

MOSFET 応用
3 相マルチレベルインバーター
リファレンスガイド

RD208-RGUIDE-01

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	3
2. 仕様	4
2.1. 回路ブロック図	4
2.2. 外観と部品配置	5
3. 回路図、部品表、PCB パターン図	8
3.1. 回路図	8
3.2. 部品表	8
3.3. PCB パターン図	8
4. 動作説明	12
4.1. 各部の名称と機能	12
4.1.1. インバーター入力電源端子(CN1)	12
4.1.2. 制御電源端子 (CN2)	12
4.1.3. コントローラー接続コネクタ (CN3)	13
4.1.4. CPLD プログラミングコネクタ (CN4)	14
4.1.5. インバーター出力端子 (CN5)	14
4.2. 動作確認	15
4.2.1. 準備	15
4.2.2. 動作方法	15
4.2.3. 過電流異常検出時の動作	15
4.3. 使用時の注意事項	15

1. はじめに

本リファレンスガイド（以下、本ガイド）ではMOSFET応用3相マルチレベルインバーター（以下、本インバーター）の仕様、動作手順について解説します。

産業用ロボットなどで用いられる誘導モーターや同期モーターを駆動するためには3相インバーターが使用されます。AC 200 Vを出力する場合は一般的に耐圧600 V程度のMOSFETを上下の各アームでそれぞれ1個使用した2レベルインバーターが用いられますが、アームあたりのMOSFETを多段構成することにより、電圧出力の分解能が上がり、きめ細かい電圧出力制御が可能のため、効率の高いインバーターが実現できます。本インバーターでは、上下それぞれのアームで4個のMOSFETを使用しており、最大5レベルのPWM電圧出力が可能です。

スイッチング素子として150 V耐圧のパワーMOSFET [TPH9R00CQ5](#)を使用しています。TPH9R00CQ5は内蔵ダイオードを高速化した製品であり、モーター等誘導性負荷のインバーター出力におけるスイッチング時の損失を低減することが可能です。また各アームあたりそれぞれ4個のTPH9R00CQ5を使用しているため、見かけ上は耐圧600 VのMOSFETとして動作します。

またMOSFET駆動には小型で高速スイッチングが可能なドライバーカプラー [TLP152](#)を使用しています。

2. 仕様

表 2.1 に本インバーターの主な仕様を記載します。

表 2.1 MOSFET 応用 3 相マルチレベルインバーター仕様

項目	仕様
インバーター電源入力	DC 400 V (最大)
制御電源入力	DC 5 V, 100 mA (最大)
定格出力	AC 200~240 V, 10 A
インバーター駆動方式	5レベル (最大) NPC 方式
スイッチング周波数	100 kHz (標準) (ソフトウェアで設定)
センサー出力	バス電圧 ローサイドアーム電流 (U相/V相/W相)
異常検出出力	過電流 (U相/V相/W相)
冷却方式	自然空冷
基板サイズ	240 x 150 mm
基板層構成	6層スルーホール (外層 35 μm, 内層 70 μm)

