

32 位微控制器

ADVANCED_TIMER 模块

适用对象

系列	产品型号	系列	产品型号
HC32L110	HC32L110C6UA	HC32F030	HC32F030E8PA
	HC32L110C6PA		HC32F030F8UA
	HC32L110C4UA		HC32F030F8TA
	HC32L110C4PA		HC32F030J8TA
	HC32L110B6PA		HC32F030K8TA
	HC32L110B4PA		
HC32F003	HC32F003C4UA	HC32L136	HC32L136J8TA
	HC32F003C4PA		HC32L136K8TA
HC32F005	HC32F005C6UA	HC32L130	HC32L130E8PA
	HC32F005C6PA		HC32L130F8UA
	HC32F005D6UA		HC32L130J8TA

目 录

1	摘要.....	3
2	功能介绍.....	3
3	ADVANCED TIMER 模块	4
3.1	独立通道 PWM 输出	4
3.2	软件互补 PWM 输出	8
3.3	硬件设定互补 PWM 输出——硬件死区功能	9
3.4	CHA 与 CHB 的电平翻转动作.....	11
3.4.1	锯齿波递增计数模式	11
3.4.2	锯齿波递减计数模式	11
3.4.3	三角波模式	12
3.5	保护机制	15
3.6	内部互连	16
4	参考样例及驱动.....	17
5	总结.....	17
6	其他信息.....	18
7	版本信息 & 联系方式	19

1 摘要

本篇应用笔记主要介绍小华半导体 MCU* 的 Advanced Timer 模块的多功能 PWM 发生器。

本篇应用笔记主要包括：

- Advanced Timer 模块介绍
- 独立通道 PWM 输出
- 软件互补 PWM 输出
- 硬件设定互补 PWM 输出——硬件死区功能
- CHA 与 CHB 的电平翻转动作
- 保护机制
- 内部互连

注意：

- 本应用笔记为小华半导体 MCU* 的应用补充材料，不能代替用户手册，具体功能及寄存器的操作等相关事项请以用户手册为准。

2 功能介绍

Advanced Timer 模块（简称 ADT）包含三个功能相同的高性能定时器 TIM4/5/6，单个定时器可以产生单路或 2 路独立的 PWM 输出，也可以产生一对互补的 PWM 输出，也可以用于捕获外界输入波形进行脉冲宽度或周期测量。

***支持型号见封面。**

3 ADVANCED TIMER 模块

3.1 独立通道 PWM 输出

TIM4/5/6 各有两个输出端口 TIMx_CHA 和 TIMx_CHB，可以单独或同时输出两路独立的 PWM 波。

TIM4/5/6 有两种基本计数波形（载波）：锯齿波模式和三角波模式。

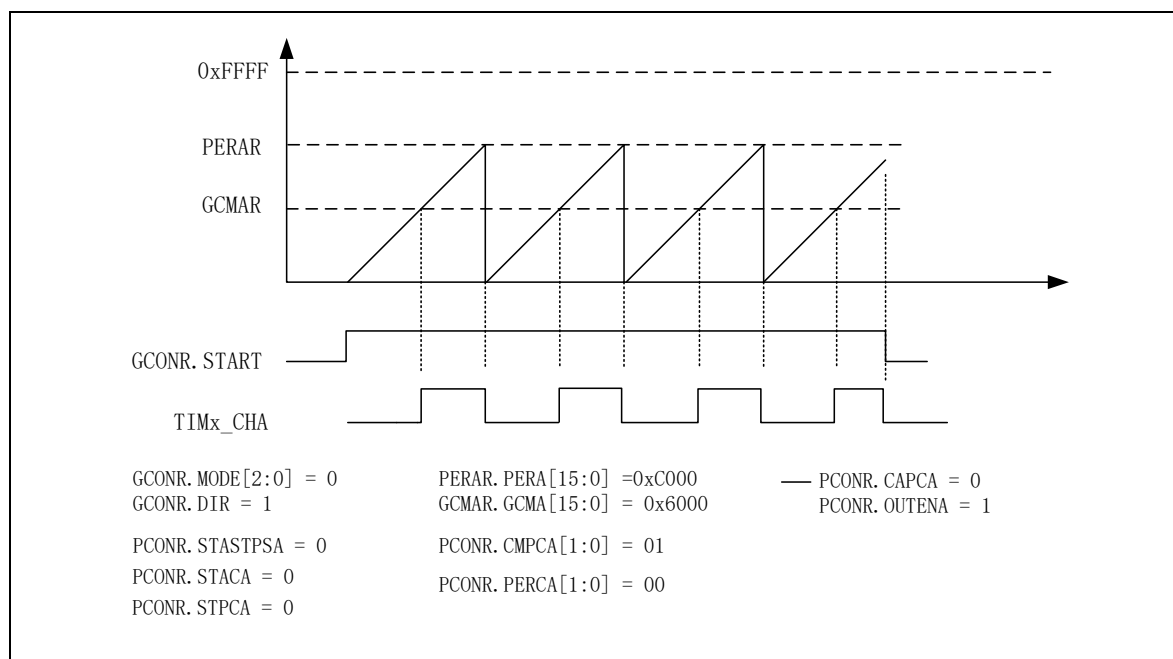


图 1. 锯齿波递增计数模式

如图 1 所示，当 CHA 端口设定为输出并且使能，定时器计数到比较基准值寄存器 GCMAR 的值，输出电平根据 PCONR.CMPCA 的设置而做相应动作，当定时器计数到 PERAR 的时候，输出电平根据 PCONR.PRECA 的设置而做相应动作。

