



MSP430F5 系列 16 位超低功耗单片机模块原理

第 17 章 通用串行通讯接口 IIC 模式

版本: 1.1

发布日期: 2008.9. 最后更新日期:2010.8.

原文: TI slau208.pdf (5xxfamily User's Guide)

翻译: 张明慧 郑州 硬件研发工程师

编辑: DC 微控网总版主

注: 以下文章是翻译 TI slau208.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。

文章更新详情请密切留意微控技术论坛。

第 14 章 通用串行通讯接口 IIC 模式

5xx 系列通用串行通信接口 (USCI) 在同一个硬件模块下支持多种串行通信模式, 本章讨论 I2C 模式的操作。

主题如下:

- 17.1 USCI 概述
- 17.2 USCI 介绍: I2C 模式
- 17.3 USCI 操作: I2C 模式
- 17.4 USCI 寄存器: I2C 模式

17.1 USCI 概述

通用串行通信接口 (USCI) 模块支持多种串行通信模式。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 模块被安装在同一个设备上, 那么这些模块将以递增的数字命名。例如, 当一个设备上有两个 USCI_A 模块时, 它们可以用 USCI_A0 和 USCI_A1 来命名。如有需要, 可以通过查阅设备明细表来确定哪些 USCI 模块可以配置在哪些设备上。

USCI_Ax 模块支持:

- UART 模式
- 脉冲整形的 IrDA 通信
- 自动波特率检测的 LIN 通信
- SPI 模式

USCI_Bx 模块支持:

- I2C 模式
- SPI 模式

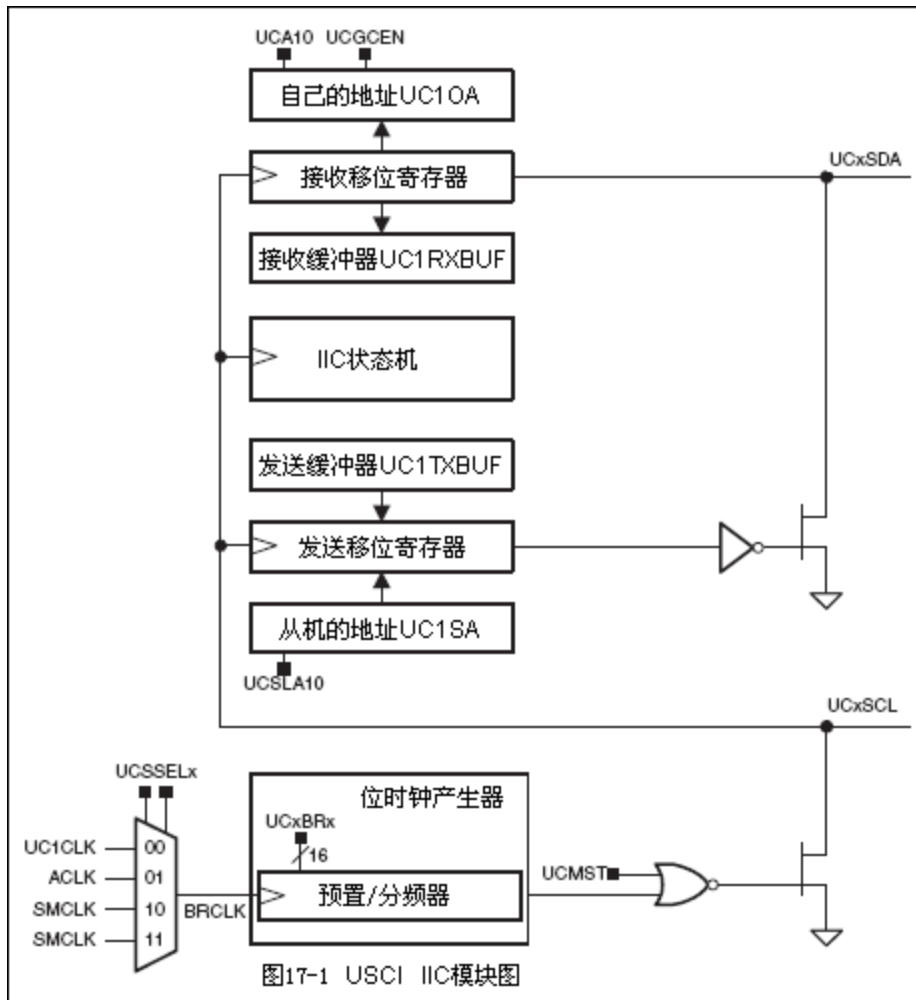
17.2 USCI 介绍: I2C 模式

在 I2C 模式中, USCI 模块利用两线式 I2C 串行总线给 MSP430 和 I2C 兼容设备提供了一个互联接口。挂在 I2C 总线上的外扩设备通过两线式 I2C 接口实现与 USCI 模块之间串行数据的接收与发送。

I2C 模块的特性包括:

- 1) 遵循 Philips 半导体公司的 I2C 规范 v2.1
 - 7 位和 10 位的设备寻址方式
 - 广播模式
 - 开始/重新开始/停止
 - 多主设备发送/接收模式
 - 从设备接收/发送模式
 - 支持高达 100kbps 的标准模式和高达 400kbps 的高速模式
- 2) 主设备模式下 UCxCLK 频率可编程
- 3) 低功耗设计
- 4) 从设备检测到开始信号将自动唤醒 LPMx 模式
- 5) LPM4 模式下可进行从设备操作

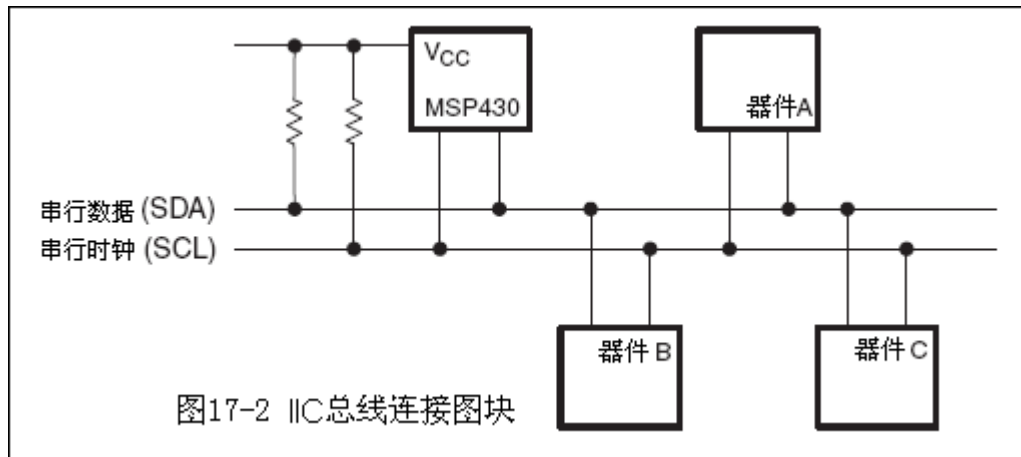
图 17-1 描述了 USCI 在 I2C 模式下的配置。



17.3 USCI 操作：I2C 模式

I2C 模式支持任何从模式或主模式下的 I2C 兼容设备。图 17-2 给出了一个 I2C 总线的例子。每个 I2C 设备都有唯一的地址可供识别，并可以随意作为发送端或接收端对其操作。当进行数据传输时，I2C 总线上的设备可以被视为主设备或者是从设备。主设备开始数据发送并产生时钟信号 SCL。任一能被主设备寻址到的设备都可视为一个从设备。

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 均为双向的，它们必须通过一个上拉电阻连接到供电电源的正极。



注意：SDA 和 SCL 电平

MSP430 的 SDA 和 SCL 引脚电平不能上拉的超过 MSP430 的 VCC 电平。

17.3.1 USCI 的初始化和复位

通过 PUC 信号或者对 UCSWRST 置位都可以对 USCI 进行复位。一旦出现 PUC 信号,UCSWRST 位将自动置位,并使 USCI 复位。为选择 I2C 操作模式,UCMODEx 必须设置成 11。当完成模块初始化后,即可进行数据的发送或接收。清除 UCSWRST 可以释放 USCI,使其进入操作状态。

为避免不可预测行为的出现,当 UCSWRST 置位时应该对 USCI 进行配置或者重新配置。在 I2C 状态下设置 UCSWRST 有以下影响:

I2C 通信停止

SDA 和 SCL 处于高阻态

UCBxI2CSTAT 的第 0~6 位清零

UCTXIE 和 UCRXIE 被清零

UCTXIFG 和 UCRXIFG 被清零

其他位和寄存器保持不变

注意: 初始化或者重新配置 USCI 模块

USCI 模块初始化或者重新配置推荐步骤:

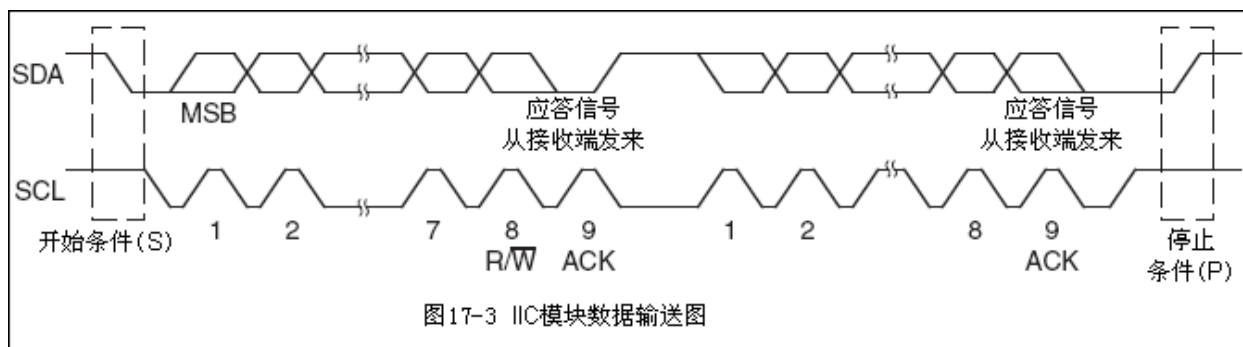
- 1、设置 UCSWRST (BIS.B #UCSWRST,&UCxCTL1)
- 2、在 UCSWRST=1 时初始化所有 USCI 寄存器 (包括 UCxCTL1)
- 3、配置端口
- 4、软件清除 UCSWRST 位 (BIC.B #UCSWRST,&UCxCTL1)
- 5、通过设置 UCxTXIE 和 UCxRXIE 或二者之一来使能中断

17.3.2 I2C 的串行数据

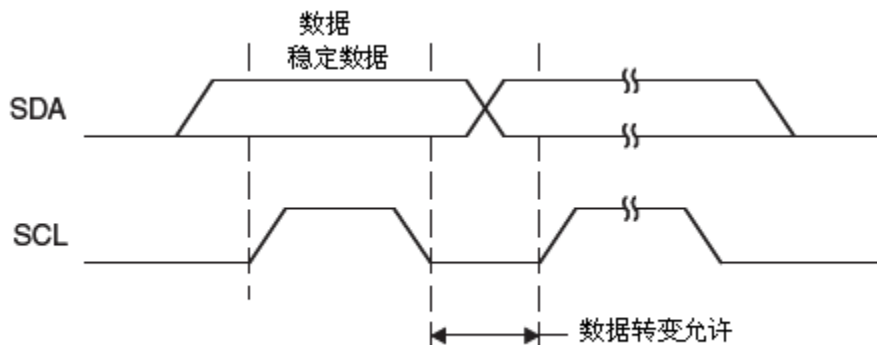
每传输一个数据位主设备都会产生一个时钟脉冲。I2C 模式下进行的是字节操作。数据传输过程中最重要的起始位如图 17-3 所示。

每个起始位发出之后的第一个字节包含有 7 位从地址和一个 R/W 位。当 R/W=0 时,主设备向从设备发送数据;=1 时,主设备从从设备接收数据。应答位 ACK 是接收方对应第九个 SCL 时钟发出的握手信号。

START 起始条件和 STOP 停止条件都是由主设备产生,其时序如图 17-3 所示。在 SCL 为高时将 SDA 由高跳变至低产生一个 START 起始条件。在 SCL 为高时将 SDA 由低跳变至高产生一个 STOP 停止条件。总线忙位 UCBBUSY 在 START 出现后置位,在 STOP 出现后清零。



SCL 为高电平期间 SDA 上的数据必须保持稳定，其时序如图 17-4 所示。SDA 的高低状态只能在 SCL 为低时可调，否则将会产生起始和停止条件。



17.3.3 I2C 寻址方式

I2C 模式下支持 7 位和 10 位寻址方式。

7 位寻址

7 位寻址的格式如图 17-5 所示，第一个字节包括 7 位从地址和一个 R/W 读写控制位。应答位 ACK 是接收方在每个字节后发出的握手信号。

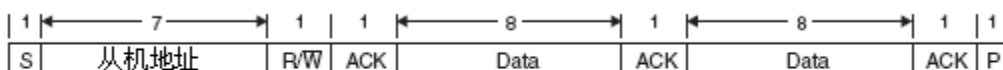


图17-5 IIC模块7位地址格式

10 位寻址

10 位寻址的格式见图 17-6，第一个字节由 11110b 加上 10 位从地址的高两位和 R/W 位构成。每个字节结束后由接收方发送 ACK 应答信号。下一个字节是 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。

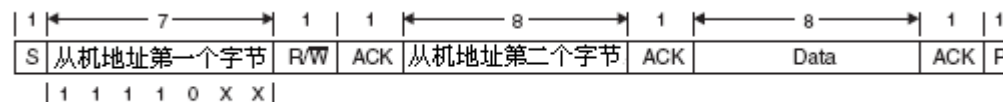


图17-6 IIC模块10位地址格式

再次起始条件

主设备可以在不停止当前传输状态的情况下，通过再次发送一个起始位来改变 SDA 上数据流的传输方向。这被称为再次起始。再次起始位产生后，从设备的地址和标示数据流方向的 R/W 位需要重新

发送。再次起始条件格式如图 17-7 所示。

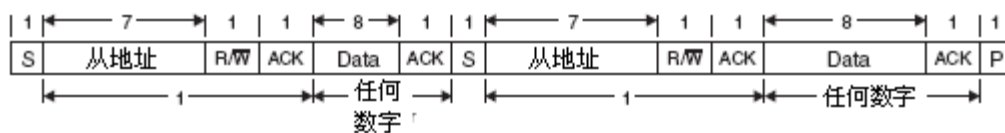


图 17-7 IIC 模块地址格式和重复的启动条件

17.3.4 I2C 模式下的操作方式

在 I2C 模式下 USCI 模块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。接下来的几部分将会对这些模式进行讨论，并用时序来对这些模式进行阐明。

图 17-8 给出了在时序说明中会出现的一些图例。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则用白色的矩形块表示。USCI 模块传输的数据，和主模式或从模式一样用相应的图例表示，只不过其使用的矩形块要高一点。

USCI 模块的行为用带有指示数据流中行为发生地方的箭头的灰色矩形块表示。必须用软件来处理的行为则用带有指向数据流中行为必定发生的地方的箭头的白色矩形块表示。

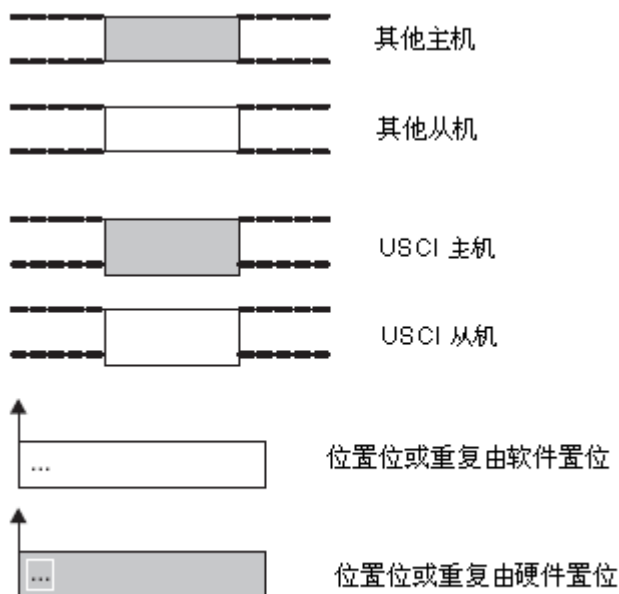


图 17-8 IIC 时序行图例

从设备模式

选择 I2C 模式的同时设置 UCMODEx=11，USCYNC=1，并清零 UCMST 位可以使 USCI 模块工作在 I2C 从模式。

首先，必须清零 UCTR 位使 USCI 工作在接收模式下才能接收到 I2C 的地址。然后，数据的发送和接收操作就可以根据从地址和一起传输的 R/W 位来自动进行。

USCI 从地址是对寄存器 UCBxI2COA 进行编程得到。当 UCA10=0，选用 7 位寻址方式。当 UCA10=1，选用 10 位寻址方式。若要响应广播可以置位 UCGCEN 位。

当在总线上检测到起始信号时，USCI 模块将会接收到传送过来的地址，并将之与存储在 UCBxI2COA 中存储的本地地址相比较。若两者相匹配，则置位 UCSTTIFG 位。

