
第 14 章 定时器

目录

本章包括下列主题：

14.1 简介	14-2
14.2 控制寄存器	14-6
14.3 工作模式	14-13
14.4 中断	14-27
14.5 节能和调试模式下的操作	14-30
14.6 各种复位的影响	14-31
14.7 使用定时器模块的外设	14-31
14.8 I/O 引脚控制	14-32
14.9 设计技巧	14-33
14.10 相关应用笔记	14-34
14.11 版本历史	14-35

注： 本系列参考手册章节旨在用作对器件数据手册的补充。根据不同的器件型号，本手册章节可能并不适用于所有 PIC32MX 器件。

请参见当前器件数据手册中 “**定时器**” 章节开头部分的注释，以检查本文档是否支持您所使用的器件。

器件数据手册和系列参考手册章节可从 Microchip 网站下载：
<http://www.microchip.com>

14.1 简介

PIC32MX 器件系列具有两种不同的定时器，具体取决于器件型号。对于软件应用程序或实时操作系统，定时器可用于产生精确的基于时间的周期性中断事件。其他用途包括对外部脉冲进行计数，或通过使用定时器的门控功能进行外部事件的精确时序测量。

除了个别例外，所有定时器都具有相同的功能电路。定时器大致可分为两种类型，即：

- A 类定时器（带有门控功能的 16 位同步 / 异步定时器 / 计数器）
- B 类定时器（带有门控和特殊事件触发功能的 16 位和 32 位同步定时器 / 计数器）

所有定时器模块都具有以下公共特性：

- 16 位定时器 / 计数器
- 可通过软件选择的内部或外部时钟源
- 可编程的中断产生和优先级
- 门控外部脉冲计数器

除了这些公共特性之外，每种定时器还另外具有以下特性：

- **A 类：**
 - 带内置振荡器的异步定时器 / 计数器
 - 可在 CPU Sleep（休眠）模式下工作
 - 可通过软件选择 1:1、1:8、1:64 和 1:256 预分频比
- **B 类：**
 - 可构成 32 位定时器 / 计数器
 - 可通过软件选择 1:1、1:2、1:4、1:8、1:16、1:32、1:64 和 1:256 预分频比
 - 事件触发功能

表 14-1 给出了定时器特性的汇总。关于与特定器件型号关联的定时器类型和数量的更多信息，请参见具体器件数据手册。

表 14-1： 定时器特性

可用的 定时器类型	辅助 振荡器	异步 外部时钟	同步 外部时钟	16 位同步 定时器 / 计数器	32 位 ⁽¹⁾ 同步 定时器 / 计数器	门控 定时器	特殊事件 触发器
A 类	是	是	是	是	否	是	否
B 类	否	否	是	是	是	是	是

注 1： 32 位定时器 / 计数器配置要求偶编号定时器与相邻的奇编号定时器进行组合。（例如，Timer2 和 Timer3，或 Timer4 和 Timer5。）

14.1.1 A 类定时器

大多数 PIC32MX 系列器件都至少包含一个 A 类定时器；通常为 Timer1。

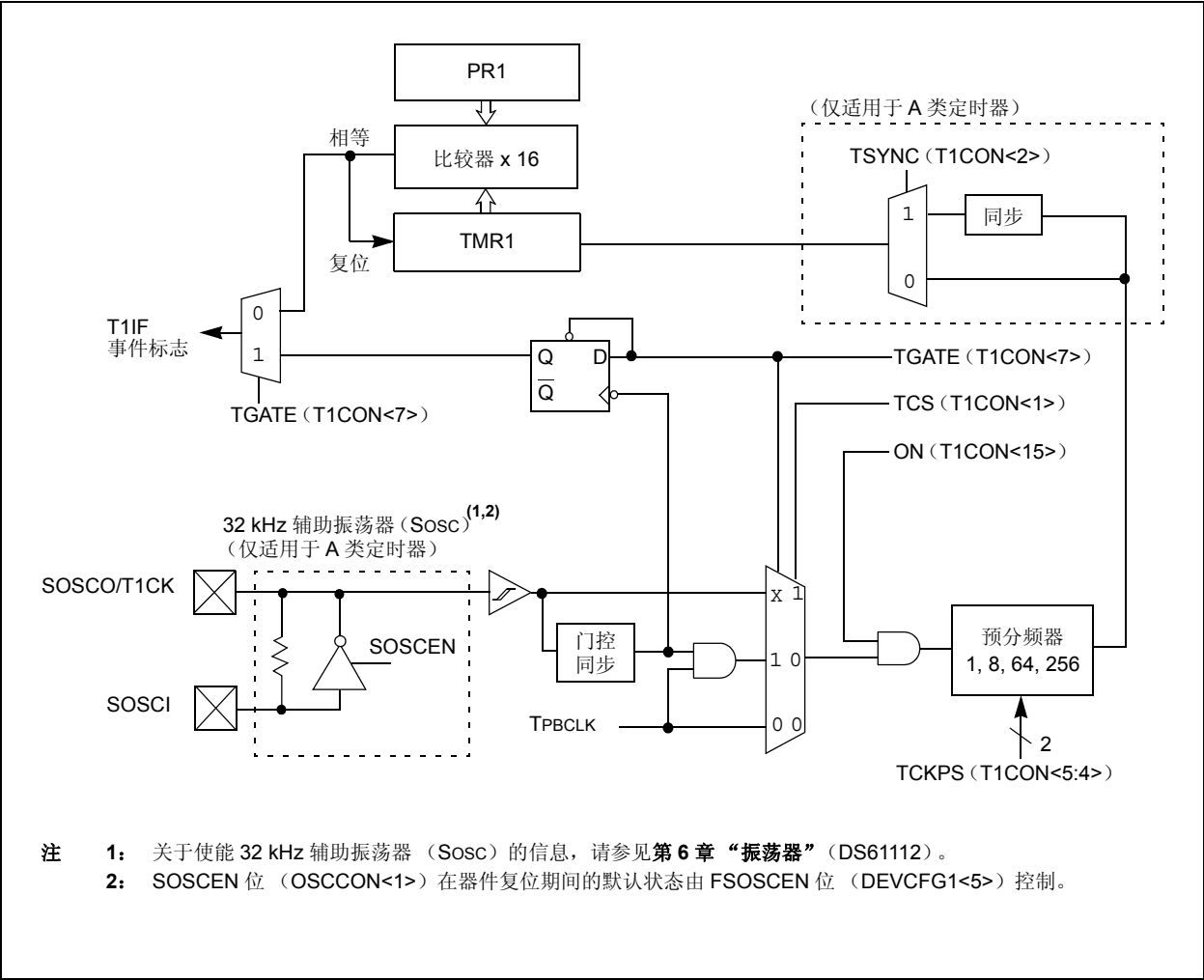
A 类定时器模块与其他类型定时器的区别在于以下特性：

- 可依靠外部辅助振荡器（Sosc）工作
- 可使用外部时钟源在异步模式下工作
- 可在 CPU Sleep（休眠）模式下工作
- 可通过软件选择 1:1、1:8、1:64 和 1:256 预分频比

A 类定时器不支持 32 位模式。

A 类定时器模块的独特特性使其可以用于实时时钟（Real Time Clock，RTC）应用。图 14-1 给出了 A 类定时器模块的框图。

图 14-1： A 类定时器框图



注 1: 关于使能 32 kHz 辅助振荡器（Sosc）的信息，请参见第 6 章“振荡器”（DS61112）。
2: SOSCEN 位（OSCCON<1>）在器件复位期间的默认状态由 FSOSCEN 位（DEVCFG1<5>）控制。

B 类定时器与其他类型定时器的区别在于以下特性:

- 图 14-2 和图 14-3 分别给出了 B 类定时器（16 位）和 B 类定时器（32 位）的框图。

[illegible]

注:	定时器配置位 T32 (TxCON<3>) 必须设置为 1, 以实现 32 位定时器 / 计数器操作。 所有控制位均对应于 TxCON 寄存器, 中断位均对应于 TyCON 寄存器。
----	--

14.2 控制寄存器

注： 不同的 PIC32MX 系列器件型号可能具有一个或多个定时器模块。在引脚、控制 / 状态位和寄存器的名称中使用的 “x” 表示特定的模块。更多信息，请参见具体器件数据手册。

每个定时器模块都是一个 16 位定时器 / 计数器，包含以下特殊功能寄存器（Special Function Register, SFR），表 14-2 中汇总了这些寄存器：

