

STM32G4 Advanced Timer Break 功能

关键字: Break, STM32G4, Advanced timer

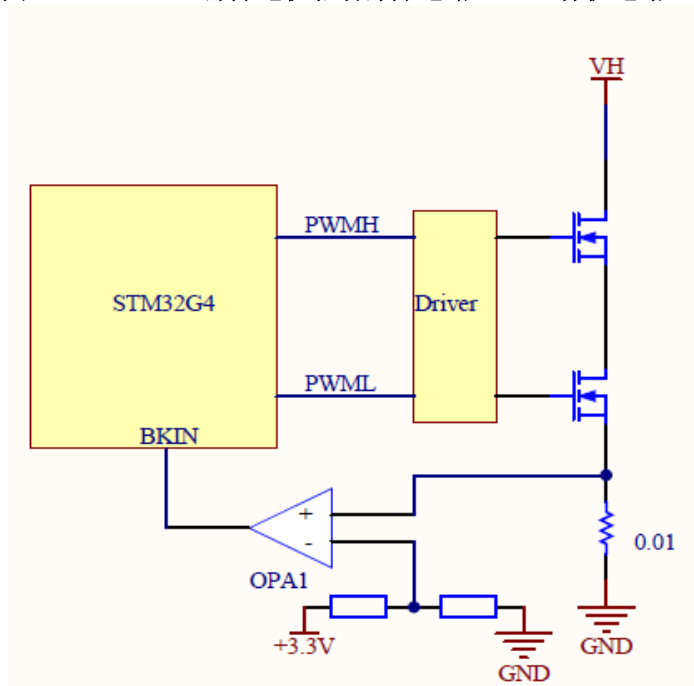
1. 前言

在使用 STM32 的 Advanced Timer 用于工业控制，比如电机驱动，电源应用等诸多应用场合，除了 PWM 波互补输出功能外，break 功能，或者叫做刹车功能/断路功能基本都会涉及到，正确的使用这个功能是此类应用中必备的，本文将针对 break 功能做细致说明，方便 PWM 驱动使用者更好去应用 break 功能。

2. Break 基本功能说明

Break 功能主要用于快速硬件保护功能，功率驱动往往使用 Advanced Timer（如 TIM1，TIM8）的 PWM 波进行外部驱动，进行功率开关控制，当出现了过流，过压的使用情况下，需要快速关闭外部输出，达到保护功率电路的目的，如果不能快速关断，可能会导致功率管，如 MOSFET，IGBT 的损坏，典型应用电路如下图所示。

图1. STM32G4 部分电机驱动部分电路—BKIN 保护电路



Break 功能一般与比较器共同使用，比较器将模拟信号转换为数字信号，而 break 功能则接收数字信号进行 PWM 封波的操作，其作用在高级定时器的最终输出端。

2.1. Break 输入源说明

STM32G4 的 Break 有两个 TIM_BKIN，TIM_BKIN2，分别对应于不同的输入源，相比较而言，BKIN 比 BKIN2 多一个系统输入源。

图2. TIM_BKIN 输入源

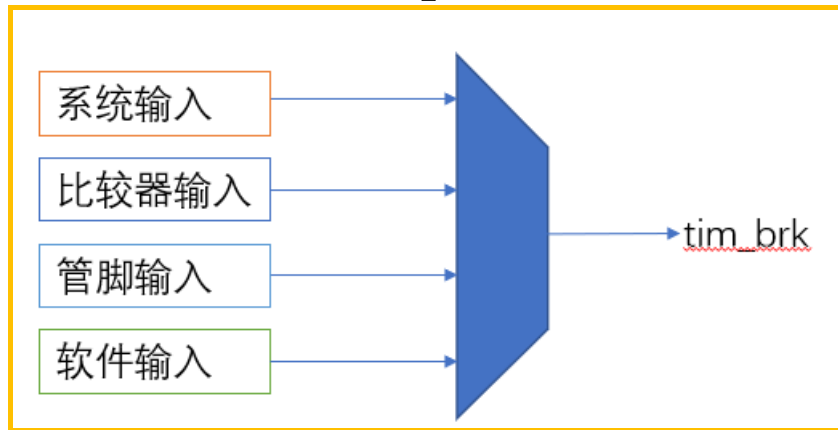
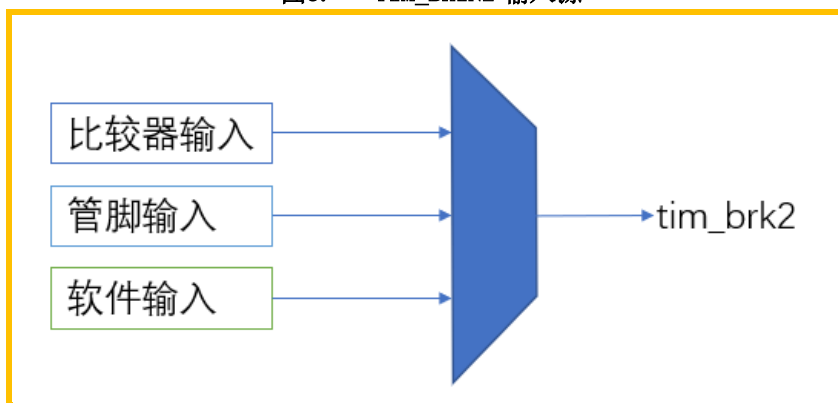


