
Timer1 模块

目录

本章包括下列主题：

1.0	简介	2
2.0	控制寄存器	4
3.0	工作模式.....	9
4.0	中断	20
5.0	节能模式下的操作	21
6.0	各种复位的影响.....	21
7.0	相关应用笔记	22
8.0	版本历史.....	23

dsPIC33/PIC24 系列参考手册

注: 本系列参考手册章节旨在用作对器件数据手册的补充。本手册章节可能并不适用于所有 dsPIC33/PIC24 器件, 具体取决于器件型号。一些 dsPIC33/PIC24 器件是包含主从 CPU 内核的双核器件。对于单内核 dsPIC33/PIC24 器件, 请忽略从内核特定的参考信息。

请参见最新器件数据手册中 **“Timer1”** 章节开头部分的注，确认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>

1.0 简介

某些 dsPIC33/PIC24 系列器件中的 Timer1 模块具有经典 A 类定时器中的许多功能。通常为器件中的每个 CPU 内核实现一个 Timer1 模块。定时器可用于为软件应用程序或实时操作系统产生基于精确时间的周期性中断事件。其他用途还包括使用定时器的门控功能对外部脉冲进行计数或对外部事件进行精确的时序测量。

某些 dsPIC33/PIC24 系列器件中的定时器包括以下功能:

- 异步和同步操作
- 可通过软件选择的内部或外部时钟源
- 可编程中断产生和优先级
- 门控外部脉冲计数器
- 休眠模式期间工作
- 软件预分频比：1:1、1:8、1:64 和 1:256

Timer1 不支持 32 位模式。

Timer1 模块的独特功能让它能够用于实时时钟（Real-Time Clock，RTC）应用。图 1-1 给出了 Timer1 模块的框图，图 1-2 给出了 Timer1 的时钟输入逻辑。

图 1-1: Timer1 框图

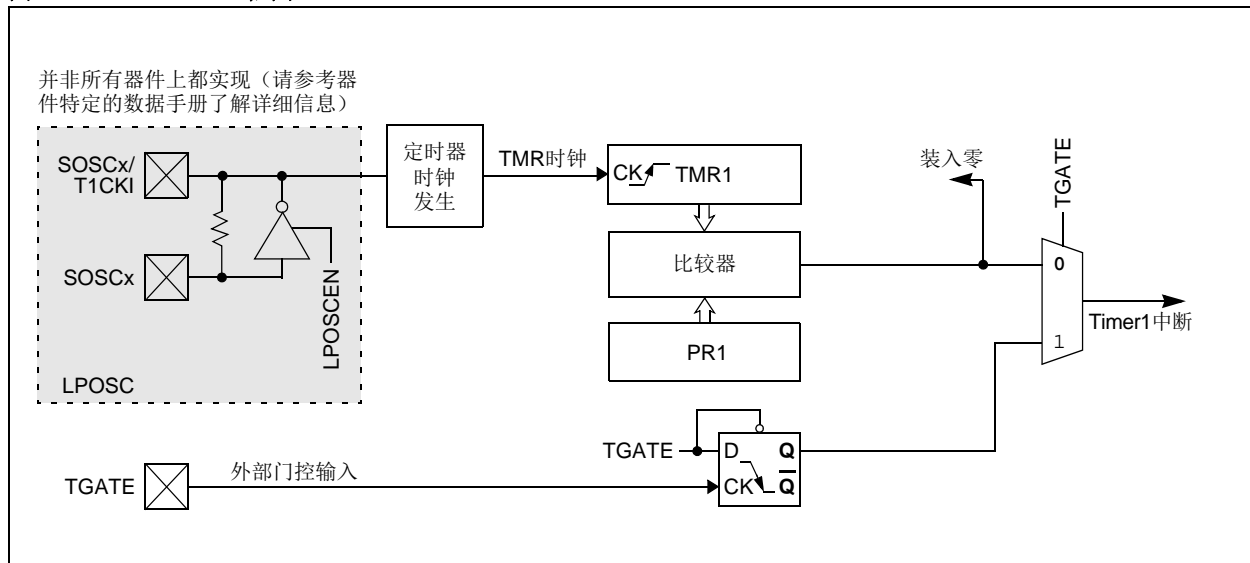
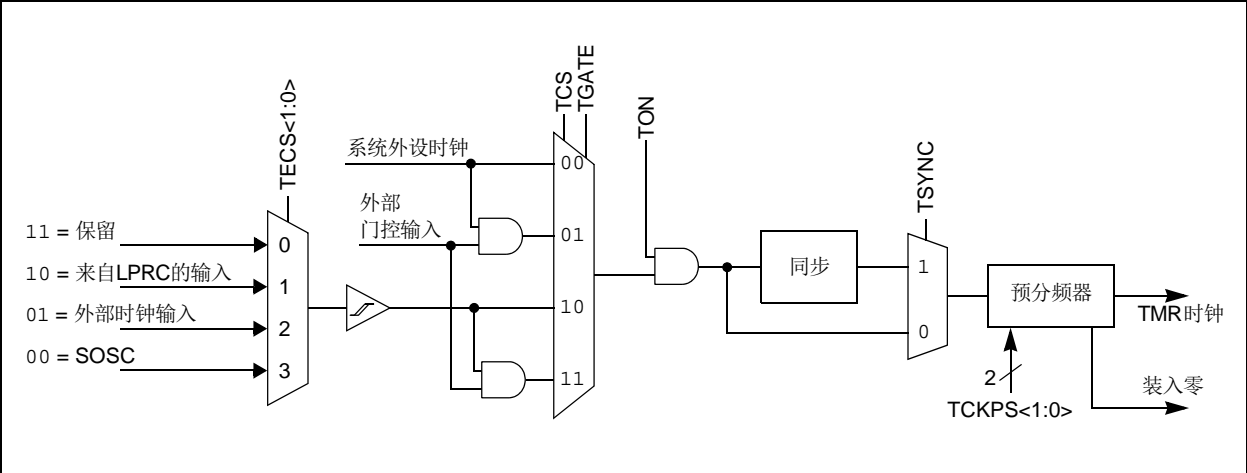