2.1. 回路ブロック図

図 2.1 に本インバーターのブロック図を記載します。

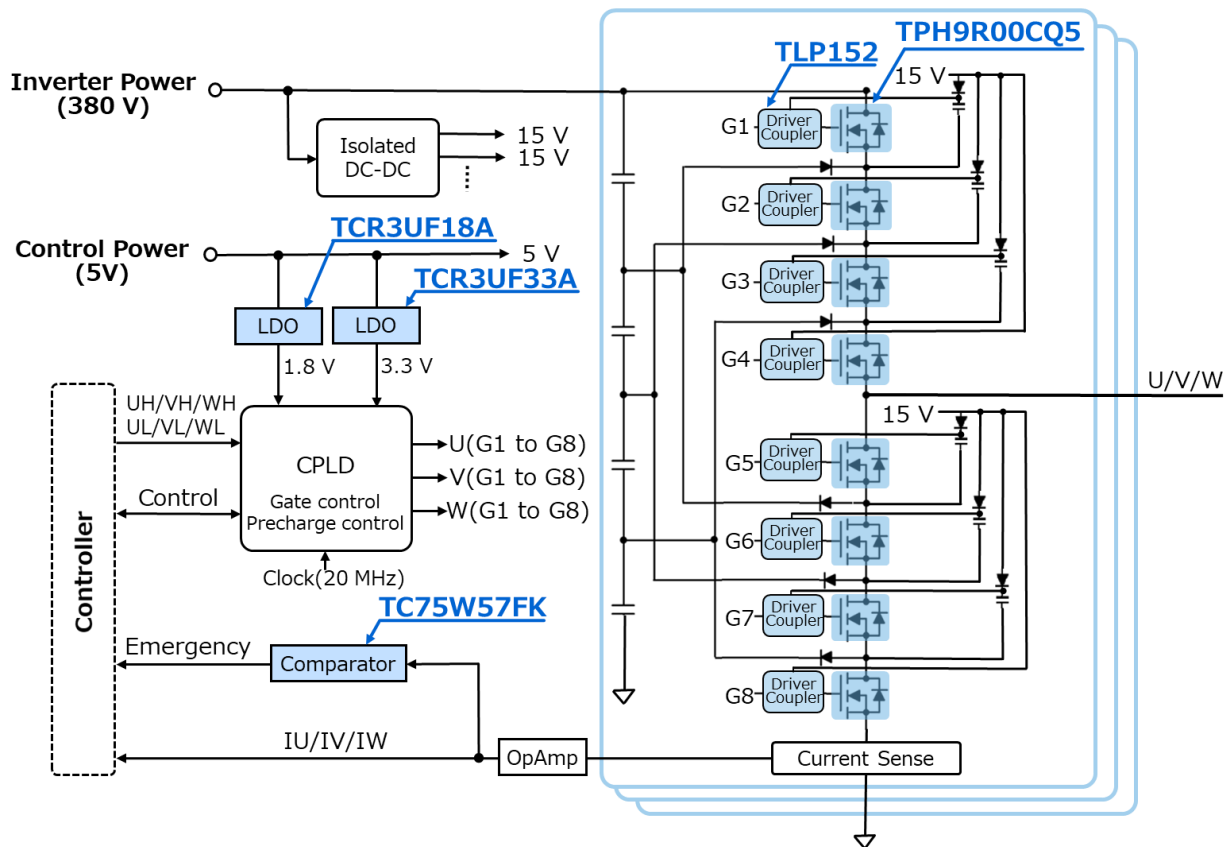


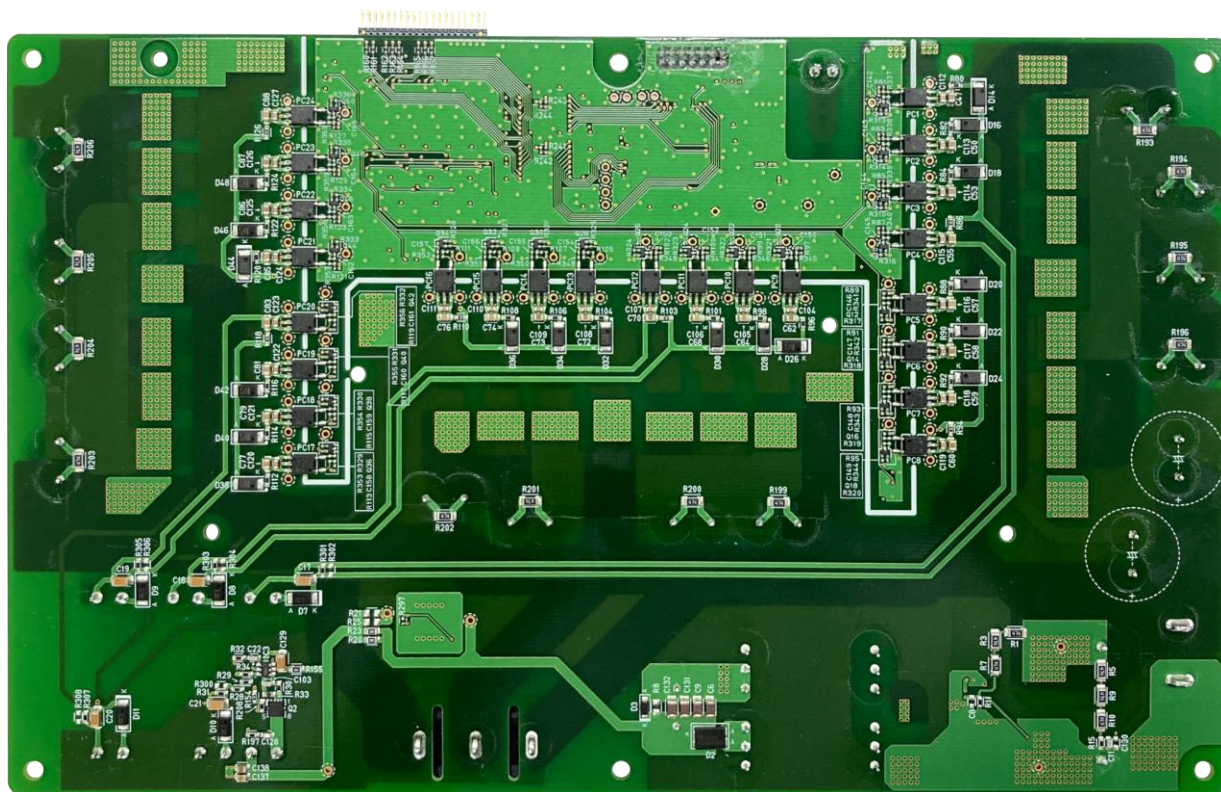
図 2.1 MOSFET 応用 3 相マルチレベルインバーターブロック図