图3. TIM_BKIN2 输入源



系统输入源如下，需要对 SYSCFG_CFGR2 进行配置

图4. TIM_BKIN 系统输入源

tim_sys_brk inputs	TIM1 / TIM8 / TIM20	Enable bit in SYSCFG_CFGR2 register
tim_sys_brk0	Cortex®-M4 with FPU LOCKUP	CLL
tim_sys_brk1	Programmable Voltage Detector (PVD)	PVDL
tim_sys_brk2	SRAM parity error	SPL
tim_sys_brk3	Flash double ECC error	ECCL
tim_sys_brk4	Clock Security System (CSS)	None (always enabled)

管脚输入以及比较器输入如下，

图5. BKIN 管脚以及比较器输入源

tim_brk inputs	TIM1	TIM8	TIM20
TIM_BKIN	TIM1_BKIN pin	TIM8_BKIN pin	TIM20_BKIN pin
tim_brk_cmp1	comp1_out	comp1_out	comp1_out
tim_brk_cmp2	comp2_out	comp2_out	comp2_out
tim_brk_cmp3	comp3_out	comp3_out	comp3_out
tim_brk_cmp4	comp4_out	comp4_out	comp4_out
tim_brk_cmp5	comp5_out	comp5_out	comp5_out
tim_brk_cmp6	comp6_out	comp6_out	comp6_out
tim_brk_cmp7	comp7_out	comp7_out	comp7_out
tim_brk_cmp8	Reserved		

图6. BKIN2 管脚以及比较器输入源

tim_brk2 inputs	TIM1	TIM8	TIM20
TIM_BKIN2	TIM1_BKIN2 pin	TIM8_BKIN2 pin	TIM20_BKIN2 pin
tim_brk2_cmp1	comp1_out	comp1_out	comp1_out
tim_brk2_cmp2	comp2_out	comp2_out	comp2_out
tim_brk2_cmp3	comp3_out	comp3_out	comp3_out
tim_brk2_cmp4	comp4_out	comp4_out	comp4_out
tim_brk2_cmp5	comp5_out	comp5_out	comp5_out
tim_brk2_cmp6	comp6_out	comp6_out	comp6_out
tim_brk2_cmp7	comp7_out	comp7_out	comp7_out
tim_brk2_cmp8	Reserved		

说明：比如 TIM1 的外部管脚输入的 TIM1_BKIN pin 可以是 PA6，PA14，PA15，PB8，PB10，PB12，PC13，PE15 中任意一个外部管脚。

软件输入则指的是 TIMx_EGR 中的 BG 和 BG2，设定为 1 时候，直接产生 break.

图7. 软件 Break 设定位

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Res.	Res.	Res.	Res.	Res.	Res.	Res.	B2G	BG	TG	COMG	CC4G	CC3G	CC2G	CC1G	UG
							w	w	w	w	w	w	w	w	w

Bits 15:9 Reserved, must be kept at reset value.

Bit 8 B2G: Break 2 generation
This bit is set by software in order to generate an event, it is automatically cleared by hardware.
0: No action
1: A break 2 event is generated. MOE bit is cleared and B2IF flag is set. Related interrupt can occur if enabled.

Bit 7 BG: Break generation
This bit is set by software in order to generate an event, it is automatically cleared by hardware.
0: No action
1: A break event is generated. MOE bit is cleared and BIF flag is set. Related interrupt or DMA transfer can occur if enabled.

