

富士 IGBT V-IPM アプリケーション マニュアル



富士電機株式会社

目 次

第 1 章 特長と構造

1. IGBT-IPM の特長	1-2
2. パッケージ別 IPM の特長	1-3
3. 型式・ロット No.が示す内容	1-5
4. ラインナップ	1-6
5. 外形図	1-7
6. 構造	1-12

第 2 章 端子記号、用語の説明

1. 端子記号の説明	2-2
2. 用語の説明	2-3

第 3 章 機能の説明

1. 機能一覧表	3-2
2. 機能の説明	3-4
3. 真理値表	3-9
4. IPM ブロック図	3-11
5. タイミングチャート	3-17

第 4 章 応用回路例

1. 応用回路例	4-2
2. 注意事項	4-6
3. フォトカプラ周辺回路	4-9
4. コネクタ	4-11

第 5 章 放熱設計

1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法	5-2
2. ヒートシンク選定の注意事項	5-2
3. IPM の取り付け方法	5-3

第 6 章 使用上の注意

1. 主電源	6-2
2. 制御電源	6-3
3. 保護機能	6-4
4. パワーサイクル寿命	6-5
5. その他	6-6

第 7 章 トラブル発生時の対処方法

1. トラブル発生時の対処方法	7-2
2. 故障要因解析図	7-2
3. アラーム要因解析図	7-8

- 第 1 章 -

特長と構造

	目次	ページ
1	IGBT-IPM の特長	1-2
2	パッケージ別 IPM の特長	1-3
3	型式・ロット No.が示す内容	1-5
4	ラインナップ	1-6
5	外形図	1-7
6	構造	1-12

1 IGBT-IPM の特長

IPM(インテリジェント・パワーモジュール)は、IGBT モジュールにドライブ回路と保護回路を内蔵した制御 IC が搭載されたインテリジェント型モジュールで、次の特長を持っています。

1.1 ドライブ回路内蔵

- ・最適に設定された条件で IGBT をドライブします。
- ・ドライブ回路 - IGBT 間配線長が短く、ドライブ回路のインピーダンスが低いため、逆バイアス電源が不要です。
- ・必要となる制御電源は下アーム側 1、上アーム側 3、合計 4 電源です。

1.2 保護回路の内蔵

- ・過電流保護(OC)、短絡保護(SC)、制御電源電圧低下保護(UV)、過熱保護(TjOH)、およびこれらアラームの外部出力(ALM)を内蔵します。
- ・OC、SC は IGBT を過電流、負荷短絡による破壊から保護する機能であり、各 IGBT に内蔵した検出素子によりコレクタ電流を検出して行う為、どの IGBT に発生した異常でも保護可能で、さらにアーム短絡も保護可能です。
- ・UV はドライブ電源の電圧低下に対して動作する保護機能であり、全制御 IC に内蔵しています。
- ・TjOH は各 IGBT チップ上に温度検出素子を設け、チップの異常発熱に対して高速に保護が機能します。
- ・ALM はアラーム信号を外部に出力する機能であり、OC、SC、UV、TjOH の保護動作時に、IPM を制御するマイコンへアラーム信号を出す事により、システムを確実に停止する事が可能です。*1

*1 各 IPM の保護機能は、第 3 章 機能の説明をご参照下さい。

1.3 ブレーキ回路の内蔵(7in1 IPM)

- ・減速時の電力を消費する抵抗を付加する事でブレーキ回路を構成できます。
- ・インバータ部と同様にドライブ回路、保護回路を内蔵します。

1.4 RoHS 規制準拠

- ・V-IPM シリーズでは、全型式において、RoHS 規制に準拠しています。

2 パッケージ別 IPM の特長

2.1 小容量タイプ(下アームのみアラーム出力機能搭載 6in1)

600V 系 20A ~ 50A、1200V 系 10A ~ 25A を小容量タイプとしてラインナップしています。

(P629 パッケージ)

- ・ P629 パッケージ製品は、銅ベースタイプです。放熱性に優れます。
- ・ 制御入力端子は 2.54mm 標準ピッチです。
- ・ 主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ 第 6 世代 IGBT の適応により、 $V_{ce(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフを改善し、トータル損失を低減しています。
- ・ IGBT チップ過熱保護によりチップを異常発熱から保護します。^{*1}
- ・ IGBT 過電流保護は、センス IGBT 方式により検出しています。^{*1}
- ・ R-IPM シリーズ P619 と取付け互換があります。

*1 上アーム側では保護機能はありますが、アラーム出力機能はありません。

2.2 中容量小型タイプ(上下アームアラーム出力機能搭載 6in1)

600V 系 50A ~ 75A、1200V 系 25A ~ 50A を中容量小型タイプとしてラインナップしています。

(P626 パッケージ)

- ・ 制御入力端子は 2.54mm 標準ピッチです。
- ・ 主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・ 第 6 世代 IGBT の適応により、 $V_{ce(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフを改善し、トータル損失を低減しています。
- ・ IGBT チップ過熱保護によりチップを異常発熱から保護します。
- ・ IGBT 過電流保護は、センス IGBT 方式により検出しています。

2.3 中容量薄型タイプ(上下アームアラーム出力機能搭載 6in1、7in1)

600V 系 50A ~ 200A、1200V 系 25A ~ 100A を中容量薄型タイプとしてラインナップしています。

また、600V 系 100A ~ 200A、1200V 系 50A ~ 100A を通常品と高放熱タイプから選択できます。

(P630 パッケージ)

- ・ 制御入力端子は 2.54mm 標準ピッチで、汎用コネクタ並びに半田付けで接続可能です。
ガイドピンによりプリント板用コネクタの挿入も容易です。
- ・ 主端子は M4 ネジです。
- ・ ヒートシンクへの取り付けネジ径は、主端子と共通の M4 です。
- ・ 電氣的接続はすべてネジ及びコネクタで、半田付けの必要がなく、取り外しも容易です。

- ・第6世代 IGBT の適応により、 $V_{ce(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフを改善し、トータル損失を低減しています。
- ・IGBT チップ過熱保護によりチップを異常発熱から保護します。
- ・IGBT 過電流保護は、センス IGBT 方式により検出しています。

2.4 大容量タイプ(上下アームアラーム出力機能搭載 6in1、7in1)

600V 系 200A～400A、1200V 系 100A～200A を大容量タイプとしてラインナップしています。

(P631 パッケージ)

- ・主電源入力(P1,P2,N1,N2)、ブレーキ入力(B)、及び出力端子(U,V,W)が各々近接して配置され、メイン配線が容易なパッケージ構造です。P1 及び P2、N1 及び N2 端子は、内部で接続されています。
- ・主端子は M5 ネジにより、大電流接続が確実に行えます。
- ・ヒートシンクへの取り付けネジ径は主端子と共通の M5 です。
- ・電氣的接続はすべてネジ及びコネクタで、半田付けの必要がなく、取り外しも容易です。
- ・第6世代 IGBT の適応により、 $V_{ce(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフを改善し、トータル損失を低減しています。
- ・IGBT チップ過熱保護によりチップを異常発熱から保護します。
- ・IGBT 過電流保護は、センス IGBT 方式により検出しています。
- ・R-IPM シリーズ P612 と取付け互換があります(制御端子部分は除く)。

2.5 中容量小型タイプ(上下アームアラーム出力機能搭載 6in1、7in1)

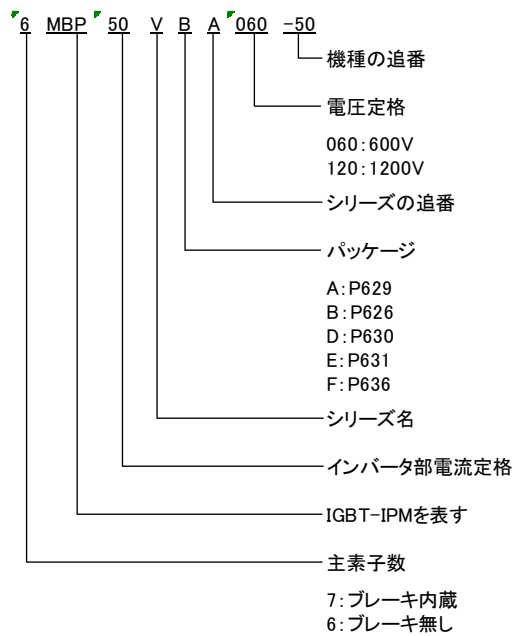
600V 系 50A～100A、1200V 系 25A～50A を中容量小型タイプとしてラインナップしています。

(P636 パッケージ)

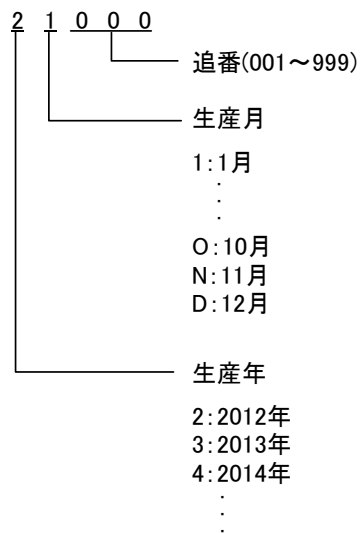
- ・制御入力端子は 2.54mm 標準ピッチです。
- ・主端子形状が平型端子形状で、制御入力端子と同一高さである為、同一プリント板で半田付け接続可能です。
- ・フタ上面に高さの異なる2種類の突起を設けており、ベース面から装置制御プリント板までの高さを 17.0mm、18.5mm から選択できます。(図 1-12 参照)
- ・第6世代 IGBT の適用により、 $V_{ce(sat)}$ とスイッチング損失のトレードオフを改善し、トータル損失を低減しています。
- ・IGBT チップ過熱保護によりチップを異常発熱から保護します。
- ・IGBT 過電流保護は、センス IGBT 方式により検出しています。

3 型式・ロット No.が示す内容

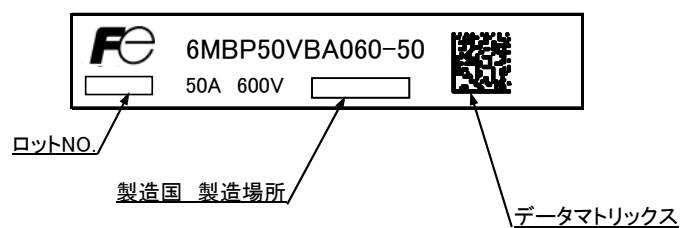
・形式



・ロット No.



・ラベル



4 ラインナップ

600V系

パッケージ 電流定格	P629	P626	P630	P631	P636
20A	6MBP20VAA060-50	-	-	-	-
30A	6MBP30VAA060-50	-	-	-	-
50A	6MBP50VAA060-50	6MBP50VBA060-50	7/6MBP50VDA060-50	-	7/6MBP50VFN060-50
75A	-	6MBP75VBA060-50	7/6MBP75VDA060-50	-	7/6MBP75VFN060-50
100A	-	-	7/6MBP100VDA060-50 7/6MBP100VDN060-50	-	7/6MBP100VFN060-50
150A	-	-	7/6MBP150VDA060-50 7/6MBP150VDN060-50	-	-
200A	-	-	7/6MBP200VDA060-50 7/6MBP200VDN060-50	7/6MBP200VEA060-50	-
300A	-	-	-	7/6MBP300VEA060-50	-
400A	-	-	-	7/6MBP400VEA060-50	-

注) 7/6MBP***VDN060-50は高放熱タイプです。

1200V系

パッケージ 電流定格	P629	P626	P630	P631	P636
10A	6MBP10VAA120-50	-	-	-	-
15A	6MBP15VAA120-50	-	-	-	-
25A	6MBP25VAA120-50	6MBP25VBA120-50	7/6MBP25VDA120-50	-	7/6MBP25VFN120-50
35A	-	6MBP35VBA120-50	7/6MBP35VDA120-50	-	7/6MBP35VFN120-50
50A	-	6MBP50VBA120-50	7/6MBP50VDA120-50 7/6MBP50VDN120-50	-	7/6MBP50VFN120-50
75A	-	-	7/6MBP75VDA120-50 7/6MBP75VDN120-50	-	-
100A	-	-	7/6MBP100VDA120-50 7/6MBP100VDN120-50	7/6MBP100VEA120-50	-
150A	-	-	-	7/6MBP150VEA120-50	-
200A	-	-	-	7/6MBP200VEA120-50	-

注) 7/6MBP***VDN120-50は高放熱タイプです。

5 外形図

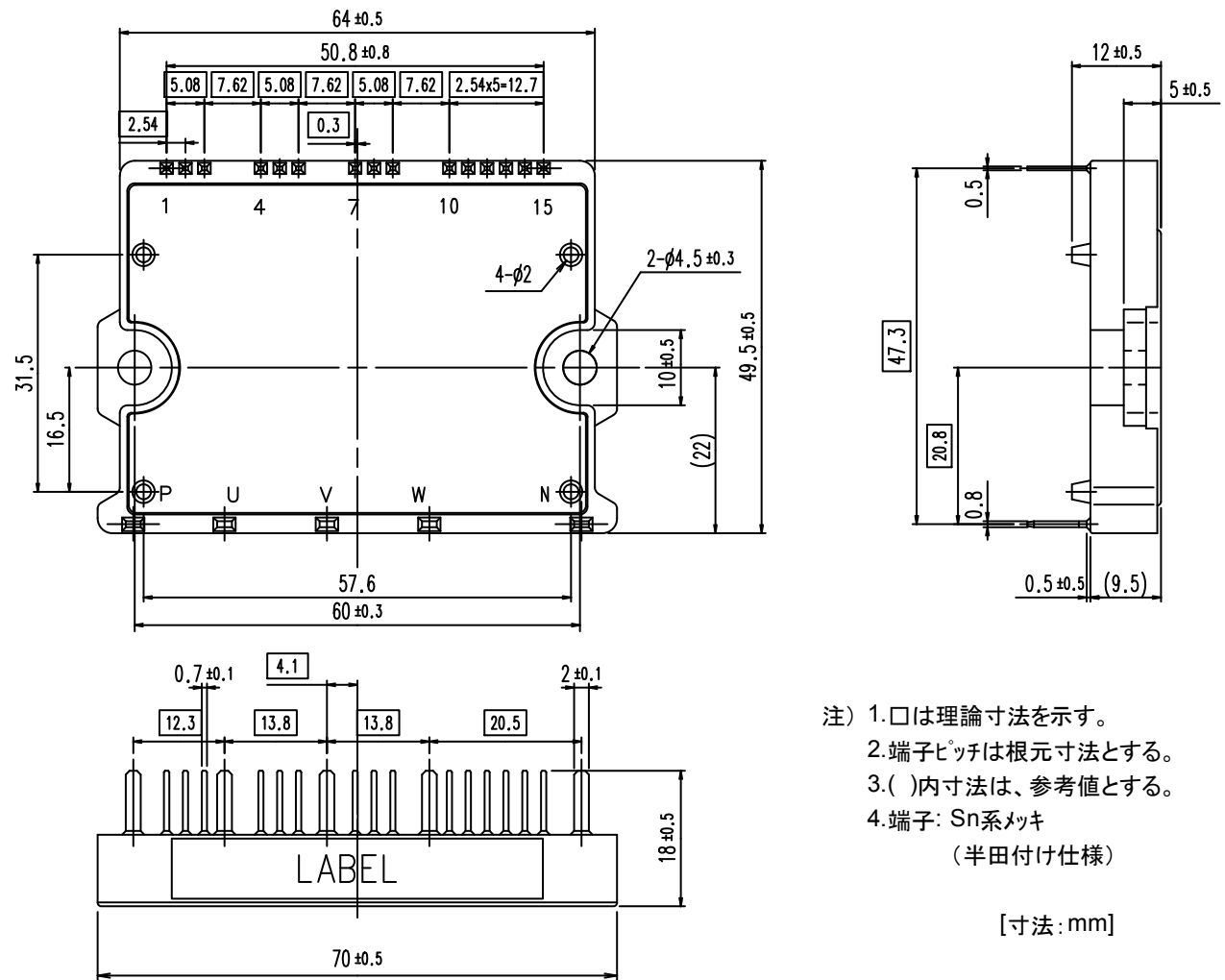


図 1-1 外形図 (P629)

対象型式: 6MBP20VAA060-50、6MBP30VAA060-50、6MBP50VAA060-50
 6MBP10VAA120-50、6MBP15VAA120-50、6MBP25VAA120-50

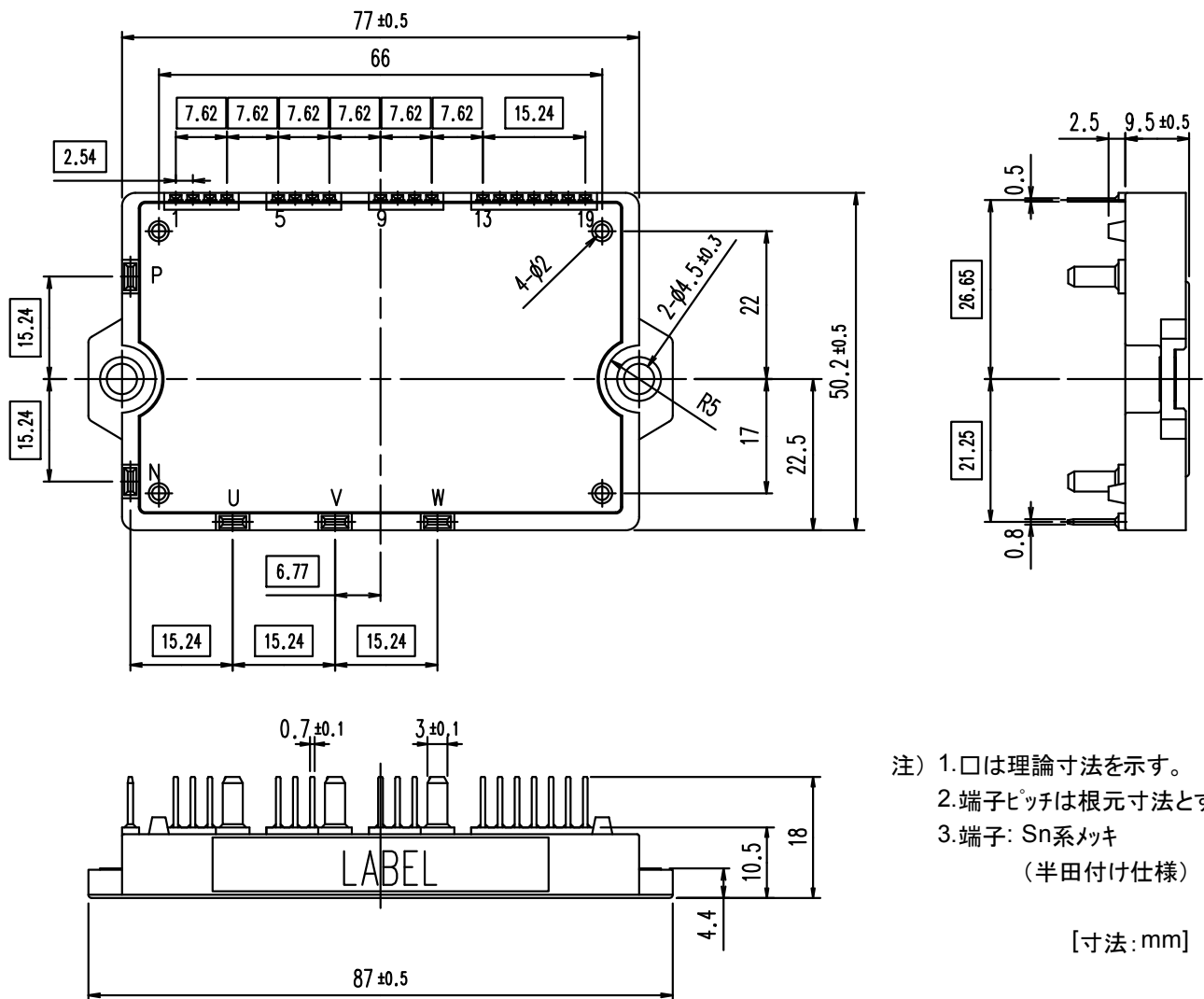
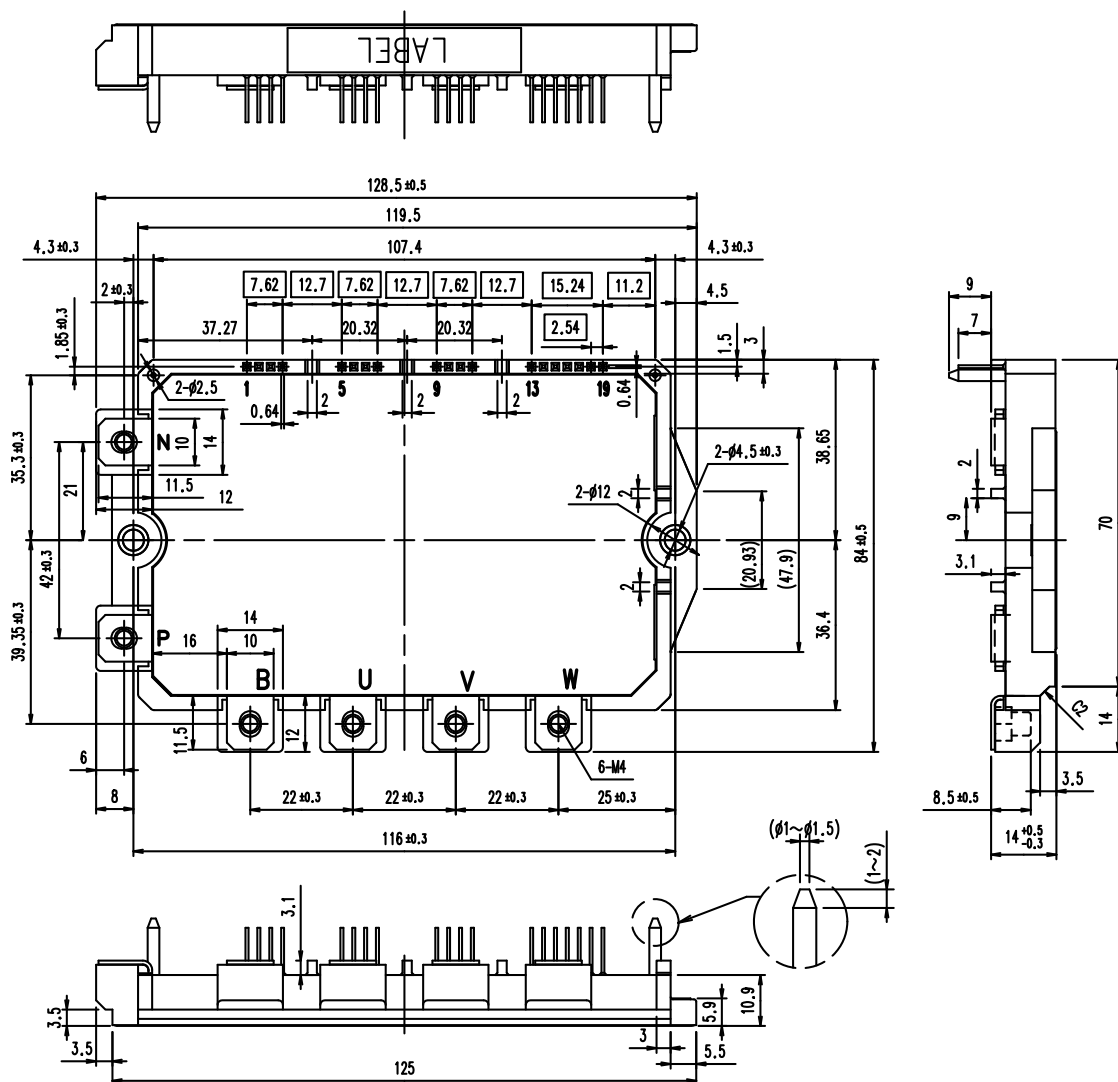


図 1-2 外形図 (P626)

対象型式: 6MBP50VBA060-50、6MBP75VBA060-50

6MBP25VBA120-50、6MBP35VBA120-50、6MBP50VBA120-50



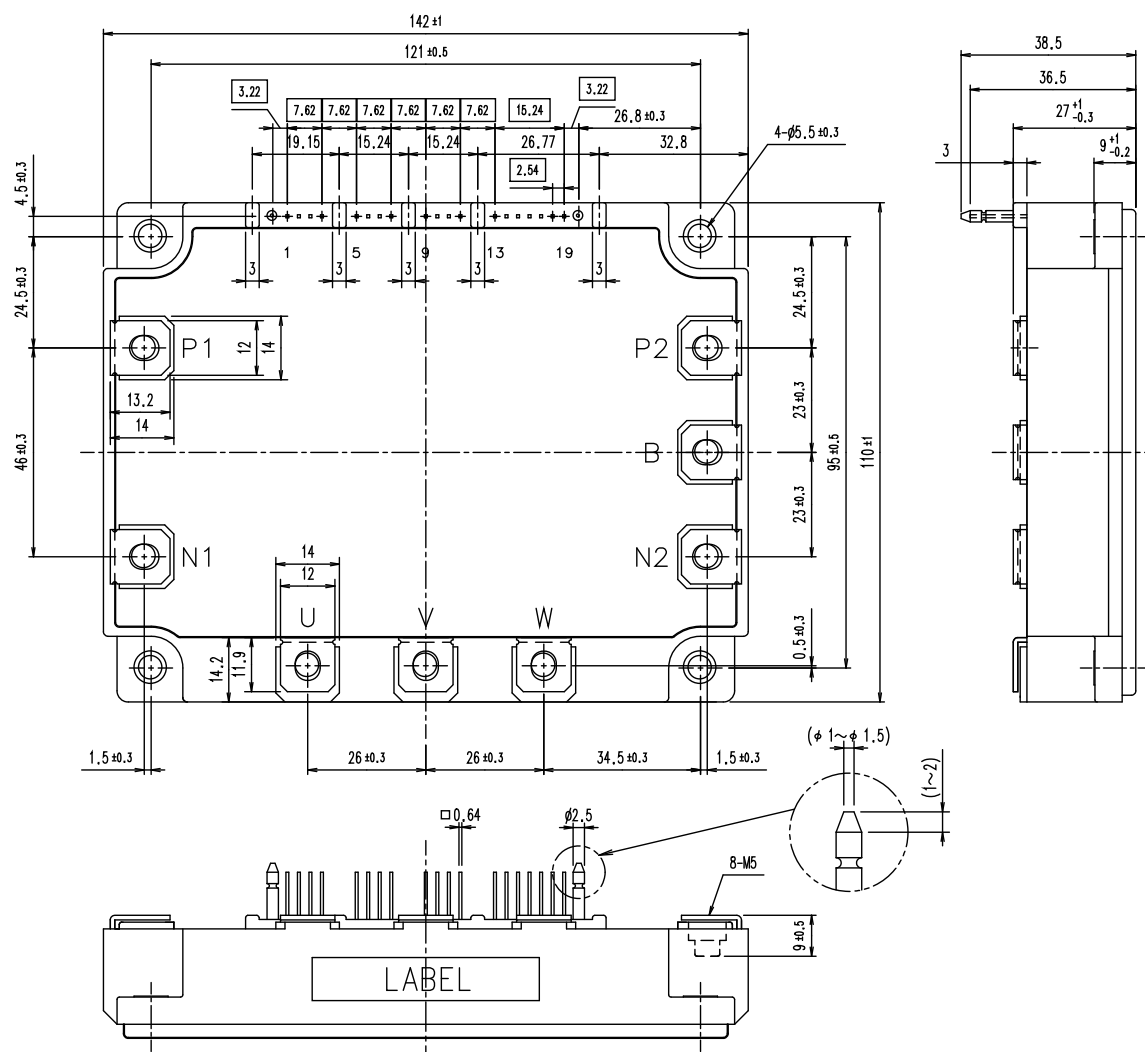
- 注) 1. □は理論寸法を示す。
 2. 端子ピッチは根元寸法とする。
 3. ()内寸法は、参考値とする。
 4. 主端子: Niメッキ
 制御端子: 下地Ni+表面Auメッキ
 (コネクタ、半田付け仕様)
 5. 制御端子両側にあるガイドピンは、黄銅(しんちゅう)です。
 (内部は、絶縁されており、どの部分にも接続されていません。)

[寸法:mm]

図 1-3 外形図 (P630)

対象型式:

7/6MBP50VDA060-50、7/6MBP75VDA060-50、7/6MBP100VDA060-50、7/6MBP100VDN060-50、7/6MBP150VDA060-50
 7/6MBP150VDN060-50、7/6MBP200VDA060-50、7/6MBP200VDN060-50、7/6MBP25VDA120-50、7/6MBP35VDA120-50
 7/6MBP50VDA120-50、7/6MBP50VDN120-50、7/6MBP75VDA120-50、7/6MBP75VDN120-50、7/6MBP100VDA120-50
 7/6MBP100VDN120-50

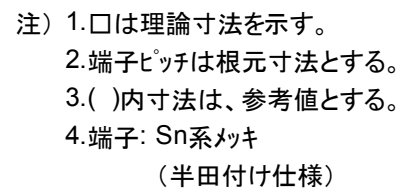


- 注) 1.口は理論寸法を示す。
 2.端子ピッチは根元寸法とする。
 3.()内寸法は、参考値とする。
 4.主端子: Niメッキ
 制御端子: 下地Ni+表面Auメッキ
 (コネクタ、半田付け仕様)
 5.制御端子両側にあるガイドピンは、黄銅(しんちゅう)です。
 (内部は、絶縁されており、どの部分にも接続されていません。)

[寸法:mm]