图 1-2: Timer1 时钟输入逻辑



2.0 控制寄存器

注： 每个 dsPIC33/PIC24 系列器件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，请参见具体器件的数据手册。

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 2-1 中汇总了这些寄存器：

- **T1CON: Timer1 控制寄存器**

该寄存器提供对定时器的控制功能。

- **TMR1: Timer1 寄存器**

该寄存器提供定时器的计数。

- **PR1: Timer1 周期寄存器**

该寄存器提供 TMR1 匹配值。

每个定时器模块还具有以下相关的中断控制位：

- T1IE: IECx 中断寄存器中的 Timer1 中断允许位
- T1IF: IFSx 中断寄存器中的 Timer1 中断标志位
- T1IP<2:0>: IPCx 中断寄存器中的 Timer1 中断优先级位

注： 有关这些寄存器的详细信息，请参考《dsPIC33/PIC24 系列参考手册》中的“中断”（DS70000600）章节。

表 2-1: Timer1 SFR 汇总

寄存器名称	位范围	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T1CON	15:0	TON	—	SIDL	TWDIS	TWIP	PRWIP	TECS1	TECS0	TGATE	—	TCKPS1	TCKPS0	—	TSYNC	TCS	—
TMR1	15:0	TMR1<15:0>															
PR1	15:0	PR1<15:0>															

图注： — = 未实现，读为 0。

dsPIC33/PIC24 系列参考手册

寄存器 2-1: T1CON: Timer1 控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
TON ⁽¹⁾	—	SIDL	TWDIS	TWIP	PRWIP	TECS1	TECS0
bit 15						bit 8	

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0
TGATE	—	TCKPS1	TCKPS0	—	TSYNC	TCS	—
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **TON:** Timer1 使能位 ⁽¹⁾
1 = 使能 Timer1
0 = 禁止 Timer1
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **SIDL:** Timer1 空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时停止工作
0 = 当器件进入空闲模式时继续工作
- bit 12 **TWDIS:** 异步 Timer1 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 = 使能连续写操作 (传统异步定时器功能)
- bit 11 **TWIP:** 异步 Timer1 写进行位
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 **PRWIP:** 异步周期写进行位
1 = 在异步模式下对周期寄存器进行的写操作为待处理
0 = 在异步模式下对周期寄存器进行的写操作已完成
- bit 9-8 **TECS<1:0>:** Timer1 扩展时钟选择位
11 = 保留
10 = 来自内部低功耗 RC (LPRC) 振荡器的时钟输入
01 = 来自 T1CK 引脚的外部时钟 (EC) 输入
00 = 辅助振荡器 (SOSC) ⁽²⁾
- bit 7 **TGATE:** Timer1 门控时间累加使能位
当 TCS = 1 时:
该位被忽略。
当 TCS = 0 时:
1 = 使能门控时间累加
0 = 禁止门控时间累加
- bit 6 **未实现:** 读为 0

注 1: 使用 1:1 PBCLK 分频比时, 用户软件不应在紧接清零模块 TON 位的指令后的 SYSCLK 周期中读 / 写外设 SFR。

2: 并非所有器件都实现了辅助振荡器。有关详细信息, 请参考器件特定的数据手册。

寄存器 2-1: **T1CON: Timer1 控制寄存器** （续）

bit 5-4	TCKPS<1:0> : Timer1 输入时钟预分频比选择位 11 = 1:256 预分频比值 10 = 1:64 预分频比值 01 = 1:8 预分频比值 00 = 1:1 预分频比值
bit 3	未实现 : 读为 0
bit 2	TSYNC : Timer1 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。
bit 1	TCS : Timer1 时钟源选择位 <u>实现了 TECS<1:0> 位时:</u> TCS 来自 TECS<1:0> 选择。 <u>未实现 TECS<1:0> 位时:</u> 1 = 来自 T1CK 引脚的外部时钟 0 = 内部外设总线时钟
bit 0	未实现 : 读为 0