I2C 从设备发送模式

当主机发送的从地址和其本地地址相匹配并且 R/W 为 1 时从设备进入发送模式。从设备根据主设

备产生的时钟脉冲信号在 SDA 上发送串行数据。从设备不能产生时钟脉冲，但是当一字节发送完需要 CPU 的干预时从设备可以拉低 SCL。

如果主设备向从设备请求数据则 USCI 模块将会被自动配置为发送模式并置位 UCTR 和 UCTXIFG。SCL 直到第一个数据被写入发送缓冲区 UCBxTXBUF 之前会一直保持被拉低状态。当地址被响应后，清除 UCSTTIFG 标志，然后开始数据传输。一旦数据被转移到移位寄存器之后 UCTXIFG 将再次被置位。

当一个数据被主设备接收响应之后，之前被写入 UCBxTXBUF 中的下一个数据开始传输，若此时缓冲区为空，则 SCL 会一直保持低电平来延迟总线的应答周期来等待新的数据被写进 UCBxTXBUF。

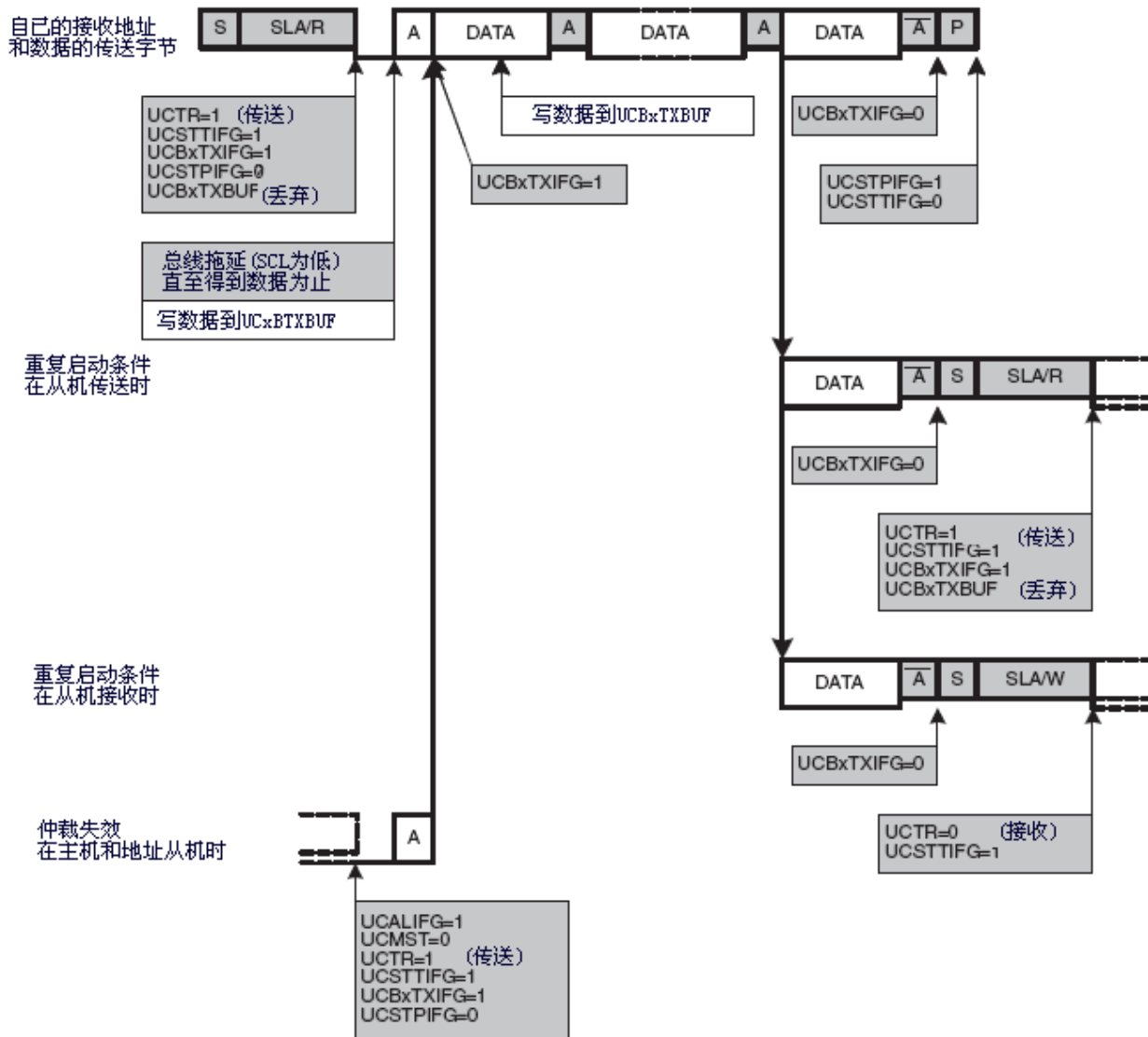


图 17-9 给出了 I2C 从设备发送模式的图解。

I2C 从设备接收模式

当主机发送的从地址和其本地地址相匹配并且 R/W 为 0 时从设备进入接收模式。从设备接收模式下，从设备根据主设备产生的时钟脉冲信号在 SDA 上接收串行数据。从设备不能产生时钟脉冲，但是

当一个字节接收完需要 CPU 的干预时从设备可以拉低 SCL。

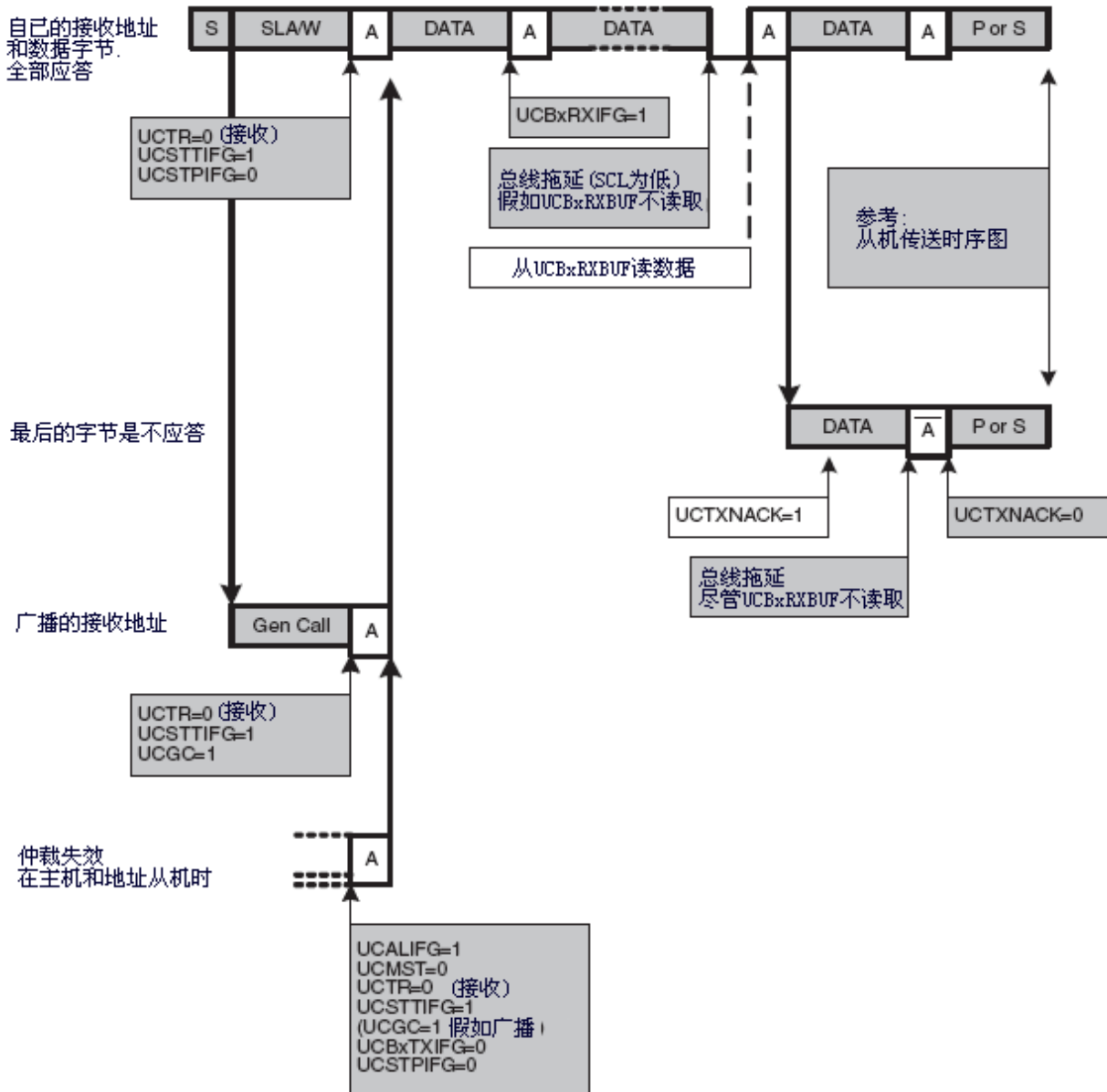
如果从设备需要从主机接收数据则 USCI 模块将会被自动配置为接收模式并清除 UCTR 位。在接收完第一个数据字节后接收中断标志位 UCRXIFG 置位。USCI 模块会自动应答接收到的数据并开始接收下一个数据字节。

