

第十章 PWM 及定时器

10.1 概述

S3c2440A 有 5 个 16 位的定时器。定时器 0、1、2、3 有脉宽调制功能（PWM）。定时器 4 有一个没有输出引脚的内部定时器。定时器 0 有一个用于大电流设备的死区生成器。

定时器 0 和 1 共享一个 8 位的预分频器（预定标器），定时器 2、3、4 共享另一个 8 位预分频器（预定标器）。每个定时器有一个时钟分频器，其可以生成 5 种不同的分频信号（1/2, 1/4, 1/8, 1/16 和 TCLK）。每个定时器模块从时钟分频器接收其自己的时钟信号，其分频器从相应的 8 位预分频器（预定标器）接收时钟。8 位的预标器是可编程的且根据装载的值来分频 PCLK，其值存储在 TCFG0 和 TCFG1 寄存器中。

当定时器使能，定时器计数缓存寄存器（TCNTBn）得到一个被装载到递减计数器中的初始值。定时器比较缓存寄存器（TCMPBn）有一个被装载到比较寄存器中用来和递减计数器的值作比较的初始值。TCNTBn 和 TCMPBn 双缓存特点使得当频率和负荷比发生改变时，定时器生成一个稳定的输出。

每个定时器有一个自己的由定时器时钟驱动的 16 位递减计数器。当递减计数器为零时，定时器中断请求生成通知 CPU 定时器操作已经完成。当定时器计数器达到 0，相应的 TCNTBn 的值也知道装载到递减计数器中以继续下一个操作。但是如果定时器停止了，例如在定时器运行模式下通过对 TCONn 的定时器使能位清零，则 TCNTBn 的值不会装载到计数器中。

TCMPBn 的值用于脉宽调制。当递减计数器的值和定时器控制逻辑中的比较寄存器的值匹配时，定时器控制逻辑改变输出电平。因此，比较寄存器决定了 PWM 输出的开启时间。

10.2 特性

- (1) 5 个 16 位定时器
- (2) 两个 8 位预分频器（预定标器）和 2 个 4 位分频器
- (3) 输出波形的可编程任务控制
- (4) 自动重载模式或单脉冲模式
- (5) 死区生成器