- TxCON: 与定时器相关的 16 位控制寄存器
- TMRx: 16 位定时器计数寄存器
- PRx: 与定时器相关的 16 位周期寄存器

此外，每个定时器模块还具有以下用于中断控制的相关位：

- TxIE: 中断允许控制位（在 IEC0 中断寄存器中）
- TxIF: 中断标志状态位（在 IFS0 中断寄存器中）
- TxIP<2:0>: 中断优先级控制位（在 IPC1、IPC2、IPC3、IPC4 和 IPC5 中断寄存器中）
- TxIS<1:0>: 中断子优先级控制位（在 IPC1、IPC2、IPC3、IPC4 和 IPC5 中断寄存器中）

表 14-2: 定时器 SFR 汇总

名称	位范围	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
T1CON ^(3,4,5)	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:8	ON	FRZ	SIDL	TWDIS	TWIP	—	—	—
	7:0	TGATE	—	TCKPS<1:0>		—	TSYNC	TCS	—
TxCON ^(3,4,5)	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:8	ON	FRZ	SIDL	—	—	—	—	—
	7:0	TGATE	TCKPS<2:0> ⁽²⁾			T32 ⁽¹⁾	—	TCS	—
TMRx ^(3,4,5)	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:8	TMRx<15:8>							
	7:0	TMRx<7:0>							
PRx ^(3,4,5)	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	—	—	—	—	—	—	—	—
	15:8	PRx<15:8>							
	7:0	PRx<7:0>							

- 注**
- 1: T32 位仅在偶编号 B 类定时器中提供，例如 Timer2 和 Timer4 等。
 - 2: TCKPS<2:0> 位仅在偶编号 B 类定时器中提供。例如，处于 32 位定时器模式的 Timer2 和 Timer4。
 - 3: 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，OSCCONCLR）。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。
 - 4: 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，OSCCONSET）。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。
 - 5: 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，OSCCONINV）。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 14-1: T1CON: A 类定时器控制寄存器

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31				bit 24			
r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 23				bit 16			
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	r-0	r-0	r-0
ON ⁽¹⁾	FRZ ⁽²⁾	SIDL	TWDIS	TWIP	—	—	—
bit 15				bit 8			
R/W-0	r-0	R/W-0	R/W-0	r-0	R/W-0	R/W-0	r-0
TGATE	—	TCKPS<1:0>		—	TSYNC	TCS	—
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:** 定时器使能位 ⁽¹⁾
 1 = 使能定时器
 0 = 禁止定时器
- bit 14 **FRZ:** 调试异常模式冻结位 ⁽²⁾
 1 = 在 CPU 处于调试异常模式下冻结工作
 0 = 即使在 CPU 处于调试异常模式下仍继续工作
- bit 13 **SIDL:** 空闲模式停止位
 1 = 在器件进入 Idle (空闲) 模式时停止工作
 0 = 即使在 Idle (空闲) 模式下仍继续工作
- bit 12 **TWDIS:** 异步定时器写禁止位
 1 = 在处理中的写操作完成之前, 忽略对 TMR1 的写操作
 0 = 使能背靠背写操作 (传统异步定时器功能)
- bit 11 **TWIP:** 异步定时器写进度位
 在异步定时器模式下:
 1 = 对 TMR1 寄存器的异步写操作正在进行
 0 = 对 TMR1 寄存器的异步写操作已完成
 在同步定时器模式下:
 该位读为 0。
- bit 10-8 **保留:** 写入 0; 忽略读操作

注 1: 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。

2: 该位仅在调试异常模式下可写。它在正常模式下被强制为 0。

寄存器 14-1: **T1CON: A 类定时器控制寄存器 (续)**

bit 7	TGATE: 定时器门控时间累加使能位 <u>当 TCS = 1 时:</u> 该位被忽略并读为 0。 <u>当 TCS = 0 时:</u> 1 = 使能门控时间累加 0 = 禁止门控时间累加
bit 6	保留: 写入 0 ; 忽略读操作
bit 5-4	TCKPS<1:0>: 定时器输入时钟预分频比选择位 11 = 预分频比为 1:256 10 = 预分频比为 1:64 01 = 预分频比为 1:8 00 = 预分频比为 1:1
bit 3	保留: 写入 0 ; 忽略读操作
bit 2	TSYNC: 定时器外部时钟输入同步选择位 <u>当 TCS = 1 时:</u> 1 = 外部时钟输入同步 0 = 外部时钟输入不同步 <u>当 TCS = 0 时:</u> 该位被忽略并读为 0。
bit 1	TCS: 定时器时钟源选择位 1 = 来自 TxCKI 引脚的外部时钟 0 = 内部外设时钟
bit 0	保留: 写入 0 ; 忽略读操作

- 注 **1:** 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。
- 2:** 该位仅在调试异常模式下可写。它在正常模式下被强制为 0。

寄存器 14-2: TxCON: B 类定时器控制寄存器

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31							bit 24
r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 23							bit 16
R/W-0	R/W-0	R/W-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
ON ⁽¹⁾	FRZ ⁽²⁾	SIDL ⁽⁴⁾	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	r-0	R/W-0	r-0
TGATE	TCKPS<2:0>			T32 ⁽³⁾	—	TCS	—
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 15ON: 定时器使能位 ⁽¹⁾
1 = 使能模块
0 = 禁止模块
- bit 14FRZ: 调试异常模式冻结位 ⁽²⁾
1 = 在 CPU 处于调试异常模式下冻结工作
0 = 即使在 CPU 处于调试异常模式下仍继续工作
- bit 13SIDL: 空闲模式停止位 ⁽⁴⁾
1 = 在器件进入 Idle (空闲) 模式时停止工作
0 = 即使在 Idle (空闲) 模式下仍继续工作
- bit 12-8保留: 写入 0; 忽略读操作
- bit 7TGATE: 定时器门控时间累加使能位
当 TCS = 1 时:
该位被忽略并读为 0。
当 TCS = 0 时:
1 = 使能门控时间累加
0 = 禁止门控时间累加

注 1: 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。

2: 该位仅在调试异常模式下可写。它在正常模式下被强制为 0。

3: T32 位仅在偶编号 B 类定时器中提供, 例如 Timer2 和 Timer4 等。

4: 工作于 32 位模式时, 32 位定时器对中相邻奇编号定时器的 SIDL 位 (TxCON<13>) 会对定时器操作产生影响。该寄存器中的所有其他位没有任何影响。

寄存器 14-2: TxCON: B 类定时器控制寄存器 (续)

bit 6-4	TCKPS<2:0> : 定时器输入时钟预分频比选择位 111 = 预分频比为 1:256 110 = 预分频比为 1:64 101 = 预分频比为 1:32 100 = 预分频比为 1:16 011 = 预分频比为 1:8 010 = 预分频比为 1:4 001 = 预分频比为 1:2 000 = 预分频比为 1:1
bit 3	T32 : 32 位定时器模式选择位 ⁽³⁾ 1 = TMRx 和 TMRy 组成一个 32 位定时器 0 = TMRx 和 TMRy 分别形成独立的 16 位定时器
bit 2	保留 : 写入 0; 忽略读操作
bit 1	TCS : 定时器时钟源选择位 1 = 来自 TxCKI 引脚的外部时钟 0 = 内部外设时钟
bit 0	保留 : 写入 0; 忽略读操作

- 注 1:** 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。
- 2:** 该位仅在调试异常模式下可写。它在正常模式下被强制为 0。
- 3:** T32 位仅在偶编号 B 类定时器中提供, 例如 Timer2 和 Timer4 等。
- 4:** 工作于 32 位模式时, 32 位定时器对中相邻奇编号定时器的 SIDL 位 (TxCON<13>) 会对定时器操作产生影响。该寄存器中的所有其他位没有任何影响。

寄存器 14-3: TMRx: 定时器寄存器

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31				bit 24			

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 23				bit 16			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
TMR<15:8>							
bit 15				bit 8			

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
TMR<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 31-16
- 保留: 写入 0; 忽略读操作
- bit 15-0
- TMR<15:0>: 定时器计数寄存器位

16 位模式:

这些位代表完整的 16 位定时器计数。

32 位模式 (仅适用于 B 类定时器):

Timer2 和 Timer4: 这些位代表 32 位定时器计数的低半字 (16 位)。

Timer3 和 Timer5: 这些位代表 32 位定时器计数的高半字 (16 位)。

寄存器 14-4: PRx: 周期寄存器

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31				bit 24			

r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0	r-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 23				bit 16			

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
PR<15:8>							
bit 15				bit 8			

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
PR<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 31-16

保留: 写入 0; 忽略读操作

bit 15-0

PR<15:0>: 周期寄存器位

16 位模式:
这些位代表完整的 16 位周期匹配。

32 位模式 (仅适用于 B 类定时器):
Timer2 和 Timer4: 这些位代表 32 位周期匹配的低半字 (16 位)。
Timer3 和 Timer5: 这些位代表 32 位周期匹配的高半字 (16 位)。