如果已经接收到的数据在数据接收结束时还没有从接收缓冲区 UCBxRXBUF 中读走, SCL 会一直处于拉低状态进行总线延时。一旦 UCBxRXBUF 接收到的新数据被读走, 从设备会发送一个应答信号给主设, 然后开始下个数据的接收。

在下一个应答周期中置位 UCTXNACK 会产生一个 NACK 发送给主设备, 即使是还没有准备好接收新的数据。如果在 SCL 为低时置位 UCTXNACK 将会释放总线, 并马上发送一个 NACK 信号给主设, 同时 UCBxRXBUF 将加载最后一次接收到的数据。由于先前的数据还没有被读出, 这将造成数据丢失。所以为避免数据的丢失应在 UCTXNACK 置位之前读出 UCBxRXBUF 中的数据。

当主设备产生一个 STOP 停止条件时 UCSTPIFG 被置位。

如果主设备产生一个重复开始条件时, USCI 的 I2C 状态机将返回地址接收状态。



A 5xx: 用UCBxTXIFG代替UCTXIFG. 用UCBxRXIFG代替UCRXIFG.

图 17-10 给出了 I2C 从设备接收模式的图解。

I2C 从接收模式下的 10 位寻址方式

如图 17-11 所示当 UCA10=1 时选用 10 位寻址模式。在 10 位寻址模式下，整个地址接收完毕后从设备处于接收模式。此时，USCI 模块将会在清零 UCTR 位的同时置位 UCSTTIFG 来标示当前状态。若需要将设备转换到发送模式则需要主机在发送一个重复起始条件后紧跟着发送一个字节地址并置位 R/W。若标志位 UCSTTIFG 之前被软件清除那么此时将会被置位，同时通过 UCTR=1 使 USCI 模块转换成发送模式。

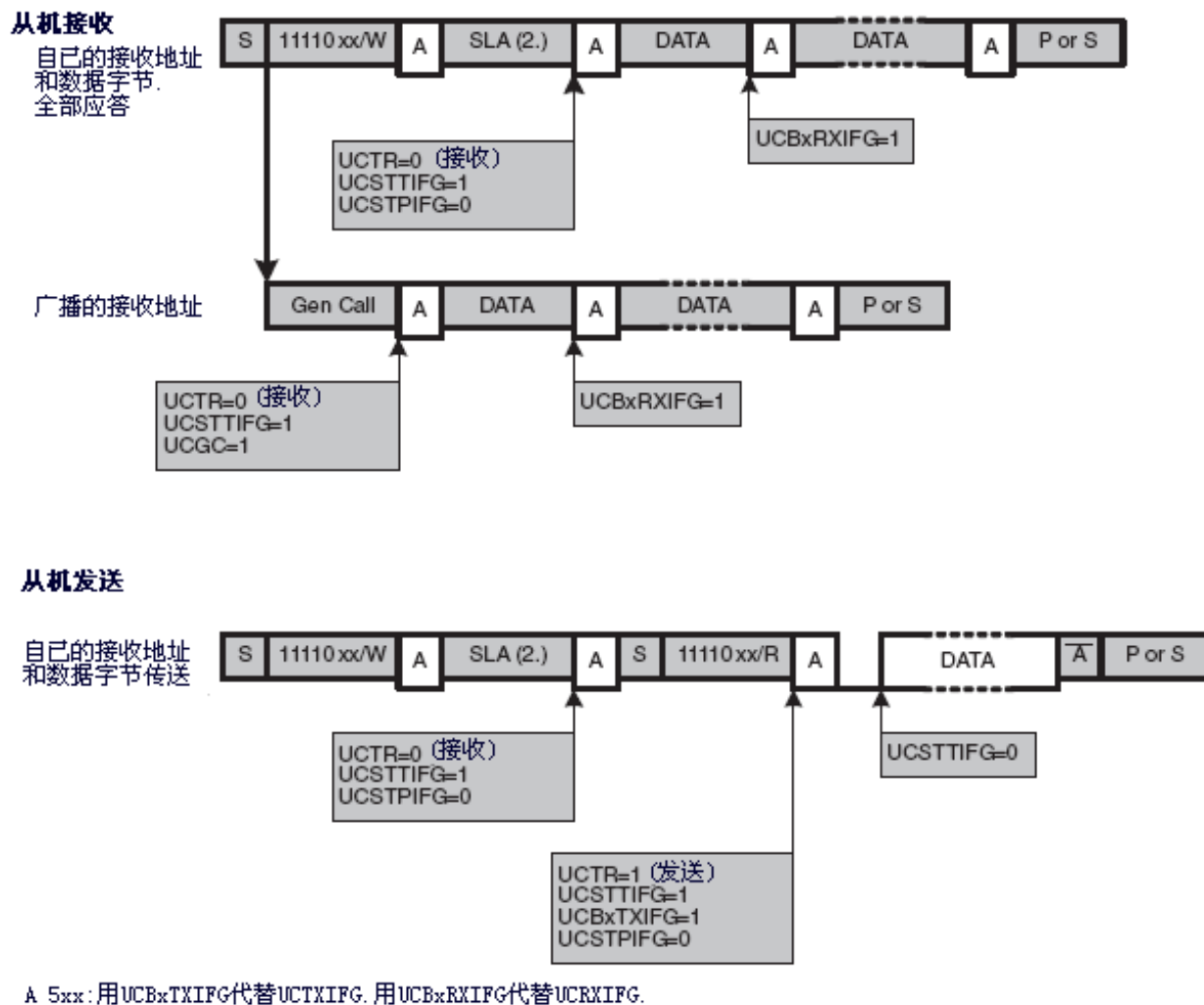


图 17-11 IIC 从机 10 位地址模式

主模式

选择 I2C 模式的同时设置 $UCMODEx=11$, $USCYNCR=1$, 并置位 $UCMSTR$ 位可以使 $USCI$ 模块工作在 I2C 主模式。当主模块是一个多主设备系统的一部分时, 必须对 $UCMM$ 置位, 并通过编程将其本机地址写入寄存器 $UCBxI2COA$ 中。当 $UCA10=0$ 时, 选择 7 位寻址模式。当 $UCA10=1$ 时, 选择 10 位寻址模式。若要响应广播可以置位 $UCGCEN$ 位。

I2C 主设备发送模式

初始化之后, 主发送模块还需要一些必要的初始化工作: 把目标从地址写入寄存器 $UCBxI2CSA$ 中, 通过 $UCSLA10$ 位选择从地址的大小, 置位 $UCTR$ 来选择发送模式, 置位 $UCTXSTT$ 来产生一个起始条件。

$USCI$ 模块首先检测总线是否空闲, 然后产生一个起始条件, 传送从地址。当 $START$ 条件产生时将会置位 $UCTXIFG$ 并将要发送的数据写进 $UCBxTXBUF$ 。一旦从设备对地址作出应答 $UCTXSTT$ 位即刻清零。

在从地址的发送过程中, 如果总线仲裁没有失效那么写入 $UCBxTXBUF$ 中的数据会被发送。一旦数据由缓冲区转移到移位寄存器 $UCTXIFG$ 将重新置位。如果响应周期到来之前 $UCBxTXBUF$ 中没有