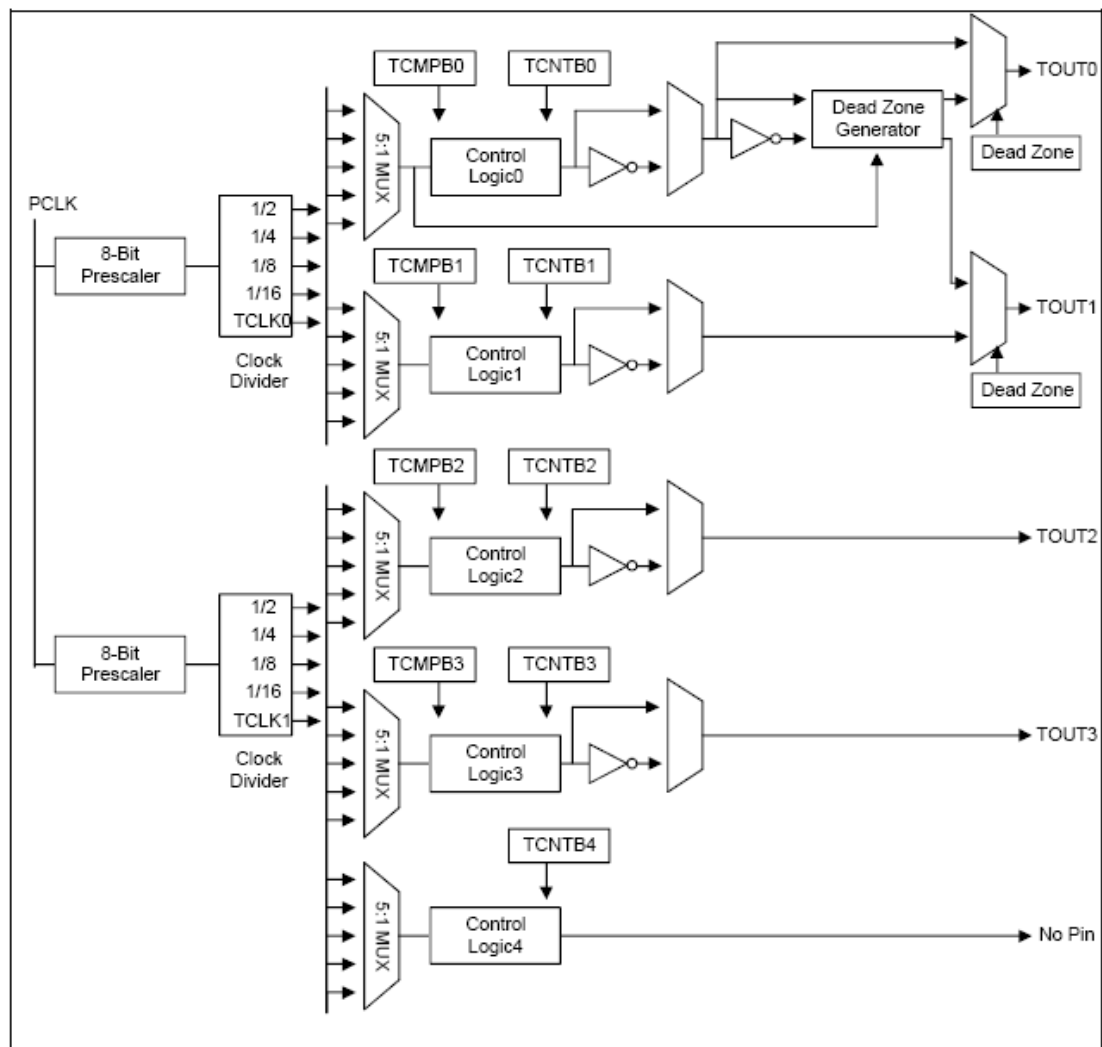


Figure 10-1. 16-bit PWM Timer Block Diagram

10.2.1 PWM 定时器操作

10.2.1.1 预分频器（预定标器）和分频器

一个 8 位的预分频器（预定标器）和一个 4 位的分频器得到以下输出频率：

4 位分频器设置	最小分辨率 (prescaler = 0)	最大分辨率 (prescaler = 255)	最大间隔 (TCNTBn = 65535)
1/2 (PCLK = 50MHz)	0.0400 us (25.0000 MHz)	10.2400 us (97.6562 MHz)	0.6710 sec
1/4 (PCLK = 50MHz)	0.0800 us (12.5000 MHz)	20.4800 us (48.8281 KHz)	1.3421 sec
1/8 (PCLK = 50MHz)	0.1600 us (6.2500 MHz)	40.9601 us (24.4140 KHz)	2.6843 sec
1/16 (PCLK = 50 MHz)	0.3200 us (3.1250 MHz)	81.9188 us (12.2070 KHz)	5.3686 sec

10.2.1.2 基本定时器操作

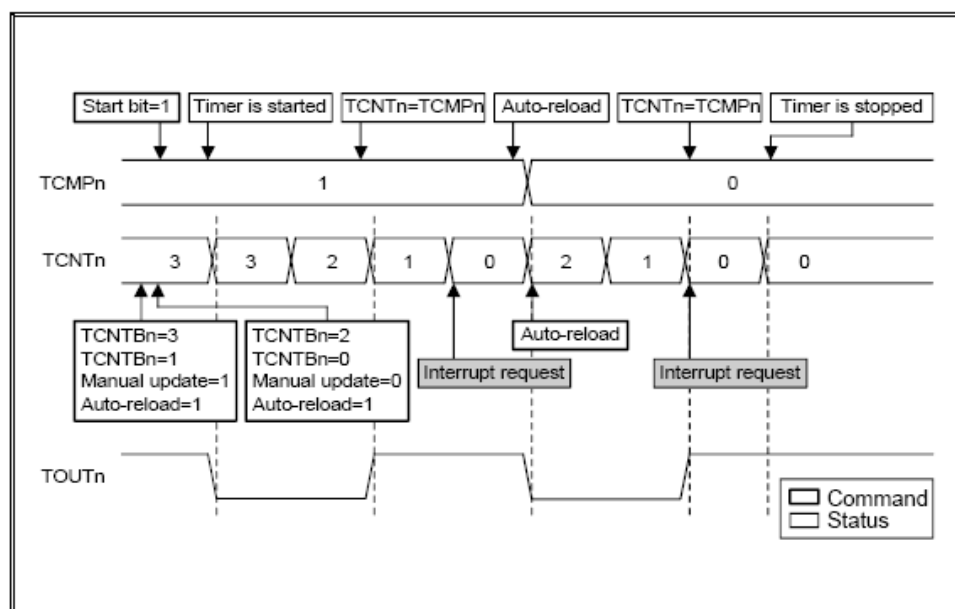


Figure 10-2. Timer Operations

定时器（除定时器通道 5）有 TCNTBn、TCNTn、TCMPBn 和 TCMPn。（TCNTn 和 TCMPn 是内部寄存器的名字。TCNTn 寄存器可以从 TCNTOn 寄存器读取）当定时器为 0，TCNTBn 和 TCMPBn 可以被装载到 TCNTn 和 TCMPn 中。当 TCNTn 为 0，如果中断使能则一个中断请求将出现。

