

Small IPM (Intelligent Power Module)

P642 シリーズ

6MBP\*\*XT\*065-50

## Application Manual

## ご注意

この文書の内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2023年4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。この文書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。

本文書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、本アプリケーションマニュアルによって工業所有権や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。富士電機製半導体製品の故障または誤動作が、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。

本アプリケーションマニュアル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産業用電子機器や産業用電気機器に使用されることを意図して製造しています。

- ・コンプレッサモータインバータ      ・ルームエアコン用ファンモータインバータ
- ・ヒートポンプアプリケーション用コンプレッサモータインバータ など

本アプリケーションマニュアルに記載の製品を、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。この資料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製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
- ・ガス漏れ検知および遮断機    ・防災/防犯装置    ・安全確保のための各種装置 など

極めて高い信頼性を要求される下記のような機器および戦略物資に該当する機器には、本アプリケーションマニュアル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    ・医療機器

本アプリケーションマニュアル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。

本アプリケーションマニュアル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。本注意書きの内容をお守り頂けなかったために生じた如何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。

### 第3章 制御機能の詳細

1. ローサイド・ハイサイド制御電源 VCCH(U,V,W),VCCL,COM	3-2
2. ハイサイド駆動電源 VB(U,V,W),VS(U,V,W)	3-6
3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能	3-9
4. 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)	3-14
5. 過電流保護検出機能 IS	3-17
6. アラーム出力機能 VFO, CFO	3-19
7. 温度出力機能 TEMP	3-21
8. 過熱保護機能	3-23

## 1. ローサイド・ハイサイド制御電源 VCCH(U,V,W),VCCL,COM

### <ローサイド・ハイサイド制御電源電圧VCCH(U,V,W), VCCL範囲>

- 本製品の制御電源は、15V±10%の直流電源をVCCH(U,V,W)、VCCLとCOM端子間に接続してください。
- 表3-1は、この電源電圧の変化に対する本製品の動作状態を示しています。制御電源には、インピーダンスが低い電解コンデンサと、周波数特性の良いコンデンサを端子直近に接続してください。
- 制御電源の高調波ノイズにより、本製品は誤動作および異常信号を出力する恐れがあります。これらの問題を避けるために、制御電源の最大電圧変化は±1V/μs以下にしてください。
- 外部シャント抵抗を接続する場合は、COM端子電位とN(U,V,W)端子電位は異なる電位となります。全ての制御回路とインバータ回路においてN(U,V,W)端子ではなくCOM端子を基準電位にしてください。回路接続が不適切な場合、シャント抵抗に電流が流れ、過電流(OC)保護機能が誤作動する可能性があります。プリント基板のレイアウトにおいてCOM端子をグランド電位にしてください。
- 制御電源はブートストラップ回路にも接続され、上アームIGBTのゲート駆動用のフローティング電源へ供給します。
- ハイサイド制御電源電圧 $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能した上アームIGBTのみオフ状態になります。
- ローサイド制御電源電圧 $V_{CCL}$ が $V_{CCL(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能し下アームIGBTは全相オフ状態になります。

表3-1 ハイサイド・ローサイド制御電源電圧  $V_{CCH(U,V,W)}$ ,  $V_{CCL}$  範囲の動作状態

電源電圧範囲 [V]	動作
0 ~ 4	本製品は動作せず低入力電圧(UV)保護とアラーム出力は機能しません。P-N電源のdv/dtノイズにより、IGBTは誤動作する恐れがあります。
4 ~ 13	本製品は動作し低入力電圧(UV)保護状態になります。入力信号が入力された場合でもスイッチング動作せず、アラーム出力信号 $V_{FO}$ を出力します。
13 ~ 13.5	低入力電圧(UV)保護動作はリセットされ、IGBTは入力信号に従いスイッチング動作します。駆動電圧は推奨電圧より低いいため、IGBTの導通損失とスイッチング損失は通常動作条件より大きくなります。上アームIGBTは、 $V_B(^*)^{*1}$ の初期充電後 $V_{B(ON)}$ に達するまで動作しません。
13.5 ~ 16.5	推奨動作条件での通常動作となります。
16.5 ~ 20	スイッチング動作します。駆動電圧が推奨電圧より高いため、IGBTのスイッチングは速くなり、システムのノイズ増加を招きます。また、適切な過電流保護設計をした場合でも短絡ピーク電流は、非常に大きくなり破壊に至る可能性があります。
20 以上	本製品は破壊する恐れがあります。必要に応じてツェナーダイオードを各制御電源端子に接続することを推奨します。

\*1:  $V_B(^*)$ :  $V_B(U)-U$ ,  $V_B(V)-V$ ,  $V_B(W)-W$ 間電圧

<ハイサイド・ローサイド制御電源端子VCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護機能>

- 図3-1にVCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護回路を示します。
- 図3-2と図3-3に $V_{CCH(U,V,W)}$ と $V_{CCL}$ の低入力電圧(UV)保護動作のシーケンスを示します。
- 図3-1に示すVCCH(U,V,W)-COMとVCCL-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

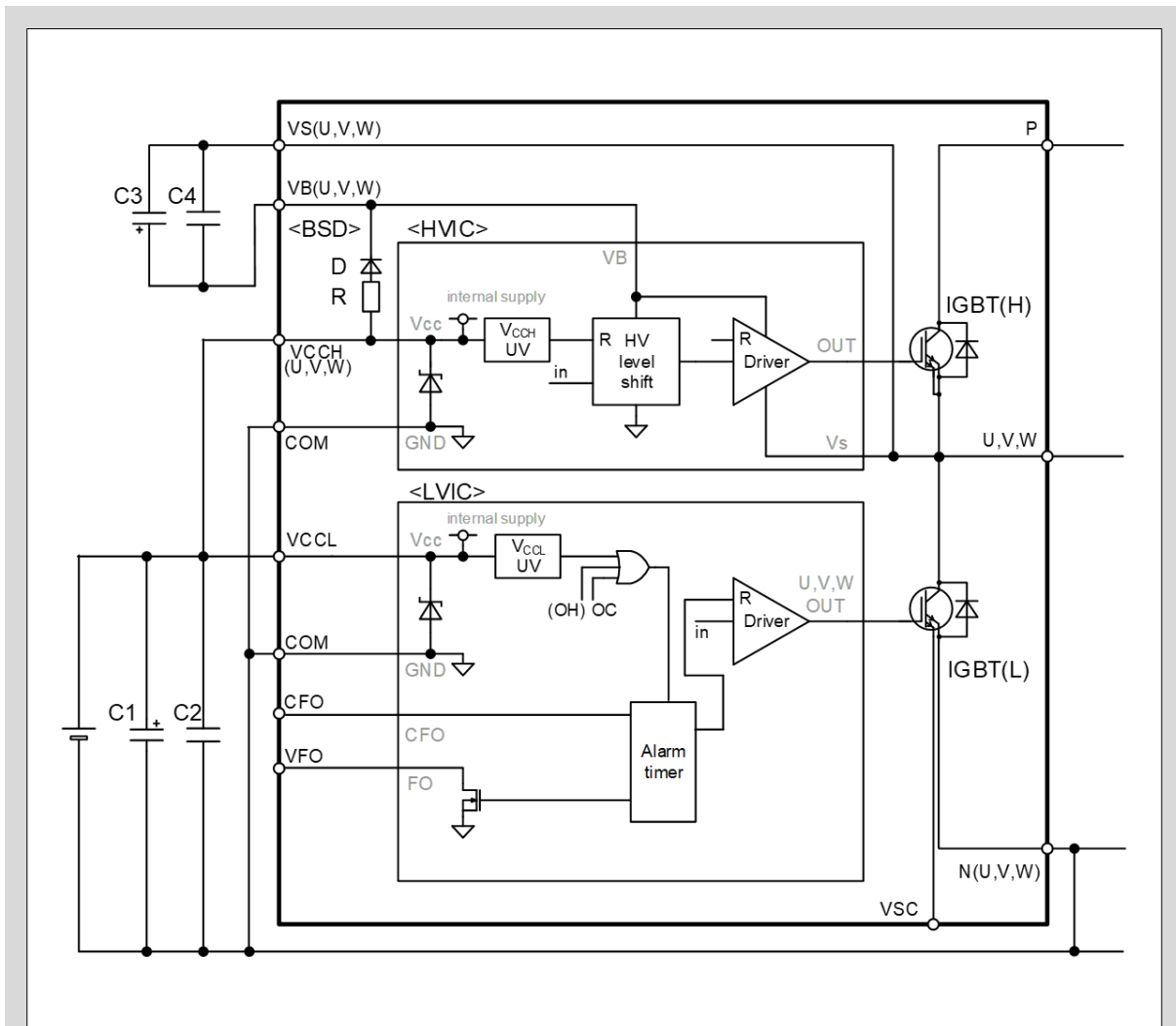


図3-1 ハイサイド・ローサイド制御電源電圧 VCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護回路

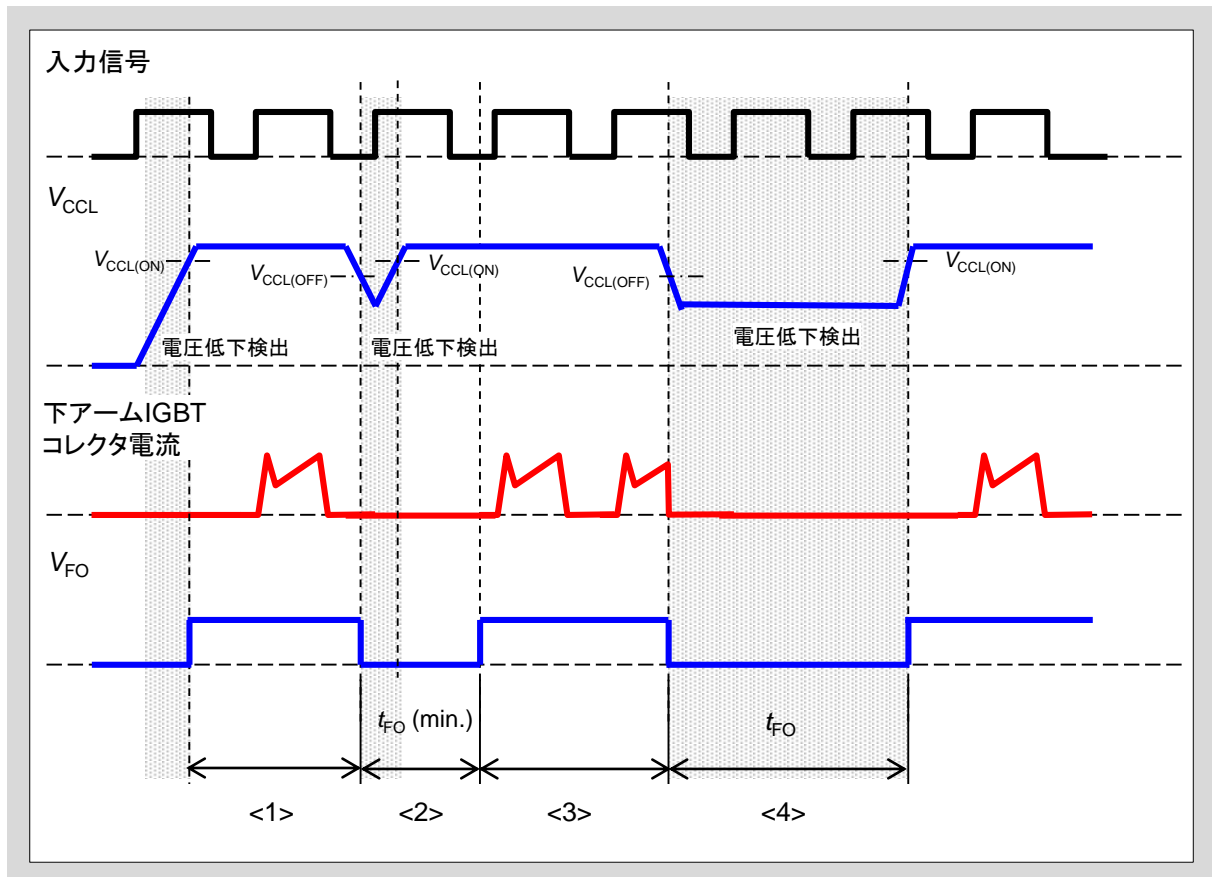


図3-2  $V_{CCL}$  低入力電圧保護動作シーケンス (ローサイド)