14.3 工作模式

14.3.1 16 位模式

A 类和 B 类定时器模块支持以下 16 位模式：

- 16 位同步时钟计数器
- 16 位同步外部时钟计数器
- 16 位门控定时器
- 16 位异步外部计数器（仅适用于 A 类定时器模块）

16 位定时器模式由以下位决定：

- TCS (TxCON<1>)：定时器时钟源控制位
- TGATE (TxCON<7>)：定时器门控控制位
- TSYNC (T1CON<2>)：定时器同步控制位（仅适用于 A 类定时器模块）

14.3.1.1 16 位定时器注意事项

使用 16 位定时器时，需要考虑以下事项：

- 所有定时器模块的 SFR 都可以按字节（8 位）或半字（16 位）进行写操作。
- 所有定时器模块的 SFR 都可以按字节或半字进行读操作。

14.3.2 32 位模式（B 类定时器）

只有 B 类定时器模块支持 32 位工作模式。32 位定时器模块通过将偶编号 B 类定时器（称为 TimerX）与相邻奇编号 B 类定时器（称为 TimerY）组合而构成。例如，32 位定时器组合有 Timer2 与 Timer3 和 Timer4 与 Timer5 等。定时器对的数量取决于器件型号。

32 位定时器对可工作于以下模式：

- 32 位同步时钟计数器
- 32 位同步外部时钟计数器
- 32 位门控定时器

32 位定时器模式由以下位决定：

- T32 (TxCON<3>)：32 位定时器模式选择位（仅适用于 TimerX）
- TCS (TxCON<1>)：定时器时钟源选择位
- TGATE (TxCON<7>)：定时器门控时间累加使能位

32 位定时器模式下的具体行为：

- TimerX 是主定时器；TimerY 是从定时器
- TMRx 计数寄存器是 32 位定时器值的低半字
- TMRy 计数寄存器是 32 位定时器值的高半字
- PRx 周期寄存器是 32 位周期值的低半字
- PRy 周期寄存器是 32 位周期值的高半字
- TimerX 控制位 (TxCON) 配置 32 位定时器对的操作
- TimerY 控制位 (TyCON) 没有任何作用
- TimerX 中断和状态位会被忽略
- TimerY 提供中断允许、中断标志和中断优先级控制位

14.3.2.1 32 位定时器注意事项

使用 32 位定时器时，需要考虑以下事项：

- 在向 TMRxy 计数寄存器或 PRxy 周期寄存器中写入任意 32 位值之前，确保先将定时器对配置为 32 位模式，方法是设置 T32 (TxCON<3>) = 1。
- 所有定时器模块的 SFR 都可以按字节 (8 位)、半字 (16 位) 或字 (32 位) 进行写操作。
- 所有定时器模块的 SFR 都可以按字节、半字或字进行读操作。
- TMRx 和 TMRy 计数寄存器对可以按单个 32 位值的形式进行读写。
- PRx 和 PRy 周期寄存器对可以按单个 32 位值的形式进行读写。

注： 工作于 32 位模式时，32 位定时器对中相邻奇编号定时器的 SIDL 位 (TxCON<13>) 会对定时器操作产生影响。该寄存器中的所有其他位没有任何影响。

14.3.3 16 位同步时钟计数器模式

同步时钟计数器操作提供了以下功能：

- 历时测量
- 延时
- 周期性定时器中断

A 类和 B 类定时器都可工作于同步时钟计数器模式。在该模式下，定时器的输入时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK。选择它的方法是将时钟源控制位 TCS 清零 (TxCON<1> = 0)。A 类和 B 类定时器会自动提供外设总线时钟同步；因此，在该模式下，A 类定时器同步模式控制位 TSYNC (T1CON<2>) 会被忽略。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 A 类和 B 类定时器，定时器将以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，并且 TMR 计数寄存器在每个定时器时钟上升沿递增。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PR 周期寄存器值为 0000h，TMR 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，但不会继续递增。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 A 类和 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率 (PBCLK/N) 工作，TMR 计数寄存器每隔 N 个定时器时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器每 8 个定时器时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PR 周期寄存器值为 0000h，TMR 计数寄存器会在 N 个定时器时钟周期之后复位为 0000h，但不会继续递增。

在 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配之后，A 类定时器会在半个定时器时钟周期处 (在下降沿) 产生定时器事件。在 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值匹配之后，B 类定时器会在 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期内产生定时器事件。A 类和 B 类定时器中断标志位 TxIF 都会在发生该事件的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 周期内置 1，如果定时器中断允许位 TxIE 置 1，则会产生中断。

14.3.3.1 16 位同步时钟计数器注意事项

本节介绍在使用 16 位同步时钟计数器时需要考虑的事项。

定时器周期由 PR 周期寄存器中的值决定。要初始化定时器周期，在定时器禁止（ON 位 = 0）时，用户可以在任意时刻直接写入 PR 周期寄存器；或者在定时器使能（ON 位 = 1）时，用户可以在定时器匹配中断服务程序（Interrupt Service Routine, ISR）中写入 PR 周期寄存器。在所有其他情况下，建议不要在定时器使能时写入周期寄存器，这可能会导致发生意外的周期匹配。可装入的最大周期为 FFFFh。

向 PRx 周期寄存器写入 0000h 将会允许发生 TMRx 匹配事件；但是，不会产生中断。

14.3.4 32 位同步时钟计数器模式（B 类定时器）

只有 B 类定时器能够工作于 32 位同步计数器模式。要使能 32 位同步时钟计数器操作，B 类（TimerX）T32 控制位（TxCON<3>）必须置 1（= 1）。在该模式下，定时器的输入时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK，选择它的方法是将时钟源控制位 TCS 清零（TxCON<1> = 0）。B 类定时器会自动提供外设总线时钟同步。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 B 类定时器，定时器将以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，并且 TMRxy 计数寄存器在每个定时器时钟上升沿递增。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 00000000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PR 周期寄存器值为 00000000h，TMR 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 00000000h，但不会继续递增。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N（1:1 除外）的 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率（PBCLK/N）工作，TMRxy 计数寄存器每隔 N 个定时器时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器每 8 个定时器时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 00000000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。

在 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值匹配之后，B 类定时器会在 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期内产生定时器事件。B 类定时器中断标志位 TyIF 会在发生该事件的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 周期内置 1，如果定时器中断允许位 TyIE 置 1，则会产生中断。

14.3.4.1 32 位同步时钟计数器注意事项

本节介绍在使用 32 位同步时钟计数器时需要考虑的事项。

定时器周期由 PRxy 周期寄存器中的值决定。要初始化定时器周期，在定时器禁止（ON 位 = 0）时，用户可以在任意时刻直接写入 PRxy 周期寄存器；或者在定时器使能（ON 位 = 1）时，用户可以在定时器匹配中断服务程序中写入 PRxy 周期寄存器。在所有其他情况下，建议不要在定时器使能时写入周期寄存器，这可能会导致发生意外的周期匹配。可装入的最大周期为 FFFFFFFFh。

向 PRxy 周期寄存器写入 00000000h 将会允许发生 TMRxy 匹配事件；但是，不会产生中断。

14.3.4.2 16 位同步计数器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 16 位同步定时器模式。

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 清零 TCS 控制位 (TxCON<1> = 0) 以选择内部 PBCLK 源。
3. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
4. 装载 / 清零定时器寄存器 TMRx。
5. 将所需的 16 位匹配值装入周期寄存器 PRx。
6. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TxIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TxIE 中断允许位置 1。
7. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-1: 16 位同步时钟计数器示例代码

```
T2CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register,
                        // set prescaler at 1:1, internal clock source
TMR2 = 0x0;             // Clear timer register
PR2 = 0xFFFF;          // Load period register
T2CONSET = 0x8000;      // Start timer
```

14.3.4.3 32 位同步时钟计数器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 32 位同步时钟计数器模式。

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 清零 TCS 控制位 (TxCON<1> = 0) 以选择内部 PBCLK 源。
3. 将 T32 控制位置 1 (TxCON<3> = 1) 以选择 32 位工作。
4. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
5. 装载 / 清零定时器寄存器 TMRxy。
6. 将所需的 32 位匹配值装入周期寄存器 PRxy。
7. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TyIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TyIE 中断允许位置 1。
8. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-2: 32 位同步时钟计数器示例代码

```
T4CON = 0x0;           // Stop any 16/32-bit Timer4 operation
T5CON = 0x0;           // Stop any 16-bit Timer5 operation
T4CONSET = 0x0038;      // Enable 32-bit mode, prescaler 1:8,
                        // internal peripheral clock source

TMR4 = 0x0;            // Clear contents of the TMR4 and TMR5
PR4 = 0xFFFFFFFF;      // Load PR4 and PR5 registers with 32-bit value

T4CONSET = 0x8000;      // Start timer45
```