10.2.1.3 自动重载和双缓冲

S3c2440A 的 PWM 定时器有一个双缓冲功能，在不停止当前定时器操作的情况下对于下个定时器操作使能重载值改变。所以，尽管一个新定时器值被设置，当前定时器操作还能成功完成。

定时器值可以写到定时器计数缓存寄存器 TCNTBn，定时器的当前计数器值可以从定时器计数观察寄存器 TCNTOn 中读取。如果 TCNTBn 被读取，读取值不指示计数器的当前状态而是下个定时器期间的重载值。

当 TCNTn 为 0，自动重载操作拷贝 TCNTBn 到 TCNTn。仅当 TCNTn 到达 0 且自动重载使能，写入 TCNTBn 的值被装载到 TCNTn 中。如果 TCNTn 变成 0 且自动重载位为 0，TCNTn 不再进一步操作。

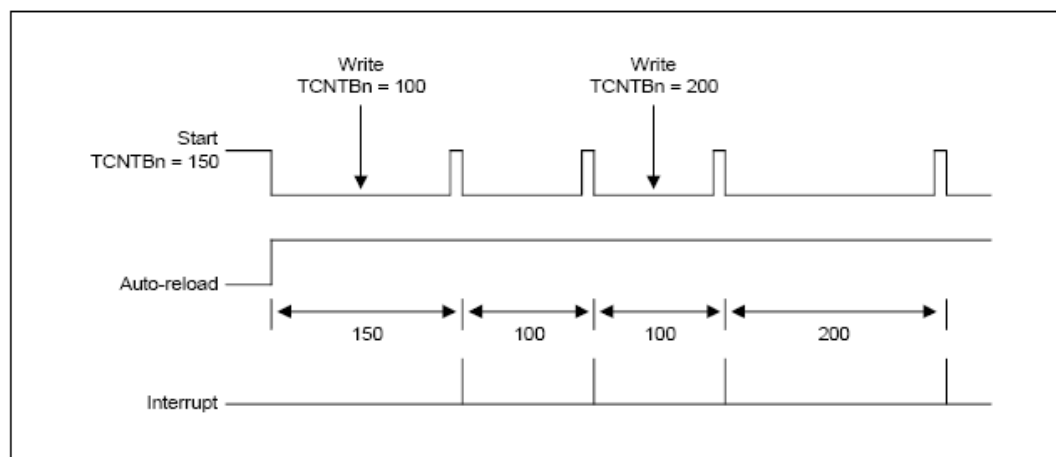


Figure 10-3. Example of Double Buffering Function

10.2.1.4 使用手动更新位和反相器位的定时器初始化

当递减计数器为 0 将出现定时器自动重载操作。因此 TNCTn 的初始值必须由用户预选定义。在这种情况下，初始值必须由手动更新位来装载。以下步骤描述了如何开始一个定时器：

- (1) 写初始值到 TCNTBn 和 TCMPBn
- (2) 设置相应定时器的手动更新位。推荐配置反相器开关为（不论是否使用反相器）。
- (3) 设置相应定时器的开始位开启定时器（且清除手动更新位）