$V_{CCL}$  が4V以下の場合、ローサイド制御電源電圧低下保護とアラーム出力は動作しません。

- <1>  $V_{CCL}$  が  $V_{CCL(ON)}$  より低い場合、下アームIGBTは全相オフ状態になります。 $V_{CCL}$  が  $V_{CCL(ON)}$  以上に上昇した場合、アラーム出力電圧  $V_{FO}$  はLレベルからHレベルにリセットされます。また、下アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。
- <2>  $V_{CCL}$  が  $V_{CCL(OFF)}$  を下回った場合、アラーム出力電圧  $V_{FO}$  が有効になり、下アームIGBTはシャットダウン状態になります。電圧低下期間が  $t_{FO(min.)}$  以下であれば、アラーム出力の最小パルス幅は  $t_{FO(min.)}$  で、その期間中は入力信号に関わらず、下アームIGBTは全相オフ状態になります。
- <3>  $t_{FO}$  経過後、 $V_{CCL}$  が  $V_{CCL(ON)}$  を上回ると、低入力電圧(UV)保護はリセットされ、同時にアラーム出力電圧  $V_{FO}$  もリセットされます。また、下アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を再開します。
- <4> 電圧低下期間が  $t_{FO}$  より長ければ、それと同等な時間幅のアラーム出力パルス幅を出力します。その期間中、下アームIGBTは全相オフ状態になります。

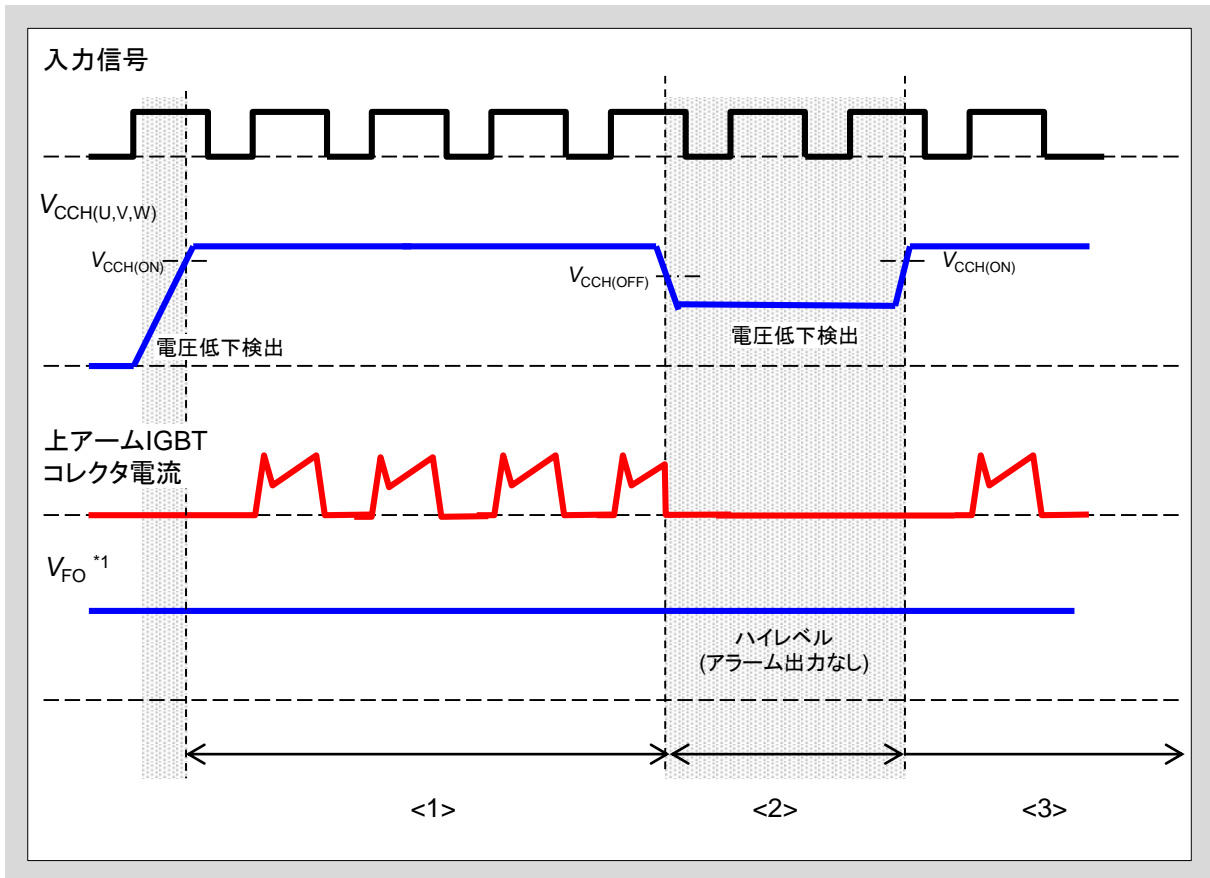


図3-3  $V_{CCH(U,V,W)}$ 低入力電圧保護動作シーケンス (ハイサイド)

<1>  $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(ON)}$ より低い場合、上アームIGBTはオフ状態になります。 $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(ON)}$ を上回った場合、上アームIGBTは、次の入力信号からスイッチング動作を開始します。アラーム出力電圧 $V_{FO}$ は、 $V_{CCH(U,V,W)}$ に依存せず変わりません。\*1

<2>  $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(OFF)}$ を下回った場合、上アームIGBTはオフ状態になります。ただしアラーム出力電圧 $V_{FO}$ はHレベルから変化しません。

<3> 低入力電圧(UV)保護動作がリセットされた後、上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。

\*1：アラーム出力電圧はHVICのバイアス条件に依存しません。



## 2. ハイサイド駆動電源 $V_{B(U,V,W)}$ , $V_{S(U,V,W)}$

### <ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ 範囲>

- $V_{B(U,V,W)}$ - $V_{S(U,V,W)}$ 間の電圧  $V_{B(*)}$ は、本製品内部のHVICのハイサイド駆動電源となります。この電源を13.0~18.5V範囲内に設定することで、HVICは上アームIGBTを駆動することができます。
- 本製品は、 $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護機能を内蔵しており、電圧  $V_{B(*)}$ が規定の電圧を下回ると上アームIGBTを駆動することはできません。この機能により、IGBTの損失が増加することを防いでいます。
- $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護機能は、機能が有効となったハイサイド相のみでIGBTをオフ状態とします。この時、アラーム出力はありません。
- 従来の上アームIGBT駆動回路はハイサイド・ローサイド制御電源の他に3つの独立したフローティング電源が必要です。一方で、ブートストラップ回路を使用する場合はハイサイド・ローサイド制御電源からハイサイド駆動電源を生成することができます。
- ハイサイド駆動電源は、下アームIGBTがオン状態もしくはフリーホイール電流が下アームFWDを還流するタイミングで充電されます。表3-2にハイサイド駆動電源電圧の変化による動作状態を示します。高周波ノイズによる本製品の誤動作を防止するため、ハイサイド駆動電源には、インピーダンスが低い電解コンデンサと、周波数特性の良い平滑コンデンサを端子直近に接続してください。
- ハイサイド駆動電源電圧  $V_{B(*)}$ が低入力電圧保護トリップ電圧  $V_{B(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能した上アームIGBTのみオフ状態になります。

表3-2 各ハイサイド駆動電源電圧  $V_{B(*)}$  範囲の動作状態

ハイサイド駆動電圧範囲 [V]	動作
0 ~ 4	本製品は動作しておらず低入力電圧(UV)保護動作は機能しません。P-N電源のdv/dtノイズにより、IGBTは誤動作する恐れがあります。
4 ~ 12.5	本製品は動作し低入力電圧保護状態になります。入力信号が入力された場合でもスイッチング動作はしません。
12.5 ~ 13	低入力電圧保護動作はリセットされ、上アームIGBTは入力信号に従いスイッチング動作をします。ハイサイド駆動電圧は推奨電圧より低いため、IGBTの導通損失とスイッチング損失は通常動作より大きくなります。
13 ~ 18.5	推奨動作条件での通常動作となります。
18.5 ~ 20	上アームIGBTはスイッチング動作します。ハイサイド駆動電圧が推奨電圧より高いため、IGBTのスイッチング速度は速くなり、システムのノイズ増加を招きます。また、適切な過電流保護設計をした場合でも短絡ピーク電流は、非常に大きくなり破壊に至る可能性があります。
20 以上	本製品は破壊する恐れがあります。必要に応じてツェナーダイオードを各ハイサイド駆動電源端子に接続することを推奨いたします。



<ハイサイド駆動電源端子VB(U,V,W)の低入力電圧保護機能>

- 図3-4にハイサイド駆動電源端子VB(U,V,W)-VS(U,V,W)間電圧 $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護回路を示します。
- 図3-5に $V_{B(*)}$ の低入力電圧保護動作のシーケンスを示します。
- 図3-4に示すようにVB(U,V,W)-VS(U,V,W)とVB(U,V,W)-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

