16-Bit 定时器数据表 Timer16 V 2.6

资源	PSoC® 模块			API 存储器 （字节）		引脚 （每个外部 I/O）
	数字	模拟 CT	模拟 SC	闪存	RAM	
CY8C29/27/24/22/21xxx、CY8C23x33、CYWUSB6953、CY7C64215、CY8CLED02/04/08/16、CY8CLED0xD、CY8CLED0xG、CY8CTST110、CY8CTMG110、CY8CTST120、CY8CTMG120、CY8CTMA120、CY8C21x45、CY8CTMA30xx、CY8C28x45、CY8CPLC20、CY8CLED16P01、 CY8C28xxx						
	2	0	0	93	0	1
CY8C26/25xxx	2	0	0	142	0	1

如需获取一个或多个使用此用户模块的完整配置功能性示例项目，请转到 www.cypress.com/psocexampleprojects.

特性与概述

- 16-bit 通用定时器使用两个 PSoC 模块
- 源时钟频率高达 48 MHz
- 在计数周期完成后自动重新加载周期参数
- 时钟捕获速率高达 24 MHz
- 终端计数输出脉冲可用作其他模拟和数字功能的输入时钟
- 中断选项包括：基于终端计数、捕获 （部分器件中可用）或当计数器达到某预定值时触发中断

16-bit 定时器用户模块提供了具有可编程周期和捕获功能的递减计数器。 可从任何系统时基或外部源选择时钟和使能信号。 一旦启动，定时器便持续运行，并从周期寄存器重新加载其内部值，直至达到终端计数。 在终端计数之后的时钟周期中，输出将为高电平。 事件能够通过置位边沿敏感捕获输入信号，来捕获当前定时器计数值。 在每个时钟周期中，定时器都会将计数与比较寄存器的值进行对比测试，测试两数为 “ 小于 ”(Less Than) 还是 “ 小于或等于 ”(Less Than or Equal To) 关系。 可以基于终端计数或比较信号生成中断。 部分器件系列提供了两个附加功能。 即中断选项包括 “ 捕获中断方式 ”(interrupt on capture)，以及可将比较信号路由到行总线上。 如果您选择的器件上提供了这些选项，则它们会显示在器件编辑器中。

Figure 1. 定时器模块图 （对于大多数 PSoC 器件），数据路径宽度 n = 16

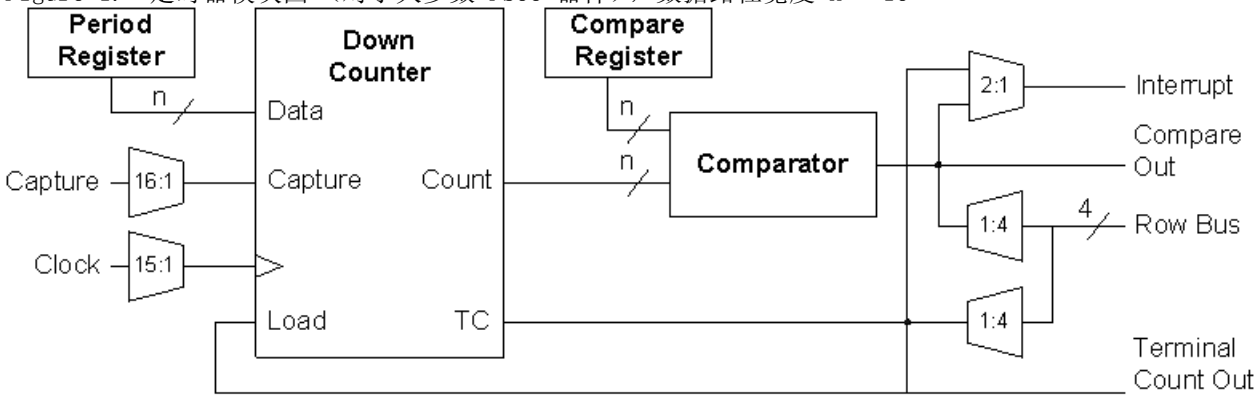
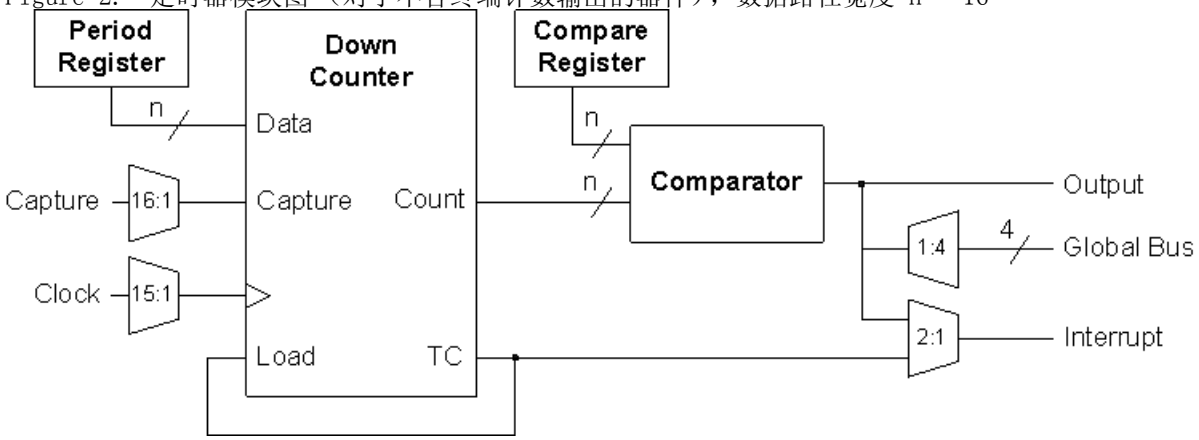