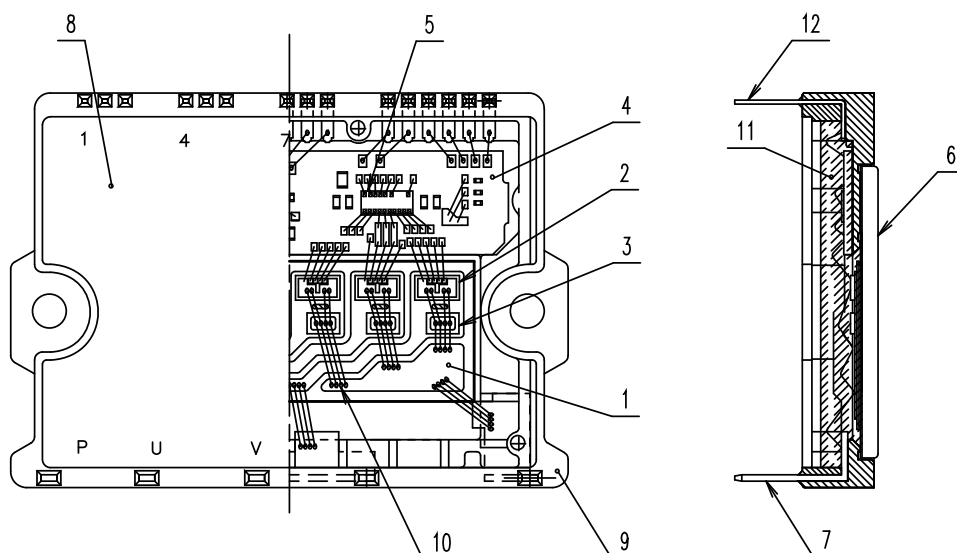
図 1-4 外形図 (P631)

対象型式 : 7/6MBP200VEA060-50、7/6MBP300VEA060-50、7/6MBP400VEA060-50
 7/6MBP100VEA120-50、7/6MBP150VEA120-50、7/6MBP200VEA120-50



对象型式：7/6MBP50VFN060-50、7/6MBP75VFN060-50、7/6MBP100VFN060-50
7/6MBP25VFN120-50、7/6MBP35VFN120-50、7/6MBP50VFN120-50

6 構造

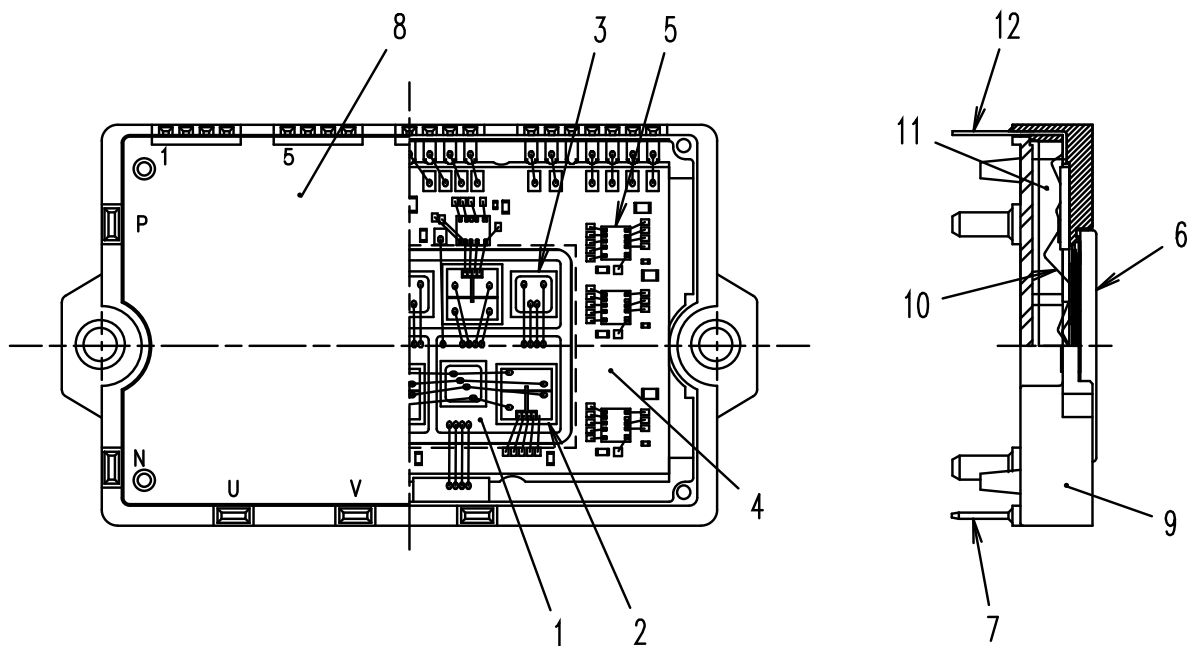


※本図は、材料説明のための図であり、正確なチップサイズやレイアウトを表記したものではありません。

No.	部品名	材料(主)	備考
1	絶縁基板	セラミック	
2	IGBT チップ	シリコン	
3	FWD チップ	シリコン	
4	プリント基板 (PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
5	IC チップ	シリコン	
6	ベース	銅	ニッケルメッキ
7	主端子	銅	下地: ニッケルメッキ 表面: すずー銅メッキ
8	フタ	PPS樹脂	UL 94V-0
9	ケース	PPS樹脂	UL 94V-0
10	ワイヤー	アルミニウム	
11	ゲル	シリコーン樹脂	
12	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: すずー銅メッキ

*1: 鉛ガラスは、RoHS対象外。

図 1-6 構造 (P629)

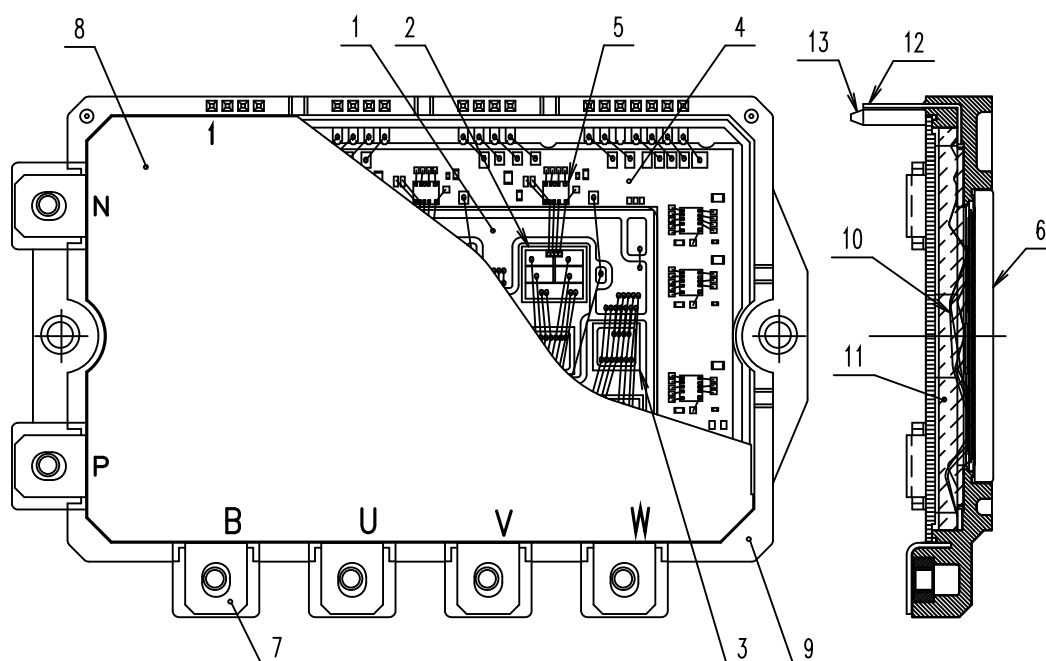


※ 本図は、材料説明のための図であり、正確なチップサイズやレイアウトを表記したものではありません。

No.	部品名	材料(主)	備考
1	絶縁基板	セラミック	
2	IGBT チップ	シリコン	
3	FWD チップ	シリコン	
4	プリント基板 (PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
5	IC チップ	シリコン	
6	ベース	銅	ニッケルメッキ
7	主端子	銅	下地: ニッケルメッキ 表面: すずー銅メッキ
8	フタ	PPS樹脂	UL 94V-0
9	ケース	PPS樹脂	UL 94V-0
10	ワイヤー	アルミニウム	
11	ゲル	シリコーン樹脂	
12	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: すずー銅メッキ

*1: 鉛ガラスは、RoHS対象外。

図 1-7 構造 (P626)

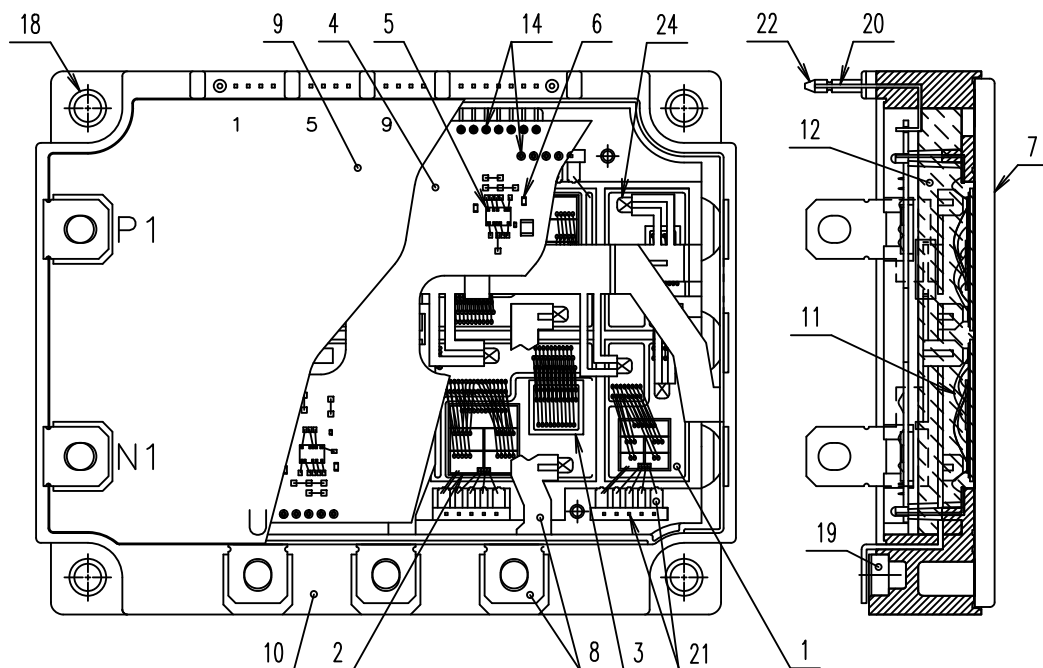


※本図は、材料説明のための図であり、正確なチップサイズやレイアウトを表記したものではありません。

No.	部品名	材料(主)	備考
1	絶縁基板	セラミック	
2	IGBT チップ	シリコン	
3	FWD チップ	シリコン	
4	プリント基板 (PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
5	IC チップ	シリコン	
6	ベース	銅	ニッケルメッキ
7	主端子	銅	表面: ニッケルメッキ
8	フタ	PPS樹脂	UL 94V-0
9	ケース	PPS樹脂	UL 94V-0
10	ワイヤー	アルミニウム	
11	ゲル	シリコーン樹脂	
12	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: 金メッキ
13	ガイドピン	黄銅(しんちゅう)	

*1: 鉛ガラスは、RoHS対象外。

図 1-8 構造 (P630)

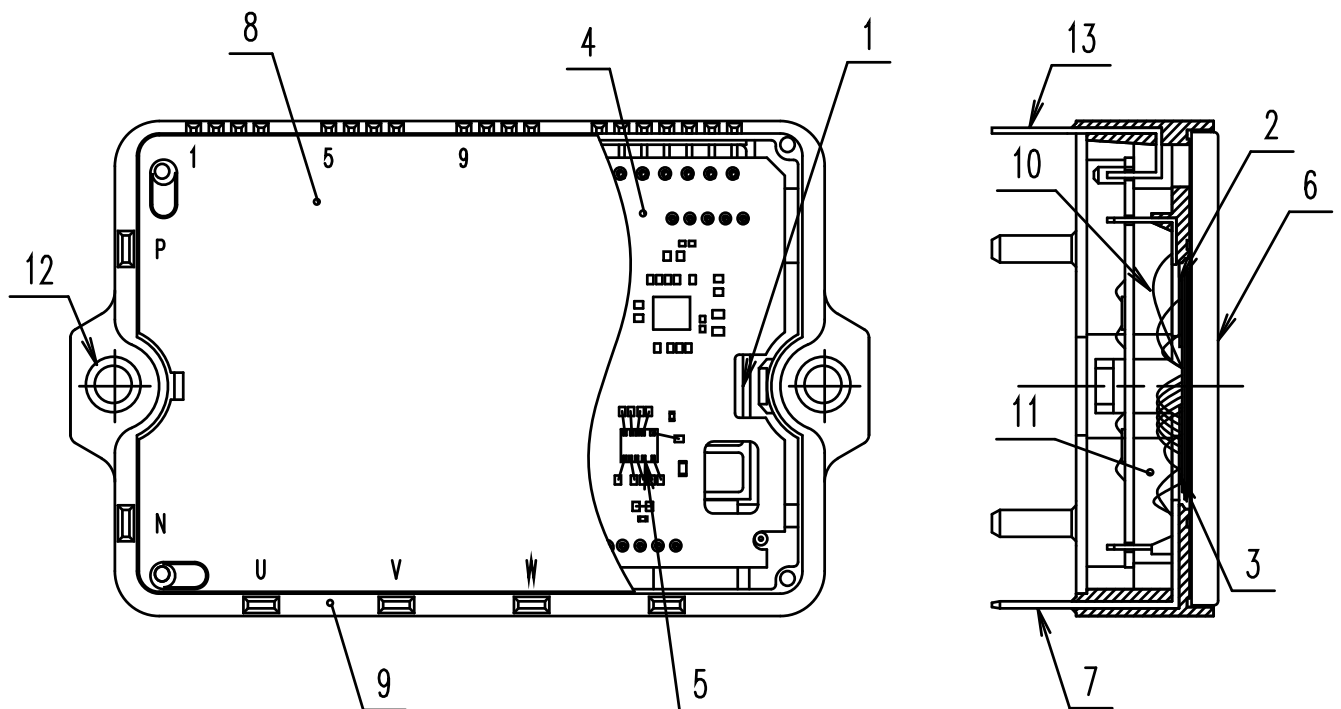


※本図は、材料説明のための図であり、正確なチップサイズやレイアウトを表記したものではありません。

No.	部品名	材料(主)	備考
1	絶縁基板	セラミック	
2	IGBT チップ	シリコン	
3	FWD チップ	シリコン	
4	プリント基板 (PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
5	IC チップ	シリコン	
6	ベース	銅	ニッケルメッキ
7	主端子	銅	表面: ニッケルメッキ
8	フタ	PPS樹脂	UL 94V-0
9	ケース	PPS樹脂	UL 94V-0
10	ワイヤー	アルミニウム	
11	ゲル	シリコーン樹脂	
12	制御端子	黄銅(しんちゅう)	下地: ニッケルメッキ 表面: 金メッキ
13	ガイドピン	黄銅(しんちゅう)	

*1: 鉛ガラスは、RoHS対象外。

図 1-9 構造 (P631)



※ 本図は、材料説明のための図であり、正確なチップサイズやレイアウトを表記したものではありません。

No.	部品名	材料(主)	備考
1	絶縁基板	セラミック	
2	IGBT チップ	シリコン	
3	FWD チップ	シリコン	
4	プリント基板 (PCB)	ガラスエポキシ	ハロゲンフリー
5	IC チップ	シリコン	
6	ベース	銅	ニッケルメッキ
7	主端子	銅	表面: すず系メッキ
8	フタ	PBT樹脂	UL 94V-0
9	ケース	PPS樹脂	UL 94V-0
10	ワイヤー	アルミニウム	
11	ゲル	シリコーン樹脂	
12	リング	SUS	
13	制御端子	黄銅(しんちゅう)	表面: すず系メッキ

図 1-10 構造 (P636)

・IPMの主端子（ネジタイプ）

主端子部の構造を以下に示します。

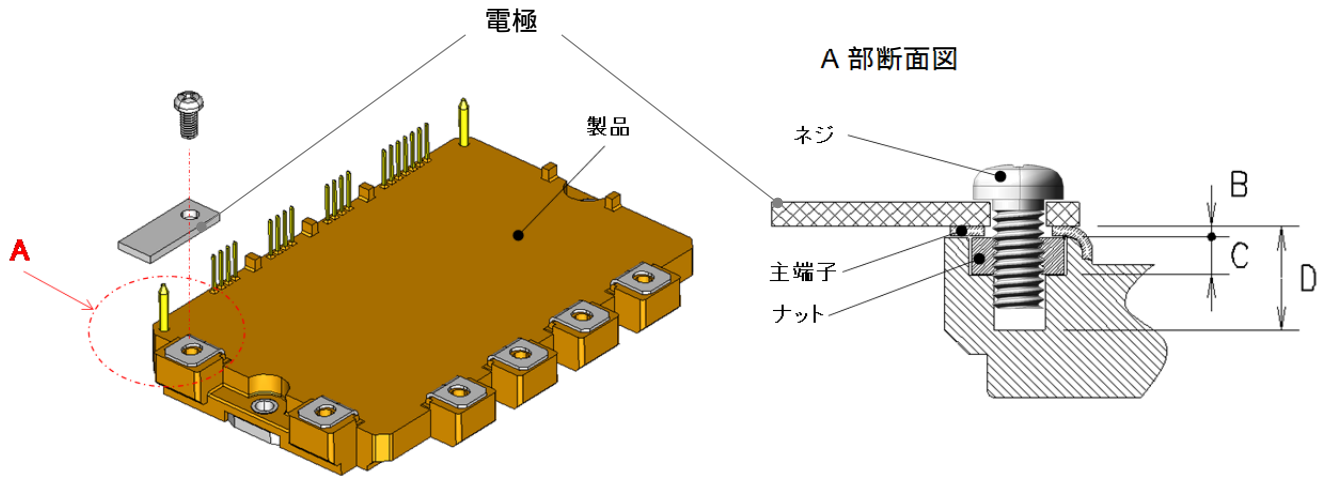


図 1-11 IPMの主端子部の構造（例 P630）

表 1-1 IPM 主端子部の仕様

PKG	ネジ規格	主端子 厚さ(B)	ナット部 深さ(C)	ネジ部 深さ(D)
P630	M4	0.8	3.5	8.5±0.5
P631	M5	1	4	9.0±0.5

〔単位：mm〕

・IPMのガイドピン

P630 及び P631 の制御端子部の両側にあるガイドピンは黄銅（しんちゅう）です。内部は絶縁されており、どの部分にも接続されていません。

・ P636 パッケージ フタ上面の突起高さについて

P636 のフタ上面突起の活用方法を変える事により、突起部で支える装置制御プリント板高さを IPM 底面から 17.0mm ・ 18.5mm の2種類から選択する事が可能です。

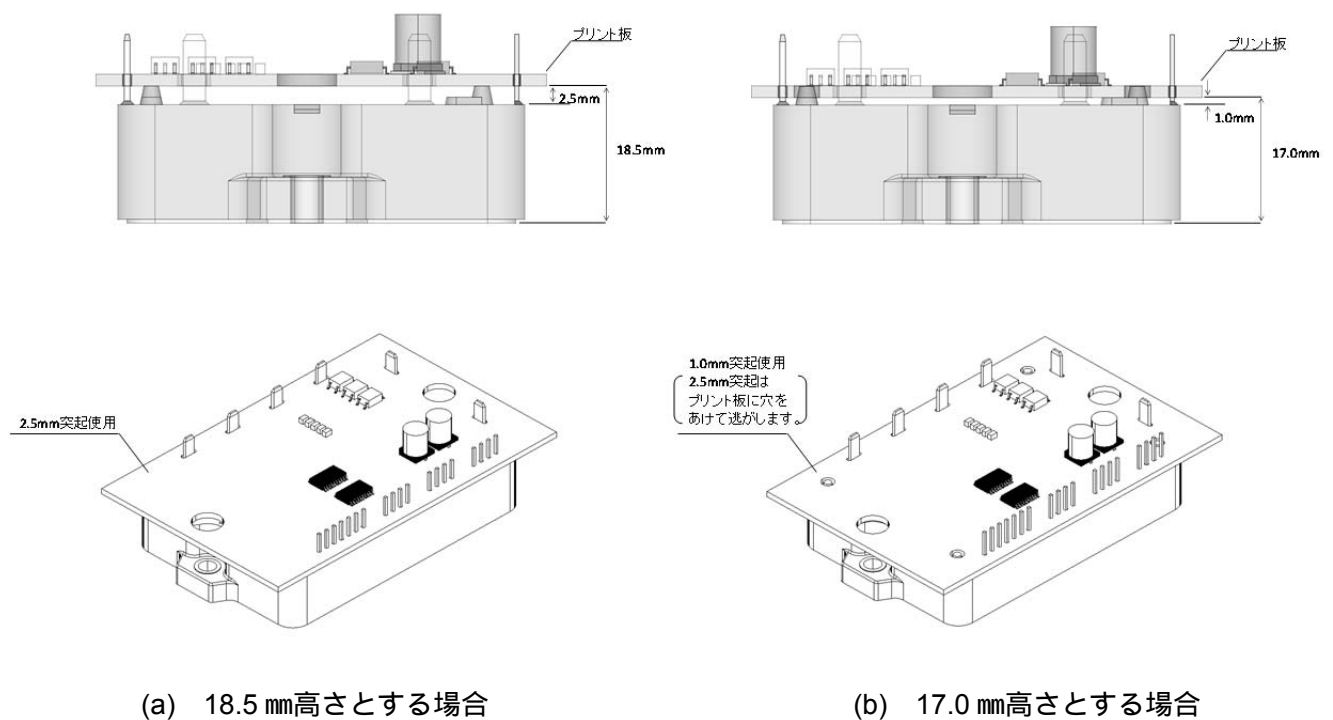


図 1-12 突起高さ活用方法

- 第 2 章 -

端子記号、用語の説明

	目次	ページ
1	端子記号の説明	2-2
2	用語の説明	2-3

1 端子記号の説明

主端子

端子記号	内 容
P (P1、P2) N (N1、N2)	インバータ装置の整流コンバータ平滑後の主電源Vdc入力端子 P: +側、N: -側
B	ブレーキ入力端子: 減速時に回生動作用抵抗電流を入力する端子
U V W	三相インバータ出力端子

* P1、P2、N1、N2 端子は P631 パッケージのみ。

制御端子

端子記号	P629	P626 P630 P636	P631	内 容
GND U	①	①	①	上アームU相の制御電源Vcc入力
Vcc U	③	④	③	Vcc U: +側、GND U: -側
Vin U	②	③	②	上アームU相の制御信号入力
ALM U	—	②	④	保護回路動作時の上アームU相のアラーム出力
GND V	④	⑤	⑤	上アームV相の制御電源Vcc入力
Vcc V	⑥	⑧	⑦	Vcc V: +側、GND V: -側
Vin V	⑤	⑦	⑥	上アームV相の制御信号入力
ALM V	—	⑥	⑧	保護回路動作時の上アームV相のアラーム出力
GND W	⑦	⑨	⑨	上アームW相の制御電源Vcc入力
Vcc W	⑨	⑫	⑪	Vcc W: +側、GND W: -側
Vin W	⑧	⑪	⑩	上アームW相の制御信号入力
ALM W	—	⑩	⑫	保護回路動作時の上アームW相のアラーム出力
GND	⑩	⑬	⑬	下アーム共通の制御電源Vcc入力
Vcc	⑪	⑭	⑭	Vcc : +側、GND : -側
Vin X	⑫	⑯	⑯	下アームX相の制御信号入力
Vin Y	⑬	⑰	⑰	下アームY相の制御信号入力
Vin Z	⑭	⑱	⑱	下アームZ相の制御信号入力
Vin DB	—	⑮	⑮	下アームブレーキ相の制御信号入力
ALM	⑮	⑲	⑲	保護回路動作時の下アームのアラーム信号ALM出力

* P626 の ピンは no contact です。

* P636(6in1)、P631(6in1)、P630(6in1)の ピンは no contact です。

2 用語の説明

2.1 絶対最大定格

用語	記号	内容
電源電圧	V_{DC}	PN端子間に印加できる直流電源電圧
電源電圧(短絡時)	V_{SC}	短絡・過電流保護可能なPN端子間直流電源電圧
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CES}	内蔵するIGBTチップのコレクタ・エミッタ間最大電圧及び、FWDチップの繰返しピーク逆電圧(ブレーキ部はIGBTのみ)
コレクタ電流	I_C	IGBTチップに許容される最大直流コレクタ電流
	I_{CP}	IGBTチップに許容される最大パルスコレクタ電流
	$-I_C$	FWDチップに許容される最大直流順電流
FWD順電流	I_F	ブレーキ部FWDチップに許容される最大直流順電流
コレクタ損失	P_C	IGBTチップ1素子で消費できる電力の最大値 $T_c=25^{\circ}\text{C}$ の時、 $T_j=150^{\circ}\text{C}$ となる損失
制御電源電圧	V_{CC}	V_{CC} -GND端子間に印加できる電圧
入力電圧	V_{in}	V_{in} -GND端子間に印加できる電圧
アラーム印加電圧	V_{ALM}	ALM-GND端子間に印加できる電圧
アラーム出力電流	I_{ALM}	ALM-GND端子間に流せる電流の最大値
チップ接合部温度	T_j	IGBT、FWDチップが連続動作できるチップ接合温度の最大値
動作時ケース温度	T_{opr}	電氣的動作ができるケース温度範囲(ケース温度 T_c 測定点を図5-4に示す。)
保存温度	T_{stg}	電氣的負荷をかけずに保存または輸送できる周囲温度の範囲
半田温度	T_{sol}	半田付け時の最大温度
絶縁耐圧	V_{iso}	全端子を短絡した状態で、端子と冷却体取付け面間に許容される正弦波電圧の最大実効値
締付けトルク	端子	- 所定のネジで、端子と外部配線を接続する際の最大トルク
	取付	- 所定のネジで、素子を冷却体(ヒートシンク)に取付ける際の最大トルク

2.2 電氣的特性

2.2.1 主回路

用語	記号	内容
コレクタ・エミッタ間遮断電流	I_{CES}	全入力信号HでIGBTのコレクタとエミッタ間に指定の電圧を印加した時の漏れ電流
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	測定対象素子の入力信号のみをL(=0V)、他の全素子の入力をHとした時、コレクタ電流を流した時のコレクタ・エミッタ間電圧
ダイオード順電圧	V_F	全入力信号Hで、ダイオードに電流を流した時の順方向電圧
ターンオン時間	t_{on}	入力信号が入力閾値電圧 $V_{inH(on)}$ を下回ってから、コレクタ電流が所要電流の90%以上になるまでの時間。図2-1に示す。
ターンオフ時間	t_{off}	入力信号が入力閾値電圧 $V_{inH(off)}$ を上回ってから、コレクタ電流が減少する接線上で所要電流の10%以下になるまでの時間。図2-1に示す。
立下り時間	t_f	IGBTターンオフ時にコレクタ電流が所要電流の90%から、減少する電流の接線上で10%以下になるまでの時間 図2-1に示す。
逆回復時間	t_{rr}	内蔵ダイオードの逆回復電流が減少する接線上で消滅するまでに要する時間 図2-1に示す。
デッドタイム	t_{dead}	上下アーム入力信号休止期間。図2-5に示す。

2.2.2 制御回路

用語	記号	内容
制御電源消費電流	I _{ccp}	上アーム側 制御電源V _{cc} -GND間に流れる電流
	I _{ccn}	下アーム側 制御電源V _{cc} -GND間に流れる電流
入力閾値電圧	V _{inth(on)}	制御ICが入力電圧をON信号と認識できる電圧
	V _{inth(off)}	制御ICが入力電圧をOFF信号と認識できる電圧

2.2.3 保護回路

用語	記号	内容
過電流保護動作電流	I _{oc}	過電流保護(OC)動作するIGBTコレクタ電流
過電流遮断遅れ時間	t _{doc}	過電流保護トリップから保護開始までの遅れ時間。図2-3に示す
短絡保護動作電流	I _{sc}	短絡保護(SC)動作するIGBTコレクタ電流
短絡保護遅れ時間	t _{sc}	短絡保護トリップから保護開始までの遅れ時間。図2-4に示す
チップ過熱保護温度	T _{jOH}	IGBTチップ接合部温度T _j が過熱して、IGBTを遮断するトリップ温度
チップ過熱保護	T _{jH}	保護動作後、出力停止がリセットされるまでに必要な降下温度
ヒステリシス		
制御電源電圧低下保護電圧	V _{UV}	制御電源電圧V _{cc} が低下して、IGBTをソフト遮断するトリップ電圧
制御電源電圧低下保護	V _H	保護動作後、出力停止がリセットされるまでに必要な復帰電圧
ヒステリシス		
アラーム出力保持時間	t _{ALM(OC)}	過電流保護(OC)動作によるアラーム信号出力パルス幅
	t _{ALM(UV)}	制御電源電圧低下保護(UV)動作によるアラーム信号出力パルス幅
	t _{ALM(TjOH)}	チップ過熱保護(TjOH)動作によるアラーム信号出力パルス幅
アラーム出力抵抗	R _{ALM}	アラーム端子に直列に接続された内蔵抵抗の値 フォトプラ1次側順電流を制限する

2.3 熱特性

用語	記号	内容
チップ・ケース間熱抵抗	R _{th(j-c)Q}	IGBTのチップ・ケース間の熱抵抗
	R _{th(j-c)D}	ダイオードのチップ・ケース間の熱抵抗
ケース・フィン間熱抵抗	R _{th(c-f)}	サーマル・コンパウンドを用いて推奨トルク値にて冷却体に取り付けた状態でのケース・冷却体間の熱抵抗
ケース温度	T _c	IPMのケース温度(IGBTあるいはダイオード直下の銅ベース下面の温度)

2.4 ノイズ耐量

用語	記号	内容
コモンモードノイズ	-	弊社テスト回路におけるコモンモードノイズ耐量

2.5 その他

用語	記号	内容
質量	W _t	IPM単体の重量
スイッチング周波数	f _{sw}	制御信号入力端子に入力できる制御信号周波数範囲
逆回復電流	I _{rr}	逆回復電流のピーク値。図2-1に示す
逆バイアス安全動作領域	RBSOA	ターンオフ時に指定の条件にてIGBTを遮断できる電流と電圧の領域 この領域を越えて使用すると、素子が破壊する可能性があります
スイッチング損失	E _{on}	ターンオン時のIGBTスイッチング損失
	E _{off}	ターンオフ時のIGBTスイッチング損失
	Err	逆回復時のFWDスイッチング損失
逆電圧	V _R	ブレーキ部FRDチップの繰返しピーク逆電圧
入力電流	I _{in}	V _{in} -GND端子に流せる電流の最大値