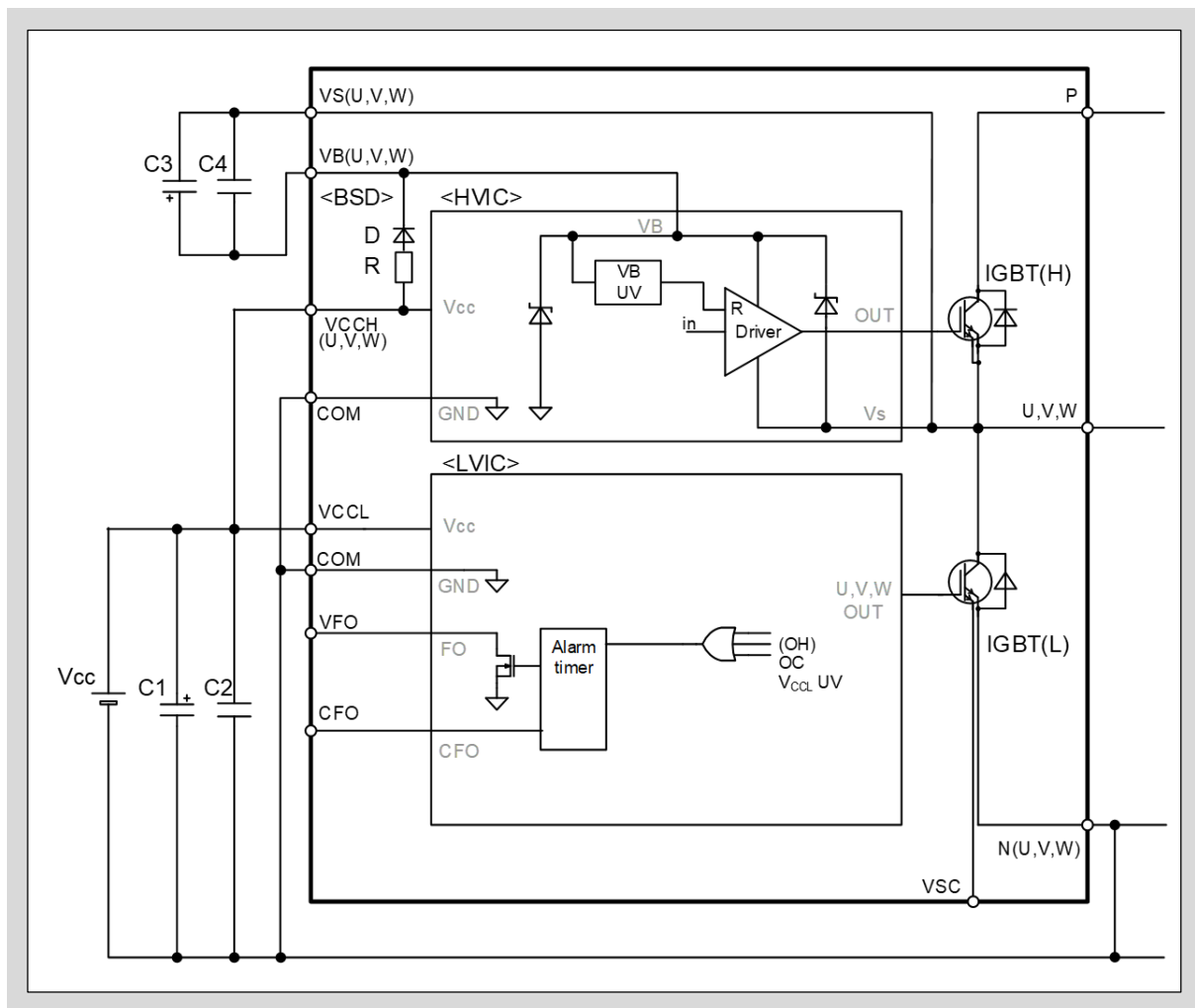


図3-4 ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ の低入力電圧保護回路

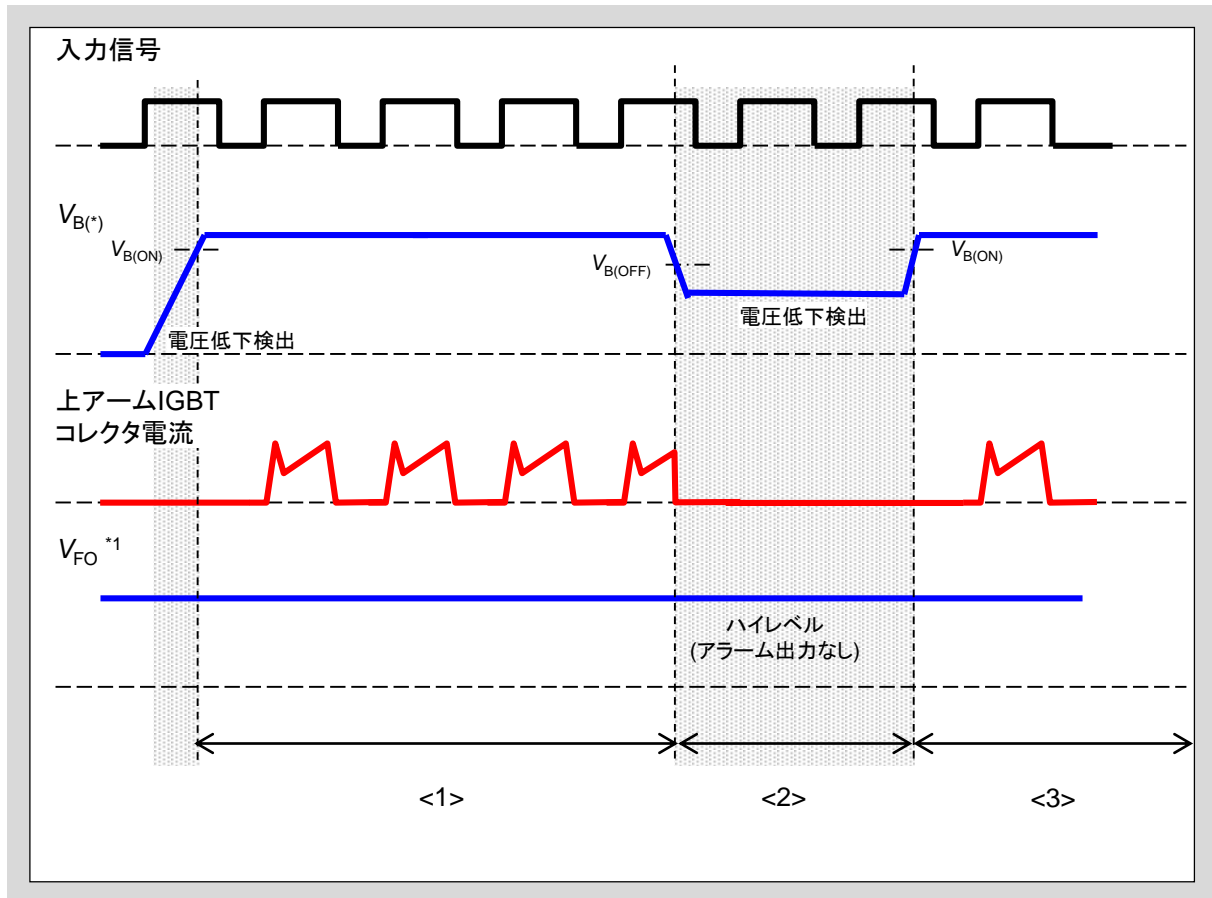


図3-5  $V_{B(*)}$ 低入力電圧保護動作のシーケンス(ハイサイド)

<1>  $V_{B(*)}^{*1}$ が $V_{B(ON)}$ を下回ると、上アームIGBTはオフ状態になります。

$V_{B(*)}$ が $V_{B(ON)}$ 以上となった場合、上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。アラーム出力電圧 $V_{FO}$ は $V_{B(*)}$ に依存せず、Hレベルのまま変化しません。<sup>\*2</sup>

<2>  $V_{B(*)}$ が $V_{B(OFF)}$ を下回った場合、上アームIGBTはオフ状態になります。ただしアラーム出力電圧 $V_{FO}$ はHレベルのまま変化しません。

<3> 電圧低下(UV)保護動作がリセットされた後に上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を再開します。

\*1:  $V_{B(*)}$ : VB(U)-VS(U), VB(V)-VS(V), VB(W)-VS(W)端子間電圧

\*2: アラーム出力電圧はHVICのバイアス条件に依存しません。

### 3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能

ハイサイド駆動電源  $V_{B(*)}$  ( $V_B(U)-V_S(U)$ ,  $V_B(V)-V_S(C)$ ,  $V_B(W)-V_S(W)$ 端子間電圧)の供給にはいくつかの方法があります。ここではブートストラップ回路について説明します。ブートストラップ回路は簡単かつ安価で実現できる方法ですが、ブートストラップコンデンサの充電動作条件からデューティ比とオン時間が制限されます。図3-6、図3-8、図3-11に示す電流経路のように、内蔵する制限抵抗付きブートストラップダイオードと外付けコンデンサから構成されます。

#### <インバータ動作時のブートストラップコンデンサの充放電動作>

下アームIGBTがオン状態の時、ブートストラップコンデンサCの充電電圧  $V_B(t1)$  は、次式のようにになります。この時の充電動作回路図を図3-6、充電動作のタイミングチャートを図3-7に示します。

$$V_{B(*)}(t1) = V_{CC} - V_{F(D)} - V_{CE(sat)} - I_B \cdot R \quad \dots\dots \text{過渡状態}$$

$$V_{B(*)}(t1) \approx V_{CC} \quad \dots\dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$  : ブートストラップダイオードDの順方向電圧

$V_{CE(sat)}$  : 下アームIGBTの飽和電圧

$R$  : ブートストラップ抵抗

$I_B$  : ブートストラップ充電電流

下アームIGBTがターンオフするとモータ電流は上アームFWDに流れます。 $V_S$ 電位が $V_{CC}$ 以上になった時、C3への充電動作は止まり、ハイサイド駆動回路の消費電流によりブートストラップコンデンサ電圧は徐々に低下します。

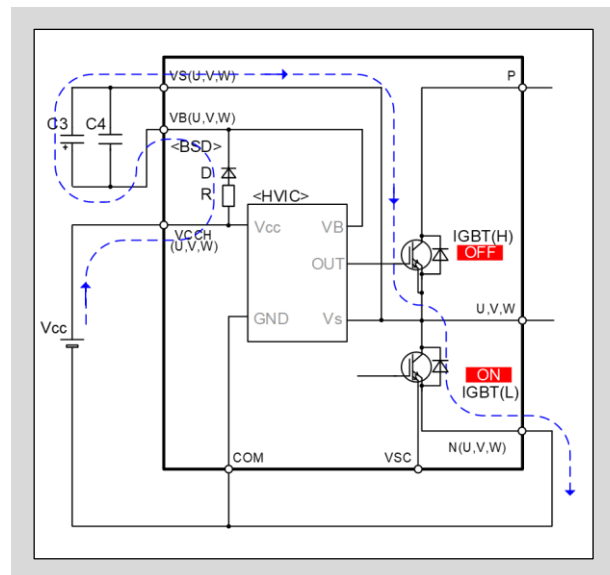


図3-6 充電動作回路図

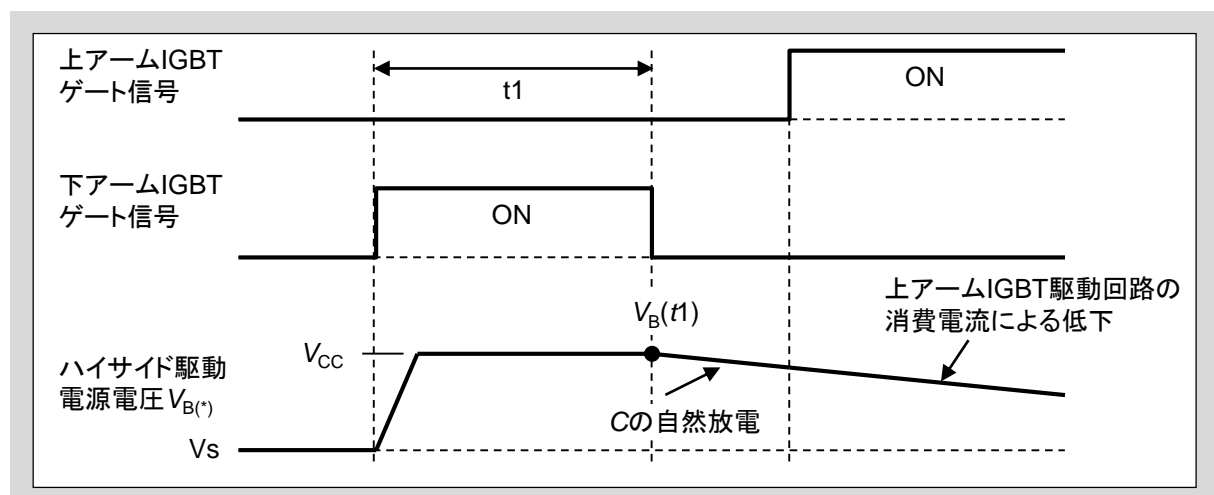


図3-7 充電動作のタイミングチャート

下アームIGBTがオフ、下アームFWDがオン状態のとき、フリーホイール電流は下アームFWDを流れます。このときの充電動作回路図を図3-8、タイミングチャートを図3-9、ブートストラップコンデンサ電圧  $V_{C(t_2)}$  を次式に示します。

$$V_{B^{(*)}}(t_2) = V_{CC} - V_{F(D)} + V_{F(FWD)} - I_b \cdot R \dots \text{過渡状態}$$

$$V_{B^{(*)}}(t_2) \approx V_{CC} \dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$  : ブートストラップダイオードDの順方向電圧