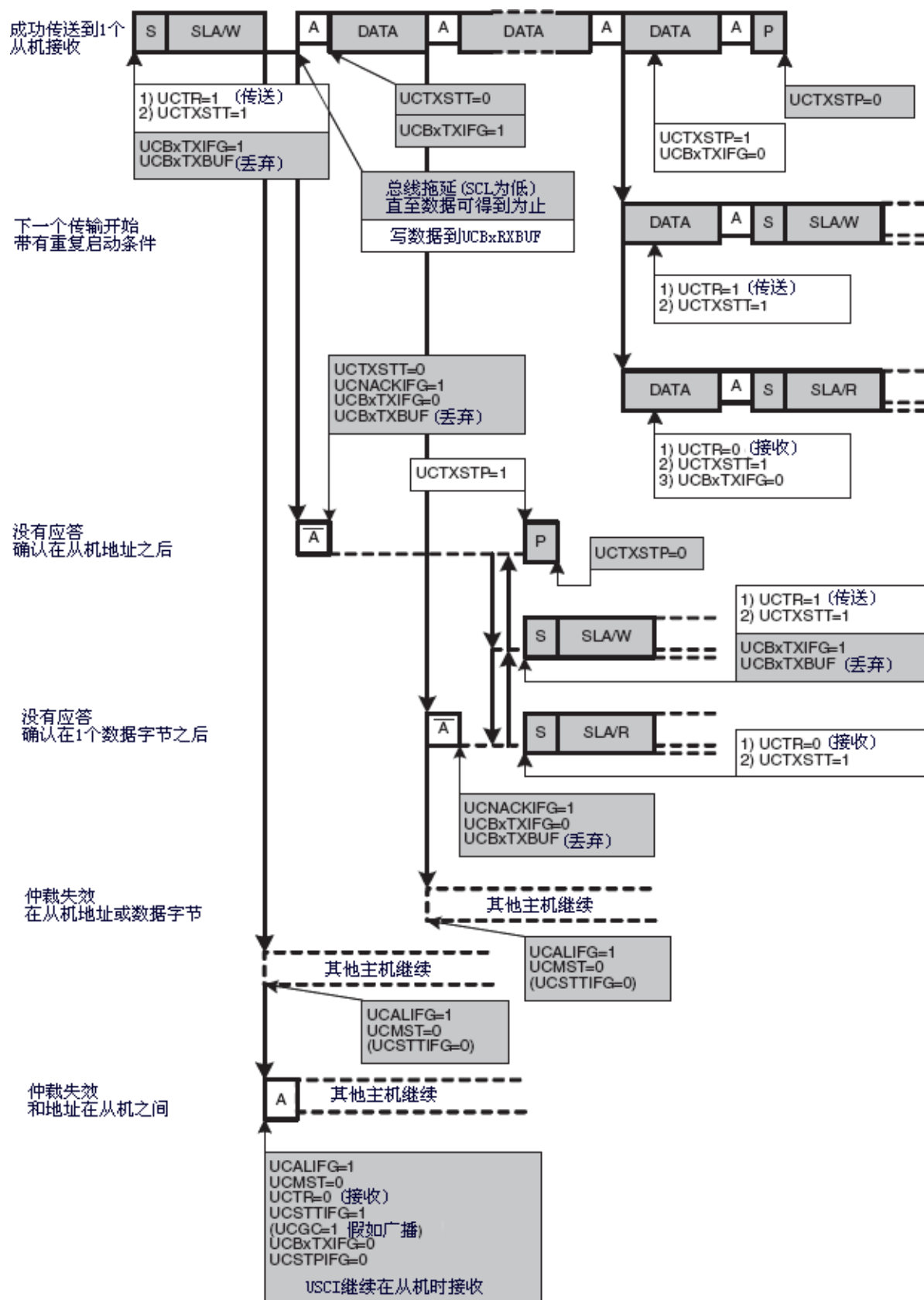
装载数据，那么 SCL 将保持拉低状态进行总线延时直到数据被写入缓冲区 UCBxTXBUF。在数据传送和总线保持过程中 UCTXSTP 和 UCTXSTT 均不会被置位。

从设备下一个应答信号到来之后，置位 UCTXSTP 可以产生一个 STOP 条件。如果在从设备的地址传送过程或者是 USCI 模块等待 UCBxTXBUF 写入数据的过程中置位 UCTXSTP，则即使没有数据发送给从设备依旧会产生一个 STOP 条件。当传送一个单字节数据时，字节传送时必须置位 UCTXSTP，或者在数据传输开始后，不要将任何新的数据写入 UCBxTXBUF。否则，只有地址被传送。当数据由缓冲区转移进移位寄存器时，UCTXIFG 将会被置位，这标示着数据传输已经开始，可以置位 UCTXSTP 了。

置位 UCTXSTT 将会产生一个重复起始条件。在这种情况下，可以通过对 UCTR 的置位或清零来配置为发送端或接收端，如果需要的话还可以把不同的地址写入 UCBxI2CSA。

如果从设备没有响应发送的数据则未响应中断标志位 UCNACKIFG 置位。主设备必须发送一个 STOP 条件或者重新起始条件来做出响应。如果已经有数据被写入 UCBxTXBUF 那么当前数据被丢弃。如果在一个重新起始条件后这个数据应该传送，那么必须重新将之写入 UCBxTXBUF。当然置位 UCTXSTT 的信息同样会被丢弃。若要产生一个重复起始条件，UCTXSTT 需要被重新置位。

图 17-12 给出了 I2C 主设备传送模式的操作图解。



A 5xx: 用 UCBxTXIFG 代替 UCTXIFG. 用 UCBxRXIFG 代替 UCRXIFG.

I2C 主设备接收模式

初始化之后，主设备接收模式还必须经过下面的初始化工作：把目标从地址写入寄存器 UCBxI2CSA 中，通过 UCSLA10 位选择从地址的大小，清除 UCTR 位来选择接收模式，置位 UCTXSTT 来产生一个起始条件。

USCI 模块首先检测总线是否空闲，然后产生一个起始条件，传送从地址。一旦从设备对地址作出应答 UCTXSTT 位即刻清零。

当接收到从设备对地址的响应信号后，主设备将接收到从设备发送的第一个数据并发送响应信号，同时置位 UCRXIFG 标志位。在接受从设备数据的过程中，UCTXSTP 和 UCTXSTT 不会被置位。若主设备没有读取 UCBxRXBUF，那么主设备将占用总线去读最后一个数据位直到 UCBxRXBUF 被读取。

如果从设备没有响应发送的地址则未响应中断标志位 UCNACKIFG 置位。主设备必须发送一个 STOP 条件或者重新起始条件来做出响应。

置位 UCTXSTP 将会产生一个停止条件。置位操作后，主设备将在接收完从设备传送的数据后发出的 NACK 后紧接着发送一个停止条件。或者在 USCI 模块正在等待读取 UCBxRXBUF 的情况下立即产生。

如果主设备只想接收一个单字节数据，那么接收字节的过程中必须置位 UCTXSTP。在这种情况下，可能通过查询 UCTXSTT 位才能决定什么时候清除 UCTXSTP 位：

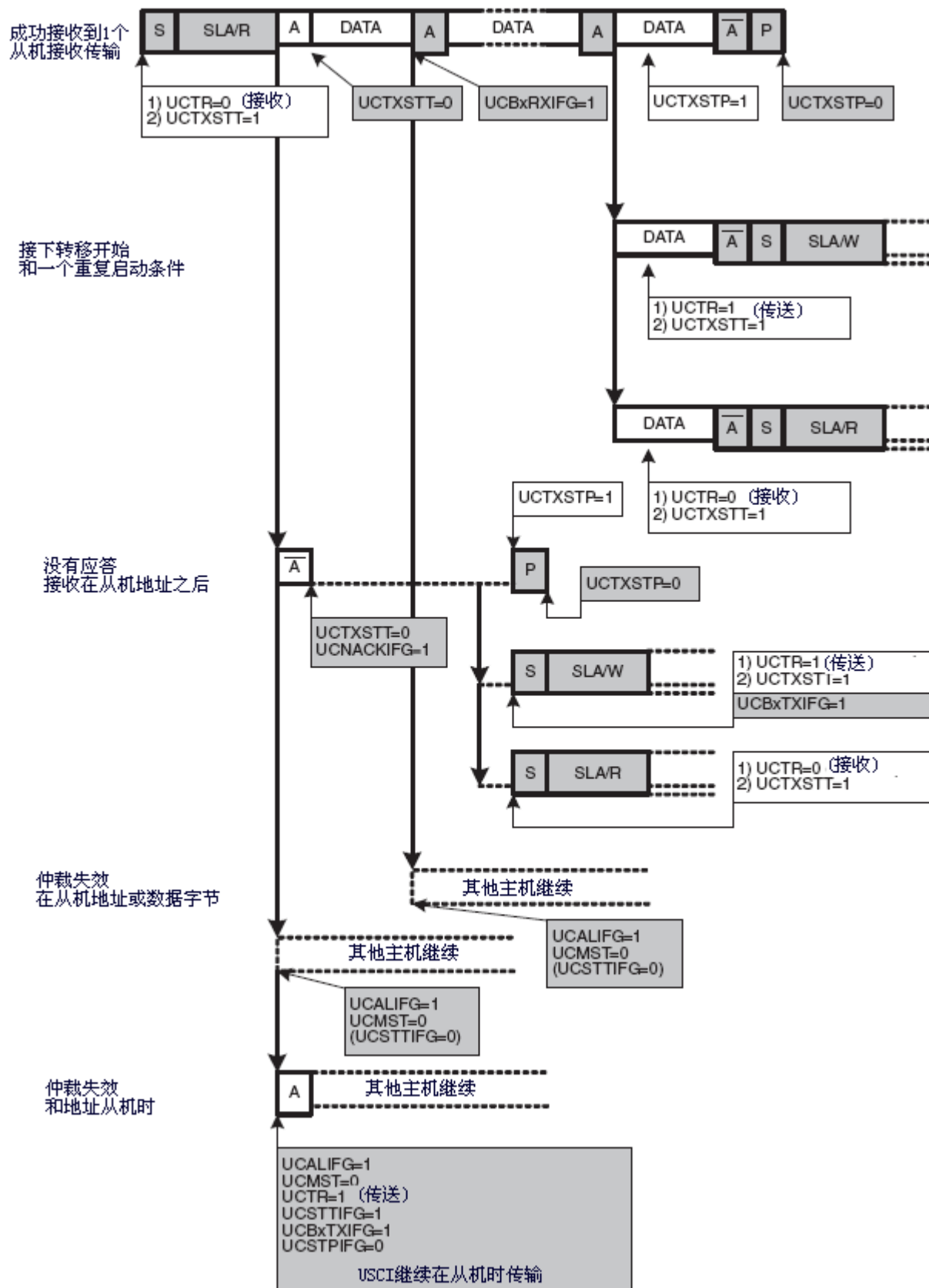
```
                BIS.B #UCTXSTT, &UCB0CTL1      ;传输启动START条件
POLL_STT      BIT.B #UCTXSTT, &UCB0CTL1      ;查询UCTXSTT位
                JC POLL_STT                    ;指定条件清除
                BIS.B #UCTXSTP, &UCB0CTL1      ;传输停止 STOP 条件.
```