Figure 2. 定时器模块图 （对于不含终端计数输出的器件），数据路径宽度 n = 16



功能说明

Timer16 用户模块利用了两个数字 PSoC 模块，每个模块提供 8 位分辨率。 连续模块彼此关联，因此能够同时链接内部进位位、终端计数和比较信号。 这样可使模块间的 8-bit 计数、周期和比较寄存器 （分别对应数据寄存器 DR0、DR1 和 DR2）相互连结，以提供所需的分辨率。 通过这种方法，16-bit 定时器的运行效率可相当于单片同步定时器。

定时器 API 提供了可用 C 语言和汇编语言调用的多种函数，以便停止或启动定时器操作以及读写各种数据寄存器。 提供了一个控制寄存器，用于启动和停止定时器用户模块。 当定时器停止时，对周期寄存器的写入操作会导致将周期寄存器的值复制到计数寄存器中。 当定时器停止时，输出被置于低电平。

定时器启动时，计数寄存器会在每个时钟上升沿出现时递减 1。 零计数之后，再次出现时钟上升沿时，计数寄存器将从周期寄存器重新加载值。 在下一个下降沿出现时，将触发终端计数事件，并将输出置为高电平，持续半个时钟周期，或者，在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 器件系列中可选择持续整个时钟周期。 通过这种方法，定时器可充当时钟分频器。 其周期和频率与源时钟的周期和频率相关，系数等于定时器周期寄存器的值加 1。

Equation 1

$$OutputPeriod = SourceClockPeriod \times (PeriodRegisterValue + 1)$$

周期值为 0 时，将输出移位半个时钟周期的输入源时钟，从而产生一分频的时钟。 在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 器件系列中，终端计数脉冲宽度必须设置为半个周期。

终端计数输出的工作周期如下所示。

Equation 2

$$DutyCycle = \frac{0.5}{PeriodValue + 1}$$

此外，当终端计数脉冲宽度设置为整个周期时，工作周期将延长为两倍。

Equation 3

$$DutyCycle = \frac{1}{PeriodValue + 1}$$

周期寄存器值参数可以使用器件编辑器进行指定。 此外，也可以在运行时使用 API 对其进行修改。 在计数寄存器的值达到 0（终端计数）之后的周期中，周期寄存器将自动复制到计数寄存器中。 因此，如果通过 API 更改周期，新值将不会立刻生效。 要在运行时做出立即生效的更改，正确的步骤是：停止定时器，写入新周期值，再重新启动定时器。

在每个输入时钟上，将计数寄存器中的计数与存储在比较寄存器中的值进行比较。 根据器件编辑器中为 CompareType 参数所指定的选项，将执行 “ 小于 ”(Less Than) 或 “ 小于或等于 ”(Less Than or Equal To) 对比测试。 当满足比较条件时，将在下一时钟上触发比较事件。

在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 器件系列中，定时器用户模块提供了比较输出信号作为辅助输出。 在满足比较条件周期之后的时钟周期中，出现上升沿时，将置位此高电平有效信号。 辅助输出不能直接连接到相邻的数字 PSoC 模块；但是，它能连接到其他数字 PSoC 模块，或者通过本地行输出总线连接到 GPIO 引脚。

当捕获输入被置于高电平时，系统时钟也将同步跃变，且计数寄存器中的值将传输到比较寄存器中。 在 CY8C26/25xxx 系列中，如果比较类型设置为 “ 小于或等于 ”(less-than-or-equal)，则会在下一个定时器输入时钟周期上触发比较事件，如果比较类型设置为 “ 小于 ”(less-than)，则会在两个时钟周期之后触发比较事件。 在 CY8C29/27/24/22/21xxx 和 CY8CLED04/08/16 系列中，如果中断类型设置为 “ 捕获 ”(capture)，则会在捕获事件后发生中断。 然后，可使用 ReadTimer API 函数读取计数值。 如果满足以下条件，则会在出现 “ 比较真值 ”(compare true) 事件时发生中断。