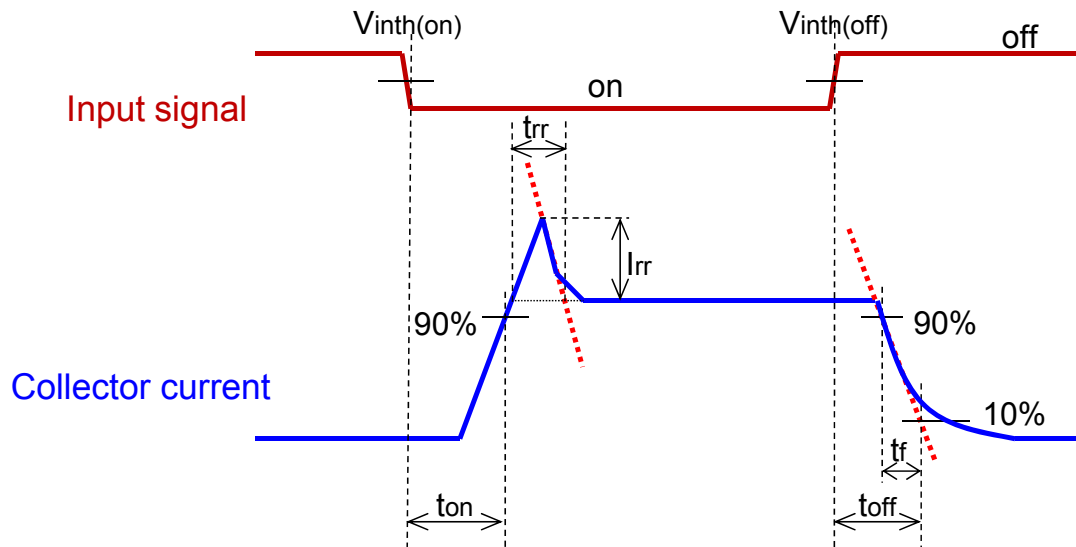


図 2 - 1 スイッチング時間

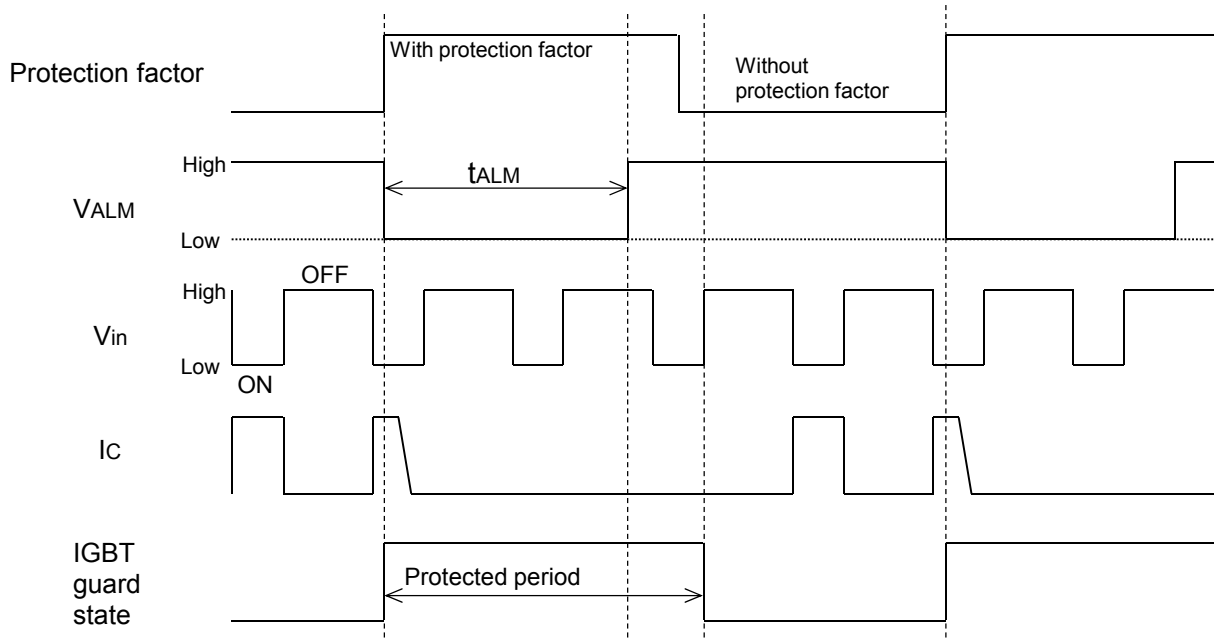


図 2 - 2 アラーム出力保持時間 (t_{ALM})

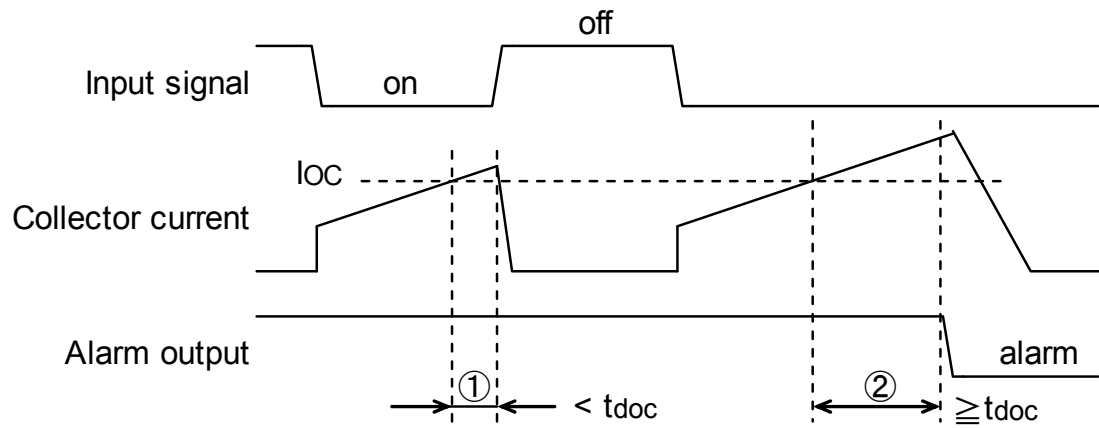


図 2 - 3 過電流遮断遅れ時間 (t_{doc})

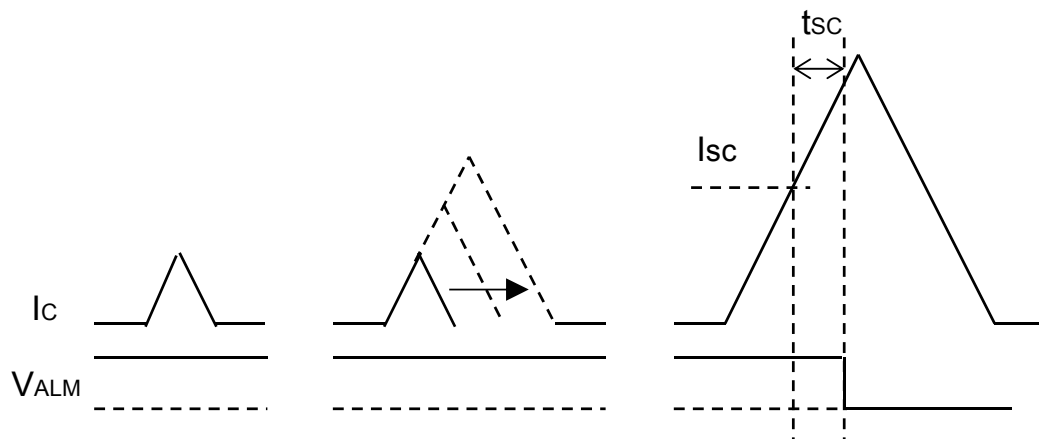


図 2 - 4 短絡保護遅れ時間 (t_{sc})

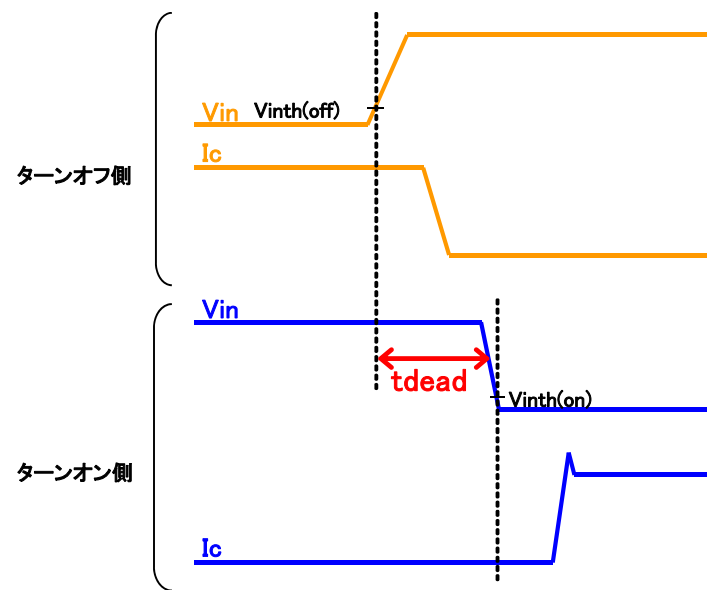


図 2 - 5 デッドタイム

- 第 3 章 -

機能の説明

	目次	ページ
1	機能一覧表	3-2
2	機能の説明	3-4
3	真理値表	3-9
4	IPM ブロック図	3-11
5	タイミングチャート	3-17

1 機能一覧表

V-IPM に内蔵する機能を表 3-1、3-2 に示します。

表 3-1 IPM 内蔵機能 600V 系

素子数	型式	内蔵機能						パッケージ
		Drive	上下アーム共通 UV	TjOH	OC / SC	上アーム ALM	下アーム ALM	
6 in 1	6MBP20VAA060-50	○	○	○	○	-	○	P629
	6MBP30VAA060-50	○	○	○	○	-	○	
	6MBP50VAA060-50	○	○	○	○	-	○	
	6MBP50VBA060-50	○	○	○	○	○	○	P626
	6MBP75VBA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VDA060-50	○	○	○	○	○	○	P630
	6MBP75VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP150VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP150VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP200VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP200VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP200VEA060-50	○	○	○	○	○	○	P631
	6MBP300VEA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP400VEA060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VFN060-50	○	○	○	○	○	○	P636
	6MBP75VFN060-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VFN060-50	○	○	○	○	○	○	
7 in 1	7MBP50VDA060-50	○	○	○	○	○	○	P630
	7MBP75VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP150VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP150VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP200VDA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP200VDN060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP200VEA060-50	○	○	○	○	○	○	P631
	7MBP300VEA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP400VEA060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP50VFN060-50	○	○	○	○	○	○	P636
	7MBP75VFN060-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VFN060-50	○	○	○	○	○	○	

Drive: IGBT 駆動回路、UV: 制御電源電圧低下保護、TjOH: 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

表 3-2 IPM 内蔵機能 1200V 系

素子数	型式	内蔵機能						パッケージ
		Drive	UV	TjOH	OC / SC	上アーム ALM	下アーム ALM	
6 in 1	6MBP10VAA120-50	○	○	○	○	-	○	P629
	6MBP15VAA120-50	○	○	○	○	-	○	
	6MBP25VAA120-50	○	○	○	○	-	○	
	6MBP25VBA120-50	○	○	○	○	○	○	P626
	6MBP35VBA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VBA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP25VDA120-50	○	○	○	○	○	○	P630
	6MBP35VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP75VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP75VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP100VEA120-50	○	○	○	○	○	○	P631
	6MBP150VEA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP200VEA120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP25VFN120-50	○	○	○	○	○	○	P636
	6MBP35VFN120-50	○	○	○	○	○	○	
	6MBP50VFN120-50	○	○	○	○	○	○	
7 in 1	7MBP25VDA120-50	○	○	○	○	○	○	P630
	7MBP35VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP50VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP50VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP75VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP75VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VDA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VDN120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP100VEA120-50	○	○	○	○	○	○	P631
	7MBP150VEA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP200VEA120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP25VFN120-50	○	○	○	○	○	○	P636
	7MBP35VFN120-50	○	○	○	○	○	○	
	7MBP50VFN120-50	○	○	○	○	○	○	

Drive: IGBT 駆動回路、UV: 制御電源電圧低下保護、TjOH: 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

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下さい。

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 のコレクタ電極が B 端子として外部に出力されています。ブレーキ抵抗を P - B 端子間に接続して、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。

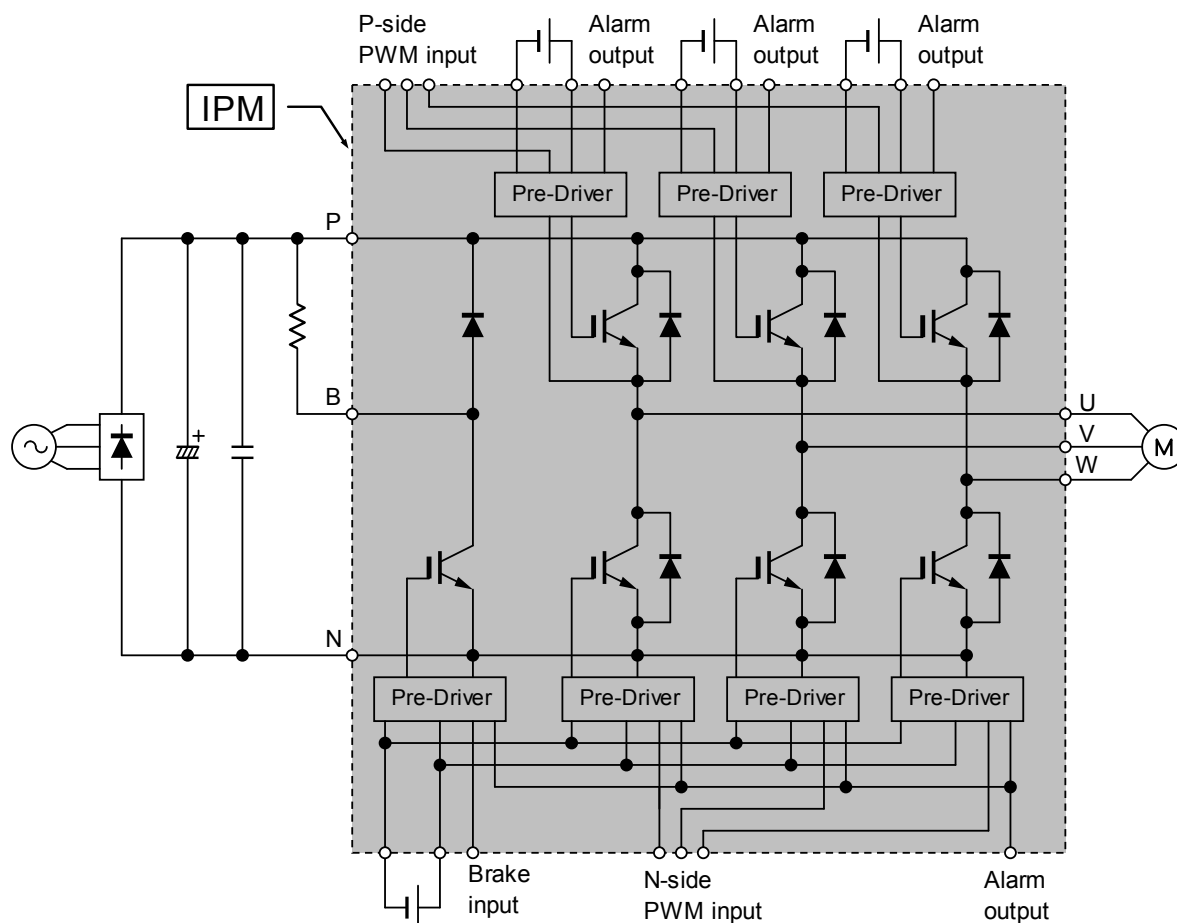


図 3-1 3 相インバータ適用例（例：7MBP200VDA060-50 ブレーキ内蔵）

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、ゲート抵抗値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。

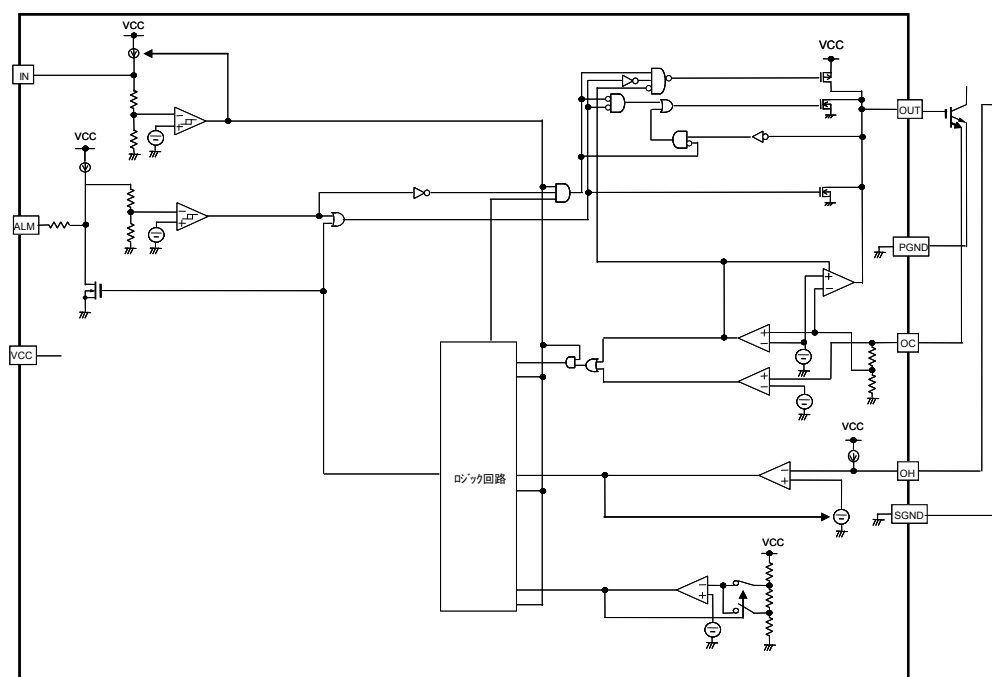


図 3-2 Pre-Driver ブロック図 (例: 7MBP200VDA060-50)

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)、TjOH(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、制御 IC とアラーム出力端子間に直列に 1.3K Ω の抵抗を内蔵しているため、ALM 端子と Vcc 端子との間に接続するフォトカブラを直接駆動できます。

□ アラーム信号出力機能

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。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出力が可能です。

- ・ アラーム信号出力期間(tALM)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(tALM)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(tALM)までは保護動作が継続するため、IGBT は動作しません。アラーム信号出力期間(tALM)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、下アーム側はブレーキを含め各相についてアラーム間相互接続しているため、下アーム側が保護動作すると保護動作期間は下アーム全 IGBT がソフト遮断して動作を停止します。

* P629 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(tALM)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 (tALM)
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(TjOH)	8ms (typ.)

ただし、アラーム用フォトカブラの 2 次側におけるアラーム信号出力時間は、フォトカブ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 の順方向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}) 以上の電流が約 $5\mu s$ (t_{DOC}) 期間連続して流れると、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 状態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})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 の順方向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 t_{DSC} 期間連続して流れると、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 状態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})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 $20\mu s$ 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 状態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})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 (TjOH)

TjOH 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 チップ温度を直接検出します。保護レベル(TjOH)を約 1.0ms 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、TjOH 保護機能により素子の破壊を防ぎます。TjOH 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 状態のアラーム信号出力期間(tALM)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(tALM)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 (tALM)内にアラーム要因が解消された場合でも、約 8ms (tALM)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 (tALM)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、旧シリーズに内蔵されていたケース温度過熱保護機能(TcOH)は、本 V シリーズでは内蔵されていません。TjOH 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。

3 真理値表

故障発生時の真理値表を、表 3-3 ～ 3-5 に示します。

表 3-3 真理値表 (P629)

	アラーム要因	IGBT				アラーム信号出力
		U 相	V 相	W 相	下アーム側	ALM-Low side
U 相	OC	OFF	*	*	*	High
	SC	OFF	*	*	*	High
	UV	OFF	*	*	*	High
	TjOH	OFF	*	*	*	High
V 相	OC	*	OFF	*	*	High
	SC	*	OFF	*	*	High
	UV	*	OFF	*	*	High
	TjOH	*	OFF	*	*	High
W 相	OC	*	*	OFF	*	High
	SC	*	*	OFF	*	High
	UV	*	*	OFF	*	High
	TjOH	*	*	OFF	*	High
下アーム側 X、Y、Z 相	OC	*	*	*	OFF	Low
	SC	*	*	*	OFF	Low
	UV	*	*	*	OFF	Low
	TjOH	*	*	*	OFF	Low

* 入力信号に依存

表 3-4 真理値表 (P626)

	アラーム要因	IGBT				アラーム信号出力			
		U 相	V 相	W 相	下アーム側	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
	TjOH	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
	TjOH	*	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
	TjOH	*	*	OFF	*	High	High	Low	High
下アーム側 X、Y、Z 相	OC	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	SC	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	UV	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	TjOH	*	*	*	OFF	High	High	High	Low

* 入力信号に依存

表 3-5 真理値表 (P630、P631、P636)

	アラーム要因	IGBT				アラーム信号出力			
		U 相	V 相	W 相	下アーム側	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
	TjOH	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
	TjOH	*	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
	TjOH	*	*	OFF	*	High	High	Low	High
下アーム側 X、Y、Z、B 相	OC	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	SC	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	UV	*	*	*	OFF	High	High	High	Low
	TjOH	*	*	*	OFF	High	High	High	Low

* 入力信号に依存

4 IPM ブロック図

IPM ブロック図を、図 3-3 ~ 3-10 に示します。

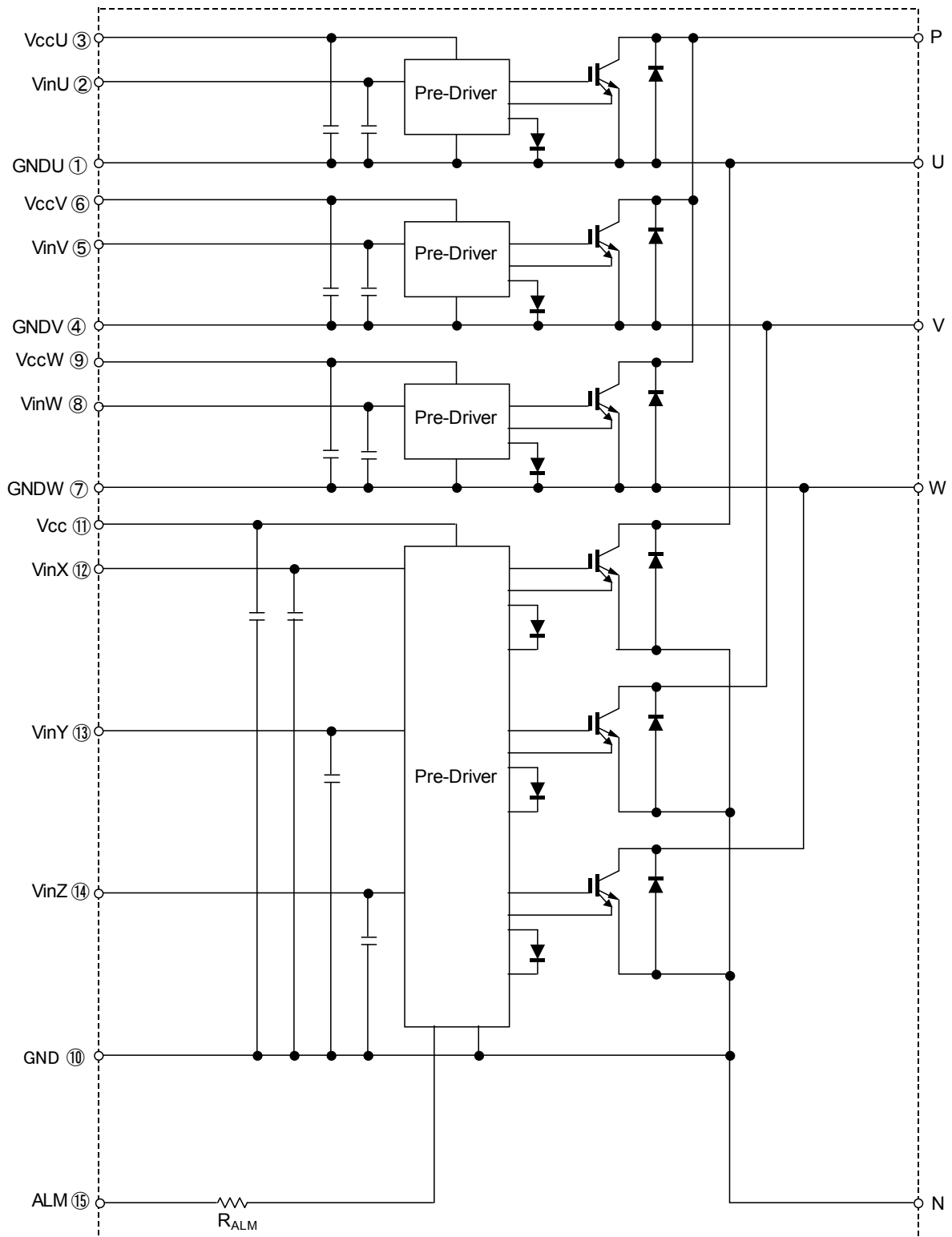


図 3-3 IPM ブロック図(P629)

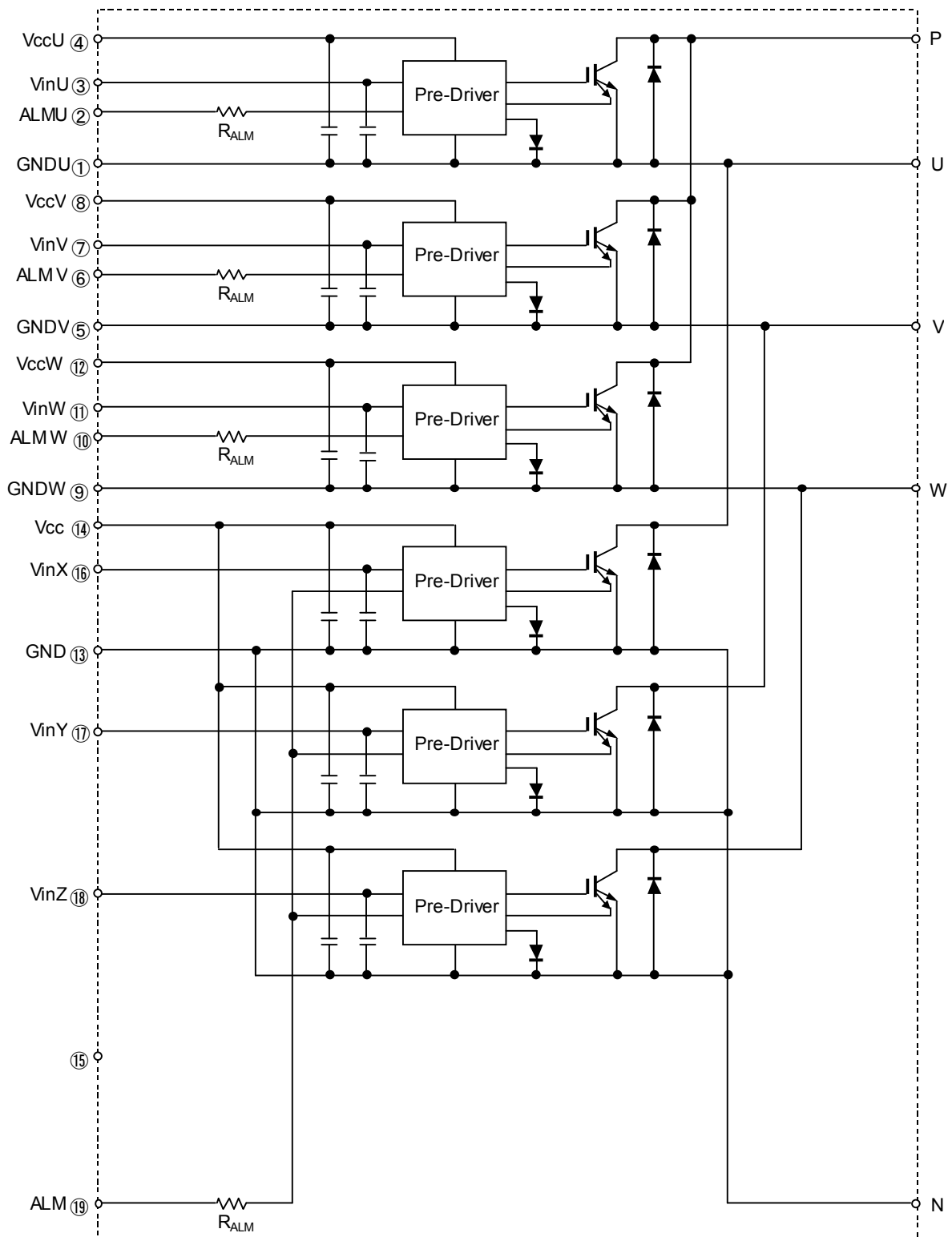


図 3-4 IPM ブロック図(P626)