2.2. Break 作用结果

- BDTR 的 MOE（主输出使能）位将清零
- Break 状态标志将置 1，并可产生中断请求。
- 每个输出通道将由在 OISx 位决定

表1.

tim_brk	tim_brk2	Timer 输出状态	OCxN 输出	OCx 输出
有效 (active)	--	1, OSSI = 1 先无效，然后强制输出模式（死区过后） 2, OSSI = 0，输出禁止，状态由 GPIO 逻辑控制	死区插入后开启	关闭
无效 (Inactive)	有效		关闭	关闭

使用 BKIN 时当 Break 发生时 PWM 可以配置输出为 inactive state 或者预定义的安全状态，而使用 BKIN2 时当 Break 发生时 PWM 输出为 inactive state（高或者低）

注意：使用 BKIN2 时候必须设定 OSSI=1

图8. OSSI = 1, TIM_BKIN2 作用结果

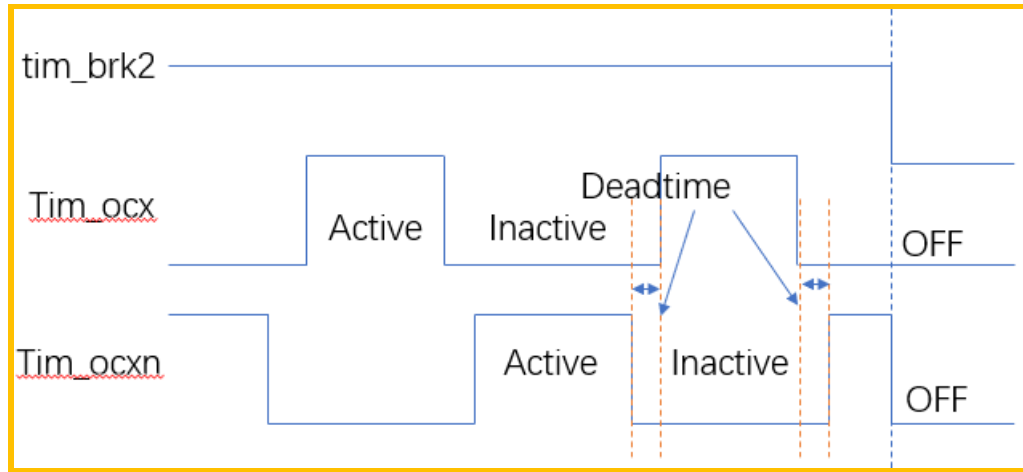


图9. OSSI = 1, TIM_BKIN 作用结果

