

## 第3章 功能说明

1. 功能一览表	3-2
2. 功能说明	3-3
3. 真值表	3-8
4. IPM框图	3-9
5. 时序图	3-11

本章将对X系列IPM的功能进行说明。

## 1.功能一览表

X系列IPM内置的功能如表3-1、表3-2所示。

表3-1 IPM内置功能（6in1）

元件数	封装	内置功能						
		上下桥臂共用				上桥臂	下桥臂	
		Drive	UV	$T_{jOH}$	OC SC	ALM	ALM	WNG
6in1	P639	○	○	○	○	-	○	-
	P629	○	○	○	○	-	○	-
	P626	○	○	○	○	○	○	○
	P636	○	○	○	○	○	○	○
	P638	○	○	○	○	○	○	○
	P630	○	○	○	○	○	○	○
	P631	○	○	○	○	○	○	○

Drive: IGBT驱动电路、UV: 控制电源欠压保护、 $T_{jOH}$ : 芯片过热保护、OC: 过电流保护、SC: 短路保护、ALM: 报警信号输出、WNG: 芯片温度预警输出

表3-2 IPM内置功能（7in1）

元件数	封装	内置功能						
		上下桥臂共用				上桥臂	下桥臂	
		Drive	UV	$T_{jOH}$	OC SC	ALM	ALM	WNG
7in1	P644	○	○	○	○	○	○	-
	P636	○	○	○	○	○	○	-
	P630	○	○	○	○	○	○	-
	P631	○	○	○	○	○	○	-

Drive: IGBT驱动电路、UV: 控制电源欠压保护、 $T_{jOH}$ : 芯片过热保护、OC: 过电流保护、SC: 短路保护、ALM: 报警信号输出、WNG: 芯片温度预警输出

## 2.功能说明

### 2.1 三相逆变用IGBT、FWD

如图3-1所示，内置有三相逆变用IGBT及FWD，在IPM内部构成三相桥式电路。P，N端子连接主电源，U，V，W端子连接三相输出线，组成主配线。为了抑制浪涌电压，请连接缓冲电路再使用。

### 2.2 制动用IGBT、FWD

如图3-1所示，内置有制动IGBT及FWD，将IGBT的集电极作为B端子输出到外部。在P—B端子之间连接制动电阻，通过控制制动IGBT来消耗减速时的能量回馈，从而能够抑制P—N端子之间的电压上升。

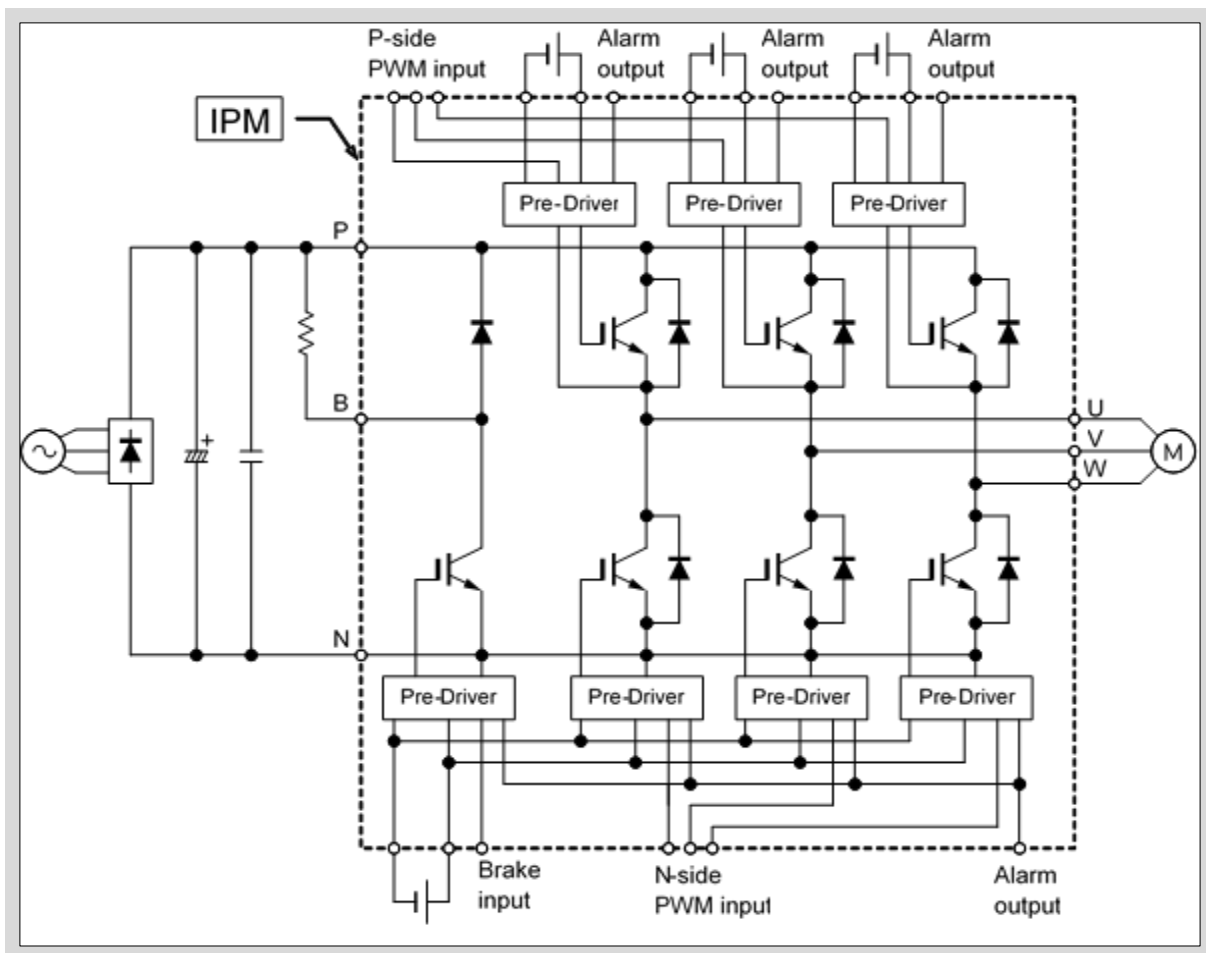


图3-1 3相逆变器适用例（例：7MBP250XDA065-50内置制动）

### 2.3 IGBT驱动功能

图3-2为Pre-Driver的框图。IPM由于内置IGBT驱动功能，所以只要将光耦输出连接到IPM，无需设计门极驱动电路就可驱动IGBT。

以下对本驱动功能的优点进行介绍。

□ 独立的门极输出控制

不使用单一的门极电阻，内置开通及关断专用的驱动电路。这样就可以独立控制开通和关断的 $dv/dt$ ，因此也可充分发挥元件的特性。

□ 软关断

在各种异常情况的保护动作下关断IGBT时，缓慢降低门极电压，抑制关断IGBT时产生的浪涌电压，防止因浪涌电压导致元件损坏。

□ 防止误开通

设有以低阻抗将IGBT的门极与发射极对地的电路，因此可以防止在关断时因噪音等原因使 $V_{GE}$ 上升出现误开通的情况。

□ 无需反向偏置电源

IPM由于控制IC与IGBT之间的配线较短，接线阻抗较小，所以无反向偏置也能够驱动IPM。

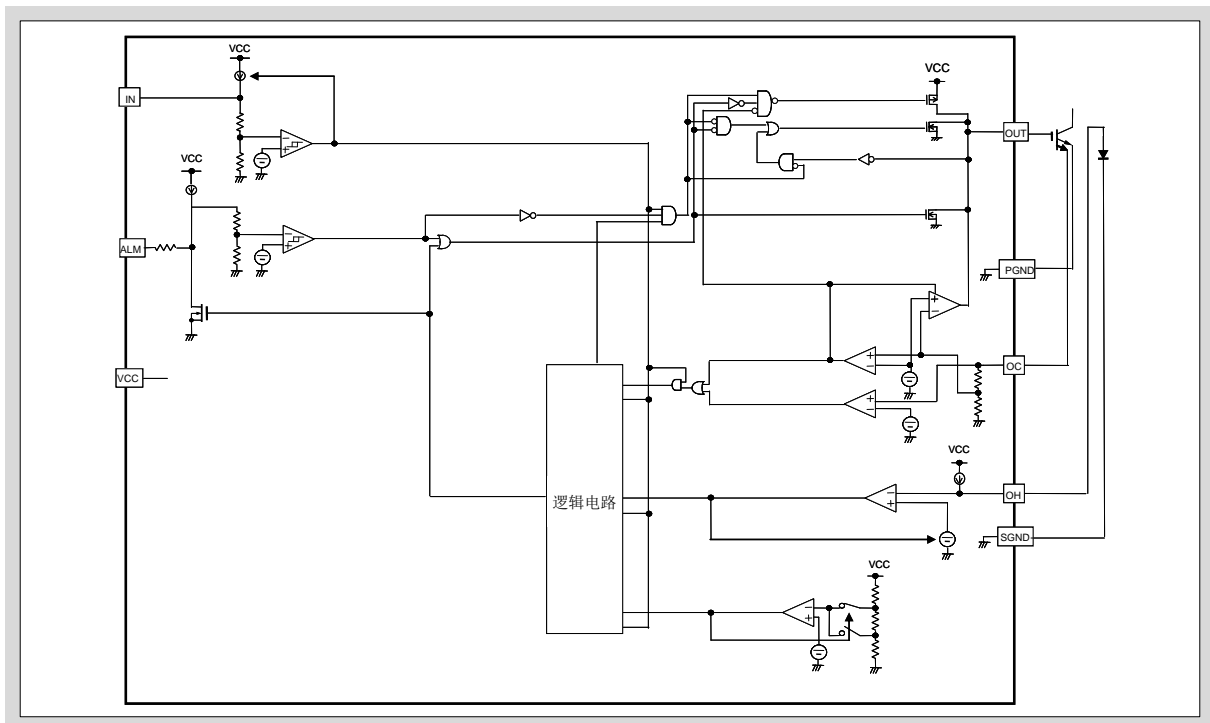


图3-2 Pre-Driver框图（例：7MBP250XDA065-50）

## 2.4 保护功能

IPM内置有保护电路，可以保护IPM不会因异常模式导致元件损坏。对应异常模式的不同故障因素，共设有4种保护功能。分别为OC（过电流保护）、SC（短路保护）、UV（控制电源欠压保护）、 $T_{jOH}$ （芯片过热保护）。

保护功能动作时，报警输出用的MOS导通，报警输出端子电压从High变为Low，报警输出端子相对各参考电位GND导通。同时，由于IPM内置有1.3KΩ的电阻，所以能够直接驱动连接在ALM端子和V<sub>CC</sub>端子之间的光耦。

### □ 报警信号输出功能

识别各种异常模式对IGBT进行软关断，从检测到异常模式的相输出报警信号。保护动作期间内，即使输入开启信号IGBT也不会动作。

- 经过报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）后，报警故障因素被消除，且输入信号关闭时，保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）内被解除，在报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）仍然继续执行保护动作，所以IGBT不会动作。经过报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）后，若输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 上桥臂侧方面，检测到异常模式的相的IGBT将会软关断并停止动作。
- 下桥臂侧方面，在逆变部分的各相进入保护动作时，除制动部以外，下桥臂所有的IGBT都会软关断并停止动作。另外，制动部是可以动作的。