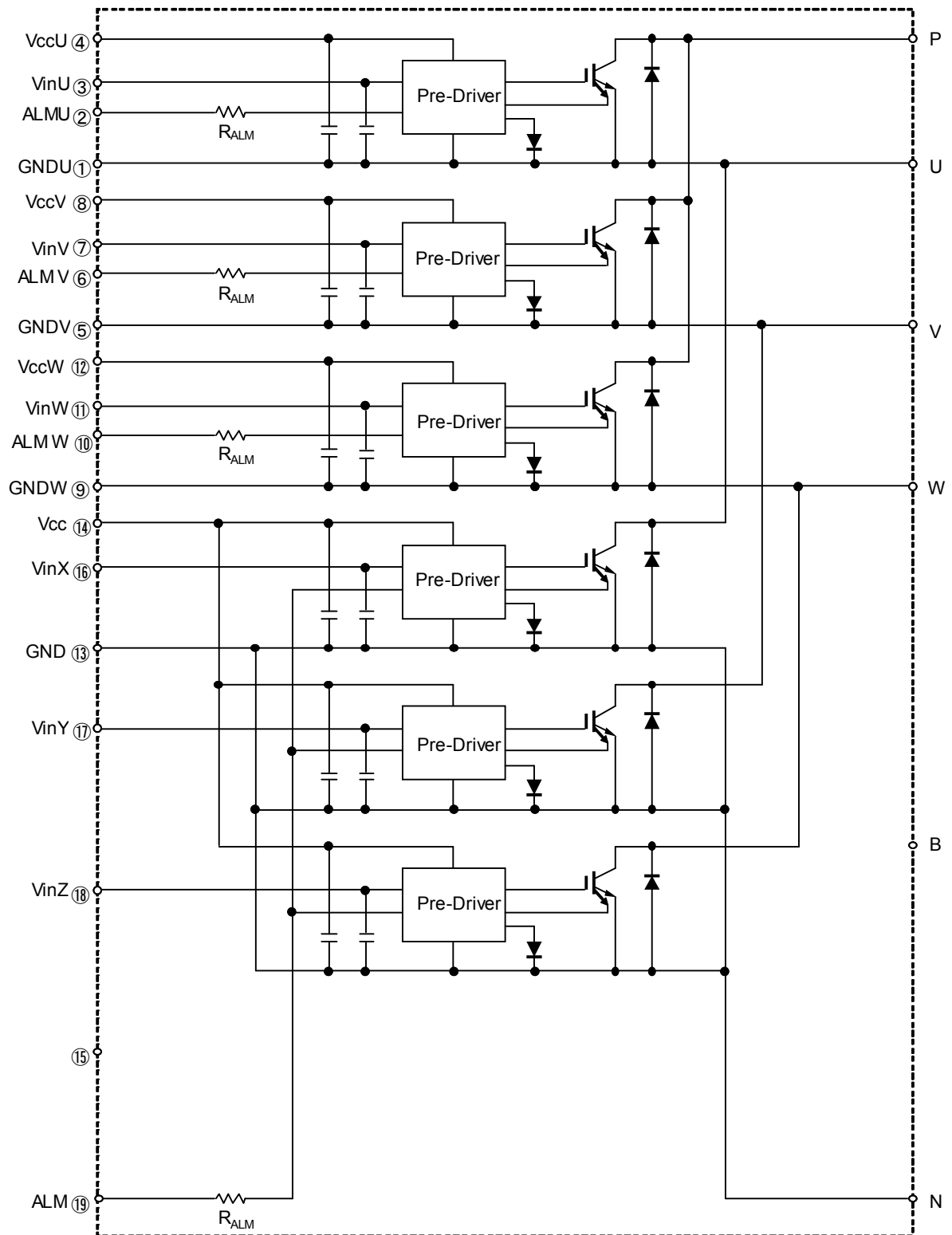


図 3-5 IPM ブロック図(P630 ブレーキなし)

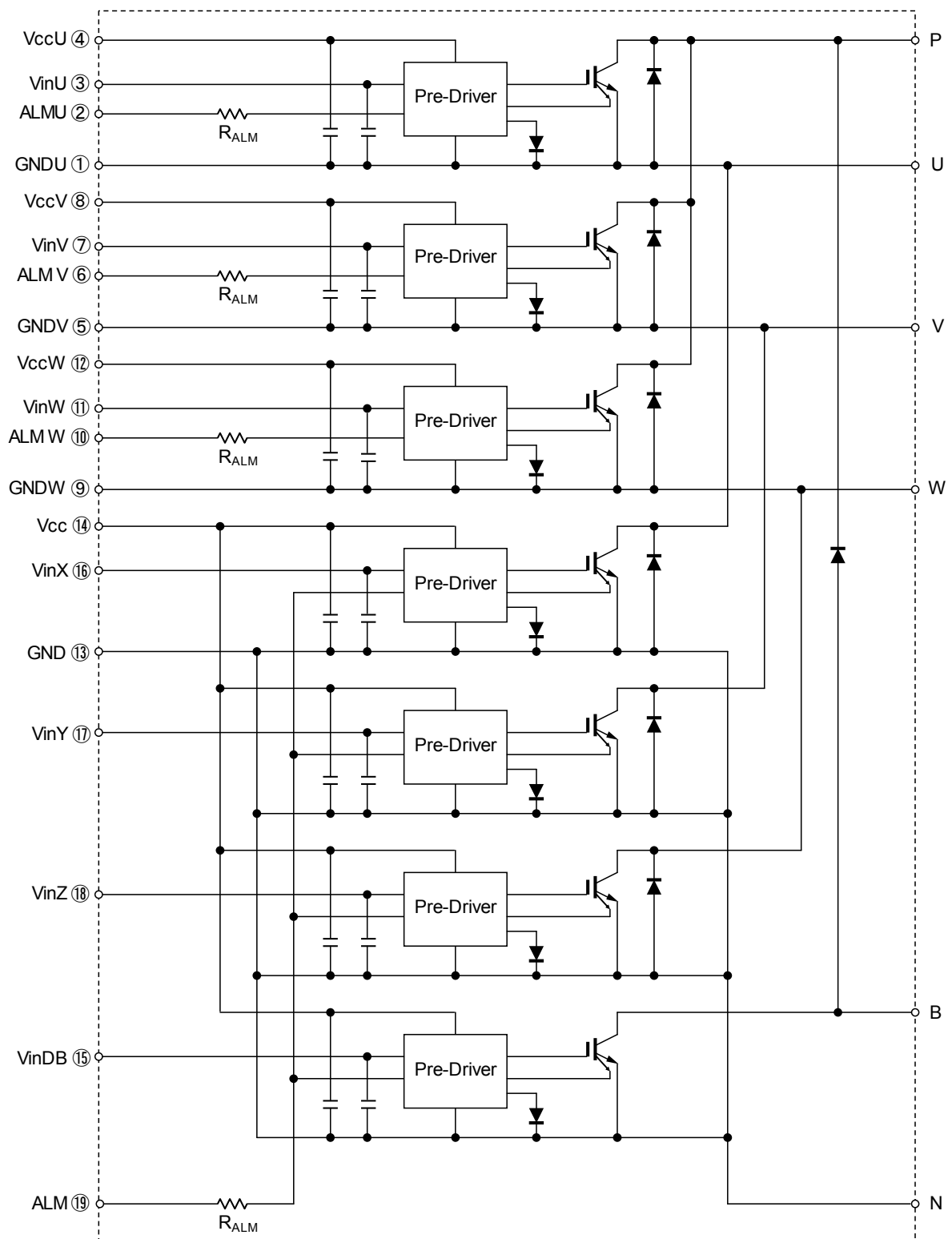


図 3-6 IPM ブロック図(P630 ブレーキ内蔵)

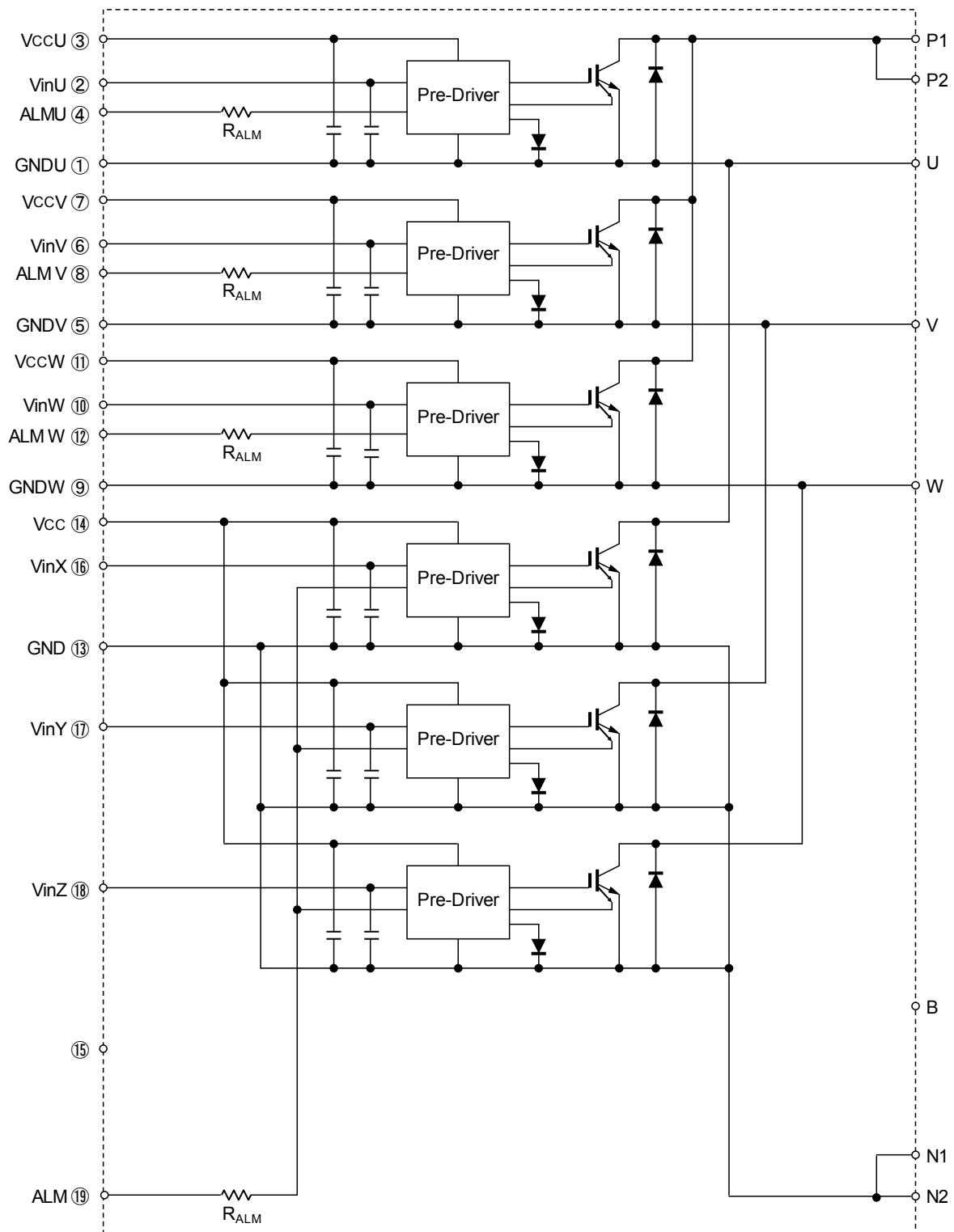


図 3-7 IPM ブロック図(P631 ブレーキなし)

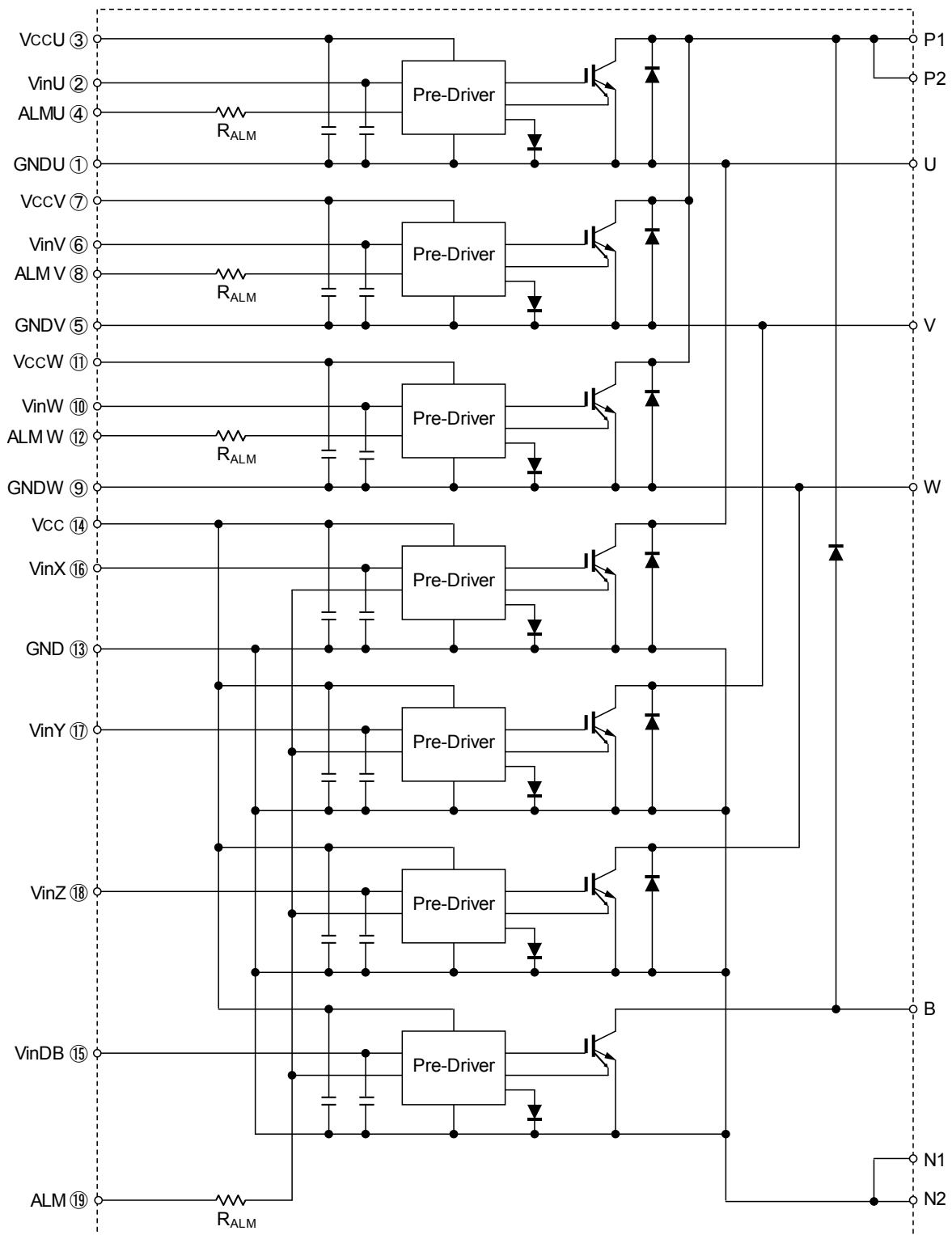


図 3-8 IPM ブロック図(P631 プレーキ内蔵)

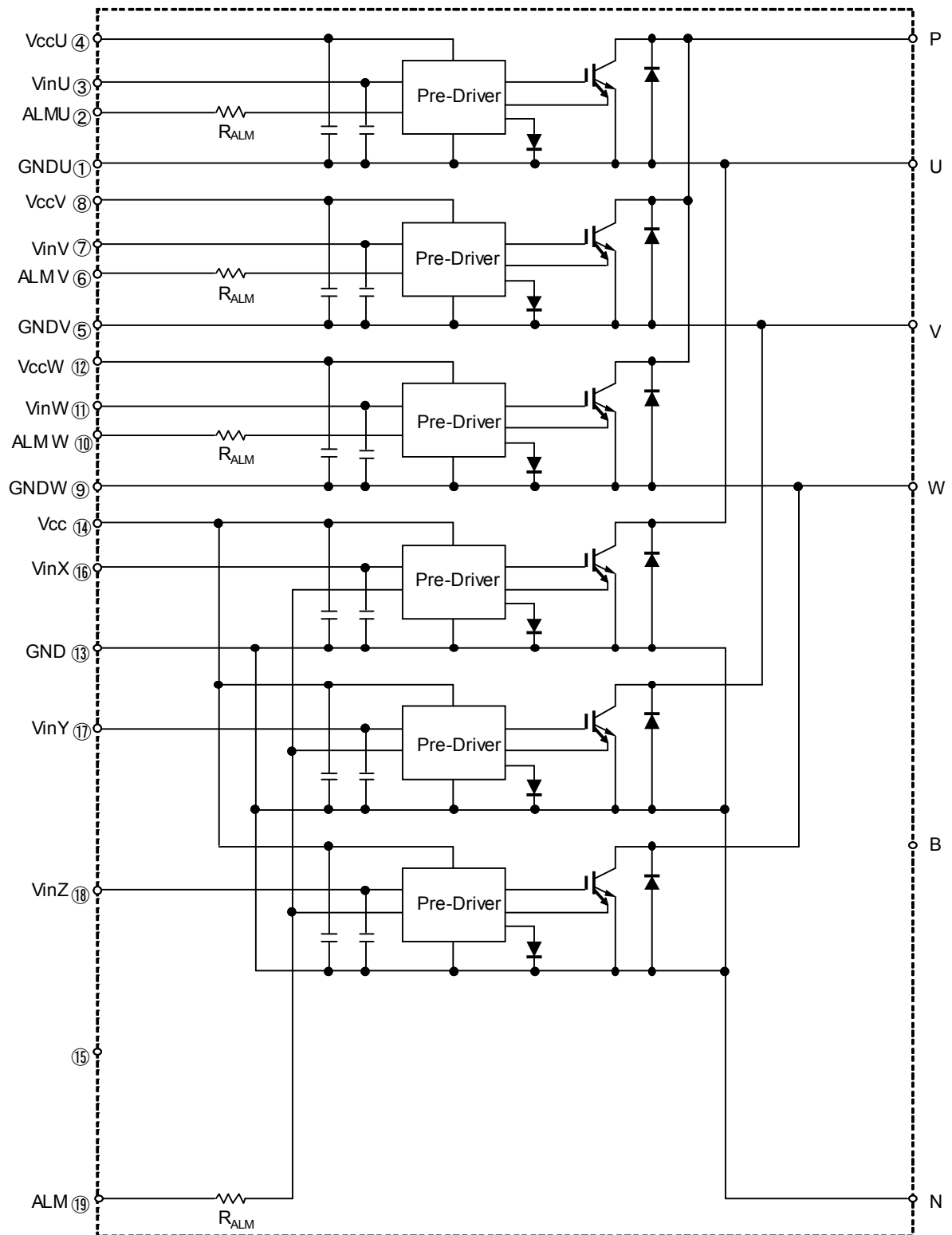


図 3-9 IPM ブロック図(P636 ブレーキなし)

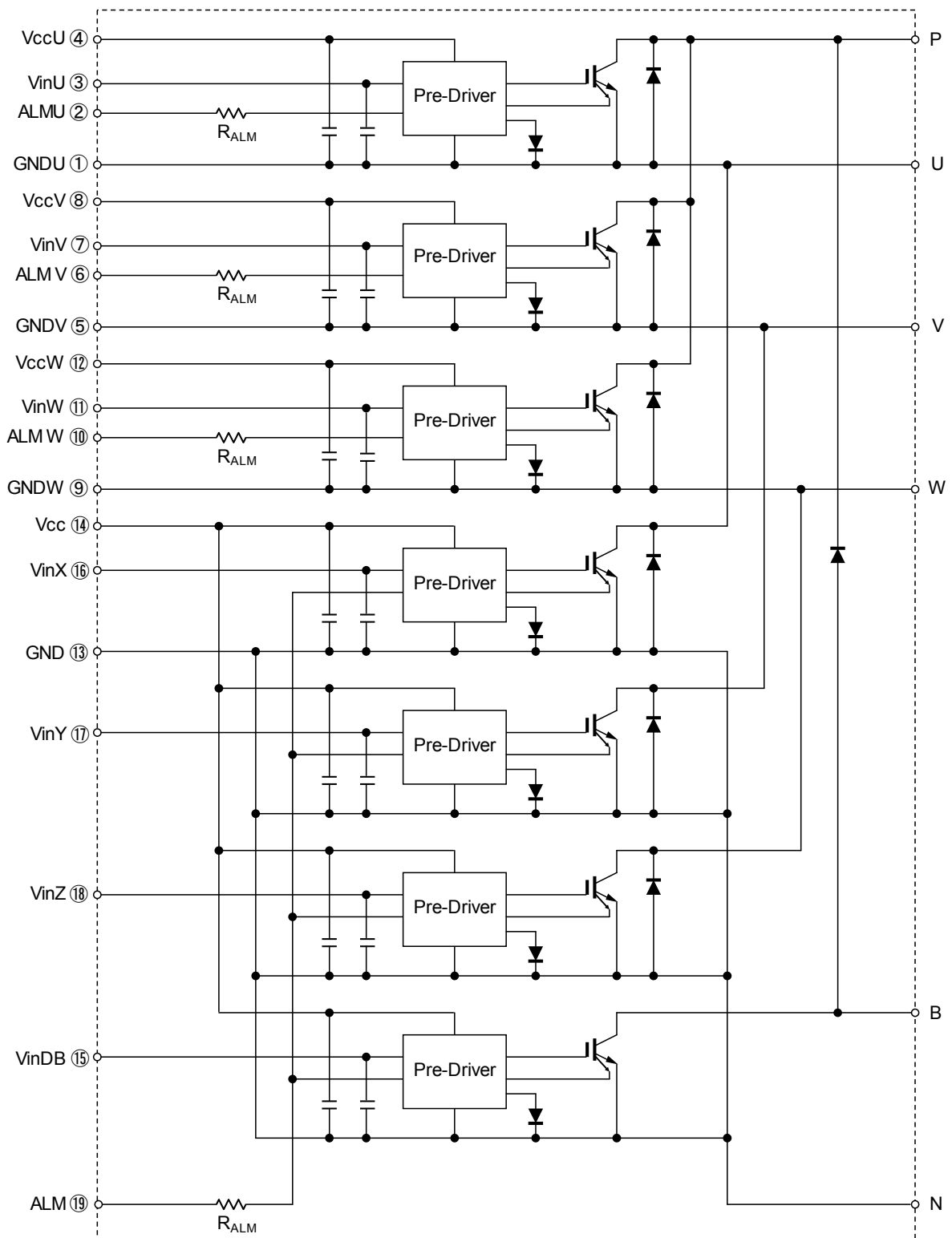
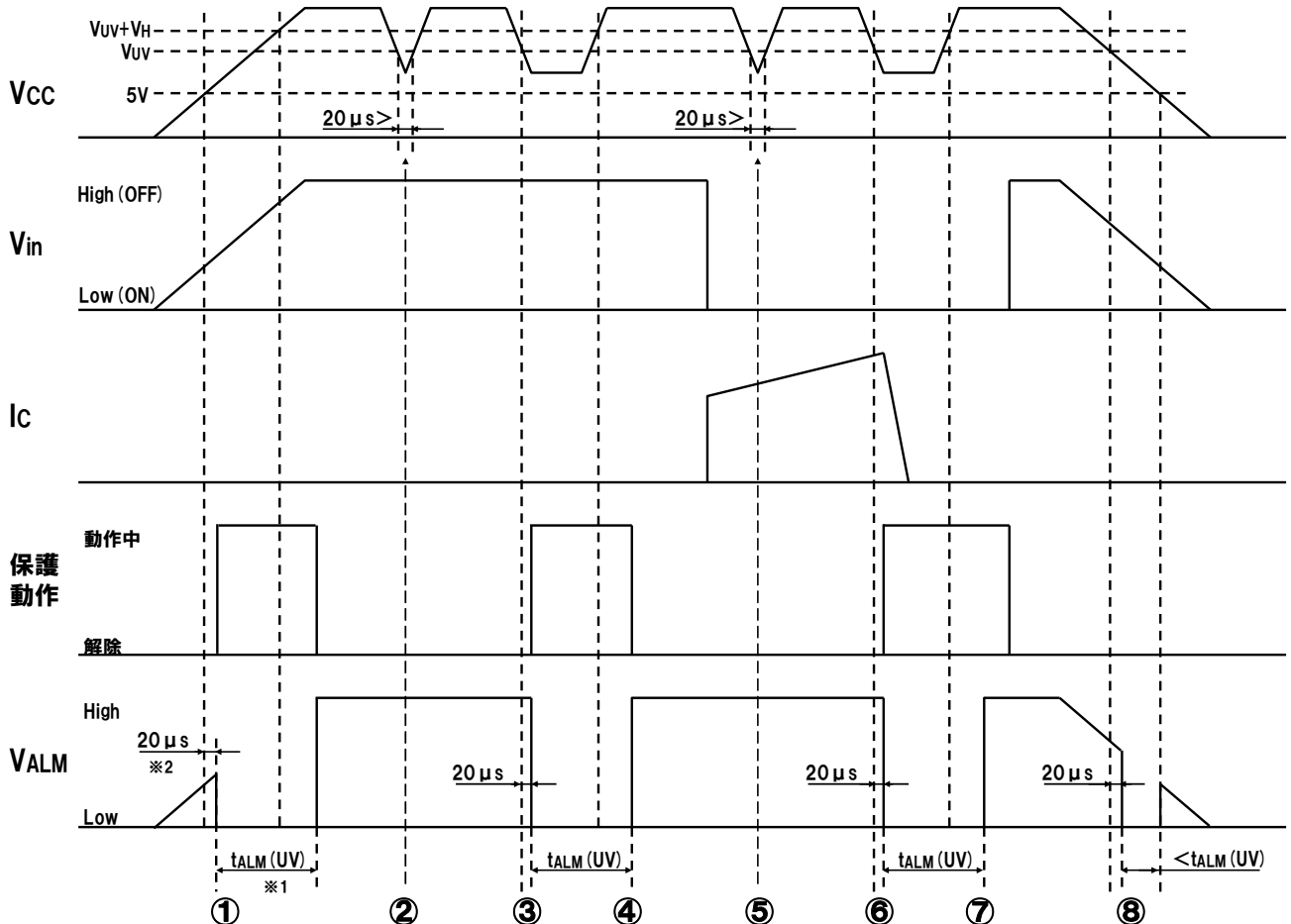


図 3-10 IPM ブロック図(P636 ブレーキ内蔵)

5 タイミングチャート

5.1 制御電源電圧低下保護 (UV) ケース 1



※1: $t_{ALM}(UV)$ はTyp4msです。
 ※2: 不感時間 $20\mu s$ はTypです。

V_{cc} 投入時は、 V_{cc} が 5V 以上、 V_{uv} 以下でアラーム出力を開始します。

(詳細は 5.3 を参照下さい)

V_{cc} が V_{uv} 以下に低下した期間が $20\mu s$ より短い期間では、保護動作しません。(V_{in} オフ時)

V_{in} オフ時は、 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 はオフを維持します。

V_{cc} が $t_{ALM}(UV)$ 経過前に $V_{uv} + V_H$ まで復帰し、且つ V_{in} オフ時でも $t_{ALM}(UV)$ 期間は UV 保護動作を保持します。 $t_{ALM}(UV)$ 期間が終了すると、保護動作から復帰します。

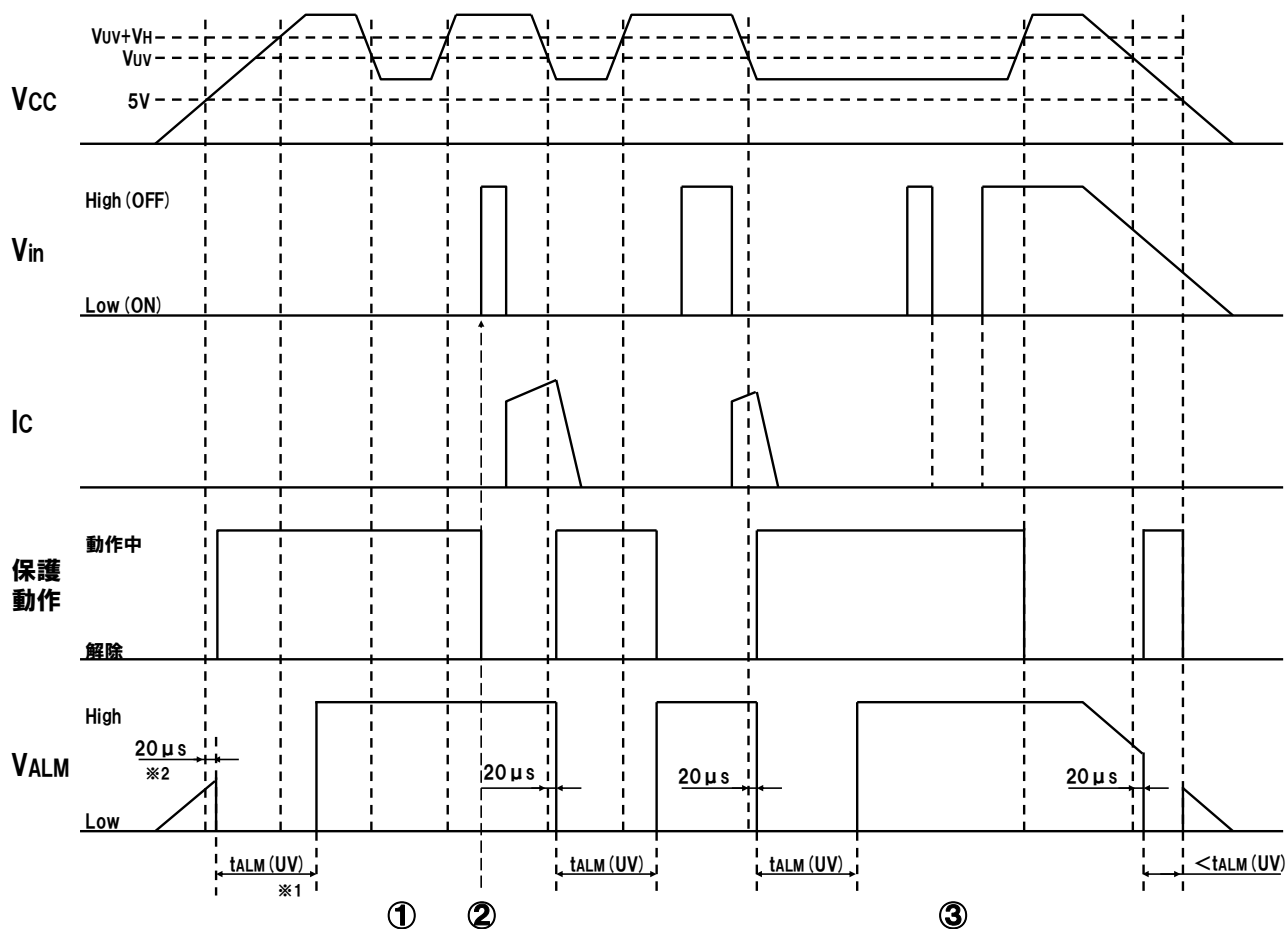
V_{cc} が V_{uv} 以下に低下した期間が $20\mu s$ より短い期間では、保護動作しません。(V_{in} オン時)