- 注 1:** 使用 1:1 PBCLK 分频比时，用户软件不应在紧接清零模块 TON 位的指令后的 SYSCLK 周期中读 / 写外设 SFR。
- 2:** 并非所有器件都实现了辅助振荡器。有关详细信息，请参考器件特定的数据手册。

dsPIC33/PIC24 系列参考手册

寄存器 2-2: **TMR1: Timer1 寄存器**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
TMR1<15:0>							
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
TMR1<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

bit 15-0 **TMR1<15:0>: Timer1 计数寄存器位**

寄存器 2-3: **PR1: Timer1 周期寄存器**

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PR1<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
PR1<7:0>							
bit 7				bit 0			

图注:							
R = 可读位		W = 可写位		U = 未实现位, 读为 0			
-n = POR 时的值		1 = 置 1		0 = 清零		x = 未知	

bit 15-0 **PR1<15:0>: Timer1 周期寄存器位**

3.0 工作模式

3.1 16位模式

dsPIC33/PIC24 系列器件中的 Timer1 模块支持以下工作模式：

- 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

16 位定时器模式由以下位决定：

- TCS (T1CON<1>)：Timer1 时钟源选择位
- TGATE (T1CON<7>)：Timer1 门控时间累加使能位
- TSYNC (T1CON<2>)：Timer1 外部时钟输入同步选择位

3.1.1 16 位定时器注意事项

使用 16 位定时器时，应考虑以下事项：

- 可以向所有定时器模块 SFR 按字节（8 位）或半字（16 位）写入
- 可以从所有定时器模块 SFR 按字节或半字读取

3.2 16 位同步时钟计数器模式

同步时钟计数器模式操作提供以下功能：

- 经过时间测量
- 延时
- 周期性定时器中断

在此模式下，定时器的输入时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK。通过清零 Timer1 时钟源选择位 TCS (TxCON<1> = 0) 来选择输入该时钟源。Timer1 外部时钟输入同步选择位 TSYNC (T1CON<2>) 在此模式下将被忽略。

使用 1:1 定时器输入时钟预分频比时，定时器以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，它会在每个定时器时钟上升沿递增 TMR1 计数寄存器。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至定时器被禁止为止。如果 PR1 周期寄存器值 = 0x0000，则 TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，但不会继续递增。

使用的定时器输入时钟预分频比 = N (1:1 除外) 时，定时器以定时器时钟速率 ($PBCLK \div N$) 工作，而 TMR1 计数寄存器会在每第 N 个定时器时钟上升沿发生递增。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器在每第 8 个定时器时钟周期发生递增。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。然后，TMR1 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至定时器被禁止为止。如果 PR1 周期寄存器值 = 0x0000，则 TMR1 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期复位为 0x0000，但不会继续递增。

在 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值的半个定时器时钟周期（在下降沿）后，Timer1 产生定时器事件。T1IF 在该事件的 1 个 PBCLK 加 2 个 SYSCLK 周期内置 1，并且如果 Timer1 中断允许位 T1IE 置 1，则会产生中断。

3.2.1 16位同步时钟计数器注意事项

定时器周期由 PR1 周期寄存器中的值决定。要初始化定时器周期，用户可在定时器被禁止（TON 位 = 0）的情况下随时或者在定时器使能（TON 位 = 1）的情况下在定时器匹配中断服务程序（Interrupt Service Routine, ISR）期间直接写入 PR1 周期寄存器。在所有其他情况下，不建议在定时器使能的情况下写入周期寄存器，因为这可能会发生意外的周期匹配。可装入的最大周期为 0xFFFF。

将 0x0000 写入 PR1 周期寄存器将会发生 TMR1 匹配，但不会产生任何中断。

3.2.2 16位同步计数器初始化步骤

要将定时器配置为 16 位同步定时器模式，必须执行以下步骤。

1. 通过清零 TON 控制位（T1CON<15> = 0）禁止定时器。
2. 通过清零 TCS 控制位（T1CON<1> = 0）选择内部 PBCLK 源。
3. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
4. 装入 / 清零 Timer1 寄存器 TMR1。
5. 将所需 16 位匹配值装入 Timer1 周期寄存器 PR1。
6. 如果使用中断：
 - 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。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 T1IE 中断允许位置 1。
7. 将 TON 控制位置 1（T1CON<15> = 1）以使能定时器。

例 3-1: 16 位同步时钟计数器示例代码

```
T1CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register,  
                        // set prescaler at 1:1, internal clock source  
TMR1 = 0x0;           // Clear timer register  
PR1 = 0xFFFF;         // Load period register  
T1CONbits.TON = 1;     // Start timer
```

