

高精度定时器 Push-Pull 模式输出逻辑

关键字：高精度定时器， Push-Pull 模式

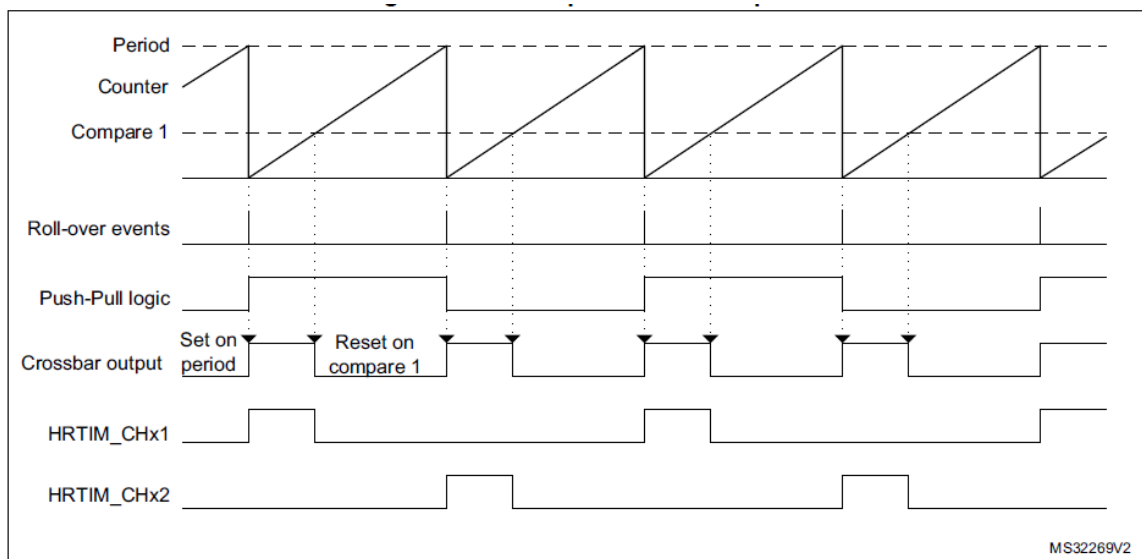
1. 引言

STM32G474 中高精度定时器的 PWM 输出支持 Push-Pull 模式，该模式可以用于 Push-Pull 拓扑或是 LLC 拓扑的驱动，在使用该模式时需要遵循 RM 手册中给出的准则，否则输出的波形将会出现异常。

2. 问题描述

使用高精度定时器 Push-Pull 模式产生 PWM 输出的过程中，发现定时器 PWM 输出通道 CH1 与 CH2 输出先后顺序存在疑问，在定时器使能后，有时 CH1 通道先输出，有时 CH2 通道先输出，按照手册中给出的例子理解，应该是 CH1 先输出，然后再是 CH2 输出，如下图所示。

图1. Push-Pull 模式 PWM 输出



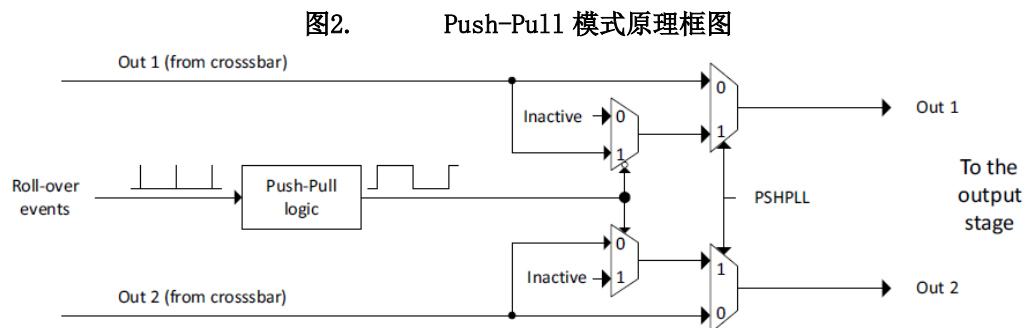
然而实际在不同的情况下，输出波形并非如此，这是为什么呢？

2.1. 问题解释

2.1.1. Push-Pull 模式工作原理

Push-Pull 模式下，CH1 与 CH2 通道的输出都是来自 CrossBar 单元产生的波形，但是波形输出到哪一个通道，是由定时器内部一个称作的 Push-Pull Logic 的单元来控制的，如图 2 所示，