V_{in} がオン時は、 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 はソフト遮断します。

V_{cc} が $t_{ALM}(UV)$ 経過前に $V_{uv} + V_H$ まで復帰し、 V_{in} オンが継続している場合、アラームは $t_{ALM}(UV)$ 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} オフになることで保護動作から復帰します。

V_{cc} 遮断時は、 V_{uv} 以下でアラームを出力します。(詳細は 5.3 を参照下さい)

5.2 制御電源電圧低下保護 (UV) ケース 2



※1: $t_{ALM}(UV)$ はTyp4msです。
 ※2: 不感時間 $20\mu s$ はTypです。

V_{CC} 投入時は、アラームが出力し、 V_{in} がオン状態を継続している為、 V_{CC} 電圧低下に関係なく UV 保護動作は保持されます。

V_{CC} が $V_{UV} + V_H$ 以上で、且つ V_{in} がオフになったタイミングで保護動作から復帰します。

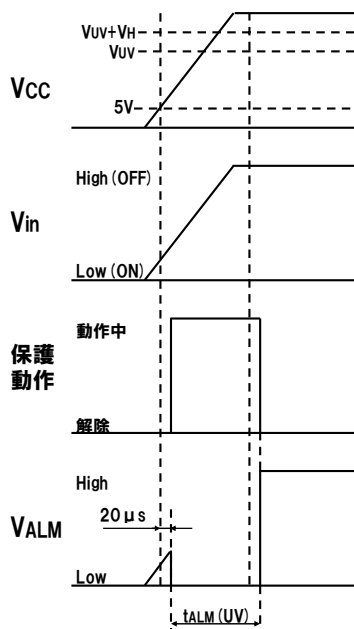
V_{CC} が V_{UV} 以下の為、保護動作が継続しており V_{in} 信号によらず、IGBT はオンしません。尚、保護動作継続期間が $t_{ALM}(UV)$ より十分に長くても、アラーム出力回数は1回のみです。

5.3 制御電源電圧低下保護 (UV) 電源立ち上げ時と立ち下げ時について

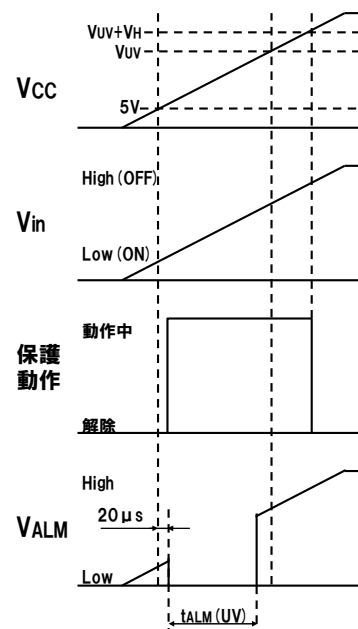
V-IPM は制御電源電圧低下保護 (UV) 機能を搭載しておりますが、それゆえ電源の立ち上げ時、立ち下げ時にもアラームを出力してしまいます。下記にその内容について記載します。

5.3.1 電源立ち上げ時

ケース 1、ケース 2 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、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後、 V_{CC} が $V_{UV}+V_H$ を上回り、且つ V_{in} がオフ状態である為、保護動作から復帰します。ケース 2 では、 $t_{ALM(UV)}$ 経過後でも $V_{UV}+V_H$ 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} がオフとなれば、保護動作から復帰します。



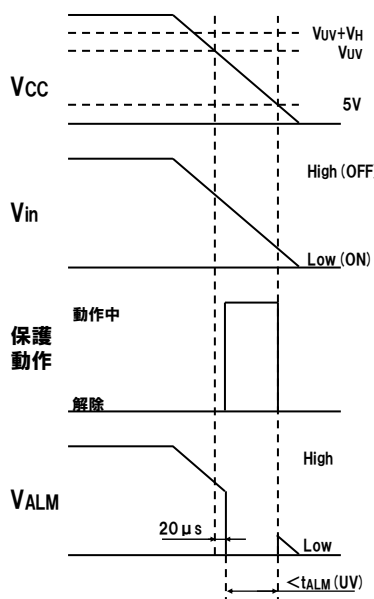
ケース 1



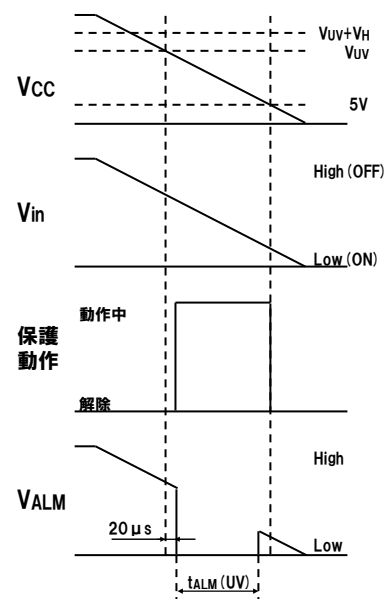
ケース 2

5.3.2 電源立ち下げ時

ケース 3、ケース 4 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、IPM の動作が不定となり、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。 V_{CC} が 5V を下回った時点で制御 IC の保護動作は不能となり、 V_{ALM} は、 V_{CC} 相当となります。

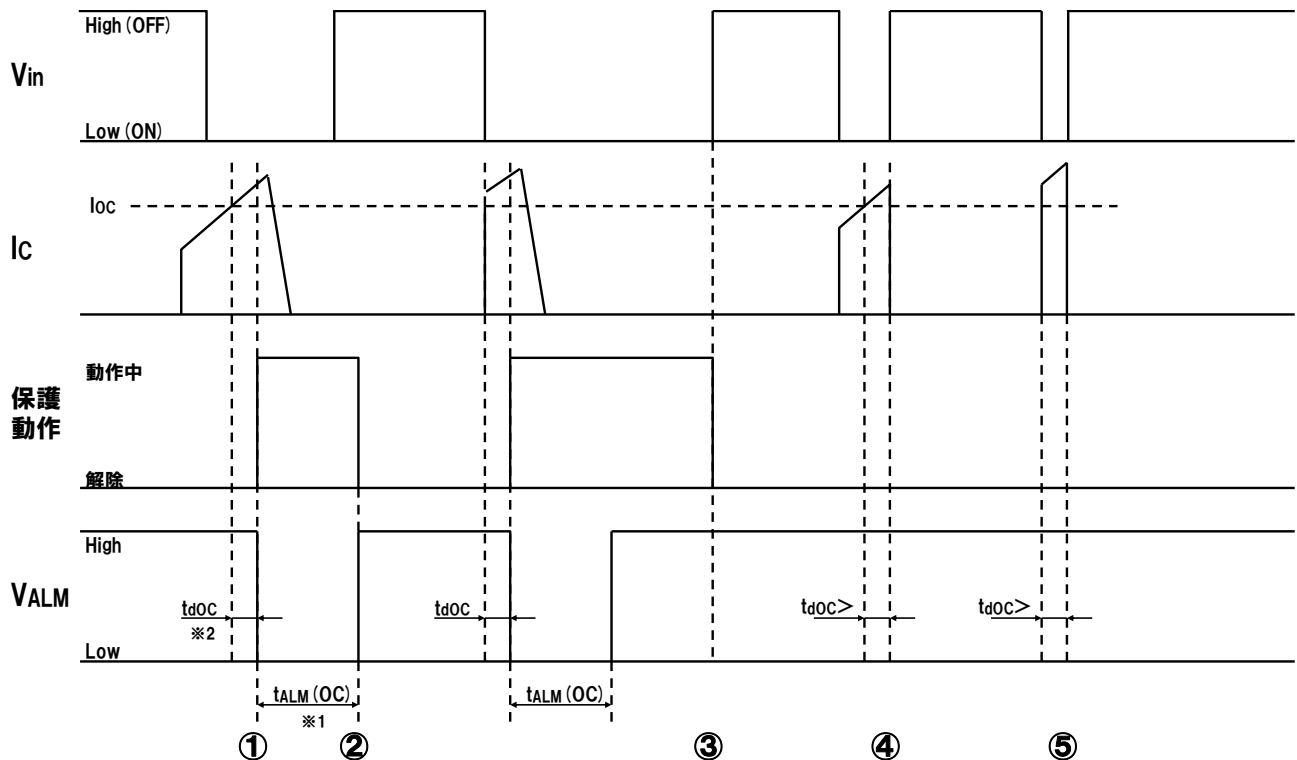


ケース 3



ケース 4

5.4 過電流保護 (OC)



※1: $t_{ALM(OC)}$ はTyp2msです。
 ※2: t_{dOC} はTyp5 μ sです。

I_c が I_{OC} を上回った時から t_{dOC} 経過後にアラーム出力し、IGBT をソフト遮断します。

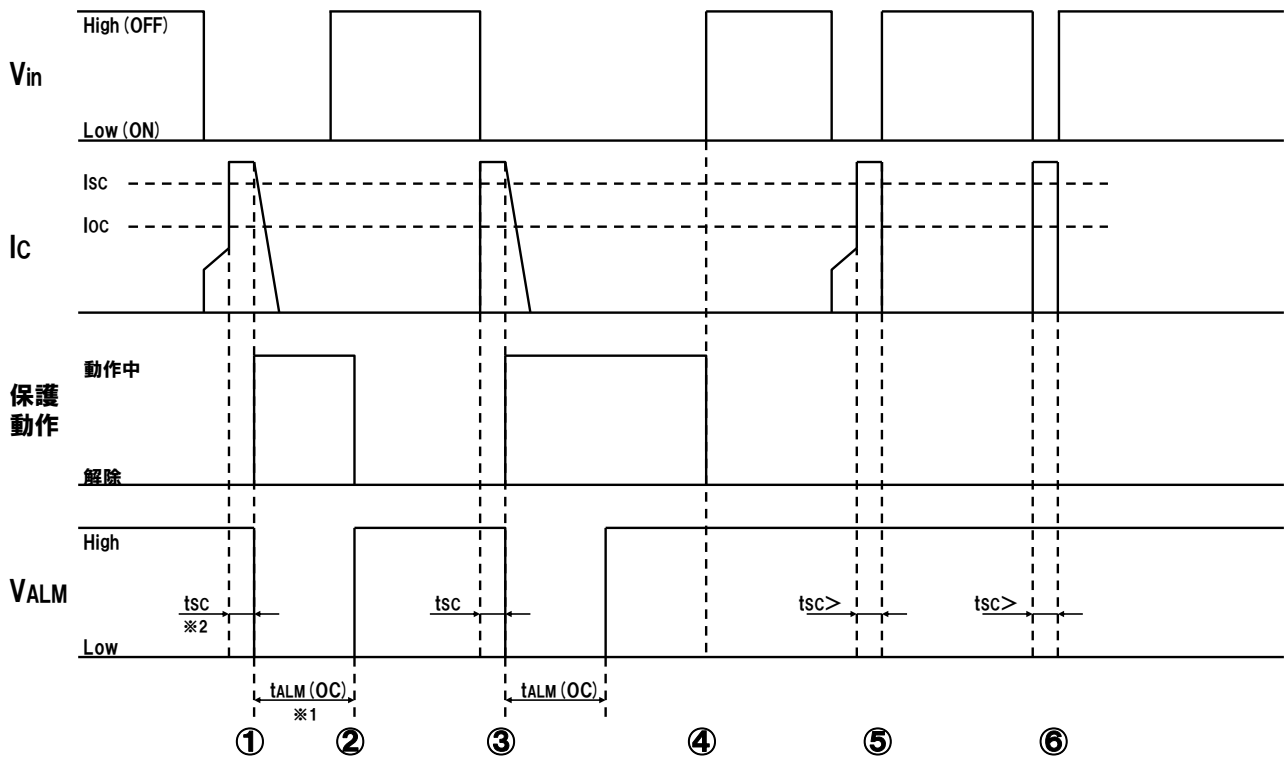
$t_{ALM(OC)}$ 経過前に V_{in} がオフになっても、 $t_{ALM(OC)}$ 期間は保護動作を継続し、 $t_{ALM(OC)}$ 経過後に V_{in} がオフのときは保護動作から復帰します。

$t_{ALM(OC)}$ 経過時に V_{in} がオンの時は、OC 保護動作は継続され、 V_{in} オフ時に復帰する。尚、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。

I_c が I_{OC} を上回った後、 t_{dOC} 経過前に V_{in} がオフになると保護動作せず、IGBT は通常の遮断をします。

V_{in} がオンのタイミングで、 I_c が I_{OC} を上回っていても、 t_{dOC} 経過前に V_{in} がオフになると保護動作せず、IGBT は通常の遮断をします。

5.5 短絡保護 (SC)



Ic が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、Isc を越えると瞬時に Ic ピークを抑制する。tsc 経過後にアラーム出力し、IGBT をソフト遮断します。

tALM(OC)経過後に Vin がオフの時は、SC 保護動作とアラームは同時に復帰します。

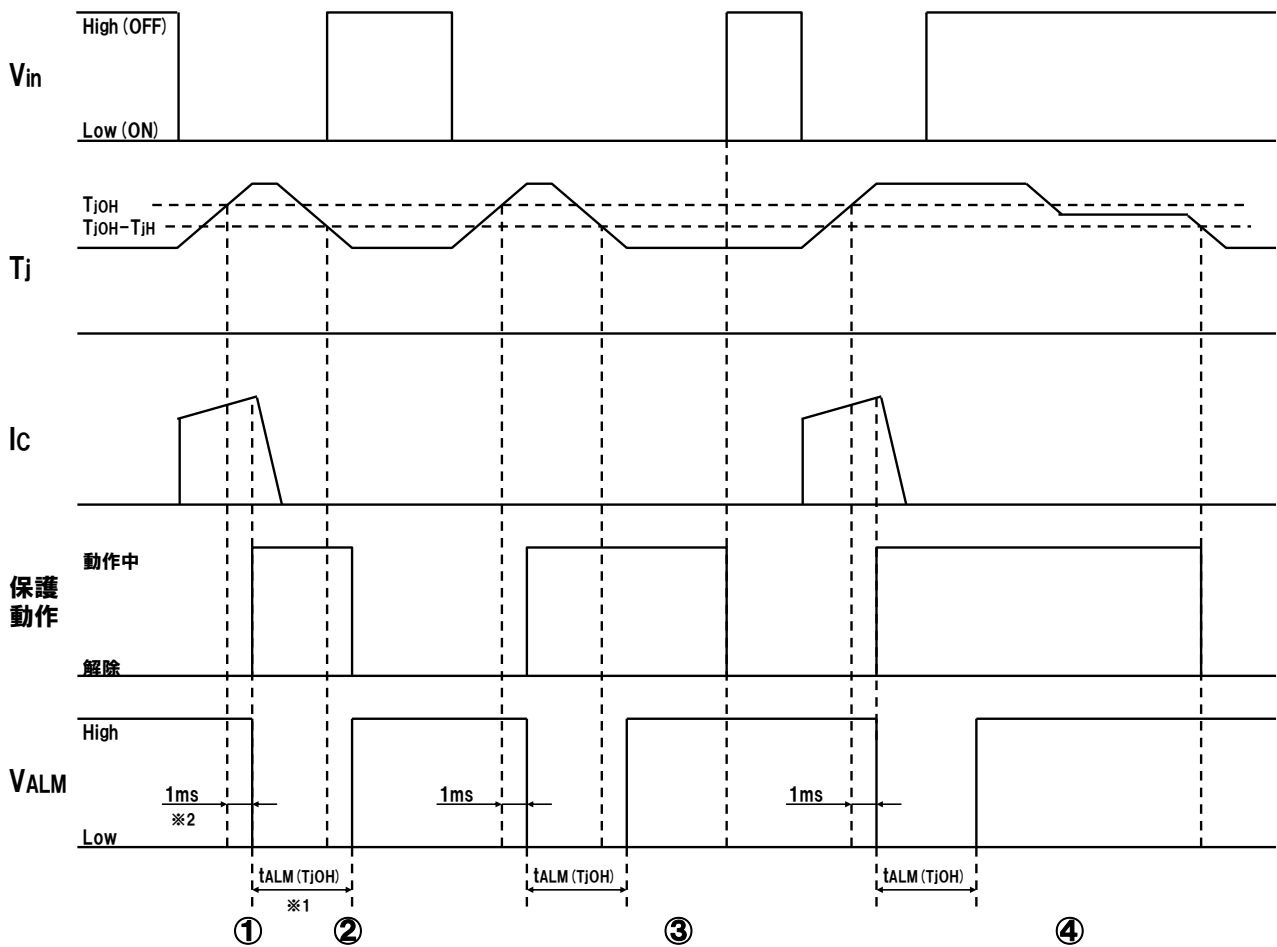
Ic が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、Isc を越えると同時に Ic ピークを抑制する。tsc 経過後にアラームを出力し、IGBT をソフト遮断します。

tALM(OC)経過後も Vin がオンの時、SC 保護動作は継続します。Vin オフ信号入力時に SC 保護動作は解除されます。尚、Vin がオフになるまでの保護動作継続期間が、tALM(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。

Ic が流れ始めた後に負荷短絡が発生し、Isc を越えると同時に Ic ピークを抑制します。その後、tsc 経過前に Vin がオフになると SC 保護動作せず、IGBT は通常の遮断をします。

Ic が流れ始めると同時に負荷短絡が発生し、Isc を越えると瞬時に Ic ピークを抑制します。その後、tsc 経過前に Vin がオフになると SC 保護動作せず、IGBT は通常の遮断をします。

5.6 チップ温度加熱保護 (TjOH) ケース 1



※1: tALM (TjOH) はTyp8msです。
 ※2: 不感時間1msはTypです。

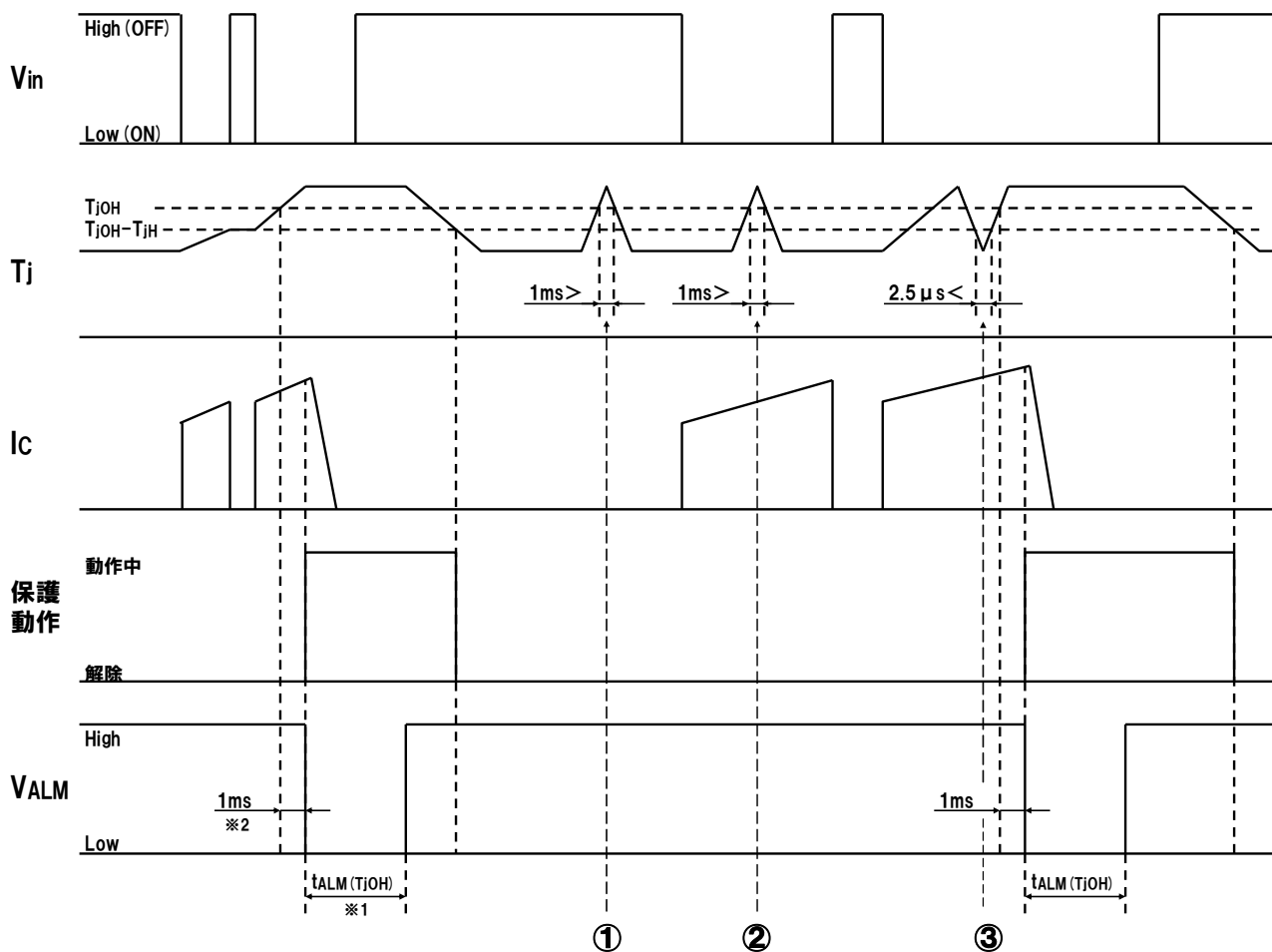
IGBT チップ温度 T_j が約 1ms の期間継続して T_{jOH} を越えるとアラーム出力し、IGBT をソフト遮断します。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過前に $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 $t_{ALM}(T_{jOH})$ 期間中は保護動作が継続されます。 $t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、 V_{in} がオフの場合は保護動作から復帰します。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、チップ温度 T_j が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がっても、 V_{in} がオンを継続している場合は保護動作から復帰しません。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、 V_{in} がオフでもチップ温度 T_j が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以上の場合、保護動作を継続します。尚、保護動作継続期間が $t_{ALM}(T_{jOH})$ より十分に長くても、アラーム出力回数は 1 回のみです。

5.7 チップ温度加熱保護 (TjOH) ケース 2



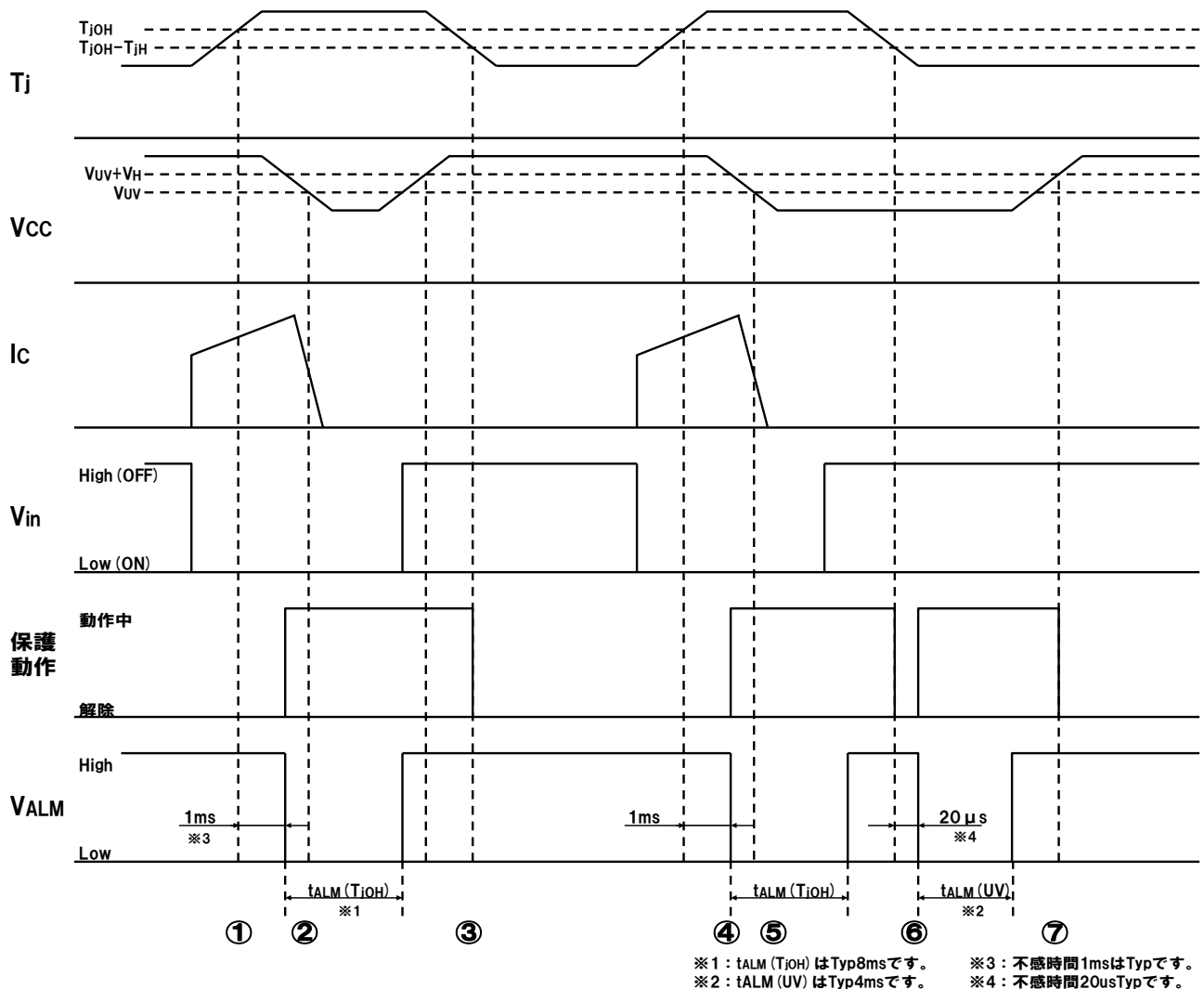
※1: $t_{ALM}(T_{jOH})$ はTyp8msです。
 ※2: 不感時間1msはTypです。

T_j が T_{jOH} を越えて、約 $1ms$ より早く T_{jOH} 以下に下がると、 V_{in} がオン・オフいずれでも保護動作しません。

T_j が T_{jOH} を越えて、約 $1ms$ より早く T_{jOH} 以下に下がると、 V_{in} がオン・オフいずれでも保護動作しません。

T_j が T_{jOH} を越えた後、約 $2.5\mu s$ 以上の期間 $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がると、約 $1ms$ の T_{jOH} 検出タイマーはリセットされます。

5.8 保護機能が複合的に動作した場合



IGBT チップ温度 T_j が約 1ms の期間継続して T_{jOH} を越えるとアラーム出力し、IGBT をソフト遮断します。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過前に V_{cc} が V_{uv} 以下に下がっても、 $t_{ALM}(T_{jOH})$ の保護動作が継続されている為、 V_{uv} によるアラーム出力はキャンセルされます。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、 V_{in} がオフで且つチップ温度 T_j が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がると、保護動作から復帰します。

IGBT チップ温度 T_j が、約 1ms の期間継続して T_{jOH} を越えると、アラーム出力し、IGBT をソフト遮断します。

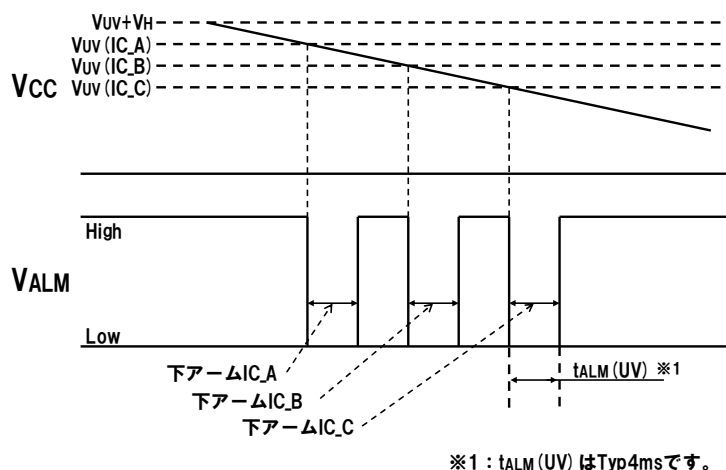
と同様に $t_{ALM}(T_{jOH})$ の保護動作中は、 V_{uv} によるアラーム出力はキャンセルされます。

$t_{ALM}(T_{jOH})$ 経過後、 V_{in} がオフで且つチップ温度 T_j が $T_{jOH} - T_{jH}$ 以下に下がると、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 20μs の期間以上継続して V_{uv} 以下の場合は、改めて V_{uv} によるアラームを出力し、保護動作を行います。

$t_{ALM}(UV)$ 経過後、 V_{in} がオフで且つ V_{cc} が $V_{uv} + V_H$ を上回ると、保護動作から復帰します。

5.9 制御電源電圧低下保護 (UV) における下アームからの複数回アラーム出力について (P629 を除く)

V-IPM の下アームは 3 つ (ブレーキ内蔵タイプでは 4 つ) の独立した制御 IC を搭載しており、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、右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)