此外，制动部异常时，下桥臂所有的IGBT会与制动部一起软关断并停止动作。

- \* P629、P639系列虽然内置有上桥臂侧的保护功能，但是没有内置报警信号输出功能。下桥臂内置有保护功能与报警信号输出功能。

### □ 报警故障因素识别功能

根据异常模式的故障因素不同，报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）也有所不同，通过输出的报警信号脉冲宽度可以对异常模式的故障因素进行识别。

报警故障因素	报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）
过电流保护（OC） 短路保护（SC）	2ms（typ）
控制电源欠压保护（UV）	4ms（typ）
芯片温度过热保护（ $T_{jOH}$ ）	8ms（typ）

但是，报警用光耦二次侧的报警信号输出时间会受到光耦的延迟时间及外围电路的影响而改变。设计时需要考虑其影响。

## 2.5 过电流保护功能：Over Current (OC)

通过将IGBT芯片中内置的电流检测用元件（电流传感IGBT）上感应的传感电流输入到控制电路，对IGBT的集电极电流进行检测。电流在过电流关断延迟时间（ $t_{dOC}$ ）内连续超过设置的电流保护电平（ $I_{OC}$ ）时，则会判断为OC状态并对IGBT进行软关断，防止因过电流而损坏。

判定为OC状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。OC保护时的报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）为约2ms。

- 若报警信号输出在约2ms（ $t_{ALM}$ ）后低于 $I_{OC}$ 电平且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约2ms（ $t_{ALM}$ ）以内被消除，在到达约2ms（ $t_{ALM}$ ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若在约2ms（ $t_{ALM}$ ）后输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。

## 2.6 短路保护功能：Short Circuit (SC)

SC保护功能能够抑制负载短路及桥臂短路时的峰值电流。检测IGBT的集电极电流，当电流在短路保护延迟时间（ $t_{dSC}$ ）内连续超过设置的电流保护电平（ $I_{SC}$ ）时，则会判定为SC状态并对IGBT进行软关断，防止因短路而损坏。被判定为SC状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。SC保护时的报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）为约2ms。

- 若报警信号输出在约2ms（ $t_{ALM}$ ）后低于 $I_{SC}$ 电平且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约2ms（ $t_{ALM}$ ）以内被消除，在到达约2ms（ $t_{ALM}$ ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若在约2ms（ $t_{ALM}$ ）后输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。

## 2.7 控制电源欠压保护功能：Control Supply Under-Voltage (UV)

UV保护功能可以防止因控制电源电压（ $V_{CC}$ ）过低而导致的控制IC误动作及IGBT的 $V_{CE(sat)}$ 损耗增加导致的热损坏。若 $V_{CC}$ 在约20 $\mu$ s的时间内连续低于设置的电压保护电平（ $V_{UV}$ ），则会判定为UV状态并对IGBT进行软关断，防止因控制电源欠压而导致的误动作和损坏。

被判定为UV状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。UV保护时的报警信号输出时间（ $t_{ALM}$ ）为约4ms。

- 由于设有时滞 $V_H$ ，所以在报警信号输出约4ms（ $t_{ALM}$ ）后，若 $V_{CC}$ 高于 $V_{UV}+V_H$ 且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约4ms（ $t_{ALM}$ ）以内被消除，在到达约4ms（ $t_{ALM}$ ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若输入信号在经过约4ms（ $t_{ALM}$ ）后关闭，则保护动作将被解除并重新开始正常动作。此外，在控制电源电压 $V_{CC}$ 上电和下电时，将会输出判定UV状态的报警信号。

## 2.8 芯片温度过热保护功能：IGBT chip Over Heat protection ( $T_{jOH}$ )

芯片温度过热保护功能是通过所有IGBT芯片中内置的温度检测用元件直接对IGBT芯片表面温度进行检测。当检测到连续超出过热保护电平 ( $T_{jOH}$ ) 约1ms以上时，将判定为过热状态并对IGBT进行软关断，通过芯片过热保护功能防止元件损坏。被判定为 $T_{jOH}$ 状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。 $T_{jOH}$ 保护时的报警信号输出时间 ( $t_{ALM}$ ) 为约8ms。

- 由于设有时滞 $T_{jH}$ ，所以在报警信号输出约8ms ( $t_{ALM}$ ) 后，若 $T_j$ 低于 ( $T_{jOH} - T_{jH}$ ) 且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约8ms ( $t_{ALM}$ ) 以内被消除，IPM在到达8ms ( $t_{ALM}$ ) 前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若输入信号在经过约8ms ( $t_{ALM}$ ) 后关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。

另外，旧系列内置的外壳过热保护功能 ( $T_{cOH}$ ) 并未内置在本X系列中。当然，通过芯片过热保护功能可以对IGBT芯片过热的情况进行保护。

## 2.9 温度预警输出功能：IGBT Chip Warning Temperature ( $T_{jW}$ )

温度预警输出功能是通过Y相IGBT芯片中内置的温度检测用元件，直接对IGBT芯片表面温度进行检测。当检测到连续超出温度预警电平 ( $T_{jW}$ ) 约1ms以上时，将会判定为过热状态，并通过预警输出端子输出温度预警信号。本功能可以在因芯片过热保护而停止之前，提前判断是否处于过热状态。在被判定为过热状态时，保护功能与报警信号输出功能将不会动作。（即使输出温度预警信号也不会实施保护，元件可正常动作）

温度预警信号输出时间 ( $t_{WNG}$ ) 会持续到故障原因被解除为止。

- 由于设有时滞 $T_{jWH}$ ，所以在 $T_{vj}$ 低于 ( $T_{jW} - T_{jWH}$ ) 时，预警输出将被解除。

另外，本功能仅在下述富士第7代X系列IGBT-IPM中搭载。

P626, P636 (6in1), P638, P630 (6in1), P631 (6in1)

### 3.真值表

发生异常时的真值表如表3-5所示。

表3-5 真值表

	报警原因	IGBT					报警输出信号				预警输出信号
		U相	V相	W相	X、Y、Z相	B相	ALM-U	ALM-V	ALM-W	ALM-Low side	
U相	OC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	SC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	UV	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	T <sub>JOH</sub>	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
V相	OC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	SC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	UV	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	T <sub>JOH</sub>	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
W相	OC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	SC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	UV	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	T <sub>JOH</sub>	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
X、Y、Z相	OC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	T <sub>JOH</sub>	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
Y相	T <sub>JW</sub>	*	*	*	*	*	High	High	High	High	Low
B相	OC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	T <sub>JOH</sub>	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*

