

富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第3章 機能の説明



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本資料によって工業所有権、その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。

 **注意**

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス(硫化水素、硫酸ガスなど)にさらされる環境で使用した場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第3章 機能の説明

1. 機能一覧表	3-2
2. 機能の説明	3-3
3. 真理値表	3-8
4. IPMブロック図	3-9
5. タイミングチャート	3-11

本章では、XシリーズIPMの機能について説明します。

1. 機能一覧表

XシリーズIPMに内蔵する機能を表3-1、表3-2に示します。

表3-1 IPM内蔵機能 (6in1)

素子数	パッケージ	内蔵機能						
		上下アーム共通				上アーム	下アーム	
		Drive	UV	T_{jOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
6in1	P639	○	○	○	○	-	○	-
	P629	○	○	○	○	-	○	-
	P626	○	○	○	○	○	○	○
	P636	○	○	○	○	○	○	○
	P638	○	○	○	○	○	○	○
	P630	○	○	○	○	○	○	○
	P631	○	○	○	○	○	○	○

Drive:IGBT駆動回路、UV:制御電源電圧低下保護、 T_{jOH} :チップ温度過熱保護、OC:過電流保護、SC:短絡保護、ALM:アラーム信号出力、WNG:チップ温度ワーニング出力

表3-2 IPM内蔵機能 (7in1)

素子数	パッケージ	内蔵機能						
		上下アーム共通				上アーム	下アーム	
		Drive	UV	T_{jOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
7in1	P644	○	○	○	○	○	○	-
	P636	○	○	○	○	○	○	-
	P630	○	○	○	○	○	○	-
	P631	○	○	○	○	○	○	-

Drive:IGBT駆動回路、UV:制御電源電圧低下保護、 T_{jOH} :チップ温度過熱保護、OC:過電流保護、SC:短絡保護、ALM:アラーム信号出力、WNG:チップ温度ワーニング出力

2. 機能の説明

2.1 三相インバータ用 IGBT、FWD

図3-1に示すように、三相インバータ用IGBT及びFWDを内蔵し、IPM内部で三相ブリッジ回路を構成しています。P,N端子に主電源を、U,V,W端子に三相出力線を接続すれば主配線は完成します。サージ電圧を抑えるために、スナバ回路を接続して使用してください。

2.2 ブレーキ用 IGBT、FWD

図3-1に示すように、ブレーキ用IGBT及びFWDを内蔵し、IGBTのコレクタ電極をB端子として外部に出力しています。ブレーキ抵抗をP-B端子間に接続し、ブレーキIGBTを制御することで、減速時の回生エネルギーを消費し、P-N端子間の電圧上昇を抑えることができます。

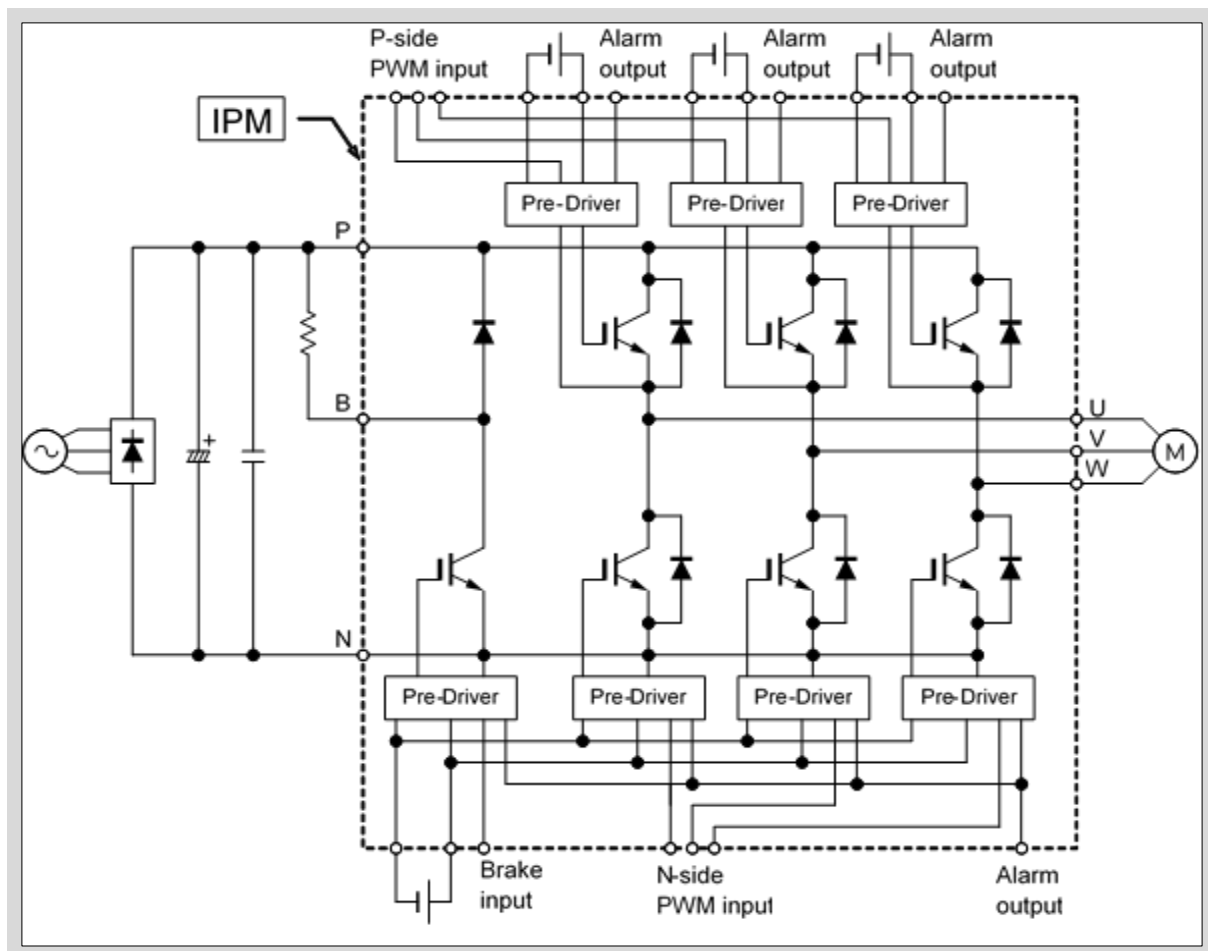


図3-1 3相インバータ適用例 (例: 7MBP250XDA065-50 ブレーキ内蔵)

2.3 IGBTドライブ機能

図3-2にPre-Driverのブロック図を示します。IPMはIGBTのドライブ機能を内蔵しているので、フォトカプラ出力をIPMに接続すれば、ゲートドライブ回路を設計することなく、IGBTを駆動することができます。

本ドライブ機能の特長を次に紹介します。

□ 独立したゲート出力制御

単一のゲート抵抗を用いず、ターンオン及びターンオフ専用のドライブ回路を内蔵しています。これにより、ターンオンとターンオフの dv/dt を独立に制御できるため、素子の特性を十分に発揮することができます。

□ ソフト遮断

各種の異常モード時の保護動作でIGBTを遮断する際にゲート電圧を緩やかに低下させ、IGBTの遮断に伴うサージ電圧の発生を抑制し、サージ電圧によって素子が破壊することを防止します。

□ 誤オン防止

IGBTのゲート電極を低インピーダンスでエミッタ接地する回路を設けているため、ターンオフ時にノイズ等で V_{GE} が上昇し誤ってオンすることを防止します。

□ 逆バイアス電源不要

IPMは制御ICとIGBT間の配線が短いので、配線インピーダンスが小さく、逆バイアス無しで駆動することができます。

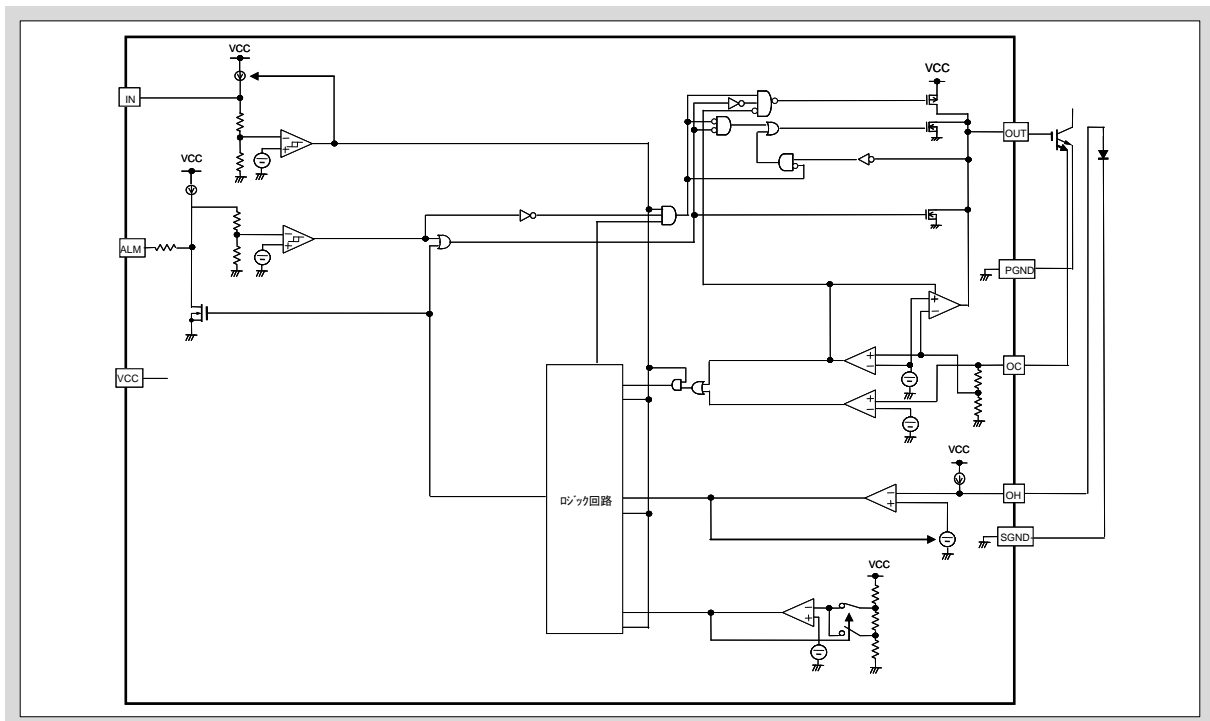


図3-2 Pre-Driverブロック図(例: 7MBP250XDA065-50)