1. 在 CY8C26/25xxx 系列中，中断类型必须设置为比较事件触发方式。 在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 系列中，中断类型必须设置为 “ 捕获 ”(capture) 触发方式。
2. 必须启用定时器中断
3. 必须启用全局中断

按以下方式计算已用时间。

Equation 4

$$ElapsedTime = ClockPeriod \times (PeriodValue - CounterValue)$$

触发中断的方式可为终端计数触发或比较事件触发，在 PSoC 器件的 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 系列中，基于捕获信号本身触发。 在 CY8C26/25xxx 系列中，在使用外部捕获信号执行事件时序时，将中断设置为比较事件触发。 在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 中，在使用外部捕获信号执行事件时序时，将中断设置为捕获事件触发。 在执行已用时间测量时，将中断设置为终端计数触发。

对于需要在不影响计数或比较寄存器的情况下读取传输中的定时器递减值的算法，可调用 ReadTimerSaveCV() API。 此函数可在保留比较寄存器内容的同时，读取计数寄存器的值。 此函数有可能产生延迟的副作用，在本用户模块的 API 章节中有所说明。

捕获机制允许在某操作发生前，使用最大时间临界值对外部事件进行定时。 执行步骤如下。

1. 将周期寄存器设置为等于该最大值的周期值。
2. 将比较寄存器设置为最大时间限制计数，此计数的计算方式如下。

Equation 5

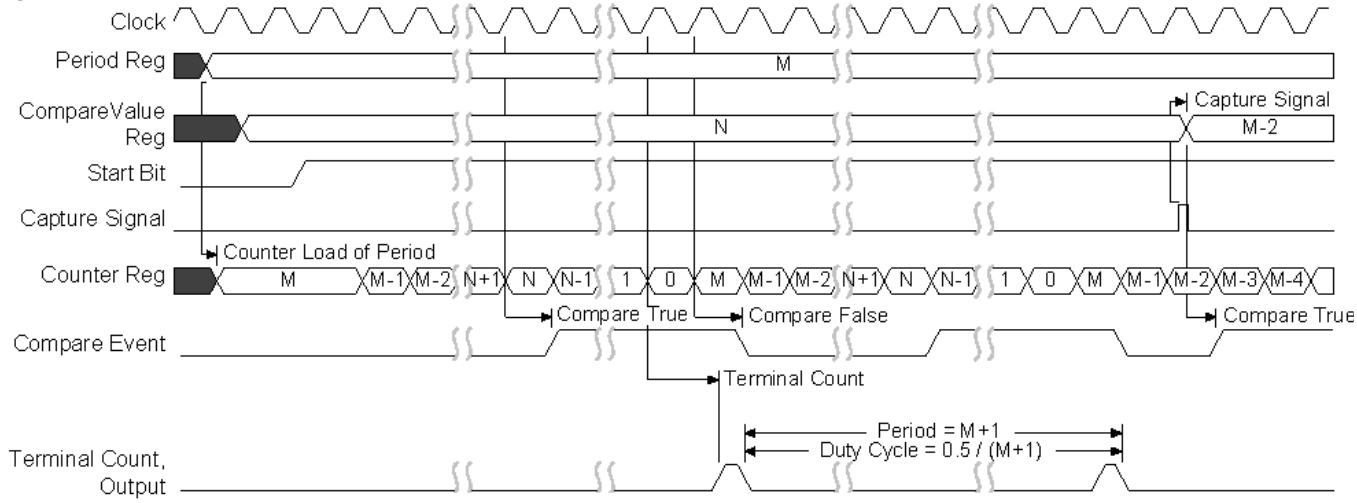
$$MaxTimeLimitCount = PeriodValue - \frac{MaxTimeLimit}{ClockPeriod}$$

1. 在 CY8C26/25xxx 系列中，将中断设置为比较事件触发，比较事件使用 “ 小于或等于 ”(Less Than or Equal To) 比较函数。 在 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 系列中，将中断设置为基于 “ 捕获 ”(capture) 触发。
2. 在适当的时候启动定时器。
3. 中断触发时，读取比较寄存器。
4. 在 CY8C26/25xxx 系列中，如果比较值大于最大时间限制计数，则认为已发生外部捕获事件，并且此时可计算已用时间。 但是，如果比较值等于或小于界限值，则可推断事件尚未发生，且最大时间限制已过期。