\*与输入信号相关

※P639、P629中没有上桥臂（U、V、W相）的ALM输出。

下桥臂X、Y、Z相执行保护动作时，制动相仍能执行正常动作。

制动相执行保护动作后，包括制动相在内的所有下桥臂相将全部进入保护动作状态。



## 4. IPM框图

IPM框图如图3-3~图3-5所示。

图3-3为上桥臂无报警功能的P629（6in1）的示例。

此外，图3-4为P630（6in1）的示例，图3-5为P630（7in1）的示例。

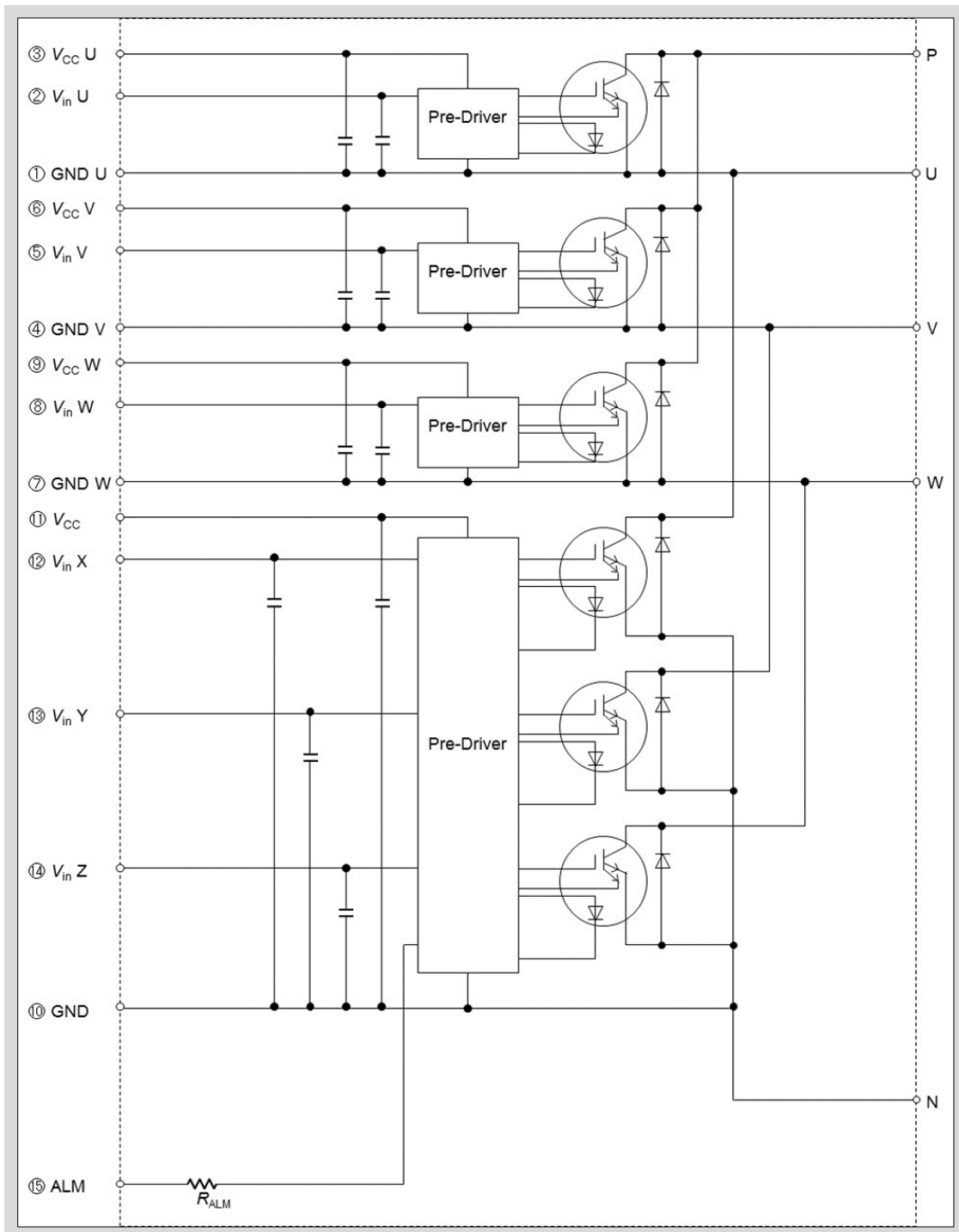


图3-3 IPM框图（例：P629）

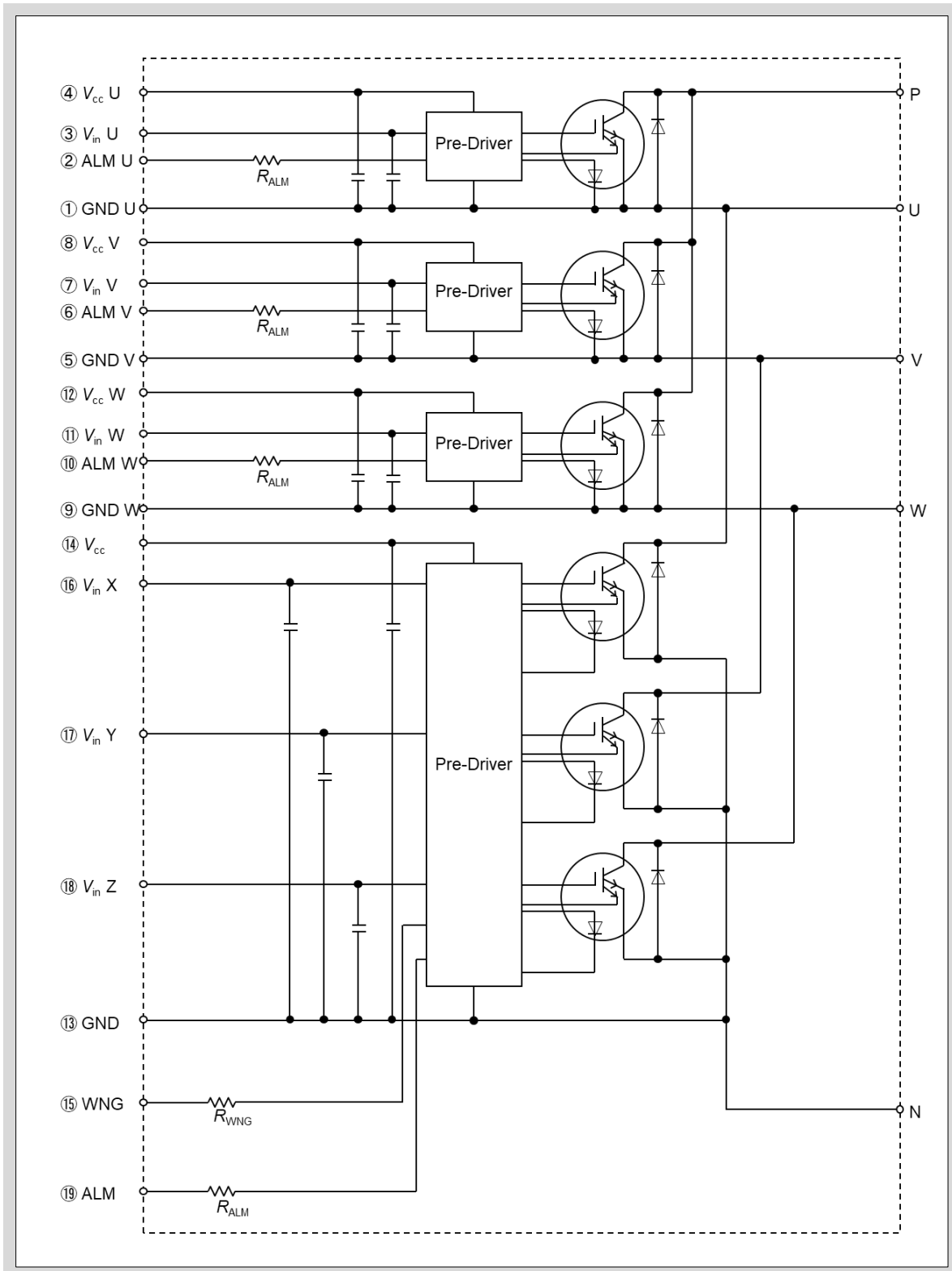


图3-4 IPM框图 (例: P630 6in1)

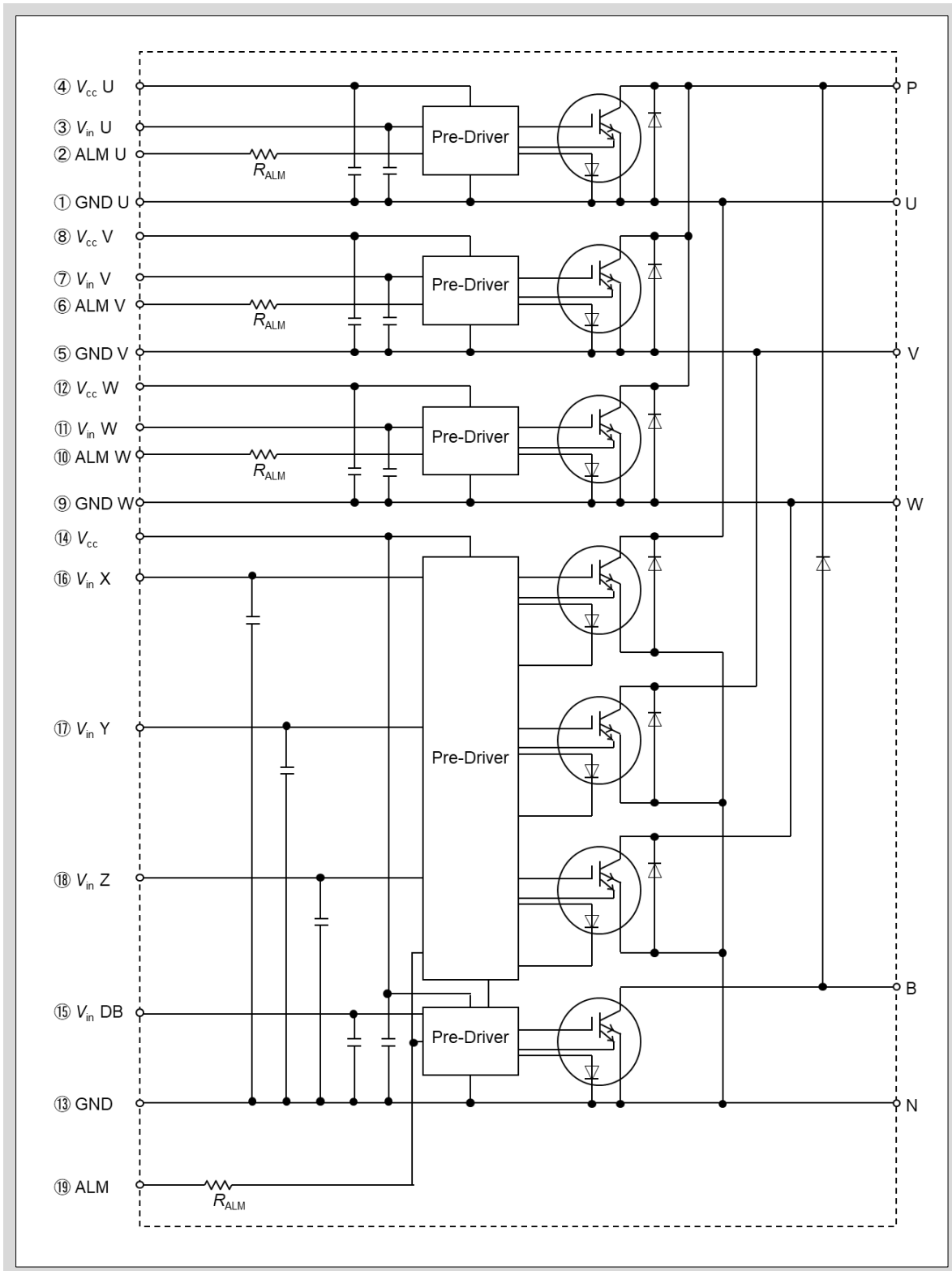


图3-5 IPM框图 (例: P630 7in1)

## 5. 时序图

### 5.1 控制电源欠压保护 (UV) 动作

#### 5.1.1 $V_{CC}$ 接通时与 $V_{in}$ High (OFF) 时的动作 (①~④的动作)

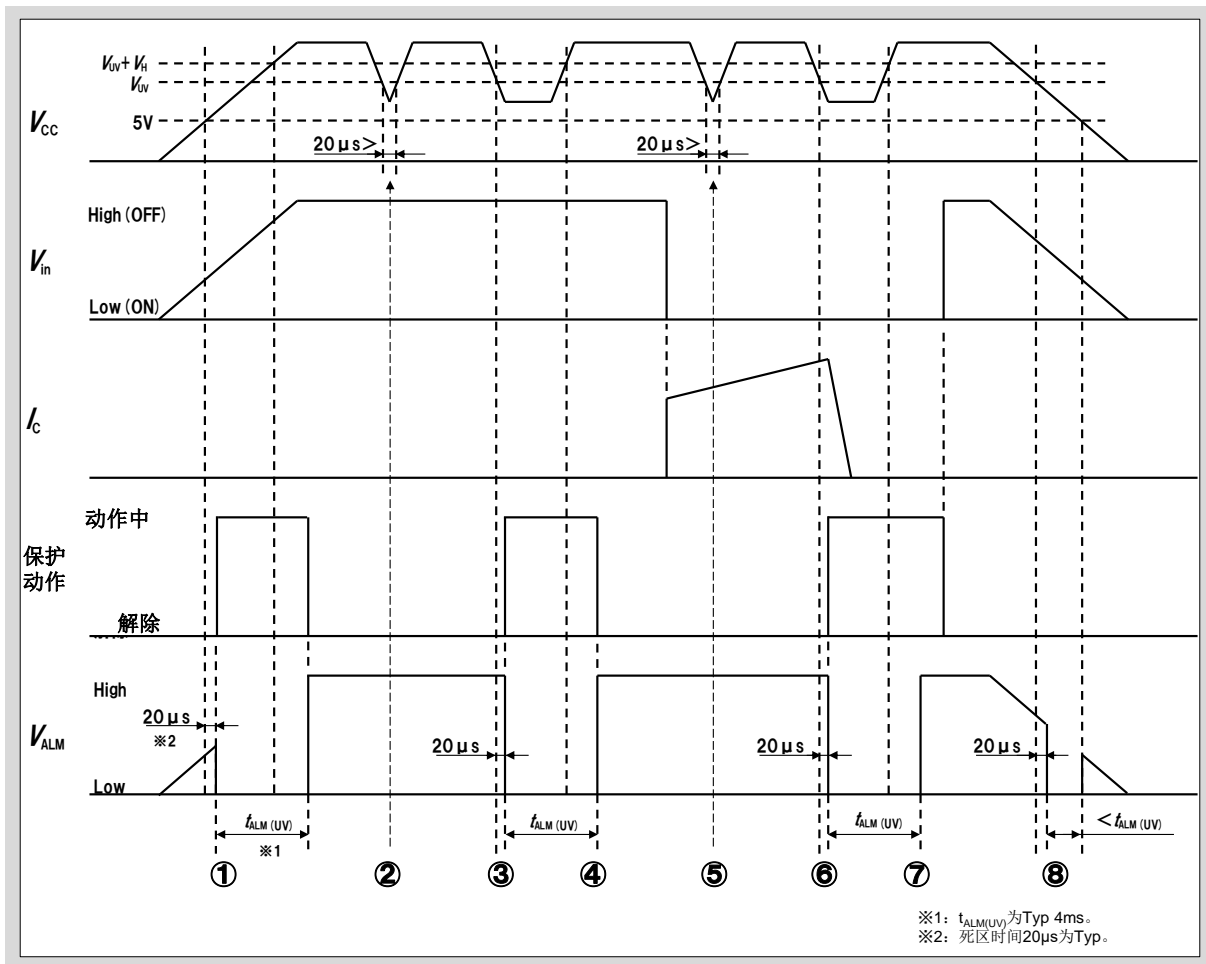


图3-6 UV保护动作 (①~④)