置位 UCTXSTT 将会产生一个重复起始条件。在这种情况下，可以通过对 UCTR 的置位或清零来将其配置为发送端或接收端，如果需要的话还可以把不同的地址写入 UCBxI2CSA。

图 17-13 给出了 I2C 主设备接收模式的操作图解。

注意：在不使用重复起始条件的情况下的连续主设备数据传输

当不使用重复起始条件的情况下进行多重主设备数据传输时，当前模块的数据传输必须在下一个模块的初始化完成之前结束。这就必须保证在下一个 I2C 传输初始化完成之前清零发送停止条件标志位 UCTXSTP 并设置 UCTXSTT=1。否则，将会影响当前的数据传输。



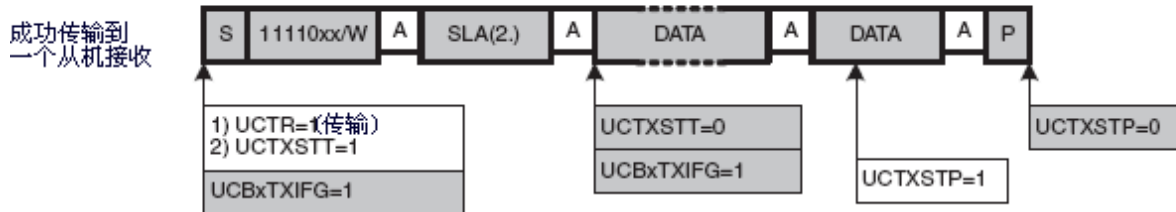
A 5xx: 用 UCBxTXIFG 代替 UCTXIFG. 用 UCBxRXIFG 代替 UCRXIFG.

图 17-13 IIC 主机接收模式

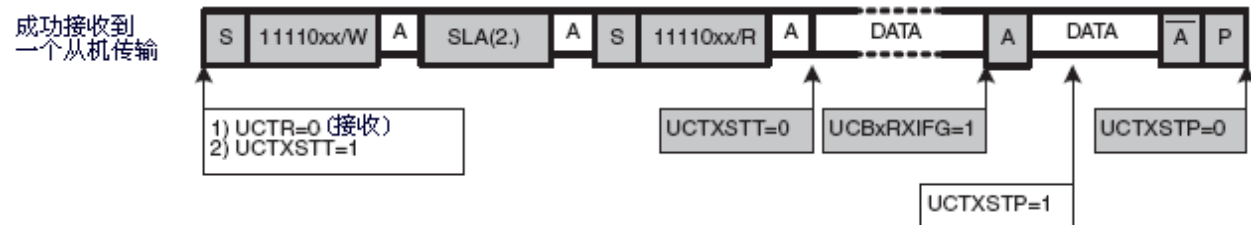
I2C 主设备 10 位寻址模式

如图 17-14 所示, 当 UCSLA10=1 时选择 10 位寻址模式。

主机发送



主机接收



A 5xx: 用 UCBxTXIFG 代替 UCTXIFG. 用 UCBxRXIFG 代替 UCRXIFG.

图 17-14 IIC 模块主机 10 位地址模式

总线仲裁

当两个以上的主发送设备在总线上同时传送数据时, 总线仲裁过程被启动。图 17-15 对两个设备间的仲裁进程进行了举例说明。总线仲裁使用的数据就是相互竞争的设备发送到 SDA 上的数据。第一个主发送设备产生的逻辑高电平将被和其竞争的主发送设备发送逻辑低电平覆盖。在总线仲裁进程中, 发送二进制数据最低的串行数据设备将获得总线的优先权。失去总线仲裁的主发送设备将转换成从接收模式, 并置位总线仲裁失去标志位 UCALIFG。如果两个以上的设备发送的第一个字节的内容相同, 则总线仲裁会在接下来传输的字节中发生。

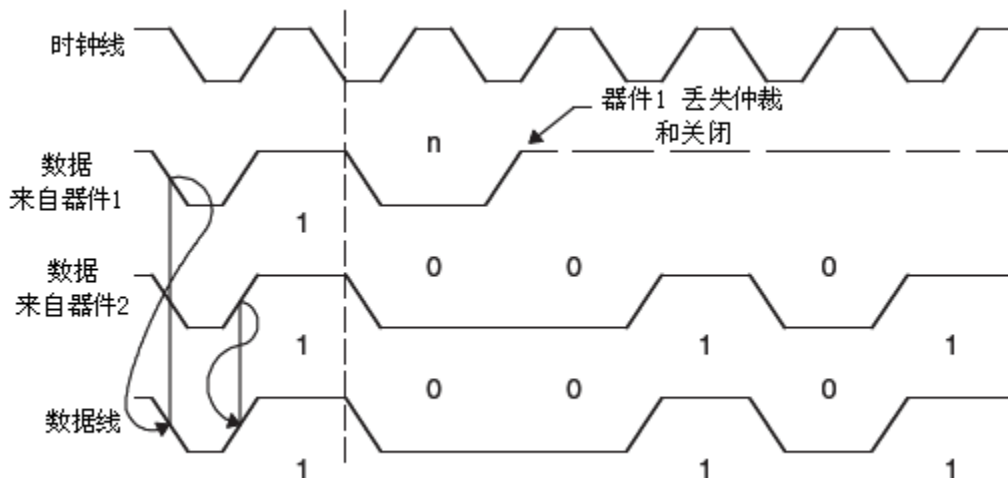


图 17-15 仲裁程序在两主机传输

如果在总线仲裁进程中在 SDA 上有重复起始条件或者停止条件在传送，那么在总线仲裁进程中的所有主发送设备都必须在帧格式中的同一个位置发送重复起始或者停止条件。

总线仲裁不会在下列几组间发生：

- 重复起始条件和数据位之间
- 停止条件和数据为之间
- 重复起始条件和停止条件之间

17.3.5 I2C 时钟发生与同步、

I2C 总线上的时钟 SCL 有主设备产生。当 USCI 处于主设备发送模式下时，BITCLK 由 USCI 位时钟发生器提供，同时通过 UCSSELx 位选择时钟源。在从模式下位时钟发生器不启用而且和 UCSSELx 位无关。

寄存器 UCBxBR1 和 UCBxBR0 中 UCBRx 的 16 位数据是 USCI 时钟源 BRCLK 的分频因子。在单主模式下可用的最大位时钟为 fBRCLK/4。在多主设备模式下最大位时钟为 fBRCLK/8。位时钟 BITCLK 的频率可由下面公式得到：

$$f_{\text{BITCLK}} = f_{\text{BRCLK}} / \text{UCBRx}$$

SCL 时钟信号产生的最小高低电平周期为：

当 UCBRx 为偶数时， $t_{\text{low, MIN}} = t_{\text{HIGH, MIN}} = (\text{UCBRx} / 2) / f_{\text{BRCLK}}$

当 UCBRx 为奇数时， $t_{\text{low, MIN}} = t_{\text{HIGH, MIN}} = (\text{UCBRx} - 1 / 2) / f_{\text{BRCLK}}$

