reserved 位 7—4 保留。
UCNACKIE 位 3 没有响应中断使能控制。
0 中断禁止。

- 1

中断使能。
- UCSTPIE

位 2

停止条件中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。
- UCSTTIE

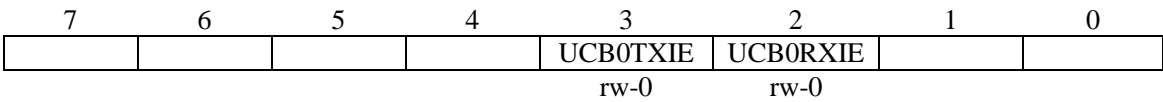
位 1

开始条件中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。
- UCALIE

位 0

总裁失效中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。

IE2，中断使能寄存器 2



- 位 7—4

这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。
- UCB0TXIE

位 3

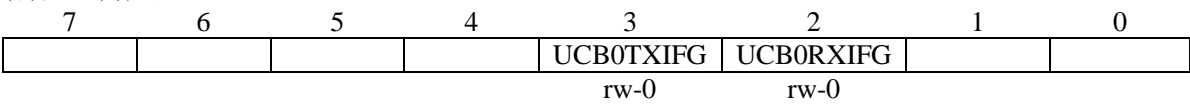
USCI_B0 发送中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。
- UCB0RXIE

位 2

USCI_B0 接收中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。

位 1—0 这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。

IFG2，中断标志寄存器 2



位 7—4 这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。

- UCB0TXIFG

位 3

USCI_B0 发送中断标志位。
当 UCB0TXBUF 空的时候该位置 1。
0 无中断请求。
1 有中断请求。
- UCB0RXIFG

位 2

USCI_B0 接收中断标志位。
当 UCB0RXBUF 接收到完整的字符后该位置 1。
0 无中断请求。
1 有中断请求。

位 1—0 这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。

UC1IE, USCI_B1 中断使能寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
Unused	Unused	Unused	Unused	UCB1TXIE	UCB1RXIE		
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0		

Unused 位 7—4 未使用。

UCB1TXIE 位 3 USCI_B1 发送中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。

UCB1RXIE 位 2 USCI_B1 接收中断使能控制。
0 中断禁止。
1 中断使能。

位 1—0 这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。

UCB1RXIE

UC1IFG, USCI_B1 中断标志寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
Unused	Unused	Unused	Unused	UCB1TXIFG	UCB1RXIFG		
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-1	rw-0		

Unused 位 7—4 未使用。

UCB1TXIFG 位 3 USCI_B1 发送中断标志位。
当 UCB1TXBUF 空的时候该位置 1。
0 无中断请求。
1 有中断请求。

UCB1RXIFG 位 2 USCI_B1 接收中断标志位。
当 UCB1RXBUF 接收到完整的字符后该位置 1。
0 无中断请求。
1 有中断请求。

位 1—0 这些位可能被其他模块使用，详细请参考设备明细表。



MSP430F22x4 评估板

专业提供 **MSP430** 单片机开发工具