$V_{F(FWD)}$  : 下アームFWDの順方向電圧

R : ブートストラップ抵抗R

$I_b$  : ブートストラップ充電電流

下アームと上アームIGBTが両方オフ状態のとき、回生電流は下アームFWDを流れます。そのため  $V_S$  電位がFWDの  $-V_F$  まで低下し、それによりブートストラップコンデンサCは設定電位に再充電されます。上アームIGBTがターンオンし  $V_S$  電位が  $V_{CC}$  以上になったとき、C3への充電動作は止まり、駆動回路の消費電流によりブートストラップコンデンサ電圧  $V_{B^{(*)}}$  は徐々に低下します。

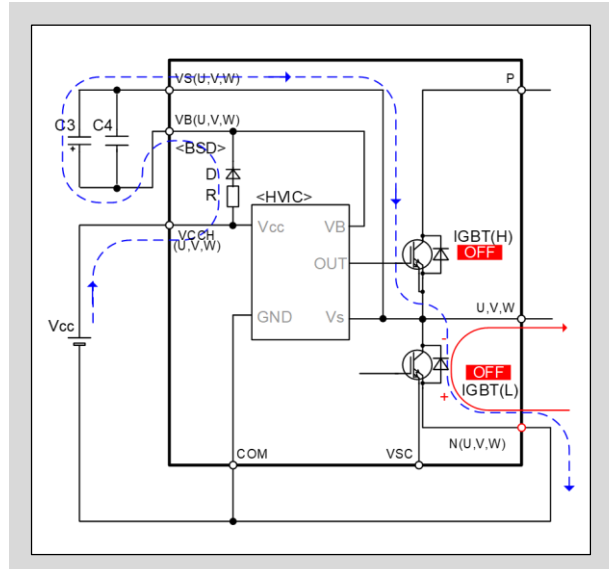


図3-8 下アームFWDがオン状態の充電動作回路図

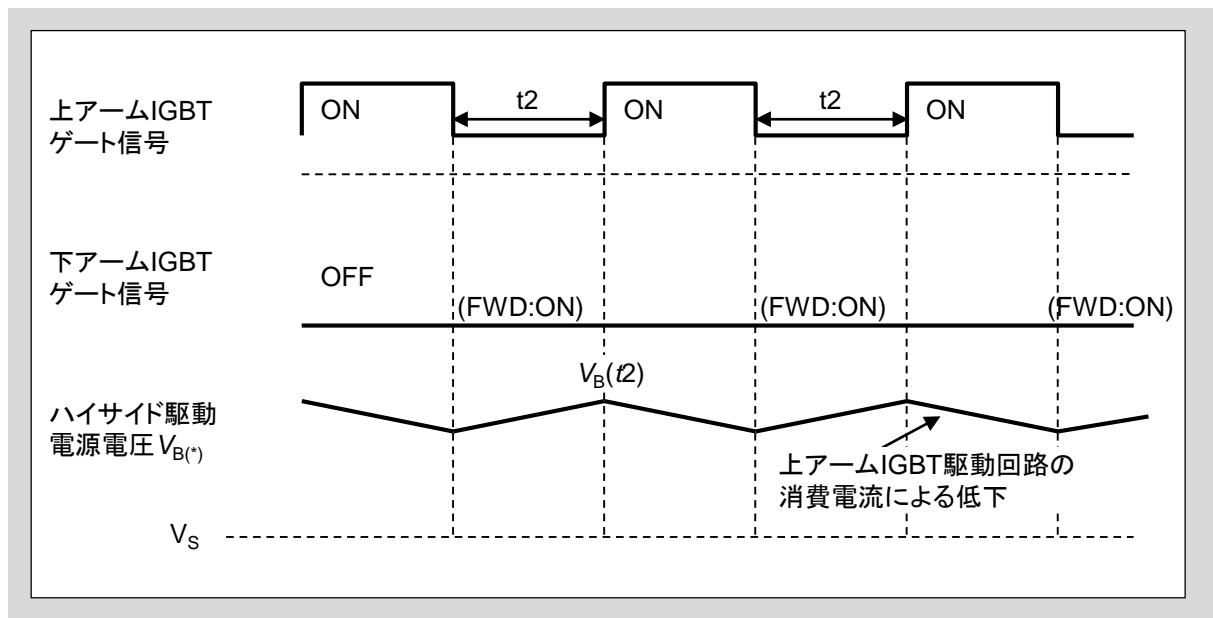


図3-9 下アームFWDがオン状態時の充電動作タイミングチャート

### <ブートストラップコンデンサと最小オン/オフパルス幅の設定>

ブートストラップコンデンサ容量は、次式のように求められます。

$$C = I_{CCHB} \cdot \frac{t_1}{dV_b}$$

$t_1$ : 上アームIGBTの最大オンパルス幅

$I_{CCHB}$ : ハイサイド駆動回路の消費電流(温度と周波数特性に依存)

$dV_b$ : 許容放電電圧(図3-10を参照)

- ブートストラップコンデンサの選定には計算値にマージンを加算してください。一般的に計算値の2~3倍の値を選定します。
- ブートストラップ動作における下アームIGBTの最小オンパルス幅( $t_2$ )の推奨値は、オン期間に放電電圧(dv)分、再充電できるC・R時定数となります。
- 上アームIGBTがスイッチング動作し、下アームFWDオン時に充電するモード(タイムチャート(図3-10))では、上アームIGBTのオフ期間にオン期間で消費した電力を再充電できる時定数とします。
- 最小パルス幅は、下アームIGBTの最小オンパルス幅もしくは上アームIGBTの最小オフパルス幅のどちらか短い条件となります。

$$t_2 \geq \frac{R \cdot C \cdot dV_b}{V_{CC} - V_B(\min)}$$

$t_2$  下アームIGBTの最小オンパルス幅

R: ブートストラップダイオードの直列抵抗  $\Delta R_{F(BSD)}$

C: ブートストラップコンデンサ容量

dV: 許容放電電圧

$V_{CC}$ : ハイサイド・ローサイド制御電源電圧 (ex.15V)

$V_B(\min)$ : ハイサイド駆動電源の最小電圧 (低入力電圧保護リセット電圧のマージン加算値 ex.14V)

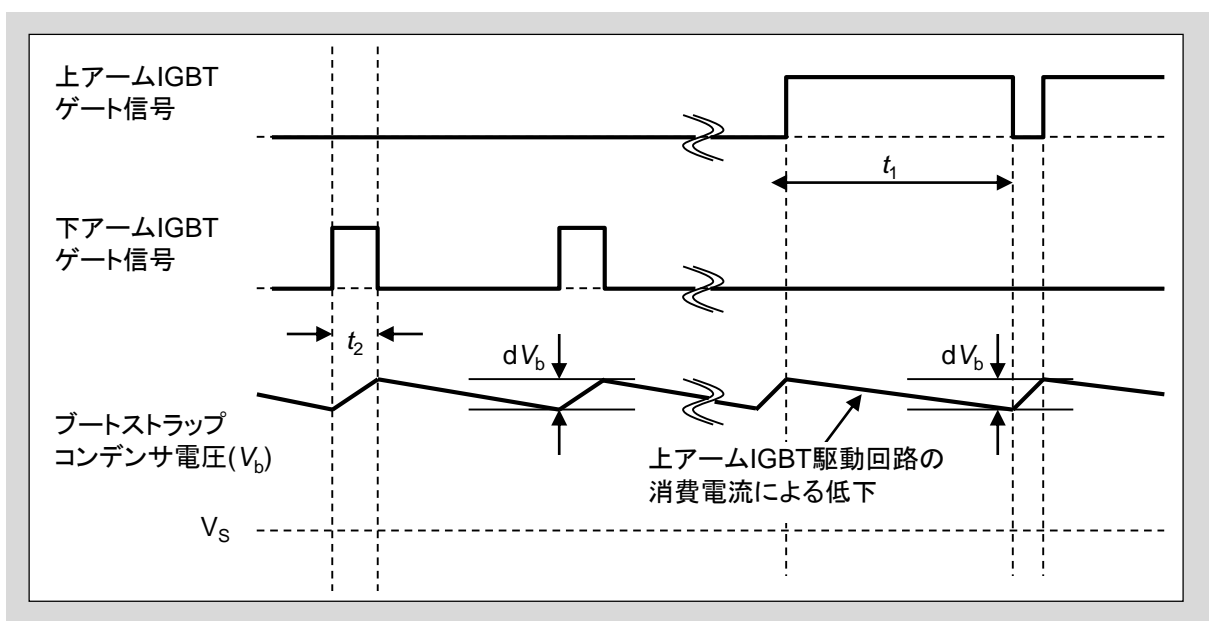


図3-10 充放電動作のタイミングチャート

<ブートストラップコンデンサの初期充電の設定>

- インバータを起動するためにブートストラップコンデンサの初期充電が必要となります。
- パルス幅もしくはパルス数はブートストラップコンデンサをフル充電できるように十分長い積算時間としてください。
- 内蔵するブートストラップダイオードDで47 $\mu$ Fのコンデンサを充電する時間は約10msになります。