2.4 保護機能

IPMは保護回路を内蔵しており、素子破壊の要因となる異常モードからIPMを保護します。異常モードの要因に合わせて4種類の保護機能が働きます。異常モードは、OC(過電流保護)、SC(短絡保護)、UV(制御電源電圧低下保護)、 T_{jOH} (チップ温度過熱保護)です。

保護機能が動作すると、アラーム出力用MOSがオンし、アラーム出力端子電圧がHighからLowに変化し、アラーム出力端子は各基準電位GNDに対して導通します。また、IPM内部に1.3K Ω の抵抗を内蔵しているため、ALM 端子と V_{CC} 端子との間に接続するフォトカプラを直接駆動できます。

□ アラーム信号出力機能

各種の異常モードを識別してIGBTをソフト遮断し、異常モードを検知した相からそれぞれアラーム信号が出力されます。保護動作期間中は、オン信号を入力してもIGBTは動作しません。

- ・ アラーム信号出力期間(t_{ALM})以上が経過し、アラーム要因が解消され、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
 - ・ アラーム信号出力期間(t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、アラーム信号出力期間(t_{ALM})までは保護動作が継続されるため、IGBTは動作しません。アラーム信号出力期間(t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。
 - ・ 上アーム側は、異常モードを検知した相のIGBTがソフト遮断して動作を停止します。
 - ・ 下アーム側は、インバータ部の各相が保護動作するとブレーキ部を除く下アーム全てのIGBTがソフト遮断して動作を停止します。なお、ブレーキ部は動作することが可能です。
- また、ブレーキ部の異常時にはブレーキ部と共に下アーム全てのIGBTがソフト遮断して動作を停止します。

* P629、P639パッケージは、上アーム側の保護機能は内蔵しておりますが、アラーム信号出力機能は内蔵しておりません。下相については、保護機能とアラーム信号出力機能を内蔵しております。

□ アラーム要因識別機能

各種の異常モードの要因に応じてアラーム信号出力期間(t_{ALM})が異なるので、出力されるアラーム信号パルス幅によって、装置側で異常モードの要因識別を行うことができます。

アラーム要因	アラーム信号出力期間 (t_{ALM})
過電流保護(OC) 短絡保護(SC)	2ms(typ)
制御電源電圧低下保護(UV)	4ms(typ)
チップ温度過熱保護(T_{jOH})	8ms(typ)

ただし、アラーム用フォトカプラの2次側におけるアラーム信号出力時間は、フォトカプラの遅れ時間や周辺回路の影響で変わります。設計にあたっては、この影響を考慮する必要があります。

2.5 過電流保護機能: Over Current (OC)

IGBTチップに内蔵する電流検出用素子(電流センスIGBT)に流れるセンス電流を制御回路に取り込むことで、IGBTのコレクタ電流を検出します。設定する電流保護レベル(I_{OC})以上の電流が過電流遮断遅れ時間(t_{dOC})以上連続して流れると、OC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、過電流による破壊を防ぎます。

OC状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。OC保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約2msです。

- ・ アラーム信号出力から約2ms(t_{ALM})後に I_{OC} レベルを下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約2ms (t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約2ms (t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約2ms (t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

2.6 短絡保護機能: Short Circuit (SC)

SC保護機能は、負荷短絡やアーム短絡時のピーク電流を抑制します。IGBTのコレクタ電流を検出し、設定する電流保護レベル(I_{SC})以上の電流が短絡保護遅れ時間(t_{dSC})以上連続して流れると、SC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、短絡による破壊を防ぎます。SC状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。SC保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約2msです。

- ・ アラーム信号出力から約2ms(t_{ALM})後に I_{SC} レベルを下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約2ms (t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約2ms (t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約2ms (t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

2.7 制御電源電圧低下保護機能: Control Supply Under-Voltage (UV)

UV保護機能は、制御電源電圧(V_{CC})の低下により生じる制御ICの誤動作やIGBTの $V_{CE(sat)}$ 損失増加による熱破壊を防止します。 V_{CC} が設定された電圧保護レベル(V_{UV})を約20 μ s期間連続して下回ると、UV状態と判定してIGBTをソフト遮断し、制御電源電圧低下による誤動作と破壊を防ぎます。

UV状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。UV保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約4msです。

- ・ ヒステリシス V_H を設けてあるので、アラーム信号出力から約4ms(t_{ALM})後に V_{CC} が $V_{UV} + V_H$ を上回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・ 約4ms (t_{ALM})以内にアラーム要因が解消された場合でも、約4ms (t_{ALM})までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約4ms (t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

また、制御電源電圧 V_{CC} の立ち上がり時・立ち下り時には、UV状態を判定するアラーム信号が出力されます。

2.8 チップ温度過熱保護機能:IGBT chip Over Heat protection (T_{JOH})

チップ温度過熱保護機能は全てのIGBTチップに内蔵された温度検出用素子により、IGBTチップ表面温度を直接検出します。トリップレベル(T_{JOH})を約1ms期間連続して上回ると、過熱状態と判定してIGBTをソフト遮断し、チップ温度過熱保護機能による素子の破壊を防ぎます。 T_{JOH} 状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能が動作します。 T_{JOH} 保護時のアラーム信号出力期間(t_{ALM})は約8msです。

- ・ヒステリシス T_{JH} を設けてあるので、アラーム信号出力から約8ms(t_{ALM})後に T_J が $T_{JOH} - T_{JH}$ を下回り、かつ入力信号がオフなら、保護動作は解除され通常動作を再開します。
- ・約8ms (t_{ALM})内にアラーム要因が解消された場合でも、約8ms (t_{ALM})経過までは保護動作が継続するため、IGBTは動作しません。約8ms (t_{ALM})経過後に入力信号がオフであれば保護動作は解除され通常動作を再開します。

なお、旧シリーズに内蔵していたケース温度過熱保護機能(T_{cOH})は、本Xシリーズでは内蔵しておりません。チップ温度過熱保護機能によりIGBTチップ過熱状態については保護可能です。

2.9 温度ワーニング出力機能:IGBT Chip Warning Temperature (T_{JW})

温度ワーニング出力機能はY相のIGBTチップに内蔵された温度検出用素子により、IGBTチップ表面温度を直接検出します。温度ワーニングレベル(T_{JW})を約1ms期間連続して上回ると、過熱状態と判定してワーニング出力端子より温度ワーニング信号を出力します。本機能により、チップ温度過熱保護で停止する前に事前に過熱状態であることを判断することができます。過熱状態と判定された時、保護機能とアラーム信号出力機能は動作しません。(温度ワーニング信号を出力しても保護はかからず素子は動作します)

温度ワーニング信号出力期間(t_{WNG})は要因が解除されるまでの間となります。

- ・ヒステリシス T_{JWH} を設けてあるので、 T_{vj} が $T_{JW} - T_{JWH}$ を下回った場合、ワーニング出力が解除されます。

なお、本機能は下記パッケージの富士第7世代XシリーズIGBT-IPMIにのみ搭載しています。

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

3. 真理値表

異常発生時の真理値表を、表3-5に示します。

表3-5 真理値表

	アラーム 要因	IGBT					アラーム出力信号				ワーニング 出力 信号
		U相	V相	W相	X,Y,Z相	B相	ALM -U	ALM -V	ALM- W	ALM- Low side	WNG
U相	OC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	SC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	UV	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	T_{jOH}	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_{jOH}	*	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_{jOH}	*	*	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_{jOH}	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
Y相	T_{jW}	*	*	*	*	*	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_{jOH}	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*

*入力信号に依存

※P639,P629は上アーム(U,V,W相)のALM出力はありません。

下アームX、Y、Z相で保護動作しても、ブレーキ相は通常動作可能です。

ブレーキ相で保護動作した場合には、ブレーキ相を含めた下アーム相全てが保護動作状態になります。

4. IPMブロック図

IPMブロック図を、図3-3～図3-5に示します。

図3-3に上アームにアラーム機能がないP629(6in1)の例を示します。

また、図3-4にP630(6in1)の例を、図3-5にP630(7in1)の例を示します。

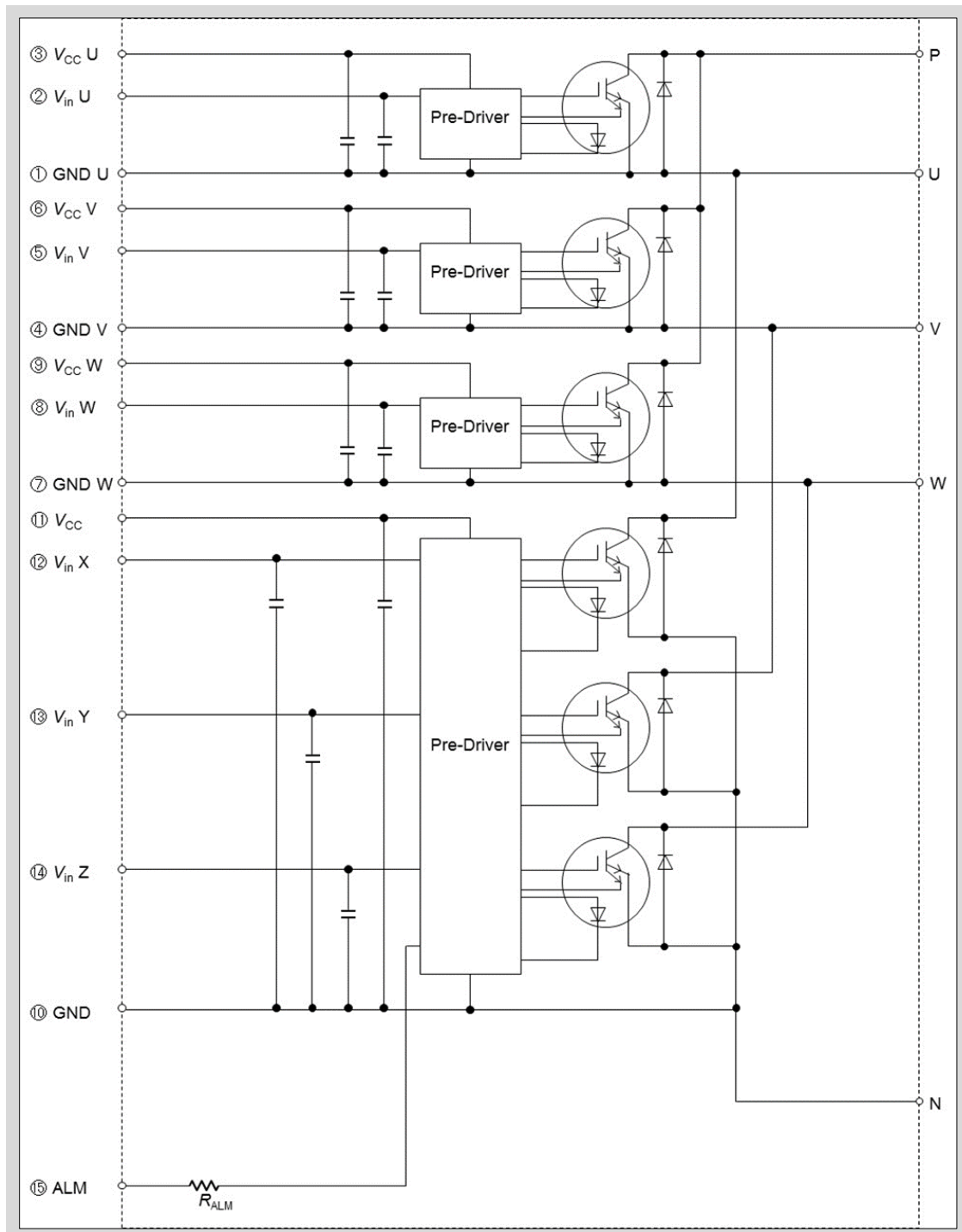


図3-3 IPMブロック図 (例:P629)