如果定时器被强行停止，TCNTn 保留计数器值且不从 TCNTBn 重载。如果必须设置新值，执行手动更新。

注：不论 TOUT 反相器开关位是否改变，如果定时器在运行 TOUTn 逻辑值也不会改变。因此其描述了反相器开关位由手动更新位来配置。

10.2.2 定时器操作

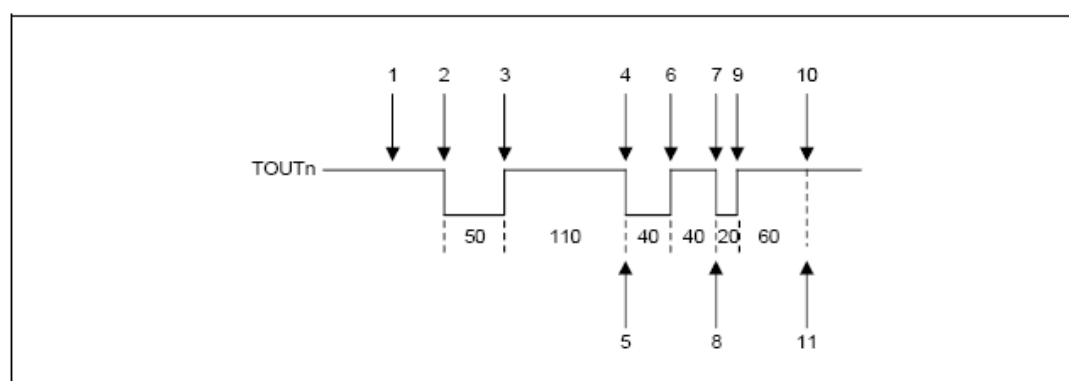


Figure 10-4. Example of a Timer Operation

如图 10-4 所示以下过程的结果：

- (1) 使能自动重载功能。设置 TCNTBn 为 160 (50+110)，TCMPBn 为 110。设置手动更新位且配置反相器位（开/关）。手动更新位将 TCNTn 和 TCMPn 的值分别置给 TCNTBn 和 TCMPBn。然后分别设置 TCNTBn 和 TCMPBn 的值为 80 (40+40) 和 40 以决定下一个重载值。
- (2) 设置开始位，手动更新位为 0，反相器关闭且自动重载开启。在等待时间后定时器开始倒数
- (3) 当 TCNTn 的值和 TCMPn 的值相同，TOUTn 的逻辑电平从低变为高。
- (4) 当 TCNTn 为 0，中断请求生成且 TCNTBn 的值装载到一个临时寄存器中。在下一个定时器周期，TCNTn 会用该临时寄存器的值重载。

- (5) 在中断服务程序中, TCNTBn 和 TCMPBn 为下个周期被分别设置为 80 (60+20) 和 60
- (6) 当 TCNTn 的值和 TCMPn 的值相同, TOUTn 的逻辑电平从低变成高。
- (7) 当 TCNTn 为 0, TCNTn 用 TCNTBn 的值自动重载, 并触发中断请求。
- (8) 在中断服务程序中, 自动重载和自动请求被设无效以停止定时器
- (9) 当 TCNTn 的值和 TCMPn 的值相同, TOUTn 的逻辑电平从低变成高。
- (10) 就算 TCNTn 为 0, 因为自动重载被设为无效, TCNTn 不再被重载且定时器停止。
- (11) 没有其他的自动请求生成

10.2.3 脉宽调制 (PWM)

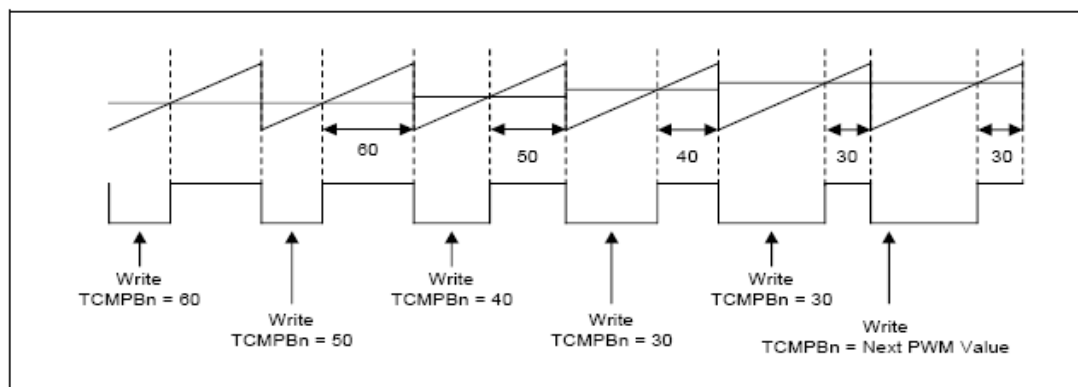


Figure 10-5. Example of PWM

通过使用 TCMPBn 来执行 PWM 功能。PWM 的频率由 TCNTBn 来决定。如图 10-5 所示 TCMPBn 的值来决定 PWM 的值。

要得到一个更高的 PWM 的值, 则要减少 TCMPBn 的值。要得到一个更低的 PWM 的值, 则要增加 TCMPBn 的值。如果使用了反相器, 则增加和减少可以相反。