时序

通过 PSoC 器件的全局总线功能将外部引脚路由至计数器，这些外部引脚即可为定时器计时。 下图说明了定时器用户模块的时序。

Figure 3. 时序图



直流和交流电气特性

Table 1. 定时器交流电气特性

参数	典型值	极限值	单位	条件和注释
最大输入频率	--	48[ab]	MHz	16-bit 宽度，Vdd=5.0V[2]
最大输出频率	--	24[a]	MHz	Vdd=5.0V 及 48 MHz 输入时钟
	--	12[c]	MHz	Vdd=3.3V 及 24 MHz 输入时钟

a. 如果输入或输出通过全局总线进行路由，则频率限制为最高 12 MHz。

b. 如果定时器使用主动捕获功能，则输入时钟频率限制为 24MHz。

c. PSoC 模块在 3.3V 电压下运行时，可用的最快时钟频率为 24 MHz。

放置

定时器使用两个数字 PSoC 模块。 器件编辑器将这两个模块连续放置，并按模块数递增从最低有效位 (LSB) 到最高有效位 (MSB) 进行排序。 每个模块都具有符号名称，在放置期间和放置后由器件编辑器显示该名称。 API 使用用户指定的实例名称和模块名称来分配所有寄存器名称，以便通过 API 包含文件直接访问定时器寄存器。 下表中将给出模块名称。

Table 2. PSoC 模块符号名称

PSoC 模块	16-Bit 定时器
1	TIMER16_LSB
2	TIMER16_MSB

参数和资源

使用器件编辑器选择或放置定时器用户模块后，就可以选择或更改下列参数的值。

时钟

从一个可用源中选择 “ 时钟 ”(Clock) 参数。 这些源包括 48 MHz 振荡器(仅适用于 5.0V 运行)、24V1、24V2、其他 PSoC 模块以及通过全局输入和输出路由的外部输入。 当模块使用外部数字时钟时，应关闭行输入同步，以便获得最佳精度以及睡眠模式操作。

捕获

从一个可用源中选择此参数。 此输入的上升沿将导致计数寄存器的值传输到比较寄存器中。 如果将此参数设置为 1 或外部保持高电平，则软件捕获机制将无法正常运行。

输出

“ 输出 ”(Output) 参数可以设置为禁用，或路由至四个全局输出信号之一。 此参数仅适用于 PSoC 器件的 CY8C26/25xxx 系列。

TerminalCountOut

终端计数输出是辅助计数器输出。 通过此参数可以禁用计数器输出，或将该输出连接到任意行输出总线。 此参数仅在 PSoC 器件的 CY8C29/27/24/22/21xxx 和 CY8CLED04/08/16 系列成员中显示。

CompareOut

比较输出可以设置为禁用 (在不干扰中断操作的情况下)，或将其连接到任意行输出总线。 无论设置如何，此参数均可作为下一个更高的数字 PSoC 模块以及模拟列时钟选择复用器的输入使用。 此参数仅在 PSoC 器件的 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 系列成员中显示。

周期

此参数设置定时器的周期。 容许值介于 0 到 2^{32}-1 之间。 此值将加载到周期寄存器中。 当计数器达到 0 或定时器从禁用状态切换到使能状态时，将自动重新加载周期。 可使用 API 修改此值。

CompareValue

此参数设置比较事件触发时定时器周期的计数点。 此值将加载到比较寄存器中。 容许值介于 0 到周期值之间。 可使用 API 修改此值。

CompareType

此参数设置比较函数类型为 “ 小于 ”(less than) 或 “ 小于或等于 ”(less than or equal)，如之前功能说明中所述。

InterruptType

此参数指定基于终端计数事件或比较事件触发中断。 使用 API 启用中断。

ClockSync

在 PSoC 器件中，除系统时钟之外，数字模块还可以提供时钟源。 数字时钟源甚至可以用串行方式进行链接。 这会引起与系统时钟相关的时滞。 由于各种数据路径优化，在 CY8C29/27/24/22/21xxx 和 CY8CLED04/08/16 PSoC 器件系列中，这些时滞更具危害性，特别是应用于系统总线的部分。 此参数可用于控制时钟时滞，并确保在读写 PSoC 模块寄存器值时执行正确操作。 此参数的恰当值应根据下表确定。

时钟同步 (ClockSync) 值	用途
同步到 SysClk	当使用任何由 24 MHz (SysClk) 经过二分频或更多分频所衍生出来的时钟源，使用此设定。这样的时钟源包括 VC1、VC2、VC3 （在 VC3 由 SysClk 驱动时）、32KHz 和以 SysClk 作为时钟源的数字 PSoC 模块。 外部生成的时钟源还应当使用此数值来确保执行正确的同步操作。
同步到 SysClk*2	此设置适用于任何基于 48 MHz (SysClk*2) 的时钟，除非产生的频率为 48 MHz （换句话说，所有分频器的乘积为 1 时）。
直接使用 SysClk	在需要 24 MHz (SysClk/1) 时钟时使用。 此项选择并不真正执行同步，但提供了对系统时钟本身的低时滞访问方式。 如果选择此项，则此选项将覆盖之前 “ 时钟 ”(Clock) 参数的设置。 在所有分频器组合起来最终生成了 24 MHz 的输出时，一定要使用此项，而不使用 VC1、VC2、VC3 或数字模块。
不同步	在选定 48 MHz (SysClk*2) 输入时使用。 在需要不同步输入时使用。 一般来说，只有在中断生成是计数器的唯一应用时才推荐使用此选项。 在睡眠期间依然保持活动状态的模块需要进行此设置。

