

## STM32G4 Advanced Timer Break 功能

关键字: *Break, STM32G4, Advanced timer*

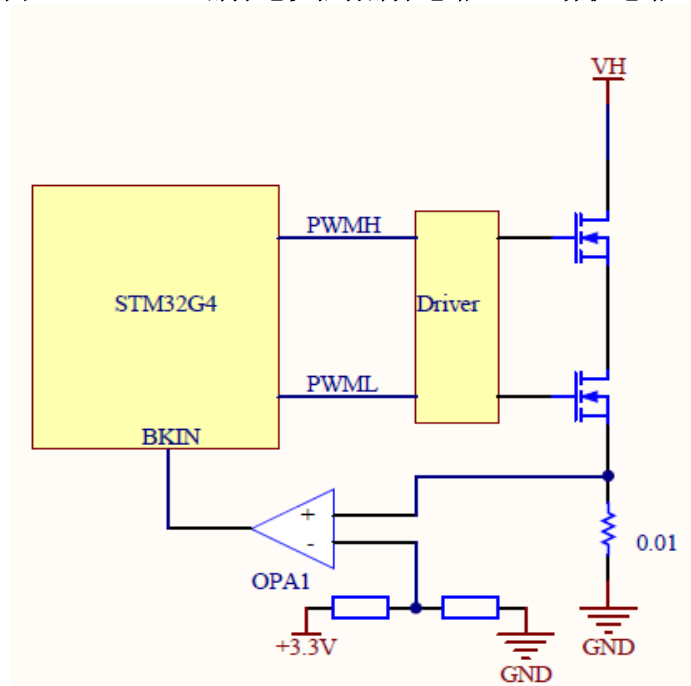
### 1. 前言

在使用 STM32 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

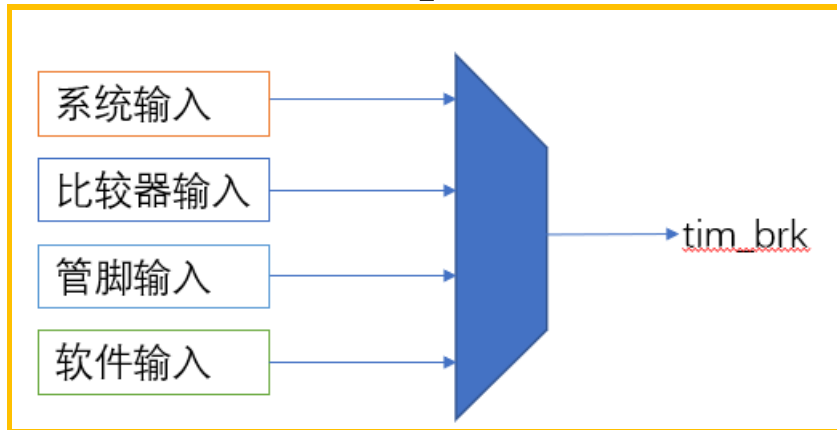
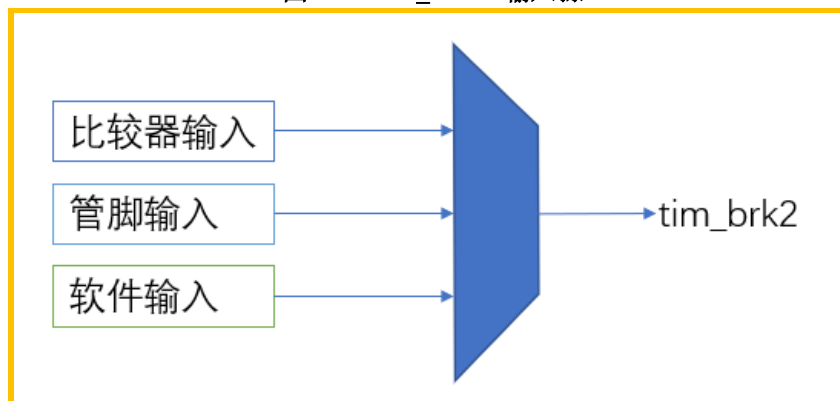