- $V_{CC}$  接通时,  $V_{CC}$  在 5V 以上, 且低于  $V_{UV}$  的条件下开始输出报警信号。 (①)
- $V_{CC}$  低于  $V_{UV}$  的时间低于  $20\mu s$  时, 无论  $V_{in}$  信号开关都不会动作。 (②)
- $V_{CC}$  低于  $V_{UV}$ , 在约  $20\mu s$  后将输出报警。
- $V_{in}$  为 OFF 时, IGBT 将保持关断。 (③)
- $V_{CC}$  在  $t_{ALM(UV)}$  时间内恢复到  $V_{UV} + V_H$  时, 会在  $t_{ALM(UV)}$  时间内保持 UV 保护动作。 (③~④)
- $V_{in}$  为 OFF 时, 若  $t_{ALM(UV)}$  时间结束, 则故障解除, 恢复动作。 (④)
- 另外, 即使保护动作持续时间比  $t_{ALM(UV)}$  长很多, 报警输出次数也只有 1 次。

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver  
 $V_H$  : Under Voltage Protection Hysteresis  
 $t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level  
 $V_{in}$  : Input Signal Voltage

### 5.1.2 $V_{in}$ Low (ON) 时与 $V_{CC}$ 关断时的动作 (⑤~⑧的动作)

保护动作恢复④~ $V_{CC}$ 电源关断时间

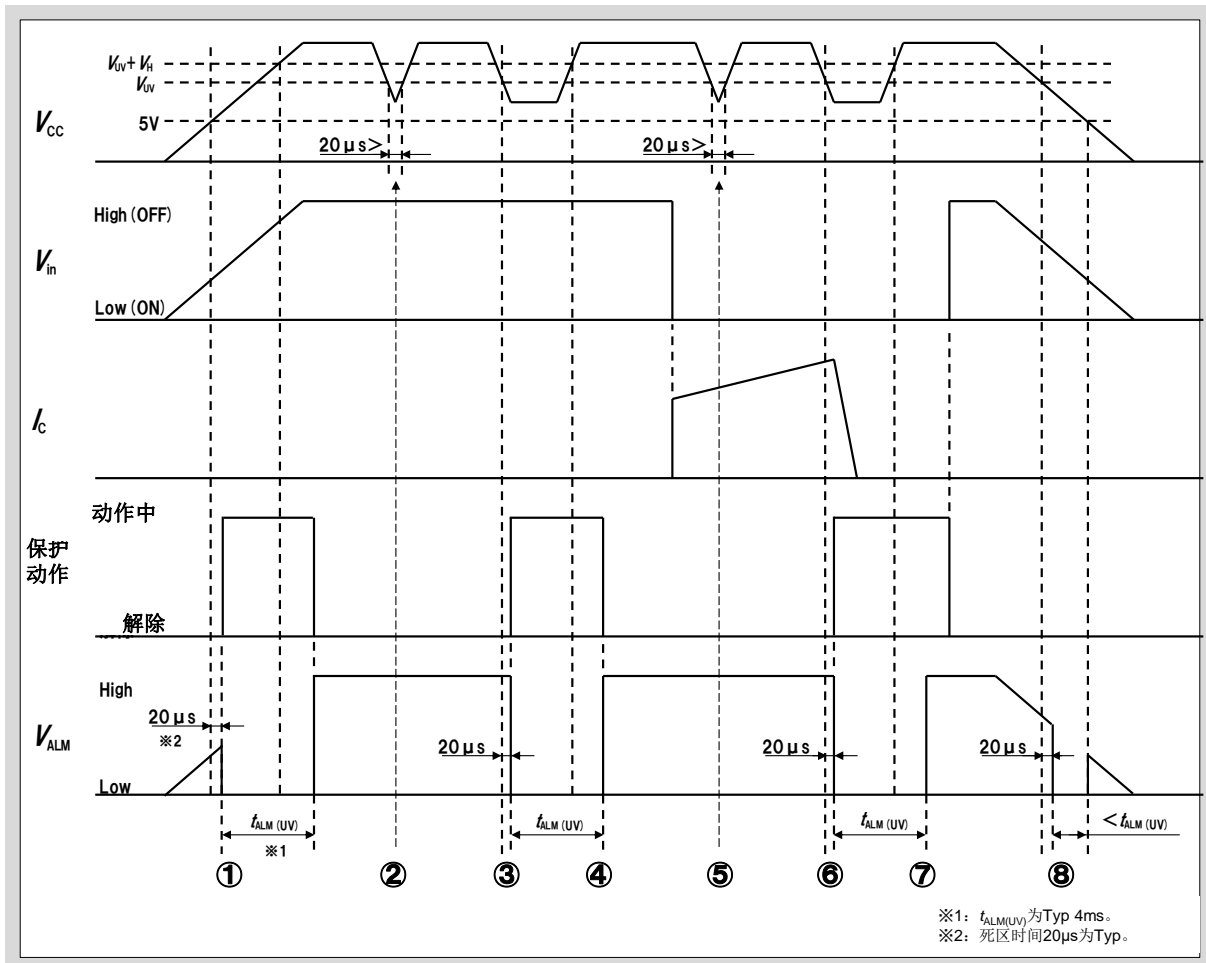


图3-7 UV保护动作 (⑤~⑧)

- $V_{CC}$  低于  $V_{UV}$  的时间低于  $20\mu s$  时, 无论  $V_{in}$  信号开关都不会动作。(⑤)
- $V_{CC}$  低于  $V_{UV}$ , 在约  $20\mu s$  后将会输出报警。
- $V_{in}$  为 ON 时,  $V_{CC}$  降至  $V_{UV}$  以下约  $20\mu s$  后输出报警, IGBT 会软关断※1。(⑥)
- $V_{in}$  连续为 ON 时, 虽然报警会输出  $t_{ALM(UV)}$  的时间, 但之后仍会保持保护动作。
- $V_{in}$  为 OFF 时故障解除, 恢复动作。(⑦)
- $V_{CC}$  关断时, 在  $V_{UV}$  以下时输出报警。(⑧)
- 另外, 即使保护动作持续时间比  $t_{ALM(UV)}$  长很多, 报警输出次数也只有 1 次。

※1 软关断: 比正常关断稍缓慢一些

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver  
 $V_H$  : Under Voltage Protection Hysteresis  
 $t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level  
 $V_{in}$  : Input Signal Voltage

## 5.2 电源上电时和下电时的控制电源欠压保护（UV）动作

X系列IPM具备有控制电源欠压保护（UV）功能，会在电源上电时和下电时输出报警。

### 5.2.1 电源上电时

案例1（ $V_{CC}$ 上升快时）、案例2（ $V_{CC}$ 上升慢时）均在 $V_{CC}$ 高于5V超过20 $\mu$ s后输出报警。

案例1中， $V_{CC}$ 在 $t_{ALM(UV)}$ 之内超过（ $V_{UV}+V_H$ ），且 $V_{in}$ 处于OFF状态，因此从保护动作中恢复。

案例2中，由于在 $t_{ALM(UV)}$ 之后仍然低于（ $V_{UV}+V_H$ ），因此在输出报警后仍继续处于保护动作。

$V_{CC}$ 高于（ $V_{UV}+V_H$ ）且 $V_{in}$ 处于OFF状态时，则故障解除，恢复动作。

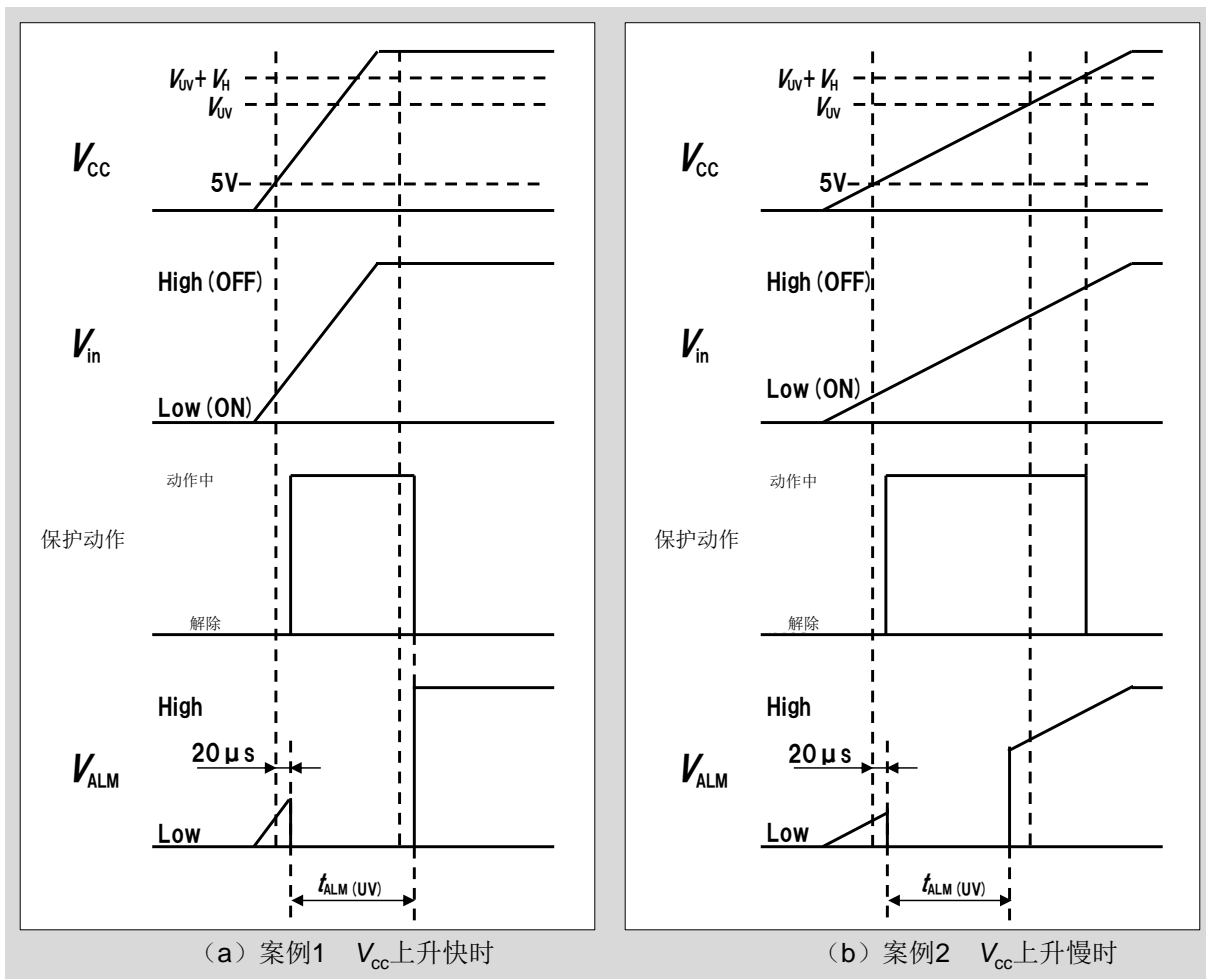


图3-8 电源上电动作

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver  
 $V_H$  : Under Voltage Protection Hysteresis  
 $t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level  
 $V_{in}$  : Input Signal Voltage

