

第 15 章 输入捕捉

目录

本章包括下列主题：

15.1	简介	15-2
15.2	输入捕捉寄存器	15-3
15.3	定时器选择.....	15-7
15.4	输入捕捉使能.....	15-7
15.5	输入捕捉事件模式.....	15-8
15.6	捕捉缓冲区操作	15-13
15.7	输入捕捉中断.....	15-14
15.8	节能模式下的操作.....	15-16
15.9	调试模式下的输入捕捉操作	15-17
15.10	I/O 引脚控制.....	15-18
15.11	设计技巧	15-18
15.12	相关应用笔记	15-19
15.13	版本历史	15-20

15.1 简介

本章介绍输入捕捉模块及其相关的工作模式。输入捕捉模块用于在输入引脚上发生事件时，捕捉来自两个可选时基之一的定时器值。输入捕捉功能在需要进行频率（时间周期）和脉冲测量的应用中很有用。图 15-1 给出了输入捕捉模块的简化框图。

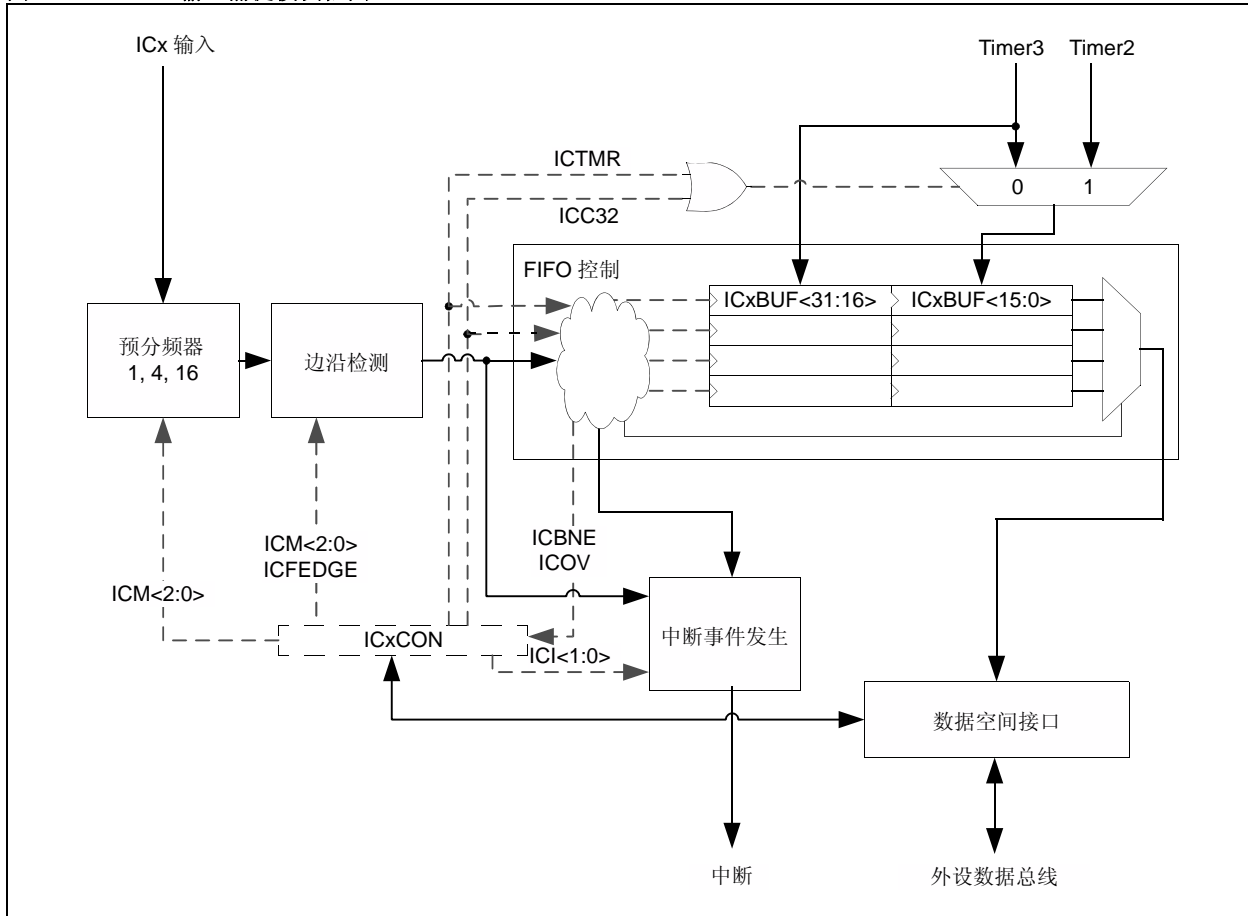
注： 不同的 PIC32MX 器件型号可能具有一个或多个输入捕捉模块。关于特定器件上提供的输入捕捉模块数目的信息，请参见具体器件数据手册。
所有输入捕捉模块在功能上都是相同的。在本文档中，在引脚、控制 / 状态位和寄存器的名称中使用的 “x” 表示特定的输入捕捉模块。

输入捕捉模块有多种工作模式，可通过 ICxCON 寄存器进行选择。这些工作模式包括以下：

- 在 ICx 引脚输入信号的每个下降沿捕捉定时器值
- 在 ICx 引脚输入信号的每个上升沿捕捉定时器值
- 在 ICx 引脚输入信号的每 4 个上升沿捕捉一次定时器值
- 在 ICx 引脚输入信号的每 16 个上升沿捕捉一次定时器值
- 在 ICx 引脚输入信号的每个上升沿和下降沿捕捉定时器值
- 先在指定边沿，之后在每个边沿捕捉定时器值

输入捕捉模块具有 4 级深先进先出（First In First Out, FIFO）缓冲区。可通过用户应用程序选择产生 CPU 中断所需的捕捉事件数。输入捕捉模块还可以配置为在器件进入 Sleep（休眠）或 Idle（空闲）模式时在捕捉输入的上升沿产生 CPU 中断。

图 15-1: 输入捕捉模块框图



15.2 输入捕捉寄存器

PIC32MX 器件上提供的每个输入捕捉模块都具有以下特殊功能寄存器（Special Function Register, SFR）：

- ICxCON：输入捕捉控制寄存器
- ICxBUF：输入捕捉缓冲寄存器

每个输入捕捉模块还具有以下用于中断控制的相关位：

- 中断允许控制位（ICxIE）
- 中断标志状态位（ICxIF）
- 中断优先级控制位（ICxIP）
- 中断子优先级控制位（ICxIS）

表 15-1 简要汇总了与输入捕捉相关的寄存器，之后列出了每个寄存器的详细说明。

表 15-1: 输入捕捉 SFR 汇总

地址 偏移	名称		Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
0x00	ICxCON ^(1,2,3)	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
		23:16	—	—	—	—	—	—	—	—
		15:8	ON	FRZ	SIDL	—	—	—	ICFEDGE	ICC32
		7:0	ICTMR	ICI<1:0>			ICOV	ICBNE	ICM<2:0>	
0x10	ICxBUF	31:24	ICxBUF<31:24>							
		23:16	ICxBUF<23:16>							
		15:8	ICxBUF<15:8>							
		7:0	ICxBUF<7:0>							