3.3 16 位同步外部时钟计数器模式

同步外部时钟计数器模式操作提供以下功能：

- 周期性或非周期性脉冲计数
- 使用外部时钟作为定时器的时基

对于 Timer1，可将外部时钟源连接到 T1CK 引脚，然后基于 Timer1 扩展时钟选择位 TECS<1:0> (T1CON<9:8>) 的设置来选择外部时钟源。Timer1 时钟源选择位 TCS (T1CON<1>) 必须置 1，以使能外部时钟源操作。

使用 1:1 定时器输入时钟预分频比时，Timer1 定时器会在同步后的每个外部时钟上升沿递增 TMR1 计数寄存器。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。TMR1 计数寄存器会在同步后的下一个外部时钟上升沿复位为 0x0000。定时器中断标志置 1，并且如果允许中断，CPU 会执行定时器中断服务程序 (ISR)。TMR1 计数寄存器会不断递增和重复周期匹配，直至定时器被禁止为止。如果 PR1 周期寄存器值 = 0x0000，则 TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，但不会继续递增。

使用的定时器输入时钟预分频比 = N (1:1 除外) 时，定时器以定时器时钟速率 (外部时钟 $\div N$) 工作，而 TMR1 计数寄存器会在同步后的每第 N 个外部时钟上升沿发生递增。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器在每第 8 个外部时钟周期时发生递增。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。然后，TMR1 计数寄存器会在再过 N 个外部时钟周期之后复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至定时器被禁止为止。如果 PR1 周期寄存器值 = 0x0000，则 TMR1 计数寄存器会在下一个外部时钟周期复位为 0x0000，但不会继续递增。

在 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值的半个定时器时钟周期 (在下降沿) 后，Timer1 产生定时器事件。T1IF 在该事件的 1 个 PBCLK 加 2 个 SYSCLK 周期内置 1，并且如果 Timer1 中断允许位 T1IE 置 1，则会产生中断。

3.3.1 16 位同步外部时钟计数器注意事项

本节介绍使用 16 位同步外部时钟计数器时应考虑的事项。

使用同步外部时钟源工作的 Timer1 定时器在休眠模式下不工作，因为同步电路在休眠模式期间会被禁止。

使用的定时器输入时钟预分频比 = N (1:1 除外) 时，Timer1 定时器要求在 TON 位 = 1 之后经过 2 至 3 个外部时钟周期，TMR1 计数寄存器才开始递增。更多信息，请参见第 3.8 节“[定时器延时注意事项](#)”。

定时器在同步计数器模式下工作时，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“[电气特性](#)”章节。

3.3.2 16 位同步外部计数器初始化步骤

要将定时器配置为 16 位同步计数器模式，必须执行以下步骤：

1. 通过清零 TON 控制位（T1CON<15> = 0）禁止定时器。
2. 如果 TECS<1:0>（T1CON<9:8>）位在器件上可用，则使用这两位来选择外部时钟源。
3. 将 TCS 控制位置 1（T1CON<1> = 1）以使能时钟选择。
4. 将 TSYNC 控制位置 1（T1CON<2> = 1）以使能时钟同步。
5. 选择所需的定时器输入时钟预分频比。
6. 装入 / 清零 Timer1 寄存器 TMR1。
7. 如果使用周期匹配：
 - a) 将所需 16 位匹配值装入 Timer1 周期寄存器 PR1。
8. 如果使用中断：
 - a) 清零 IFSx 寄存器中的 T1IF 中断标志位。
 - b) 在 IPC1 寄存器中配置中断优先级。
 - c) 将 IEC1 寄存器中的 T1IE 中断允许位置 1。
9. 将 TON 控制位置 1（T1CON<15> = 1）以使能定时器。

例 3-2: 16 位同步外部计数器示例代码

```
T1CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register
T1CON = 0x0106;        // Set prescaler at 1:1, external clock source
TMR1 = 0x0;            // Clear timer register
PR1 = 0xFFFF;         // Load period register
T1CONbits.TON = 1;     // Start timer
```

3.4 16 位门控定时器模式

门控操作在施加到 T1CK 引脚上的信号的上升沿开始。在外部门控信号保持高电平时，TMR1 计数寄存器发生递增。门控操作在施加到 T1CK 引脚上的信号的下降沿终止。Timer1 中断标志 T1IF 会置 1。

定时器时钟源是内部外设总线时钟 PBCLK，它通过清零 TCS 控制位（T1CON<1> = 0）来选择。Timer1 定时器会自动执行与外设总线时钟的同步；因此，Timer1 外部时钟输入同步选择位 TSYNC（T1CON<2>）在该模式下会被忽略。在门控定时器模式下，输入时钟通过施加到 T1CK 引脚上的信号进行门控。通过将 TGATE 控制位置 1（T1CON<7> = 1）使能门控定时器模式。

使用 1:1 定时器输入时钟预分频比时，Timer1 定时器以与 PBCLK 相同的定时器时钟速率工作，它会在每个定时器时钟上升沿递增 TMR1 计数寄存器。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。然后，TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至到达门控信号下降沿或者通过清零 TON（T1CON<15> = 0）禁止定时器为止。在发生定时器周期匹配时，定时器不会产生中断。