双缓冲功能允许对于下个 PWM 周期在当前 PWM 周期任意时间点由 ISR 或其他程序改写 TCMPBn

10.2.4 输出电平控制

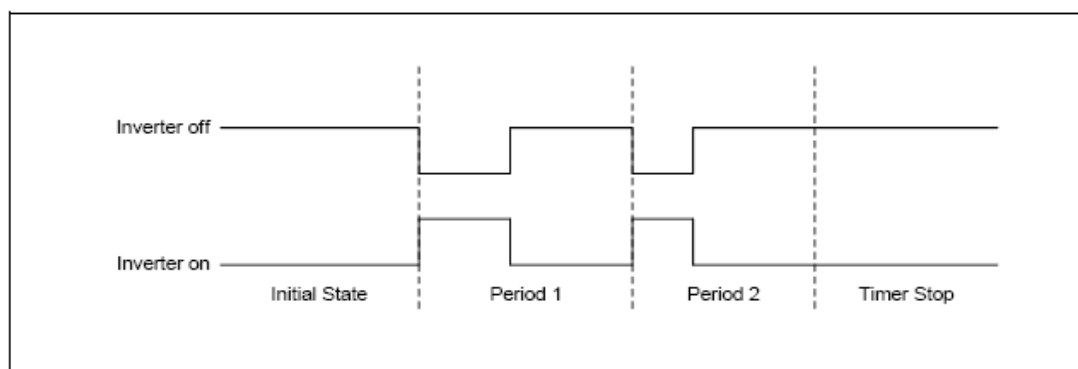


Figure 10-6. Inverter On/Off

以下过程描述如何保持 TOUT 高电平或低电平 (假定反相器关闭)

- (1) 关闭中断重载位。然后 TOUTn 变成高电平, 在 TCNTn 为 0 后定时器停止
- (2) 对定时器的开始停止位清零停止定时器。如果 TCNTn ≤ TCMPn, 输出为高电平。如果 TCNTn > TCMPn, 输出为低电平。
- (3) TOUTn 可以由 TCON 中的反相器开启关闭位来翻转。反相器删除了用于调节输出电平的附加电路。

10.2.5 死区生成器

死区用于电源设备的PWM控制。该功能是在关闭一个开关设备和开启另一个开关设备之间插入一个时间间隙。该时间间隙禁止两个开关设备同时开启即使是在极短的时间内。

TOUT0 是 PWM 输出。nTOUT0 是 TOUT0 的倒置。如果死区使能，TOUT0 和 TOUT1 的输出波形分别是 TOUT0_DZ 和 nTOUT0_DZ。nTOUT0_DZ 被发生到 TOUT1 引脚。

在死区间隙，TOUT0_DZ 和 nTOUT0_DZ 不能同时开启。

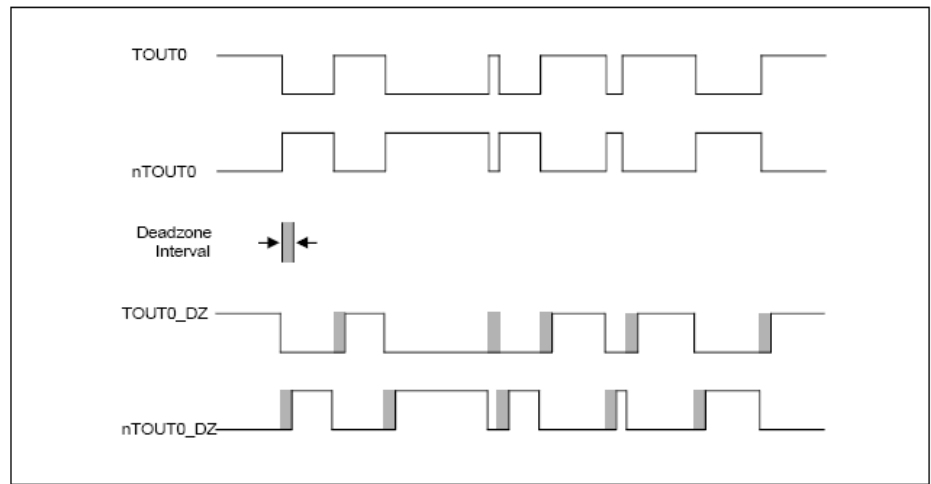


Figure 10-7. The Wave Form When a Dead Zone Feature is Enabled

10.2.6 DMA 请求模式

PWM 定时器可以在每个特定时间生成 DMA 请求。定时器保持 DMA 请求信号（nDMA_REQ）为低电平直到定时器收到一个 ACK 信号。当定时器收到一个 ACK 信号，其使得请求信号无效。生成 DMA 请求的定时器可以通过 DMA 模式位（在 TCFG 寄存器中）来决定。如果一个定时器配置为 DMA 请求模式，定时器不会生成中断请求，其他定时器还可以正常的生成中断。