- 当 Push-Pull Logic 单元的输出为 1 时，CH1 通道输出 CrossBar 单元产生的波形，CH2 的电平保持在 inactive 状态；
- 当 Push-Pull Logic 单元的输出为 0 时，CH2 通道输出 CrossBar 单元产生的波形，CH1 的电平保持在 inactive 状态。



Push-Pull Logic 单元的工作原理为：初始默认情况下 Push-Pull Logic 单元的输出为低，当定时器的计数达到周期值(Roll-over event)或是定时器被外部事件复位(reset)时，Push-Pull Logic 单元输出将出现翻转，从而实现 CH1 与 CH2 的交替输出。

2.1.2. Push-Pull 模式输出实例

通过以上的分析，Push-Pull 模式下的输出取决于两个方面：

- CrossBar 输出波形的产生方式
- Push-Pull Logic 的输出状态

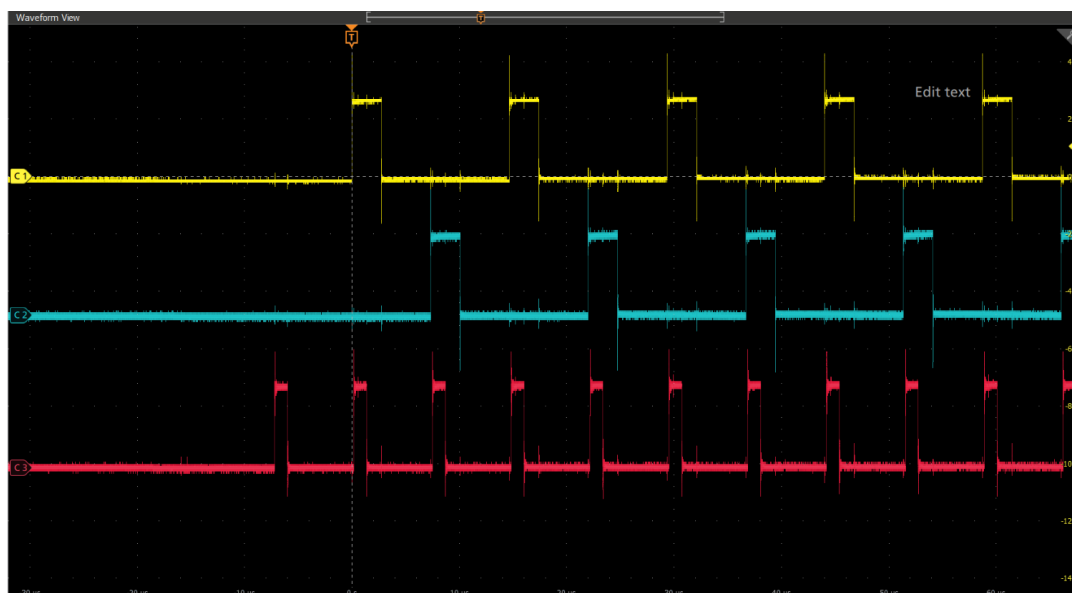
下面通过两个实例说明。

实例 1：CH1 先输出，CH2 后输出，关键配置如下：

- Timer A up count
- TA1/TA2 独立输出
- Push-Pull 模式使能
- TA1 Set source: Timer A Period 事件
- TA1 Reset source: Timer A CMP1 事件
- TA2 Set source: Timer A period 事件
- TA2 Reset source: Timer A CMP1 事件
- CMP1 = 15000, PER = 40000