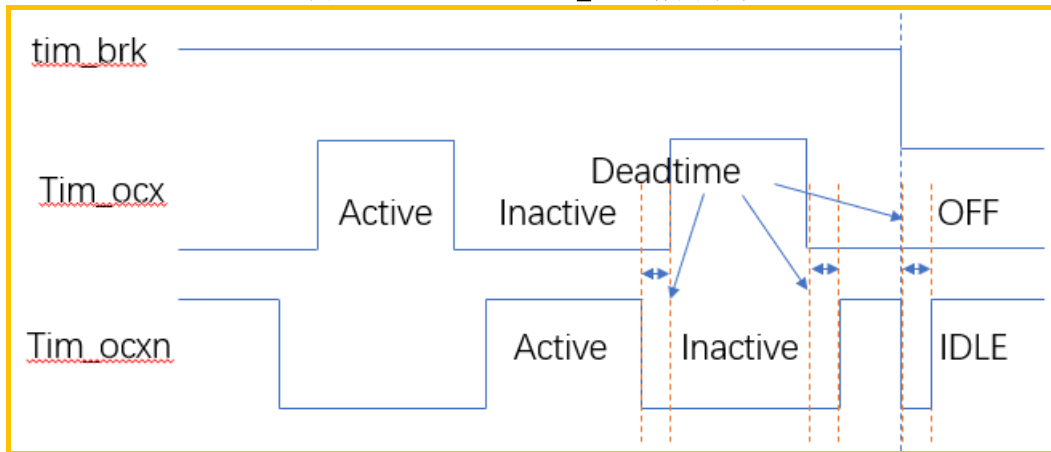
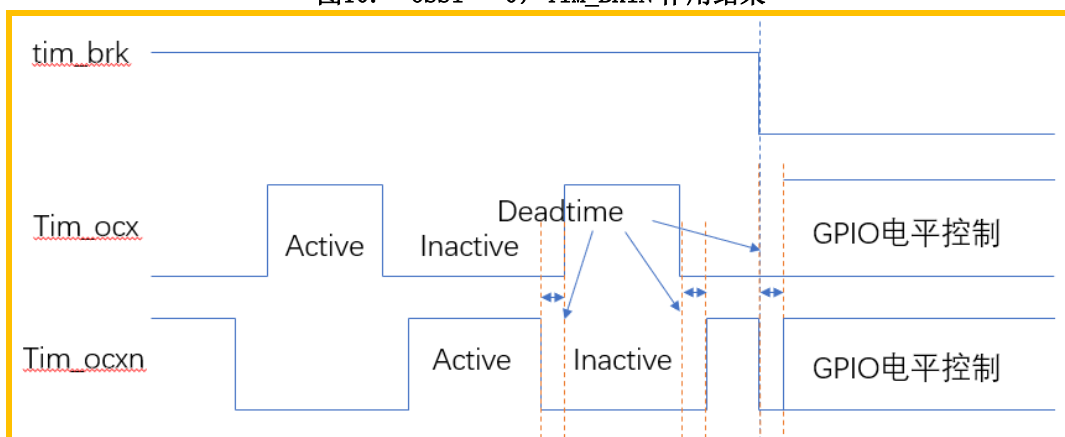
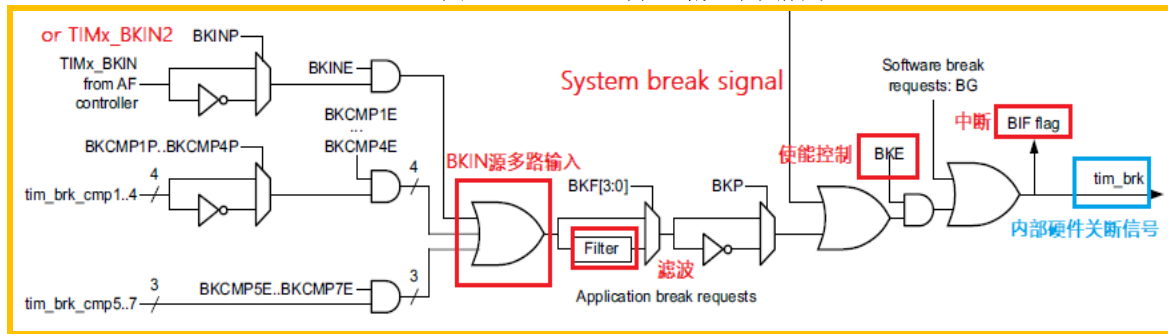


图10. OSSI = 0, TIM_BKIN 作用结果



3. Break 功能的 CubeMx 配置

图11. BKIN 逻辑电路如下图所示



当使用外部管脚作为 break 输入源时，可选择“Activate Break Input”或者“Activate Break Input2”，选择其一或者两个都选择。

图12. 选择外部管脚输入（可选项，非必选项）

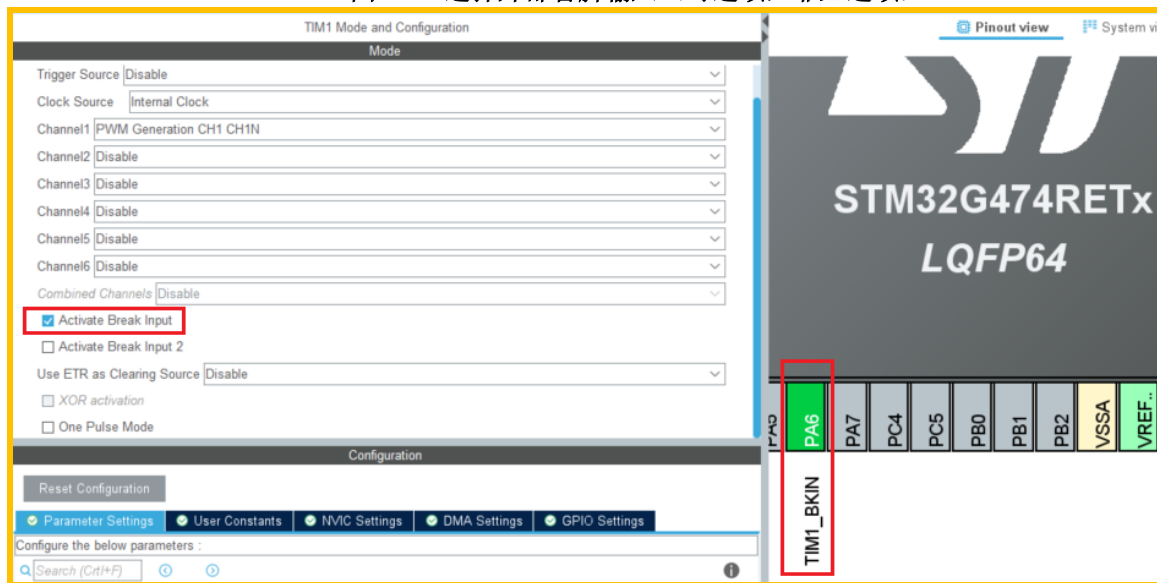


图13. 配置具体 break 参数

✔ Parameter Settings

Configure the below parameters :

🔍 Search (Ctrl+F)

⏪
⏩

✓ Break And Dead Time management - BRK Co...