DMA 模式配置和 DMA/中断操作

DMA 模式	DMA 请求	Timer0 INT	Timer1 INT	Timer2 INT	Timer3 INT	Timer4 INT
0000	Not select	ON	ON	ON	ON	ON
0001	Timer0	OFF	ON	ON	ON	ON
0010	Timer1	ON	OFF	ON	ON	ON
0011	Timer2	ON	ON	OFF	ON	ON
0100	Timer3	ON	ON	ON	OFF	ON
0101	Timer4	ON	ON	ON	ON	OFF
0110	Not select	ON	ON	ON	ON	ON

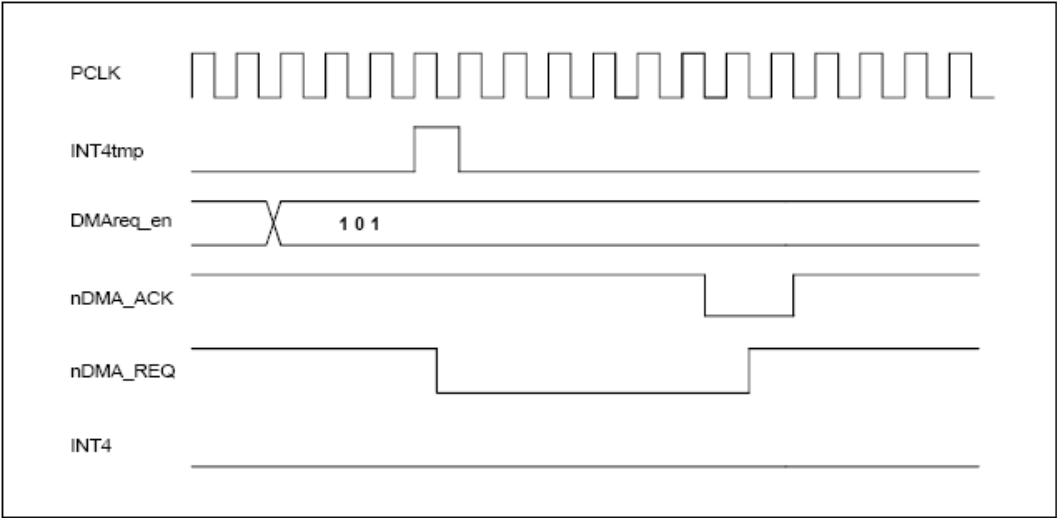


Figure 10-8. Timer4 DMA Mode Operation

10.3 脉宽调制定时器特殊寄存器

- (1) 定时器配置寄存器(TCFGn)
- (2) 定时器控制寄存器 (TCON)
- (3) 定时器 n 计数缓存寄存器 (TCNTBn)，定时器 n 比较缓存寄存器 (TCMPBn)
- (4) 定时器 n 计数观察计数器 (TCNTOn)

10.3.1 定时器配置寄存器 0

TIMER CONFIGURATION REGISTER0 (TCFG0)

定时器输出时钟频率 = $PCLK / \{prescaler\ value + 1\} / \{divider\ value\}$

{prescaler value} = 0~255

{divider value} = 2, 4, 8, 16

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCFG0	0x51000000	R/W	配置两个 8 位预分频器（预定标器）	0x00000000

TCFG0	位	描述	初始值
保留	[31:24]		0x00
Dead zone length	[23:16]	此 8 位决定死区长度。 死区长度的单位时间等于定时器 0 的单位时间。	0x00
Prescaler 1	[15:8]	此 8 位决定定时器 2, 3, 4 的预标器值	0x00
Prescaler 0	[7:0]	此 8 位决定定时器 0, 1 的预标器值	0x00

10.3.2 定时器配置寄存器 1

TIMER CONFIGURATION REGISTER1 (TCFG1)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCFG1	0x51000004	R/W	5 路多路器&DMA模式选择寄存器	0x00000000