实测波形如图 3 所示。C1/C2 分别代表 CH1 和 CH2，C3 为某同步的固定输出波形，用来作为参考比较 C1/C2 的输出时间。

图3. Push-Pull 模式输出波形，CH1 先于 CH2



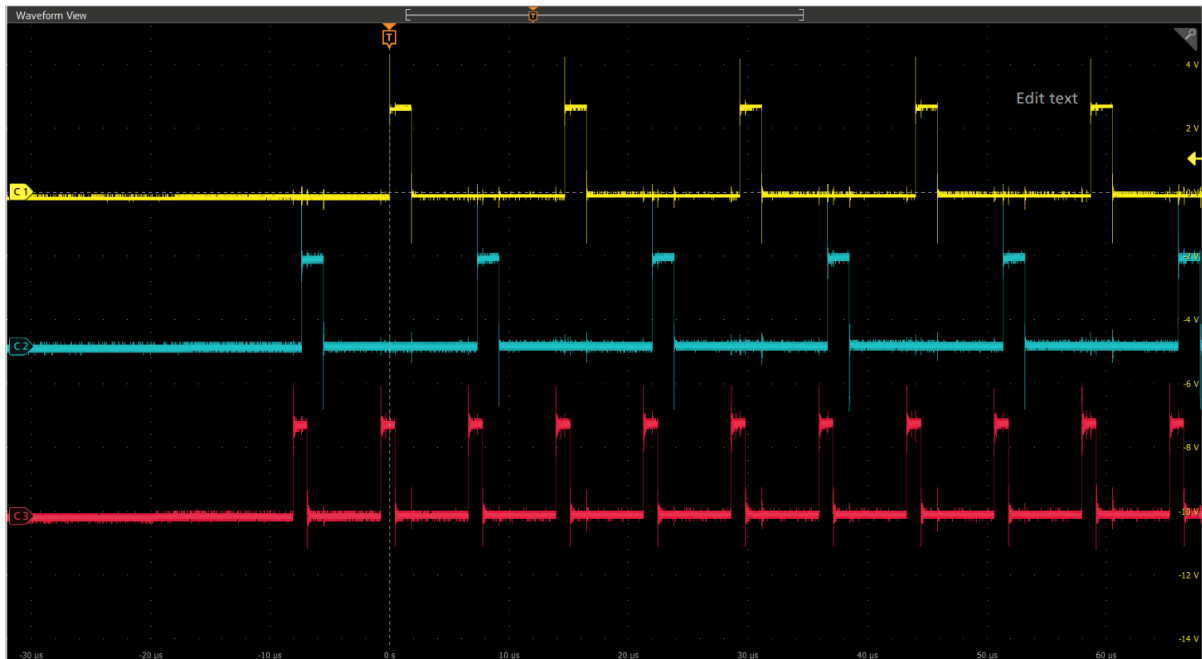
从图中可以看出 CH1 先与 CH2 输出。同时可以看到 CH1 与 CH2 滞后 C3 输出，即在定时器使能计数后的第一个周期并没有输出，而是从第二个周期才开始输出，这是为什么呢？出现这种情况的原因在于 TA1/TA2 输出的设置，TA1/TA2 的 Set source 为 Timer A Period 事件，当使能计数器从 0 开始计数后，要等到计数器达到周期值时即发生 PER 事件时才会触发 PWM 输出高电平，也是在该点 Push-Pull Logic 的输出将出现翻转，由低电平变为高电平，在此之前 PWM 的输出将一直保持电平且 Push-Pull Logic 的输出为低电平，即第一个周期本应该 CH2 通道输出，但由于 PWM 原始输出为低电平，所以会出现第一个计数周期内的输出都保持低，待到第二个计数周期 CH1 通道输出 PWM 波形。

实例 2：CH2 先输出，CH1 后输出，关键配置如下：

- Timer A up count
- TA1/TA2 独立输出
- Push-Pull 模式使能
- TA1 Set source: Timer A CMP1 事件
- TA1 Reset source: Timer A CMP2 事件
- TA2 Set source: Timer A CMP1 事件
- TA2 Reset source: Timer A CMP2 事件
- CMP1 = 5000, CMP2 = 15000, PER = 40000

实测波形如图 4 所示。从波形图可以看出 CH2 先于 CH1 输出，且是在计数使能后的第一个计数周期就开始输出。当计数器未达到第一次周期值之前，Push-Pull Logic 的输出为低电平，CH2 通道输出，按照上述的配置，原始 PWM 波形在 CMP1 处 Set，在 CMP2 处 Reset；达到第一次周期值之后，Push-Pull Logic 的输出为低电平，CH1 通道输出。