图注：— = 未实现，读为 0。地址偏移值以十六进制显示。

- 注 1：该寄存器具有关联的清零寄存器，位于 0x4 字节偏移处。这些清零寄存器的命名方式是在关联寄存器的名称末尾附加 CLR（例如，ICxCONCLR）。向清零寄存器的任意位写入 1 时，会将关联寄存器中的有效位清零。对清零寄存器的读操作将被忽略。
- 2：该寄存器具有关联的置 1 寄存器，位于 0x8 字节偏移处。这些置 1 寄存器的命名方式是在关联寄存器的名称末尾附加 SET（例如，ICxCONSET）。向置 1 寄存器的任意位写入 1 时，会将关联寄存器中的有效位置 1。对置 1 寄存器的读操作将被忽略。
- 3：该寄存器具有关联的取反寄存器，位于 0xC 字节偏移处。这些取反寄存器的命名方式是在关联寄存器的名称末尾附加 INV（例如，ICxCONINV）。向取反寄存器的任意位写入 1 时，会将关联寄存器中的有效位取反。对取反寄存器的读操作将被忽略。

寄存器 15-1: ICxCON: 输入捕捉 x 控制寄存器 (1,2,3)

r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31							bit 24

r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X	r-X
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 23							bit 16

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ON	FRZ	SIDL	—	—	—	ICFEDGE	ICC32
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ICTMR	ICI<1:0>		ICOV	ICBNE	ICM<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 P = 可编程位 r = 保留位
U = 未实现位 -n = POR 时的值: (0, 1, x = 未知)

bit 31-16 **保留:** 写入 0; 忽略读操作

bit 15 **ON:** 输入捕捉模块使能位

1 = 使能模块

0 = 禁止并复位模块、禁止时钟、禁止中断产生并允许进行 SFR 修改

注: 使用 1:1 PBCLK 分频比时, 在清零模块 ON 位的指令之后, 用户的软件不应立即在 SYSCLK 周期中读 / 写外设的 SFR。

bit 14 **FRZ:** 调试模式冻结控制位

1 = 处于 Debug (调试) 模式时模块停止工作

0 = 处于 Debug (调试) 模式时模块不停止工作

注: FRZ 仅在调试异常模式下可写, 在正常模式下强制为 0。

bit 13 **SIDL:** 空闲模式停止控制位

1 = 在 CPU Idle (空闲) 模式下暂停工作

0 = 在 CPU Idle (空闲) 模式下继续工作

bit 12-10 **未实现:** 读为 0

bit 9 **ICFEDGE:** 先捕捉边沿选择位 (仅在模式 6 下, 即 ICM<2:0>= 110 时使用)

1 = 先捕捉上升沿

0 = 先捕捉下降沿

- 注**
- 1: 该寄存器具有关联的清零寄存器 (ICxCONCLR), 位于 0x4 字节偏移处。向清零寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位清零。对清零寄存器的读操作将被忽略。
 - 2: 该寄存器具有关联的置 1 寄存器 (ICxCONSET), 位于 0x8 字节偏移处。向置 1 寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位置 1。对置 1 寄存器的读操作将被忽略。
 - 3: 该寄存器具有关联的取反寄存器 (ICxCONINV), 位于 0xC 字节偏移处。向取反寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位取反。对取反寄存器的读操作将被忽略。

寄存器 15-1: ICxCON: 输入捕捉 x 控制寄存器 (1,2,3) (续)

bit 8	ICC32: 32 位捕捉选择位 1 = 32 位定时器资源捕捉 0 = 16 位定时器资源捕捉
bit 7	ICTMR: 定时器选择位 (当 ICxC32 (ICxCON<8>) 为 1 时, 不会影响定时器选择) 0 = Timer3 作为捕捉的计数器源 1 = Timer2 作为捕捉的计数器源
bit 6-5	ICI<1:0>: 中断控制位 11 = 每 4 个捕捉事件中断一次 10 = 每 3 个捕捉事件中断一次 01 = 每 2 个捕捉事件中断一次 00 = 每 1 个捕捉事件中断一次
bit 4	ICOV: 输入捕捉溢出状态标志位 (只读) 1 = 发生了输入捕捉溢出 0 = 未发生输入捕捉溢出
bit 3	ICBNE: 输入捕捉缓冲区非空状态位 (只读) 1 = 输入捕捉缓冲区非空; 至少可以再读一个捕捉值 0 = 输入捕捉缓冲区为空
bit 2-0	ICM<2:0>: 输入捕捉模式选择位 111 = 仅中断模式 (仅在处于 Sleep (休眠) 或 Idle (空闲) 模式时支持) 110 = 简单捕捉事件模式——每个边沿, 先捕捉指定边沿, 之后捕捉每个边沿 101 = 预分频捕捉事件模式——每 16 个上升沿 100 = 预分频捕捉事件模式——每 4 个上升沿 011 = 简单捕捉事件模式——每个上升沿 010 = 简单捕捉事件模式——每个下降沿 001 = 边沿检测模式——每个边沿 (上升沿和下降沿) 000 = 捕捉禁止模式

- 注 1:** 该寄存器具有关联的清零寄存器 (ICxCONCLR), 位于 0x4 字节偏移处。向清零寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位清零。对清零寄存器的读操作将被忽略。
- 2:** 该寄存器具有关联的置 1 寄存器 (ICxCONSET), 位于 0x8 字节偏移处。向置 1 寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位置 1。对置 1 寄存器的读操作将被忽略。
- 3:** 该寄存器具有关联的取反寄存器 (ICxCONINV), 位于 0xC 字节偏移处。向取反寄存器的任意位写入 1 时, 会将关联寄存器中的有效位取反。对取反寄存器的读操作将被忽略。

寄存器 15-2: ICxBUF: 输入捕捉 x 缓冲寄存器

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ICxBUF<31:24>							
bit 31				bit 24			

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ICxBUF<23:16>							
bit 23				bit 16			

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ICxBUF<15:8>							
bit 15				bit 8			