GCONR.START 置 1，ADT 相应的 CNTER 就开始运行了。GCONR.START 再写 0，CNTER 的计数就会停止，但 CNTER 不会清零，清零时需要写 0

在开始和停止时候 CHA 端口的电平状态，由寄存器 PCONR.STASTPSA、PCONR.STACA、PCONR.STPCA 共同决定。

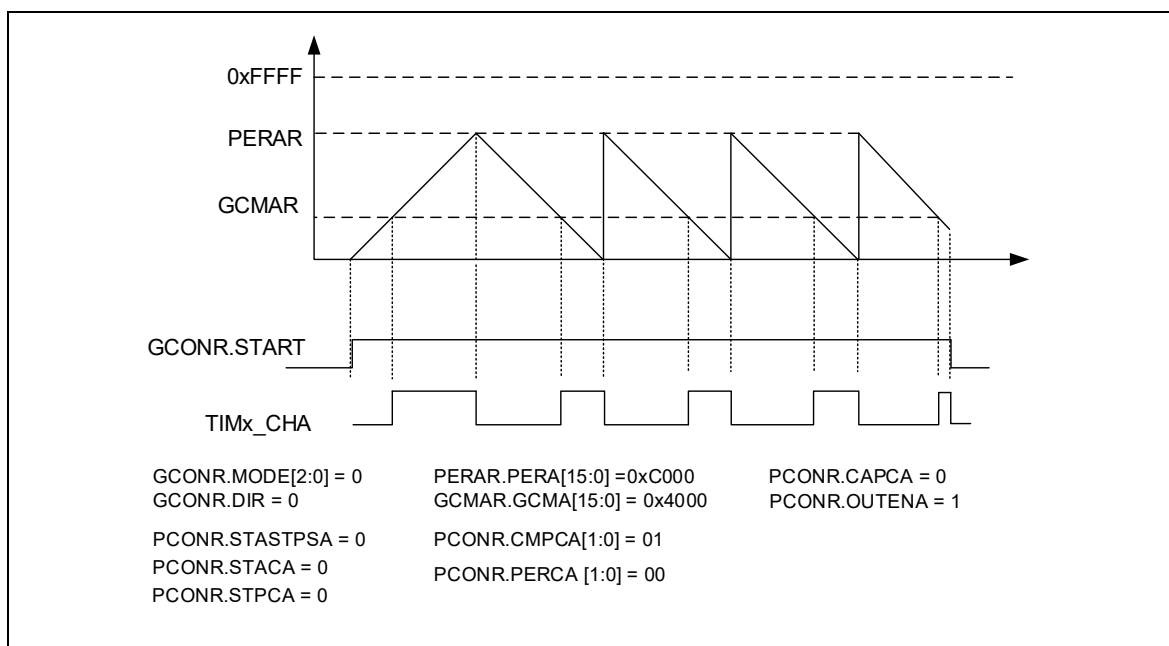


图 2. 锯齿波递减计数模式

如图 2 所示锯齿波递减计数模式，若 CNTENR 未设置初值，仍然为 0，那么计数开始的时候，CNTENR 仍会从 0 开始递增计数到 PERAR 的值，再往下递减计数到 0，然后再从 PERAR 的值递减计数到 0。所以第一个周期时候，CHA 输出的占空比与之后的不一致。