TCFG1	位	描述	初始值
保留	[31:24]		00000000
DMA mode	[23:20]	Select DMA request channel 0000 = No select (all interrupt), 0001 = Timer0 0010 = Timer1, 0011 = Timer2, 0100 = Timer3 , 0101 = Timer4, 0110 = Reserved	0000
MUX4	[19:16]	Select MUX input for PWM Timer4. 0000 = 1/2 0001 = 1/4 0010 = 1/8 0011 = 1/16 01xx = External TCLK1	0000
MUX3	[15:12]	Select MUX input for PWM Timer3. 0000 = 1/2 0001 = 1/4 0010 = 1/8 0011 = 1/16 01xx = External TCLK1	0000
MUX2	[11:8]	Select MUX input for PWM Timer2. 0000 = 1/2 0001 = 1/4 0010 = 1/8 0011 = 1/16 01xx = External TCLK1	0000
MUX1	[7:4]	Select MUX input for PWM Timer1. 0000 = 1/2 0001 = 1/4 0010 = 1/8 0011 = 1/16 01xx = External TCLK0	0000
MUX0	[3:0]	Select MUX input for PWM Timer0. 0000 = 1/2 0001 = 1/4 0010 = 1/8 0011 = 1/16 01xx = External TCLK0	0000

10.3.3 定时器控制寄存器

TIMER CONTROL REGISTER (TCON)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCON	0x51000008	R/W	定时器控制寄存器	0x00000000

TCON	位	描述	初始值
Timer 4 auto reload on/off	[22]	Determine auto reload on/off for Timer 4. 0 = One-shot 1 = Interval mode (auto reload)	0
Timer 4 manual update (note)	[21]	Determine the manual update for Timer 4. 0 = No operation 1 = Update TCNTB4	0
Timer 4 start/stop	[20]	Determine start/stop for Timer 4. 0 = Stop 1 = Start for Timer 4	0
Timer 3 auto reload on/off	[19]	Determine auto reload on/off for Timer 3. 0 = One-shot 1 = Interval mode (auto reload)	0
Timer 3 output inverter on/off	[18]	Determine output inverter on/off for Timer 3. 0 = Inverter off 1 = Inverter on for TOUT3	0
Timer 3 manual update (note)	[17]	Determine manual update for Timer 3. 0 = No operation 1 = Update TCNTB3 & TCMPB3	0
Timer 3 start/stop	[16]	Determine start/stop for Timer 3. 0 = Stop 1 = Start for Timer 3	0
Timer 2 auto reload on/off	[15]	Determine auto reload on/off for Timer 2. 0 = One-shot 1 = Interval mode (auto reload)	0
Timer 2 output inverter on/off	[14]	Determine output inverter on/off for Timer 2. 0 = Inverter off 1 = Inverter on for TOUT2	0
Timer 2 manual update (note)	[13]	Determine the manual update for Timer 2. 0 = No operation 1 = Update TCNTB2 & TCMPB2	0
Timer 2 start/stop	[12]	Determine start/stop for Timer 2. 0 = Stop 1 = Start for Timer 2	0
Timer 1 auto reload on/off	[11]	Determine the auto reload on/off for Timer1. 0 = One-shot 1 = Interval mode (auto reload)	0
Timer 1 output inverter on/off	[10]	Determine the output inverter on/off for timer1. 0 = Inverter off 1 = Inverter on for TOUT1	0
Timer 1 manual update (note)	[9]	Determine the manual update for Timer 1. 0 = No operation 1 = Update TCNTB1 & TCMPB1	0
Timer 1 start/stop	[8]	Determine start/stop for Timer 1. 0 = Stop 1 = Start for Timer 1	0
Reserved	[7:5]	Reserved	
Dead zone enable	[4]	Determine the dead zone operation. 0 = Disable 1 = Enable	0
Timer 0 auto reload on/off	[3]	Determine auto reload on/off for Timer 0. 0 = One-shot 1 = Interval mode(auto reload)	0
Timer 0 output inverter on/off	[2]	Determine the output inverter on/off for Timer 0. 0 = Inverter off 1 = Inverter on for TOUT0	0
Timer 0 manual update (note)	[1]	Determine the manual update for Timer 0. 0 = No operation 1 = Update TCNTB0 &	0

		TCMPB0	
Timer 0 start/stop	[0]	Determine start/stop for Timer 0. 0 = Stop 1 = Start for Timer 0	0

10.3.4 定时器 0 计数缓存寄存器&比较缓存寄存器

TIMER0 COUNT BUFFER REGISTER & COMPARE BUFFER REGISTER (TCNTB0/TCMPB0)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTB0	0x5100000C	R/W	定时器 0 计数缓存寄存器	0x00000000
TCMPB0	0x51000010	R/W	定时器 0 比较缓存寄存器	0x00000000