14.3.5 16 位同步外部时钟计数器模式

同步外部时钟计数器操作提供了以下功能：

- 对周期性或非周期性脉冲进行计数
- 使用外部时钟作为定时器的时基

A 类和 B 类定时器都可工作于同步外部时钟计数器模式。在该模式下，定时器的输入时钟源是施加于 TxCK 引脚上的外部时钟。选择它的方法是将时钟源控制位 TCS 置 1 (TxCON<1> = 1)。B 类定时器会自动提供外部时钟源同步；但是，A 类定时器不会，并要求外部时钟同步位 TSYNC (T1CON<2>) 置 1 (= 1)。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 A 类和 B 类定时器，定时器会在外部时钟同步之后的每个上升沿递增 TMR 计数寄存器。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在外部时钟同步之后的下一个上升沿复位为 0000h。定时器中断标志置 1，如果已允许中断，则 CPU 会执行定时器中断服务程序。TMR 计数寄存器会继续递增，并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PR 周期寄存器值为 0000h，TMR 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，但不会继续递增。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 A 类和 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率 (外部时钟 /N) 工作，TMR 计数寄存器在同步之后每隔 N 个外部时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器每 8 个外部时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在再过 N 个外部时钟周期之后复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PR 周期寄存器值为 0000h，TMR 计数寄存器会在下一个外部时钟周期复位为 0000h，但不会继续递增。

在 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配之后，A 类定时器会在半个定时器时钟周期处 (在下降沿) 产生定时器事件。在 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值匹配之后，B 类定时器会在 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期内产生定时器事件。A 类和 B 类定时器中断标志位 TxIF 都会在发生该事件的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 周期内置 1，如果中断允许位 TxIE 置 1，则会产生中断。

14.3.5.1 16 位同步外部时钟计数器注意事项

本节介绍在使用 16 位同步外部时钟计数器时需要考虑的事项。

依靠同步外部时钟源工作的 A 类或 B 类定时器在 Sleep (休眠) 模式下不工作，因为同步电路在 Sleep (休眠) 模式下被禁止。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 A 类和 B 类定时器，在 ON 位 = 1 之后，将需要经过 2 至 3 个外部时钟周期，TMR 计数寄存器才会开始递增。更多信息，请参见第 14.3.12 节“定时器延时注意事项”。

当定时器工作于同步计数器模式时，外部输入时钟必须满足特定的最短高电平时间和低电平时间要求。更多详细信息，请参见具体器件数据手册中的“电气规范”章节。

14.3.6 32 位同步外部时钟计数器模式

32 位同步外部时钟计数器操作提供了以下功能：

- 对大量周期性或非周期性脉冲进行计数
- 使用外部时钟作为定时器的大时基

只有 B 类定时器能够工作于 32 位同步外部时钟计数器模式。要使能 32 位同步外部时钟计数器操作，B 类（TimerX）T32 控制位（TxCON<3>）必须置 1（= 1）。在该模式下，定时器的输入时钟源是施加于 TxCK 引脚上的外部时钟，选择它的方法是将时钟源控制位 TCS 置 1（TxCON<1> = 1）。B 类定时器会自动提供外部时钟源同步。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 B 类定时器，定时器会在外部时钟同步之后的每个上升沿递增 TMRxy 计数寄存器。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在外部时钟同步之后的下一个上升沿复位为 0000h。定时器中断标志置 1，如果已允许中断，则 CPU 会执行定时器中断服务程序。TMRxy 计数寄存器会继续递增，并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PRxy 周期寄存器值为 0000h，TMRxy 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 00000000h，但不会继续递增。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N（1:1 除外）的 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率（外部时钟 /N）工作，TMRxy 计数寄存器在同步之后每隔 N 个外部时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器每 8 个外部时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 PRxy 周期寄存器值为 00000000h，TMRxy 计数寄存器会在下一个外部时钟周期复位为 00000000h，但不会继续递增。

在 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值匹配之后，B 类定时器会在 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期内产生定时器事件。B 类定时器中断标志位 Tylf 会在发生该事件的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 周期内置 1，如果定时器中断允许位 Tyle 置 1，则会产生中断。

14.3.6.1 32 位同步外部时钟计数器注意事项

本节介绍在使用 32 位同步外部时钟计数器时需要考虑的事项。

依靠同步外部时钟源工作的 B 类定时器在 Sleep（休眠）模式下不工作，因为同步电路在 Sleep（休眠）模式下被禁止。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N（1:1 除外）的 B 类定时器，在 ON 位 = 1 之后，将需要经过 2 至 3 个外部时钟周期，TMR 计数寄存器才会开始递增。更多信息，请参见第 14.3.12 节“定时器延时注意事项”。

当定时器工作于同步计数器模式时，外部输入时钟必须满足特定的最小高电平时间和低电平时间要求。关于这些要求的更多信息，请参见具体器件数据手册中的“电气规范”章节。

14.3.6.2 16 位同步外部计数器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 16 位同步计数器模式：

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 将 TCS 控制位置 1 (TxCON<1> = 1) 以选择外部时钟源。
3. 如果使用了 A 类定时器，则将 TSYNC 控制位置 1 (T1CON<2> = 1) 以使能时钟同步。
4. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
5. 装载 / 清零定时器寄存器 TMRx。
6. 如果使用周期匹配：
 - a) 将所需的 16 位匹配值装入周期寄存器 PRx。
7. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TxIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TxIE 中断允许位置 1。
8. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-3: 16 位同步外部计数器示例代码

```
T3CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register
T3CONSET = 0x0072;      // Set prescaler at 1:256, external clock source
TMR3 = 0x0;             // Clear timer register
PR3 = 0x3FFF;           // Load period register
T3CONSET = 0x8000;      // Start timer
```

14.3.6.3 32 位同步外部时钟计数器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 32 位同步外部时钟计数器模式：

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 将 TCS 控制位置 1 (TxCON<1> = 1) 以选择外部时钟源。
3. 将 T32 位置 1 (TxCON<3> = 1) 以使能 32 位工作。
4. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
5. 装载 / 清零定时器寄存器 TMRxy。
6. 将所需的 32 位匹配值装入周期寄存器 PRxy。
7. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TyIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TyIE 中断允许位置 1。
8. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-4: 32 位同步外部时钟计数器示例代码

```
T4CON = 0x0;           // Stop any 16/32-bit Timer4 operation
T5CON = 0x0;           // Stop any 16-bit Timer5 operation
T4CONSET = 0x006A;      // 32-bit mode, external clock, 1:64 prescale
TMR4 = 0x0;             // Clear contents of the TMR4 and TMR5

PR4 = 0xFFFFFFFF;       // Load PR4 and PR5 registers with 32-bit value

T4CONSET = 0x8000;      // Start 32-bit timer
```

14.3.7 16 位门控定时器模式

门控操作在施加于 TxCK 引脚上信号的上升沿开始。TMRx 计数寄存器在外部门控信号保持高电平时递增。门控操作在施加于 TxCK 引脚上信号的下降沿终止。定时器中断标志 TxIF 置 1。

A 类和 B 类定时器可以工作于门控定时器模式。定时器时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK，选择它的方法是将 TCS 控制位清零 (TxCON<1> = 0)。A 类和 B 类定时器会自动提供外设总线时钟同步；因此，在该模式下，A 类定时器同步模式控制位 TSYNC (T1CON<2>) 会被忽略。在门控定时器模式下，输入时钟通过施加于 TxCK 引脚上的信号进行门控。门控定时器模式通过将 TGATE 控制位置 1 (TxCON<7> = 1) 进行使能。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 A 类和 B 类定时器，定时器将以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，并且 TMR 计数寄存器在每个定时器时钟上升沿递增。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到门控信号出现下降沿或定时器被禁止为止。当发生定时器周期匹配事件时，定时器不会产生中断。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 A 类和 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率 (PBCLK/N) 工作，TMR 计数寄存器每隔 N 个定时器时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器会每 8 个定时器时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMR 计数寄存器与 PR 周期寄存器值发生匹配。TMR 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到门控信号出现下降沿或定时器被禁止为止。当发生定时器周期匹配事件时，定时器不会产生中断。

在门控信号出现下降沿时，计数操作会终止，并产生定时器事件，然后中断标志位 (TxIF) 会在门控引脚上信号出现下降沿的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期之后置 1。TMR 计数寄存器不会复位为 0000h。如果需要在门控输入的下一个上升沿从 0 开始，可以复位 TMR 计数寄存器。