使用的定时器输入时钟预分频比 = N （1:1 除外）时，Timer1 定时器以定时器时钟速率（PBCLK ÷ N ）工作，而 TMR1 计数寄存器会在每第 N 个定时器时钟上升沿发生递增。例如，如果定时器输入时钟预分频比为 1:8，则定时器在每第 8 个定时器时钟周期发生递增。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值为止。然后，TMR1 计数寄存器会在再过 N 个定时器时钟周期之后复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至到达门控信号下降沿或者通过清零 TON（T1CON<15> = 0）禁止定时器为止。在发生定时器周期匹配时，定时器不会产生中断。

在门控信号的下降沿，计数操作终止，产生定时器事件，并且在门控引脚上出现信号下降沿之后的 1 个 PBCLK 加 2 个 SYSCLK 系统时钟周期后，Timer1 中断标志位（T1IF）置 1。TMR1 计数寄存器不会复位为 0x0000。如果需要 TMR1 计数寄存器在下一个门控输入上升沿从 0 开始，请将其复位。

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，定时器时钟周期为 1 个外设总线时钟周期 TPBCLK。当定时器输入时钟预分频比为 1:8 时，定时器时钟周期为外设总线时钟周期的 8 倍。

3.4.1 特殊门控定时器模式注意事项

本节介绍使用特殊门控定时器模式时应考虑的事项。

注： 如果 Timer1 时钟源选择位（TCS）设置为外部时钟源（TCS = 1），门控定时器模式会被改写。对于门控定时器模式操作，必须选择内部时钟源（TCS = 0）。

使用的定时器输入时钟预分频比 = N （1:1 除外）时，Timer1 定时器要求在 TON 位 = 1 之后经过 2 至 3 个定时器时钟周期后，TMR1 计数寄存器才开始递增。更多信息，请参见第 3.8 节“定时器延时注意事项”。

关于门控脉冲宽度要求的详细信息，请参见具体器件数据手册中的“电气特性”章节。

3.4.2 16 位门控定时器初始化步骤

要将定时器配置为 16 位门控定时器模式，必须执行以下步骤：

1. 通过清零 TON 控制位（TxCON<15> = 0）禁止定时器。
2. 通过清零 TCS 控制位（TxCON<1> = 0）选择内部 PBCLK 源。
3. 将 TGATE 控制位置 1（T1CON<7> = 1）使能门控定时器模式。
4. 选择所需的预分频比。
5. 清零 Timer1 寄存器 TMR1。
6. 将所需 16 位匹配值装入 Timer1 周期寄存器 PR1。
7. 如果使用中断：
 - 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。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 T1IE 中断允许位置 1。
8. 将 TON 控制位置 1（TxCON<15> = 1）以使能定时器。

例 3-3: 16 位门控定时器示例代码

```
T1CON = 0x0;           // Stop timer and clear control register
T1CON = 0x0080;        // Gated Timer mode, prescaler at 1:1, internal clock source
TMR1 = 0x0;            // Clear timer register
PR1 = 0xFFFF;         // Load period register with 16-bit match value
T1CONbits.TON = 1;     // Start timer
```

3.5 异步时钟计数器模式

定时器异步时钟计数器模式可在休眠模式下工作，并会在周期寄存器匹配时产生中断，从而将处理器从休眠或空闲模式唤醒。

Timer1 能够使用外部时钟源在异步计数模式下工作。可将外部时钟源连接到 T1CK 引脚，然后基于定时器扩展时钟选择位 $TECS<1:0>$ ($TxCON<9:8>$) 的设置来选择外部时钟源。Timer1 时钟源选择位 TCS ($T1CON<1>$) 必须置 1，以使能外部时钟源操作。此模式要求通过设置 TSYNC 位 ($T1CON<2>$) = 0 来禁止外部时钟同步。

在使用 1:1 定时器输入时钟预分频比时，Timer1 将与施加的外部时钟速率相同的时钟速率工作，它会在每个定时器时钟上升沿递增 TMR1 计数寄存器。定时器会不断递增，直至 TMR1 计数寄存器匹配 Timer1 PR1 周期寄存器值为止。TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，并继续递增和重复周期匹配，直至定时器被禁止为止。如果 PR1 周期寄存器值 = 0x0000，则 TMR1 计数寄存器会在下一个定时器时钟周期复位为 0x0000，但不会继续递增。

当 TMR1 计数寄存器匹配 PR1 周期寄存器值时，Timer1 会生成定时器事件。在该事件的 1 个 PBCLK 加两个 SYSCLK 系统时钟周期内，Timer1 中断标志位 T1IF 会置 1。如果 Timer1 中断允许位置 1 ($T1IE = 1$)，则会产生中断。