图4. Push-Pull 模式输出波形，CH2 先于 CH1



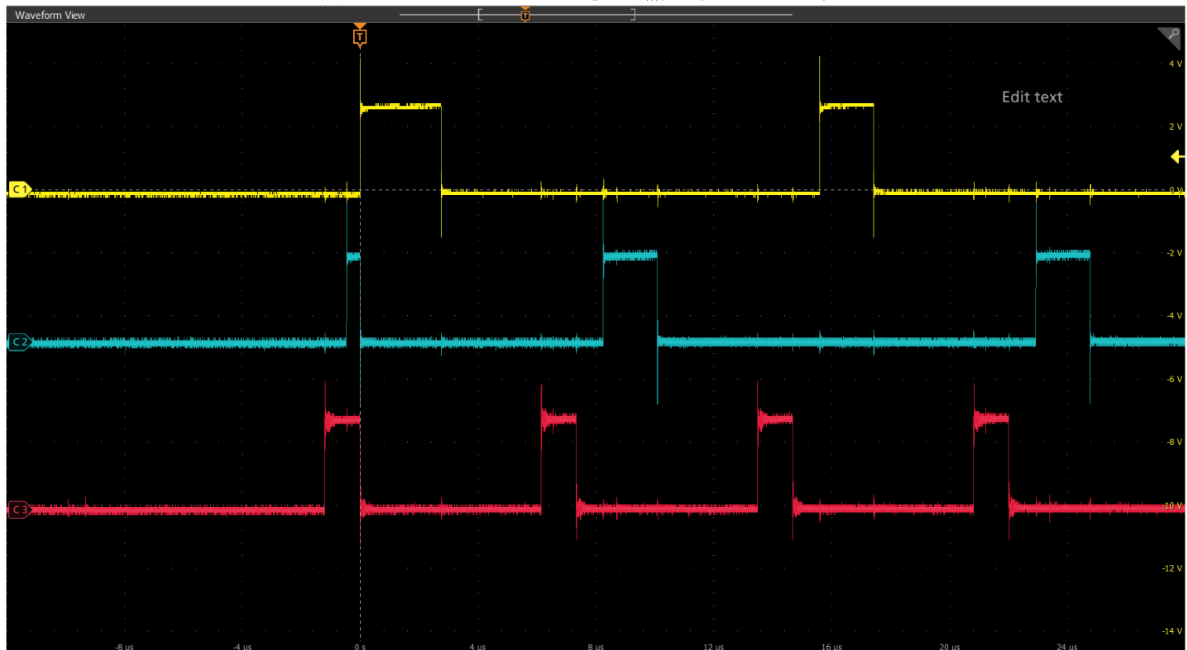
2.1.3. Push-Pull 模式其他注意事项

在 RM 中有段描述必须注意，即当存在外部事件复位计数器的情况下，该外部事件必须同时用来触发 PWM 输出的 Set 或是 Reset，且当 PER 事件用来触发 PWM 输出的 Set 时，复位事件也必须设置为触发 PWM 输出的 Set，否则输出通道的波形将出现异常。举例如下：

- Timer A up count
- TA1/TA2 独立输出
- Push-Pull 模式使能
- TA1 Set source: Timer A CMP1 事件
- TA1 Reset source: Timer A CMP2 事件
- TA2 Set source: Timer A CMP1 事件
- TA2 Reset source: Timer A CMP2 事件
- CMP1 = 5000, CMP2 = 15000, PER = 40000
- Timer A 计数器 reset source: Master Timer CMP1, CMP1 = 7500, PER = 40000

对应的测试波形如图 5 所示，在计数器复位后，Push-Pull Logic 的输出翻转，输出通道由 CH2 切换到 CH1，但是 CH1 的输出宽度出现了异常，按照设置应该是计数值达到 5000 才输出高，但是实际情况是计数器复位时即输出了高，与设置不符。

图5. Push-Pull 模式输出波形，CH2 先于 CH1



3. 小结

高精度定时中 PWM 输出的 Push-Pull 模式在应用中需要根据实际 PWM 产生需求进行合理的配置，需要重点关注的如下：

- 原始 PWM 输出配置决定输出波形
- Push-Pull Logic 单元的输出状态决定输出通道
- 若存在计数器复位事件，复位事件必须同时用来触发 PWM 输出的 Set 或是 Reset

做好以上配置，才能保证输出波形正常。

参考文献

文件编号	文件标题	版本号	发布日期
1	RM0440 Reference manual	6	2021.2

文档中所用到的工具及版本

无

LAT 中的附件

无

版本历史（内部参考）

(仅供内部参考，评审过程中，评审员需要删除这部分：版本历史（内部参考）)

日期	版本	变更	作者
YYYY 年 MM 月 DD 日	0.1	详细变更信息	
2022 年 1 月 19 日	0.2	修改第 3 章，最后一行，使字体格式保持一致	Ke DENG

版本历史

日期	版本	变更
YYYY 年 MM 月 DD 日	1.0	详细变更信息

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。若需 ST 商标的更多信息，请参考 www.st.com/trademarks。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档是 ST 中国本地团队的技术性文章，旨在交流与分享，并期望借此给予客户产品应用上足够的帮助或提醒。若文中内容存有局限或与 ST 官网资料不一致，请以实际应用验证结果和 ST 官网最新发布的内容为准。您拥有完全自主权是否采纳本文档（包括代码，电路图等信息），我们也不承担因使用或采纳本文档内容而导致的任何风险。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2020 STMicroelectronics - 保留所有权利