所以 ADT 在锯齿波递减计数模式的时候，使能之前，CNT 初值应该先设置为 PERAR 的值，避免第一个周期输出占空比不一致。

CHB 输出原理与 CHA 相同。

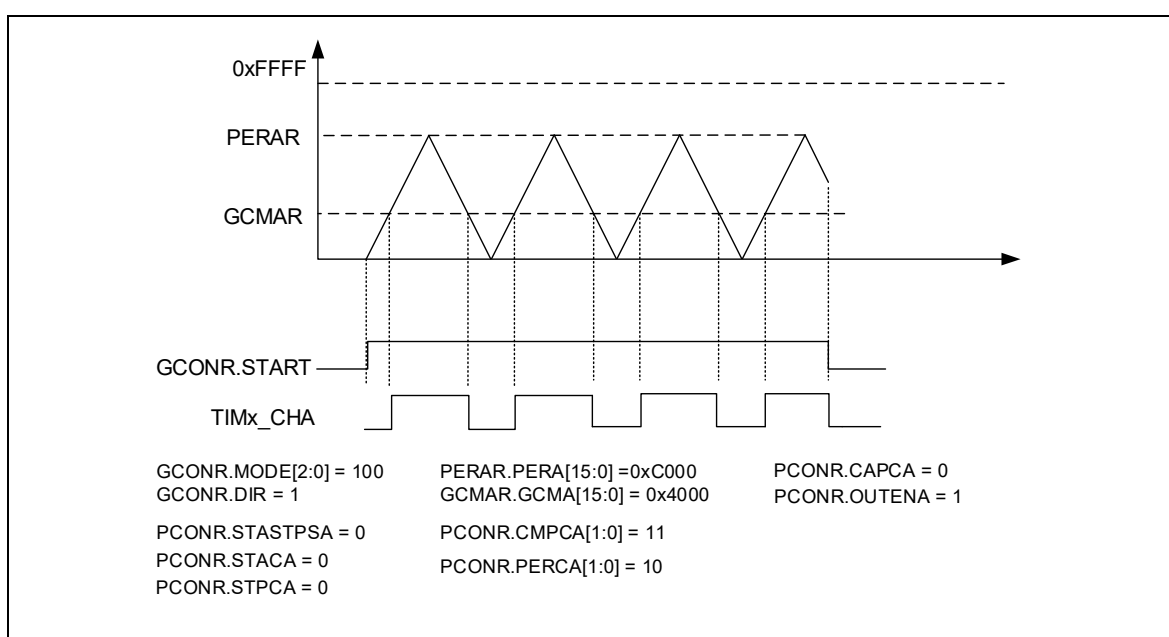


图 3. 三角波递增计数模式

当计数波形为三角波时，CHA/CHB 的输出原理也与上述相同，但也有些不同：

PERAR 的值为实际周期计数值的 1/2。

当比较基准值寄存器 GCMAR 的值介于 0~周期值（PERAR）之间时候，一个周期内 CNTER 会两次经过 GCMAR。

PCONR.PERCA 设置的电平动作是在波谷响应。

缓存传送时间点与锯齿波有区别。

CNTER 的计数方向从 0 开始向上计数，递减计数设置对三角波模式没有意义。

缓存传送功能启用的时候，用户可以在中断或者主循环的任意时刻把比较基准值写入缓存寄存器，只有到了传送时间点，缓存寄存器的值才会传入对应的寄存器。

如果用户使用两个或三个 ADT 的定时器，并且需要保持同步计数，那么所有周期更新值写入 PERBR 必须确保都在同一个缓存传送点之前（确保同一时刻缓存传送更新），否则会造成计数不同步的现象。

传送时间点：

锯齿波：递加计数上溢点或递减计数下溢点

三角波 A：计数谷点（波谷）

三角波 B：计数谷点（波谷）和计数峰点（波峰）

相关缓存寄存器传送路径：

PERBR → PERAR;

GCMCR → GCMAR;

GCMDR → GCMBR。

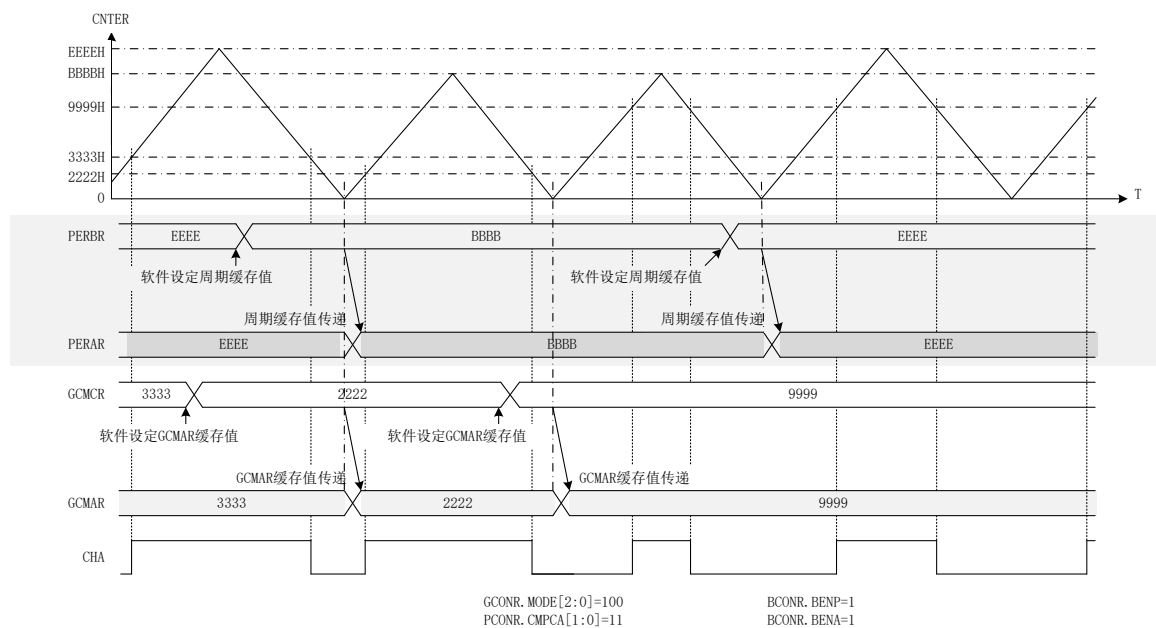


图 4. 三角波 A 模式时缓存传送示意

3.2 软件互补 PWM 输出

ADT 的一个定时器单元，使用三角波作为载波时，CHA 与 CHB 可以输出两路互补的 PWM 波形。配置方法与独立输出类似，需额外注意的如下：

在设置 CHB 的比较基准值寄存器时，需要考虑计算死区时间。

如图 5 所示，GCMDR 为 CHB 的比较基准值缓存寄存器：

$$GCMDR = GCMCR - \text{死区时间}$$

在开始计数的时候，CHB 的起始电平应该设置为高电平，即 PCONR.STACB=1，以达到与 CHA 输出互补的目的。

互补输出时，建议使用缓存传送功能，以达到在特定时间更新 GCMAR 和 GCMBR 的目的，不至于产生 CHA 和 CHB 电平异常翻转，同时输出有效开关电平信号的异常状况。