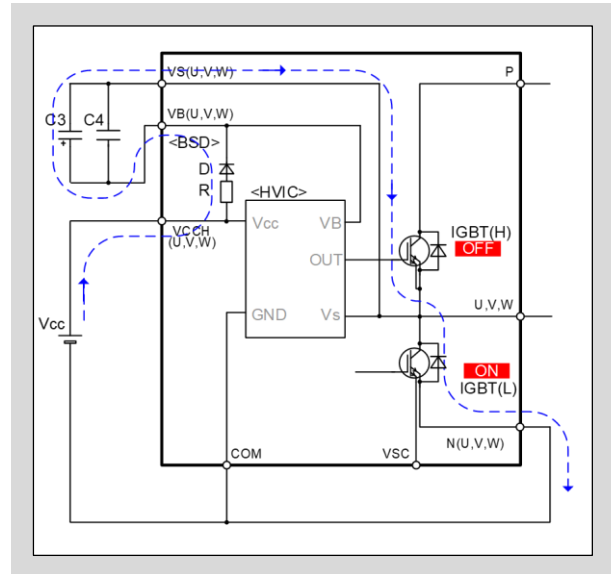


図3-11 初期充電動作の回路図

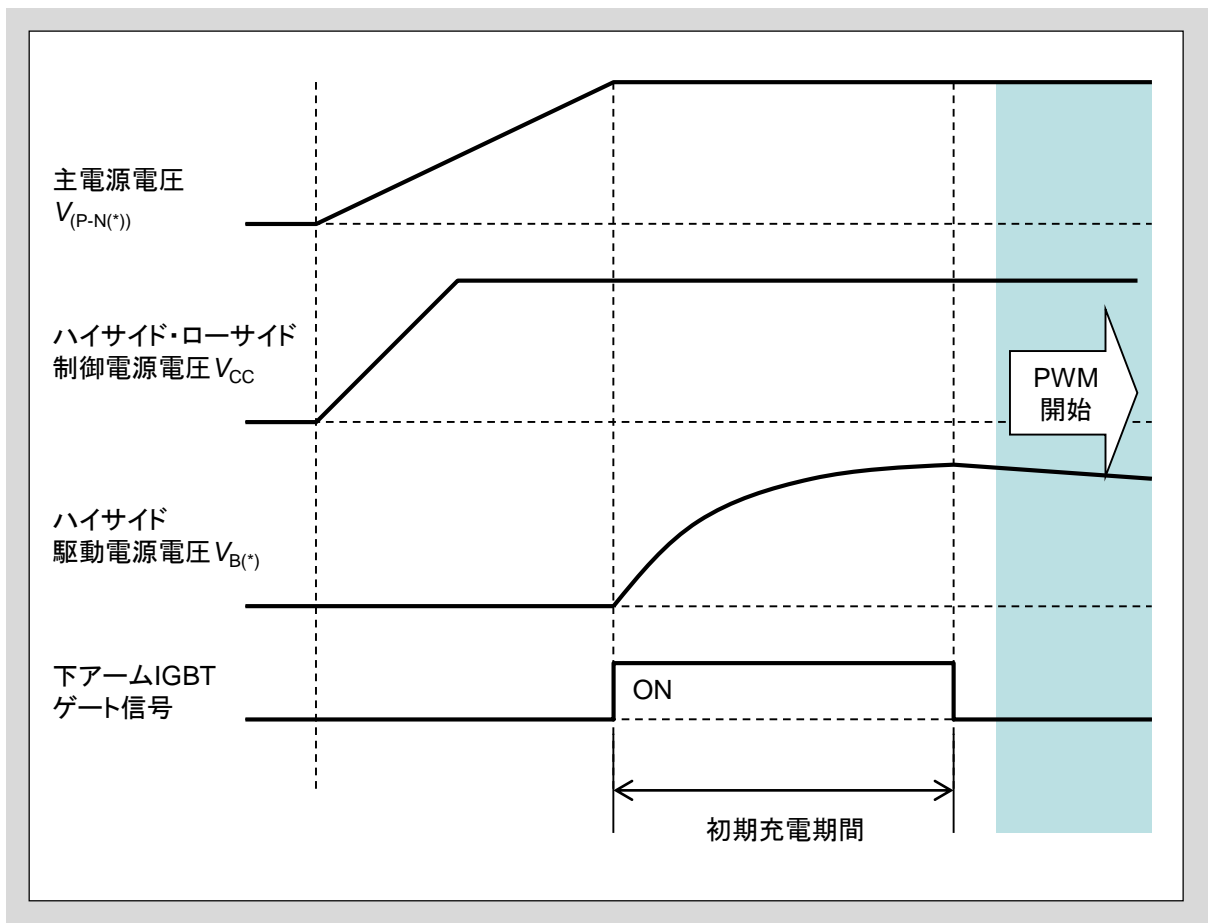


図3-12 初期充電動作タイミングチャート

<ブートストラップダイオードの抵抗特性>

ブートストラップダイオードは、チップ内部に20Ω(typ.)の電流制限抵抗を形成しております。ブートストラップダイオードの $V_F$ - $I_F$ 特性を図3-11,3-12に示します。

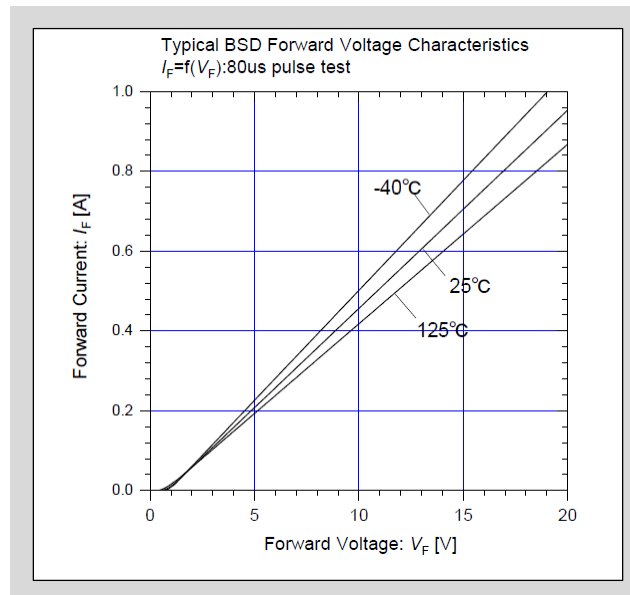


図3-13 ブートストラップダイオードの $V_F$ - $I_F$ 特性

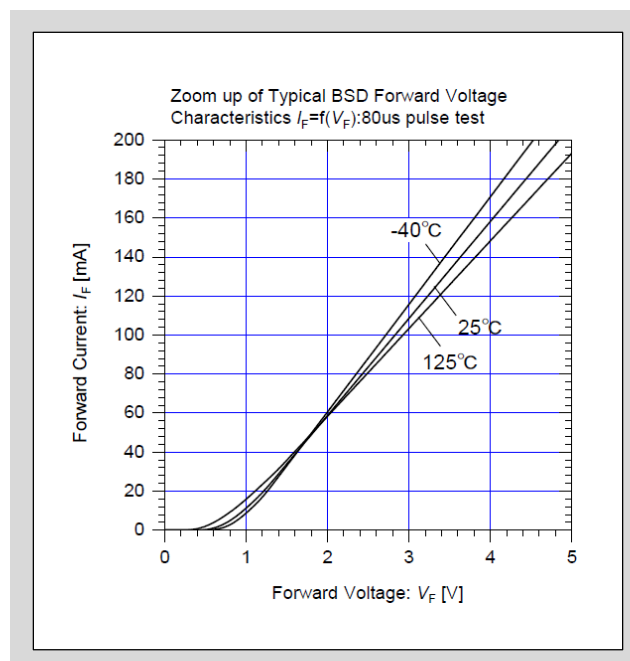


図3-14 ブートストラップダイオードの $V_F$ - $I_F$ 特性(低電流領域拡大)



## 4. 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)

### <入力端子接続>

- 図3-15にMPUと本製品の接続例を示します。入力端子は、直接MPUに接続することができます。入力端子には、プルダウン抵抗を内蔵しており、外付けプルダウン抵抗をつける必要はありません。また、入力端子はハイアクティブ動作であるため、外付けプルアップ抵抗をつける必要もありません。
- 信号配線が長くノイズが重畳する場合は、図3-15に点線で示すRCフィルタ回路で除去してください。RとCの定数は、PWM制御方式やプリント基板の配線パターンに応じて調整してください。

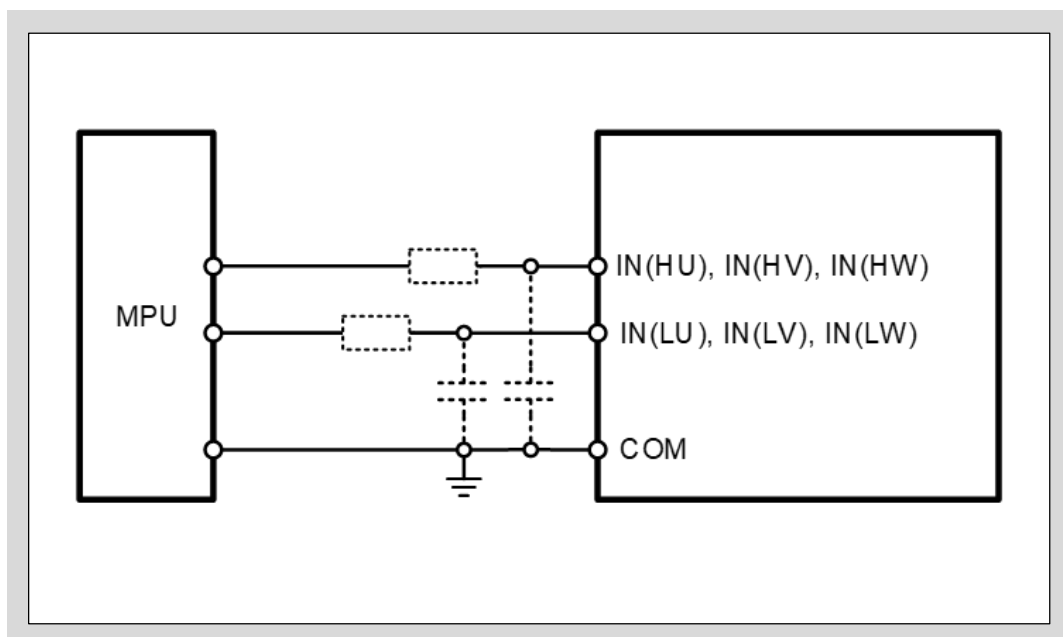


図3-15 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

### <入力端子回路>

- 本製品の入力端子はハイアクティブ動作です。この動作論理により、入力信号は制御電源の立上げ・立下げシーケンスにおいて制限が無い場合、システムとしてフェイルセーフとなります。また、図3-16に示すように、入力端子にはプルダウン抵抗を内蔵しているため、外付けプルダウン抵抗を必要とせずシステムの部品点数を減らすことができます。さらに入力閾値電圧を低く設定していることにより3.3V電源のMPUに直接接続できます。
- MPUと本製品の入力端子間に外付けフィルタ抵抗を接続する際には、図3-16に示す入力端子のプルダウン抵抗を考慮して、入力端子電圧が入力閾値電圧以上になるよう設計してください。
- 図3-16に示すようにVCCL-IN(LU, LV, LW)とIN(HU, HV, HW, LU, LV, LW)-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