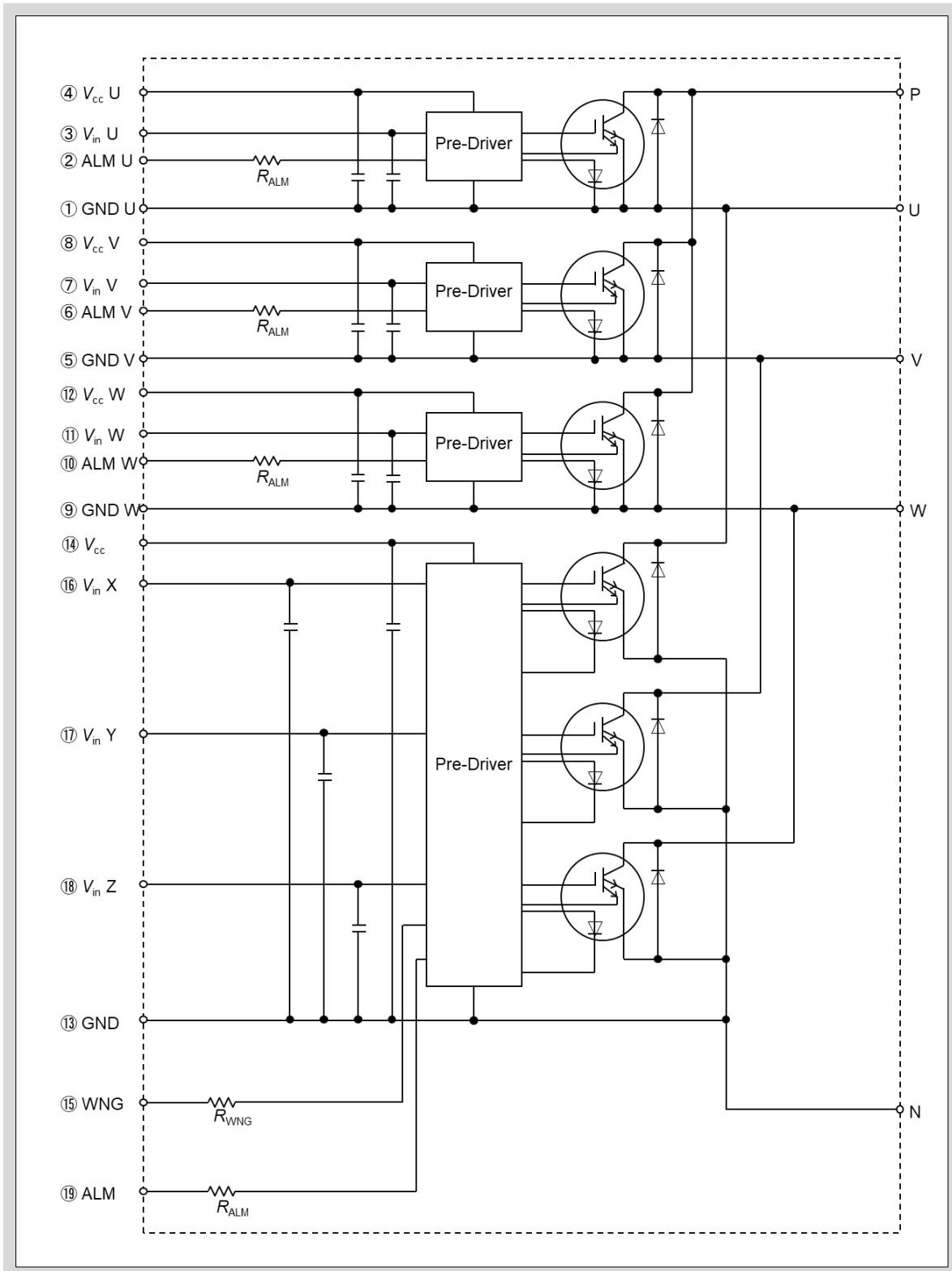


図3-4 IPMブロック図 (例: P630 6in1)

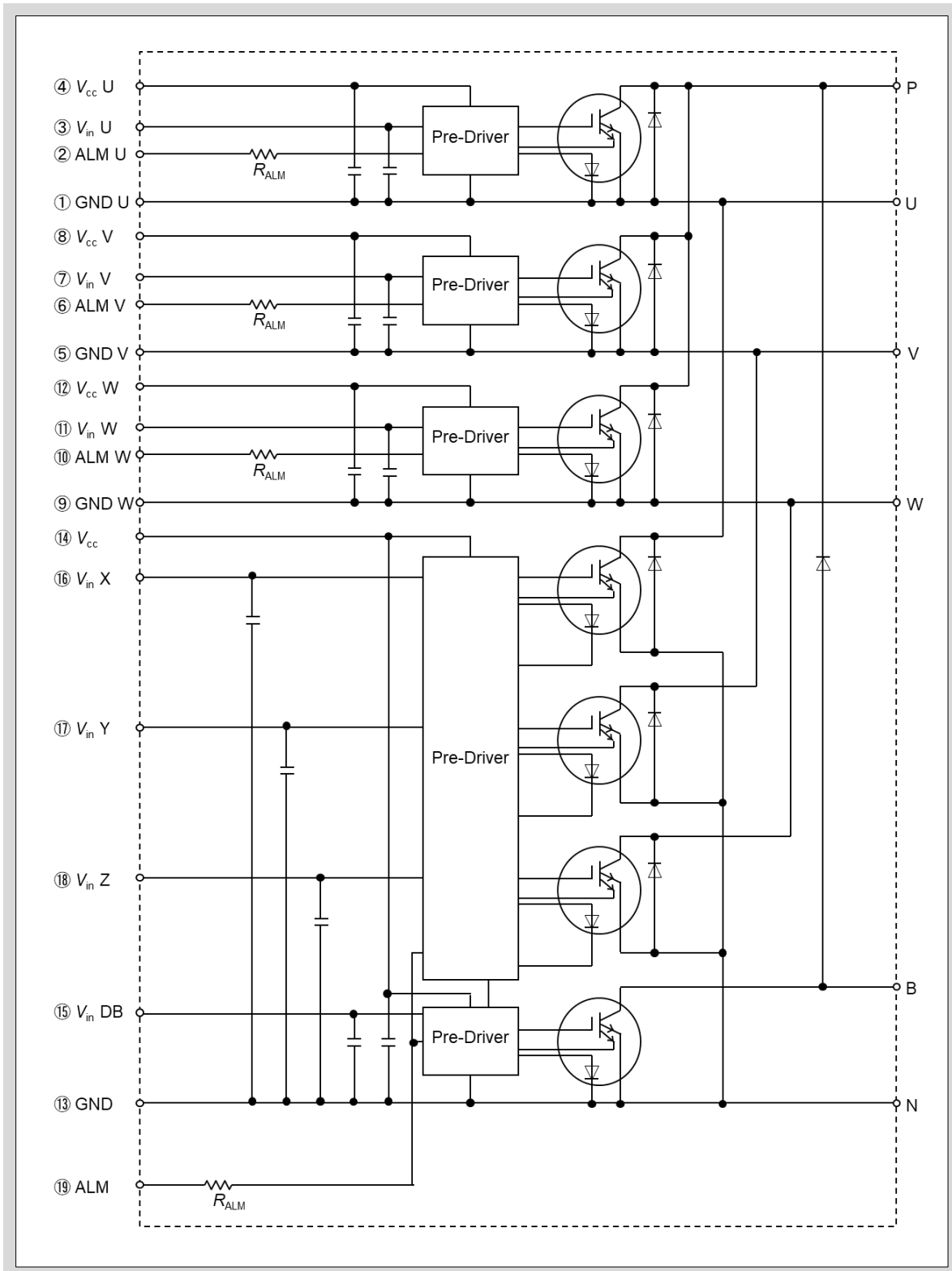


図3-5 IPMブロック図 (例: P630 7in1)