定时器计数的分辨率与定时器时钟周期直接相关。当定时器输入时钟预分频比为 1:1 时，定时器时钟周期等于 1 个外设总线时钟周期 TPBCLK。对于定时器输入时钟预分频比 1:8，定时器时钟周期等于外设总线时钟周期的 8 倍。

14.3.7.1 特殊门控定时器模式注意事项

本节介绍在使用特殊的门控定时器模式时需要考虑的事项。

如果时钟源位 (TCS) 设置为外部时钟源 (TCS = 1)，则会改写门控定时器模式。要进行门控定时器操作，必须选择内部时钟源 (TCS = 0)。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 A 类和 B 类定时器，在 ON 位 = 1 之后，将需要经过 2 至 3 个定时器时钟周期，TMR 计数寄存器才会开始递增。更多信息，请参见第 14.3.12 节“定时器延时注意事项”。

关于门控宽度脉冲要求的详细信息，请参见器件数据手册中的“电气规范”章节。

14.3.8 32 位门控定时器模式

门控操作在施加于 TxCK 引脚上信号的上升沿开始。TMRx 计数寄存器在外部门控信号保持高电平时递增。门控操作在施加于 TxCK 引脚上信号的下降沿终止。定时器中断标志 TyIF 置 1。

只有 B 类定时器可以工作于 32 位门控定时器模式。定时器时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK，选择它的方法是将 TCS 控制位清零 (TxCON<1> = 0)。B 类定时器会自动提供外设总线时钟同步。在 32 位门控定时器模式下，输入时钟通过施加于 TxCK 引脚上的信号进行门控。门控定时器模式通过将 TGATE 控制位置 1 (TxCON<7> = 1) 进行使能。

门控操作在 TxCK 引脚上所施加信号的上升沿开始，TMRxy 计数寄存器在外部门控信号保持高电平时递增。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 B 类定时器，定时器将以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，并且 TMRxy 计数寄存器在每个定时器时钟上升沿递增。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 00000000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到门控信号出现下降沿或定时器被禁止为止。当发生定时器周期匹配事件时，定时器不会产生中断。

对于使用定时器输入时钟预分频比为 N (1:1 除外) 的 B 类定时器，定时器将以定时器时钟速率 (PBCLK/N) 工作，TMRxy 计数寄存器每隔 N 个定时器时钟上升沿递增一次。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器每 8 个定时器时钟周期递增一次。定时器会不断递增，直到 TMRxy 计数寄存器与 PRxy 周期寄存器值发生匹配。TMRxy 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 00000000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到门控信号出现下降沿或定时器被禁止为止。当发生定时器周期匹配事件时，定时器不会产生中断。

在门控信号出现下降沿时，计数操作会终止，并产生定时器事件，然后中断标志位 (TyIF) 会在门控引脚上信号出现下降沿的 1 个 PBCLK + 2 个 SYSCLK 系统时钟周期之后置 1。TMR 计数寄存器不会复位为 00000000h。如果需要在门控输入的下一个上升沿从 0 开始，可以复位 TMRxy 计数寄存器。

定时器计数的分辨率与定时器时钟周期直接相关。当定时器输入时钟预分频比为 1:1 时，定时器时钟周期等于 1 个 PBCLK 外设总线时钟周期。对于定时器输入时钟预分频比 1:8，定时器时钟周期等于外设总线时钟周期的 8 倍。

14.3.8.1 32 位门控定时器模式注意事项

本节介绍在使用 32 位门控定时器模式时需要考虑的事项。

如果时钟源位 (TCS) 设置为外部时钟源 (TCS = 1)，则会改写门控定时器模式。要进行门控定时器操作，必须选择内部时钟源 (TCS = 0)。

关于门控宽度脉冲要求的详细信息，请参见器件数据手册中的“电气规范”章节。

14.3.8.2 16 位门控定时器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 16 位门控定时器模式：

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 清零 TCS 控制位 (TxCON<1> = 0) 以选择内部 PBCLK 源。
3. 将 TGATE 控制位置 1 (T1CON<7> = 1) 以使能门控定时器模式。
4. 选择所需的预分频比。
5. 清零定时器寄存器 TMRx。
6. 将所需的 16 位匹配值装入周期寄存器 PRx。
7. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TxIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TxIE 中断允许位置 1。
8. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-5: 16 位门控定时器示例代码

```
T4CON = 0x0;          // Stop timer and clear control register
T4CON = 0x00E0;        // Gated Timer mode, prescaler at 1:64, internal clock source
TMR4 = 0;              // Clear timer register
PR4 = 0xFFFF;         // Load period register with 16-bit match value
T4CONSET = 0x8000;     // Start timer
```

14.3.8.3 32 位门控定时器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 32 位门控定时器累加模式：

1. 清零 ON 控制位 (TxCON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 清零 TCS 控制位 (TxCON<1> = 0) 以选择内部 PBCLK 源。
3. 将 T32 控制位置 1 (TxCON<3> = 1) 以使能 32 位工作。
4. 将 TGATE 控制位置 1 (TxCON<7> = 1) 以使能门控定时器模式。
5. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
6. 装载 / 清零定时器寄存器 TMRx。
7. 将所需的 32 位匹配值装入周期寄存器 PRx。
8. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 TyIF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 TyIE 中断允许位置 1。
9. 将 ON 控制位置 1 (TxCON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-6: 32 位门控定时器示例代码

```
T2CON = 0x0;          // Stops any 16/32-bit Timer2 operation
T3CON = 0x0;          // Stops any 16-bit Timer3 operation
T2CONSET = 0x00C8;     // 32-bit mode, gate enable, internal clock, 1:16 prescale
TMR2 = 0x0;           // Clear contents of the TMR2 and TMR3

PR2 = 0xFFFFFFFF;     // Load PR2 and PR3 registers with 32-bit match value

T2CONSET = 0x8000;     // Start 32-bit timer
```

14.3.9 异步时钟计数器模式（仅适用于 A 类定时器）

异步定时器操作提供了以下功能：

- 定时器可以在 **Sleep**（休眠）模式下工作，并且可以在周期寄存器匹配时产生中断，从而将处理器从 **Sleep**（休眠）或 **Idle**（空闲）模式唤醒。
- 对于实时时钟应用，定时器可以使用辅助振荡器提供时钟。

A 类定时器可以工作于异步计数模式，使用与 **T1CK** 引脚连接的外部时钟源，选择外部时钟源的方法是将时钟源控制位 **TCS** 置 1（**TxCON<1>** = 1）。这要求禁止外部时钟同步，即 **TSYNC** 位（**T1CON<2>**）= 0。此外，也可以使用辅助振荡器作为异步时钟源（32 kHz 晶振与 **SOSCI/SOSCO** 引脚连接）。更多信息，请参见第 14.3.13 节“辅助振荡器（**Sosc**）”。

对于使用 1:1 定时器输入时钟预分频比的 A 类定时器，定时器将以与所施加外部时钟速率相同的时钟速率工作，并且 **TMR** 计数寄存器在每个定时器时钟上升沿递增。定时器会不断递增，直到 **TMR** 计数寄存器与 **PR** 周期寄存器值发生匹配。**TMR** 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，然后继续递增并重复周期匹配，直到定时器被禁止为止。如果 **PR** 周期寄存器值为 0000h，**TMR** 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0000h，但不会继续递增。

当 **TMR** 计数寄存器与 **PR** 周期寄存器值匹配时，A 类定时器会产生定时器事件。定时器中断标志位 **TxIF** 在发生该事件的 1 个 **PBCLK** + 2 个 **SYSCLK** 系统时钟周期内置 1。如果定时器中断允许位置 1（**TxIE** = 1），则会产生中断。

14.3.9.1 异步模式 TMR1 读写操作

由于工作于该模式时，**Timer1** 具有异步特性，所以读写 **TMR1** 计数寄存器时，需要在异步时钟源和内部 **PBCLK** 外设总线时钟之间进行同步。**Timer1** 具有一个控制位（异步定时器写禁止位 **TWDIS**）和一个状态位（异步定时器写进度位 **TWIP**），通过它们为用户提供两种可选方式，用于在 **Timer1** 使能时安全地写入 **TMR1** 计数寄存器。这两个位在同步时钟计数器模式下没有任何作用。

方式 1 是传统 **Timer1** 写模式，**TWDIS** 位 = 0。要确定何时可以安全地写入 **TMR1** 计数寄存器，建议查询 **TWIP** 位。当 **TWIP** = 0 时，可以安全地对 **TMR1** 计数寄存器执行下一个写操作。当 **TWIP** = 1 时，说明对 **TMR1** 计数寄存器的上一个写操作仍然在进行同步，任何其他写操作都应等到 **TWIP** = 0 时执行。