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ICxBUF<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	P = 可编程位	r = 保留位
U = 未实现位	-n = POR 时的值: (0, 1, x = 未知)		

bit 31-0 **ICxBUF<31:0>:** 缓冲寄存器位
当前捕捉的输入定时器计数的值。

15.3 定时器选择

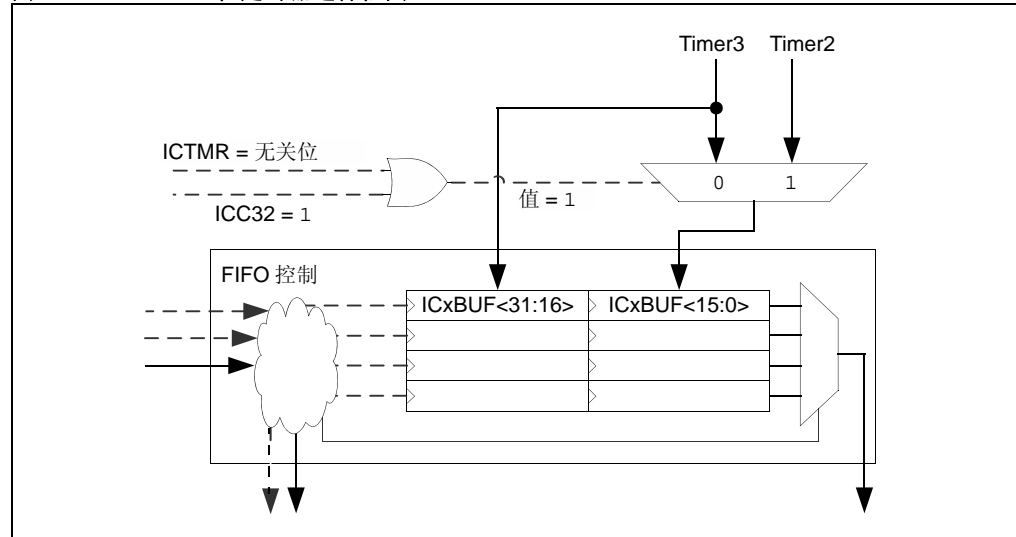
不同的 PIC32MX 器件可能具有一个或多个输入捕捉模块。每个模块可以选择两个 16 位定时器中的一个或一个 32 位定时器作为时基，32 位定时器是由两个 16 位定时器组合构成的。关于可被选用的定时器，请参见具体器件数据手册。

对于 16 位捕捉模式，ICTMR (ICxCON<7>) 设置为 0 时，将选择 Timer3 进行捕捉。ICTMR (ICxCON<7>) 设置为 1 时，将选择 Timer2 进行捕捉。

配置为支持 32 位捕捉的输入捕捉模块可以使用 32 位定时器资源来进行输入捕捉。通过将 ICC32 (ICxCON<8>) 设置为 1，可以对 32 位定时器资源进行捕捉。32 位定时器资源使用现有的 16 位定时器输入送入模块。Timer2 提供低 16 位，Timer3 提供高 16 位，如图 15-2 所示。

定时器时钟可以设置为使用内部外设时钟源或在 TxCK 引脚上施加的同步外部时钟源。

图 15-2: 32 位定时器选择框图



15.4 输入捕捉使能

进行配置之后，通过将 ON 位 (ICxCON<15>) 置 1 可以使能输入捕捉模块。当该位清零时，模块会复位。将模块复位具有以下影响：

- 清零溢出条件标志
- 将 FIFO 复位为空状态
- 复位事件计数（用于中断产生）
- 复位预分频器计数

无论 ON 位 (ICxCON<15>) 状态如何，都允许读写寄存器。

15.5 输入捕捉事件模式

当 ICx 引脚上发生事件时，输入捕捉模块捕捉选定基寄存器的值。输入捕捉模块可以配置为以下模式：

- 简单捕捉事件模式：
 - 在 ICx 引脚输入信号的每个下降沿捕捉定时器值
 - 在 ICx 引脚输入信号的每个上升沿捕捉定时器值
 - 在 ICx 引脚输入信号的每个上升沿和下降沿捕捉定时器值，从指定边沿开始捕捉
- 预分频捕捉事件模式：
 - 在 ICx 引脚输入信号的每 4 个上升沿捕捉一次定时器值
 - 在 ICx 引脚输入信号的每 16 个上升沿捕捉一次定时器值
- 边沿检测模式（见第 15.5.3 节“边沿检测（霍尔传感器）模式”）
- 仅中断模式（见第 15.5.4 节“仅中断模式”）

可通过设置相应的输入捕捉模式位 ICM<2:0>（ICxCON<2:0>）来配置上述输入捕捉模式。

当输入捕捉模块被禁止（ICM<2:0> = 000）时，输入捕捉逻辑会忽略传入的捕捉边沿，并且不会产生进一步的捕捉事件或中断。FIFO 仍然可供读取。将模块恢复为任何其他模式时，它会继续开始工作。当捕捉被禁止时，在捕捉输入上的状态变化不会导致模块退出捕捉禁止模式进行捕捉事件。

注： 在输入捕捉模块处于捕捉禁止模式时，预分频器逻辑会继续运行。

15.5.1 简单捕捉事件

输入捕捉模块可以基于 ICx 引脚上所施加输入的选定边沿（上升沿、下降沿或两者，由模式定义）捕捉定时器计数值。表 15-2 列出了模式设置。在简单捕捉事件模式下，将不使用预分频器。关于简单捕捉事件的简化时序图，请参见图 15-3、图 15-4 和图 15-5。

表 15-2: 输入捕捉模式设置

ICM<2:0> 设置	捕捉发生边沿
001	上升沿
010	下降沿
110	上升沿和下降沿 ⁽¹⁾

注 1： 该捕捉操作在 ICFEDGE 位（ICxCON<9>）指定的边沿开始。

输入捕捉逻辑根据外设时钟检测和同步捕捉引脚信号的上升沿或下降沿。当出现上升/下降沿时，输入捕捉模块逻辑会将当前时基值写入捕捉缓冲区并发信号给中断产生逻辑。

注： 由于捕捉输入必须与外设时钟进行同步，所以模块捕捉的是在捕捉事件之后，在 2-3 个外设时钟周期（TPB）有效的定时器计数值。

输入捕捉中断事件在进行 1、2、3 或 4 次定时器计数捕捉之后产生，捕捉次数由 ICI<1:0> 位（ICxCON<6:5>）配置。更多详细信息，请参见第 15.7 节“输入捕捉中断”。

由于捕捉引脚按照外设时钟进行采样，所以捕捉脉冲高电平和低电平宽度必须大于外设时钟周期。

图 15-3 显示了以下情况下的两个捕捉事件：输入捕捉模块处于简单捕捉模式，配置为在每个上升沿进行捕捉（ $ICM<2:0>$ （ $ICxCON<2:0>$ ）= 011），并对于每个事件产生中断（ $ICI<1:0>$ （ $ICxCON<6:5>$ ）= 00）。

第一个捕捉事件在定时器值为“n”时发生。由于同步延时的原因，捕捉缓冲区中存储的定时器值是“n+2”。第二个捕捉事件在定时器值为“m”时发生。可以注意到，由于传播延时以及同步延时的原因，捕捉缓冲区中存储的值是“m+3”。中断事件在每次发生捕捉事件时产生。