- 第 4 章 -

応用回路例

	目次	ページ
1	応用回路例	4-2
2	注意事項	4-6
3	フォトカプラ周辺回路	4-9
4	コネクタ	4-11

1

図 4-1 に P629 の応用回路例を示します。

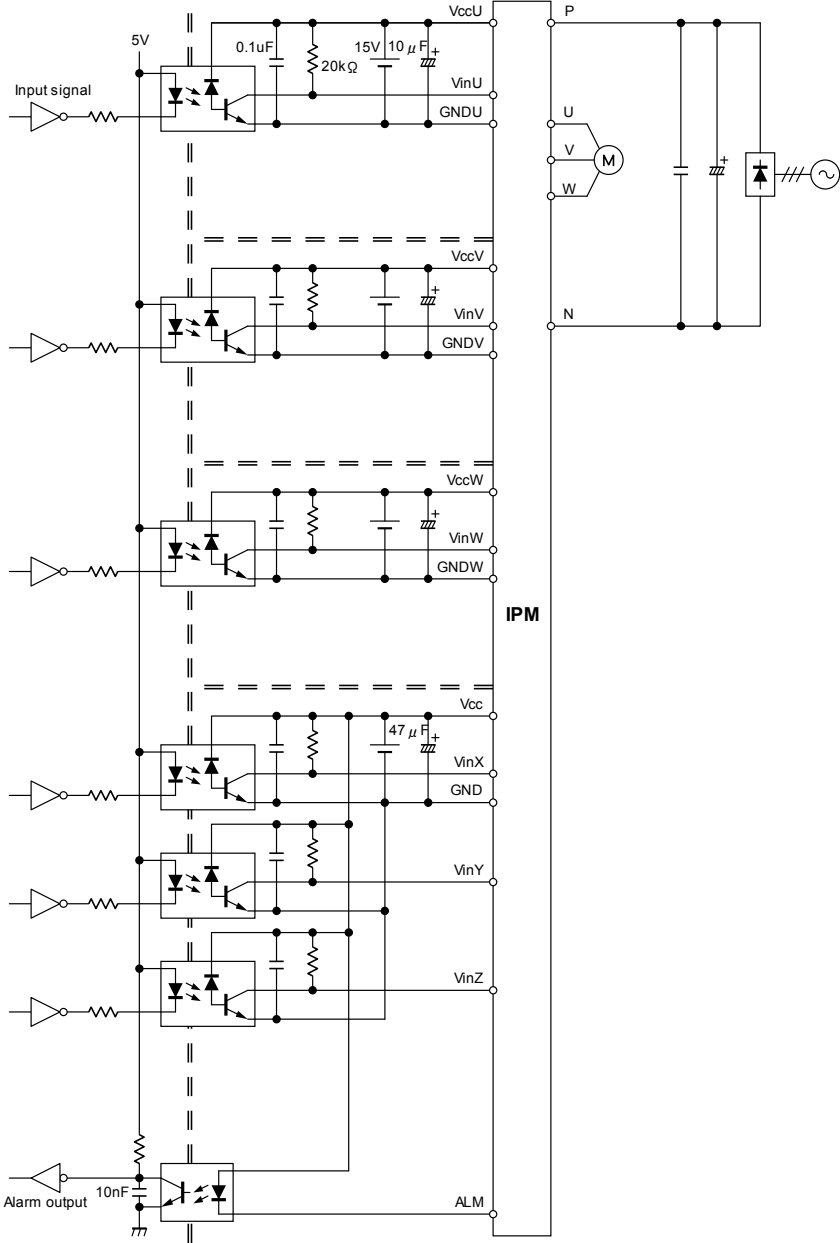


図 4-1 P629 の応用回路例

図 4-2 に P626 の応用回路例を示します。

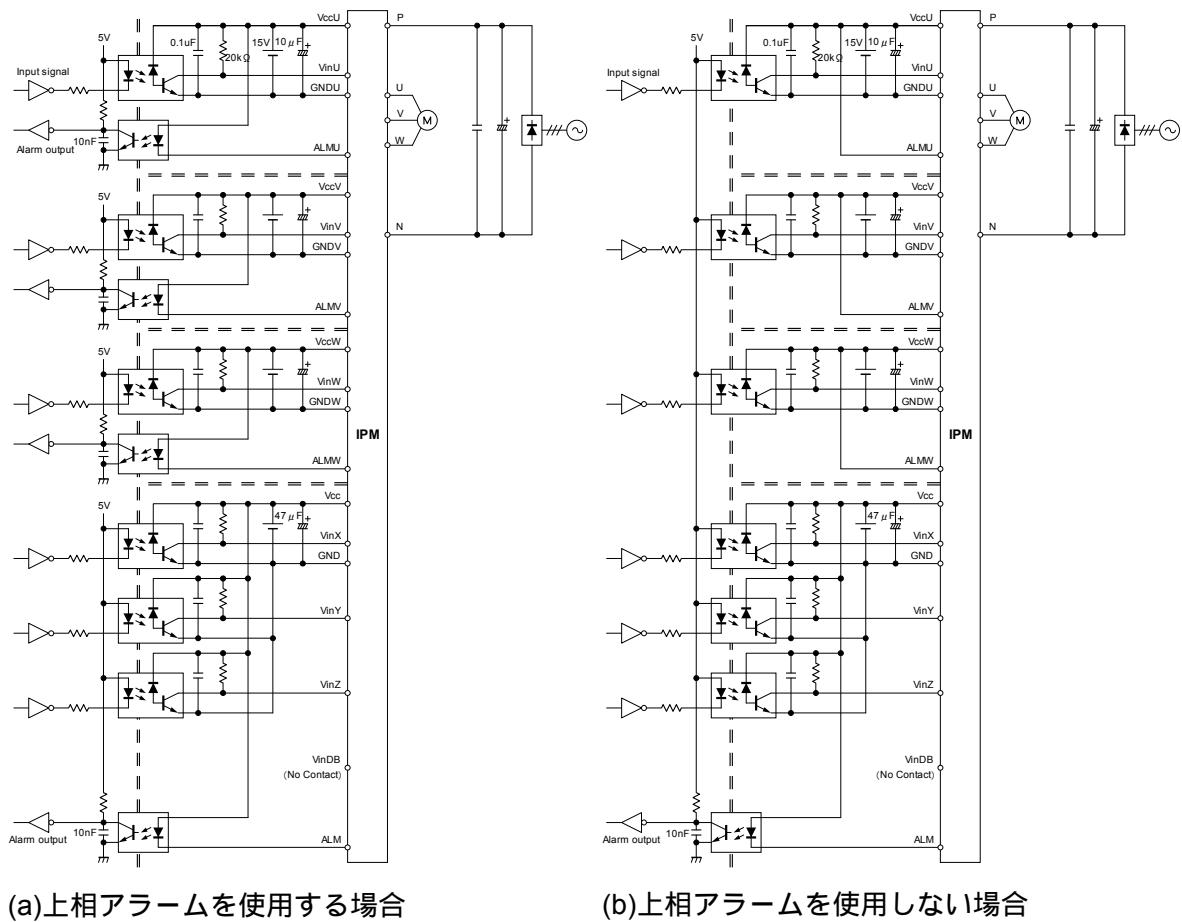


図 4-2 P626 の応用回路例

図 4-3 に P630、P631、P636 のブレーキ内蔵タイプの応用回路例を示します。

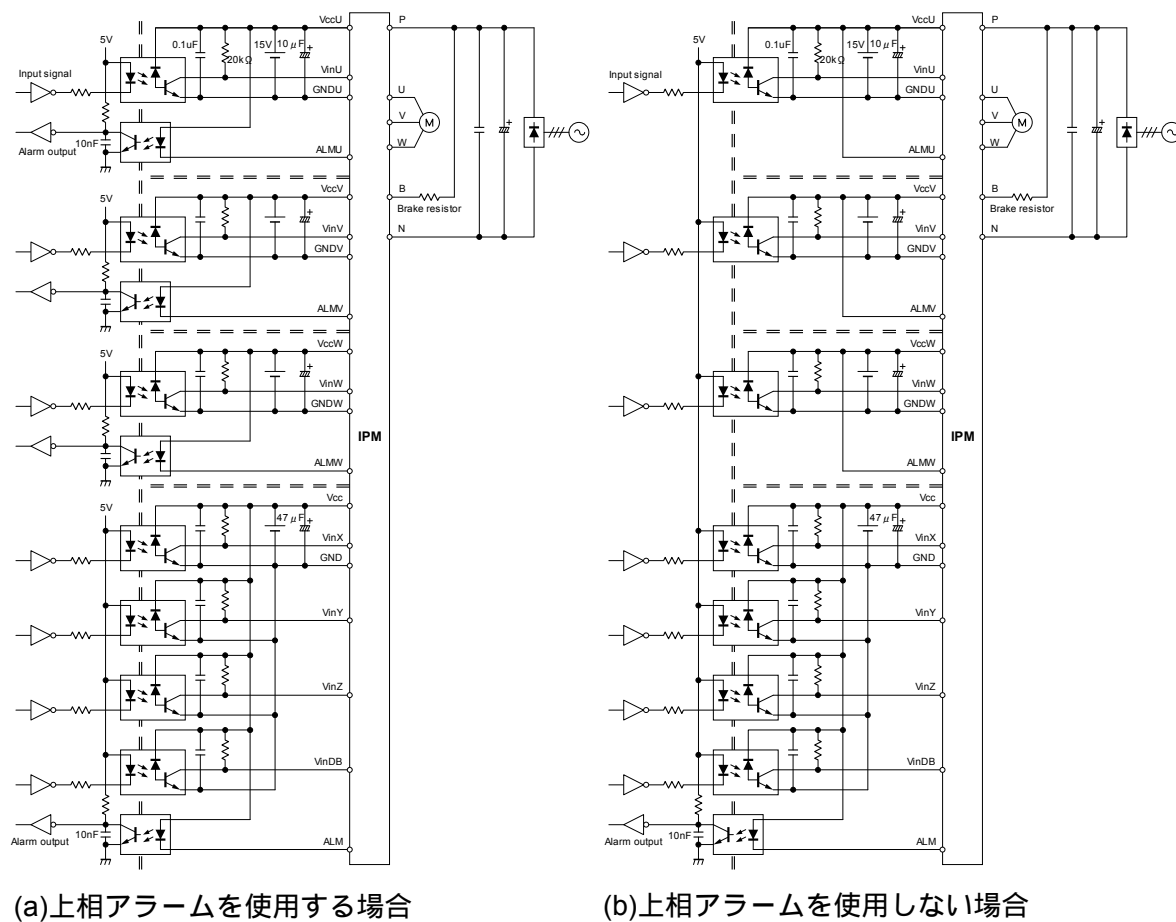
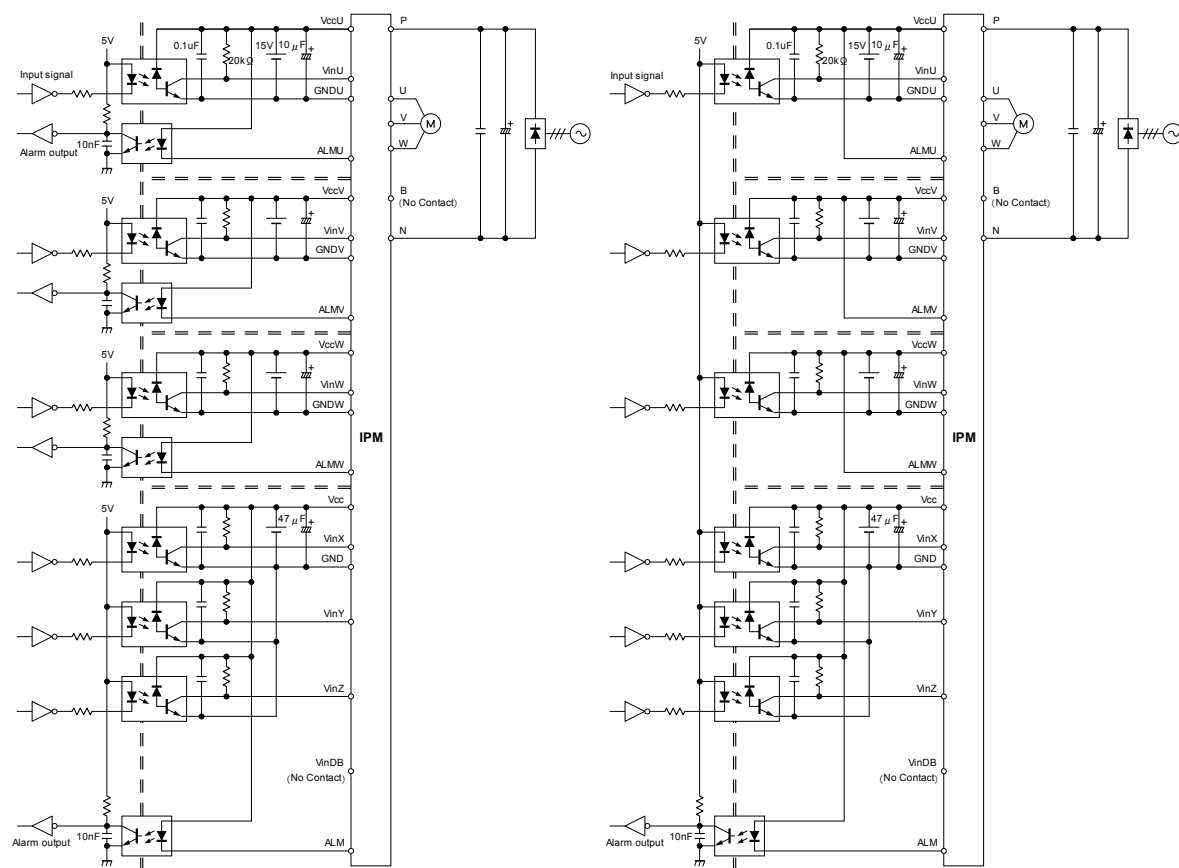


図 4-3 P630、P631、P636 のブレーキ内蔵タイプの応用

図 4-4 に P630、P631、P636 のブレーキなしタイプの応用回路例を示します。



(a)上相アラームを使用する場合

(b)上相アラームを使用しない場合

図 4-4 P630、P631、P631 のブレーキなしタイプの応用

2 注意事項

2.1 制御電源

応用回路例に示すように制御電源は上アーム側=3、下アーム側=1、合計4系統の絶縁電源が必要です。市販の電源ユニットを使用する場合は、電源出力側のGND端子は接続しないでください。

出力側GNDを出力の+または-に接続すると、電源入力側アースで各電源が接続されるため、誤動作の原因となります。また、各電源間とアースとの間のストレーC(浮遊容量)はできるだけ低減してください。

また、瞬時変動が小さく、 I_{cc} を供給・吸収できる能力のものを適用してください。

2.2 4電源間の構造的な絶縁(入力部コネクタ及びプリント板)

絶縁は各々4電源間と主電源間に必要です。

また、この絶縁部にはIGBTスイッチング時の大きな dv/dt が加わりますので、十分な絶縁距離を確保してください。(推奨2mm以上)

2.3 GND 接続

制御端子GND Uと主端子U、制御端子GND Vと主端子V、制御端子GND Wと主端子W、制御端子GNDと主端子N(P631の場合はN1、N2)を外部回路で接続しないでください。誤動作の原因になります。

2.4 制御電源コンデンサ

応用回路例に示す各制御電源に接続される $10\mu F(47\mu F)$ 及び $0.1\mu F$ は、制御電源を平滑化するためのコンデンサではなく、IPMまでの配線インピーダンス補正用です。平滑用のコンデンサは他に必要です。

また、 $10\mu F(47\mu F)$ 及び $0.1\mu F$ から制御回路までの配線インピーダンスで過渡変動が発生するので、IPM制御端子及びフォトカプラ端子にできるだけ近接して接続してください。

電解コンデンサについても、インピーダンスが低く周波数特性の良い物を選定し、さらにフィルムコンデンサなど周波数特性の良い物を並列に接続してください。

2.5 アラーム回路

IPMには $1.3k\Omega$ のアラーム抵抗が内蔵されているため、外部に抵抗を接続せずにフォトカプラを直接接続することができます。尚、フォトカプラを接続する際、フォトカプラとIPM間の配線をできるだけ短くすると共に、フォトカプラ一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトとしてください。 dv/dt によりアラーム用フォトカプラの二次側電位が振られることがあるため、アラーム用フォトカプラの二次側の出力端子に $10nF$ 程度のコンデンサを接続し、電位を安定させることを推奨します。

また、上アームにアラーム出力をもつIPMにおいて、上アームアラームを使用しない場合は、アラーム端子を V_{cc} にプルアップして電位を安定させてください。

2.6 信号入力端子のプルアップ

制御信号入力端子は 20k Ω の抵抗で Vcc にプルアップしてください。また、7in1(ブレーキ内蔵タイプ)の IPM で B 相を使用しない場合など、使用しない相の入力端子も 20k Ω の抵抗で Vcc にプルアップしてください。プルアップしない場合、電源投入時に制御電源電圧低下保護が継続するため、ON 動作ができません。

2.7 使用しない相がある場合の接続

6in1(ブレーキなしタイプ)にて単相で使用する場合や 7in1(ブレーキ内蔵タイプ)にて B 相を使用しない場合など、使用しない相がある場合、使用しない相にも制御電源を供給し、入力端子、アラーム端子を Vcc に接続して電位を安定させてください。

2.8 未接続端子(No Contact 端子)の取り扱い

未接続端子(No Contact 端子)は IPM 内部では接続されていません。絶縁されていますので、電位を安定化させる等、特別な処理は必要ありません。

また、ガイドピンについても、IPM 内部では接続されていません。

2.9 スナバ

スナバは PN 端子に直接接続し、できるだけ短い配線で接続してください。

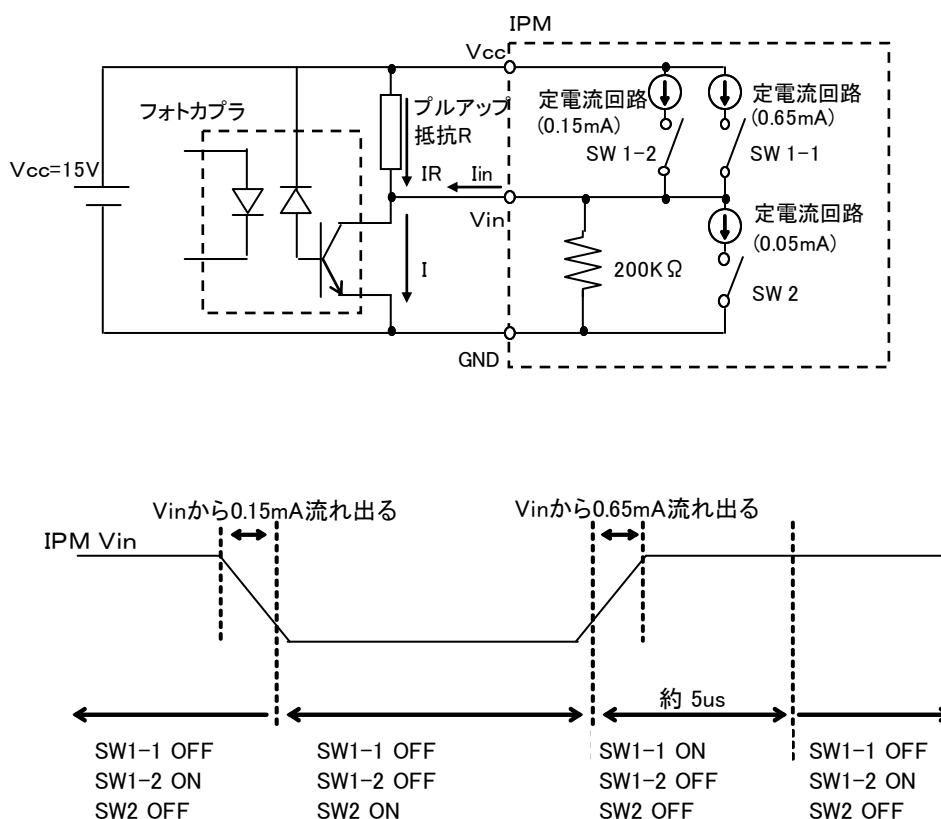
スナバを 2 箇所接続できる P631 パッケージの場合は、P1 - N1 間、P2 - N2 間の両側にスナバをつけるとサージ電圧低減に効果的です。P1 - N2 間、P2 - N1 間のようにたすき掛けでの接続は誤動作の原因になる可能性があるので行わないでください。

2.10 接地コンデンサ

AC 入力ラインからのノイズ侵入を防ぐため、AC 入力の三相各線 - アース間に 4700pF 程度の接地コンデンサを接続してください。

2.11 IPM の入力回路

IPM の入力回路部には、図 4-5 に示す定電流回路が設けられており、図に示したタイミングにて IPM の入力端子から $I_{in}=0.15\text{mA}$ または、 $I_{in}=0.65\text{mA}$ の定電流が出力されます。このため、フォトカプラ二次側には、プルアップ抵抗を流れる電流 I_R と定電流 I_{in} を合わせた電流を流せるようにフォトカプラ一次側の I_F を決める必要があります。 I_F が不十分な場合、二次側が誤動作を起こす可能性があります。



定電流回路(0.65mA)の動作期間は、 V_{in} が V_{CC} まで立ち上がるまでの期間となりますが最大で約 5μs です。

図 4-5 IPM 入力回路と定電流動作タイミング

3 フォトカブラ周辺回路

3.1 制御入力用フォトカブラ

3.1.1 フォトカブラ定格

フォトカブラは下記の特性を満足するものを使用してください。

- ・ $CMH=CML > 15kV/\mu s$ または $10kV/\mu s$
- ・ $tpHL=tpLH < 0.8\mu s$
- ・ $tpLH-tpHL = -0.4 \sim 0.9\mu s$
- ・ $CTR > 15\%$

例)アバゴ製：HCPL-4504

東芝製：TLP759(IGM)

また、UL、VDE 等の安全規格にも注意してください。

尚、上記のフォトカブラは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。

3.1.2 一次側制限抵抗

フォトカブラ一次側の電流制限抵抗は、二次側電流を充分流せるように考慮してください。

フォトカブラの CTR は経年劣化するので、これを考慮した一次側制限抵抗の設計が必要です。

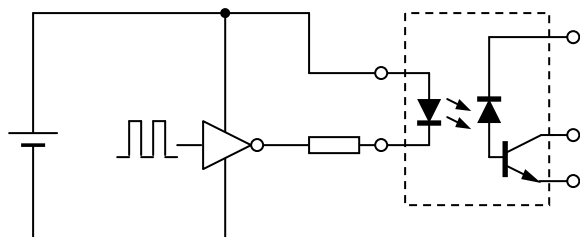
3.1.3 フォトカブラ・IPM 間配線

フォトカブラと IPM 制御端子間は配線インピーダンスを小さくするために最短で配線し、一次・二次間の浮遊容量が大きくなならないよう、各々の配線は近づけないように注意してください。一次・二次間には大きな dv/dt が加わります。

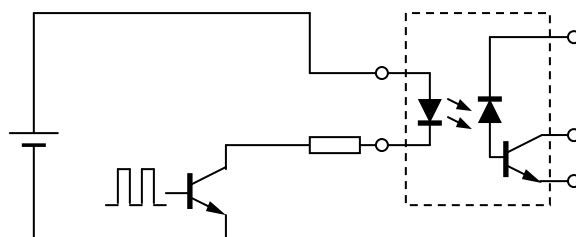
3.1.4 フォトカプラ駆動回路

フォトカプラには一次側・二次側間に僅かに浮遊容量があるため、IPM 内外で発生する dv/dt によりノイズ電流が流れます。このため、フォトカプラ駆動回路によっても dv/dt 耐量が異なります。図 4-6 に示すように良い例での駆動を推奨します。この良い例では、フォトカプラの入力が低インピーダンスに接続されているため、ノイズ電流による誤動作が起こりにくくなります。また、フォトカプラに関する詳細事項については、フォトカプラメーカーへ御確認ください。

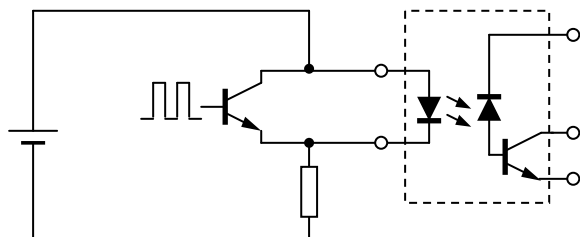
良い例：トータムポール出力IC
フォトダイオードのカソード側に電流制限抵抗



悪い例：オープンコレクタ



良い例：トランジスタC-E間でフォトダイオードA-K間をショート
(特にフォトカプラオフに強い例)



悪い例：フォトダイオードのアノード側に電流制限抵抗

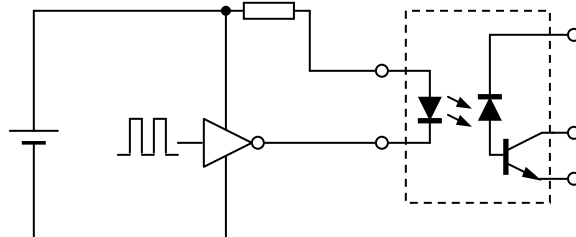


図 4-6 フォトカプラ入力回路

3.2 アラーム出力用フォトカプラ

3.2.1 フォトカプラ定格

汎用フォトカプラを使用できますが、下記特性のものを推奨します。

- ・ $100\% < \text{CTR} < 300\%$
- ・ 1 素子入りタイプ

例)東芝製：TLP781-1-GR ランク、TLP785-1-GR ランク

また、UL、VDE 等の安全規格にも注意してください。

尚、上記のフォトカプラは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。

3.2.2 入力電流制限抵抗

フォトカプラ入力側発光ダイオードの電流制限抵抗は、IPM に内蔵されています。RALM=1.3k Ω であり、Vcc に直接接続した場合、Vcc=15V で IF=約 10mA 流れます。従って、外部への電流制限抵抗の接続は必要ありません。

但し、フォトカプラ出力側で大きな電流 $I_{out} > 10\text{mA}$ が必要な場合は、フォトカプラの CTR 値を必要な値まで大きくしてください。

3.2.3 フォトカプラ・IPM 間配線

アラーム用フォトカプラにも大きな dv/dt が加わりますので 3.1.3 項と同様の注意をお願いします。

4 コネクタ

V-IPM の制御端子形状にあったコネクタが市販されております。

P630 用：ヒロセ電機製 MA49-19S-2.54DSA、MA49-19S-2.54DSA(01)

P631 用：ヒロセ電機製 MDF7-25S-2.54DSA

また、上記のコネクタの信頼性及び使用に関しては、コネクタメーカーへ御確認ください。

尚、上記のコネクタは推奨であり、当社にて信頼性等の確認を行い保証しているものではありません。

－ 第 5 章 －

放熱設計

目次		ページ
1	冷却体（ヒートシンク）の選定方法	5-2
2	ヒートシンク選定の注意事項	5-2
3	IPM の取り付け方法	5-3

1 冷却体（ヒートシンク）の選定方法

- ・ IGBT を安全に動作させる為には接合温度 T_j が T_{jmax} を越えないようにする必要があります。定格負荷時はもちろんですが、過負荷時等の異常時にも必ず T_{jmax} 以下になるよう十分に余裕を持った熱設計を実施して下さい。
- ・ T_{jmax} 以上の温度で動作させるとチップが熱破壊する危険性があります。
IPM では IGBT のチップ温度が T_{jmax} を越えると、 T_{jOH} 機能が動作しますが、温度上昇が急激な場合、保護できない可能性もあります。
FWD についても IGBT と同様に T_{jmax} を越えないように注意してください。
- ・ 冷却体(ヒートシンク)の選定時には必ずチップ中央直下の温度を測定して下さい。
チップ配置につきましては、IPM の納入仕様書をご参照下さい。
また、具体的設計については、下記資料を参照してください。

「IGBT モジュールアプリケーションマニュアル RH984」

- ・ 発生損失の求め方
- ・ ヒートシンク(冷却体)の選定方法
- ・ ヒートシンク(冷却体)への取り付け方法
- ・ トラブルシューティング

2 ヒートシンク選定の注意事項

IGBT モジュールアプリケーションマニュアル RH984 に選定方法は記載されていますが、下記の点に注意してください。

2.1 ヒートシンクの表面形状

製品を実装するヒートシンクは下記の表面条件を満たすように設計して下さい。粗さや平面度が条件を満たさない場合、接触熱抵抗の増加やパッケージ割れによる絶縁破壊などを起こす可能性があります。

1. ヒートシンクの表面粗さは、 $10\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。
2. ヒートシンクの表面平面度は、ネジ取付穴の中心点間を結んだ直線を基準面とし、その基準面からのずれの最大値（最小値）が 100mm あたり $+50\mu\text{m}$ ($-50\mu\text{m}$) 以内となるようにして下さい。ここで凸形状を「+」（プラス）、凹形状を「-」（マイナス）と定義しています。凹凸形状を共に有する場合は、最大値と最小値の絶対値の和が $50\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。