USCI 时钟源和 UCBRx 的比例因子设置必须经过选择以配合 I2C 总线协议规定的最小高低电平周期间隔。

在总线仲裁进程中不同主设的时钟源之间必须进行同步处理。在 SCL 总线上第一个发送低电平周期的主设备将会强制其他设备同时传送低电平。SCL 总线将会被低电平发送时间最长的设备一直拉低。其他设备必须等待 SCL 释放后才能传输高电平周期。图 17-16 给出了一个时钟同步的示例。这个过程将导致某些快速设备被低速设备拉低速度。

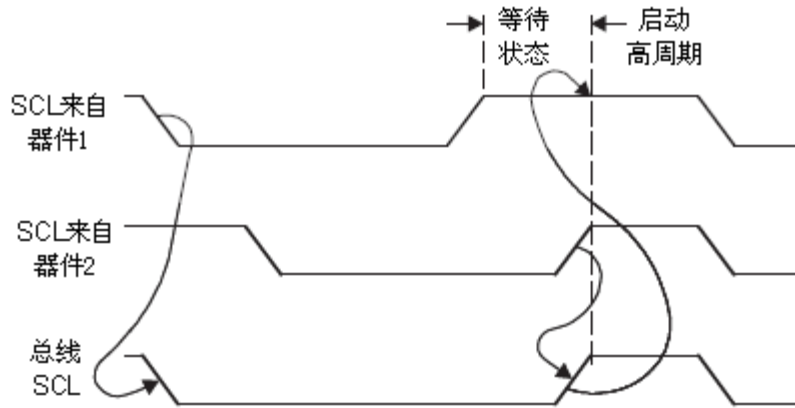


图17-16 两IIC时钟同时产生时仲裁

时钟扩展

USCI 模块支持时钟扩展并可以和上述的操作模式中讲述的一样进行使用。

在下列几种情况下如果 USCI 模块已经释放了 SCL 时，UCSCLLOW 位可以用来检查是否有其他的设备拉低 SCL：

USCI 处于主模式下，一个连接的从设备将 SCL 拉低时。

USCI 处于主模式下，在仲裁进程中其他主设备把 SCL 拉低。

如果 USCI 模块由于作为主发送设备等待数据写入 UCBxTXBUF 或者是作为接收设备等待从 UCBxRXBUF 中读取数据而把 SCL 总线拉低时，UCSCLLOW 位同样可用。

由于逻辑检查是根据把外部的 SCL 和内部的相比较之后产生的 SCL，所以在 SCL 产生上升沿的一瞬间 UCSCLLOW 位就有可能被置位。

17.3.6 省电模式下 USCI 模块中 I2C 模式的使用

在使用低功耗模式下 USCI 模块提供了自动时钟激活。如果因为设备处于低功耗状态而导致 USCI 模块的时钟源关断时，如果需要，无论时钟源控制位设置如何，USCI 模块都可自动激活。然后直到 USCI 模块重新回到空闲状态时钟源都会保持激活状态。USCI 回复空闲状态后，控制时钟源将恢复其控制位的设置状态。

在 I2C 从模式下由于时钟是由外部主设备提供的所以内部时钟源并不是必须的。在设备处于 LPM4 状态下并且所有内部时钟源被禁止时 USCI 可以工作在 I2C 从模式下。接收或者发送中断可以将 CPU 从任何一种低功耗状态下唤醒。

17.3.7 I2C 模式下的 USCI 中断

USCI 模块只有一个中断向量可供传输、接收和状态转换使用。USCI_Ax 和 USCI_Bx 不能使用同一个中断向量。

每个中断标志都有自己的中断允许位。当一个中断被允许的同时 GIE 位置位时，一个中断请求将会产生中断标志位。在带有 DMA 控制器的设备上 DMA 传输将由 UCTXIFG 和 UCRXIFG 标志位来控制。

I2C 发送中断操作模式

发送设备置位 UCTXIFG 中断位来标示 UCBxTXBUF 已经准备好接受下一个字节，并在 UCTXIE 和 GIE 同时置位时产生一个中断请求信号。当有数据写入 UCBxTXBUF 或者接收到 NACK 信号时 UCTXIFG 会自动重置。当选择 I2C 模式并且 UCSWRST=1 时 UCTXIFG 置位。当一个 PUC 产生后或者 UCSWRST=1

时UCTXIE会被重置。

I2C 接收中断操作模式

当接收到一个字节并写入UCBxRXBUF时UCRXIFG标志位置位,并在UCRXIE和GIE同时置位时产生一个中断请求信号。当一个PUC产生后或者UCSWRST=1时UCRXIFG和UCTXIE会被重置。当读取UCBxRXBUF时UCRXIFG将自动重置。

I2C 状态改变中断操作模式

表 17-1 描述了 I2C 的状态转换中断标志。

表 17-1 I2C 状态转换中断标志

中断标志	中断条件
UCALIFG	仲裁丢失标志位。仲裁丢失可能发生在两个或两个以上的主发送设备同时发送数据时,或者是当 USCI 模块工作在主模式但对于系统中其他主设备作为从设备来寻址时。当仲裁丢失时 UCALIFG 位置位。当 UCALIFG 位置位时 UCMST 位清零的同时 I2C 模块变成一个从设备。
UCNACKIFG	未响应中断标志位。当接收不到预期返回的应答信号时此标志位置位。当接收到一个 START 起始条件时此标志位自动清零。
UCSTTIFG	起始条件检测到标志位。在从模式下当 I2C 模块检测到带有其本地地址的起始条件的到来时 UCSTTIFG 位置位。UCSTTIFG 位只能在从模式下使用并且在接收到停止条件时自动清零。
UCSTPIFG	停止条件检测到标志位。在从模式下当 I2C 模块检测到停止条件的到来时 UCSTPIFG 位置位。UCSTPIFG 位只能在从模式下使用并且在接收到起始条件时自动清零。

UCBxIV, 中断向量发生器

USCI 中断标志具有优先级并归一来源于一个单一的中断向量。中断寄存器 UCBxIV 就是用来确定哪个标志位请求中断。最高优先权允许中断在寄存器 UCBxIV 中产生一个可以评估或增加程序计数器自动输入适当软件例程的编号。禁止中断并不影响 UCBxIV 的值。

任何的访问、读写,寄存器 UCBxIV 中正在等待的中断标志的最高优先权都会自动重置。如果有其他标志位置位,那么在初始中断服务程序完成后将立即产生其他中断。

UCBxIV 的软件示例

下面的软件示例给出了 UCBxIV 的推荐使用例子。UCBxIV 值加到 PC 值上来实现自动跳转。此示例用的是 USCI_B0。

```
USCI_I2C_ISR
    ADD &UCB0IV, PC      ; Add offset to jump table
    RETI                  ; Vector 0: No interrupt
    JMP ALIFG_ISR         ; Vector 2: ALIFG
    JMP NACKIFG_ISR       ; Vector 4: NACKIFG
    JMP STTIFG_ISR        ; Vector 6: STTIFG
    JMP STPIFG_ISR        ; Vector 8: STPIFG
    JMP RXIFG_ISR         ; Vector 10: RXIFG
TXIFG_ISR                ; Vector 12
    ...                   ; Task starts here
    RETI                  ; Return
ALIFG_ISR                ; Vector 2
    ...                   ; Task starts here
    RETI                  ; Return
NACKIFG_ISR              ; Vector 4
    ...                   ; Task starts here
```

```

        RETI                ; Return
STTIFG_ISR                ; Vector 6
...                        ; Task starts here
        RETI                ; Return
STPIFG_ISR                ; Vector 8
...                        ; Task starts here
        RETI                ; Return
RXIFG_ISR                 ; Vector 10
...                        ; Task starts here
        RETI                ; Return

```

17.4 USCI 寄存器：I2C 模式

在 I2C 模式下适用的 USCI 寄存器在表 17-2 中列出。可用的字型寄存器则在表 17-3 中列出。

表 17-2 USCI_Bx 寄存器				
寄存器	简写	寄存器类型	地址偏移	初始状态
USCI_Bx 控制寄存器 0	UCBxCTL0	字节-读/写	+01H	01H 和 PUC
USCI_Bx 控制寄存器 1	UCBxCTL1	字节-读/写	+00H	01H 和 PUC
USCI_Bx 位率控制寄存器 0	UCBxBR0	字节-读/写	+06H	复位和 PUC
USCI_Bx 位率控制寄存器 1	UCBxBR1	字节-读/写	+07H	复位和 PUC
USCI_Bx 状态寄存器	UCBxSTAT	字节-读/写	+0AH	复位和 PUC
保留 读出为 0		字节-只读	+0BH	000H
USCI_Bx 接收缓冲寄存器	UCBxRXBUF	字节-读/写	+0CH	复位和 PUC
保留 读出为 0		字节-只读	+0DH	000H
USCI_Bx 传输缓冲寄存器	UCBxTXBUF	字节-读/写	+0EH	复位和 PUC
保留 读出为 0		字节-只读	+0FH	000H
USCI_Bx IIC 本机地址寄存器	UCBxI2COA	字-读/写	+10H	复位和 PUC
USCI_Bx IIC 从机地址寄存器	UCBxI2CSA	字-读/写	+12H	复位和 PUC
USCI_Bx 中断使能寄存器	UCBxIE	字节-读/写	+1CH	复位和 PUC
USCI_Bx 中断标志寄存器	UCBxIFG	字节-读/写	+1DH	002H 和 PUC
USCI_Bx 中断向量寄存器	UCBxIV	字-读/写	+1EH	复位和 PUC