方式 2 是新的同步 **Timer1** 写模式，**TWDIS** 位 = 1。对 **TMR1** 计数寄存器的写操作可以在任意时刻执行。但是，如果对 **TMR1** 计数寄存器的前一个写操作仍然在进行同步，则所有其他写操作都会被忽略。

对 **TMR1** 计数寄存器执行写操作时，将需要 2 至 3 个异步外部时钟周期，值才会同步到寄存器中。

对 **TMR1** 计数寄存器执行读操作时，在 **TMR1** 计数寄存器中的当前未同步值和读操作返回的同步值之间，同步将需要 2 个 **PBCLK** 周期的延时。也就是说，所读取的值总是比 **TMR1** 计数寄存器中的实际值晚 2 个 **PBCLK** 周期。

14.3.9.2 异步时钟计数器注意事项

本节介绍在使用异步时钟计数器时需要考虑的事项。

无论定时器输入时钟预分频比如何，在 **ON** 位 = 1 之后，A 类定时器都需要经过 2 至 3 个定时器时钟周期，**TMR** 计数寄存器才会开始递增。更多信息，请参见第 14.3.12 节“定时器延时注意事项”。

在用于异步计数器模式时，外部输入时钟必须满足特定的最短高电平和低电平时间要求。更多信息，请参见具体器件数据手册中的“电气规范”章节。

14.3.9.3 异步外部时钟计数器的初始化步骤

需要执行以下步骤，将定时器配置为 16 位异步计数器模式。

1. 清零 ON 控制位 (T1CON<15> = 0) 以禁止定时器。
2. 将 TCS 控制位置 1 (T1CON<1> = 1) 以使能外部时钟源。
3. 清零 TSYNC 控制位 (T1CON<2> = 0) 以禁止时钟同步。
4. 选择所需的预分频比。
5. 装载 / 清零定时器寄存器 TMR1。
6. 如果使用周期匹配，则将所需的 16 位匹配值装入周期寄存器 PR1。
7. 如果使用了中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 T1IF 中断标志位。
 - b) 在 IPCx 寄存器中配置中断优先级和子优先级。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 T1IE 中断允许位置 1。
8. 将 ON 控制位置 1 (T1CON<15> = 1) 以使能定时器。

例 14-7: 16 位异步计数器模式代码示例

```
/* 16-bit Asynchronous Counter Mode Example */  
  
T1CON = 0x0;          // Stops the Timer1 and resets the control register  
TMR1 = 0x0;           // Clear timer register  
T1CON = 0x0042;       // Set prescaler 1:16, external clock, asynchronous mode  
PR1 = 0x7FFF;         // Load period register  
T1CONSET = 0x8000;    // Start timer
```

14.3.10 定时器预分频器

A 类定时器提供 1:1、1:8、1:64 和 1:256 的输入时钟（外设总线时钟或外部时钟）预分频比选项，它们可以通过 TCKPS 位 (TxCON<5:4>) 进行选择。

B 类定时器提供 1:1、1:2、1:4、1:8、1:16、1:32、1:64 和 1:256 的输入时钟（外设总线时钟或外部时钟）预分频比选项，它们可以通过 TCKPS 位 (TxCON<6:4>) 进行选择。

当发生以下任何事件时，预分频器计数器被清零：

- 对 TMRx 寄存器进行写操作
- 禁止定时器位，即 ON (TxCON<15>) = 0
- 任意器件复位，上电复位 (Power-on Reset, POR) 除外

14.3.11 写入 TxCON、TMR 和 PR 寄存器

当 ON 位 (TxCON<15>) = 0 时, 定时器模块会被禁止并关闭电源, 从而最大程度地节省功耗。为了防止不可预测的定时器行为, 建议在写入任意 TxCON 寄存器位或定时器输入时钟预分频比之前, 先通过设置 ON 位 = 0 禁止定时器。尝试在同一指令中设置 ON 位 = 1 并写入任何 TxCON 寄存器位时, 可能会导致错误的定时器操作。

在模块工作时, 可以对 PRx 周期寄存器进行写操作。但是, 为了防止意外的周期匹配事件, 建议不要在定时器使能 (ON 位 = 1) 时写入 PRx 周期寄存器。

在模块工作时, 可以对 TMRx 计数寄存器进行写操作。当执行字节写操作时, 用户应注意以下事项:

- 如果定时器是递增的, 并且写入的是定时器的低字节, 则定时器的高字节不受影响。如果向定时器的低字节写入 0xFF, 该写操作之后的下一个定时器计数时钟将导致低字节计满返回到 0x00, 并且向定时器的高字节产生进位。
- 如果定时器是递增的, 并且写入的是定时器的高字节, 则定时器的低字节不受影响。如果进行写操作时定时器的低字节包含值 0xFF, 则下一个定时器计数时钟将导致从定时器低字节产生进位, 该进位将使定时器的高字节递增。

此外, 在模块工作时, 还可以对 TMR1 计数寄存器进行写操作。关于异步时钟操作的信息, 请参见第 14.3.9.1 节 “异步模式 TMR1 读写操作”。

当通过一条指令对 TMRx 寄存器进行写操作时 (按字、半字或字节), TMRx 寄存器递增被屏蔽, 该指令周期内不递增计数。

当模块被禁止时, TMR 计数寄存器不会复位为 0。

14.3.12 定时器延时注意事项

本节介绍与定时器延时相关的一些事项。

由于 A 类和 B 类定时器可以使用内部外设总线时钟 (PBCLK) 或外部时钟 (A 类定时器还支持异步时钟), 所以对定时器执行操作时, 需要考虑一些与操作延时有关的事项。这些延时代表在操作 (读或写) 执行时刻和操作最早起效时刻之间的延时, 如表 14-3 和表 14-4 中所示。

对于 A 类和 B 类定时器, 在任意同步时钟模式下读写 TxCON、TMRx 和 PRx 寄存器时, 不需要在主 SYSCLK 时钟域和定时器模块时钟域之间进行数据同步。因此, 操作是立即起效的。但是, 当 Timer1 工作于异步时钟模式时, 读取 TMR1 计数寄存器时需要 2 个 PBCLK 周期进行同步, 而写入 TMR1 计数寄存器则需要 2 至 3 个定时器时钟周期进行同步。

举例来说, Timer1 使用异步时钟源, 同时对 TMR1 寄存器执行读操作。此时将需要两个 PBCLK 外设总线时钟, 以使该数据同步到 TMR1 计数寄存器中。产生的效果就是值总是比实际 TMR1 计数晚 2 个 PBCLK 周期。

此外, 对于使用外部时钟源的任意定时器, 在 ON 位 (TxCON<15>) 置 1 (= 1) 之后, 将需要经过 2-3 个外部时钟周期, 定时器才会开始递增。

中断标志延时代表定时器事件和定时器中断标志有效时刻之间的延时。

表 14-3: A 类定时器延时⁽¹⁾

工作状态	PBCLK 内部时钟	同步外部时钟	异步外部时钟
设置 ON = 1 (使能定时器)	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKcy	2-3 个 TMRCLKcy
设置 ON = 0 (禁止定时器)	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKcy	2-3 个 TMRCLKcy
读 PRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
写 PRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
读 TMRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	2 个 PBCLK
写 TMRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKcy
中断标志 INTF = 1	1 个 PBCLK + 2 至 3 个 SYSCLK	1 个 PBCLK + 2 至 3 个 SYSCLK	(TMRCLKcy / 2) + 2 至 3 个 SYSCLK

注 1: TMRCLKcy = 外部同步或异步定时器时钟周期。

表 14-4: B 类定时器延时

工作状态	PBCLK 内部时钟	同步外部时钟
设置 ON = 1 (使能定时器)	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
设置 ON = 0 (禁止定时器)	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
读 PRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
写 PRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
读 TMRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
写 TMRx	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
中断标志 INTF = 1	1 个 PBCLK + 2 至 3 个 SYSCLK	1 个 PBCLK + 2 至 3 个 SYSCLK

14.3.13 辅助振荡器 (Sosc)

在不同的器件类型中，A 类定时器模块都可以使用辅助振荡器 (Sosc) 用于实时时钟 (RTC) 应用。

- 当定时器配置为使用外部时钟源时，Sosc (如果使能) 会成为定时器的时钟源。
- 当配置熔丝位 FSOSCEN (DEVCFG1<5>) = 0 时，通过将 SOSCEN 控制位 (OSCCON<1>) 置 1 来使能 Sosc。