図1にヒートシンクの表面粗さと平面度の定義について記します。

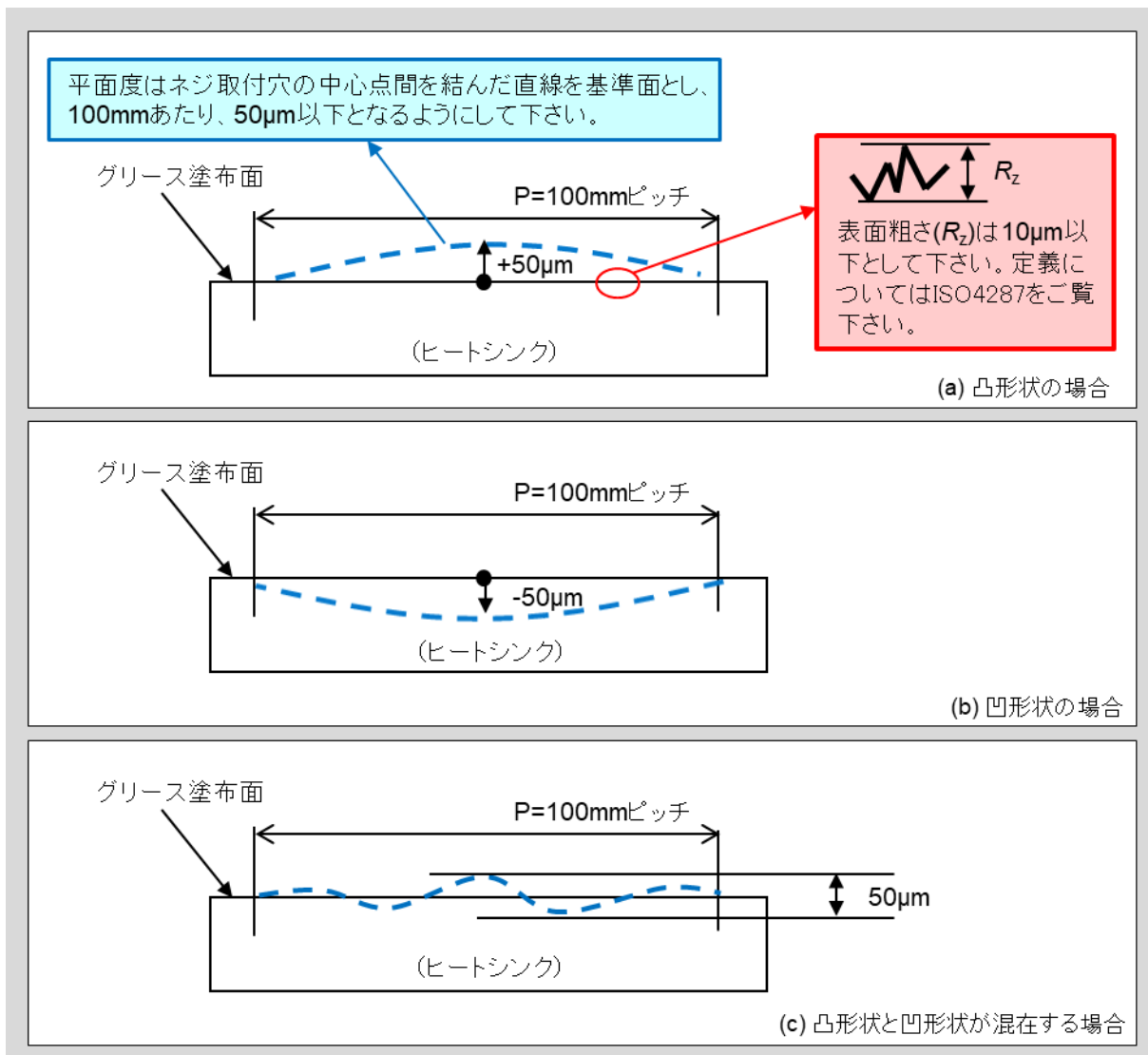


図 5-1 ヒートシンクの平面度

3 IPM の取り付け方法

3.1 ヒートシンクへの取り付け方法

熱抵抗は IPM が取り付けられる位置により変化しますので、下記の点に注意して下さい。

IPM1 個をヒートシンクに取り付ける場合、ヒートシンクの中心に取り付けると熱抵抗が最小となります。1 つのヒートシンクに複数個の IPM を取り付けの場合は、各 IPM が発生する損失を考慮して、取り付け位置を決定して下さい。大きな損失を発生する IPM には、大きな占有面積を与えるようにして下さい。

3.2 サーマルグリースの塗布

製品からヒートシンクへの放熱性を確保するために製品取り付け面とヒートシンクとの間にサーマルグリースを塗布してください。サーマルグリースは製品取り付け面に塗布願います。

サーマルグリースの特性、塗布量、塗布方法が適切でない場合、サーマルグリースが十分に製品全体に広がらず放熱性が悪化することによる熱破壊や高温動作時や温度サイクルでのサーマルグリースの劣化や枯渇による製品寿命の低下に繋がる可能性があります。サーマルグリースの選定と塗布方法には十分留意してご使用ください。

表 5-1 に推奨のサーマルグリース仕様、厚さを示します。サーマルグリースの必要量(重さ)は厚さが均一であると仮定した場合に次式から算出することができます。

$$\text{サーマルグリースの重さ (g)} \times 10^4 = \frac{\text{サーマルグリースの厚さ } (\mu\text{m})}{\text{製品のベース面積 (cm}^2\text{)}} \times \text{サーマルグリースの密度 (g/cm}^3\text{)}$$

塗布方法は、適切な厚さを管理するためにステンシル工法を推奨します(図 5-2)。推奨のステンシルマスクパターンは、お客様のご要望に応じて提供が可能です。

実装した後に素子を取り外すとサーマルグリースの拡がり具合を確認する事ができます。製品取り付け面全体にサーマルグリースが十分に拡がっていることを確認してください。

またサーマルグリースを塗布する際には、製品全面のサーマルグリースの拡がりだけでなく、製品の放熱状態をお客様にてご確認をお願いします。

弊社では、ELECTROLUBE 社 HTC サーマルグリースを用いて、弊社指定ステンシルマスク、弊社納入仕様書記載の形状のヒートシンクにて、実使用上問題ないと考えられる塗れ拡がりを確認しております。表 2 に HTC サーマルグリースの代表特性を示します。

また、フェイズチェンジサーマルインターフェイスマテリアル、サーマルシートの使用については、下記のように製品に過大なストレスが発生する可能性があります。

・フェイズチェンジサーマルインターフェイスマテリアル：

グリース固化時は通常のサーマルグリースに対して大幅に硬さが増加します。締結点間にグリースによる段差があると、製品締結時に当該段差で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。締結時の製品ストレスを軽減する為、締結トルクを段階的に増す、加温しグリースを軟化させて状態で締結する等、対策をご検討ください。またグリースが軟化し広がった後は締付トルクが低下する可能性がある為、規定トルクの範囲内での増し締めや、スプリングワッシャーを使用する等、対策を検討ください。

・サーマルシート：

締結点間にシートによる段差があると、製品締結時に当該段差部で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。ヒートシンク締結ネジ穴部周囲を含む、製品裏面全体にシートを配置することをご検討ください。

上記の説明は基本的なサーマルグリースについての考え方を示しておりますが、お客様にてご使用の際には、十分な適用検証を実施し、お客様の責任において適用をお願いします。

表 5-1. HTC サーマルグリースの代表特性と推奨厚さ

	単位	数値
粘度 (23℃, 1RPM)	Pa・s	202 ~ 205 *
熱伝導率	W/m・K	0.9 *
塗れ拡がり後の平均厚さ	μm	100 +/- 30

* HTC技術データシートより抜粋

表 5-2 IPM の裏面ベース面積

パッケージ	裏面ベース 面積(cm ²)
P629	21.71
P626	22.77
P630	55.67
P631	141.24
P636	41.17

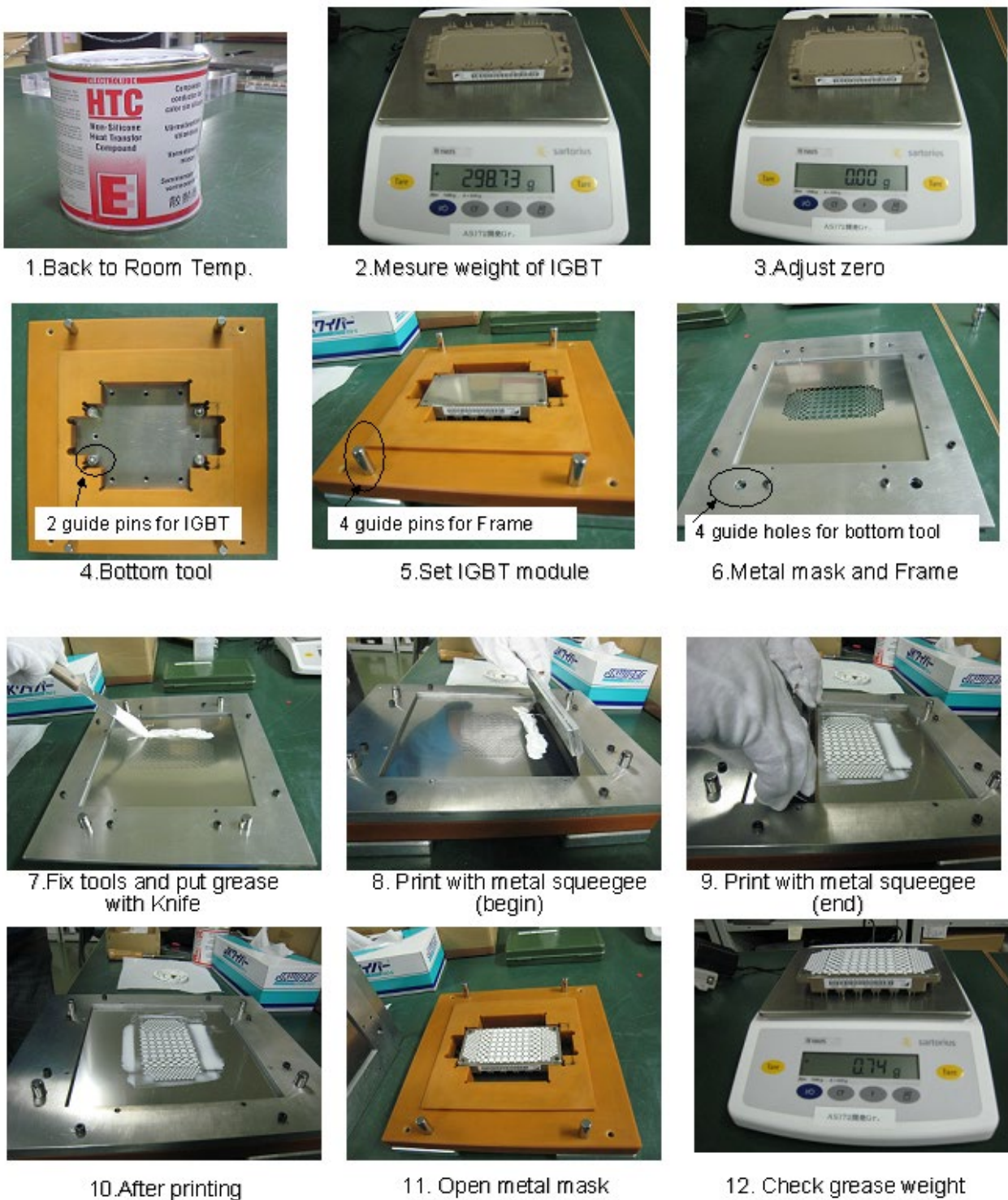


図 5-2 サーマルグリース塗布方法例の概略

3.3 締め付け方法

IPM 取り付け時のネジの締め付け方を図 5-3 に示します。なお、ネジは規程の締め付けトルクで締め付けるようにして下さい。また、ネジを使用する際にはスプリングワッシャーを使用することを推奨します。規程トルクは仕様書中に記載されておりますので別途参照してください。このトルクが不足すると、接触熱抵抗が大きくなることや、動作中に緩みが生じる恐れがあります。逆にトルクが過大の場合にはケースの破損等の恐れがあります。

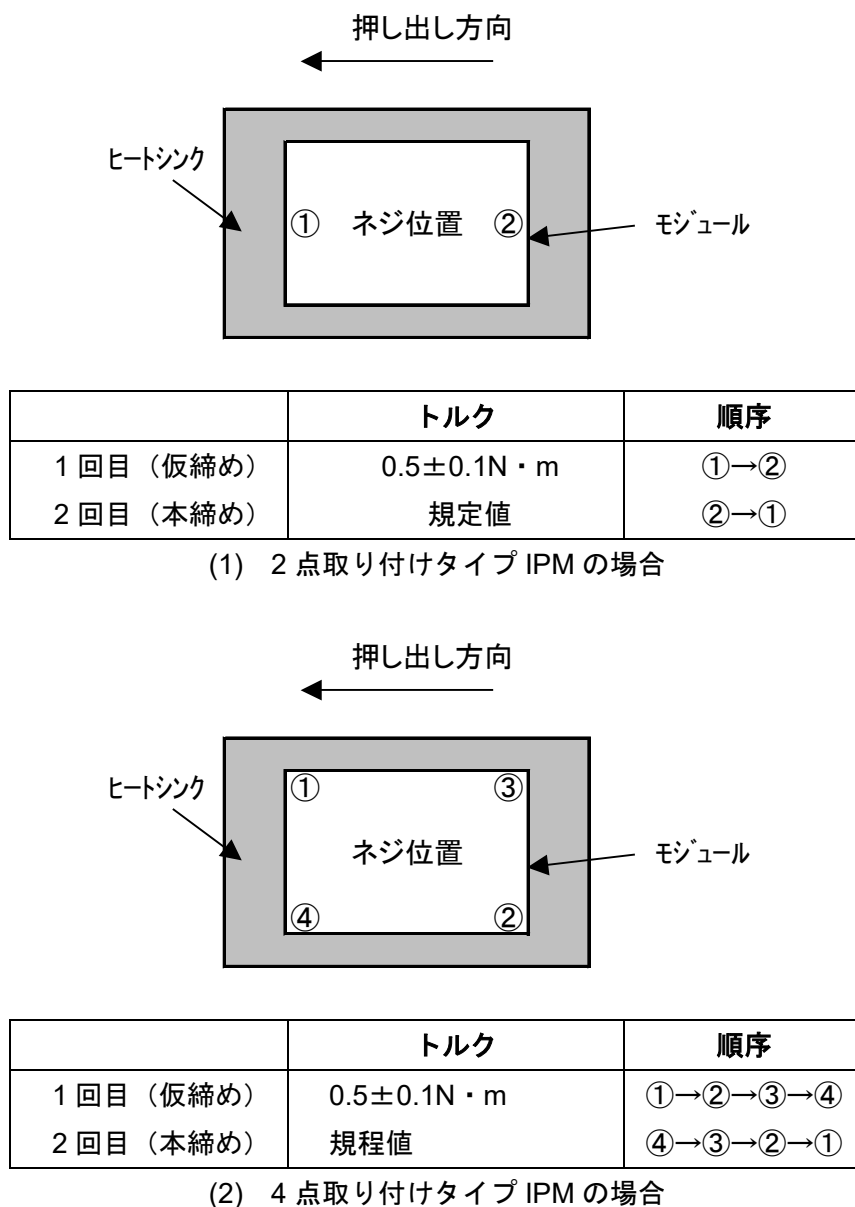


図 5-3 IPM の取り付け方法

3.4 IPM の取り付け方向

押し出し型によって作られたヒートシンクに IPM を取り付ける場合、図 5-3 に示すように、ヒートシンクの押し出し方向と平行に、IPM を取り付けるよう推奨します。これはヒートシンクが変形する影響を少なくするためです。

3.5 チップ温度の検証

ヒートシンクを選定し、IPM の取り付け位置を決めた後、各部の温度を測定し、チップの接合温度 (T_j) を確認してください。

ケース温度 (T_c) の正確な測定方法例を図 5-4 に示します。仕様書記載のチップ座標を参照頂き、チップ直下の温度を測定してください。

チップ° が T_{jmax} 以下であり、装置想定寿命を考慮した放熱設計であるか検証実施してください。

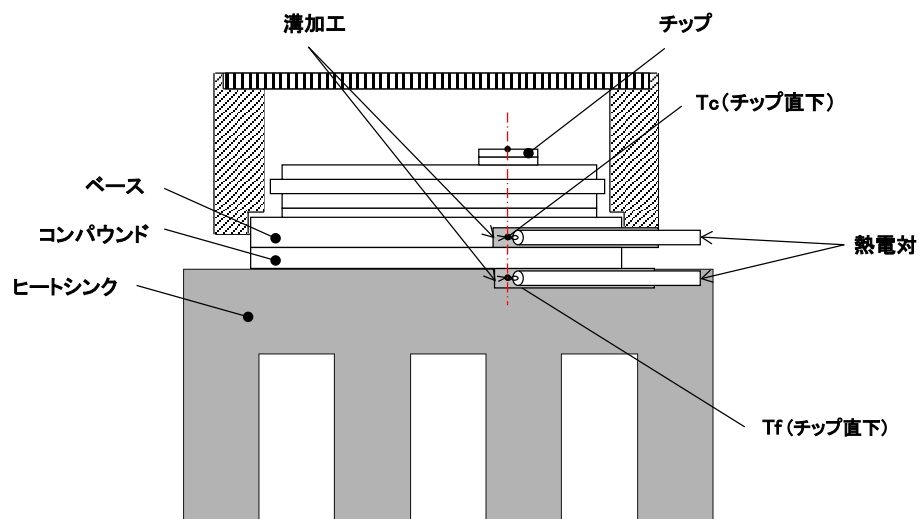


図 5-4 ケース温度の測定

- 第 6 章 -

使用上の注意

目次		ページ
1	主電源	6-2
2	制御電源	6-3
3	保護機能	6-4
4	パワーサイクル寿命	6-5
5	その他	6-6

1 主電源

1.1 電圧範囲

- ・主電源は、全てのコレクタ・エミッタ主端子間(=V_{CES})において、絶対最大定格電圧(600V 系 = 600V、1200V 系 = 1200V)を超えないようにしてください。
- ・スイッチング時の最大サージ電圧が全ての端子間にて、定格電圧を超えないように、IPM と組込製品の結線を短くし、P、N 端子直近にスナバコンデンサを接続してください。全ての端子間とは
 P629、P626、P630(6in1)、P636(6in1) : [P-(U,V,W)、(U,V,W,)-N]
 P630(7in1)、P636(7in1) : [P-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N]
 P631(6in1) : [P1-(U,V,W)、P2-(U,V,W)、(U,V,W)-N1、(U,V,W)-N2]
 P631(7in1) : [P1-(U,V,W,B)、P2-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N1、(U,V,W,B)-N2]
- ・P631 の場合、主電源は P1 - N1 間もしくは P2 - N2 間に接続してください。P1 - N2 間、P2 - N1 間のような襷掛けでの接続は誤動作の原因になる可能性があるため、行わないでください。
 スナバコンデンサは P1 - N1 間、P2 - N2 間の両側につけるとサージ電圧低減に効果的です。

1.2 外来ノイズ

- ・IPM 内部で外来ノイズに対する対策を行っておりますが、ノイズの種類や強度により誤動作、破壊の可能性がります。IPM に加わるノイズに対して、十分な対策を行ってください。

1.2.1 装置外部からのノイズ

- ・AC ラインのノイズフィルター、および絶縁アースの強化等の対策を行ってください。
- ・必要があれば、全相の信号入力 - 信号 GND 間に 100pF 以下のコンデンサを付加して対策を行ってください。
- ・アラーム端子に過大なノイズ電圧が加わった場合、アラーム誤出力となる可能性があります。必要に応じて、0.2 ~ 1 K Ω 程度の抵抗をアラーム端子へ直列接続してください。その際は、フォトカプラの CTR を考慮した最適な抵抗値として下さい。
- ・AC ラインからのノイズ侵入を防ぐため、AC 入力の三相各線 - アース間に 4700pF 程度の接地コンデンサを接続してください。
- ・雷サージに対しては、アレスタ等の対策を行ってください。

1.2.2 装置内部からのノイズ

- ・整流器外：1.2.1 項と同様の対策を行ってください。
- ・整流器内：PN ラインにスナバコンデンサ等を付加して対策を行ってください。
 (特に、1 個の整流コンバータに複数のインバータを接続する場合など)

1.2.3 出力端子からのノイズ

- ・コンタクトの開閉サージ等が侵入しない様に外部にて対策を行ってください。

2 制御電源

2.1 電圧範囲

- ・制御電源電圧範囲は、リップルを含め規格内に入るようにしてください。

制御電源電圧 (Vcc) [V]	IPMの動作	制御電源 電圧低下 保護(UV)	IPM入力 信号電圧	IGBTの 動作
0 Vcc 5.0	制御ICが正常動作せずIGBTへのゲート出力が不定となります。 ただし、5V以下のVccがそのままIGBTに加わってもIGBTの ゲート閾値Vth以下のためONは出来ません。 制御電源電圧低下保護は動作せず、アラームは出力されません。	-	Hi	-
			Lo	-
5.0 < Vcc 11.0	制御ICが動作します。 制御電源電圧低下保護により、IGBTがOFFに固定されます。 制御電源電圧低下保護が動作するため、アラームを出力します。	動作	Hi	OFF
			Lo	OFF
11.0 < Vcc 12.5	制御電源電圧低下保護が動作している場合と 動作していない場合の2条件が存在します。 制御電源電圧低下保護が動作している場合： IGBTは動作せず、アラームを出力します。 制御電源電圧低下保護が動作していない場合： IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。 アラームは出力されません。	動作	Hi	OFF
			Lo	OFF
		解除 or 動作前	Hi	OFF
			Lo	ON
12.5 < Vcc < 13.5	制御電源電圧低下保護は動作しません。 IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が増加し ノイズが低下する傾向にあります。保護特性がシフトするため 保護機能が不十分でチップ破壊に至る場合もあります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
13.5 Vcc 16.5	推奨電圧範囲です。ドライブ回路が安定動作します。 IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
16.5 < Vcc 20	IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が低下し ノイズが増加する傾向にあります。保護特性がシフトするため 保護機能が不十分でチップ破壊に至る場合もあります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
Vcc < 0, 20 < Vcc	制御電源電圧が0V未満(バイアス)、および20Vを超える場合 ドライブ回路、メインチップが破壊する可能性があります。 絶対に印加しないでください。	-	-	-
			-	-

2.2 電圧リップル

- ・推奨電源範囲の 13.5V ~ 16.5V は、Vcc の電圧リップルを含んだ範囲です。
制御電源の設計においては、電圧リップルを十分低くするように注意してください。
また、電源に重畳されるノイズについても、十分低くするように注意してください。
推奨電圧範囲以上の制御電源を印加した場合は、IPM が誤動作または破壊する可能性があります。
- ・制御電源は、dv/dt が 5V/μs 以下となるよう設計してください。
また、電源電圧の変動は±10%以内を推奨します。

2.3 電源立上げ / 立下げシーケンス

- ・ Vcc が推奨電圧範囲になったことを確認した後、主電源(P - N 間電圧)を印加してください。
Vcc の立下げは、主電源よりも遅く立下げてください。
推奨電圧に到達する前に主電源が印加される場合や、主電源が残っている状態では、外来ノイズで誤動作することがあり、最悪、チップが破壊することがあります。

2.4 電源立上げ時、立下げ時のアラーム

- ・ 電源立上げ時、UV 保護動作レベルの電圧ではアラーム(typ = 4ms)が出力されます。
typ = 4ms 後にアラーム信号は復帰しますが、保護動作解除条件を満たさない限り、入力信号は受け付けません。保護動作の解除条件(保護要因解消、tALM 経過、入力信号 OFF)が揃ったときに、入力信号を受け付けます。アラーム解除後に入力信号を入れるよう、ドライブ回路側での対応をしてください。
- ・ 電源立下げ時もアラームを出力しますので、同様に対応してください。
- ・ タイミングチャートに関しては、第3章5項「タイミングチャート」をご参照ください。

2.5 制御回路設計上の注意

- ・ ドライブ回路の消費電流仕様(Icc)を考慮して、十分余裕をもった設計としてください。
- ・ フォトカプラと IPM の入力端子間の配線は極力短くし、フォトカプラの一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトにしてください。
- ・ 高速フォトカプラの Vcc-GND 間に、コンデンサを近接して取り付けてください。
- ・ 高速フォトカプラは、tpHL、tpLH 0.8μs、高 CMR タイプをご使用ください。
- ・ アラーム出力回路は、低速フォトカプラ CTR 100%のタイプをご使用ください。
- ・ 制御電源 Vcc は、絶縁された 4 電源を使用してください。
また、各制御電源端子には、周波数特性の良いコンデンサを近接して取り付けるなどして、過渡的な電圧変動を抑えた設計をしてください。
- ・ 入力端子 - GND 間にコンデンサを接続すると、フォトカプラ一次側入力信号に対する応答時間が長くなりますので、ご注意ください。
- ・ フォトカプラの一次側電流 IF は、お使いのフォトカプラの CTR を考慮し、十分に余裕をもった設計にしてください。ノイズの影響を抑えるためには、フォトカプラ二次側のプルアップ抵抗はなるべく低く設定し、インピーダンスを下げてください。
第4章の「応用回路例」にありますように、フォトカプラ二次側には、プルアップ抵抗を流れる電流 IR と定電流 Iin を合わせた電流を流せるようにフォトカプラ一次側の IF を決める必要があります。IF が不十分な場合、二次側が誤動作を起こす可能性があります。
ただし、フォトカプラには寿命があるため、一次側制限抵抗の選定に関しては、寿命についても考慮する必要があります。

3 保護機能

- ・パッケージによって、アラーム出力の有無が異なりますので、第3章1項「機能一覧表」にて、お手持ちのIPMの保護機能をご確認ください。

3.1 保護動作全般

3.1.1 保護の範囲

- ・IPMの保護機能は非繰返しの異常現象に対応するものです。IPMの保護動作が繰返し動作するような使用は避けてください。
- ・過電流、短絡保護は、制御電源電圧 13.5 ~ 16.5V、主電源電圧 = 200 ~ 400V(600V 系)、400 ~ 800V(1200V 系)において保証されます。

3.1.2 アラーム出力に対する処置

- ・アラームが出力された場合、直ちにIPMへの入力信号を停止して、装置を停止してください。
- ・IPMの保護機能は、異常現象に対して保護しますが、異常原因を取り除くことはできません。装置停止後にお客様にて異常原因を除去した後に、再起動してください。
- ・上アームで異常を検出した場合は、検出した相のIGBTのみ出力をオフさせ、検出したアームはアラームを出力します(P629は除く)。この時、他の各相はスイッチング可能です。一方、下アームで異常を検出した場合は、アラームを出力した相にかかわらず、下アーム(+ブレーキ部)全てのIGBTをオフさせ、下アームからアラームを出力します。この時、上アームの各相はスイッチング可能です。

3.2 保護動作の注意事項

3.2.1 過電流(OC)

- ・過電流保護(OC)は、過電流が不感時間約 5 μ s(t_{doc})を超えて継続した場合、OC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。
従って、 t_{doc} の期間内に過電流が除去された場合は、OCが動作せず、通常(ハード)遮断されます。
- ・P629は、上アームのアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、OCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

3.2.2 短絡(SC)

- ・短絡保護(SC)は、短絡電流が不感時間約 2 μ s(t_{dsc})を超えて継続した場合、SC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。
従って、 t_{dsc} の期間内に短絡電流が除去された場合は、SCが動作せず、通常(ハード)遮断されます。
- ・P629は、上アームのアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、SCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

3.2.3 地絡

- ・地絡により、下アームの IGBT に過電流が不感時間(t_{doc} 、 t_{dsc})を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作し、全ての IPM でアラーム出力します。
- ・地絡により、上アームの IGBT に過電流が不感時間(t_{doc} 、 t_{dsc})を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作しますが、パッケージによってアラーム出力が異なります。
P629：上アームの OC(SC)により保護しますが、アラーム出力は行いません。
P626、P630、P631、P636：上アームの OC(SC)により保護します。アラーム出力も行います。

3.2.4 負荷短絡・地絡状態での起動

- ・OC、SC には不感時間(t_{doc} 、 t_{dsc})があるため、不感時間以下の入力信号パルス幅では、保護動作しません。特に、負荷短絡した状態で起動した場合に、入力信号パルス幅が長時間(数 10ms)にわたり不感時間以下であると、短絡が連続して発生するため、チップ温度が急激に上昇します。この場合、チップ温度上昇に対して、通常はチップ過熱保護(T_{jOH})が動作しますが、 T_{jOH} も 1ms 程度の遅れがあるため、チップ温度上昇の状況によっては保護動作が間に合わず、チップ破壊に至る可能性があります。

3.3 チップ過熱保護について

- ・チップ過熱保護(T_{jOH})はブレーキ部を含む、全 IGBT に内蔵しています。チップが異常発熱した場合は、 T_{jOH} が動作します。V-IPM では、ケース過熱保護が無いため、チップ温度が T_{jOH} 以下において、ケース温度が異常発熱した場合は保護しません。必要に応じて、お客様にて保護機能の搭載をしてください。

3.4 FWD の保護について

- ・FWD には保護機能(過電流・過熱保護)がありません。

4 パワーサイクル寿命

- ・半導体製品の寿命は永久ではありません。特に自己発熱での温度上昇・下降による熱疲労寿命には注意が必要です。温度の上昇下降が連続的に発生する場合は、温度変動幅を小さくしてください。
- ・温度変化による熱疲労寿命は、パワーサイクル寿命(耐量)と呼ばれ、下記の 2 パターンがあります。
 ΔT_j パワーサイクル耐量：比較的短時間の周期で発生するチップ温度変化による寿命
 (主にチップ表面のワイヤ接合部の劣化による寿命)
 ΔT_j パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5Z02525(P629、P626、P630、P631、P636)をご参照ください。
 ΔT_c パワーサイクル耐量：比較的長時間の周期で発生するベース温度変化による寿命
 (主に絶縁基板 DCB と銅ベース間の接合に使用される半田接合部の劣化による寿命)
 ΔT_c パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5Z02509(P629、P626、P630)、MT5Z02569(P630 高放熱タイプ、P631、P636)をご参照ください。
- ・また、富士 IGBT モジュール アプリケーションマニュアル(RH984(*)) 11 章「パワーモジュールの信頼性」も併せてお読みください。

5 その他

5.1 装置への組込み、使用時の注意事項

IPM の使用、装置への組込みにあたっては、IPM の納入仕様書も併せてお読みください。

万一の不慮の事故でチップが破壊した場合を考慮して、商用電源と本製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを必ず付けて二次破壊を防いでください。

通常のターンオフ動作におけるチップ責務の検討の際には、ターンオフ電圧・電流の動作軌跡が RBSOA 仕様内にあることを確認してください。

製品の使用環境を十分に把握し、製品の信頼性寿命が満足できるか検討の上、本製品を適用してください。製品の信頼性寿命を超えて使用した場合、装置の目標寿命より前にチップが破壊する場合があります。

IPM とヒートシンクの間にはサーマルコンパウンドの塗布などを実施して、接触熱抵抗を小さくしてください(第5章3項参照)。

ネジの長さに注意してください。ネジ穴深さ以上のネジを使用するとパッケージが破損する場合があります(第1章6項参照)。

IPM の締付けトルクやヒートシンクの平坦度は、仕様書で定めた範囲でご使用ください。

誤った取り扱いをすると、絶縁破壊を起こす場合があります(第5章2項参照)。

IPM に荷重がかからないように注意してください。

フタ変形を伴うような応力を加えないでください。押し込み方向では IPM 内部回路が破損する恐れがあります。引っ張り方向ではフタが外れる恐れがあります。又、制御端子が曲がらないように注意してください。

主端子、制御端子にリフローによるはんだ付けは行わないでください。他の製品のはんだ付け等による熱、フラックス、洗浄液が IPM に影響を与えないよう注意してください。

腐食性ガスの発生場所・塵埃の多い場所を避けてください。

主端子、制御端子に静電気が加わらないように注意してください。

制御回路と IPM との着脱に際して、Vcc が 0V であることを確認して行ってください。

制御端子 GNDU と主端子 U、制御端子 GNDV と主端子 V、制御端子 GNDW と主端子 W、制御端子 GND と主端子 N(P631 の場合 : N1、N2)を IPM 外部で接続しないでください。誤動作の原因になる可能性があります。