### 5.2.2 电源下电时

案例3 ( $V_{CC}$ 上升快时)、案例4 ( $V_{CC}$ 上升慢时) 均在  $V_{CC}$  低于  $V_{UV}$  超过  $20\mu s$  后输出报警。

案例3中,  $V_{CC}$  在  $t_{ALM(UV)}$  之内降低至  $5V$  以下, 因此控制IC无法正常动作, 报警被解除。

案例4中,  $V_{CC}$  在  $t_{ALM(UV)}$  之后仍高于  $5V$ , 因此保护动作将会持续。不过在  $V_{CC}$  降至  $5V$  以下后控制IC将无法正常工作,  $V_{ALM}$  将与  $V_{CC}$  相当。

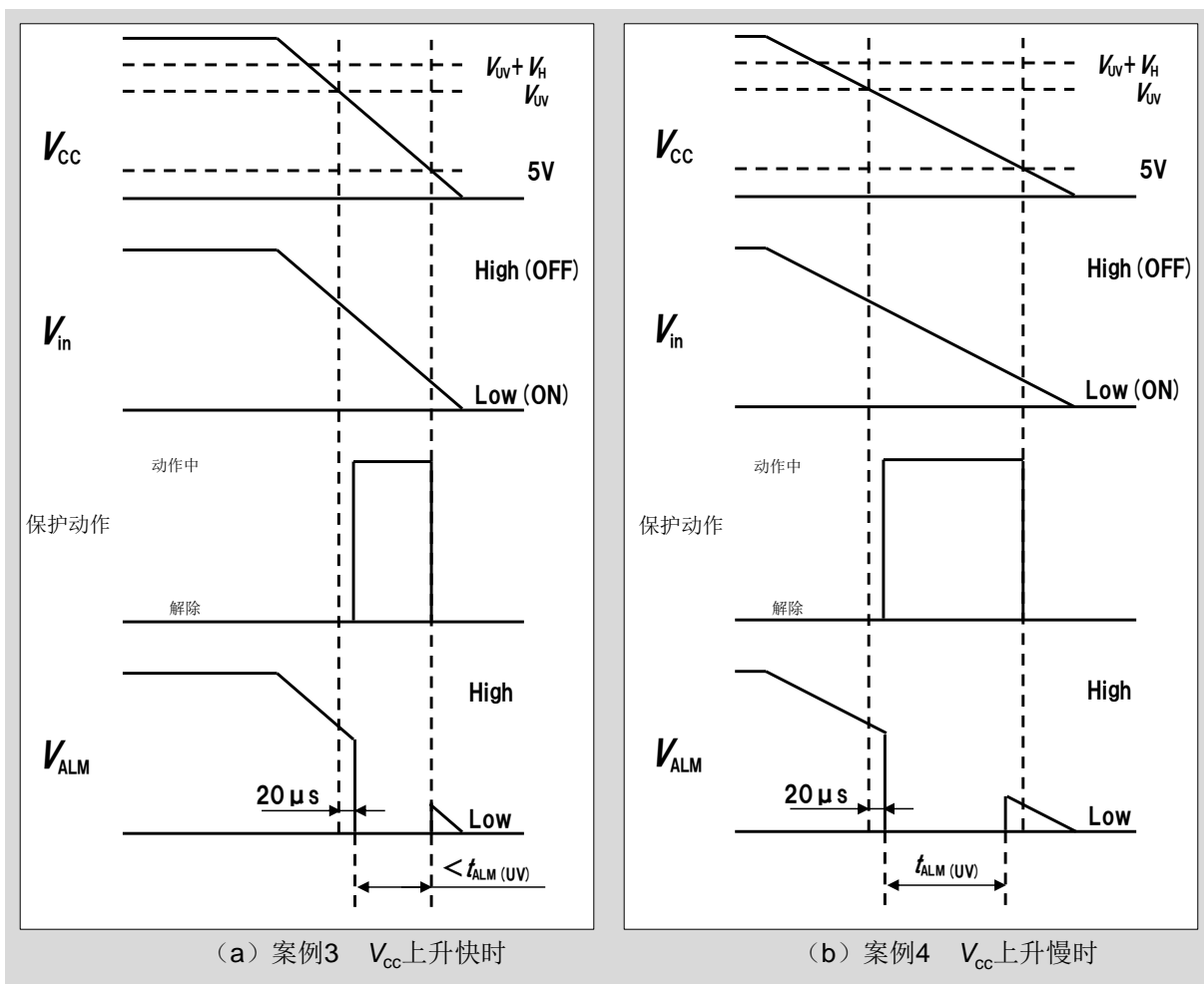


图3-9 电源下电动作

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver  
 $V_H$  : Under Voltage Protection Hysteresis  
 $V_{ALM}$  : Alarm Signal Voltage  
 $t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level  
 $V_{in}$  : Input Signal Voltage

### 5.3 控制电源欠压保护（UV）中下桥臂的多次报警输出

X系列IPM中，下桥臂配备有多个独立的控制IC，而报警输出为下桥臂的控制IC的通用输出。因此，有可能会由于控制IC保护动作电平的不同而多次输出报警。特别是 $V_{CC}$ 在 $V_{UV}$ 附近的 $dv/dt$ 变化量在 $0.5V/ms$ 以下时，有可能会出现图中所示的报警输出。（本现象不属于异常）

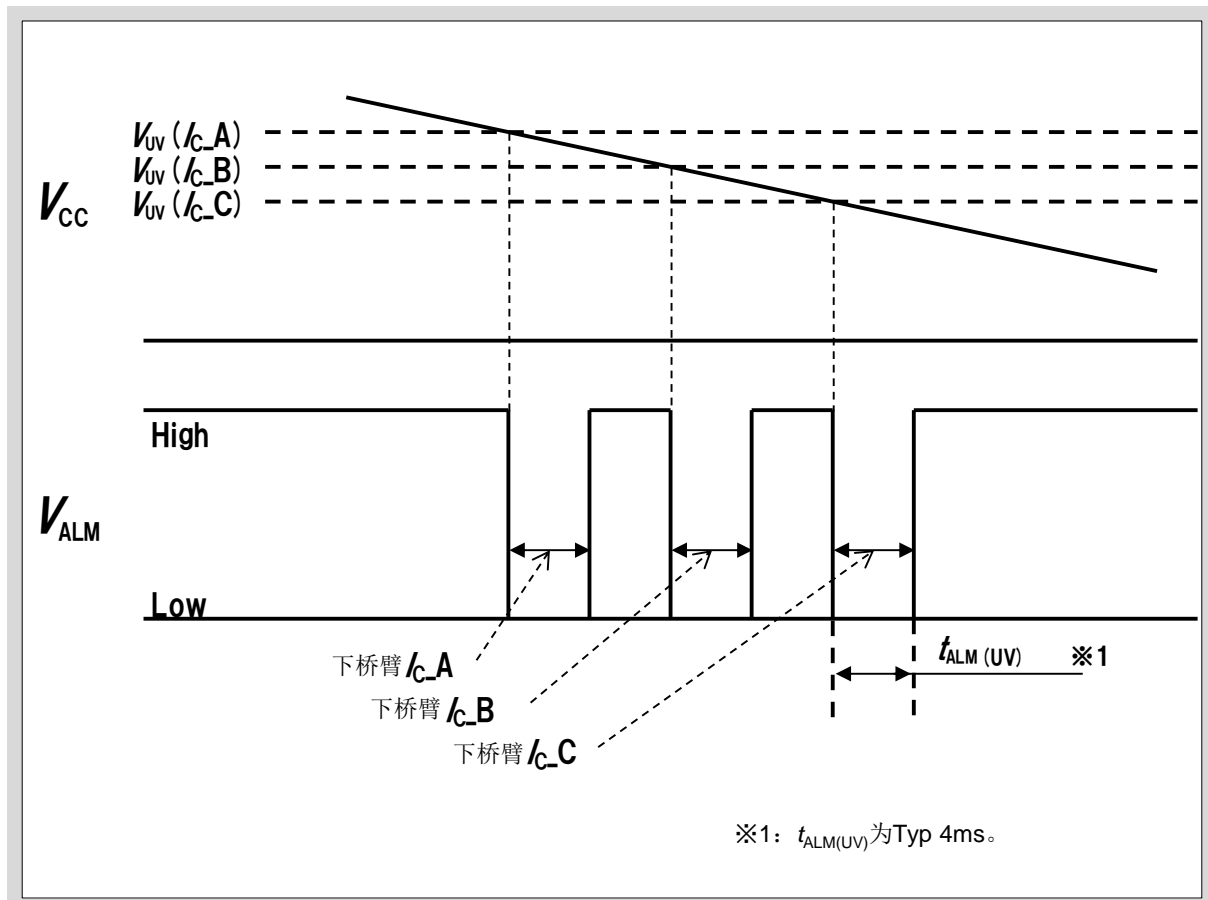


图3-10 下桥臂的UV报警输出

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver  
 $V_{ALM}$  : Alarm Signal Voltage  
 $t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level