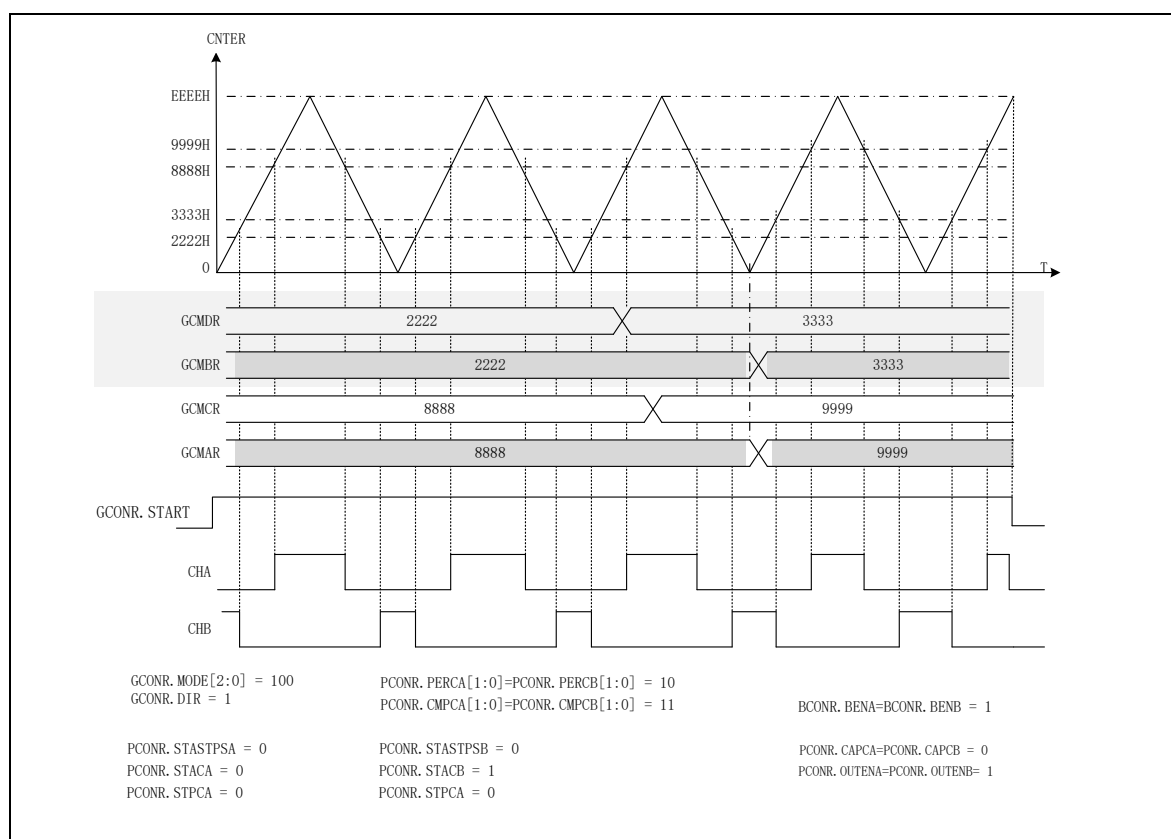


图 5. 三角波 A 模式下的软件互补 PWM 输出

3.3 硬件设定互补 PWM 输出——硬件死区功能

当使能死区功能之后，决定 CHB 端口电平的比较基准值寄存器 GCMBR 由比较基准值寄存器（GCMAR）和死区时间基准值寄存器（DTUAR、DTDAR）的值运算决定。

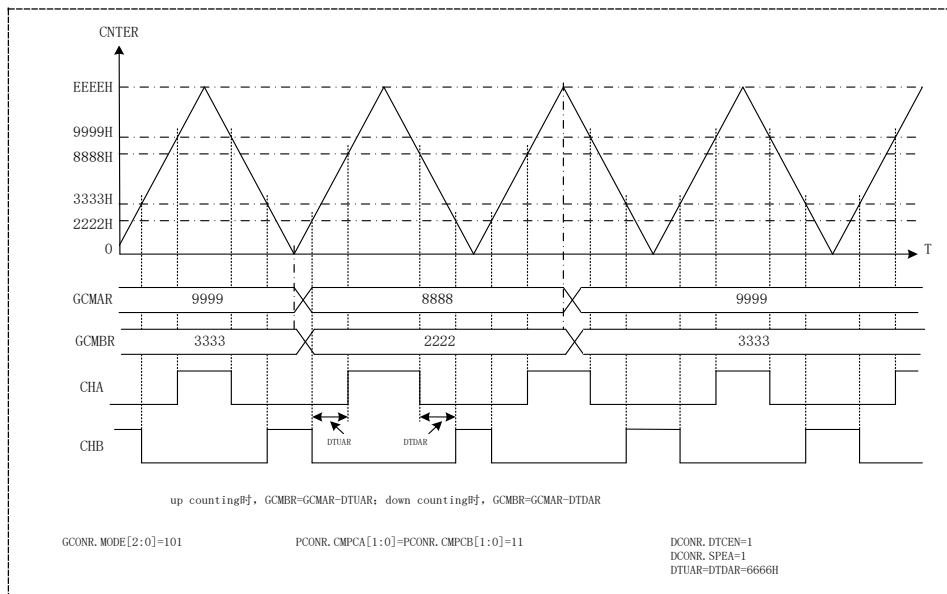


图 6. 硬件死区功能设定 GCMBA 示意

如图 6 所示：

Up counting 时: $GCMBR = GCMAR - DTUAR$

Down counting 时: $GCMBR = GCMAR - DTDAR$

(DCONR.SPEA = 1, DTDAR 的值与 DTUAR 值自动相等)