图 15-3： 简单捕捉事件时序图，在每个上升沿进行捕捉

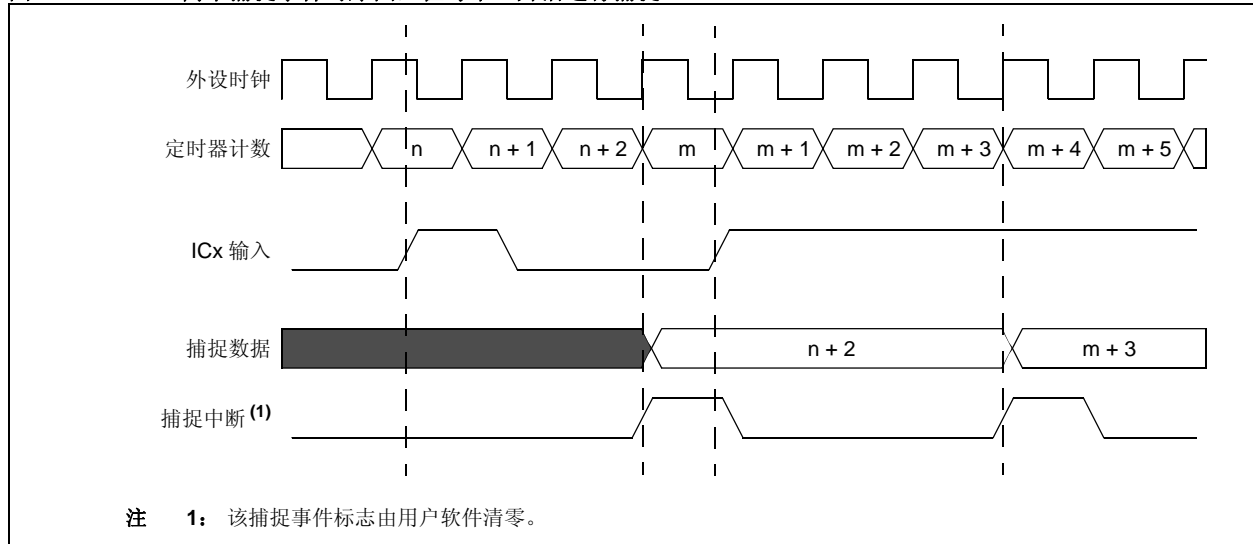


图 15-4 显示了以下情况下的一个捕捉事件：输入捕捉模块处于简单捕捉模式，配置为在每个下降沿进行捕捉（ $ICM<2:0>$ （ $ICxCON<2:0>$ ）= 010），并对于每个事件产生中断（ $ICI<1:0>$ （ $ICxCON<6:5>$ ）= 00）。在该示例中，定时器频率小于外设时钟频率。

捕捉事件在定时器值为“n”时发生。捕捉缓冲区中存储的值为“n”，并且会产生中断事件。

图 15-4： 简单捕捉事件时序图，在每个下降沿进行捕捉

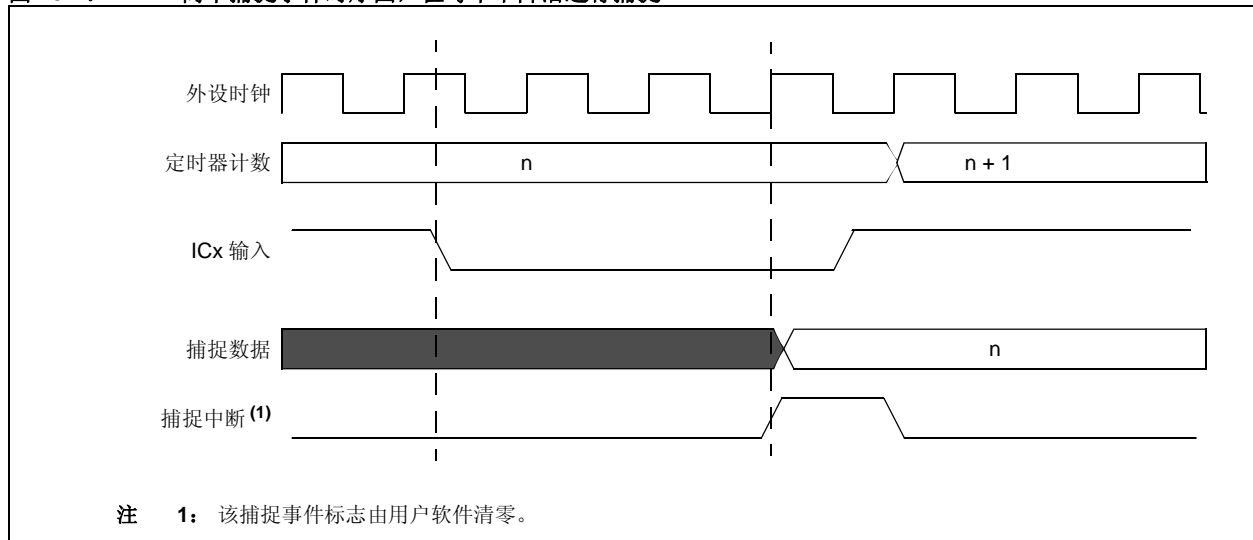
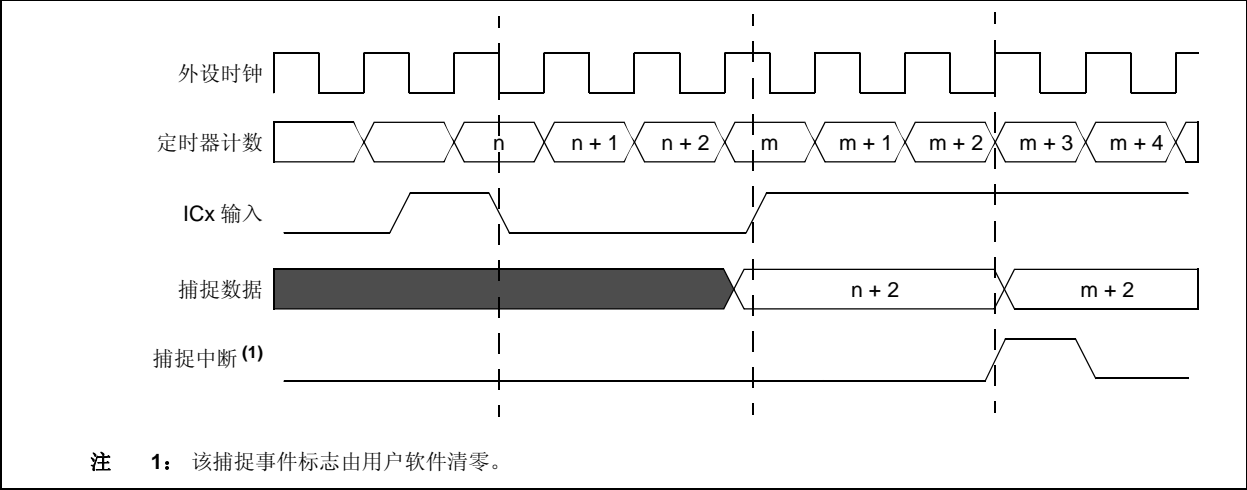


图 15-5 显示了以下情况下的一个捕捉事件：输入捕捉模块处于简单捕捉模式，配置为在每个边沿进行捕捉（ICM<2:0>（ICxCON<2:0>）= 011）；从下降沿开始捕捉（ICFEDGE（ICxCON<9>）= 0），并且在每次发生第二个事件时产生中断（ICI<1:0>（ICxCON<6:5>）= 01）。