TCMPB0	位	描述	初始值
Timer 0 compare buffer register	[15:0]	Set compare buffer value for Timer0	0x00000000

TCNTB0	位	描述	初始值
Timer 0 count buffer register	[15:0]	Set count buffer value for Timer 0	0x00000000

10.3.5 定时器 0 计数观察寄存器

TIMER0 COUNT OBSERVATION REGISTER (TCNT00)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNT00	0x51000014	R	定时器 0 计数观察寄存器	0x00000000

TCNT00	位	描述	初始值
Timer 0 observation register	[15:0]	Set count observation value for Timer 0	0x00000000

10.3.6 定时器 1 计数缓存寄存器&比较缓存寄存器

TIMER1 COUNT BUFFER REGISTER & COMPARE BUFFER REGISTER (TCNTB1/TCMPB1)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTB1	0x51000018	R/W	定时器 1 计数缓存寄存器	0x00000000
TCMPB1	0x5100001C	R/W	定时器 1 比较缓存寄存器	0x00000000

TCMPB1	位	描述	初始值
Timer1 compare buffer register	[15:0]	Set compare buffer value for Timer1	0x00000000

TCNTB1	位	描述	初始值
Timer 1 count buffer register	[15:0]	Set count buffer value for Timer 1	0x00000000

10.3.7 定时器 1 计数观察寄存器

TIMER1 COUNT OBSERVATION REGISTER (TCNTO1)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTO1	0x51000020	R	定时器 1 计数观察寄存器	0x00000000

TCNTO1	位	描述	初始值
Timer 1 observation register	[15:0]	Set count observation value for Timer1	0x00000000

10.3.8 定时器 2 计数缓存寄存器&比较缓存寄存器

TIMER2 COUNT BUFFER REGISTER & COMPARE BUFFER REGISTER (TCNTB2/TCMPB2)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTB2	0x51000024	R/W	定时器 2 计数缓存寄存器	0x00000000
TCMPB2	0x51000028	R/W	定时器 2 比较缓存寄存器	0x00000000

TCMPB2	位	描述	初始值
Timer 2 compare buffer register	[15:0]	Set compare buffer value for Timer2	0x00000000

TCNTB2	位	描述	初始值
Timer 2 count buffer register	[15:0]	Set count buffer value for Timer 2	0x00000000

10.3.9 定时器 2 计数观察寄存器

TIMER2 COUNT OBSERVATION REGISTER (TCNTO2)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTO2	0x5100002C	R	定时器 2 计数观察寄存器	0x00000000

TCNTO2	位	描述	初始值
Timer 2 observation register	[15:0]	Set count observation value for Timer2	0x00000000

10.3.10 定时器 3 计数缓存寄存器&比较缓存寄存器

TIMER3 COUNT BUFFER REGISTER & COMPARE BUFFER REGISTER (TCNTB3/TCMPB3)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTB3	0x51000030	R/W	定时器 3 计数缓存寄存器	0x00000000
TCMPB3	0x51000034	R/W	定时器 3 比较缓存寄存器	0x00000000

TCMPB3	位	描述	初始值
Timer 3 compare buffer register	[15:0]	Set compare buffer value for Timer3	0x00000000

TCNTB3	位	描述	初始值
Timer 3 count buffer register	[15:0]	Set count buffer value for Timer 3	0x00000000

10.3.11 定时器 3 计数观察寄存器

TIMER3 COUNT OBSERVATION REGISTER (TCNTO3)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTO3	0x51000038	R	定时器 3 计数观察寄存器	0x00000000

TCNTO3	位	描述	初始值
Timer 3 observation register	[15:0]	Set count observation value for Timer3	0x00000000

10.3.12 定时器 4 计数缓存寄存器&比较缓存寄存器

TIMER4 COUNT BUFFER REGISTER & COMPARE BUFFER REGISTER (TCNTB4/TCMPB4)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTB4	0x5100003C	R/W	定时器 2 计数缓存寄存器	0x00000000

TCNTB4	位	描述	初始值
Timer 4 count buffer register	[15:0]	Set count buffer value for Timer 4	0x00000000

10.3.13 定时器 4 计数观察寄存器

TIMER4 COUNT OBSERVATION REGISTER (TCNTO4)

寄存器	地址	读写	描述	复位值
TCNTO4	0x51000040	R	定时器 4 计数观察寄存器	0x00000000

TCNTO4	位	描述	初始值
Timer 4 observation register	[15:0]	Set count observation value for Timer 4	0x00000000