缓存传送功能使能时候，改变 GCMCR 的值，就可以控制互补输出的 PWM 占空比。

如使能硬件死区功能设定硬件互补 PWM 输出，需要注意以下几点：

1. 初始化的时候，GCMAR 如果设置为 \geq 周期值（PERAR）以上的时候，后续 CHB 电平会出错。

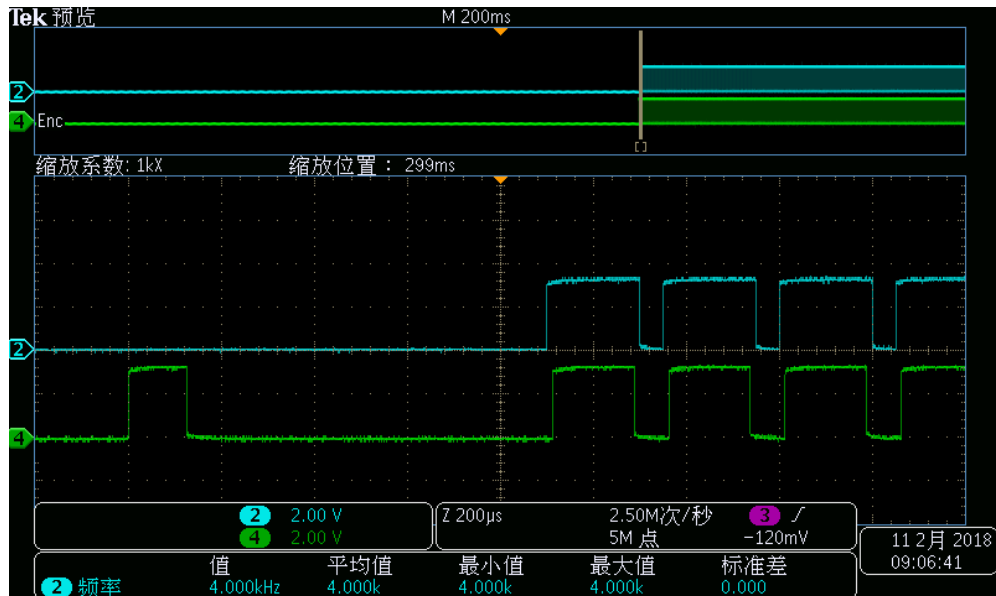


图 7. GCMBR 初始化为 0xFFFF，CHB(绿色)后续输出错误

2. 初始化时候，缓存传送功能使能，GCMAR 应设置为 0~周期值（PERAR）之间的值，GCMCR 设置为 0xFFFF。这样使能 ADT 之后，CHB 不会输出错误。
3. 如上设置时，如果 PCONR.STACA = 0，PCONR.STACB = 1，ADT 使能运行之后，CHA 应该会输出低电平，CHB 应该会输出高电平，但初始 IO 口是输入高阻态，所以此刻 CHA 和 CHB 不会输出电平。可以在需要的时刻，把相应的 PIN 脚端口功能设置为 ADT 的 CHA 和 CHB 端口。这样 CHA 会输出低电平，CHB 会输出高电平。当 $0 < \text{GCMCR} < \text{PERAR}$ ，CHA 和 CHB 会恢复输出硬件死区互补 PWM 波形。

3.4 CHA 与 CHB 的电平翻转动作

当 GCMAR 与 GCMBR 的值介于 0~周期值 (PERAR) 之间时, CHA 与 CHB 的电平翻转动作由 PCONR.CMPCA、PCONR.CMPCB、PCONR.PERCA 和 PCONR.PERC B 的决定。上述章节已有描述。

本章节简单介绍当 GCMAR 和 GCMBR 为 0 或者 \geq 周期值 (PERAR) 的时候, CHA 和 CHB 电平动作的情况。

3.4.1 锯齿波递增计数模式

PCONR.PERCA = 0, PCONR.CMPCA = 1 时:

GCMAR \geq 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出低电平。

GCMAR = 0 时, CHA 输出高电平, 但在 CNTER 处于上溢出的时候, 会有一个低电平脉冲输出。

PCONR.PERCA = 1, PCONR.CMPCA = 0 时:

GCMAR \geq 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出高电平。

GCMAR = 0 时, CHA 输出低电平, 但在 CNTER 处于上溢出的时候, 会有一个高电平脉冲输出。

3.4.2 锯齿波递减计数模式

PCONR.PERCA = 0, PCONR.CMPCA = 1 时:

GCMAR = 0 时, CHA 输出低电平。

GCMAR > 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出低电平。

GCMAR = 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出高电平, 但在 CNTER 处于下溢出的时候, 会有一个低电平脉冲输出。

PCONR.PERCA = 1, PCONR.CMPCA = 0 时:

GCMAR = 0 时, CHA 输出高电平。

GCMAR > 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出高电平。

GCMAR = 周期值 (PERAR) 时, CHA 输出低电平, 但在 CNTER 处于下溢出的时候, 会有一个高电平脉冲输出。

3.4.3 三角波模式

硬件死区功能禁用时：

当相关寄存器如下设置时，GCMAR 的值介于 0~周期值（PERAR）之间，CHA 正常输出作为参照：

当 GCMBR = PERAR 的值时，CHB 电平在三角波的波峰翻转，如图 8 所示。

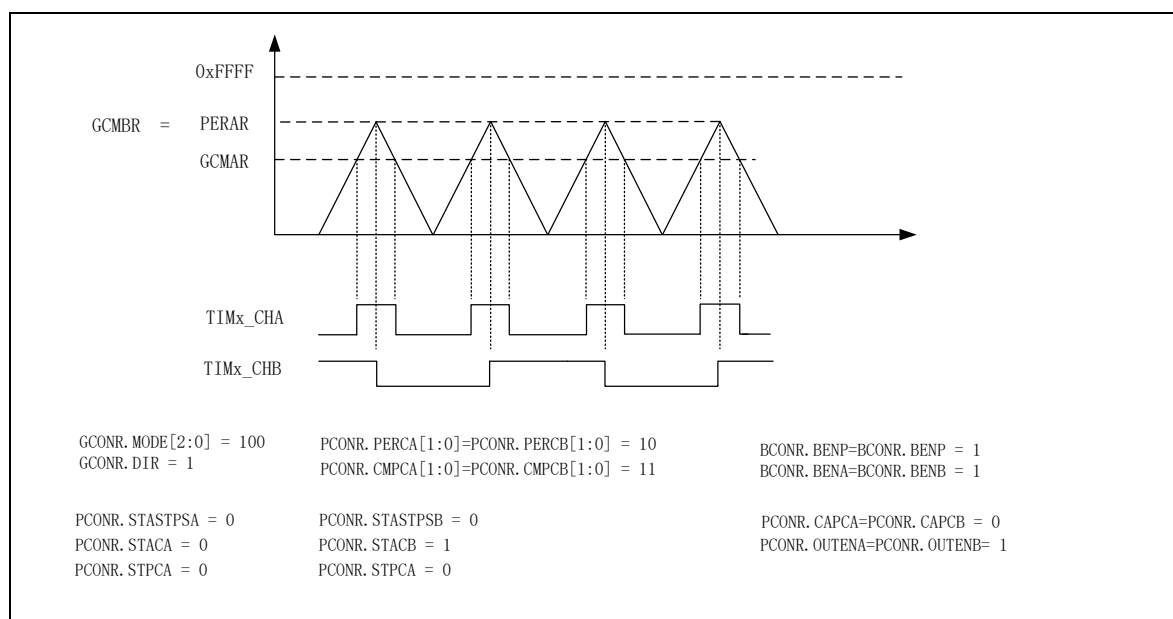


图 8. GCMBR 为周期值时，CHB 电平翻转示意

当 GCMBR = 0 时，CHB 电平在三角波的波谷翻转，如图 9 所示。

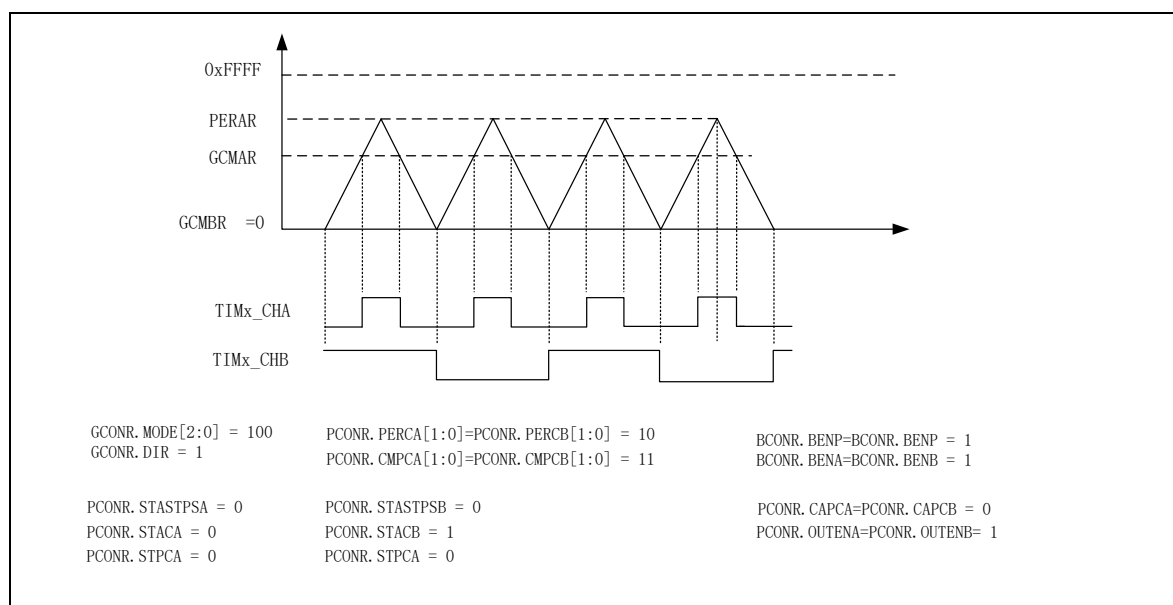


图 9. GCMBR 为 0 时，CHB 电平翻转示意

硬件死区功能使能时：

在硬件死区功能有效、缓存功能有效的三角波计数模式

且： $PCONR.PERCA = PCONR.PERCB = 10$

$PCONR.CMPCA = PCONR.CMPCB = 11$

$GCMAR = 0$ 或 $GCMAR \geq PERAR$ 时：

会发生过周期保护设定的输出保持。

并且当 $0 < GCMAR < PERAR$ 时，CHA 和 CHB 在计数谷点返回正常的输出电平。

在以下列举三角波 A 模式的例子：

1. $GCMAR \geq PERAR$

不能直接从 $GCMAR \geq PERAR \rightarrow GCMAR = 0$

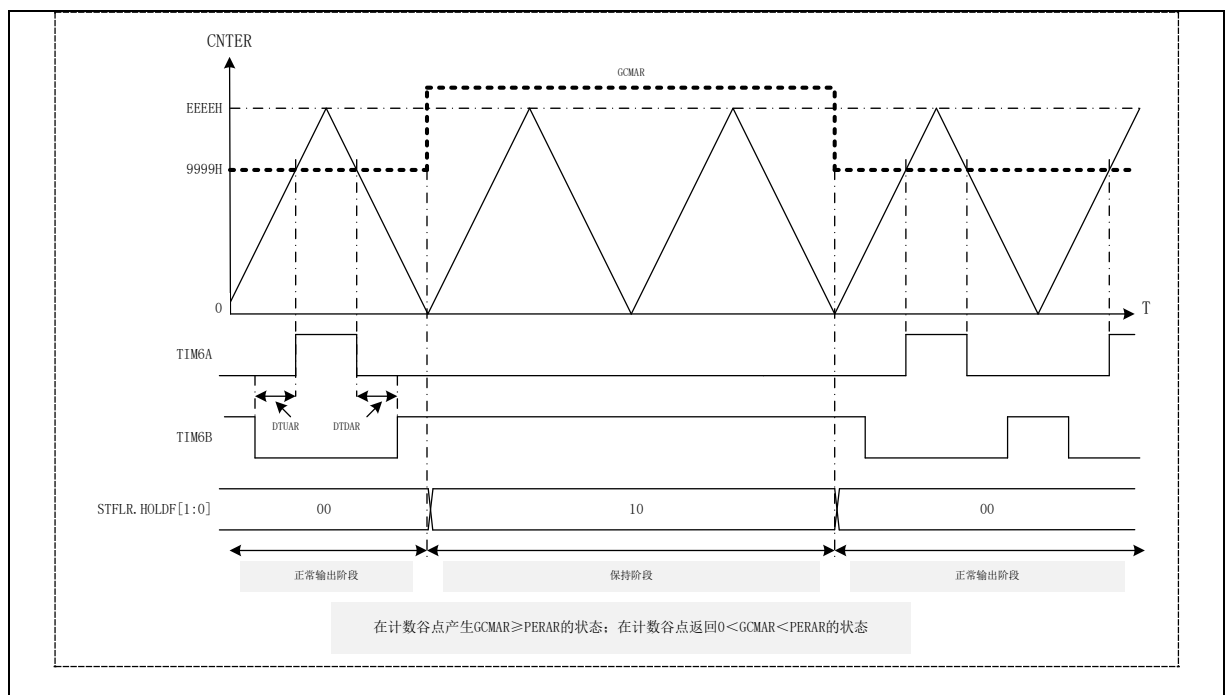


图 10. $GCMAR \geq PERAR$ 时的 CHA 和 CHB 的输出示意

2. GCMAR = 0

不能直接从 $GCMAR = 0 \rightarrow GCMAR \geq PERAR$