第一个下降沿在定时器值为“n”时出现。捕捉缓冲区中存储的值为“n + 2”。随后的下降沿在定时器值为“m”时出现。捕捉缓冲区中存储的值为“m + 2”，并且会产生中断事件。

图 15-5：简单捕捉事件时序图，从下降沿开始在每个边沿进行捕捉



15.5.2 预分频捕捉事件模式

在预分频捕捉事件模式下，输入捕捉模块会在每 4 个或每 16 个上升沿触发一次捕捉事件。表 15-3 列出了预分频捕捉事件模式的设置。

表 15-3：预分频捕捉事件模式设置

ICM<2:0> 设置	触发之前的上升沿数量
100	4
101	16

捕捉预分频器计数器在捕捉输入的每个上升沿递增。当预分频器计数器等于 4 或 16 时（取决于所选择的模式），计数器会输出“有效的”捕捉事件信号。然后，有效的捕捉事件信号与外设时钟进行同步。同步后的捕捉事件信号会触发定时器计数捕捉。

注： 由于捕捉输入必须与外设时钟进行同步，所以模块捕捉的是在捕捉事件之后，在 2-3 个外设时钟周期（TpB）有效的定时器计数值。

输入捕捉中断在进行 1、2、3 或 4 次定时器计数捕捉之后产生，捕捉次数由 ICI<1:0> 位（ICxCON<6:5>）配置。更多详细信息，请参见第 15.7 节“输入捕捉中断”。

注： 建议用户先禁止捕捉模块（即，清零 ON 位 ICxCON<15>），然后再切换为预分频捕捉事件模式。简单地从另一种工作模式切换为预分频捕捉事件模式不会复位预分频器，但可能导致意外的捕捉事件。

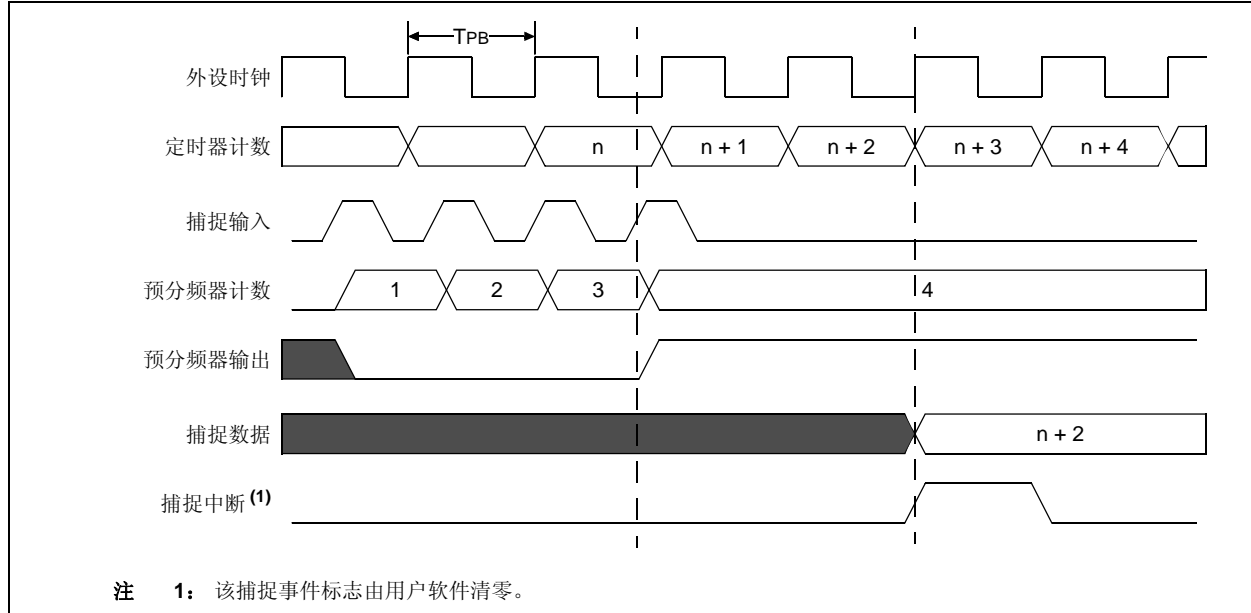
当发生以下事件时，预分频器计数器被清零：

- 输入捕捉模块被关闭（即，ON（ICxCON<15>）= 0）
- 输入捕捉模块复位

由于捕捉引脚会触发内部触发器，所以输入捕捉脉冲高电平和低电平宽度不受外设时钟周期限制。关于输入捕捉电气规范的详细信息，请参见具体器件数据手册中的“电气特性”章节。

图 15-6 显示了输入捕捉模块处于预分频捕捉事件模式时的一个捕捉事件。预分频器配置为在捕捉输入上每次出现第 4 个上升沿时捕捉定时器值（ICM<2:0>（ICxCON<2:0>）= 100），并对于每个捕捉事件产生中断（ICI<1:0>（ICxCON<6:5>）= 00）。捕捉输入上的第 4 个上升沿在时间“n”处发生。预分频器输出会进行同步。由于同步延时的原因，捕捉缓冲区中存储的定时器值是“n + 2”。模块会由于捕捉事件而产生中断信号。

图 15-6: 预分频捕捉事件时序图



15.5.3 边沿检测（霍尔传感器）模式

在边沿检测模式下，输入捕捉模块会在捕捉输入的每个边沿处捕捉定时器计数值。边沿检测模式通过将 ICM<2:0> 位（ICxCON<2:0>）设置为 001 进行选择。在该模式下，不会使用捕捉预分频器，也不会更新输入捕捉溢出位 ICOV（ICxCON<4>）。在该模式下，中断控制位 ICI<1:0>（ICxCON<6:5>）会被忽略，中断事件在每次定时器计数捕捉时产生。简化时序图请参见图 15-7。