IPM を単相にて使用する場合やブレーキ内蔵タイプにてブレーキを使用しない場合は、使用しない相も制御電源を供給し、入力端子(VIN)、アラーム出力端子(ALM)共に Vcc へプルアップしてください。入力端子(VIN)がオープン状態で制御電源を上げた場合、アラーム出力状態となります。

アラームを使用しない場合は、それぞれの制御電源 Vcc にプルアップしてください。

アラーム要因識別機能に関しては、IPM から出力されるアラーム信号幅を示しております。アラーム用フォトカブラの 2 次側におけるアラーム出力時間は、フォトカブラの遅れ時間や周辺回路等を考慮して設計する必要があります。

IPM を並列接続で使用できません。IPM は駆動・保護回路をそれぞれの IPM に内蔵しており、並列動作させると、スイッチング時間のずれや、保護のタイミングがずれることにより、特定の IPM に電流が集中し破壊する恐れがあります。

エポキシ充鎮樹脂及びケース材料には UL 規格の 94-V0 認定品を使用していますが、不燃性ではありません。又、主端子や制御端子のはんだ付け時にフタ表面温度がガラス転移温度を超えないように注意してください。はんだが触れた場合、突起部が溶けて変形する、はんだが付着して残る可能性があります。

- 第 7 章 -

トラブル発生時の対処方法

	目次	ページ
1	トラブル発生時の対処方法	7-2
2	故障要因解析図	7-2
3	アラーム要因解析図	7-8

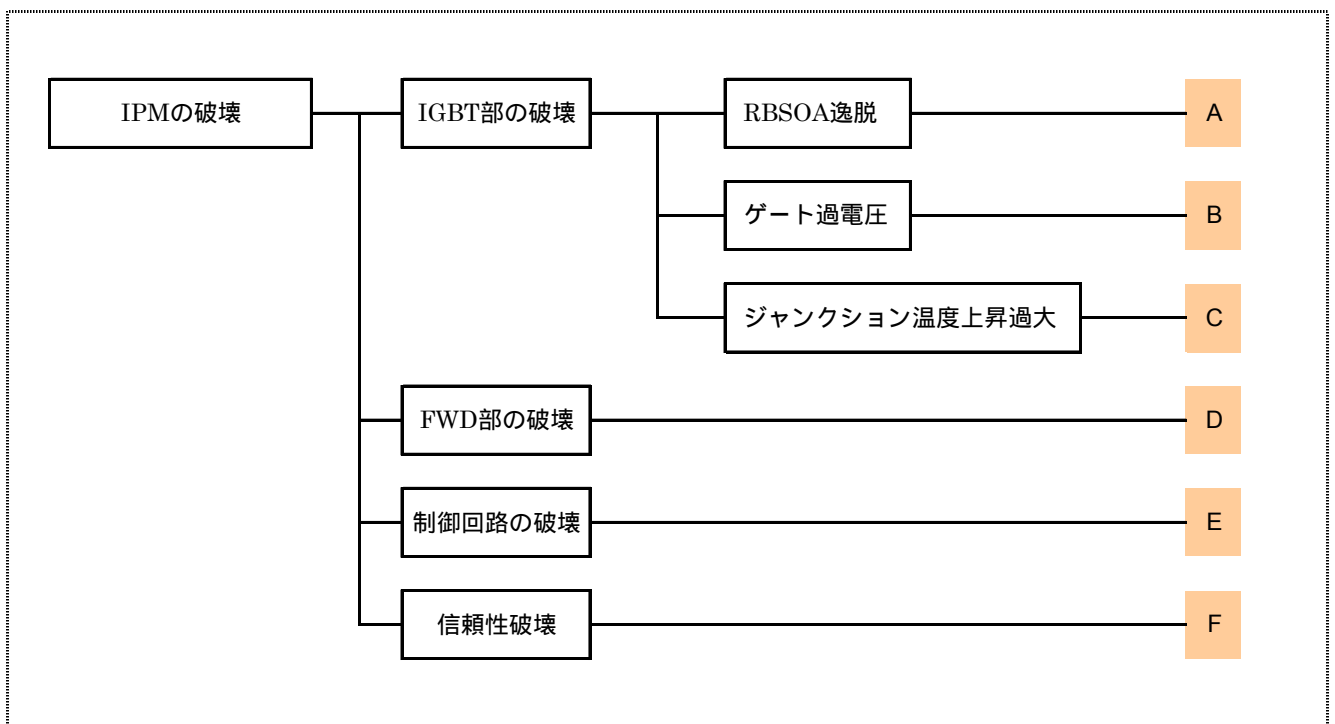
1 トラブル発生時の対処方法

IPM は標準モジュールに比べ各種保護機能(過電流、過熱等)を内蔵しているため、異常状態に対して破壊し難いデバイスとなっています。しかしながら、異常モードによっては破壊する場合がありますので、破壊が発生した場合は、発生状況や原因を明確にした上で対策する必要があります。

破壊に関する要因解析図を2項に用意しましたので、こちらを活用して破壊要因の調査をお願いします。(素子の故障判定についてモジュールアプリケーションマニュアル RH984b の第4章2項故障判定方法を御参照ください。)

また、IPM よりアラーム出力される場合は図7-2のアラーム要因解析図を活用して要因の調査をお願いします。

2 故障要因解析図



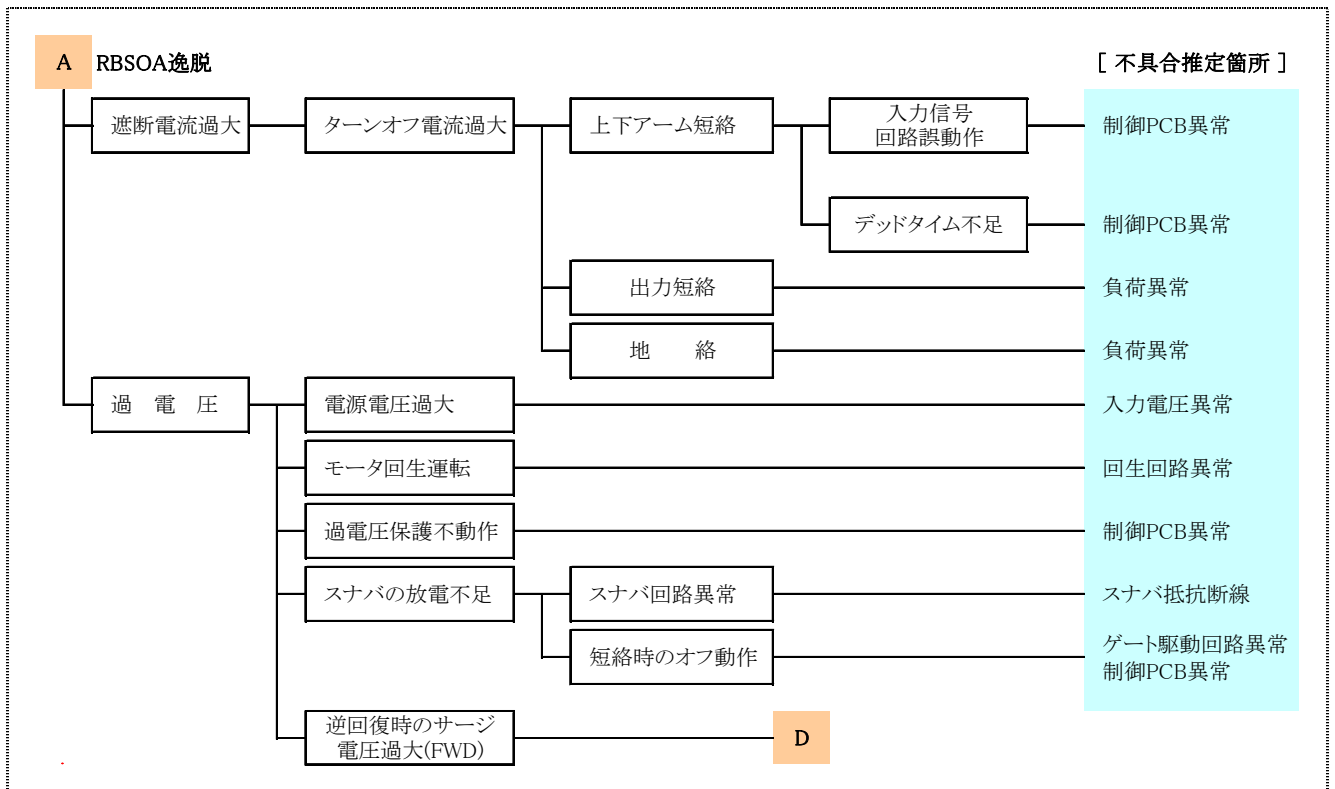


図 7-1 (b) モード A : RBSOA 逸脱

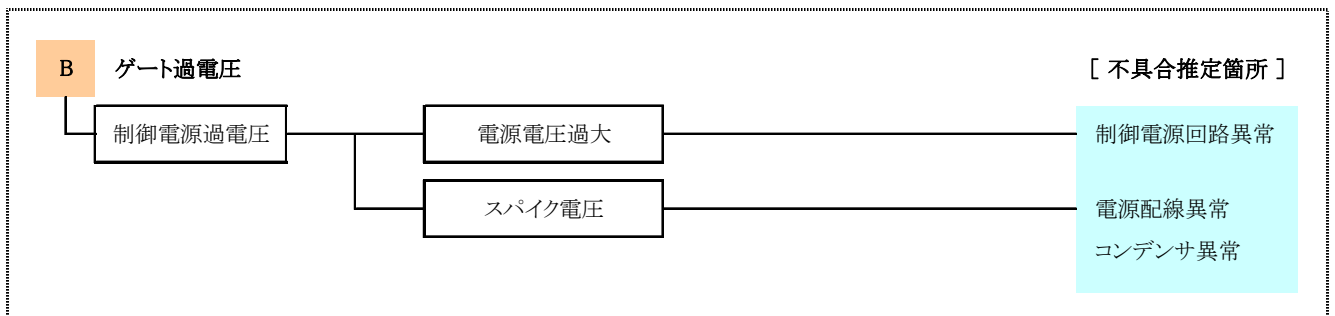


図 7-1 (c) モード B : ゲート過電圧

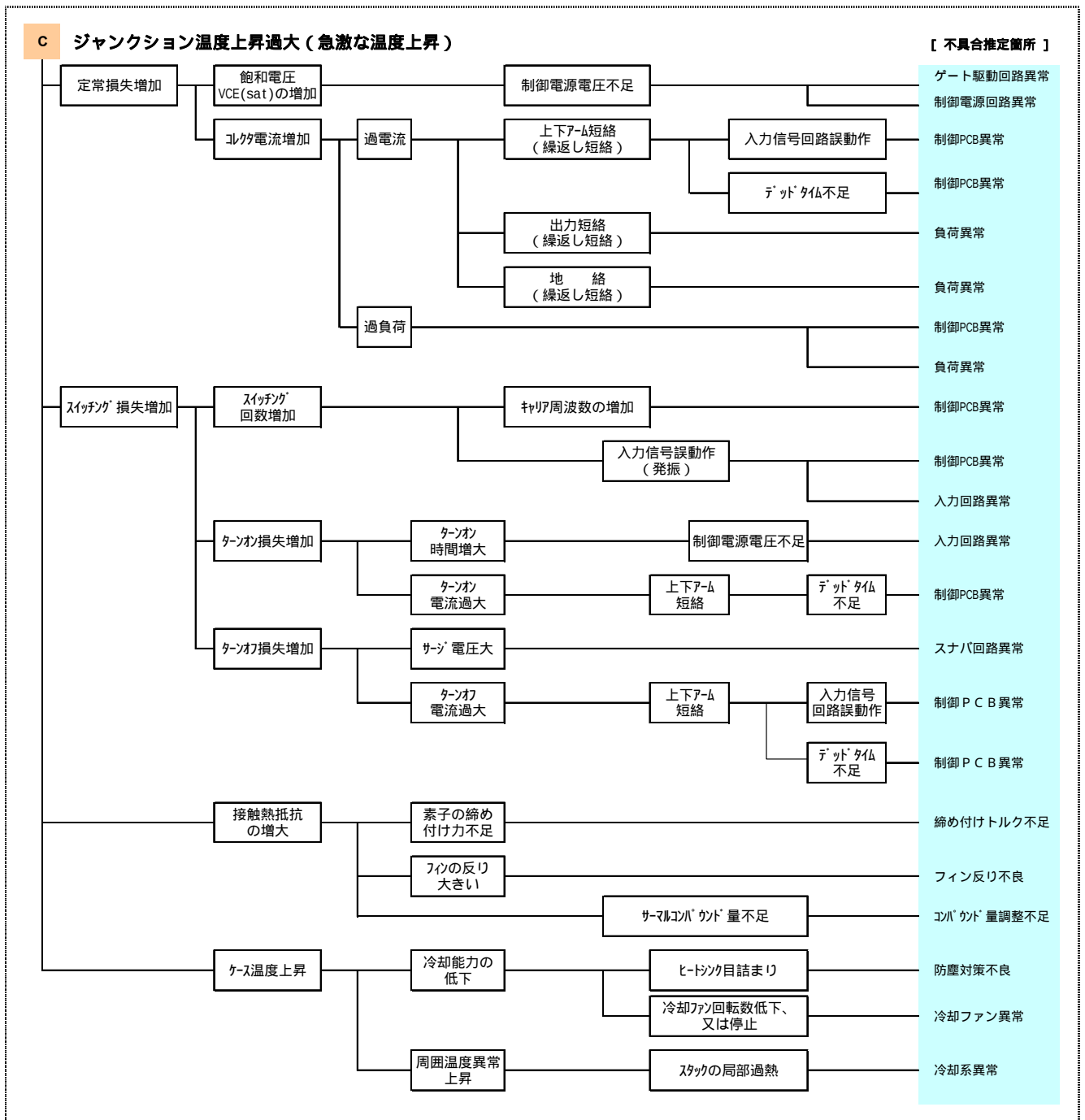


図 7-1 (d) モード C : ジャンクション温度上昇過大

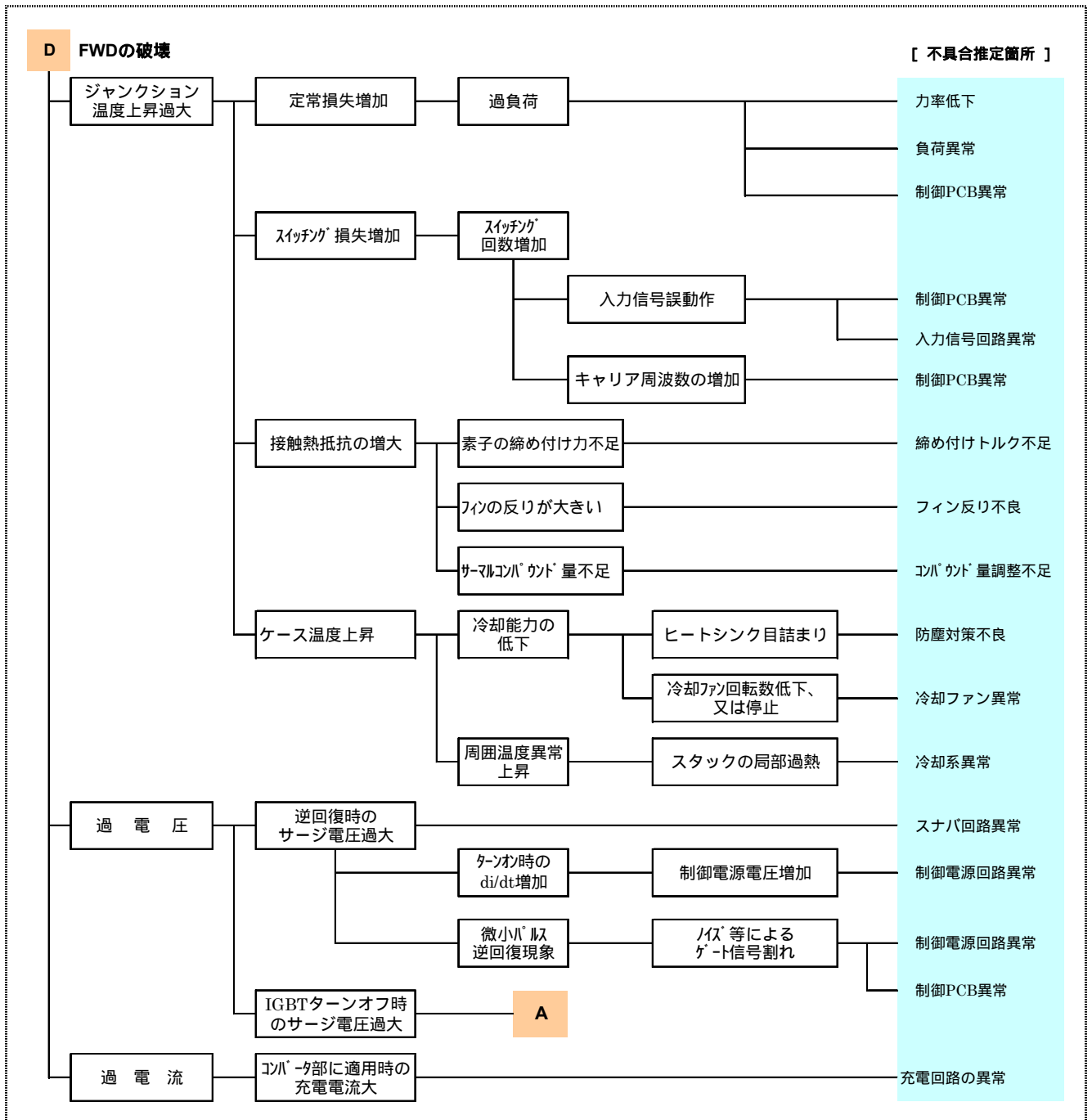


図 7-1 (e) モード D : FWD 部の破壊

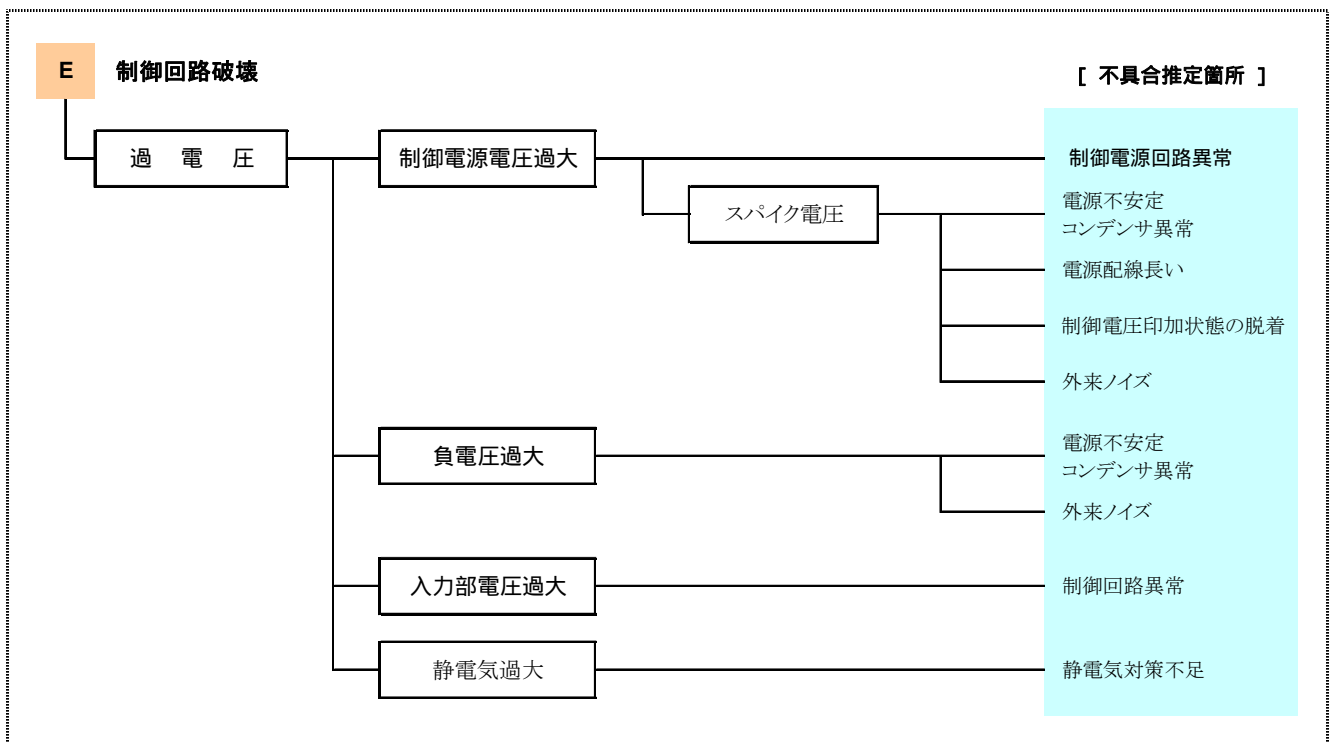


図 7-1 (f) モード E : 制御回路の破壊

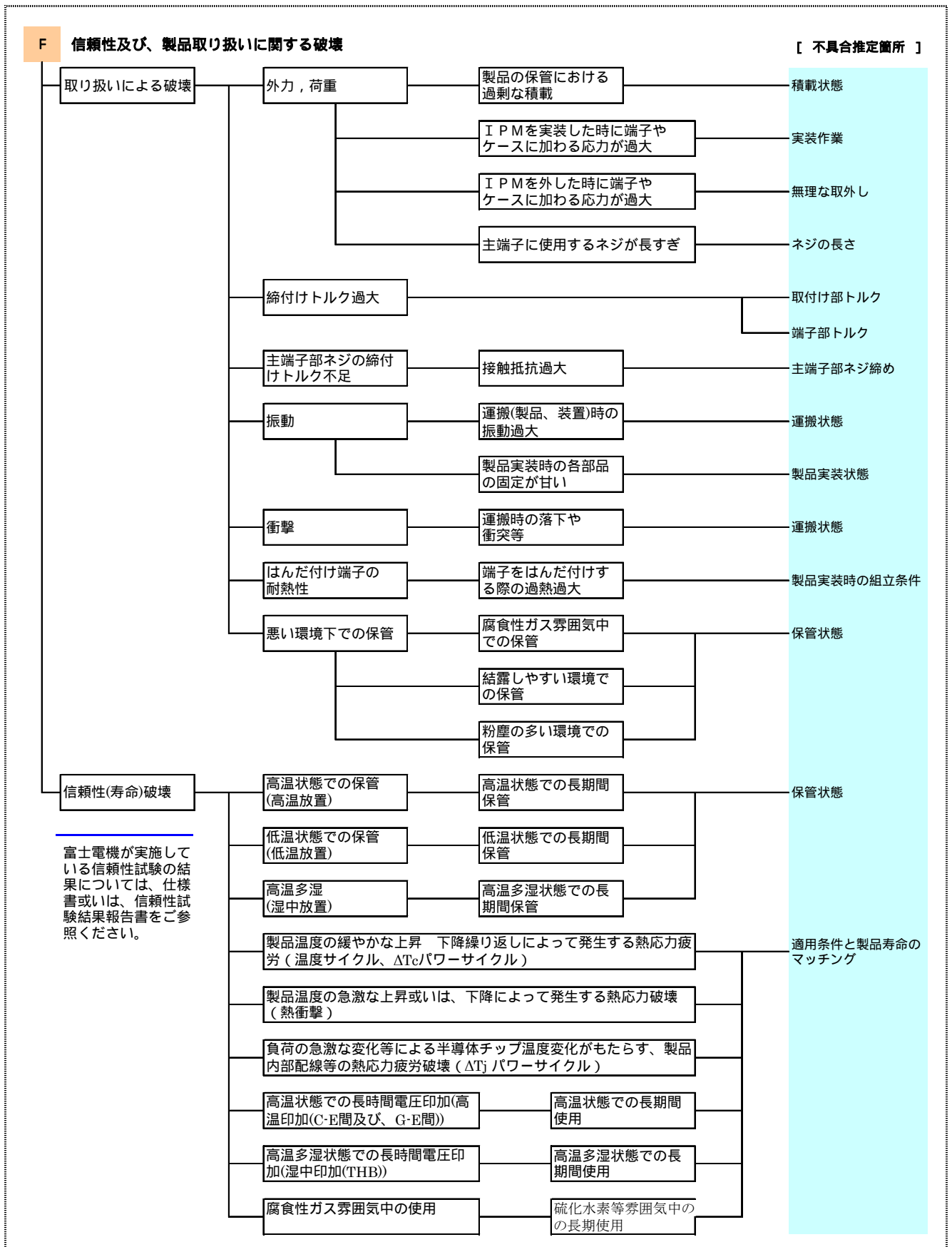


図 7-1 (g) モード F : 信頼性及び、製品取り扱いに関する破壊

3 アラーム要因解析図

IPM を搭載した装置がアラーム停止した場合、まず、そのアラームが IPM から出力されたものか、装置制御回路(IPM 以外)で発生したものを切り分ける調査をお願いします。

もし、IPM からアラームである場合は、下記の要因分析図に従って、要因の特定をお願いします。特に、V-IPM では、アラームの幅を確認する事により、どの保護機能が動作したか識別可能な製品となっているので、アラームの幅を確認の上、要因解析を進めて頂ければ要因解析時間の短縮が図れます。

尚、アラーム電圧の測定にあたっては、IPM アラーム端子とアラーム用フォトダイオードのカソード間に 1.3K Ω の抵抗を挿入した状態で IPM アラーム端子電圧を測定して頂ければ、容易にアラーム出力電圧の測定が可能となります。

現象	アラーム発生要因と特定方法
IPMアラーム発生	
正常アラーム	
過電流 tALM Typ=2ms	全IGBTチップに内蔵する電流センス用IGBTに流れる電流により、コレクタ電流を検出します。 過電流トリップレベルを約5μs以上連続して超えた場合IGBTをOFFさせ保護。 〔アラーム発生要因特定方法〕 ・アラームと出力電流(U,V,W)をオシロスコープで観測 ・アラームと直流入力電流(P,N)をオシロスコープで観測 ・アラームが出力する5μs前の電流変化を観る ・CTなどで電流検出している場合、トリップレベルと検出箇所の確認
制御電源電圧低下 tALM Typ=4ms	制御電源電圧Vccが20μs以上連続して不足電圧トリップ以下となった場合、IGBTをOFFさせ保護します。 〔アラーム発生要因特定方法〕 ・アラームとVccをオシロスコープで観測 ・アラームが出力する20μs前の電源変動を観る
チップ過熱 tALM Typ=8ms	全IGBTチップに内蔵する温度検出素子(ダイオード)により、チップ温度を検出します。 TjOHトリップレベルを1ms以上連続して超えた場合、IGBTをOFFさせ保護。 〔アラーム発生要因特定方法〕 ・制御電源電圧Vcc、直流入力電圧Vdc、出力電流Ioを測定 ・チップ直下のケース温度Tcを測定、ΔT_{j-c}を計算しTjを推定 ・IPM取付け方法を確認 (フィン平坦度、サーマルコンパウンドetc)
誤アラーム tALM 不定	制御電源電圧Vccが絶対最大定格20Vを超えたり、過大なdv/dtやリプルが印加された場合、ドライバICが破壊及び誤アラームを出力する可能性があります。 また、IPMの制御回路にノイズ電流が流れた場合においてもICの電圧が不安定となり誤アラーム出力する可能性があります。 〔アラーム発生要因特定方法〕 ・μsオーダーの短パルスアラームが出る ⇒ 6章 1.2.1項参照 ・モータ運転中、Vccの波形をオシロスコープで観測。 IPM制御端子直近が望ましい。 ・Vcc < 20V, dv/dt < 5V/μs, リプル電圧 $\pm 10\%$である事(4電源とも) ・IPM制御GNDとメイン端子GND間を外部で配線していないか確認。 配線されているとIPM制御回路にノイズ電流が流れます。 ・ドライバICが破壊した場合、Iccが異常に増える可能性が高い。 ex. Iccp 10mA, Iccn 20mA, @Vin=OFFならば異常

ご 注 意

- このカタログの内容（製品の仕様、特性、データ、材料、構造など）は2024年10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。このカタログ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。
- 本カタログ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、本カタログ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。
- 富士電機（株）は絶えず製品の品質と信頼性の向上に努めています。しかし、半導体製品はある確率で故障する可能性があります。富士電機の半導体製品の故障が、結果として人身事故、火災等による財産に対する損害や、社会的な損害を起こさぬように冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計など安全確保のための手段を講じてください。
- 本カタログに記載している製品は、普通の信頼度が要求される下記のような電子機器や電気機器に使用されることを意図して造られています。
・コンピュータ ・OA 機器 ・通信機器（端末） ・計測機器 ・工作機械
・オーディオビジュアル機器 ・家庭用電気製品 ・パーソナル機器 ・産業用ロボット など
- 本カタログに記載の製品を、下記のような特に高い信頼度を持つ必要がある機器に使用をご予定のお客様は、事前に富士電機（株）へ必ず連絡の上、了解を得てください。このカタログの製品をこれらの機器に使用するには、そこに組み込まれた富士電機の半導体製品が故障しても、機器が誤動作しないように、バックアップ・システムなど、安全維持のための適切な手段を講じることが必要です。
・輸送機器（車載、船用など） ・幹線用通信機器 ・交通信号機器
・ガス漏れ検知及び遮断機 ・防災／防犯装置 ・安全確保のための各種装置 ・医療機器
- 極めて高い信頼性を要求される下記のような機器及び戦略物資に該当する機器には、本カタログに記載の製品を使用しないでください。
・宇宙機器 ・航空機搭載用機器 ・原子力制御機器 ・海底中継機器
- 本カタログの一部または全部の転載複製については、文書による当社の承諾が必要です。
- このカタログの内容にご不明の点がありましたら、製品を使用する前に富士電機（株）または、その販売店へ質問してください。本注意書きの指示に従わないために生じたいかなる損害も富士電機（株）とその販売店は責任を負うものではありません。