更多信息，请参见第 6 章 “振荡器” (DS61112)。

14.4 中断

根据工作模式，定时器能够在周期匹配时或在外部门控信号的下降沿产生中断。

当以下条件之一为真时，TxIF 位（32 位模式下为 TyIF 位）被置 1：

- 当定时器计数值与相应周期寄存器匹配，并且定时器模块不工作于门控时间累加模式时。
- 当定时器工作于门控时间累加模式，检测到门控信号的下降沿时。

TxIF 位（32 位模式下为 TyIF 位）必须用软件清零。

可通过相应的定时器中断允许位 TxIE（32 位模式下为 TyIE 位）将定时器使能中断源。此外，还必须配置中断优先级位 TxIP<2:0>（32 位模式下为 TyIP<2:0>）和中断子优先级位 TxIS<1:0>（32 位模式下为 TyIS<1:0>）。更多信息，请参见第 8 章“中断”（DS61108）。

注： 当将 0 装入周期寄存器并且使能定时器时，会发生特殊情形。在这种配置下，不会产生定时器中断。

14.4.1 中断配置

每个时基模块都具有一个专用的中断标志位（TxIF）和一个对应的中断允许 / 屏蔽位（TxIE）。这些位用于决定中断源和使能 / 禁止各个中断源。每个定时器模块可以具有独立于其他定时器模块的优先级。

当定时器计数值与相应周期寄存器匹配，并且定时器模块不工作于门控时间累加模式时，TxIF 位被置 1。如果在定时器工作于门控时间累加模式时检测到门控信号的下降沿，该位也会被置 1。TxIF 位是否置 1 与相应 TxIE 位的状态无关。如果需要，可以通过软件查询 TxIF 位。

TxIE 位用于定义在相应的 TxIF 位置 1 时，中断控制器的行为。当 TxIE 位清零时，中断控制器不会为事件产生 CPU 中断。如果 TxIE 位置 1，则中断控制器会在相应的 TxIF 位置 1 时产生 CPU 中断（受中断优先级和子优先级制约）。

处理特定中断的用户软件程序负责在服务程序完成之前清零相应的中断标志位。

每个定时器模块的优先级可以通过 TxIP<2:0> 位独立设置。该优先级定义了中断源将分配到的优先级组。优先级组值的范围为 7（最高优先级）到 0（不产生中断）。较高优先级组中的中断会抢占正在处理、但优先级较低的中断。

子优先级位用于设置中断源在优先级组中的优先级。子优先级位（TxIS<1:0>）值的范围为 3（最高优先级）到 0（最低优先级）。处于相同优先级组，但具有更高子优先级值的中断会抢占子优先级较低、但正在进行的中断。

优先级组和子优先级位让多个中断源可以共用相同的优先级和子优先级。如果在该配置下同时发生若干个中断，则中断源在优先级 / 子优先级组对中的自然顺序将决定所产生的中断。自然优先级基于中断源的向量编号。向量编号越小，中断的自然优先级就越高。在当前中断的中断标志清零之后，所有不按照自然顺序执行的中断会基于优先级、子优先级和自然顺序产生相应的中断。

产生允许的中断之后，CPU 将跳转到为该中断分配的向量处。该中断的向量编号与自然顺序编号相同。然后，CPU 将在向量地址处开始执行代码。该向量地址处的用户代码应执行特定于应用程序的操作、清零 TxIF 中断标志，然后退出。关于中断的更多信息和向量地址详细信息，请参见第 8 章“中断”（DS61108）。

表 14-5: 各种偏移量的定时器中断向量 (EBASE = 0x8000:0000)

中断	向量 / 自然顺序	IRQ 编号	向量地址 IntCtl.VS = 0x01	向量地址 IntCtl.VS = 0x02	向量地址 IntCtl.VS = 0x04	向量地址 IntCtl.VS = 0x08	向量地址 IntCtl.VS = 0x10
Timer1	4	4	8000 0280	8000 0300	8000 0400	8000 0600	8000 0A00
Timer2	8	8	8000 0300	8000 0400	8000 0600	8000 0A00	8000 1200
Timer3	12	12	8000 0380	8000 0500	8000 0800	8000 0E00	8000 1A00
Timer4	16	16	8000 0400	8000 0600	8000 0A00	8000 1200	8000 2200
Timer5	20	20	8000 0480	8000 0700	8000 0C00	8000 1600	8000 2A00

表 14-6: 优先级和子优先级分配示例

中断	优先级组	子优先级	向量 / 自然顺序
Timer1	7	3	4
Timer2	7	3	8
Timer3	7	2	12
Timer4	6	1	16
Timer5	0	3	20

例 14-8: 16 位定时器中断初始化代码示例

```

/*
   This code example enables the Timer2 interrupts, loads the Timer2 period
   register, and starts the timer.

   When a Timer2 period match interrupt occurs, the interrupt service routine must clear
   the Timer2 interrupt status flag in software.
*/
T2CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register,
                       // prescaler at 1:1, internal clock source

TMR2 = 0x0;           // Clear timer register
PR2 = 0xFFFF;         // Load period register

IPC2SET = 0x0000000C; // Set priority level = 3
IPC2SET = 0x00000001; // Set sub-priority level = 1
                       // Could have also done this in single operation by assigning
                       // IPC2SET = 0x0000000D

IFS0CLR = 0x00000100; // Clear timer interrupt status flag
IEC0SET = 0x00000100; // Enable timer interrupts

T2CONSET = 0x8000;     // Start timer

```

例 14-9: 定时器 ISR 代码示例

```

/*
   This code example demonstrates a simple interrupt service routine for Timer
   interrupts. The user's code at this ISR handler should perform any application
   specific operations and must clear the corresponding Timer interrupt status flag
   before exiting.
*/
void __ISR(_Timer_1_Vector,ipl3)Timer1Handler(void)
{
    ... perform application specific operations in response to the interrupt

    IFS0CLR = 0x00000010; // Be sure to clear the Timer 2 interrupt status
}

```

注: 定时器 ISR 代码示例显示的是 MPLAB® C32 C 编译器的特定语法。关于对 ISR 的支持信息，用户可参考编译器手册。

例 14-10: 32 位定时器中断初始化代码示例

```

/*
   This code example enables Timer5 interrupts, loads the Timer4:Timer5 period
   register pair, and starts the 32-bit Timer module.

   When a 32-bit period match interrupt occurs, the user must clear the Timer5 interrupt
   status flag in software.
*/

T4CON = 0x0;           // Stop 16-bit Timer4 and clear control register
T5CON = 0x0;           // Stop 16-bit Timer5 and clear control register
T4CONSET = 0x0038;     // Enable 32-bit mode, prescaler at 1:8,
                       // internal clock source

TMR4 = 0x0;            // Clear contents of the TMR4 and TMR5

PR4 = 0xFFFFFFFF;     // Load PR4 and PR5 registers with 32-bit value

IPC5SET = 0x00000004;  // Set priority level = 1
IPC5SET = 0x00000001;  // Set sub-priority level = 1
                       // Could have also done this in single operation
                       // by assigning IPC5SET = 0x00000005

IFS0CLR = 0x00100000;  // Clear the Timer5 interrupt status flag
IEC0SET = 0x00100000;  // Enable Timer5 interrupts

T4CONSET = 0x8000;     // Start timer

```

14.5 节能和调试模式下的操作

14.5.1 休眠模式下的定时器操作

当器件进入 Sleep（休眠）模式时，系统时钟 SYSCLK 和外设总线时钟 PBCLK 会被禁止。对于两种定时器类型（A 和 B），以同步模式工作时，定时器模块会停止工作。

A 类定时器模块不同于 B 类定时器模块，因为它可以异步于外部时钟源工作。基于此独特性，A 类定时器模块可以在 Sleep（休眠）模式下继续工作。

为了在 Sleep（休眠）模式下工作，需要对 A 类定时器模块进行以下配置：

- 使能 Timer1 模块，ON 位（T1CON<15>）= 1。
- 为 Timer1 选择外部时钟源，TCS 位（T1CON<1>）= 1。
- 将 TSYNC 位（T1CON<2>）设置为逻辑 0（使能异步计数器模式）。

当满足所有这些条件时，器件处于 Sleep（休眠）模式时 Timer1 会继续计数并检测周期匹配。当在定时器和周期寄存器之间发生匹配时，T1IF 状态位被置 1。如果 T1IE 位置 1，并且它的优先级大于当前 CPU 优先级，则器件会从 Sleep（休眠）或 Idle（空闲）模式唤醒，并执行 Timer1 中断服务程序。

如果为 Timer1 中断分配的优先级小于等于当前 CPU 优先级，则不会唤醒 CPU，器件进入 Idle（空闲）模式。

14.5.2 空闲模式下的定时器操作

当器件进入 Idle（空闲）模式时，系统时钟源保持工作，但 CPU 停止执行代码。可以选择使定时器模块在 Idle（空闲）模式下继续工作。

SIDL 位（TxCON<13>）的设置决定定时器模块在 Idle（空闲）模式下是停止还是继续正常工作。如果 SIDL = 0，则模块在 Idle（空闲）模式下继续工作。如果 SIDL = 1，则模块在 Idle（空闲）模式下停止工作。