图 17-3 字使用 USCI_Bx 寄存器				
寄存器	简写	高字节寄存器	低字节寄存器	地址偏移
USCI_Bx 控制字寄存器 0	USCI_BxCTW0	USCI_BxCTL0	USCI_BxCTL1	+00H
USCI_Bx 位率字寄存器	USCI_BxBRW	USCI_BxBR1	USCI_BxBR0	+06H
USCI_Bx 中断控制寄存器	USCI_BxCTL	USCI_BxIFG	USCI_BxIE	+1CH

UCBxCTL0, USCI_Bx 控制寄存器 0

7	6	5	4	3	2	1	0
UCA10	UCSLA10	UCMM	Unused	UCMST	UCMODEx=11		UCSYNC=1
R/W-0							
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位本地地址寻址
 2

UCSLA10	位6	从设备寻址模式选择 0 7位从设备地址寻址 1 10位从设备地址寻址
UCMM	位5	多主设环境选择 0 单主设备环境。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。当在多主设环境中一个主设失去仲裁 (UCMM = 1) 时UCMST 位自动清零并且模块作为从设备工作。 0 从模式 1 主模式
UCMODEx	位2-1	USCI 模式。当UCSYNC = 1时, UCMODEx 选择同步模式。 00 3线 SPI 01 4线SPI (当STE=1时主从模式使能。) 10 4线SPI (当STE=0时主从模式使能。) 11 I2C 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	r0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-1

UCSSELx	位7-6	USCI 时钟源选择。这些位选择BRCLK时钟源。 00 UCLKI 01 ACLK 10 SMCLK 11 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。当一个NACK发送完时UCTXNACK 自动清零。 0 正常应答 1 产生NACK信号
UCTXSTP	位2	在主模式下发送停止条件。在从模式下忽略。在主接收模式下NACK信号在停止条件之前。

- 0 无停止条件产生
1 产生停止条件
- UCTXSTT

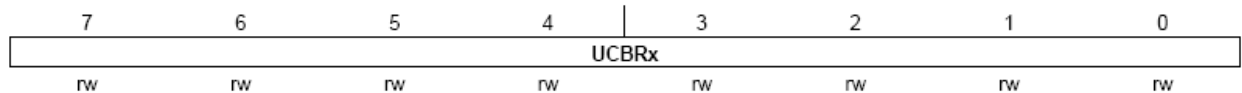
位1

在主模式下发送起始条件。在从模式下忽略。在主接收模式下NACK信号在重复起始条件之前。当起始条件和地址信息发送后UCTXSTT自动清零。从模式下忽略。
0 无起始条件产生
1 产生起始条件
- UCSWRST

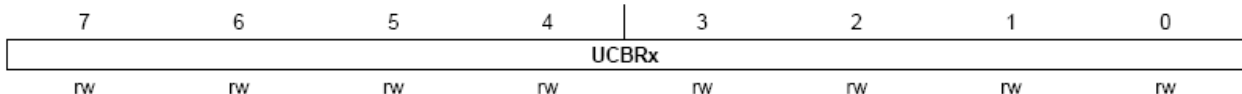
位0

软件复位使能
0 禁止。USCI复位释放操作
1 使能。在复位状态中 USCI 保持逻辑电平。

UCBxBR0, USCI_Bx 波特率控制寄存器 0

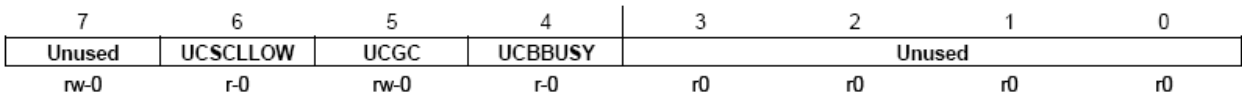


UCBxBR1, USCI_Bx 波特率控制寄存器 1



UCBRx 位时钟分频器。UCxxBR0 + UCxxBR1 得到的16位数值形成分频因子的数值。

UCBxSTAT, USCI_Bx 状态寄存器



Unused 位7 未使用

UCSCLLOW 位6 SCL 低电平
0 SCL 没有被拉低
1 SCL 被拉低

UCGC 位5 接收到广播地址。当接收到起始条件时UCGC自动清零。
0 未接收到广播地址。
1 接收到广播地址。

UCBBUSY 位4 总线忙
0 总线空闲
1 总线忙

Unused 位3-0 未使用

UCBxRXBUF, USCI_Bx 接收缓冲区寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
UCRXBUFx							
r	r	r	r	r	r	r	r

UCRXBUFx 位7-0 接收数据缓冲区用户可以访问,并接收来自加收移位寄存器发送的最后接收到的字节。读 UCBxRXBUF 复位UCRXIFG。

UCBxTXBUF, USCI_Bx 发送缓冲区寄存器

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

UCTXBUFx 位 7-0 发送数据缓冲区用户可访问,并将数据保持到移入发送移位寄存器中传送。对发送数据缓冲区进行写操作可清除 UCTXIFG.位。

UCBxI2COA, USCIBx I2C 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
1 响应

I2COAx 位 9-0 I2C 本地地址。I2COAx 包含了 USCI_Bx 的 I2C 控制器中的本地地址。该地址是正确合理的。在 7 位寻址模式下,第 6 位是最高位,第 7-9 位可以忽略。在 10 位寻址模式下,第 9 位是最高位。

UCBxI2CSA, USCI_Bx I2C 从地址寄存器

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 从地址。I2CSAx 包含了 USCI_Bx 寻址的外扩设备的从地址。只在主设备模式下有效。该地址是正确合理的。在 7 位寻址模式下,第 6 位是最高位,第 7-9 位可以忽略。在 10 位寻址模式下,第 9 位是最高位。

UCBxIE, USCI_Bx I2C 中断使能寄存器

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

Reserved	位 7-6	保留位
UCNACKIE	位 5	未响应中断使能 0 中断禁止 1 中断使能
UCALIE	位 4	仲裁丢失中断使能 0 中断禁止 1 中断使能
UCSTPIE	位 3	停止条件中断使能 0 中断禁止 1 中断使能
UCSTTIE	位 2	起始条件中断使能 0 中断禁止 1 中断使能
UCTXIE	位 1	发送中断使能 0 中断禁止 1 中断使能
UCRXIE	位 0	接收中断使能 0 中断禁止 1 中断使能

UCBxIFG, USCI_Bx I C 中断标志寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved	Reserved	UCNACKIFG	UCALIFG	UCSTPIFG	UCSTTIFG	UCTXIFG	UCRXIFG
r-0	r-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-1	rw-0

Reserved	位 7-6	保留位
UCNACKIFG	位 5	未响应中断标志位。当产生起始条件时 UCNACKIFG 自动清零。 0 无中断请求 1 有中断请求
UCALIFG	位 4	仲裁丢失中断标志位 0 无中断请求 1 有中断请求
UCSTPIFG	位 3	停止条件中断标志位。当接收到一个起始条件时 UCSTPIFG 自动清零。 0 无中断请求 1 有中断请求
UCSTTIFG	位 2	起始条件中断标志位。接收到停止条件时 UCSTTIFG 自动清零。 0 无中断请求 1 有中断请求

UCTXIFG 位 1 USCI 发送中断标志位。当 UCBxTXBUF 为空时置位。
 0 无中断请求
 1 有中断请求

UCRXIFG 位 0 USCI 接收中断标志位。当 UCBxRXBUF 接收完一个完整字节后置位。
 0 无中断请求
 1 有中断请求

UCBxIV, USCI_Bx 中断向量寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
0	0	0	0	0	0	0	0
r0	r0	r0	r0	r0	r0	r0	r0
7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	UCIVx			0
r0	r0	r0	r0	r-0	r-0	r-0	r0

UCIVx 位 15-0 USCI 中断向量值

UCBxIV 内容	中断来源	中断标志	中断优先级
000h	无中断请求	—	
002h	仲裁丢失	UCALIFG	最高
004h	未响应	UCNACKIFG	
006h	接收到起始条件	UCSTTIFG	
008h	接收到停止条件	UCSTPIFG	
00Ah	接收到数据	UCRXIFG	
00Ch	发送缓冲区为空	UCTXIFG	最低