TC_PulseWidth

使用此参数，可指定终端计数输出脉冲为一个时钟周期宽还是半个时钟周期宽。

InvertCapture

此参数确定使能输入信号的意义。 当选中 “ 正常 ”(Normal) 时，使能输入为高电平有效。 选择 “ 反相 ”(Invert) 则解释为低电平有效。 InvertCapture 仅适用于 PSoC 器件的 CY8C29/27/24/22/21xxx, CY8C23x33, CYWUSB6953, CY7C64215, CY8CLED02/04/08/16, CY8CLED03D/04D, CY8CNP102, CY8CTST110, CY8CTMG110, CY8CTST120, CY8CTMG120, CY8CTMA120, CY8C21x45, CY8CTMG300, CY8CTST300, CY8CTMA300, CY8CTMA301, CY8CTMA301D, CY8C28x45, CY8CPLC20, CY8CLED16P01, CY8C28xxx 系列。

中断生成控制

当选中 PSoC Designer 中的 **“ 启用中断生成控制 ”** 复选框时，有两个附加参数将变为可用。 此复选框位于 **“ 项目 ” > “ 设置 ” > “ 芯片编辑器 ” 之下。**. 当拥有多个程序层而且多个用户模块在不同的程序层共享中断时，中断生成控制是非常重要的：

- Interrupt API
- IntDispatchMode

InterruptAPI

使用 InterruptAPI 参数，可以有条件地生成用户模块中断处理程序和中断矢量表条目。 选择 “ 使能 ”(Enable) 将生成中断处理程序和中断矢量表条目。 选择 “ 禁用 ”(Disable) 将不生成中断处理程序和中断矢量表条目。 在那些拥有多个程序层而且有多个程序层使用同一模块资源的项目中，特别推荐要正确地选择是否要生成中断 API。 仅在必要时选择生成中断 API，这样可以避免生成中断调度代码，从而减少开销。

IntDispatchMode

IntDispatchMode 参数用于指定如何处理中断请求（当处于同一模块的多个用户模块在不同的程序层共享该中断时） 选择 “ActiveStatus” 会导致固件在为共享的中断请求提供服务之前测试哪一个程序层正处于活动状态。 这项测试发生在每次请求共享中断的时候。 这样会导致延迟增加并且会产生一个服务于共享中断请求的非确定性的程序，但并不要求任何 RAM 资源。 选择 “OffsetPreCalc”

参数会导致固件只在最初已经有一个程序层运行时计算共享中断请求的来源。 这项计算减少了中断延迟会产生一个服务于共享中断请求的确定性程序，但其代价是 1 个字节的 RAM 资源。

应用程序编程接口

应用程序编程接口 (API) 子程序作为用户模块的一部分提供，使设计人员能够在较高的层级处理模块。本部分具体指明了每个函数的接口以及由 “ 包含 ” 文件所提供的常数。

Note 在这里，如同所有用户模块 API 中的一样，A 和 X 寄存器的值可能因调用 API 函数而更改。 发起调用 API 的函数有责任在调用之前保留 A 和 X 的值 （如果调用后需要再次用到它们）。 选择这种 “ 寄存器易变 ” 策略是为了提高效率，并且自从 PsoC Designer 的 1.0 版本起使用。 C 语言编译器自动遵循此要求。 汇编语言程序员也必须确保其代码遵守这一策略。 虽然有些用户模块的 API 函数可能保留 A 和 X 不变，但并不保证在未来也将如此。

应用程序编程接口 (API) 子程序作为用户模块的一部分提供，使设计人员能够在较高的层级处理模块。以下是为 Timer16 提供的 API 编程子程序。

Timer16_PERIOD

说明：

表示器件编辑器中为 Timer16 的 “ 周期 ”(Period) 字段选择的值。 该值的范围介于 0 到 65535 之间。

Timer16_COMPARE_VALUE

说明：

表示器件编辑器中为 Timer16 的 PulseWidth 字段选择的值。 该值的范围介于 0 到 65535 之间。

Timer16_EnableInt

说明：

启用中断模式运行。 但是请注意，在实际处理中断之前，还必须启用全局中断。

C 语言原型：

```
void  Timer16_EnableInt(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_EnableInt
```