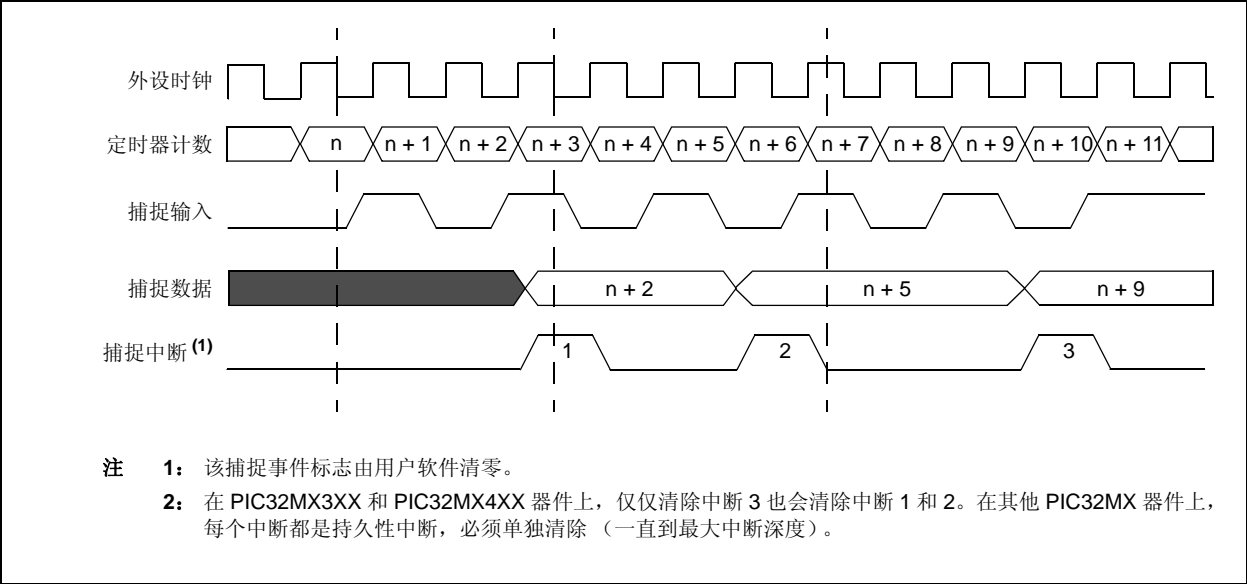
与简单捕捉事件模式相同，输入捕捉逻辑根据外设时钟检测和同步捕捉输入信号的上升沿和下降沿。在出现上升沿或下降沿时，输入捕捉模块会将时基值写入捕捉缓冲区。

注： 由于捕捉输入必须与外设时钟进行同步，所以模块捕捉的是在捕捉事件之后，在 2-3 个外设时钟周期（TPB）有效的定时器计数值。

由于捕捉引脚按照外设时钟进行采样，所以捕捉脉冲高电平和低电平宽度必须大于外设时钟周期。

图 15-7 显示了输入捕捉模块处于边沿检测模式 ($ICM<2:0> (ICxCON<2:0> = 001)$) 时的三个捕捉事件。捕捉输入上的电平跳变在时间 “n”、“n + 1” 和 “n + 3” 处发生。由于同步和传播延时的原因，捕捉缓冲区中存储的定时器值是 “n + 2”、“n + 4” 和 “n + 5”。中断信号在每次发生捕捉输入电平跳变时产生。

图 15-7: 边沿检测捕捉事件时序图



15.5.4 仅中断模式

仅中断模式在器件运行时不工作，它仅在器件处于 Sleep（休眠）或 Idle（空闲）模式时工作；但是，在正常工作期间，当器件处于 Sleep（休眠）或 Idle（空闲）模式，并且输入捕捉模块设置为仅中断模式 ($ICM<2:0> = 111$) 时，输入捕捉模块用作一个中断引脚。输入捕捉上的任何上升沿都会触发中断，该中断会唤醒器件。模块不会捕捉任何定时器值，并且 FIFO 缓冲区不会进行更新。

由于不捕捉任何定时器值，定时器选择位 ICTMR ($ICxCON<7>$) 会被忽略，也不需要配置定时器源。该模式下不会使用预分频器，因为唤醒中断在第一个上升沿产生。因此， $IC1<1:0>$ 位 ($ICxCON<6:5>$) 被忽略。当器件退出 Sleep（休眠）或 Idle（模式）时，中断信号会被置为无效。该模式只是用作外部唤醒源。

由于捕捉引脚会触发内部触发器，所以输入捕捉脉冲高电平和低电平宽度不受外设时钟周期限制。关于输入捕捉电气规范的详细信息，请参见具体器件数据手册中的“电气特性”章节。

15.6 捕捉缓冲区操作

每个输入捕捉模块都具有一个 4 级深的关联 FIFO 缓冲区。用户应用程序可以通过缓冲寄存器 (ICxBUF) 访问缓冲区。ICxBUF 由输入捕捉逻辑写入，只能由用户应用程序读取。对 ICxBUF 的写操作会被忽略。

有两个状态标志提供 FIFO 缓冲区的状态：

- ICBNE (ICxCON<3>) ——输入捕捉缓冲区非空
- ICOV (ICxCON<4>) ——输入捕捉溢出

当输入捕捉模块被禁止（即，ON (ICxCON<15>) = 0）或发生复位）时，状态标志会清零，缓冲区会清零为空状态。

ICBNE 标志在第一个输入捕捉事件发生时被置 1，并且一直保持置 1 状态，直到所有捕捉事件都已从 FIFO 中读出。例如，如果发生了 3 个捕捉事件，则必须对捕捉 FIFO 缓冲区执行 3 次读操作后才能将 ICBNE 标志清零。如果发生了 4 个捕捉事件，则必须执行 4 次读操作后才能将 ICBNE 标志清零。

每次读取 FIFO 缓冲区都会调整读指针，使余下的条目移动到 FIFO 下一个可用的顶部单元。在 32 位捕捉模式下，如果每次读取 16 位，则高 16 位必须最后读取。FIFO 读指针会在读取最高有效字节 (MSB) 时递增。

如果 FIFO 已满（具有 4 个捕捉事件），并且在读取 FIFO 之前发生了第 5 个捕捉事件，则会产生溢出条件，ICOV 位 (ICxCON<4>) 会设置为逻辑 1。第 5 个捕捉事件不会被记录，在溢出条件清除之前，后续的捕捉事件不会改变当前 FIFO 内容，并且会产生输入捕捉错误中断。

注： PIC32MX3XX 和 PIC32MX4XX 单片机不支持 ICxE 中断。关于可用性，请参见具体器件数据手册。

溢出条件可以通过以下任一方式清除：

- 禁止模块（即，ON (ICxCON<15>) = 0）
- 读取捕捉缓冲区，直到 ICBNE (ICxCON<3>) = 0 为止
- 复位器件

如果输入捕捉模块被禁止，并在某个时间重新使能，则 FIFO 缓冲区内容是未定义的，读取时可能获得不确定的结果。

如果在未接收到任何捕捉事件时执行 FIFO 读操作，则读取时会获得不确定的结果。

15.7 输入捕捉中断

输入捕捉模块能根据选定的捕捉事件数来产生中断事件信号。通过将定时器值写入 FIFO 中来定义捕捉事件。触发中断事件所需的捕捉事件数量由 ICI<1:0> 控制位 (ICxCON<6:5>) 设置。如果 ICBNE (ICxCON<3>) = 0, 中断计数会被清零。这使用户可将中断计数与 FIFO 状态同步。

例如, 假设 ICI<1:0> = 01 (指定在每次发生第二个捕捉事件时产生中断事件), 则可能发生以下序列:

- 1. 开启模块, 中断计数 = 0。
- 2. 捕捉事件。FIFO 包含 1 个条目, 中断计数 = 1。
- 3. 读取 FIFO。FIFO 为空, 中断计数 = 0。
- 4. 捕捉事件。FIFO 包含 1 个条目, 中断计数 = 1。
- 5. 捕捉事件。FIFO 包含 2 个条目, 中断计数 = 2。
- 6. 发出中断。中断计数 = 0。
- 7. 捕捉事件。FIFO 包含 3 个条目, 中断计数 = 1。
- 8. 读取 FIFO 三次。FIFO 变为空, 中断计数 = 0。
- 9. 捕捉事件。FIFO 包含 1 个条目, 中断计数 = 1。
- 10. 读取 FIFO。FIFO 变为空, 中断计数 = 0。