2.2. 外観と部品配置

本インバーターの外観を図2.2、図2.3ならびに図2.4に、主要部品配置を図2.5ならびに図2.6にそれぞれ示します。



図 2.2 MOSFET 応用 3 相マルチレベルインバーター
基板 Front 側外観



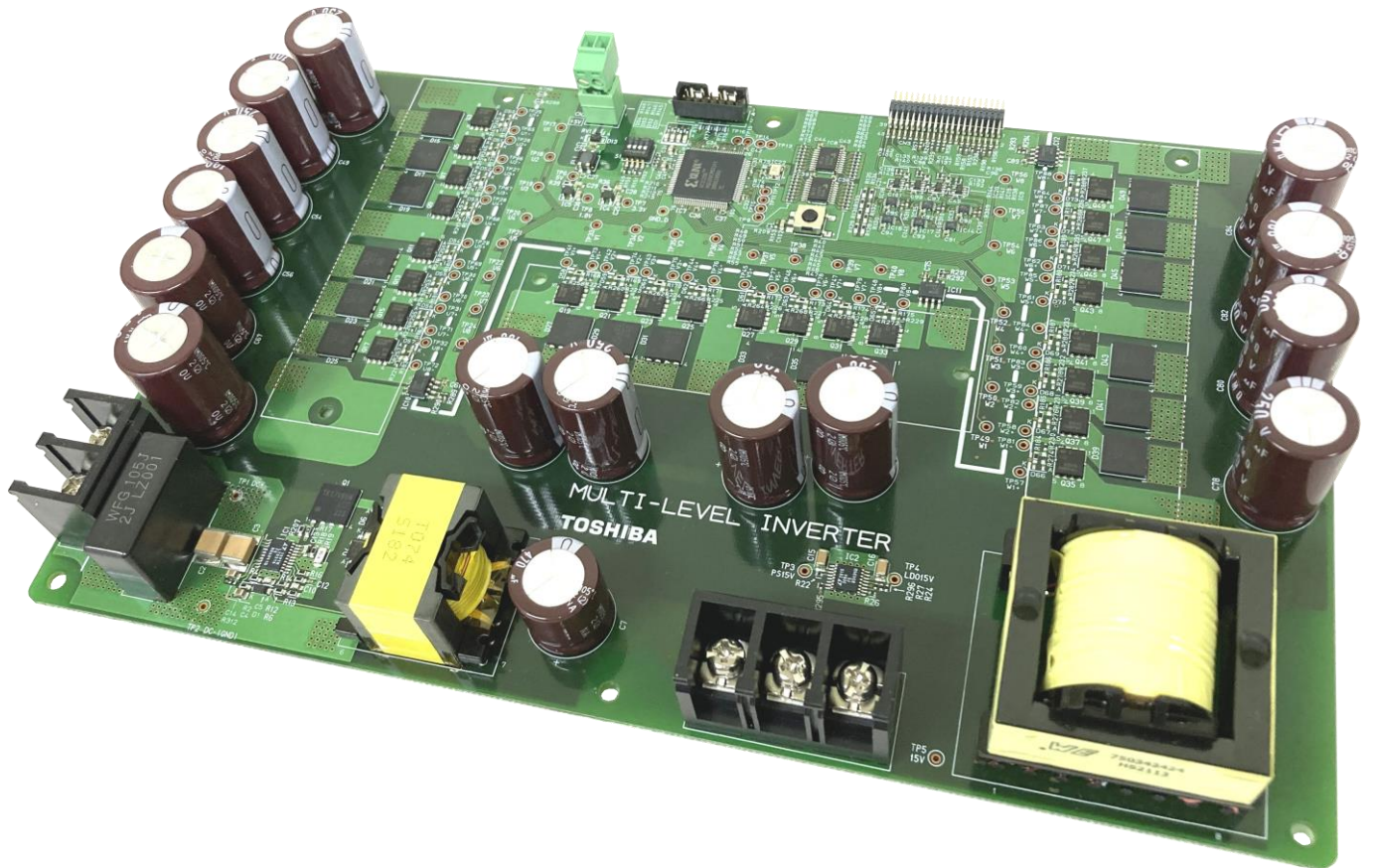


図 2.4 MOSFET 応用 3 相マルチレベルインバーター基板
側面外観

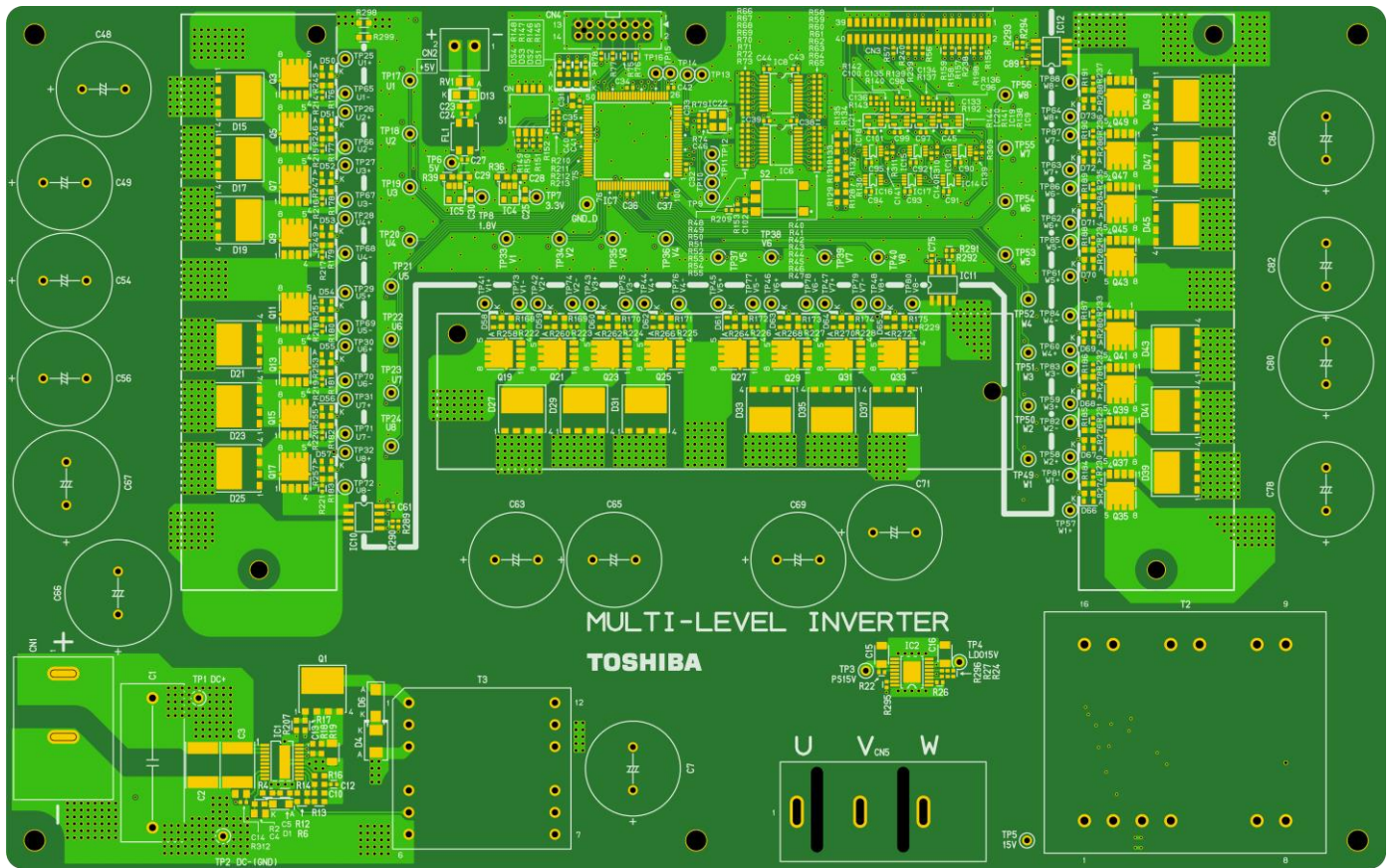


图 2.5 主要部品配置 (Front 側)