14.5.3 调试模式下的定时器操作

FRZ 位（TxCON<14>）的设置决定 CPU 在 Debug（调试）模式下执行调试异常代码（即，应用程序暂停）时，定时器模块是继续运行还是停止。当 FRZ = 0 时，即使应用程序在 Debug（调试）模式下暂停，定时器模块仍会继续运行。当 FRZ = 1 且应用程序在 Debug（调试）模式下暂停时，模块会冻结其操作，并且不会更改定时器模块的状态。在 CPU 继续开始执行代码之后，模块将继续工作。

注： 只有 CPU 在 Debug（调试）模式下执行时，FRZ 位才可读写。在所有其他模式下，FRZ 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 Debug（调试）模式并重新进入该模式之后，新值才会生效。在 Debug（调试）模式期间，FRZ 读为最后写入值，该值可能已生效也可能未生效（取决于最后值是何时写入的）。

14.6 各种复位的影响

14.6.1 器件复位

在发生器件复位时，所有定时器寄存器会被强制设为它们的复位状态。

14.6.2 上电复位（POR）

在发生上电复位（POR）时，所有定时器寄存器会被强制设为它们的复位状态。

14.6.3 看门狗复位

在发生看门狗复位时，所有定时器寄存器会被强制设为它们的复位状态。

14.7 使用定时器模块的外设

14.7.1 输入捕捉 / 输出比较的时基

输入捕捉和输出比较外设可以选择两个定时器模块之一或一个组合的 32 位定时器作为它们的定时器源。更多信息，请参见器件数据手册、以及第 15 章“输入捕捉”（DS61122）和第 16 章“输出比较”（DS61111）。

14.7.2 A/D 特殊事件触发器

在不同的器件型号上，在 16 位和 32 位模式下，都有一个 B 类定时器（Timer3 或 Timer5）能够在周期匹配时产生特殊 A/D 转换触发信号。定时器模块为 A/D 采样逻辑提供转换启动信号。

- 如果 $T32 = 0$ ，当在 16 位定时器寄存器（TMRx）和相应的 16 位周期寄存器（PRx）之间发生匹配时，会产生 A/D 特殊事件触发信号。
- 如果 $T32 = 1$ ，当在 32 位定时器（TMRx:TMRy）和相应的 32 位组合周期寄存器（PRx:PRy）之间发生匹配时，会产生 A/D 特殊事件触发信号。

特殊事件触发信号总是由定时器产生。必须在 A/D 转换器控制寄存器中选择触发源。更多信息，请参见器件数据手册以及第 17 章“10 位 A/D 转换器”（DS61104）。

14.8 I/O 引脚控制

使能定时器模块时不会配置 I/O 引脚方向。当使能定时器模块并配置为执行外部时钟或门控操作时，用户必须确保将 I/O 引脚方向配置为输入，方法是将相应的 TRIS 控制寄存器位置 1 (= 1)。

在 PIC32MX 系列器件上，以下情况下，TxCK 引脚会成为门控输入：

- 选择门控定时器模式（TGATE 位（TxCON<7>）= 1）时，并且
- 选择内部外设总线时钟源（PBCLK）（TCS 位（TxCON<1>）= 0）

当选择外部时钟源（TCS 位（TxCON<1>）= 1）时，TxCK 引脚可以用作其他模式的外部时钟输入。如果引脚不用作门控或外部时钟输入，它们可以用作通用 I/O 引脚。

14.8.1 I/O 引脚资源

表 14-7 中汇总了各种定时器 / 计数器模式，以及每种模式所需的特定 I/O 引脚。该表提供了关于特定工作模式所需 I/O 引脚的详细信息。

关于如何配置 I/O 引脚，请参见表 14-8。

表 14-7: 所需的 I/O 引脚资源

I/O 引脚名称	16/32 位定时器模式			16/32 位计数器模式
	内部时钟源 (1)	外部时钟源	内部时钟源的门控	外部时钟源
T1CK	否	是	是	是
T2CK	否	是	是	是
T3CK	否	是	是	是
T4CK	否	是	是	是
T5CK	否	是	是	是

注 1: “否”表示不需要该引脚，该引脚可以用作通用 I/O 引脚。

14.8.2 I/O 引脚配置

表 14-8 汇总了与定时器模块关联的 I/O 引脚资源。此外，该表也给出了使每个 I/O 引脚可用于特定定时器模块所需的设置。

表 14-8: 用于定时器模块的 I/O 引脚配置

I/O 引脚名称	必需 (1)	模块引脚控制所需的设置			引脚类型	缓冲器类型	说明
		模块控制	位域	TRIS			
T1CK	否	ON	TCS 和 TGATE	输入	I	ST	Timer1 外部时钟 / 门控输入
T2CK	否	ON	TCS 和 TGATE	输入	I	ST	Timer2 外部时钟 / 门控输入
T3CK	否	ON	TCS 和 TGATE	输入	I	ST	Timer3 外部时钟 / 门控输入
T4CK	否	ON	TCS 和 TGATE	输入	I	ST	Timer4 外部时钟 / 门控输入
T5CK	否	ON	TCS 和 TGATE	输入	I	ST	Timer5 外部时钟 / 门控输入

图注: CMOS = CMOS 兼容输入或输出，ST = 带 CMOS 电平的施密特触发器输入，I = 输入，O = 输出。

注 1: 只有对于使用门控定时器或外部时钟输入的模式，才需要这些引脚。其他情况下，它们可以用作通用 I/O，方法是将相应的 TRIS 控制寄存器位置 1。

14.9 设计技巧

问 1: *32 位定时器的低半部分是否可以产生中断?*

答 1: 不能。当两个 16 位定时器在 32 位模式下组合时 (TGATE (TxCON<7>) = 1)，将使用与高位的定时器模块关联的中断允许位 (TxIE)、中断标志位 (TxIF)、中断优先级位 (TxIP) 和中断子优先级位 (TxIS)。低位的定时器模块的中断功能会被禁止。

问 2: *如果不使用定时器模式的 TxCK 输入，该 I/O 引脚是否可用作通用 I/O 引脚?*

答 2: 可以。如果定时器模块配置为使用内部时钟源 (TCS (TxCON<1>) = 0)，并且不使用门控定时器模式 (TGATE (TxCON<7>) = 0)，则关联的 I/O 引脚可用作通用 I/O。请注意，即使 I/O 引脚用作通用 I/O 引脚，用户仍然需要负责将相应的 TRIS 寄存器配置为输入或输出。

14.10 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。当前与定时器模块相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
目前没有相关的应用笔记。	N/A

<p>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)。</p>

14.11 版本历史

版本 A（2007 年 8 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；修改了表 14-2；修改了寄存器 14-1；修改了第 14.3.9.1 节。

版本 D（2008 年 5 月）

在寄存器 14-17、14-18、14-19、14-20、14-21、14-22 和 14-23 中增加了注释；修改了表 14-1 和 14-5；修改了例 14-9 和 14-10；修改了第 14.3.9.1 节的标题；修改了第 14.3.11 节；将保留位从“保持为”更改为“写入”；为 ON 位（T1CON 和 TxCON 寄存器）增加了注释。

版本 E（2010 年 5 月）

该版本包括以下更新：

- 在表 14-2 中增加了 T1CON 位名称行（15:8）
- 更新了第 14.3.5 节“16 位同步外部时钟计数器模式”和第 14.3.6 节“32 位同步外部时钟计数器模式”的第三段
- 在寄存器 14-2 中增加了“注 4”
- 定时器寄存器汇总（表 14-2）：
 - 删除了对清零、置 1 和取反寄存器的所有引用
 - 删除了对 IFS1、IEC1 和 IPC8 寄存器的引用
 - 增加了介绍清零、置 1 和取反寄存器的“注 3”、“注 4”和“注 5”
- 删除了以下寄存器：
 - IEC0：中断允许控制寄存器
 - IFS0：中断标志状态寄存器 0
 - IPC1：中断优先级控制寄存器 1
 - IPC2：中断优先级控制寄存器 2
 - IPC3：中断优先级控制寄存器 3
 - IPC4：中断优先级控制寄存器 4
 - IPC5：中断优先级控制寄存器 5
- 删除了文档页脚中的“初稿”标记
- 对整篇文档的文字和格式进行了少量更改

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最安全的产品之一。
- 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，不得暗中或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、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: 978-1-60932-519-0

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、非易失性存储器和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。

全球销售及服务中心

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: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

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: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

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: 886-7-213-7830
Fax: 886-7-330-9305

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