BRK State	Enable	
BRK Polarity	High	末端极性配置BKP
BRK Filter (4 bits value)	5	滤波配置0~15

BRK Sources Configuration

- Digital Input Enable

Break_IO mode selection Break IO is an Input

Digital Input Polarity	Polarity High	输入极性配置BKINP
------------------------	---------------	-------------

- COMP1 - COMP2 - COMP3 - COMP4 - COMP5 - COMP6 - COMP7	Disable Disable Disable Disable Disable Disable Disable	比较器输入配置
---	---	---------

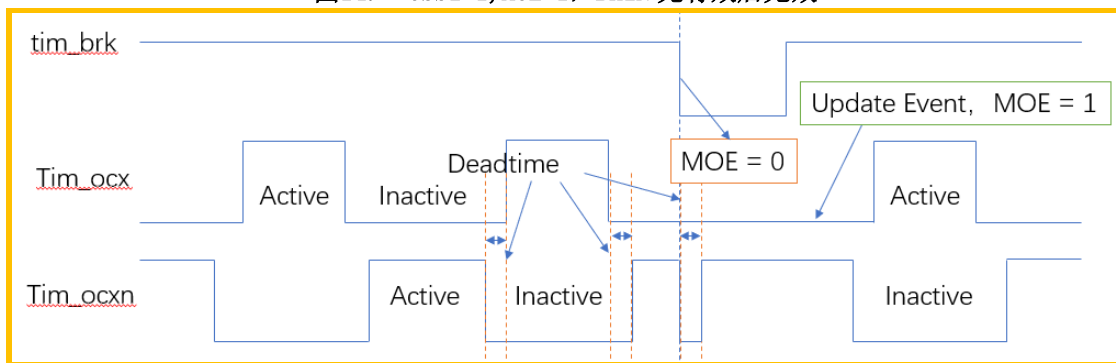
说明：当需要用到比较器输入时候需要时候，需要先配置片上比较器。

4. Break 功能的扩展-封波后输出功能

一般情况下，我们 break 使用时都是设定只有软件才能恢复 MOE 位，即当 break 发生后，不会自动恢复 PWM 输出，只有软件重新 MOE = 1 时才重新输出 PWM 波形；

但有时候我们需要 PWM 波形能封波后硬件自动恢复输出，那么我们需要设定 BDTR_AOE = 1，即自动输出使能，当 break 信号无效后，MOE 将在下一个 update event 后置位，PWM 自动恢复输出，类似于 Cycle-By-Cycle 控制，但有所不同，这边只有 update event 后波形封波后再次输出，可能延迟一个 PWM 周期才有输出。

图14. OSSI=1, AOE=1, BKIN 先有效后无效



5. 常见 Break 功能使用问题

- Break 功能为硬件功能，当配置好 Timer 后，无需软件参与，即可生效，达到最快保护硬件的功能，非软件参与功能。
- 当硬件保护产生后，用户可以使能中断，可产生软件中断，用户可在中断中进行状态处理，比如查询 MOSFET 是否完好（BDTR_AOE = 0），完好的话可以再次开启 PWM 波输出，如果功率管损坏了，则产生系统报错，不能再次开启输出；
- 如果用户不希望用中断，则可以软件读取 TIM_SR 中的 BIF 或者 B2IF 进行判断；
- 当 BDTR_AOE = 0 时，当发生了 break 封波，需要软件置位 MOE，才能再次 PWM 输出
- Break 信号是电平中断，因此只要信号有效，中断中清除标志位后，还会再次进入中断。
- BKIN 高于 BKIN2，当两个同时发生时，BKIN 主导作用以及结果

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
2021 年 09 月 27 日	0.1	原始文档	Ken An
2021 年 11 月 8 日	0.2	Reviewed	Jimmy Tang
2022 年 1 月 8 日	0.3	个别字词调整、格式及版本维护	Miler Shao

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。