### 5.4 过电流保护（OC）动作

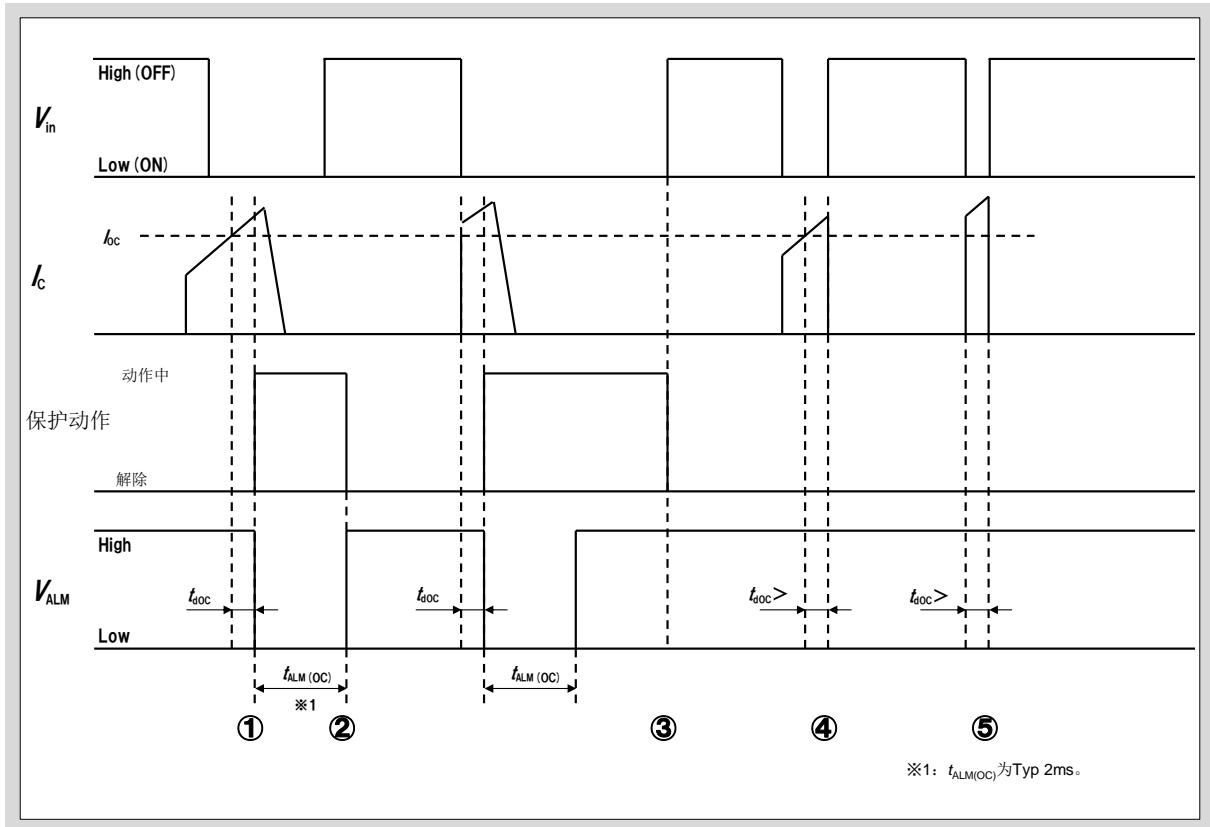


图3-11 OC保护动作

- $I_c$ 超过 $I_{OC}$ 时在持续 $t_{dOC}$ 以上将输出报警信号，IGBT将软关断※1。（①）
- 即使 $V_{in}$ 在 $t_{ALM(OC)}$ 之内变为OFF，保护动作仍将持续到 $t_{ALM(OC)}$ 结束， $V_{in}$ 在 $t_{ALM(OC)}$ 结束后变为OFF时，则故障解除，恢复动作。（②）
- $V_{in}$ 在经过 $t_{ALM(OC)}$ 之后为ON时，OC保护动作将会继续，在 $V_{in}$ 为OFF时恢复。（③）
- $V_{in}$ 在 $I_c$ 高于 $I_{OC}$ 未超过 $t_{dOC}$ 之前变为OFF时，将不会实施保护动作，IGBT将正常关断※2。（④）
- $V_{in}$ 变为ON时，即使 $I_c$ 高于 $I_{OC}$ ，若 $V_{in}$ 在 $t_{dOC}$ 之内变为OFF，则不会实施保护动作，IGBT将正常关断。（⑤）
- 另外，即使保护动作持续时间长于 $t_{ALM(OC)}$ ，报警输出次数也只有1次。

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

※2 正常关断： $V_{in}$ 为OFF时的关断

$V_{in}$  : Input Signal Voltage

$I_c$  : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$  : Alarm Signal Hold Time

$V_{ALM}$  : Alarm Signal Voltage

$I_{OC}$  : Over Current Protection Level

$t_{dOC}$  : Over Current Protection Delay time

### 5.5 短路保护（SC）动作

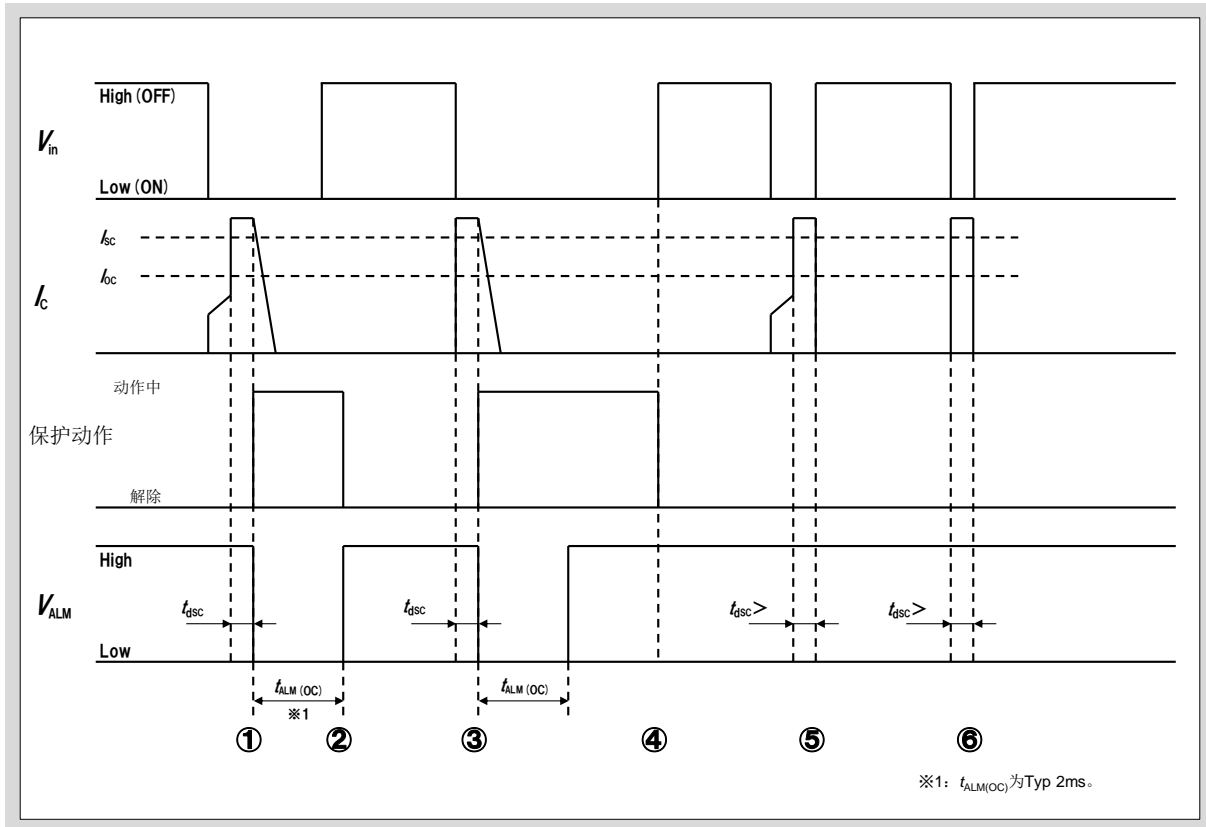


图3-12 SC保护动作

- 在  $I_c$  开始流过后发生负载短路，在超过  $I_{sc}$  的同时抑制  $I_c$  峰值。之后在经过  $t_{dsc}$  后输出报警信号，对 IGBT 进行软关断※1。（①）
- $V_{in}$  在经过  $t_{ALM(OC)}$  之后为 OFF 时，SC 保护动作与报警将同时恢复。（②）
- 在  $I_c$  开始流过的同时发生负载短路，在超过  $I_{sc}$  的同时抑制  $I_c$  峰值。在经过  $t_{dsc}$  后输出报警信号，对 IGBT 进行软关断。（③）
- $V_{in}$  在经过  $t_{ALM(OC)}$  后仍为 ON 时，SC 保护动作将会继续。 $V_{in}$  为 OFF 信号输入时 SC 保护动作将被解除。另外，即使  $V_{in}$  变为 OFF 之前的保护动作持续时间长于  $t_{ALM(OC)}$ ，报警信号输出次数也只有 1 次。（④）
- 在  $I_c$  开始流过后发生负载短路，在超过  $I_{sc}$  的同时抑制  $I_c$  峰值。之后，若  $V_{in}$  在  $t_{dsc}$  之内变为 OFF，则不会实施 SC 保护动作，IGBT 将正常关断※2。（⑤）
- 在  $I_c$  开始流通的同时发生负载短路，在超过  $I_{sc}$  的同时抑制  $I_c$  峰值。之后，若  $V_{in}$  在  $t_{dsc}$  之内变为 OFF，则不会实施 SC 保护动作，IGBT 将正常关断。（⑥）

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

※2 正常关断： $V_{in}$  为 OFF 时的关断

$V_{in}$  : Input Signal Voltage

$I_c$  : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$  : Alarm Signal Hold Time

$I_{sc}$  : SC Trip Level

$t_{dsc}$  : Short Circuit Protection Delay time

5.6 芯片过热保护 ( $T_{jOH}$ ) 动作:  $V_{in}$ 的ON/OFF状态会对保护动作造成影响时

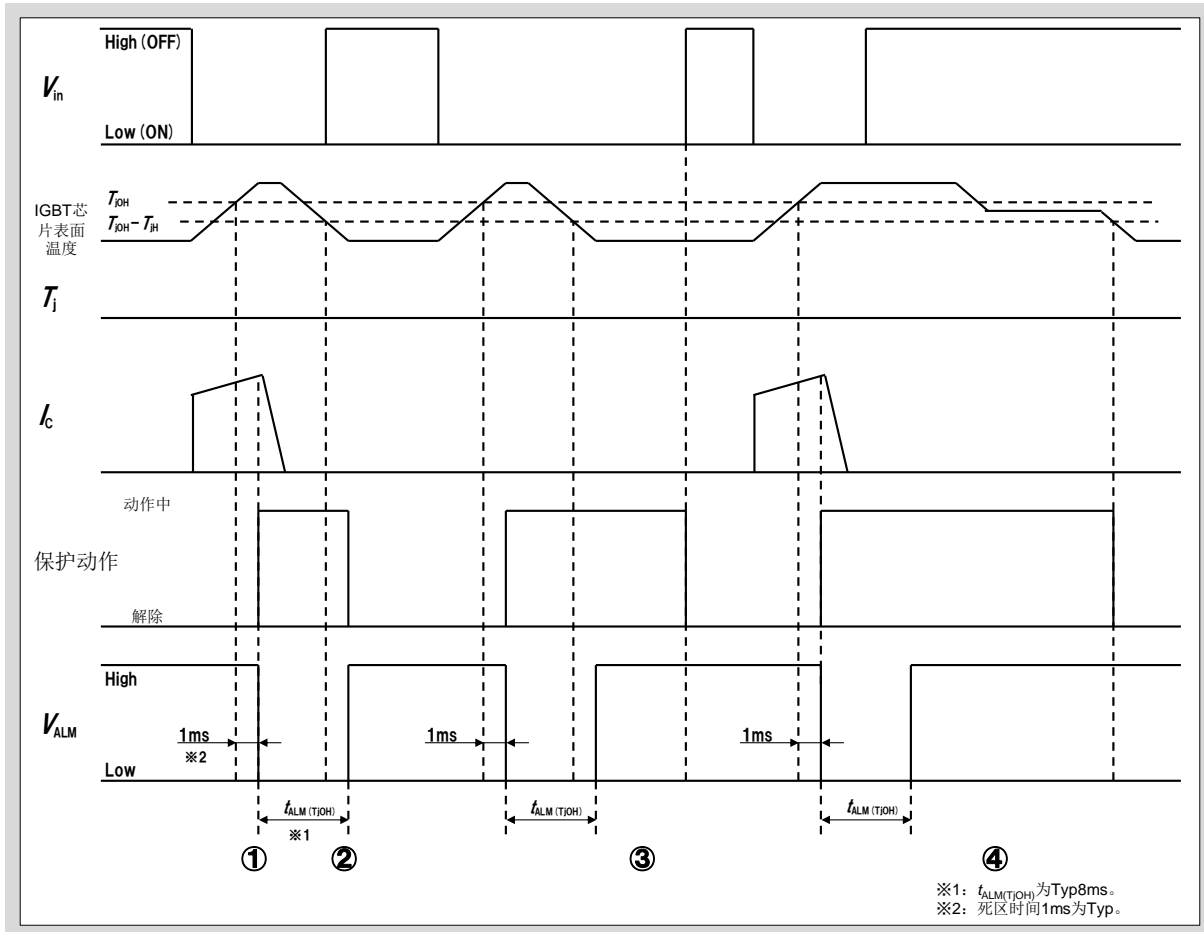


图3-13  $T_{jOH}$ 保护动作 (1)