第一个捕捉事件定义为在模式从 OFF 模式改变之后或在 ICBNE = 0 之后发生的捕捉事件。

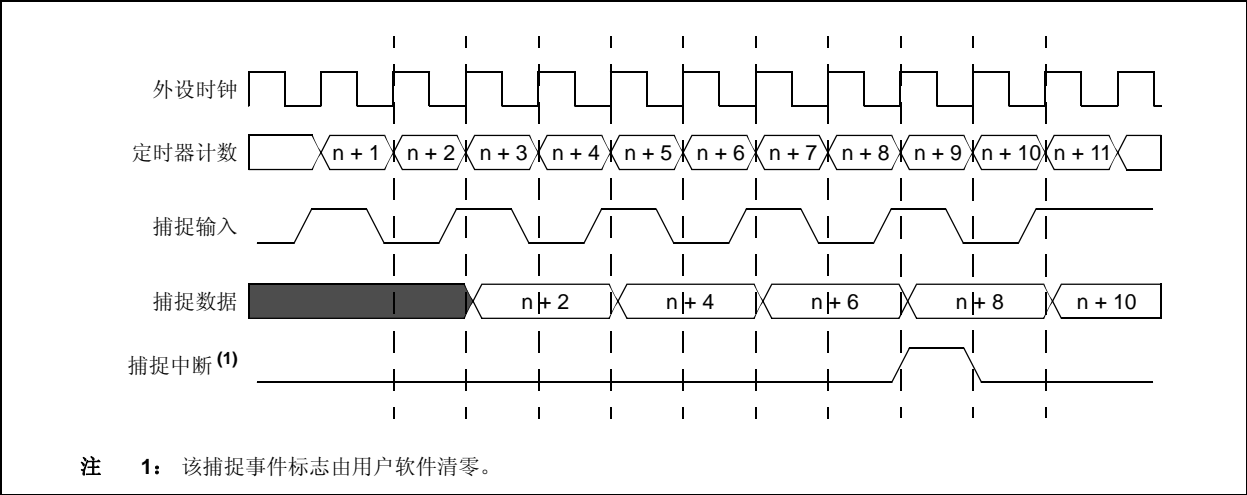
在发生溢出时 (除非 ICI<1:0> = 00 或 ICM<2:0> = 001), 中断捕捉模块将停止产生输入捕捉事件, 改为产生输入捕捉错误事件。该中断将一直产生, 直到溢出条件被清除为止 (关于如何清除溢出条件的详细信息, 请参见第 15.6 节 “捕捉缓冲区操作”)。

注: PIC32MX3XX 和 PIC32MX4XX 单片机不支持 ICxE 中断。关于可用性, 请参见具体器件数据手册。

应用程序通常指定使用输入捕捉引脚作为附属外部中断源。当 ICI<1:0> = 00 或 ICM<2:0> = 001 时, 无论 FIFO 是否溢出, 都会发生中断事件。不需要对捕捉缓冲区执行假读操作来清除事件和防止溢出, 从而来确保不会禁止未来的中断事件。对于溢出条件, ICOV 标志 (ICxCON<4>) 仍然会置 1。

图 15-8 显示了以下情况下的 5 个捕捉事件: 输入捕捉模块配置为在每个上升沿捕捉定时器值 (ICM<2:0> = 011), 并每 4 次捕捉产生一次中断 (ICI<1:0> = 11)。请注意, 第 4 次捕捉会导致捕捉值为 “n + 8”, 并触发中断事件。

图 15-8: 中断事件, ICxCON.ICM<2:0> = 011, ICxCON.ICI<1:0> = 11



15.7.1 中断控制位

每个输入捕捉模块都具有中断标志状态位（ICxIF）、中断错误状态位（ICxE）、中断允许位（ICxIE）、中断优先级控制位（ICxIP）和辅助中断优先级控制位（ICxIS）。关于外设中断的更多信息，请参见第 8 章“中断”（DS61108）中的第 8.2 节“控制寄存器”。

15.7.2 中断持久性

只要导致输入捕捉中断的条件一直存在，这些中断就会一直发生。此外，如果条件未被清除，它们会立即再次发生。表 15-4 列出了中断持久性的设置和清除条件。

注： PIC32MX3XX 和 PIC32MX4XX 单片机不支持 ICxE 中断或持久性中断。关于可用性，请参见具体器件数据手册。

表 15-4: 中断持久性条件

ICxCON 值	设置条件	持久性
ICI<1:0> = 11	每 4 个捕捉事件中断一次。	如果 FIFO 条目数量等于 4，则中断有效。
ICI<1:0> = 10	每 3 个捕捉事件中断一次。	如果 FIFO 条目数量大于等于 3，则中断有效。
ICI<1:0> = 01	每 2 个捕捉事件中断一次。	如果 FIFO 条目数量大于等于 2，则中断有效。
ICI<1:0> = 00 或 边沿检测模式（见 ICxCON 寄存器中的 ICM<2:0> 位（寄存器 15-1））	每个捕捉事件中断一次。	如果 FIFO 条目数量大于等于 1，则中断有效。
ICOV = 1	如果 FIFO 已满，则每 5 个捕捉事件中断一次。	中断一直有效，直到清零错误条件标志（ICxCON.ICOV）为止。

15.8 节能模式下的操作

15.8.1 休眠模式下的输入捕捉操作

当器件进入 Sleep（休眠）模式时，外设时钟被禁止。在 Sleep（休眠）模式下，输入捕捉模块只能用作外部中断源。该模式可以通过设置 ICM<2:0> 控制位（ICxCON<2:0>）= 111 进行使能（对于仅中断模式）。在该模式下，捕捉引脚的上升沿将使器件从休眠状态唤醒。如果允许了相应的模块中断位，并且模块优先级达到要求，将产生中断。更多详细信息，请参见第 15.5.4 节“仅中断模式”。

如果输入捕捉模块被配置为除 ICM<2:0> = 111 以外的模式，并且器件进入 Sleep（休眠）模式，则外部引脚的任何上升沿或下降沿都不会产生从休眠模式唤醒条件。

15.8.2 空闲模式下的输入捕捉操作

当器件进入 Idle（空闲）模式时，外设时钟源保持工作，但 CPU 停止执行代码。空闲模式停止控制位 SIDL（ICxCON<13>）决定模块在 Idle（空闲）模式下是停止还是继续工作。

如果 SIDL 为 0，模块在 Idle（空闲）模式下会继续正常工作。虽然仅中断模式（ICM<2:0> = 111）可能会在 Idle（空闲）模式下 SIDL 为 0 时产生中断，但在处理器运行时它不会产生中断。更多详细信息，请参见第 15.5.4 节“仅中断模式”。