图3. TIM\_BKIN2 输入源



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 OSSR=OSSI=1**

图8. OSSI = 1, TIM\_BKIN2 作用结果

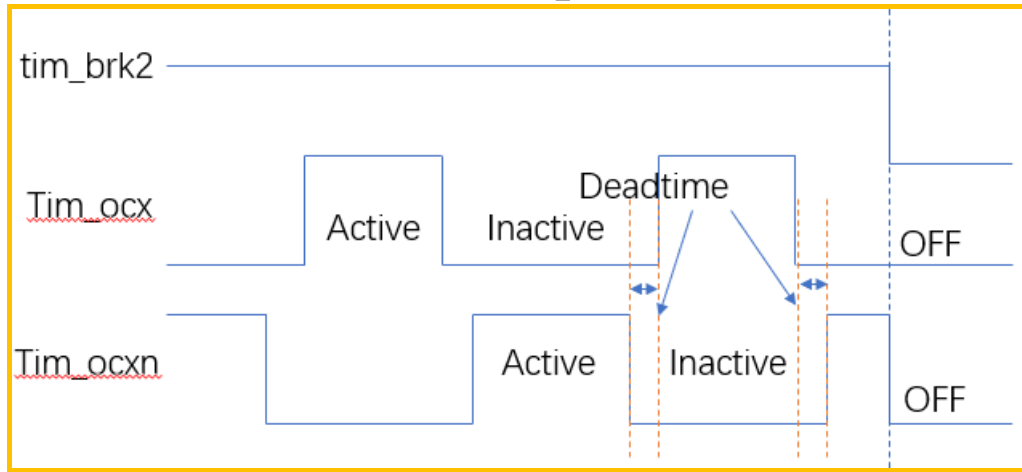


图9. OSSI = 1, TIM\_BKIN 作用结果

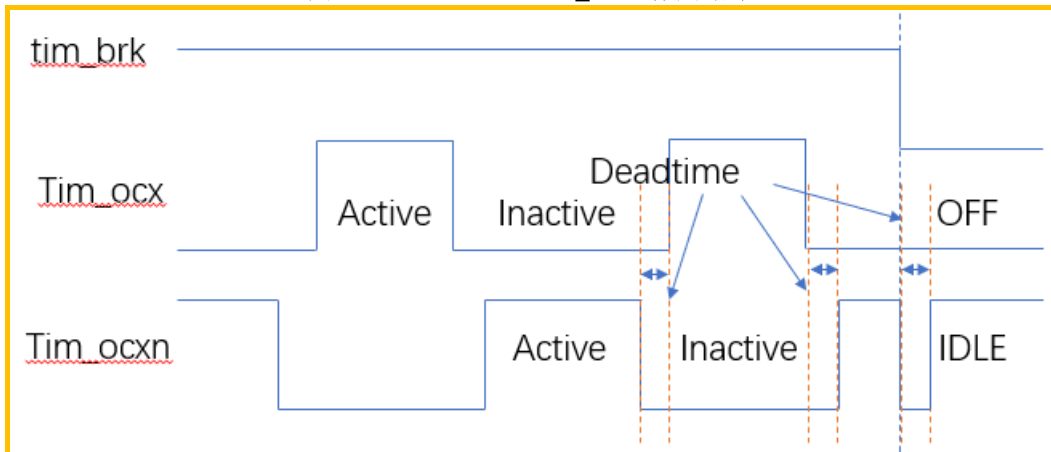
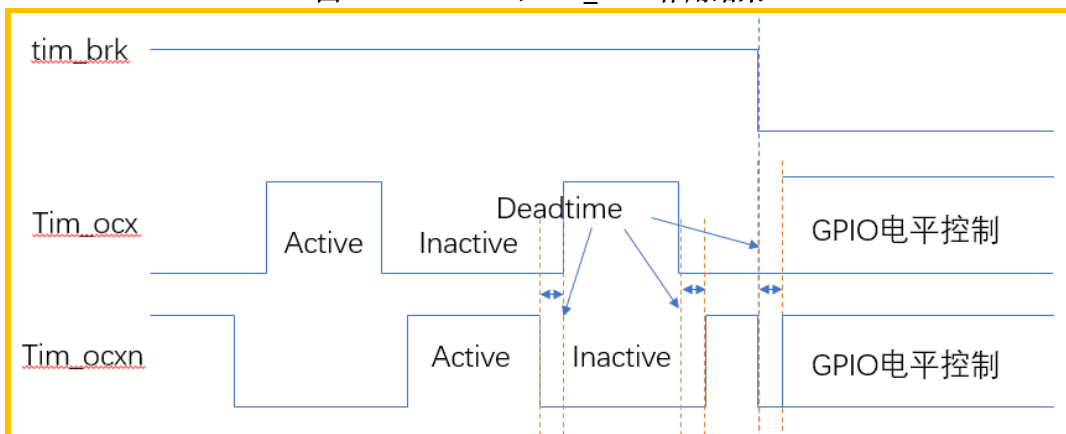
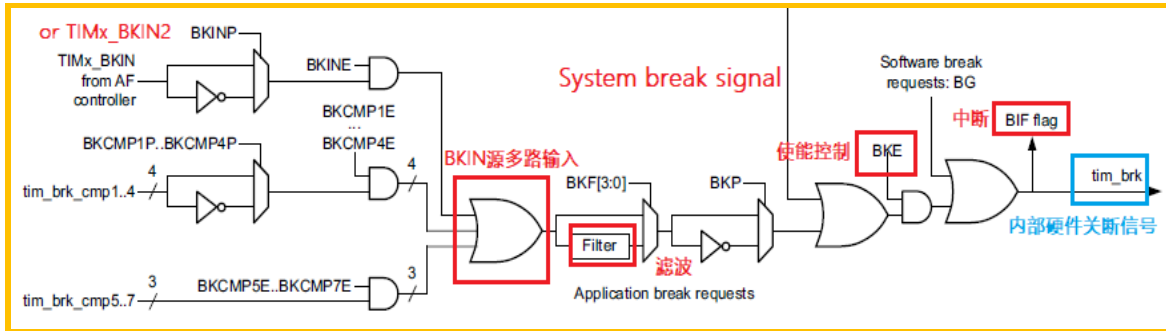