参数：

无

返回值：

无

副作用：

此子程序修改 IO 空间中相应的中断使能寄存器。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_DisableInt

说明：

禁用中断模式运行。

C 语言原型：

```
void  Timer16_DisableInt(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_DisableInt
```

参数：

无

返回值：

无

副作用：

此子程序修改 IO 空间中相应的中断使能寄存器。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_Start

说明：

开始运行 Timer16。 计数寄存器将在下一个时钟周期上减少。

C 语言原型：

```
void  Timer16_Start(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_Start
```

参数：

无

返回值：

无

副作用：

寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_Stop

说明：

停止运行 Timer16。

C 语言原型：

```
void  Timer16_Stop(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_Stop
```

参数：

无

返回值：

无

副作用：

输出将被置为低电平，且后续对周期寄存器的写入操作将会使计数寄存器更新为新的周期值。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_WritePeriod

说明：

将周期值写入周期寄存器。 在达到零计数条件时将周期载入到计数寄存器中，或者当 Timer16 处于停止状态时立即执行载入。

C 语言原型：

```
void  Timer16_WritePeriod(WORD wPeriod);
```

汇编语言：

```
mov   X, [wPeriod]           ; place MSB in X
mov   A, [wPeriod+1]         ; place LSB in A
lcall  Timer16_WritePeriod
```

参数：

wPeriod: wPeriod 值介于 0 到 2^{16}-1 之间，用于设置 Timer16 周期。 最高有效位在 X 寄存器中传递，而最低有效位在累加器中传递。

返回值：

无

副作用：

寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_WriteCompareValue

说明：

修改定时器的比较寄存器的值。 为避免产生意外的副作用，应当禁用定时器 （未通过 Start API 函数启用或者首先调用 Stop API 函数）。

C 语言原型：

```
void  Timer16_WriteCompareValue(WORD wCompareValue);
```

汇编语言：

```
mov   X, [wCompareValue]           ; place MSB in X
```

```
mov   A, [wCompareValue+1]          ; place LSB in A
lcall  Timer16_WriteCompareValue
```

参数：

wCompareValue: wCompareValue 是介于 0 到周期寄存器值之间的值，用于设定 Timer16 比较值。 最高有效位在 X 寄存器中传递，而最低有效位在累加器中传递。

返回值：

无

副作用：

当定时器正在运行并且比较值等于或大于计数寄存器的当前值时，如果调用此函数，将可能发生比较事件。 当比较寄存器分布在多个 PSoC 模块中并且一次被写入一个字节，比较寄存器的值可能会发生意外变化。 写入字节的顺序未指定且可能会随时更改。 如果中断类型均设置为比较事件触发方式且定时器中断已启用，这可能会导致中断。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_wReadCompareValue

说明：

读取 Timer16 比较寄存器。

C 语言原型：

```
WORD  Timer16_wReadCompareValue(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_wReadCompareValue
mov   [wCompareValue], X            ; MSB returned in X
mov   [wCompareValue+1], A          ; LSB returned in A
```

参数：

无

返回值：

wCompareValue： 比较寄存器的内容。 最高有效位在 X 寄存器中传递，而最低有效位在累加器中传递。

副作用：

寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_wReadTimerSaveCV

说明：

读取当前 Timer16 计数寄存器的值，并保留比较寄存器的值。 这将执行软件请求、硬件同步的计数器捕获操作。 应当仅在必须保留比较寄存器内容的情况下，才使用此函数。 如果不需要保留比较寄存器内容，则首选使用 wReadTimer() 函数。 请注意，此 API 子程序过去被称为 wReadCounter。

C 语言原型：

```
WORD  Timer16_wReadTimerSaveCV(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_wReadTimerSaveCV
mov    [wCount], X           ; MSB returned in X
mov    [wCount+1], A         ; LSB returned in A
```

参数：

无

返回值：

wCount： 计数寄存器的内容。 最高有效位在 X 寄存器中传递，而最低有效位在累加器中传递。

副作用：

要读取计数寄存器的值，必须在其值返回之前暂时将其传输到比较寄存器中。 此操作将导致比较条件立即变为真或在下一个定时器输入时钟周期上变为真，具体取决于 CompareType 参数的设置为 “ 小于或等于 ”(Less than or Equal to) 或 “ 小于 ”(Less Than)。 如果 （或当）用户模块和全局中断已启用，则很可能在此 API 函数返回调用程序之前，甚至在其将比较寄存器恢复到原先状态之前，中断将得到处理。 中断将暂时禁用。 最后，为了恢复比较寄存器，用户模块本身将暂时禁用。 这将导致计数寄存器丢失一个或多个计数。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