如果 SIDL 为 1，模块在 Idle（空闲）模式下会停止工作。模块在 Idle（空闲）模式下停止工作时执行与在 Sleep（休眠）模式下相同的程序。更多详细信息，请参见第 15.5.4 节“仅中断模式”。

15.8.3 器件从休眠或空闲模式唤醒

在使用仅中断模式时，当器件处于 Sleep（休眠）或 Idle（空闲）模式时，输入捕捉事件可将器件唤醒或产生中断（如果允许）。更多详细信息，请参见第 15.5.4 节“仅中断模式”。

15.9 调试模式下的输入捕捉操作

FRZ 位 (ICxCON<14>) 决定 CPU 在 Debug (调试) 模式下执行调试异常代码 (即, 应用程序暂停) 时, 输入捕捉模块是继续运行还是停止。

如果 FRZ 为 0, 则在 Debug (调试) 模式下, 即使应用程序暂停, 输入捕捉模块也会继续工作。如果 FRZ 为 1, 则应用程序会在 Debug (调试) 模式下暂停, 输入捕捉模块会冻结其操作, 并且不改变它的当前状态。在 CPU 继续开始执行代码之后, 模块将继续工作。

注: 只有 CPU 在调试异常模式下执行时, FRZ 位才可读写。在所有其他模式下, FRZ 位读为 0。如果 FRZ 位在 Debug (调试) 模式期间发生改变, 则只有退出当前调试异常模式并重新进入该模式之后, 新值才会生效。在调试异常模式期间, 在进入 Debug (调试) 模式时 FRZ 位会读取外设状态。

15.9.1 冻结期间的捕捉操作 (FRZ = 1)

在冻结时, 捕捉操作不会导致模块发生变化。边沿检测逻辑可以防止在退出冻结状态之后意外地检测到在冻结期间发生的任何状态变化。

注: 预分频器逻辑在 Debug (调试) 模式期间不会冻结。

在冻结时, 允许仿真器读取输入捕捉 FIFO; 但是, 用户应用程序看到的 FIFO 状态标志不会改变。

15.10 I/O 引脚控制

当输入捕捉模块使能时，用户应用程序必须通过将相关的 TRIS 位置 1，以确保 I/O 引脚方向被配置为输入。当输入捕捉模块使能时，不会设置引脚方向。此外，所有与输入引脚复用的其他外设也必须被禁止。

15.11 设计技巧

问 1: *可以使用输入捕捉模块将器件从 Sleep（休眠）模式唤醒吗？*

答 1: 可以。当输入捕捉模块被配置为 ICM<2:0> (ICxCON<2:0>) = 111，并且相应模块的中断允许位被置 1 (ICIE = 1) 时，捕捉引脚的上升沿会将器件从 Sleep（休眠）模式唤醒。（更多详细信息，请参见第 15.5.4 节“仅中断模式”。）

15.12 相关应用笔记

本节列出了与手册本章内容相关的应用笔记。这些应用笔记可能并不是专为 PIC32MX 器件系列而编写的，但其概念是相近的，通过适当修改并受到一定限制即可使用。当前与输入捕捉模块相关的应用笔记包括：

标题	应用笔记编号
Using the CCP Module(s)	AN594
Implementing Ultrasonic Ranging	AN597

注：如需获取更多 PIC32MX 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站（www.microchip.com）。

15.13 版本历史

版本 A（2007 年 10 月）

这是本文档的初始版本。

版本 B（2007 年 10 月）

更新了文档（删除了“机密”状态）。

版本 C（2008 年 4 月）

将状态修改为“初稿”；将 U-0 修改为 r-x；删除了位名称中的“x”。

版本 D（2008 年 6 月）

修改了寄存器 15-1、15-3、15-4、15-5、15-6、15-7、15-8 和 15-9 的注释；将保留位从“保持为”更改为“写入”；为 ON 位（ICxCON 寄存器）增加了注释。

版本 E（2009 年 10 月）

该版本包括以下更新：

- 对整篇文档的文字和格式进行了少量更新。
- 更新了以下图片：
 - 简单捕捉事件时序图，在每个上升沿进行捕捉（图 15-3）
 - 简单捕捉事件时序图，在每个下降沿进行捕捉（图 15-4）
 - 简单捕捉事件时序图，从下降沿开始在每个边沿进行捕捉（图 15-5）
 - 预分频捕捉事件时序图（图 15-6）
 - 边沿检测捕捉事件时序图（图 15-7）
 - 中断事件，ICxCON.ICM<2:0> = 011，ICxCON.ICI<1:0> = 11（图 15-8）
- 更新了第 15.1 节“简介”中的阴影注释。
- 删除了第 15.2 节“输入捕捉寄存器”中的阴影注释。
- 更新了中断寄存器汇总（表 15-1）：
 - 删除了对清零、置 1 和取反寄存器的所有引用
 - 增加了“地址偏移”栏
 - 增加了介绍清零、置 1 和取反寄存器的“注 1”、“注 2”和“注 3”
- 增加了介绍 ICxCON 寄存器的清零、置 1 和取反寄存器的“注 1”、“注 2”和“注 3”（见寄存器 15-1）。
- 删除了 IFS0、IEC0、IPC1、IPC2、IPC3、IPC4 和 IPC5 寄存器。
- 更新了“ICxCON: 输入捕捉 x 控制寄存器”中 ICM<2:0> = 111 的位定义（寄存器 15-1）。
- 更新了第 15.3 节“定时器选择”的第一段，以说明用作时基的定时器的构成方式。
- 删除了第 15.5.1 节“简单捕捉事件”第一段的内容，相应内容现在位于表 15-2 中。
- 删除了第 15.5.2 节“预分频捕捉事件模式”第一段的内容，相应内容现在位于表 15-3 中。
- 更新了第 15.5.4 节“仅中断模式”的所有三段。
- 增加了一条阴影注释，并更新了第 15.6 节“捕捉缓冲区操作”的第六段。
- 更新了第 15.7 节“输入捕捉中断”中的捕捉事件序列。
- 在第 15.7.1 节“中断控制位”中增加了对中断错误状态位（ICxE）的引用。
- 增加了第 15.7.2 节“中断持久性”。
- 更新了第 15.8.2 节“空闲模式下的输入捕捉操作”的第二段，以说明仅中断模式期间的操作。

版本 E（2009 年 10 月）（续）

- 更新了第 15.8.3 节 “器件从休眠或空闲模式唤醒”，以说明仅中断模式期间的操作。
- 更新了第 15.9.1 节 “冻结期间的捕捉操作（FRZ = 1）”的第一段，并删除了第二段。
- 删除了第 15.9.2 节 “调试模式下的捕捉缓冲区操作”。

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中 safest 的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是 “牢不可破” 的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利, 它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范, 是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任, 并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗中以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Octopus、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICKtail、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2010, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-60932-330-1

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外, Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务网点

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 216-447-0464

Fax: 216-447-0643

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

亚太地区

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Druenen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820