- IGBT芯片表面温度  $T_{vj}$  超过  $T_{jOH}$  持续约1ms时, 将输出报警信号, 对IGBT进行软关断※1。(①)
- 即使在  $t_{ALM(TjOH)}$  之内降低至  $(T_{jOH} - T_{jh})$  以下, 也仍会在  $t_{ALM(TjOH)}$  时间内维持保护动作。  
经过  $t_{ALM(TjOH)}$  后,  $V_{in}$  为OFF时, 则故障解除, 恢复动作。(②)
- 经过  $t_{ALM(TjOH)}$  后, 即使IGBT芯片表面温度  $T_{vj}$  降至  $(T_{jOH} - T_{jh})$  以下, 只要  $V_{in}$  继续为ON, 则不会解除故障, 恢复动作。(③)
- 经过  $t_{ALM(TjOH)}$  后, 即使  $V_{in}$  变为OFF, 若IGBT芯片表面温度高于  $(T_{jOH} - T_{jh})$ , 则将维持保护动作。  
另外, 即使保护动作持续时间长于  $t_{ALM(TjOH)}$ , 报警输出次数也只有1次。(④)

※1 软关断: 比正常关断稍缓慢一些

$V_{in}$ : Input Signal Voltage

$V_{ALM}$ : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM(TjOH)}$ : Alarm Signal Hold Time

$T_{jOH}$ : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

$T_{jh}$ : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 芯片过热保护 ( $T_{jOH}$ ) 动作:  $V_{in}$ 的ON/OFF状态不会对保护动作造成影响时

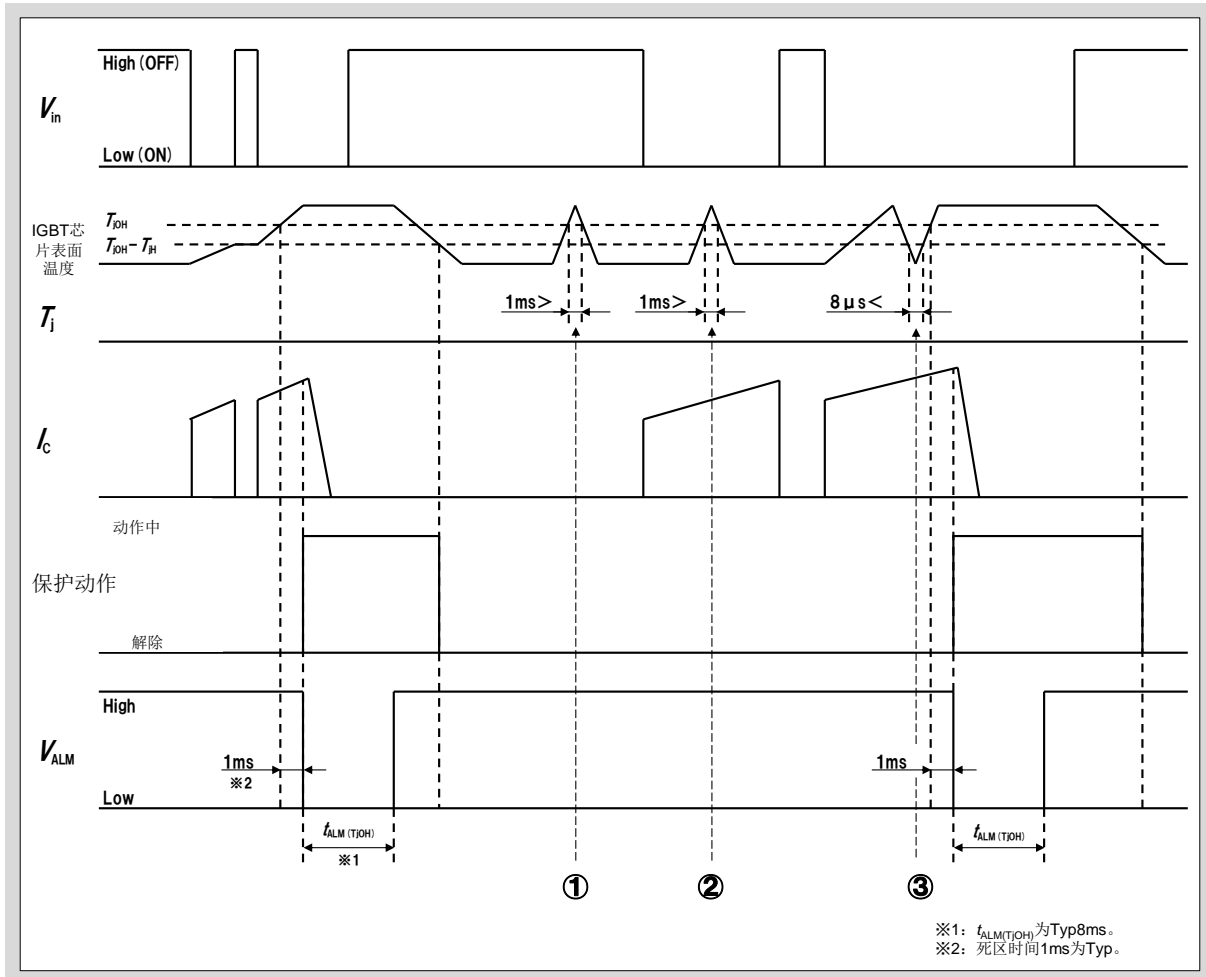


图3-14  $T_{jOH}$  保护动作 (2)

- IGBT 芯片表面温度  $T_{vj}$  超过  $T_{jOH}$  并在约 1ms 以内降至  $T_{jOH}$  以下时, 无论  $V_{in}$  处于 ON 还是 OFF 都不会实施保护动作。(①、②)
- IGBT 芯片表面温度  $T_{vj}$  超过  $T_{jOH}$  后, 若有超过约 8μs 时间在 ( $T_{jOH} - T_{jH}$ ) 以下时, 则约 1ms 的  $T_{jOH}$  检测计时器将被复位。(③)

$V_{in}$  : Input Signal Voltage

$V_{ALM}$  : Alarm Signal Voltage

$I_c$  : Collector Current

$t_{ALM(TjOH)}$  : Alarm Signal Hold Time

$T_{jOH}$  : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

$T_{jH}$  : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 芯片过热保护  $T_{jOH}$  动作中的控制电源欠压保护 (UV) 动作 (①~③)

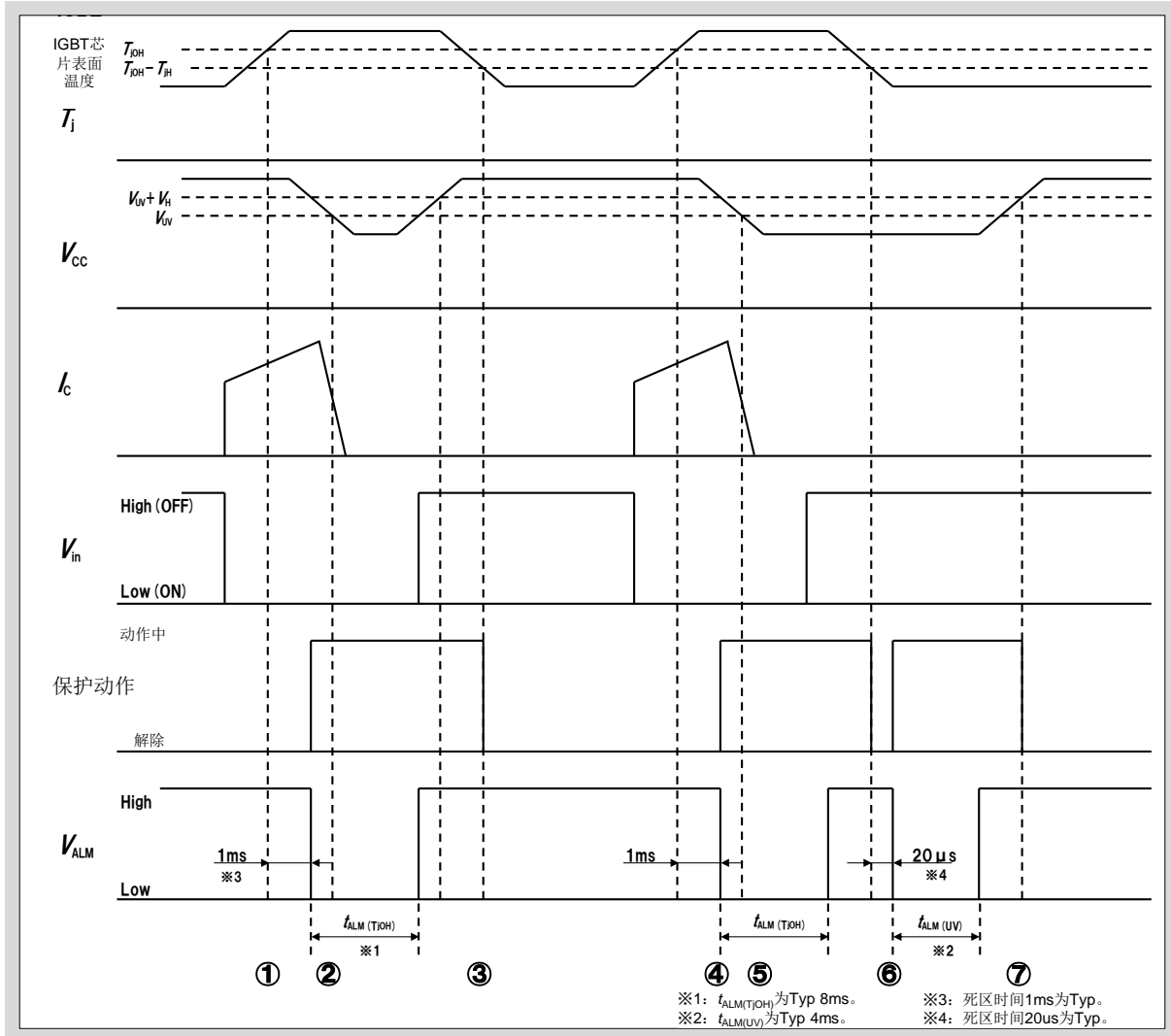


图3-15  $T_{jOH}$ 多故障保护动作 (①~③)