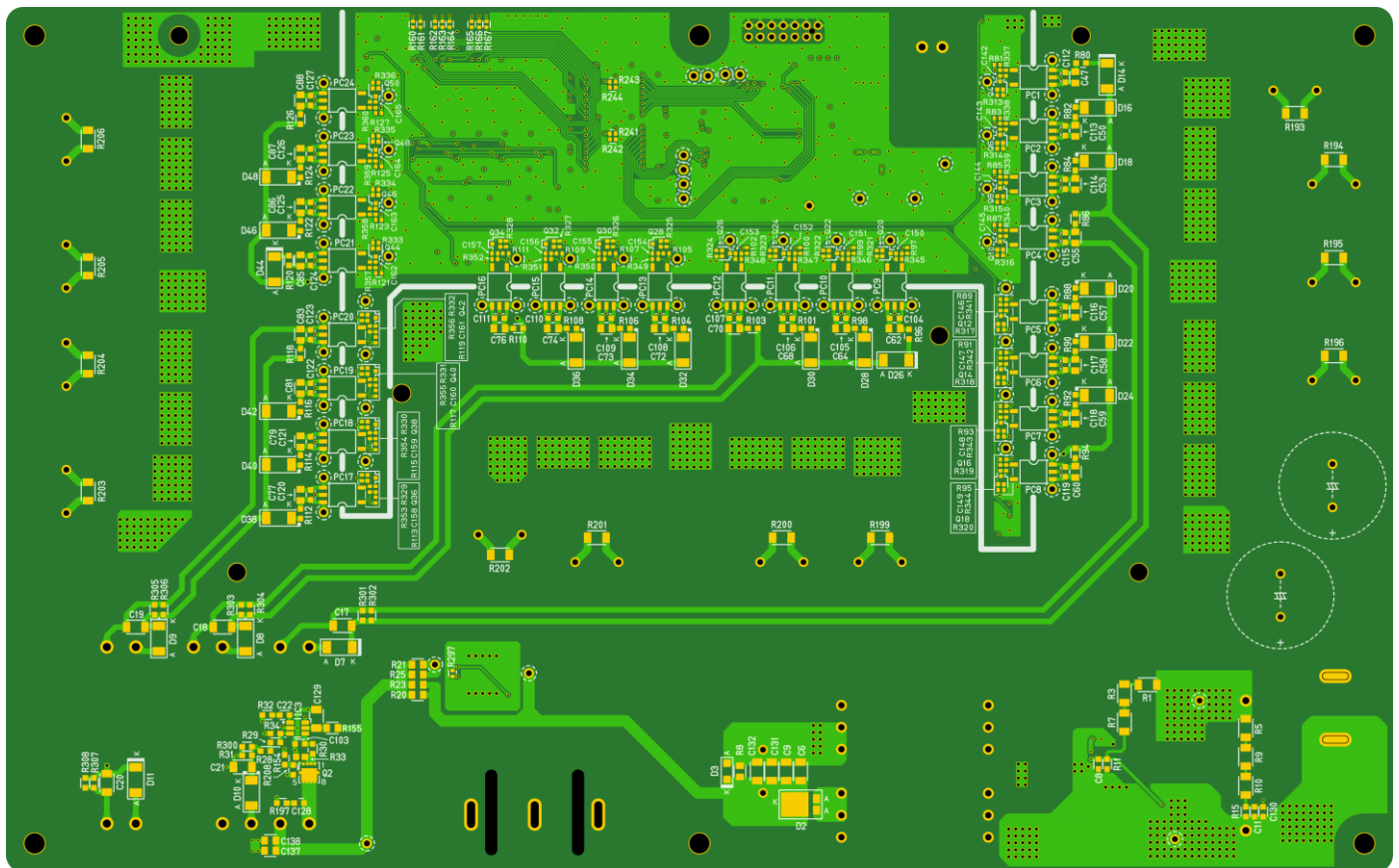


图 2.6 主要部品配置 (Back 側)

3. 回路図、部品表、PCB パターン図

3.1. 回路図

以下のファイルを参照ください。

RD208-SCHEMATIC-xx.pdf

(xxはレビジョン番号)

3.2. 部品表

以下のファイルを参照ください。

RD208-BOM-xx.pdf

(xxはレビジョン番号)