3.5.1 异步模式 TMR1 读操作和写操作

由于 Timer1 在此模式下工作时的异步性质，对 TMR1 计数寄存器执行读写操作时要求在异步时钟源和内部 PBCLK 外设总线时钟之间同步。Timer1 具有一个控制位、异步 Timer1 写禁止位 (TWDIS) 和一个状态位以及异步 Timer1 写进行位 (TWIP)，向用户提供了可在 Timer1 使能时安全写入 TMR1 计数寄存器的两个选项。这些位在同步时钟计数器模式下没有任何作用。

选项 1 是旧版 Timer1 写模式 TWDIS 位 = 0。要确定何时可以安全写入 TMR1 计数寄存器，建议轮询 TWIP 位。当 TWIP = 0 时，可以对 TMR1 计数寄存器执行下一个写操作。当 TWIP = 1 时，说明对 TMR1 计数寄存器执行的上一个写操作仍在同步中，任何其他写操作均应等到 TWIP = 0 后执行。

选项 2 是新版同步 Timer1 写模式 TWDIS 位 = 1。随时可对 TMR1 计数寄存器执行写操作。不过，如果对 TMR1 计数寄存器执行的上一个写操作仍在同步中，任何其他写操作均将被忽略。

对 TMR1 计数寄存器执行写操作时，需要 2 到 3 个异步外部时钟周期后，值才能同步到寄存器。

注： 如果未按照适当的过程检查 TWIP 和 TWDIS，则必须在将 Timer1 配置为异步模式前对 TMR1 计数寄存器执行写操作。

从 TMR1 计数寄存器执行读操作时，同步要求 TMR1 计数寄存器中的当前未同步值与读操作返回的同步值之间存在 2 个 PBCLK 周期的延迟。也就是说，读取的值始终比 TMR1 计数寄存器中的实际值晚 2 个 PBCLK 周期。

3.5.2 异步时钟计数器注意事项

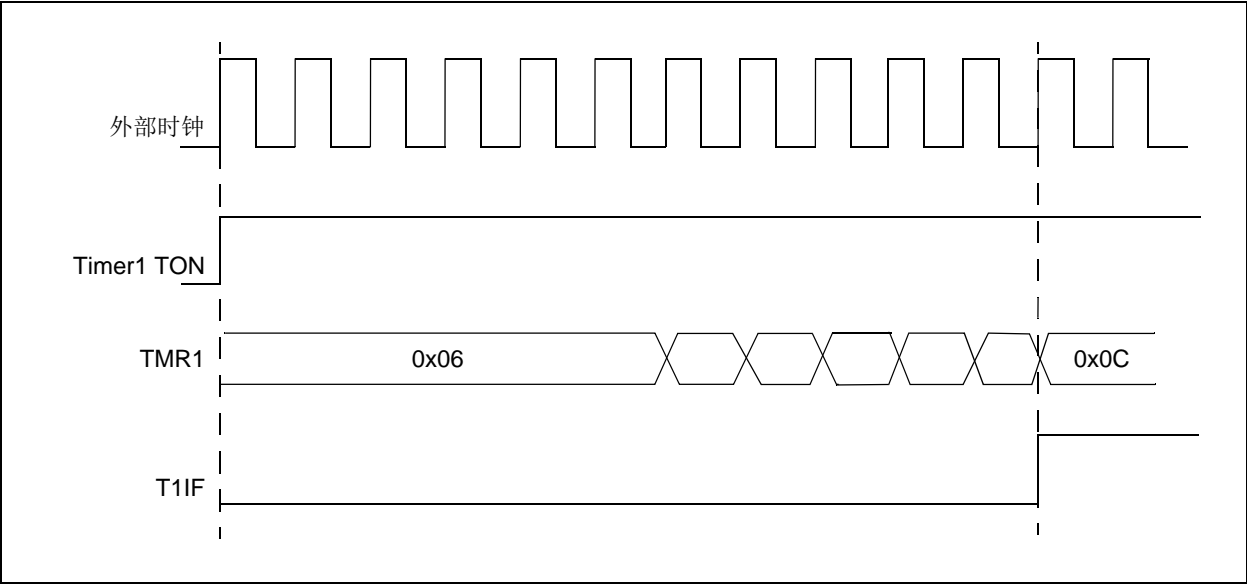
本节介绍使用异步时钟计数器模式时应考虑的事项。

当外部时钟源用作输入且 TSYNC 位 (T1CON<2>) = 0 时，Timer1 在使能后不会立即开始计数。为规避此限制，可以为 Timer1 寄存器预设一个偏移值，或者 TSYNC 位应置 1。该预设值已按照经验确定为 6。

图 3-1 展示了之前提到的情况，其中 Timer1 寄存器在 Timer1 使能后的第 6 个时钟脉冲时才开始计数。在第 12 个时钟脉冲之后，才会发生定时器周期匹配并将 Timer1 中断标志位 (T1IF) 置 1。更多信息，请参见第 3.8 节“定时器延时注意事项”。

在异步计数器模式下使用时，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。更多信息，请参见具体器件数据手册中的“电气特性”章节。