图10. OSSI = 0, TIM\_BKIN 作用结果



### 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）

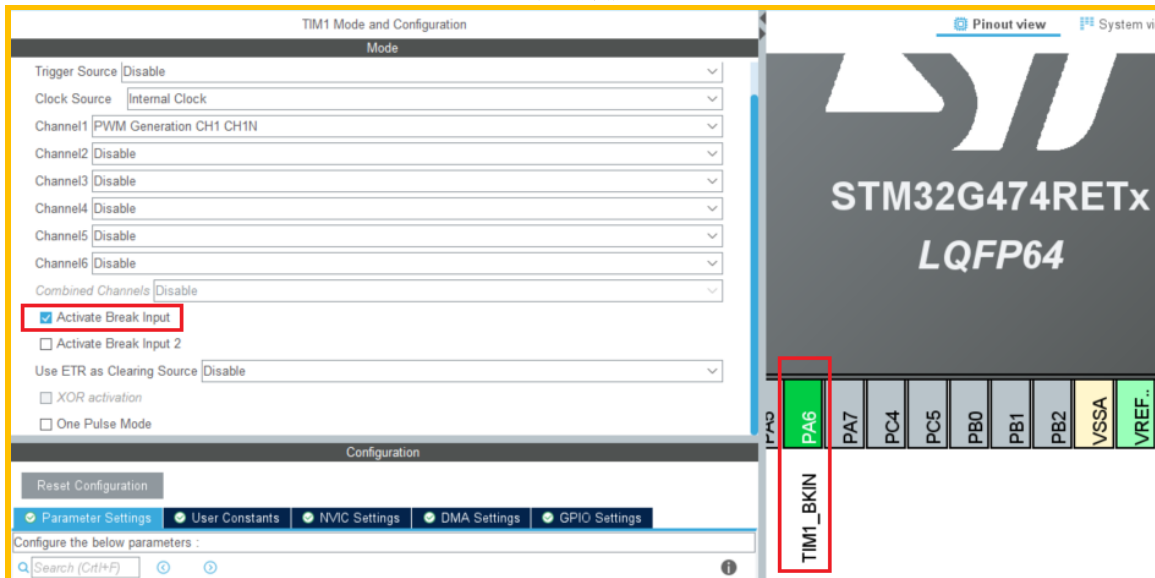


图13. 配置具体 break 参数

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

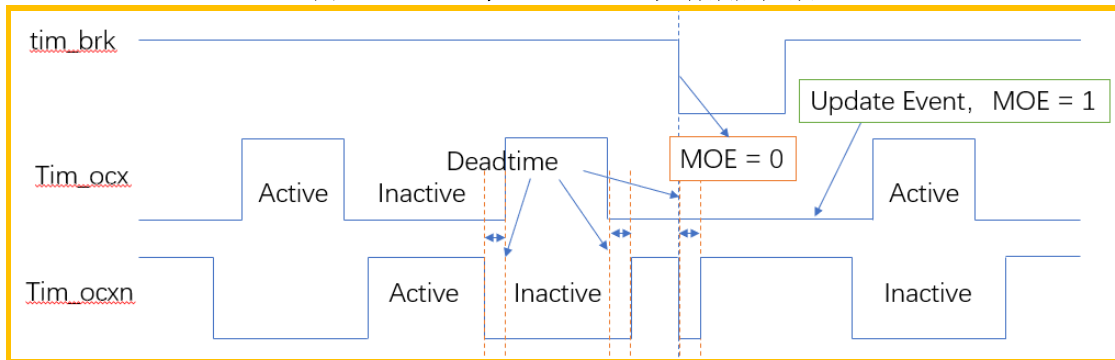
说明：当需要用到比较器输入时候需要时候，需要先配置片上比较器。

## 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，才能再次产生 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

日期	版本	变更
2021 年 12 月 13 日	1.0	首版发布

### 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](http://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。