5. タイミングチャート

5.1 制御電源電圧低下保護(UV)動作

5.1.1 V_{CC} 投入時と V_{in} High(OFF)の動作について (①~④の動作について)

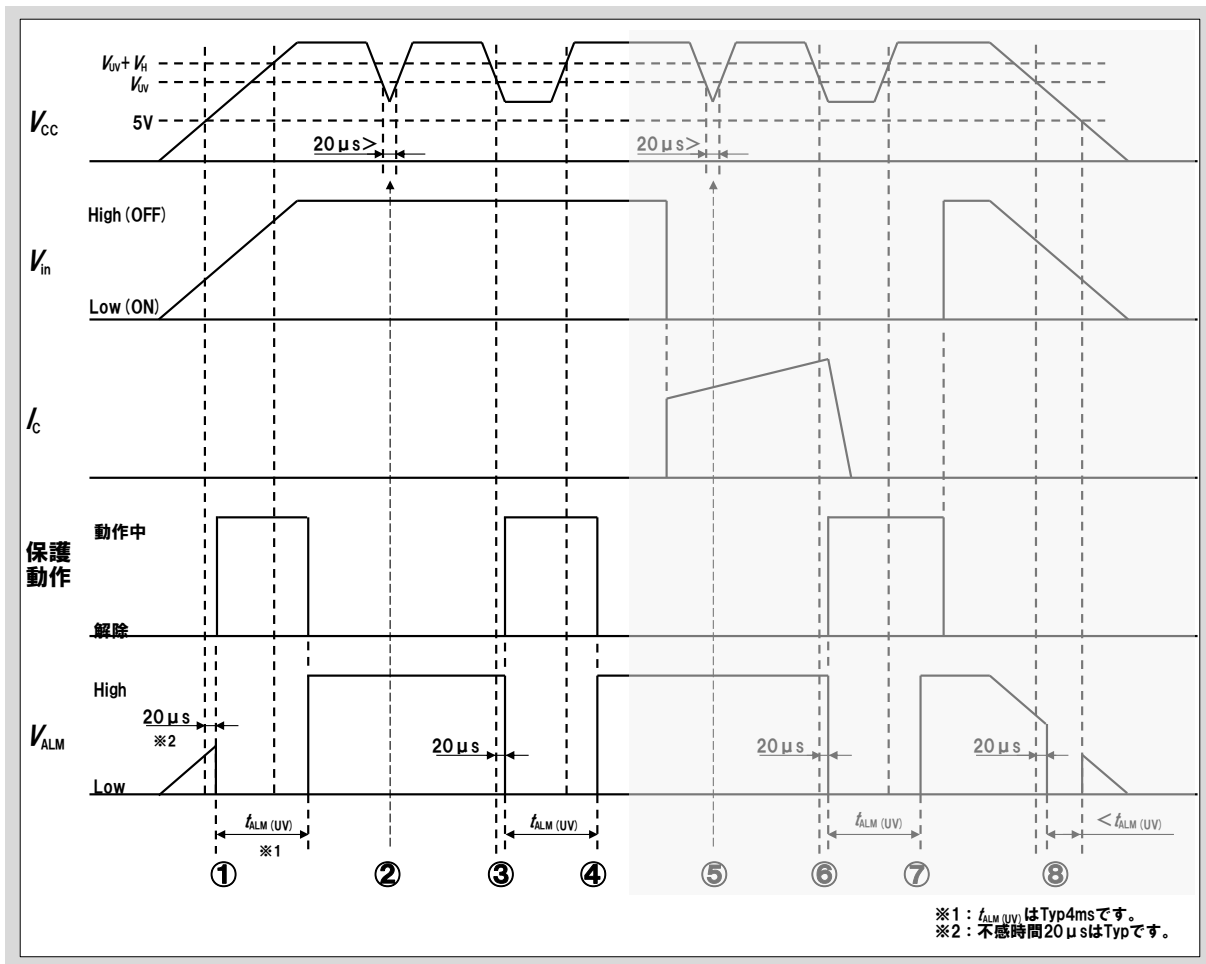


図3-6 UV保護動作(①~④)

- V_{CC} 投入時は、 V_{CC} が5V以上、 V_{UV} 以下でアラーム信号の出力を開始します。(①)
- V_{CC} が V_{UV} 以下に低下した期間が20 μ sより短い場合は V_{in} 信号のON/OFFに依らず動作しません。(②)
- V_{CC} が V_{UV} 以下となり、約20 μ s後にアラームを出力します。
 V_{in} がOFF時は、IGBTはオフを保持します。(③)
- V_{CC} が $t_{ALM(UV)}$ 経過前に $V_{UV} + V_H$ まで復帰した場合、 $t_{ALM(UV)}$ 期間はUV保護動作を保持します。(③~④)
 V_{in} がOFF時は、 $t_{ALM(UV)}$ 期間が終了すると、保護動作から復帰します。(④)
- なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(UV)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

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)の場合と V_{CC} 遮断時の動作について (⑤~⑧の動作について)

保護動作復帰④~ V_{CC} 電源遮断の期間

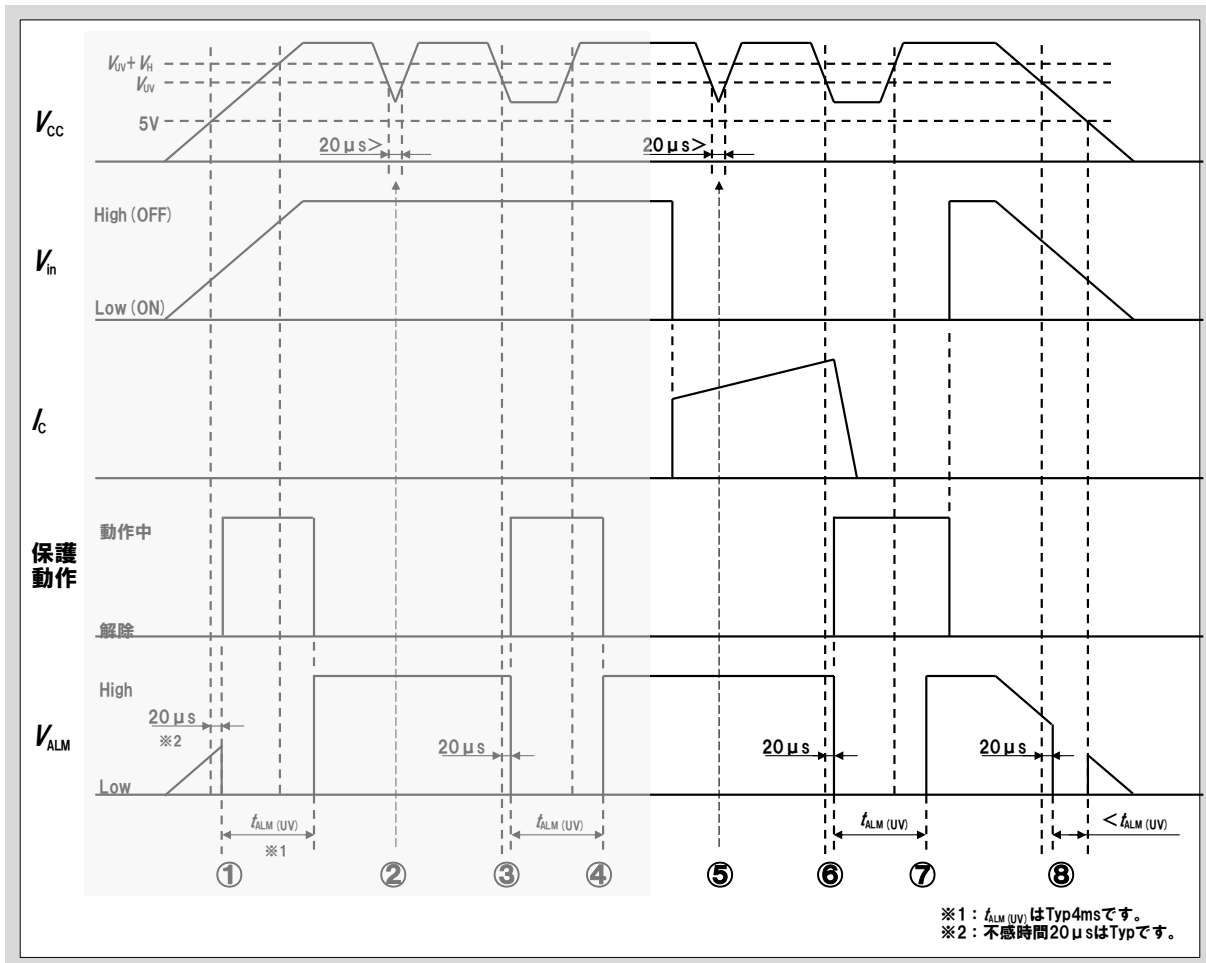


図3-7 UV保護動作(⑤~⑧)

- V_{CC} が V_{UV} 以下に低下した期間が $20\mu s$ より短い場合は V_{in} 信号のON/OFFに依らず動作しません。(⑤)
- V_{CC} が V_{UV} 以下となり、約 $20\mu s$ 後にアラームを出力します。
 V_{in} がON時は、 V_{CC} が V_{UV} 以下になって約 $20\mu s$ 後にアラームを出力し、IGBTはソフト遮断※1します。(⑥)
 V_{in} がONを継続している場合、アラームは $t_{ALM(UV)}$ の期間出力しますが、その後も保護動作は保持されます。
 V_{in} がOFFで保護動作から復帰します。(⑦)
- V_{CC} 遮断時は、 V_{UV} 以下でアラームを出力します。(⑧)
- なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(UV)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

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 電源立ち上げ時と立ち下げ時の制御電源電圧低下保護(UV)動作

XシリーズIPMは制御電源電圧低下保護(UV)機能を搭載しており、電源の立ち上げ時、立ち下げ時にアラームを出力します。

5.2.1 電源立ち上げ時

ケース1(V_{CC} の傾きが速いとき)、ケース2(V_{CC} の傾きが遅いとき)共に V_{CC} が5Vを上回ると20 μ s経過後にアラームを出力します。

ケース1の場合は、 $t_{ALM(UV)}$ 経過前に、 V_{CC} が $V_{UV}+V_H$ を上回り、且つ V_{in} がOFF状態である為、保護動作から復帰します。

ケース2では、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後も $V_{UV}+V_H$ 以下となっている為、アラーム出力後も保護動作を継続します。 V_{CC} が $V_{UV}+V_H$ を上回り、且つ V_{in} がOFFとなれば、保護動作から復帰します。