Timer16_wReadTimer

说明：

读取当前 Timer16 计数寄存器的值。 这将执行软件请求、硬件同步的计数器捕获操作。 如果不要求保留比较寄存器，则首选使用此方法读取计数寄存器。 请注意，此 API 子程序过去被称为 wCaptureCounter。

C 语言原型：

```
WORD  Timer16_wReadTimer(void);
```

汇编语言：

```
lcall  Timer16_wReadTimer

mov    [wCount], X           ; MSB returned in X
mov    [wCount+1], A         ; LSB returned in A
```

参数：

无

返回：

wCount： 计数寄存器的内容。 最高有效位在 X 寄存器中传递，而最低有效位在累加器中传递。

副作用：

比较寄存器内容丢失。 比较条件立即变为真，或在下一个定时器输入时钟周期上变为真，具体取决于 CompareType 参数的设置为 “ 小于或等于 ”(Less than or Equal to) 或 “ 小于 ”(Less Than)。 如果 （或当）用户模块和全局中断已启用，则很可能在此 API 函数将控制权返回到其调用程序之前，中断将得到处理。 寄存器 A 和寄存器 X 有可能在此函数的当前版本或后续版本中被修改。 在大型存储器模型中，所有 RAM 页面指针寄存器也会出现这种状况。 在必要时，调用函数有责任在调用 fastcall16 函数之前保存这些值。

固件源代码示例

在以下示例中，C 语言代码和汇编语言代码之间的对应是简单且直接的。 周期和比较值的显示值是基数值中的各个 "off-by-1"，因为这些寄存器是基于 0 的，即在其递减计数周期中以 0 为终端计数。 在 A 寄存器中而非堆栈中传递单一字节参数，这是汇编程序和 C 语言程序针对用户模块 API 使用的性能优化方式。 当 C 程序在 Timer16.h 文件中发现 #pragma 快速调用声明时，它将对 "INT" 类型运用此机制，而不是将参数推入堆栈。

以下汇编语言源代码说明了 API 的使用。

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;  Description:
;    This sample shows how to capture an event with a bounded time limit.
;    The count resolution is 30.5 us, with a bounded time limit of 1.99
;    seconds.
;
;    The interrupt should be set to interrupt on the Compare - Less than
;    equal. The capture input should be connected to the event that is
;    being measured. The clock should be connected to the 32.768K internal
;    clock.
;
;    Computed time lapse is:  (65,535 - wCount ) / 32,768.
;
;    The foreground routine sets and starts the timer. The interrupt
;    level routine captures the value.
;
;  Parameters: none
;  Returns:    none
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

include "m8c.inc"       ; part specific constants and macros
include "memory.inc"    ; Constants & macros for SMM/LMM and Compiler
include "PSoCAPI.inc"   ; PSoC API definitions for all User Modules

export _main

area bss (RAM,REL)
_wElapsedTime::
 wElapsedTime::    BLK   2

area text(ROM, REL, CON)
_main:

CapturePulse::
    mov   [wElapsedTime], 0
    mov   [wElapsedTime+1], 0
    mov   A, FFh                ; set the period to the maximum
    mov   X, FFh
    lcall  Timer16_WritePeriod
    mov   X, 0                  ; set the compare to trigger at 1
    mov   A, 0
    lcall  Timer16_WriteCompareValue
    lcall  Timer16_EnableInt     ; enable the timer interrupt mask
    M8C_EnableGInt              ; enable global interrupts
    lcall  Timer16_Start         ; start the timer - timer will start to
.WaitForCapture:
```

```
    mov   A, [wElapsedTime]
    or    A, [wElapsedTime+1]
    jz    .WaitForCapture

;Evaluate captured value here!
;If wElapsedTime is not > 1 then compute elapsed time.
;else if wElapsedTime is 1 or 0 then event did not occur within
;time limit.

.terminate:
    jmp .terminate
```

位于文件 *Timer16int.asm* 中的中断级别子程序如下所示。

```
_Timer16_ISR:

   ;@PSoC_UserCode_BODY@ (Do not change this line.)
   ;---------------------------------------------------
   ; Insert your custom code below this banner
   ;---------------------------------------------------
   ;   NOTE: interrupt service routines must preserve
   ;   the values of the A and X CPU registers.
    push  X
    push  A
    call  Timer16_wReadTimer
    mov   [_wElapsedTime+1], A
    mov   [_wElapsedTime], X
    call  Timer16_Stop
    pop   A
    pop   X
   ;---------------------------------------------------
   ; Insert your custom code above this banner
   ;---------------------------------------------------
   ;@PSoC_UserCode_END@ (Do not change this line.)

   reti
```

以 C 语言编写的相同代码如下所示。 请注意，中断子程序必须用汇编语言编写。

```
#include <m8c.h>        // part specific constants and macros
#include "PSoCAPI.h"    // PSoC API definitions for all User Modules