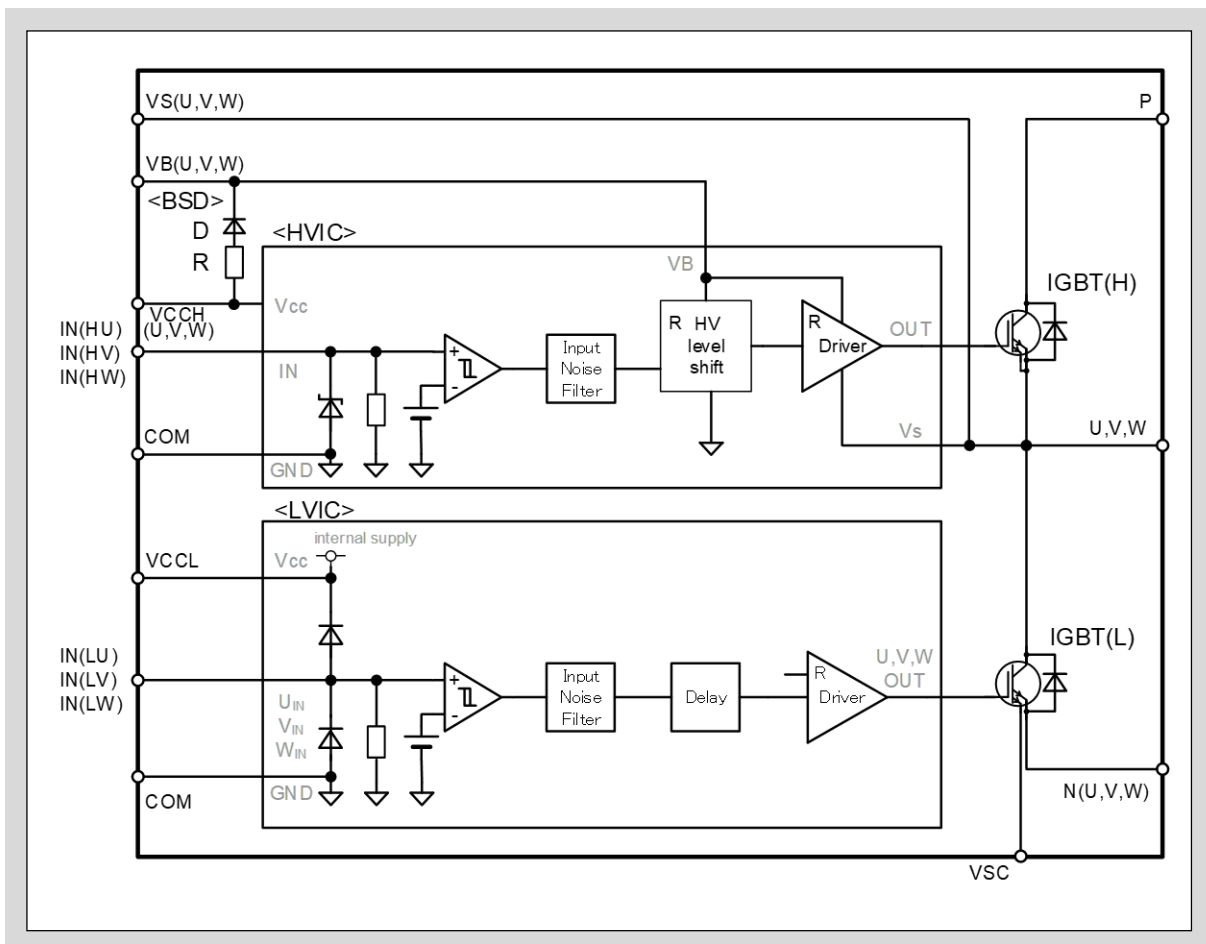


図3-16 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 回路

### <IGBT駆動状態と入力信号パルス幅>

$t_{IN(ON)}$  は、オフ状態から誤動作なくIGBTをオンするために必要な最小入力オンパルス幅で、 $t_{IN(OFF)}$  はオン状態から誤動作なくIGBTをオフするために必要な最小入力オフパルス幅です。図3-17と図3-18に各制御パルス幅でのIGBT駆動状態を示します。

- A: 入力信号のオンパルス幅が $t_{IN(ON)}$ の最小値未満のときでも、IGBTはオンすることがあります。また、 $t_{IN(ON)}$ の最小値未満でU-COM、V-COM、W-COM端子間に-5Vを下回る電圧が印加された場合、誤動作によりオフしない可能性があります。
- B: 定常動作状態で、IGBTは線形領域動作します。
- C: 入力信号のオフパルス幅が $t_{IN(OFF)}$ の最小値未満のときでも、IGBTはオフすることがあります。また、 $t_{IN(OFF)}$ の最小値未満でU-COM、V-COM、W-COM端子間に-5Vを下回る電圧が印加された場合、誤動作によりオンしない可能性があります。
- D: 定常動作状態で、IGBTは完全にオフします。

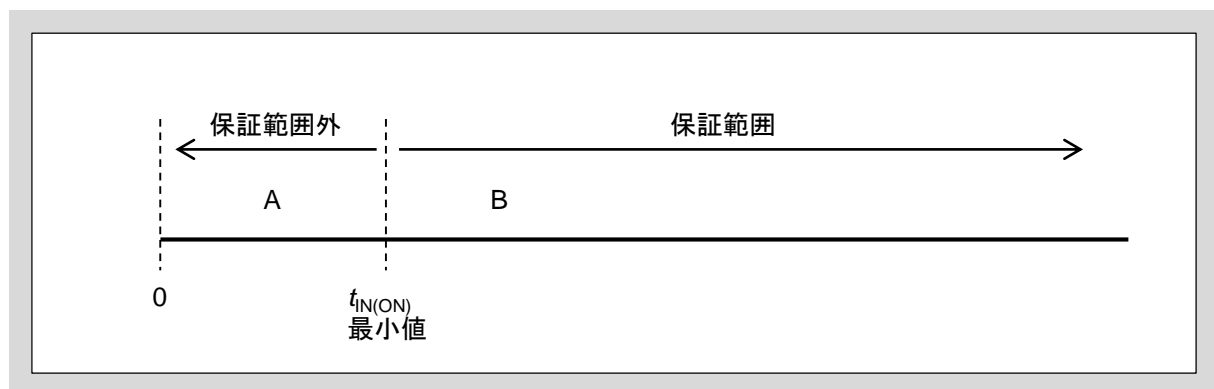


図3-17 IGBT駆動状態と入力信号のオンパルス幅

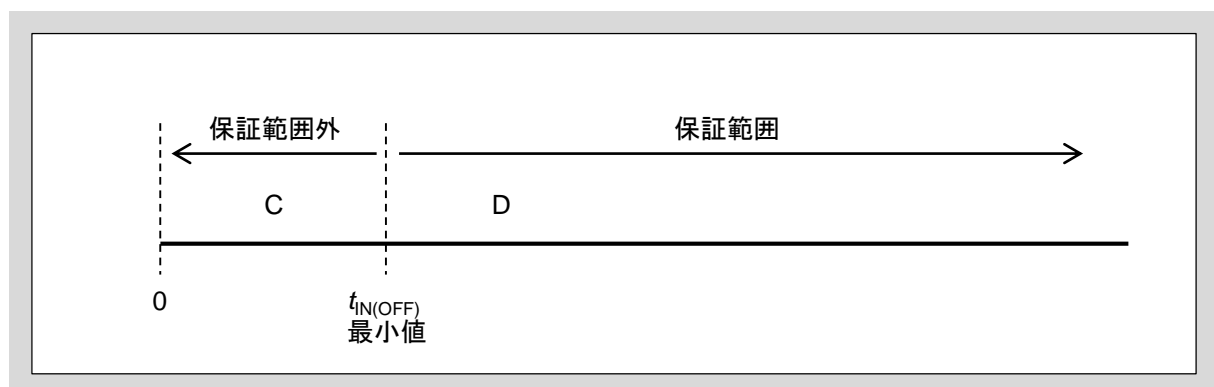


図3-18 IGBT駆動状態と入力信号のオフパルス幅

## 5. 過電流保護検出機能 IS

- 過電流(OC)保護機能は、N(U,V,W)-COM端子間に接続される外付けシャント抵抗で発生する電圧、または、VSC-COM端子間に接続される電流センス抵抗で発生する電圧をIS端子で検出、アラーム出力および下アームIGBTをオフ状態にする保護機能です。
- 図3-19に過電流検出入力のIS端子回路ブロック、図3-20に過電流保護動作シーケンスを示します。
- 通常動作時のスイッチングノイズもしくはリカバリ電流による本製品の誤動作を防ぐために、IS端子には外部RCフィルタ(時定数はおおよそ1.1 $\mu$ s)が必要となります。また、本製品とシャント抵抗間の配線は可能な限り短くしてください。
- 図3-19に示すようにVCCL-ISとIS-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