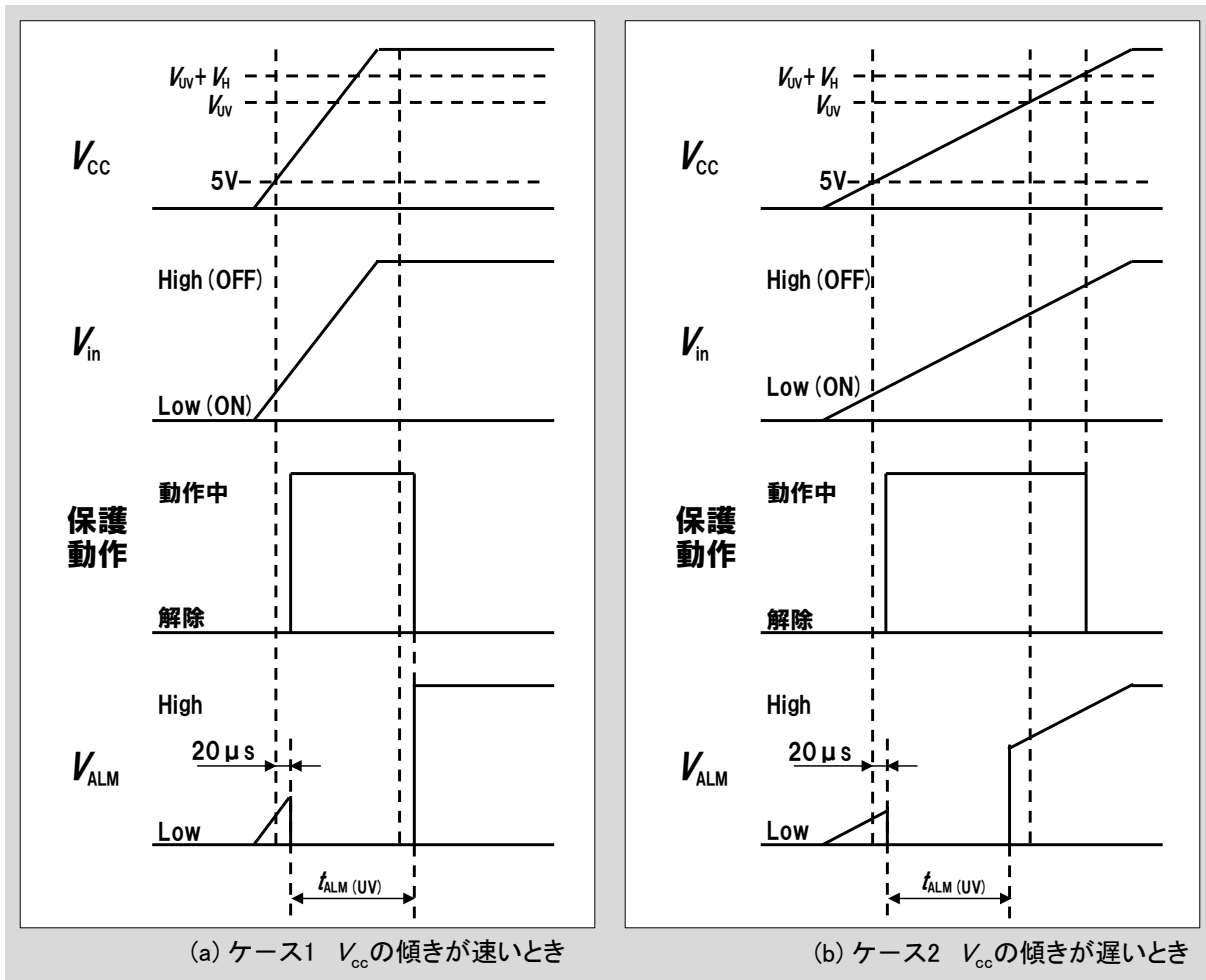


図3-8 電源立ち上げ動作

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 電源立ち下げ時

ケース3 (V_{CC} の傾きが速いとき)、ケース4 (V_{CC} の傾きが遅いとき) 共に V_{CC} が V_{UV} を下回ると、20 μ s経過後にアラームを出力します。

ケース3の場合は、 $t_{ALM(UV)}$ 経過前に V_{CC} が5Vを下回る為、制御ICが正常動作せず、アラームが解除されます。

ケース4では、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後でも V_{CC} が5Vを上回っている為、保護動作は継続しますが、 V_{CC} が5Vを下回った時点で制御ICが正常動作せず、 V_{ALM} は V_{CC} 相当となります。

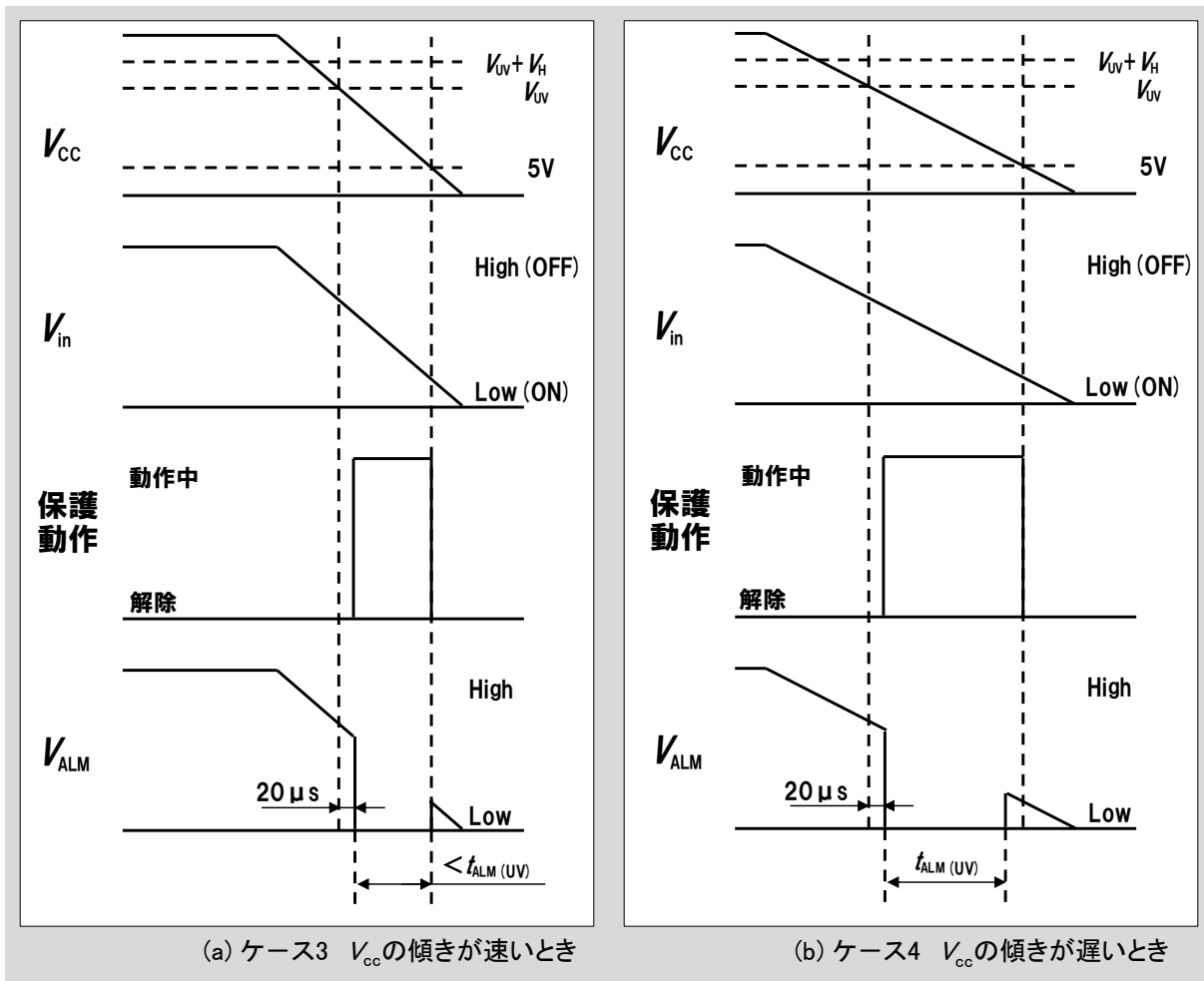


図3-9 電源立ち下げ動作

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 制御電源電圧低下保護(UV)における下アームの複数回アラーム出力

下アームに複数の独立した制御ICを搭載しているXシリーズIPMIにおいては、アラーム出力は下アームの制御ICの共通出力となっております。その為、制御ICの保護動作レベルのばらつきから、アラームの出力が複数回出力される場合があります。特に、 V_{CC} の V_{UV} 付近における dv/dt 変化量が $0.5V/ms$ 以下の場合は、図に示すようなアラーム出力が現れる場合があります。(本現象は異常ではありません)