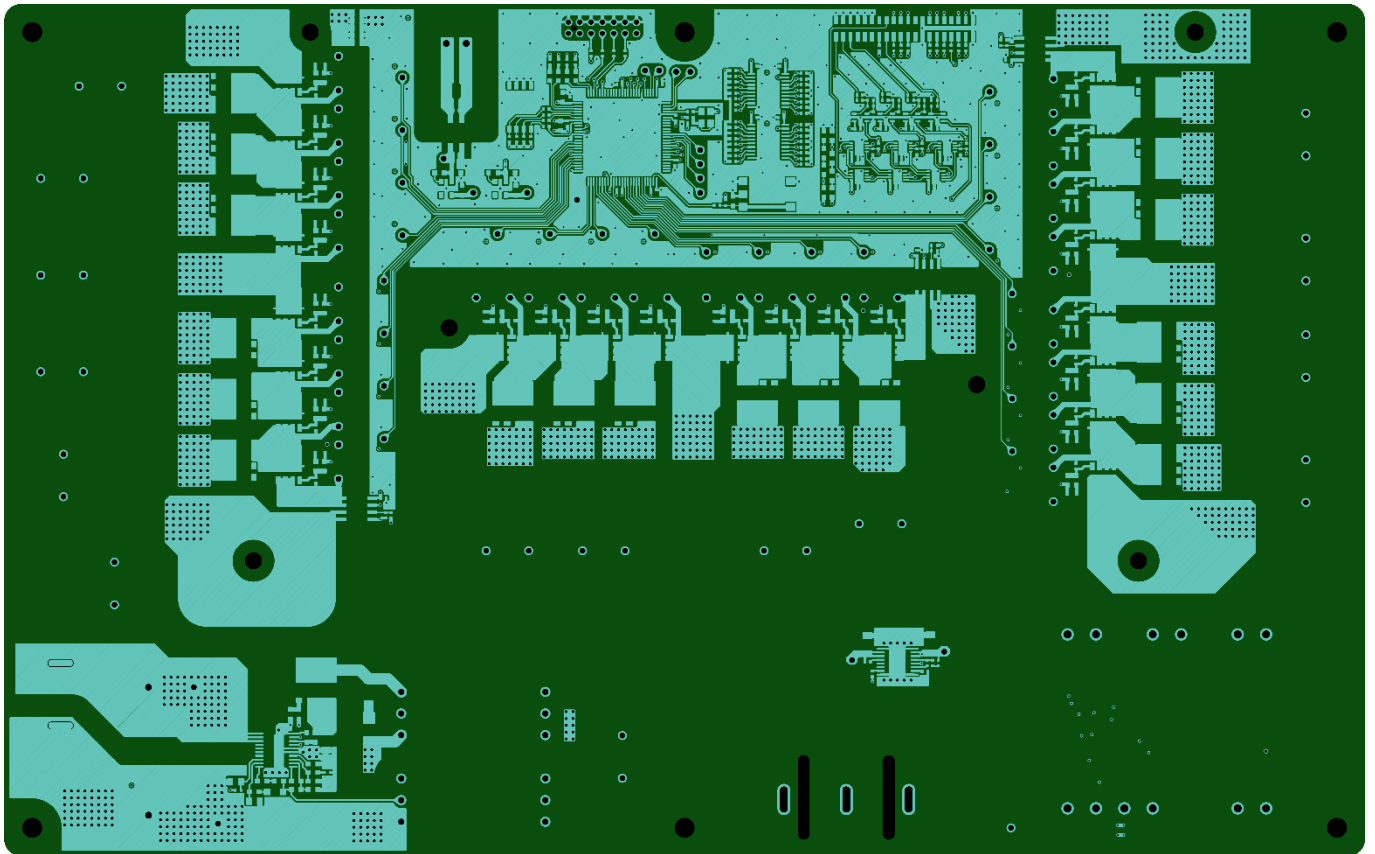
3.3. PCB パターン図

図3.1に本インバーターのパターン図を示します。