图 3-1: 异步模式下使用外部时钟作为输入的 Timer1 (TSYNC = 0)



3.5.3 异步外部时钟计数器初始化步骤

要将定时器配置为 16 位异步定时器模式，必须执行以下步骤。

1. 通过清零 TON 控制位 (T1CON<15> = 0) 禁止定时器。
2. 如果 TECS<1:0> (T1CON<9:8>) 位在器件上可用，则使用这两位来选择外部时钟源。
3. 通过将 TCS 控制位置 1 (T1CON<1> = 1) 以使能外部时钟选择。
4. 通过清零 TSYNC 控制位 (T1CON<2> = 0) 以禁止时钟同步。
5. 选择所需的预分频比。
6. 装入 / 清零 Timer1 寄存器 TMR1。
7. 如果使用周期匹配，将所需 16 位匹配值装入 Timer1 周期寄存器 PR1。
8. 如果使用中断：
 - 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。
 - c) 将 IECx 寄存器中的 T1IE 中断允许位置 1。
9. 通过将 TON 控制位置 1 (T1CON<15> = 1) 以使能定时器。

例 3-4: 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 = 0x0102;       // Set prescaler 1:1, external clock, asynchronous mode  
PR1 = 0xFFFF;         // Load period register  
T1CONbits.TON = 1;    // Start timer
```

3.6 定时器预分频比

Timer1 定时器提供的输入时钟（外设总线时钟或外部时钟）预分频比选项为 1:1、1:8、1:64 和 1:256，可以通过 TCKPS<1:0> 位 (T1CON<5:4>) 进行选择。

当发生以下任何事件时，将清零预分频器计数器：

- 写入 TMR1 寄存器
- 禁止 Timer1 (TON 位 (T1CON<15>) = 0)
- 任何器件复位

3.7 写入 T1CON、TMR1 和 PR1 寄存器

当 TON 位 (TxCON<15>) = 0 时, Timer1 模块被禁止并断电, 以实现最大程度的节能。

为了防止出现不可预知的定时器行为, 建议在写入任何 T1CON 寄存器位或定时器输入时钟预分频比之前, 先禁止定时器。如果尝试在同一指令中将 TON 位置 1 和写入任何 T1CON 寄存器位, 可能会导致错误的定时器工作。

定时器模块在工作时, 可以写入 PR1 周期寄存器。但是, 为了防止意外的周期匹配, 建议不要在定时器使能 (TON bit = 1) 时写入 PR1 周期寄存器。

定时器模块在工作时, 可以写入 TMR1 计数寄存器。当执行字节写操作时用户应当注意以下事项:

- 如果定时器在递增, 并且写入定时器的低字节, 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定时器计数时钟会导致低字节计满返回 0x00, 并产生向定时器高字节的进位。
- 如果定时器在递增, 并且写入定时器的高字节, 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, 则下一定时器计数时钟将产生从定时器低字节向高字节的进位, 该进位将使定时器高字节递增。

此外, 定时器模块在工作时, 可以写入 TMR1 计数寄存器。有关异步时钟模式操作的信息, 请参见第 3.5.1 节 “异步模式 TMR1 读操作和写操作”。

通过一条指令按字、半字或字节写入 TMR1 寄存器时, 会屏蔽 TMR1 寄存器递增, 该指令周期内不递增计数。

当禁止定时器模块时, TMR1 计数寄存器不会复位为 0。

3.8 定时器延时注意事项

Timer1 模块可以使用内部外设总线时钟（PBCLK）或外部时钟（EC）。需要注意对定时器执行的操作所存在的延时。这些延时表示在执行操作（读或写）的时间点与操作生效的时间点之间的延时，如表 3-1 所示。

在任何同步时钟模式下读取和写入 T1CON、TMR1 和 PR1 寄存器都不需要在主 SYSCLK 时钟域和 Timer1 模块时钟域之间进行数据同步。因此，操作是立即生效的。不过，在异步时钟模式下操作 Timer1 时，读取 TMR1 计数寄存器需要 2 个 PBCLK 周期进行同步，写入 TMR1 计数寄存器需要 2 到 3 个定时器时钟周期进行同步。

例如，如果 Timer1 使用异步时钟源，且正在执行 TMR1 寄存器的读操作，则需要 2 个 PBCLK 外设总线时钟将此数据同步到 TMR1 计数寄存器。因此，读取的 TMR1 值将比实际 TMR1 计数晚 2 个 PBCLK 周期。

此外，如果使用外部时钟源，在 TON 位（T1CON<15>）置 1（= 1）后，定时器在 2 到 3 个外部时钟周期后才开始递增。

中断标志延时表示定时器事件与定时器中断标志生效的时间点之间的延时。

表 3-1: Timer1 延时

操作	PBCLK 内部时钟	同步外部时钟	异步外部时钟
设置 TON = 1 (使能定时器)	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKCY	2-3 个 TMRCLKCY
设置 TON = 0 (禁止定时器)	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKCY	2-3 个 TMRCLKCY
读 PR1	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
写 PR1	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK
读 TMR1	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	2 个 PBCLK
写 TMR1	0 个 PBCLK	0 个 PBCLK	2-3 个 TMRCLKCY
中断标志 INTF = 1	1 个 PBCLK + 2 到 3 个 SYSCLK	1 个 PBCLK + 2 到 3 个 SYSCLK	(TMRCLKCY ÷ 2) + 2 到 3 个 SYSCLK

图注： TMRCLKCY = 外部同步或异步定时器时钟周期。

4.0 中断

根据工作模式，Timer1 模块可以在周期匹配时或在外部门控信号的下降沿产生中断。

满足以下条件之一时，T1IF 位置 1：

- TMR1 计数值与相应 PR1 寄存器匹配，并且 Timer1 模块不在门控时间累加模式下工作
- 当 Timer1 在门控时间累加模式下工作时，检测到门控信号下降沿

T1IF 位必须用软件清零。

可以通过 Timer1 中断允许位 T1IE 允许 Timer1 模块作为中断源。Timer1 中断优先级位为 T1IP<2:0>。

注： 当将0装入PR1寄存器且使能定时器时，会发生特殊情形。在这种配置下，不产生中断。

4.1 中断配置

Timer1 模块具有专用的中断标志位（T1IF）和相应的中断允许 / 屏蔽位（T1IE）。

如果定时器计数值与相应周期寄存器匹配，并且定时器模块不在门控时间累加模式下工作，则 T1IF 位置 1。若定时器在门控时间累加模式下工作，当检测到门控信号下降沿时，该位也会置 1。T1IF 位是否置 1 与相应 T1IE 位的状态无关。如果需要，可以用软件轮询 T1IF 位。

T1IE 位用于定义在相应 T1IF 位置 1 时中断控制器的行为。当 T1IE 位清零时，中断控制器不会为事件产生 CPU 中断。如果 T1IE 位置 1，则中断控制器会在 T1IF 位置 1 时产生 CPU 中断（受中断优先级制约）。