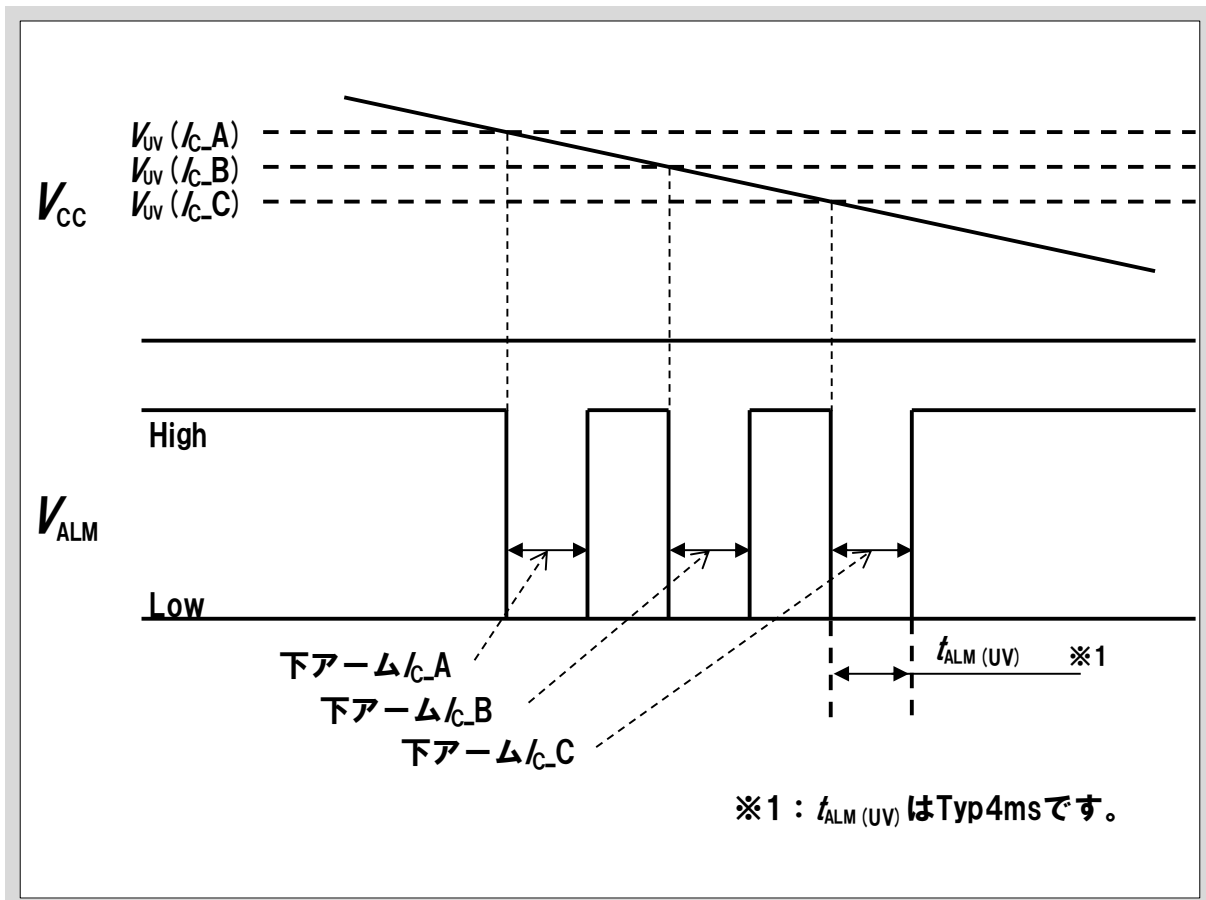


図3-10 下アームのUVアラーム出力

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 過電流保護(OC)動作

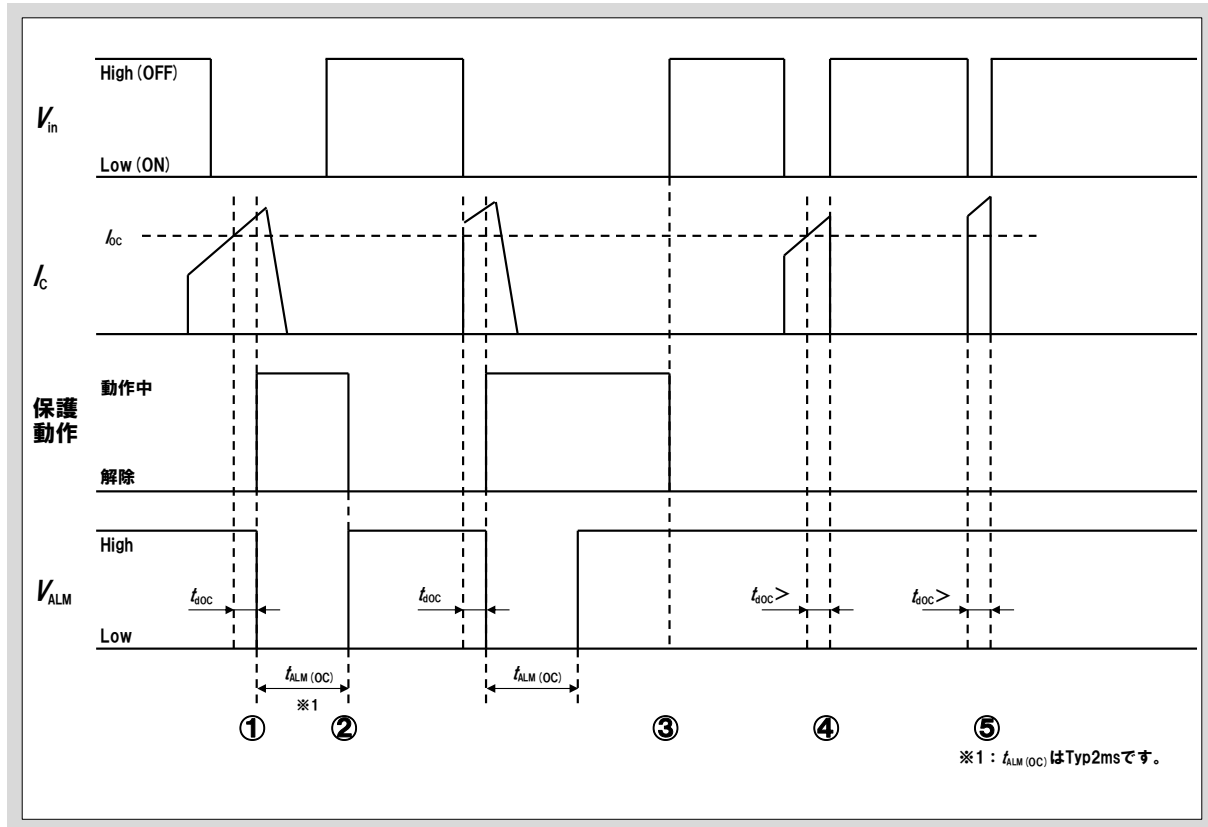


図3-11 OC保護動作

- ・ I_c が I_{OC} を上回ってから t_{dOC} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過前に V_{in} がOFFになっても、 $t_{ALM(OC)}$ 期間は保護動作を継続し、 $t_{ALM(OC)}$ 経過後に V_{in} がOFFのときは保護動作から復帰します。(②)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過時に V_{in} がONの時は、OC保護動作は継続され、 V_{in} がOFF時に復帰します。(③)
- ・ I_c が I_{OC} を上回ってから t_{dOC} 経過前に V_{in} がOFFになると保護動作せず、IGBTは通常遮断※2をします。(④)
- ・ V_{in} がONのタイミングで、 I_c が I_{OC} を上回っていても、 t_{dOC} 経過前に V_{in} がOFFになると保護動作せず、IGBTは通常遮断をします。(⑤)
- ・ なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(OC)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

※2 通常遮断: V_{in} がOFFによる遮断

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 短絡保護(SC)動作

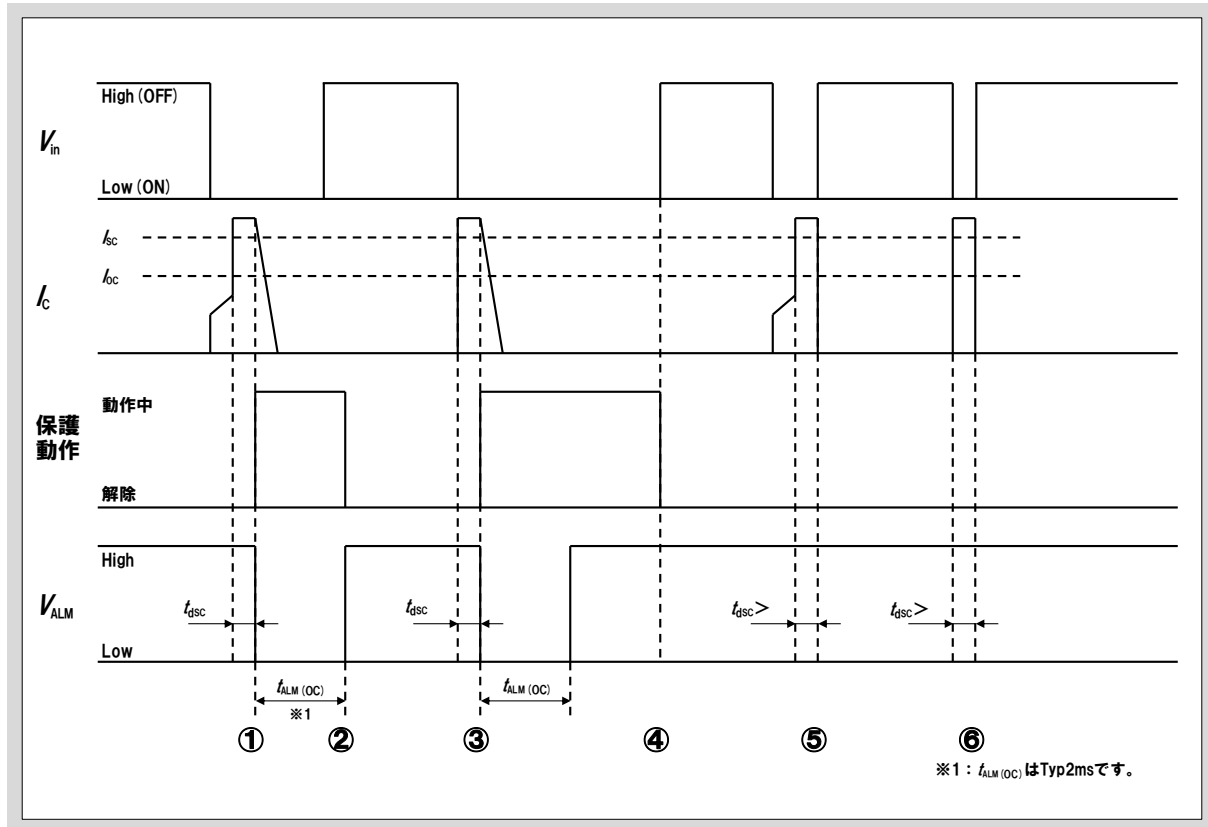


図3-12 SC保護動作

- ・ I_c が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。そして、 t_{dsc} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断^{※1}します。(①)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過後に V_{in} がOFFの時は、SC保護動作とアラームは同時に復帰します。(②)
- ・ I_c が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。 t_{dsc} 経過後にアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断します。(③)
- ・ $t_{ALM(OC)}$ 経過後も V_{in} がONの時、SC保護動作は続きます。 V_{in} がOFF信号入力時にSC保護動作は解除されます。なお、 V_{in} がOFFになるまでの保護動作継続期間が、 $t_{ALM(OC)}$ より十分に長くても、アラーム信号出力回数は1回のみです。(④)
- ・ I_c が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。その後、 t_{dsc} 経過前に V_{in} がOFFになるとSC保護動作せず、IGBTは通常遮断^{※2}をします。(⑤)
- ・ I_c が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、 I_{SC} を超えると同時に I_c ピークを抑制します。その後、 t_{dsc} 経過前に V_{in} がOFFになるとSC保護動作せず、IGBTは通常遮断をします。(⑥)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

※2 通常遮断: V_{in} がOFFによる遮断

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 チップ温度過熱保護 (T_{jOH})動作: V_{in} のON/OFF状態が保護動作に影響を与える場合