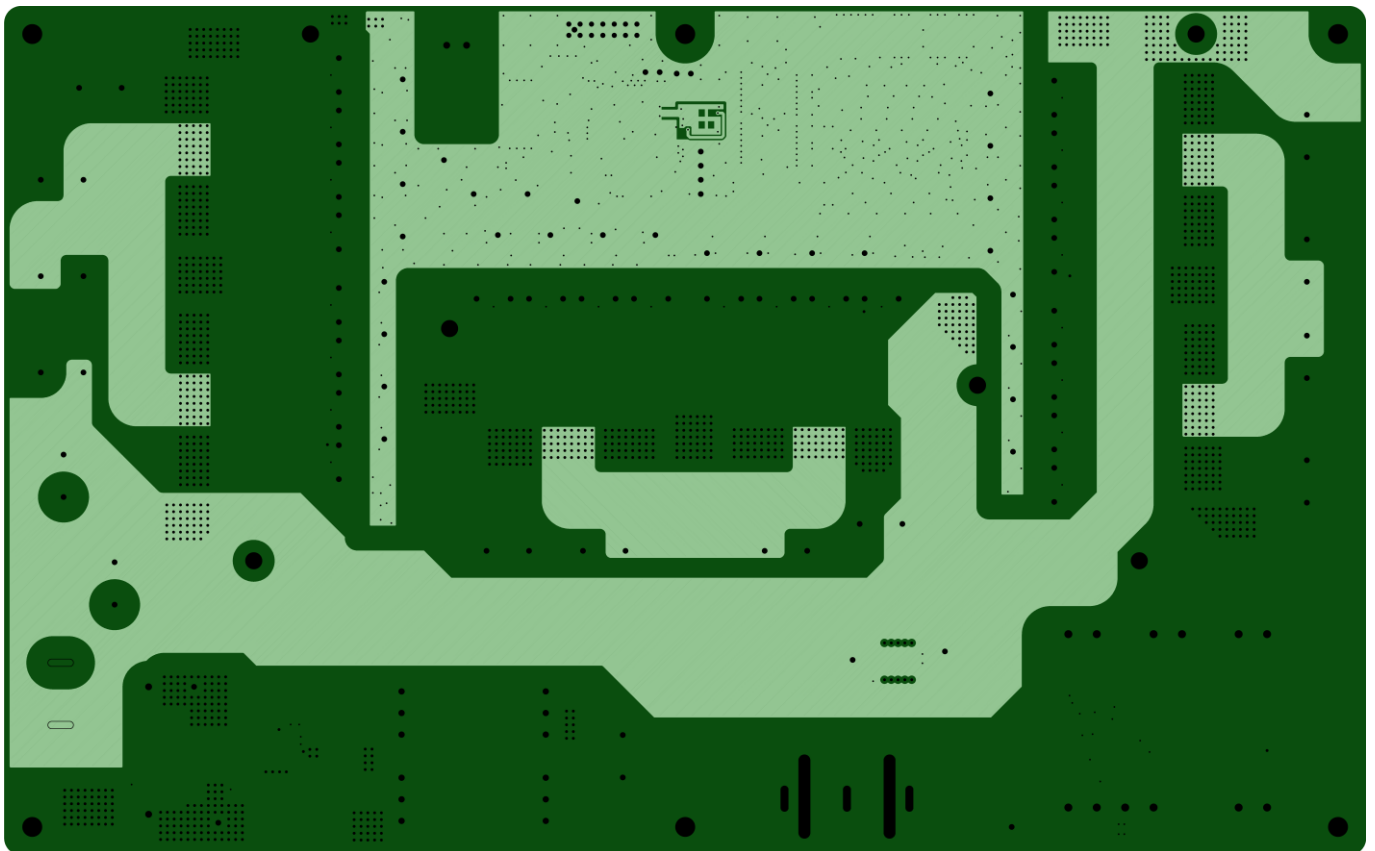
以下のファイルも参照ください。