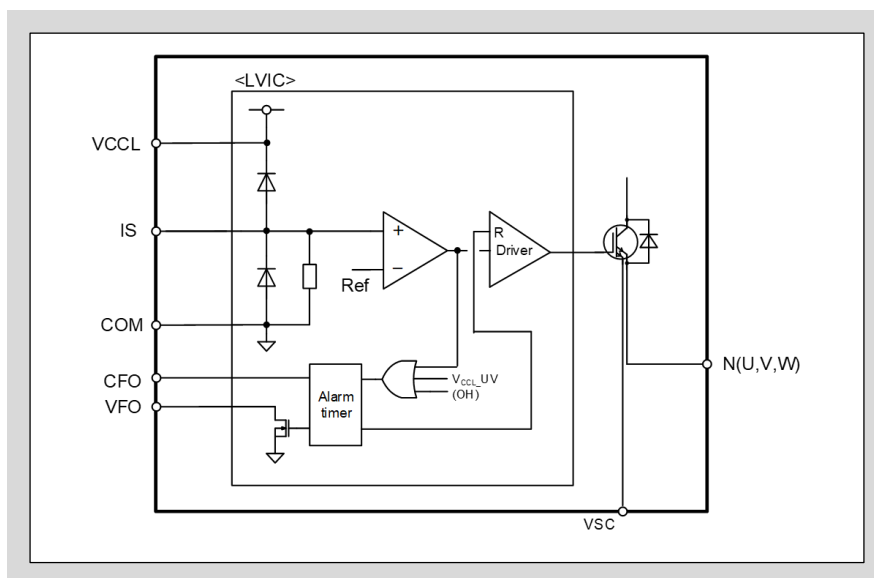


図3-19 過電流検出 IS端子回路図

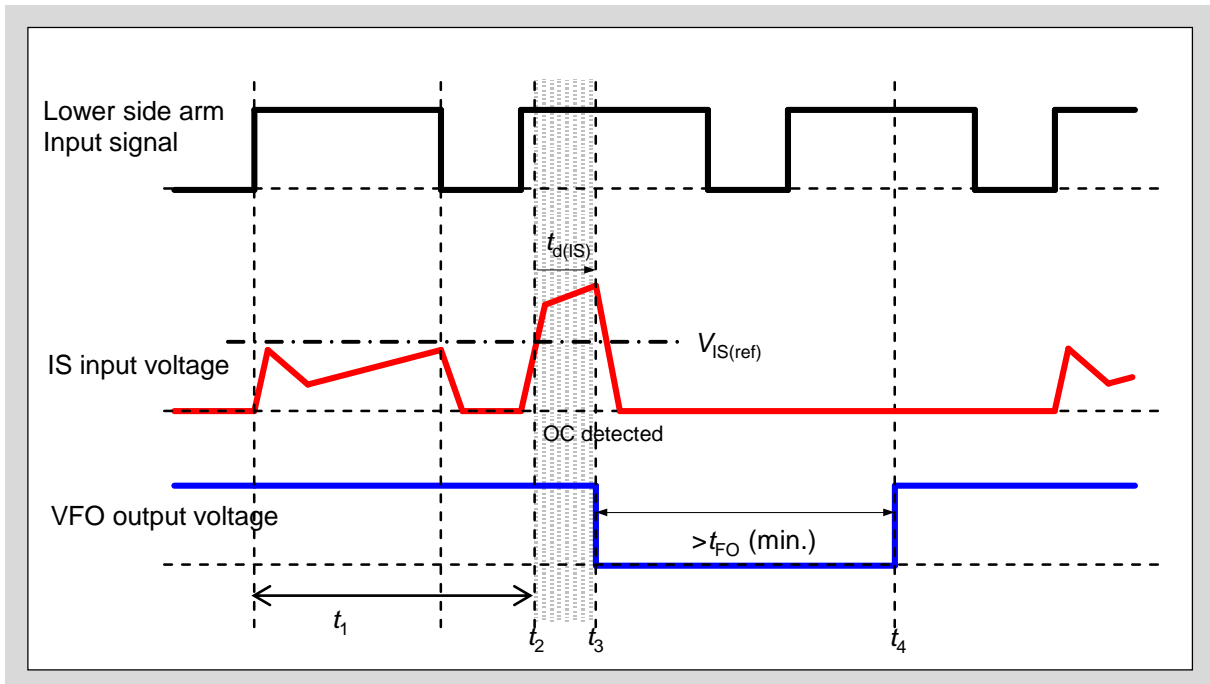


図3-20 過電流保護動作シーケンス

- t1 : IS電圧が $V_{IS(ref)}$ 以下のとき、下アームIGBTはスイッチング動作します。
- t2 : IS電圧が $V_{IS(ref)}$ 以上となった場合、過電流を検出します。
- t3 : アラーム出力電圧 $V_{FO}$ は、過電流保護遅延時間 $t_{d(IS)}$ 経過後に出力し、同時に下アームIGBTを全相シャットダウンします。 $t_{d(IS)}$ は過電流検出してからアラーム出力するまでのブランキング時間です。
- t4 : アラーム出力信号パルス幅 $t_{FO}$ 経過後、過電流保護状態はリセットされ、次の入力信号からスイッチングを再開します。

## 6. アラーム出力機能 VFO, CFO

- 図3-21に示すように、アラーム出力VFO端子はMPUと直接接続することが可能です。VFO端子はオープンドレイン出力となりますので、5Vもしくは3.3Vのロジック制御用の直流電源に10kΩの外付け抵抗でプルアップしてください。また、MPUラインにバイパスコンデンサC1と5kΩ以上の突入電流制限抵抗R1を接続することを推奨します。これらの信号ラインは、可能な限り最短距離で配線してください。
- アラーム出力VFOは、V<sub>CCL</sub>の低入力電圧(UV)保護、過電流(OC)保護、過熱(OH)保護に対してアラーム出力します。(過熱保護は"6MBP\*\*XTC065-50" に内蔵します)
- アラーム出力のパルス幅( $t_{FO}$ )はCFO端子とCOM端子間のコンデンサ容量で調整可能です。コンデンサ容量22nF接続時のアラーム出力パルス幅は、2.4msとなります。 $t_{FO} C_{FO}(typ.) = t_{FO} \times (9.1 \times 10^{-6}) [F]$ となります。
- 図3-21に示すようにVCCL-VFOとVFO-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。
- 図3-22にアラーム出力時のVFO端子の電圧-電流特性を示します。 $I_{FO}$ は図3-21に示すVFO端子のシンク電流となります。

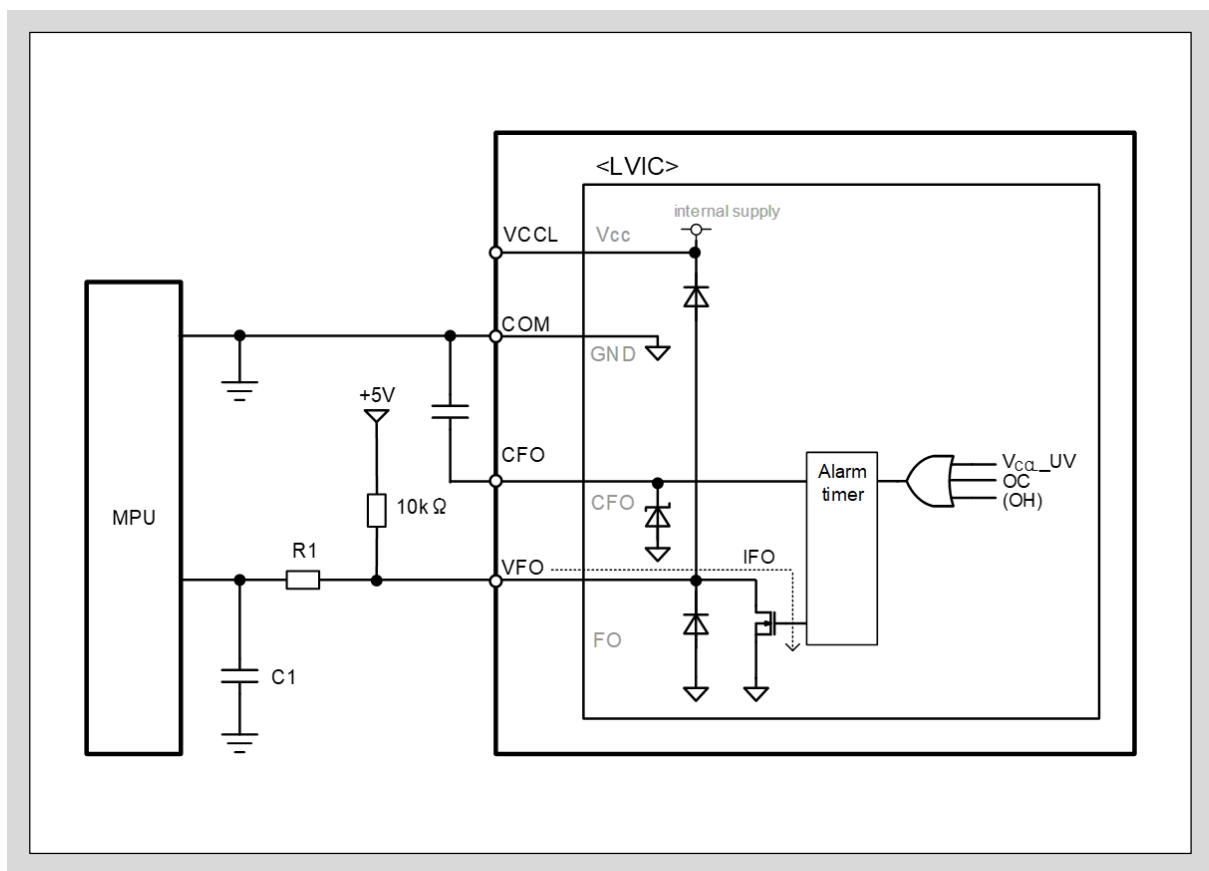


図3-21 VFO端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

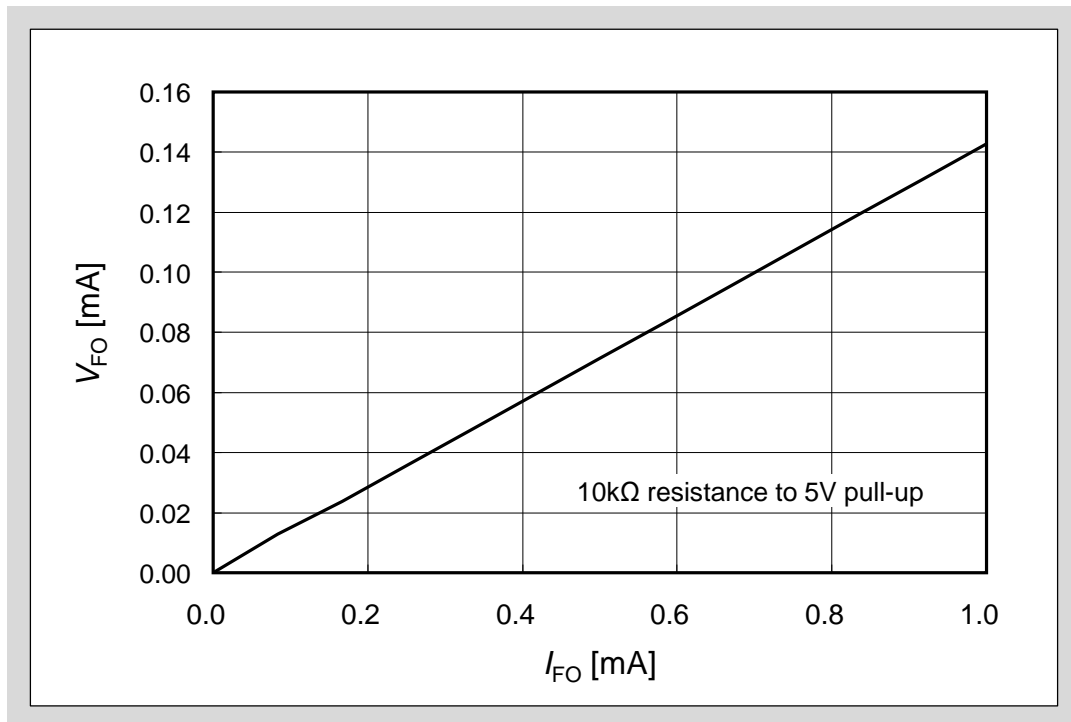


図3-22 アラーム出力状態のVFO端子のVI特性



## 7. 温度出力端子 TEMP

- 図3-23に示すように、温度出力TEMP端子はMPUに直接接続することが可能です。ただし、MPUラインにバイパスコンデンサ $C_{TEMP}$ と10k $\Omega$ 以上の突入電流制限抵抗 $R_{TEMP}$ を接続してください。これらの信号ラインは、可能な限り最短距離で配線してください。
- 本製品は温度センサを内蔵しており、LVICのジャンクション温度に従ってアナログ電圧を出力します。この機能は、本製品を保護する目的ではないため、アラーム出力はありません。ただし、"6MBP\*\*XTC065-50"は過熱(OH)保護も内蔵しているため、 $T_{OH}$ を超える温度で、過熱保護機能によりアラーム出力します。
- IGBTチップ位置と温度センサ位置は異なるため、モータロックや短絡時などの $T_{vj}$ の急激な上昇の追従はできません。
- 図3-23に示すようにTEMP-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。
- 図3-24にLVICのジャンクション温度とTEMP端子出力電圧特性を示します。MPU電源電圧が3.3Vの場合は、TEMP端子に電圧クランプ用ツェナーダイオードを接続してください。また、約25 $^{\circ}\text{C}$ 以下で出力電圧はクランプ特性を示しますので、線形性が必要な場合は、TEMP端子に5k $\Omega$ ±10%のプルダウン抵抗 $R_{pulldown}$ を接続してください。
- 図3-25にプルダウン抵抗5k $\Omega$ を接続した場合のTEMP端子出力電圧特性を示します。
- 図3-26に電源立上げと立下げ時のTEMP端子の動作シーケンスを示します。