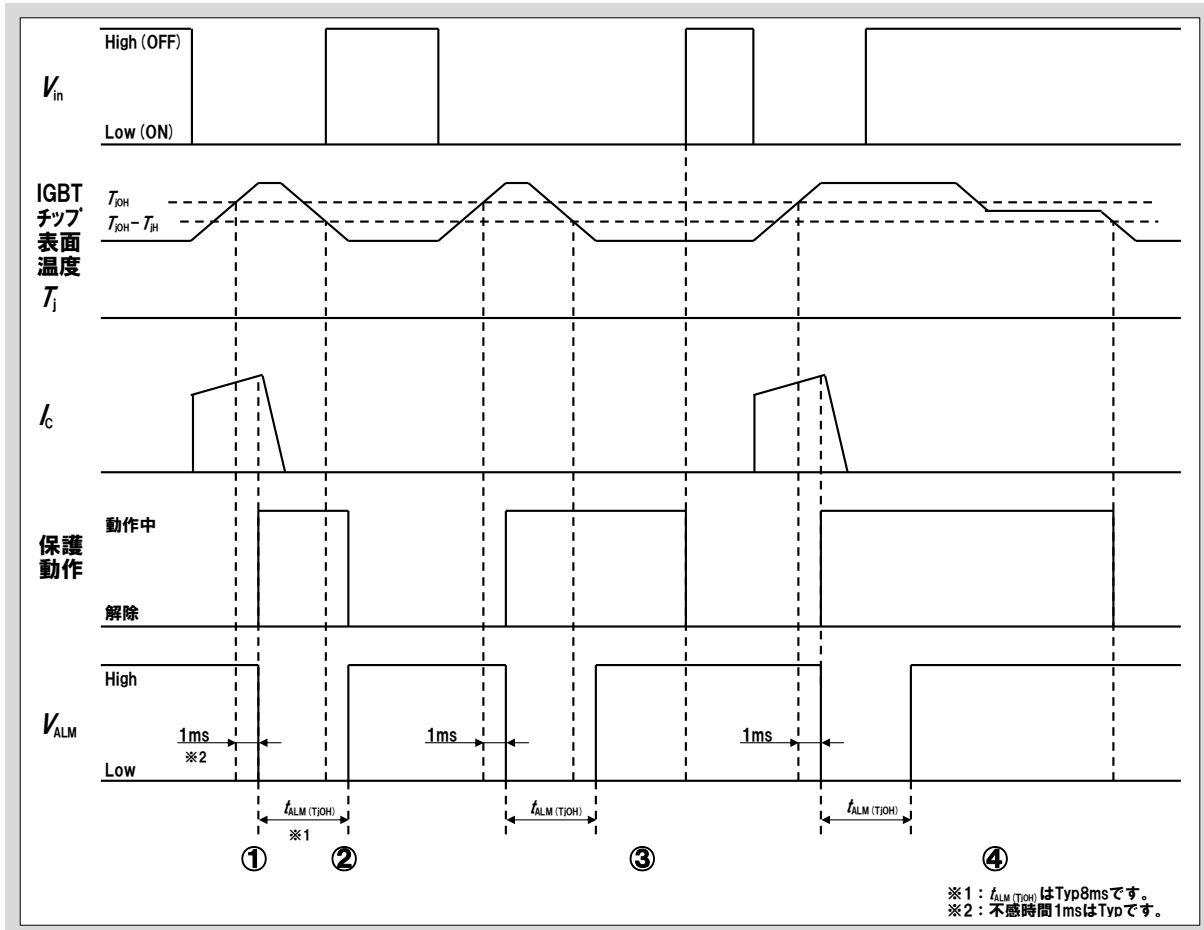


図3-13 T_{jOH} 保護動作(1)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1msの期間継続して T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力し、IGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過前に $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 $t_{ALM(TjOH)}$ 期間中は保護動作が継続されます。
 $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFの場合は保護動作から復帰します。(②)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、IGBTチップ表面温度 T_{vj} が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 V_{in} がONを継続している場合は保護動作から復帰しません。(③)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFでもIGBTチップ表面温度が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以上の場合、保護動作を継続します。
なお、保護動作継続期間が $t_{ALM(TjOH)}$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。(④)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

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 チップ温度過熱保護 (T_{jOH})動作: V_{in} のON/OFF状態が保護動作に影響を与えない場合

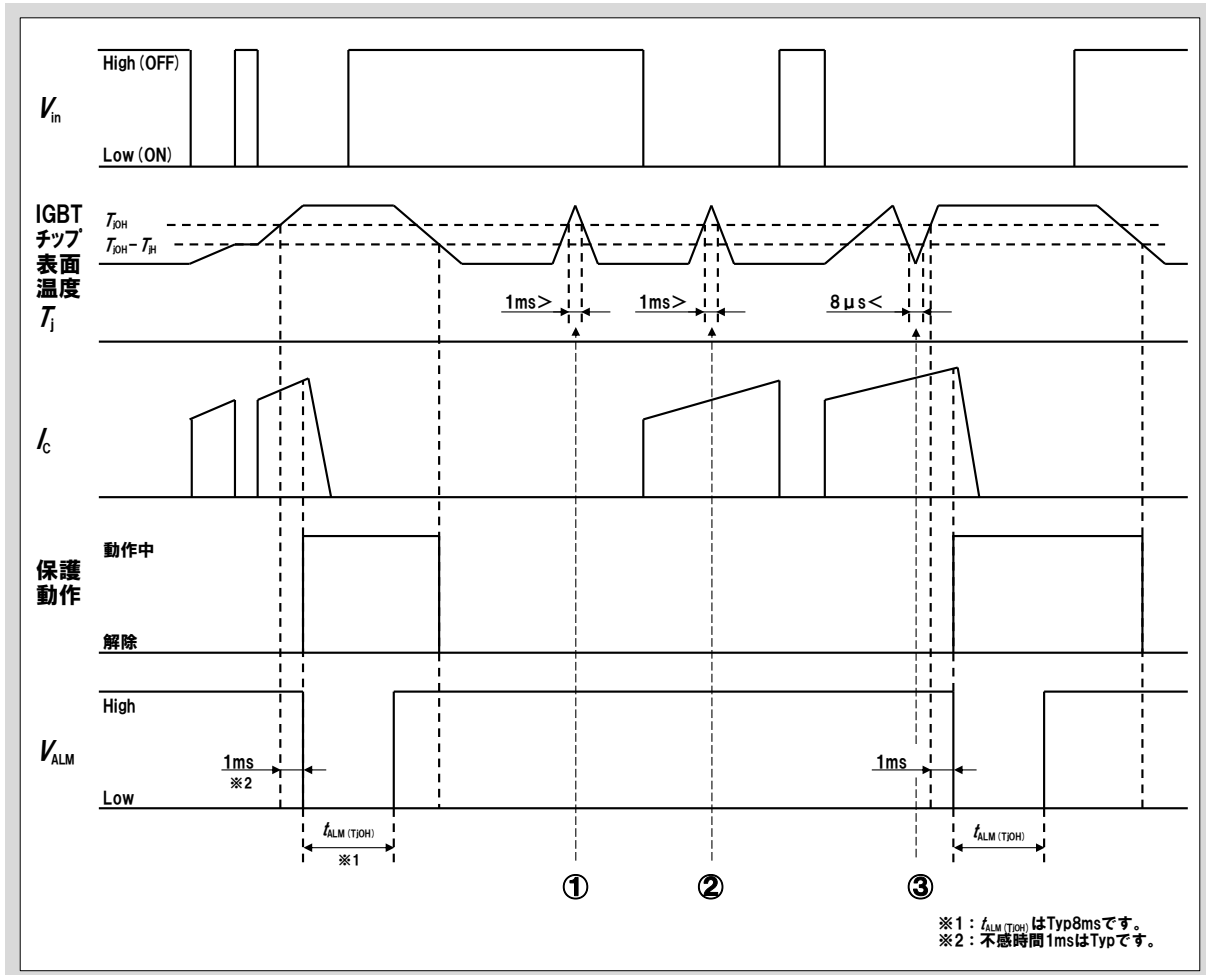


図3-14 T_{jOH} 保護動作(2)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{jOH} を超えて、約1ms以内に T_{jOH} 以下に下がると、 V_{in} のON/OFFに依らず保護動作しません。(①、②)
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{jOH} を超えた後、約8 μ s以上の期間 $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下になると、約1msの T_{jOH} 検出タイマーはリセットされます。(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 チップ温度過熱保護 T_{jOH} 動作中の制御電源電圧低下保護(UV)動作(①~③)

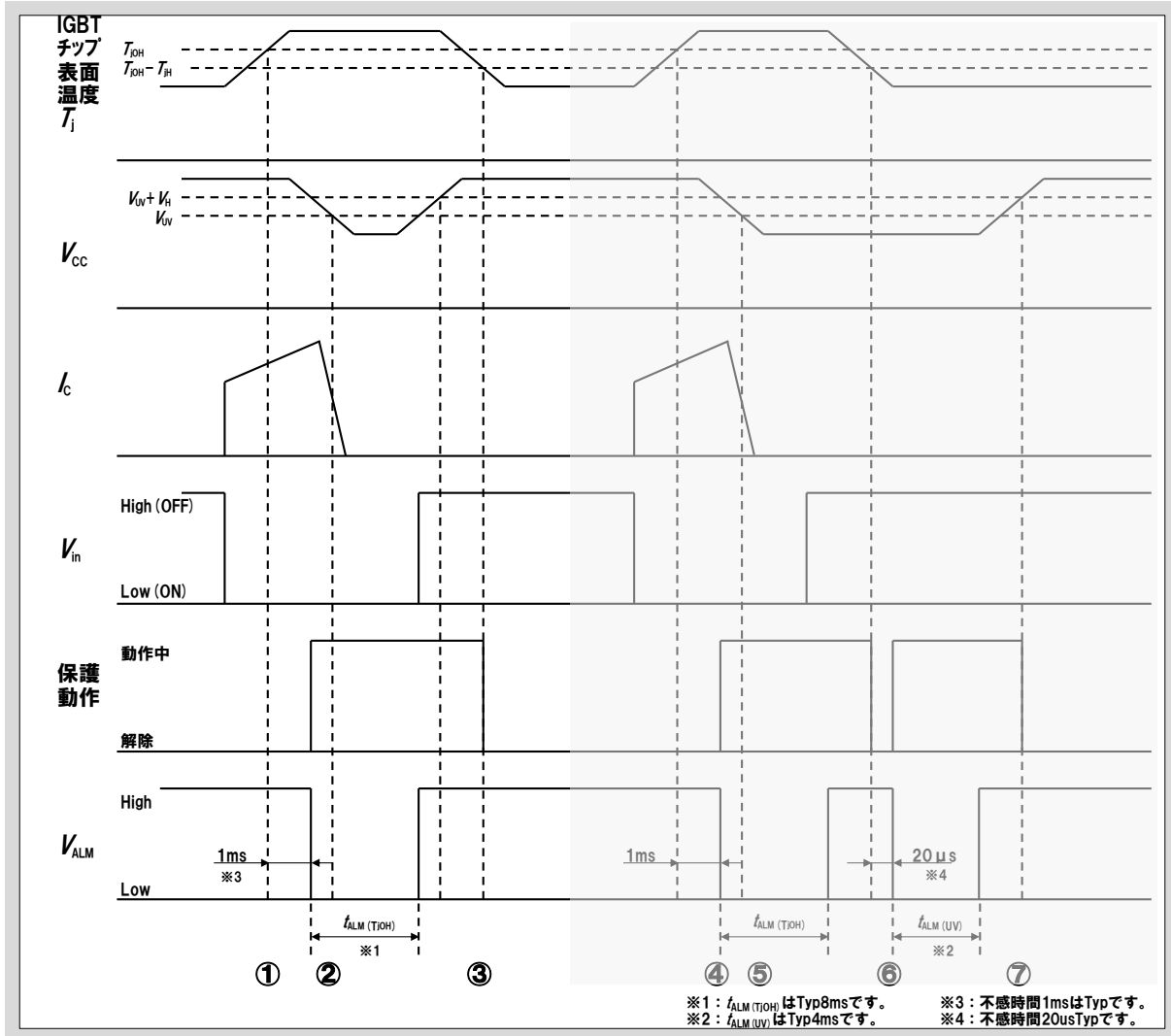


図3-15 T_{jOH} 複合保護動作(①~③)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1ms継続して T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力しIGBTをソフト遮断※1します。(①)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過前に V_{CC} が V_{UV} 以下に下がると $t_{ALM(TjOH)}$ の保護動作が継続している為、 V_{UV} によるアラーム出力はキャンセルされます。(②)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、 V_{in} がオフで且つIGBTチップ表面温度 T_{vj} が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下で保護動作から復帰します。(③)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