处理特定中断的用户软件程序需要负责在中断服务程序完成之前清零相应的中断标志位。

Timer1 模块的优先级可以使用 T1IP<2:0> 位进行设置。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。

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任何应用特定的操作并清零 T1IF 中断标志，然后退出。有关中断的更多信息和向量地址详细信息，请参阅《dsPIC33/PIC24 系列参考手册》中的“中断”（DS70000600）章节。

5.0 节能模式下的操作

5.1 休眠模式下的定时器工作

当器件进入休眠模式时，系统时钟（SYSCLK）和外设总线时钟（PBCLK）被禁止。

Timer1 定时器可以使用外部时钟源异步工作。因此，Timer1 模块可以继续休眠模式期间工作。

要在休眠模式下工作，Timer1 模块必须配置如下：

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

满足这些条件后，当器件处于休眠模式时，Timer1 将继续计数并检测周期匹配。当定时器与周期寄存器匹配时，T1IF 状态位置 1。如果 T1IE 位置 1，且其优先级高于当前 CPU 优先级，器件将从休眠或空闲模式唤醒，并执行 Timer1 中断服务程序。

如果分配的 Timer1 中断优先级低于或等于当前 CPU 优先级，不会唤醒 CPU，器件将进入空闲模式。

5.2 空闲模式下的定时器工作

当器件进入空闲模式时，系统时钟源保持工作，但 CPU 停止执行代码。可以选择使 Timer1 模块在空闲模式下继续工作。

SIDL 位（T1CON<13>）的设置决定 Timer1 模块在空闲模式下是停止工作还是继续正常工作。如果 SIDL = 0，则 Timer1 模块在空闲模式下继续工作。如果 SIDL = 1，则 Timer1 模块在空闲模式下停止工作。

6.0 各种复位的影响

6.1 器件复位

在发生器件复位时，所有 Timer1 寄存器会被强制为复位状态。

6.2 上电复位（Power-on Reset，POR）

在发生上电复位（POR）时，所有 Timer1 寄存器会被强制为复位状态。

6.3 看门狗定时器复位

在发生看门狗定时器复位时，所有 Timer1 寄存器会被强制为复位状态。

7.0 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 dsPIC33/PIC24 器件系列而编写的，但其概念是相近的，适当修改后且在一定的限制条件下可以使用。与 Timer1 模块相关的最新应用笔记有：

标题	应用笔记编号
目前没有相关的应用笔记。	N/A

注： 如需获取更多 dsPIC33/PIC24 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站（www.microchip.com）。

8.0 版本历史

版本 A（2016 年 7 月）

这是本文档的初始版本。

版本 B（2018 年 6 月）

从页脚中删除了超前信息水印。

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. 的英文原本文档。

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。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

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-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOC® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器及模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。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。

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

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、Pictail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-3303-3

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://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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

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

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

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

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

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

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

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

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

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

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

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

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

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

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

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

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

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

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

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

瑞典 Sweden - Gothenburg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820