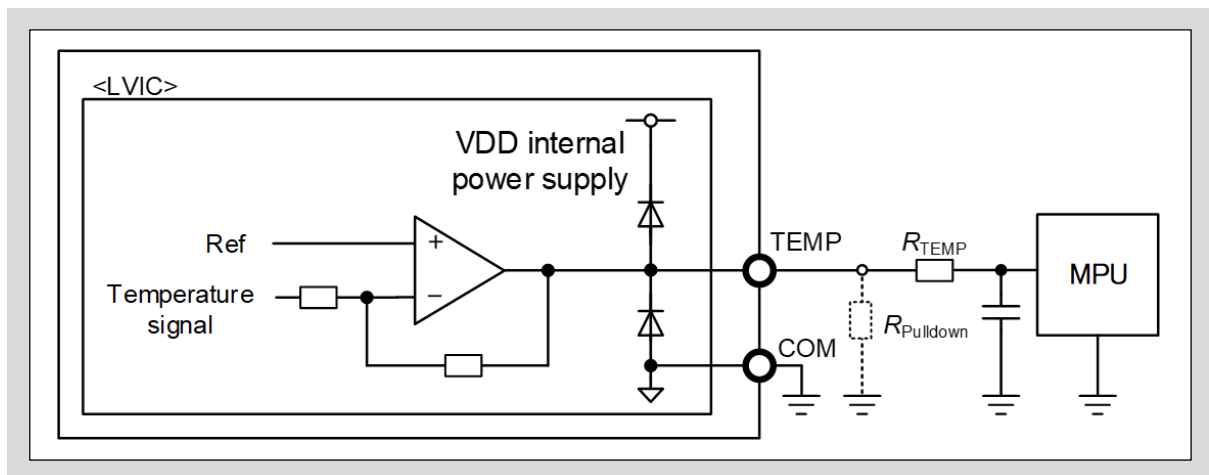


図3-23 TEMP端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

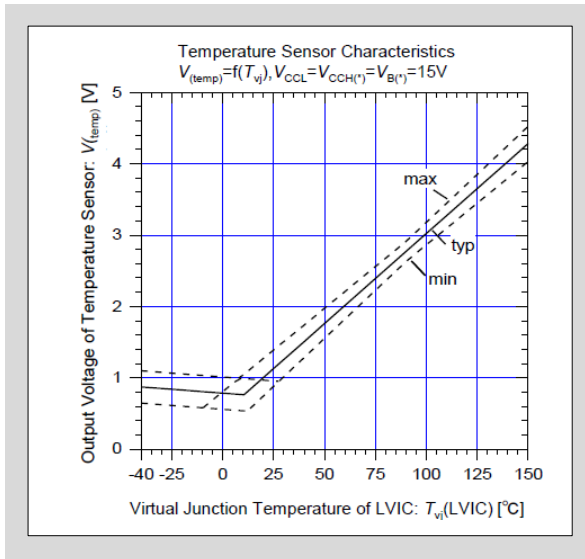


図3-24 LVIC温度とTEMP出力電圧特性  
プルダウン抵抗なし

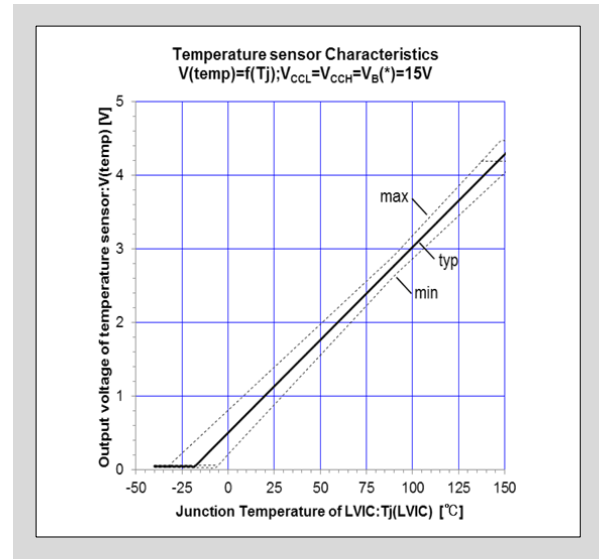


図3-25 LVIC温度とTEMP出力電圧特性  
プルダウン抵抗:5kΩ

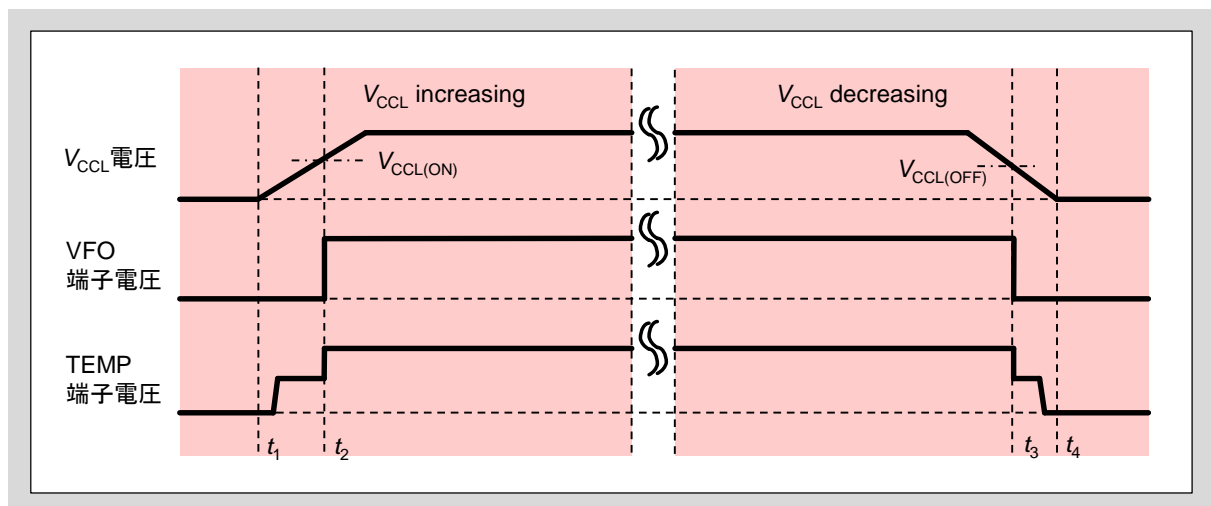


図3-26 本製品の起動と停止時のTEMP端子の動作シーケンス

- $t_1$ - $t_2$ : TEMP端子の温度出力機能は、 $V_{CCL}$ が $V_{CCL(ON)}$ 以上のとき有効になります。 $V_{CCL}$ が $V_{CCL(ON)}$ 未満の場合、TEMP端子電圧は、クランプ特性となります。
- $t_2$ - $t_3$ : TEMP端子電圧は、LVICのジャンクション温度上昇にしたがって上昇します。クランプ動作となる温度条件では、 $V_{CCL}$ が $V_{CCL(ON)}$ 以上の場合でもクランプ特性となります。
- $t_3$ - $t_4$ : TEMP端子の温度出力機能は、 $V_{CCL}$ が $V_{CCL(OFF)}$ 以下のときリセットされ、TEMP端子電圧はクランプ特性となります。

## 8. 過熱保護機能

- 過熱(OH)保護機能は”6MBP\*\*XTC065-50”に内蔵しています。
- 本製品はLVICのジャンクション温度をモニタして過熱保護動作をします。IGBTチップ位置と温度センサ位置は異なるため、モータロックや短絡時などの $T_{vj}$ の急激な上昇の追従はできません。
- $T_{OH}$ センサの位置を図2-3を参照してください。
- 図3-27に示すようにLVICのジャンクション温度が $T_{OH}$ を上回った場合、本製品の下アームIGBTは全相シャットダウンします。LVICのジャンクション温度が $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ を下回った場合、過熱保護状態はリセットされます。

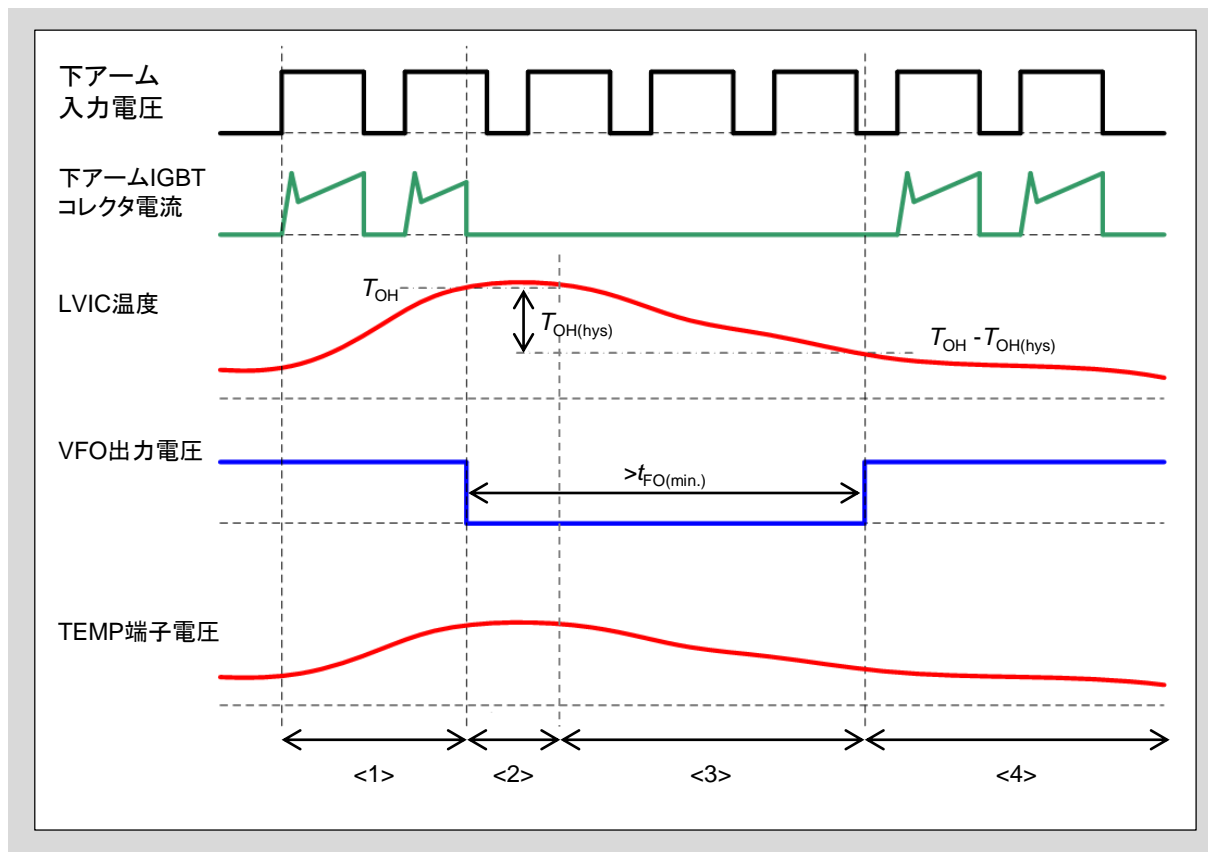


図3-27 過熱保護動作シーケンス

- <1>: LVIC温度が $T_{OH}$ を超えていない間は、下アームIGBTは通常動作します。
- <2>: LVIC温度が $T_{OH}$ を上回った場合、過熱保護状態になりアラーム出力し、下アームIGBTの全相をシャットダウンします。
- <3>: TEMP端子は、本製品が過熱保護状態であっても、LVICの温度に対応する電圧を出力し続けます。
- <4>: アラーム出力状態および過熱保護状態は、LVICのジャンクション温度が $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ を下回り、かつ $t_{FO}$ 経過後にリセットされます。次の入力信号から下アームIGBTは通常動作をします。  
 $T_{OH(hys)}$ は、過熱保護のヒステリシス温度となります。