WORD wElapsedTime;

void main(void)
{
    Timer16_WritePeriod(0xffff);
    Timer16_WriteCompareValue(0x0001);
    Timer16_EnableInt();
    M8C_EnableGInt;
    Timer16_Start();
    while( wElapsedTime == 0 );
}
```

配置寄存器

16-bit 定时器使用两个数字 PSoC 模块。 按照从左至右的次序放置，这些模块名为 Timer16_LSB 和 Timer16_MSB.。每个模块都通过 7 个寄存器实现个性化和参数化。 以下表格给出了作为常量和参数的 “ 特性 ” 值，命名为带有简要描述的位字段。 这些寄存器的符号名称在用户模块实例的 C 语言和汇编语言接口文件 （".h" 和 ".inc" 文件）中定义。

Table 3. 函数寄存器，组 1

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	0	0	1	比较类型	中断类型	0	0	0
LSB	0	0	1	比较类型	0	0	0	0

Table 4. 函数寄存器，组 1

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	0	0	1	比较类型	中断类型	0	0	0
LSB	数据反相	BCEN	1	比较类型	0	0	0	0

BCEN 将终端计数输出导入到行广播总线中。 此位字段在器件编辑器中通过直接配置广播线进行设置。 “ 数据反相 ” 标志用于控制捕获输入信号的意义，此参数通过显示在器件编辑器中的用户模块参数进行设置。 CompareType 标志表示比较函数的设置为 “ 小于或等于 ”(Less than or Equal to) 或 “ 小于 ”(Less Than)。 InterruptType 标志确定通过比较事件或终端计数触发中断 （另请参见控制寄存器中的 CaptureInt）。 CompareType 和 InterruptType 均在器件编辑器中直接通过用户模块参数进行设置，这些参数在之前相关主题部分中有所介绍。

Table 5. 输入寄存器，组 1

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	0	0	1	1	时钟			
LSB	捕获				时钟			

使能 (Enable)：在 16 个源中选择具有相同名称的输入信号。 用户模块 “ 使能 ”(Enable) 参数在器件编辑器中的设置将决定其值。 同样，用户模块 “ 时钟 ”(Clock) 参数的设置将决定此值。

Table 6. 输出寄存器，组 1

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	0	0	0	0	0	输出使能	OutputSelect	
LSB	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 7. 输出寄存器，组 1

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	AuxClk		AuxEnable	AuxSelect		OutEnable	OutputSelect	
LSB	AuxClk		0	0	0	0	0	0

器件编辑器中用户模块 "ClockSync" 参数决定 AuxClk 位的值。 尽管命名类似，AuxEnable 和 AuxSelect 位却与 OutEnable 和 OutSelect 位字段有关。 AuxEnable 和 AuxSelect 允许将比较输出信号输出到其中一个行输出总线，这两个参数通过在 “ 器件编辑器互连视图 ” 中以图形方式操纵行总线来控制。 当终端计数输出被输出到某个行或全局输出总线时，将设置 OutEnable。 OutputSelect 控制哪条总线将从比较输出中输出。

Table 8. 计数寄存器 (DR0)，组 0

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	计数 (MSB)							
LSB	计数 (LSB)							

计数寄存器是 16-bit 递减计数值，在每个使能输入为活动状态的时钟周期中递减 1。 在终端计数 （零值）之后的时钟周期中，将从周期寄存器的内容加载其值。 可使用 Timer16 API 读取此参数。

Table 9. 周期寄存器 (DR1)，组 0

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	周期 (MSB)							
LSB	周期 (LSB)							

周期寄存器为只写寄存器，可通过器件编辑器和 Timer16 API 进行设置。 在写入时，如果通过 API 禁用了用户模块，则值将被传输到计数寄存器中。 在终端计数之后的时钟周期中，其值将自动复制到计数寄存器中。

Table 10. 比较寄存器 (DR2)，组 0

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	比较值 (MSB)							
LSB	比较值 (LSB)							

比较寄存器将保留此值，计数寄存器将测试此值以生成比较输出。 可通过器件编辑器和 Timer16 API 对其进行设置。

Table 11. 控制寄存器 (CR0)，组 0

模块 / 位	7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	0	0	0	0	0	0	0	0
LSB	0	0	0	0	0	0	0	启动 / 停止

“ 启动 / 停止 ”(Start/Stop) 设置时表示 Timer16 为使能状态，清除时为禁用状态。 可使用 Timer16 API 对其进行修改。

版本历史记录

版本	创作者	说明
2.6	TDU	更新了时钟说明，内容包括： 当模块使用外部数字时钟时，应关闭行输入同步，以便获得最佳精度以及睡眠模式操作。

Note PSoC Designer 5.1 在所有用户模块数据表中提供版本历史记录。 本部分记录了当前和先前用户模块版本之间区别的高级描述。