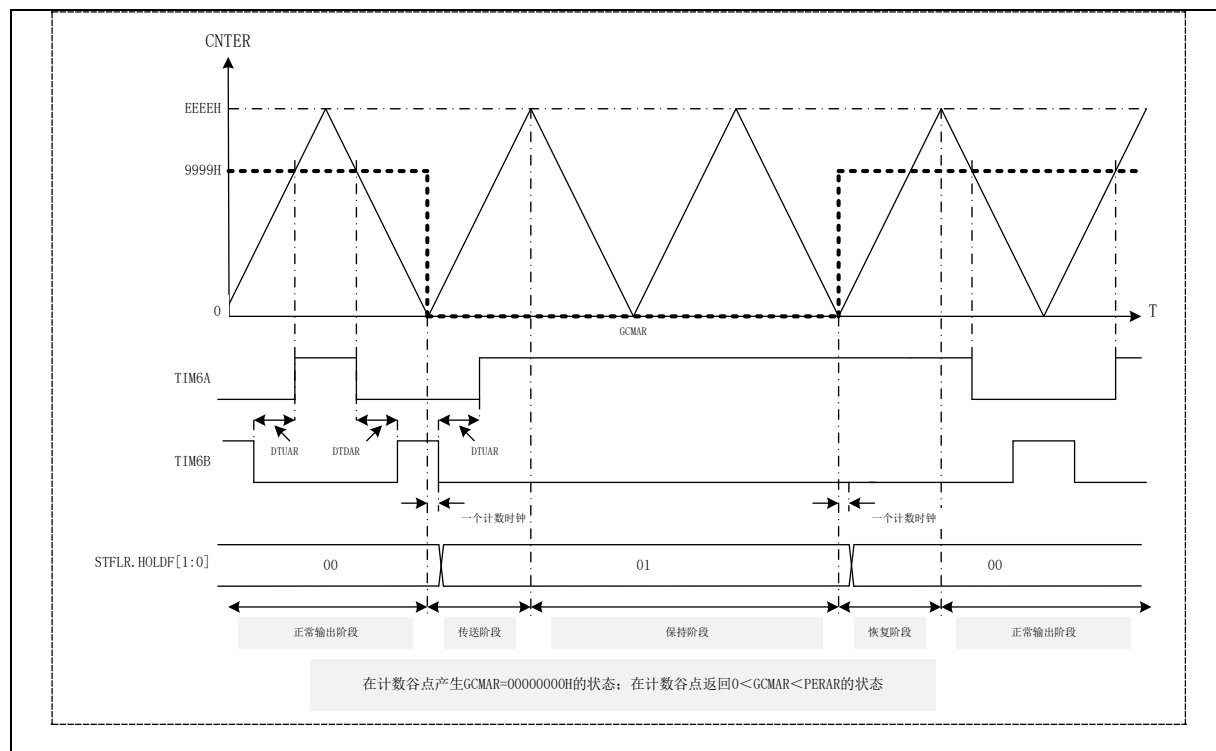


图 11. $GCMAR=0$ 时的 CHA 和 CHB 的输出示意

3.5 保护机制

ADT 有 4 个保护机制，如下：

强制输出无效条件 0：VC 刹车

强制输出无效条件 1：端口输出同高同低电平刹车

强制输出无效条件 2：低功耗模式刹车

强制输出无效条件 3：端口刹车和软件刹车

配置 ADT 通用端口控制寄存器 PCONR 时：

PCONR.DISSELA → 设置何种保护机制

PCONR.DISSELB → 设置何种保护机制

PCONR.DISVALA → 设置当强制输出条件满足时，CHA 输出何种电平

PCONR.DISVALB → 设置当强制输出条件满足时，CHB 输出何种电平

在采用强制输出无效条件 3 时，需配置刹车端口，端口刹车信号的有效电平和滤波参数。

AOSSR.BFILTEN → 使能端口刹车滤波

AOSSR.BFILTS → 滤波时钟选择

PTBKS → 选择刹车端口

PTBKP → 设置刹车端口的有效电平（H/L）

当端口刹车发生时，端口刹车标志会置 1（AOSSR.FBRAKE）

如果端口刹车发生之后要恢复输出 PWM，需将端口刹车标志清除（AOSCL.FBRAKE）

3.6 内部互连

通过内部互连功能，TIM4/5/6 可以通过中断控制 AOS 中断信号或者控制触发 ADC。

例如下溢匹配触发 ADC：

CR.UDFE 设为 1，当 CNTER 下溢匹配时，会同时启动 ADC 采样。

在 HC32L136/L130 系列的 ADT 模块中，还有两个专用比较基准值寄存器（SCMAR 和 SCMBR），在中断控制寄存器（ICONR）可以使能 SCMAR 或 SCMBR 触发 ADC，此时若在控制寄存器 CR 也使能相关的位（CR.CMSAE 或 CR.CMSBE），当 CNTER 的值与 SCMAR 或 SCMBR 匹配时，也可以启动 ADC 采样。若要使能 DMA 传送，也需要在 CR 中使能相关控制位。

4 参考样例及驱动