- IGBT芯片表面温度  $T_{vj}$  超过  $T_{jOH}$  持续约1ms时将会输出报警信号，对IGBT进行软关断<sup>※1</sup>。(①)
- $V_{CC}$  在  $t_{ALM(TjOH)}$  时间内降至  $V_{UV}$  以下时，由于  $t_{ALM(TjOH)}$  的保护动作仍然持续，所以  $V_{UV}$  的报警输出将被取消。(②)
- $V_{in}$  在经过  $t_{ALM(TjOH)}$  后变为OFF且IGBT芯片表面温度  $T_{vj}$  低于  $(T_{jOH} - T_{jH})$  时，则故障解除，恢复动作。(③)

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver

$V_{in}$  : Input Signal Voltage

$I_c$  : Collector Current

$t_{ALM(TjOH)}$  : Alarm Signal Hold Time

$T_{jOH}$  : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

$T_{jH}$  : Over Heating Protection Hysteresis

$V_{UV}$  : Under Voltage Protection Level

$V_{ALM}$  : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM(UV)}$  : Alarm Signal Hold Time

5.8 芯片过热保护  $T_{jOH}$  动作恢复后的控制电源欠压保护 (UV) 动作 (④~⑦)

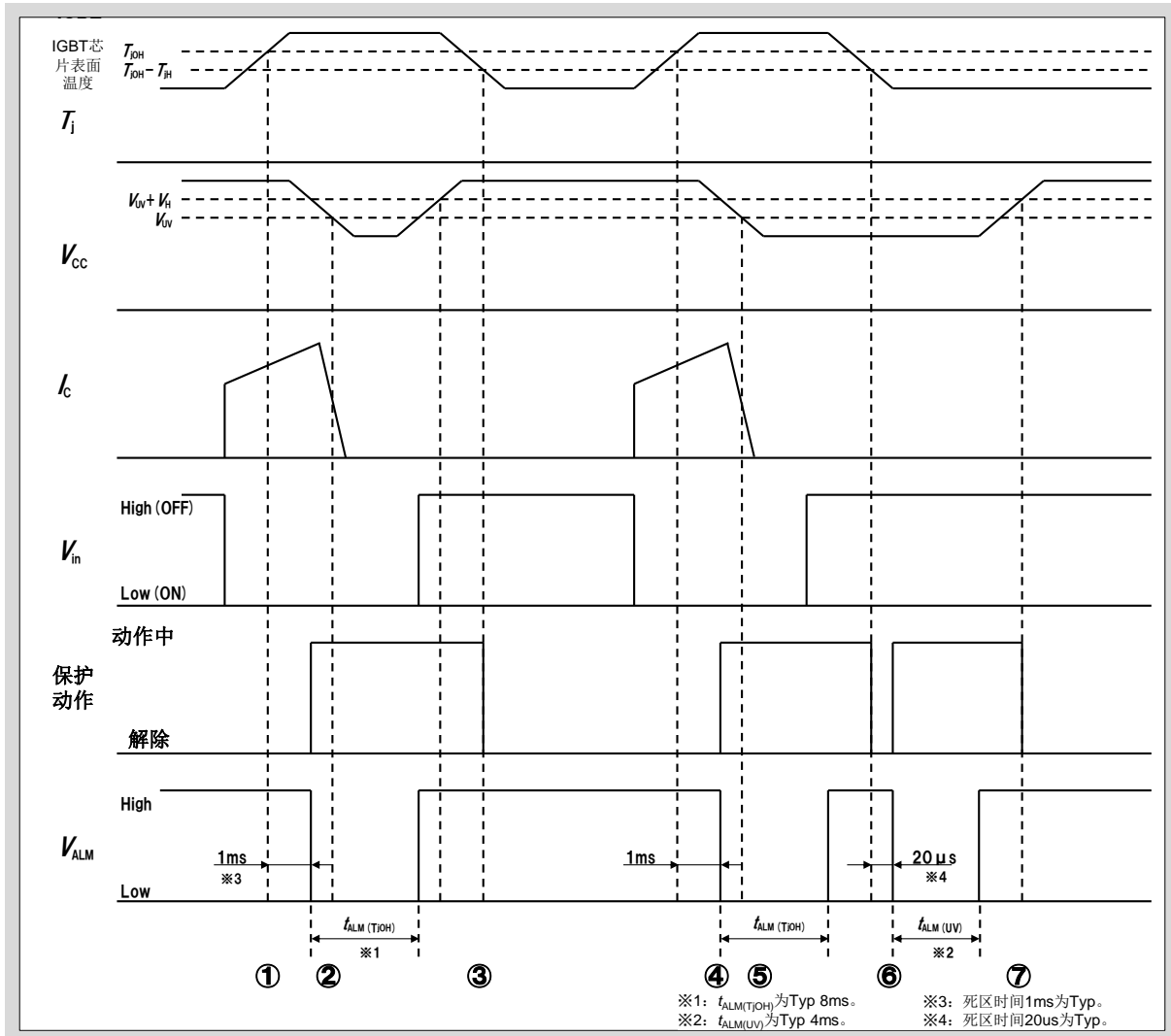


图3-16  $T_{jOH}$  多故障保护动作 (④~⑦)

- IGBT 芯片表面温度  $T_{vj}$  超过  $T_{jOH}$  持续约 1ms 时将会输出报警信号，对 IGBT 进行软关断※1。(④)
  - 与前页②相同， $t_{ALM(TjOH)}$  保护动作过程中， $V_{UV}$  的报警信号输出将被取消。(⑤)
  - $V_{in}$  在经过  $t_{ALM(TjOH)}$  后变为 OFF，同时芯片温度  $T_{vj}$  低于  $(T_{jOH} - T_{jH})$  时，则故障解除，恢复动作。此时，由于  $V_{CC}$  保持在  $V_{UV}$  以下，所以在从  $T_{jOH}$  的保护功能中恢复后，若持续约 20μs 以上低于  $V_{UV}$ ，则会再次输出  $V_{UV}$  的报警信号，实施保护动作。(⑥)
  - $V_{in}$  在经过  $t_{ALM(UV)}$  后变为 OFF 且  $V_{CC}$  高于  $(V_{UV} + V_H)$  时，则故障解除，恢复动作。(⑦)
- ※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

$t_{ALM(TjOH)}$ : Alarm Signal Hold Time                       $t_{ALM(UV)}$ : Alarm Signal Hold Time  
 $T_{jOH}$ : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level  
 $T_{jH}$ : Over Heating Protection Hysteresis

### 5.9 芯片温度预警动作

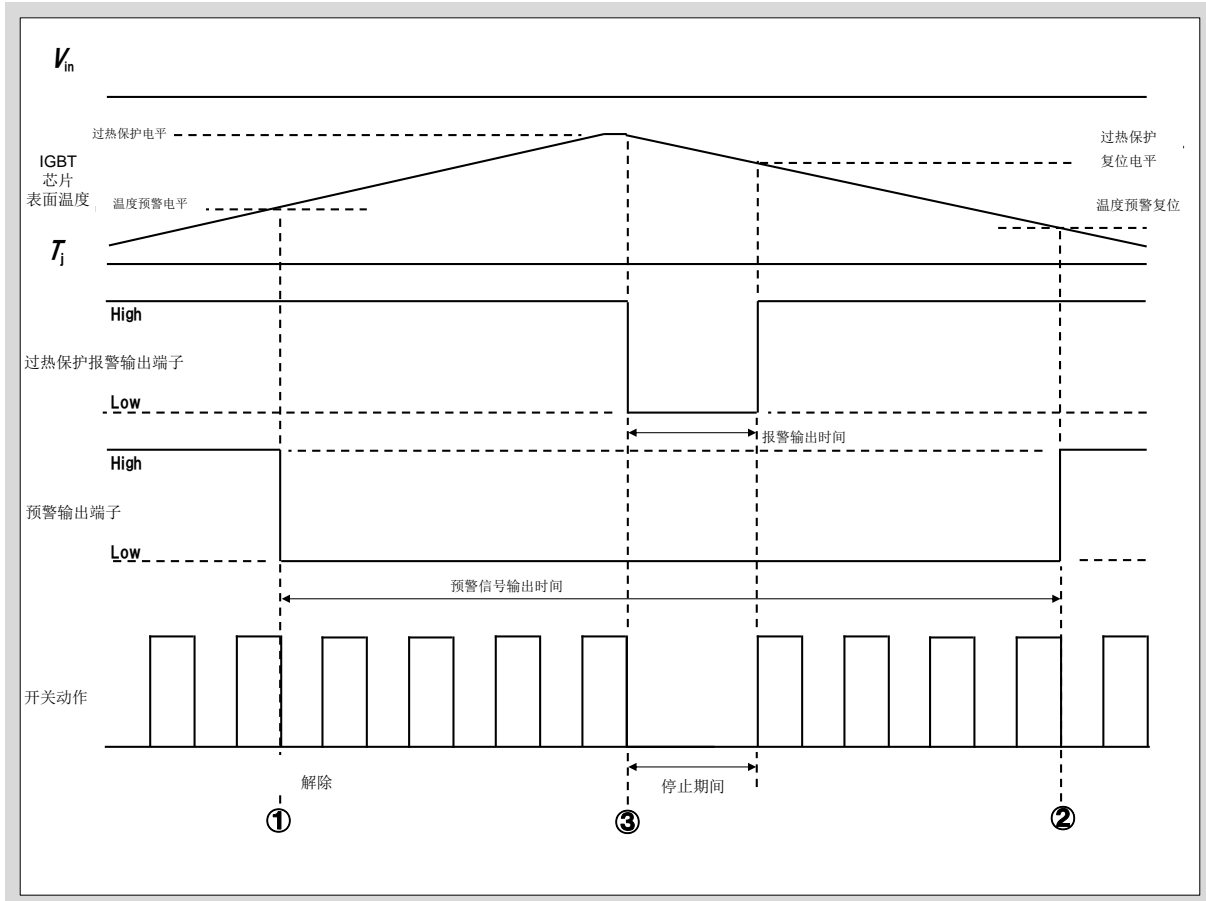


图3-17 芯片温度预警动作

- 在IGBT芯片过热保护的开关动作停止前，输出芯片温度预警。  
此时，开关动作将会继续。
- IGBT芯片表面温度 $T_{vj}$ 超过芯片温度报警温度 $T_{jw}$ 时，预警端子电压从 $V_{CC}$ 变为0V。  
此时，开关动作将会继续。（①）
- IGBT芯片表面温度 $T_{vj}$ 低于温度预警复位电平时，预警端子电压从0V恢复到 $V_{CC}$ 。（②）
- 然后，若在①的状态下IGBT芯片表面温度 $T_{vj}$ 超过 $T_{jOH}$ ，则输出报警信号，开关动作停止。（③）

$V_{CC}$  : Supply Voltage of Pre-Driver

$T_{jOH}$  : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level