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 チップ温度過熱保護 T_{jOH} 動作復帰後の制御電源電圧低下保護 (UV) 動作(④~⑦)

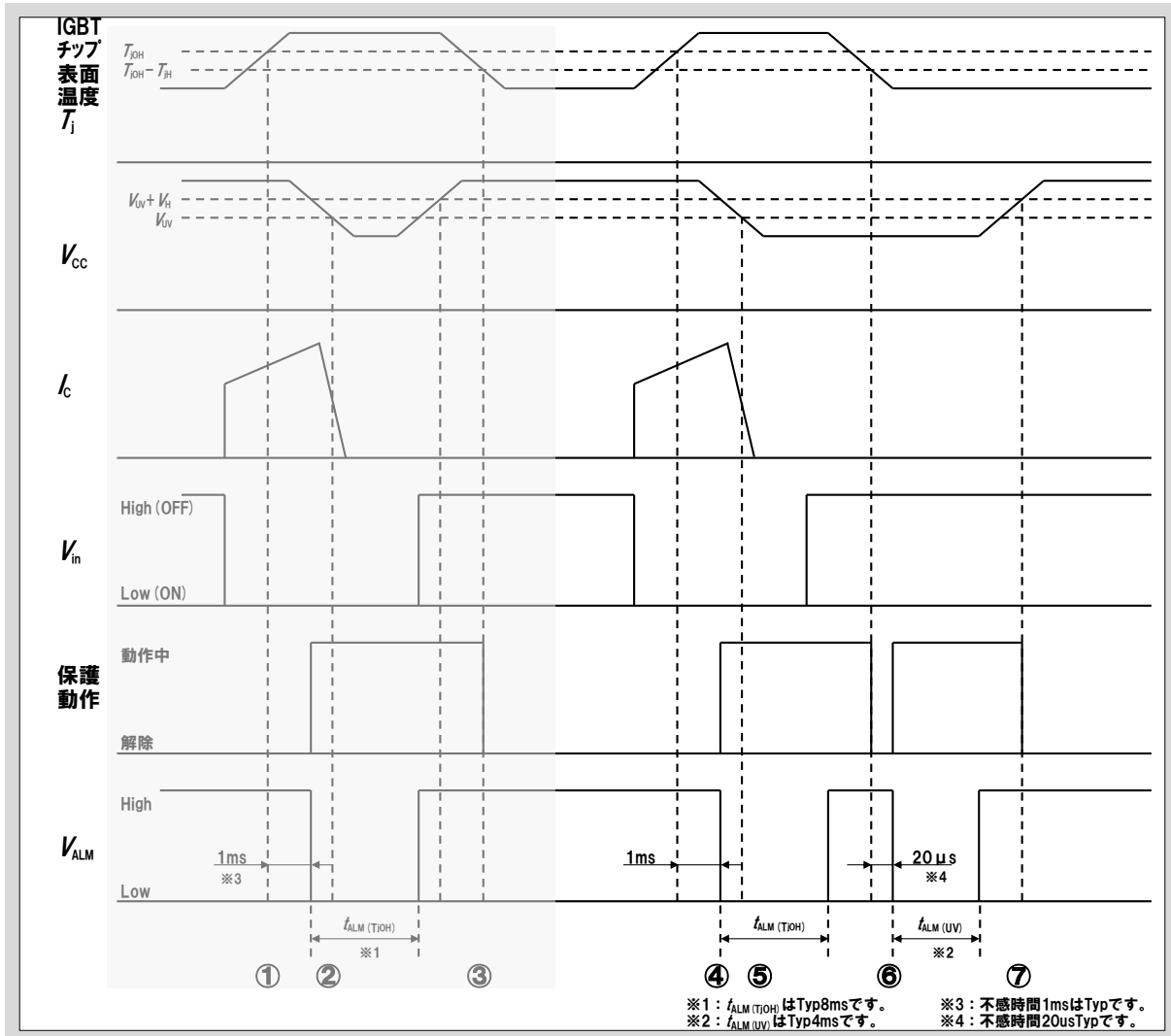


図3-16 T_{jOH} 複合保護動作(④~⑦)

- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が約1ms継続して T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力しIGBTをソフト遮断※1します。(④)
- ・ 前頁②と同様に $t_{ALM(TjOH)}$ の保護動作中は、 V_{UV} によるアラーム信号出力はキャンセルされます。(⑤)
- ・ $t_{ALM(TjOH)}$ 経過後、 V_{in} がOFFで且つチップ温度 T_{vj} が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下で保護動作から復帰します。この時、 V_{CC} は V_{UV} 以下を保っている為、 T_{jOH} による保護機能から復帰後、約20 μ s以上継続して V_{UV} 以下の場合、改めて V_{UV} によるアラーム信号を出力し、保護動作を行います。(⑥)
- ・ $t_{ALM(UV)}$ 経過後、 V_{in} がOFFで且つ V_{CC} が $V_{UV} + V_{th}$ を上回ると、保護動作から復帰します。(⑦)

※1 ソフト遮断: 通常遮断よりもゆっくりとした遮断

$t_{ALM(TjOH)}$: 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 チップ温度ワーニング動作

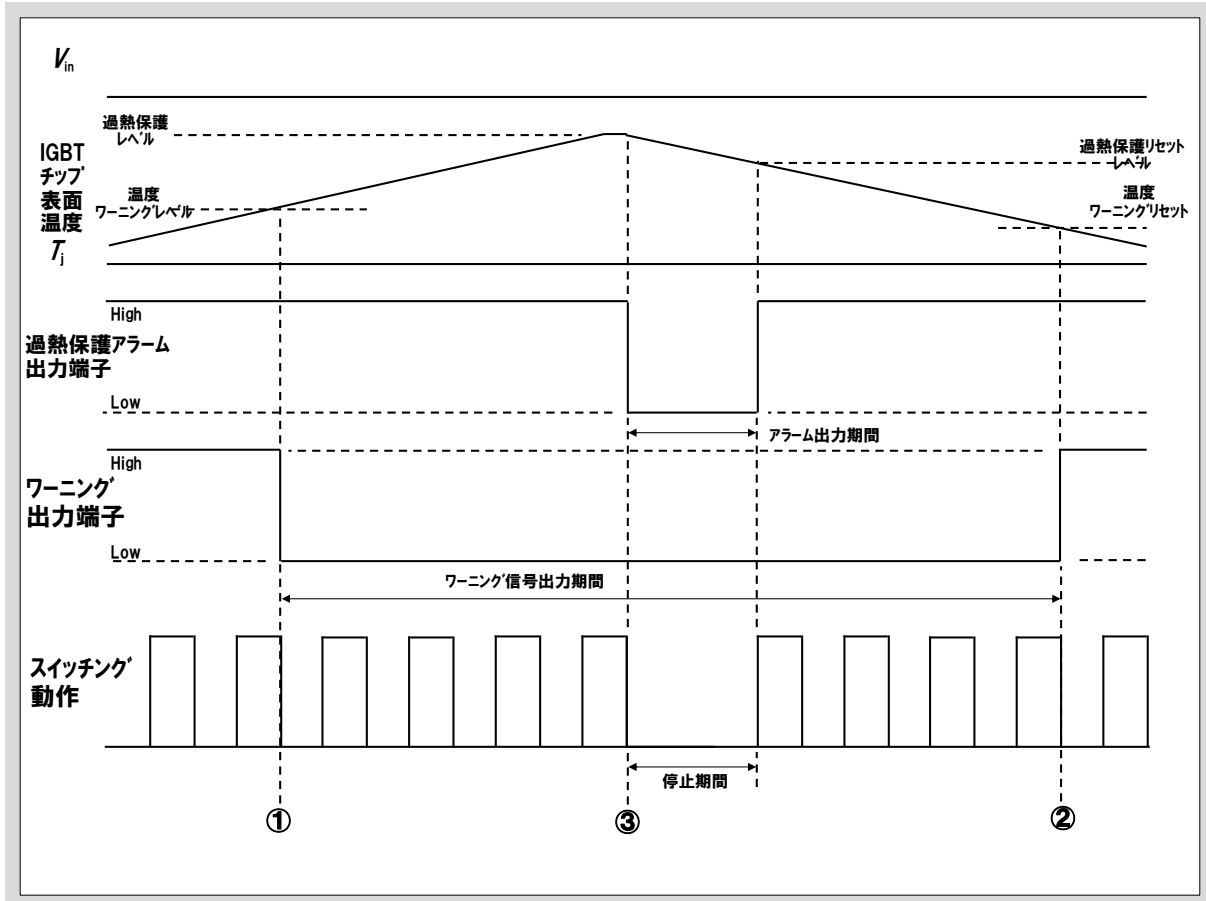


図3-17 チップ温度ワーニング動作

- ・ IGBTチップ過熱保護によるスイッチング動作停止前にチップ温度ワーニングを出力します。その際、スイッチング動作は継続します。
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} がチップ温度警報温度 T_{jw} を超えるとワーニング端子電圧が V_{CC} から0Vとなります。その際、スイッチング動作は継続します。(①)
- ・ IGBTチップ表面温度 T_{vj} が温度ワーニングリセットレベルを下回ると、ワーニング端子電圧は0Vから V_{CC} に戻ります。(②)
- ・ 次に、①の状態ですらにIGBTチップ表面温度 T_{vj} が T_{jOH} を超えるとアラーム信号を出力し、スイッチング動作は停止します。(③)

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver

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