通过上述介绍，配合小华半导体 MCU* 系列的用户手册，我们可以了解 ADVANCED TIMER 作为多功能 PWM 发生器的方法和注意事项。

小华半导体（XHSC）官方同时提供了该模块的应用样例及驱动库，用户可通过打开样例的工程进一步观地熟悉该模块以及驱动库的应用，在实际开发中也可以直接参考样例和使用驱动库来快速实现对该模块的操作。

- 样例参考：~/HC32L110_DDL/example/adt
~/HC32F003_DDL/example/adt
~/HC32F005_DDL/example/adt
~/HC32L136_DDL/example/adt;
~/HC32L130_DDL/example/adt;
- 驱动库参考：~/HC32L110_DDL/driver/.../adt
~/HC32F003_DDL/driver/.../adt
~/HC32F005_DDL/driver/.../adt
~/HC32L136_DDL/driver/.../adt;
~/HC32L130_DDL/driver/.../adt;

5 总结

以上章节简要介绍了小华半导体 MCU* 的 ADVANCED TIMER 模块的多功能 PWM 发生器功能，用户在实际的应用开发过程中，如果需要更深一步了解该模块的使用方法及操作事项，应以相应的用户手册为准。本章中提到的样例及驱动库，既可以作为用户进一步的实验与学习，也可以在实际开发中直接应用。

***支持型号见封面。**

6 其他信息

技术支持信息: <http://www.xhsc.com.cn>

7 版本信息 & 联系方式

日期	版本	修改记录
2018/6/4	Rev1.0	初版发布。
2018/6/19	Rev1.1	增加支持型号。
2018/9/6	Rev1.2	更新支持型号。
2022/7/15	Rev1.3	公司 Logo 更新。



如果您在购买与使用过程中有任何意见或建议，请随时与我们联系。

Email: mcu@xhsc.com.cn

网址: <http://www.xhsc.com.cn>

通信地址: 上海市浦东新区中科路 1867 号 A 座 10 层

邮编: 201203