RD208-LAYER-xx.pdf

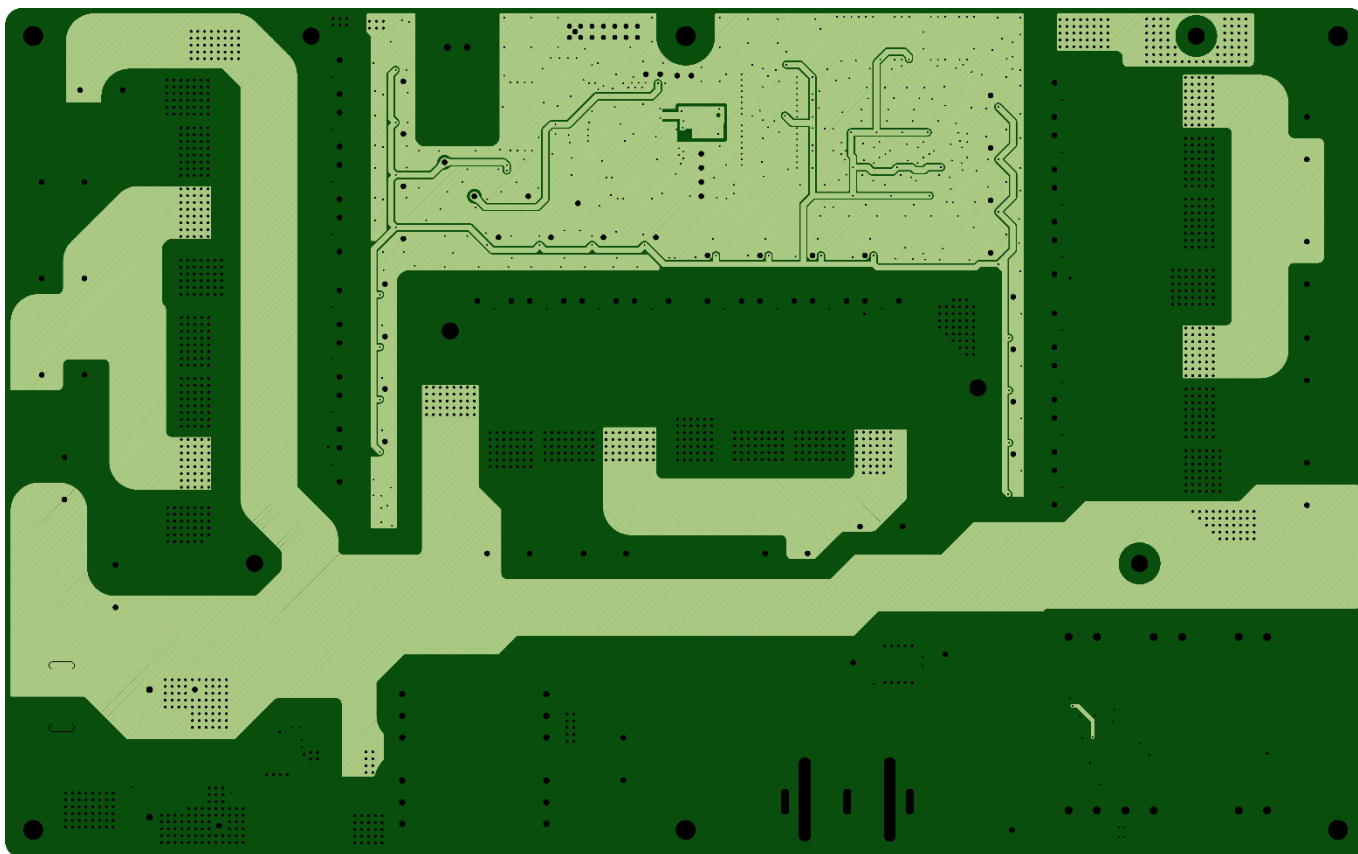
(xxはレビジョン番号)



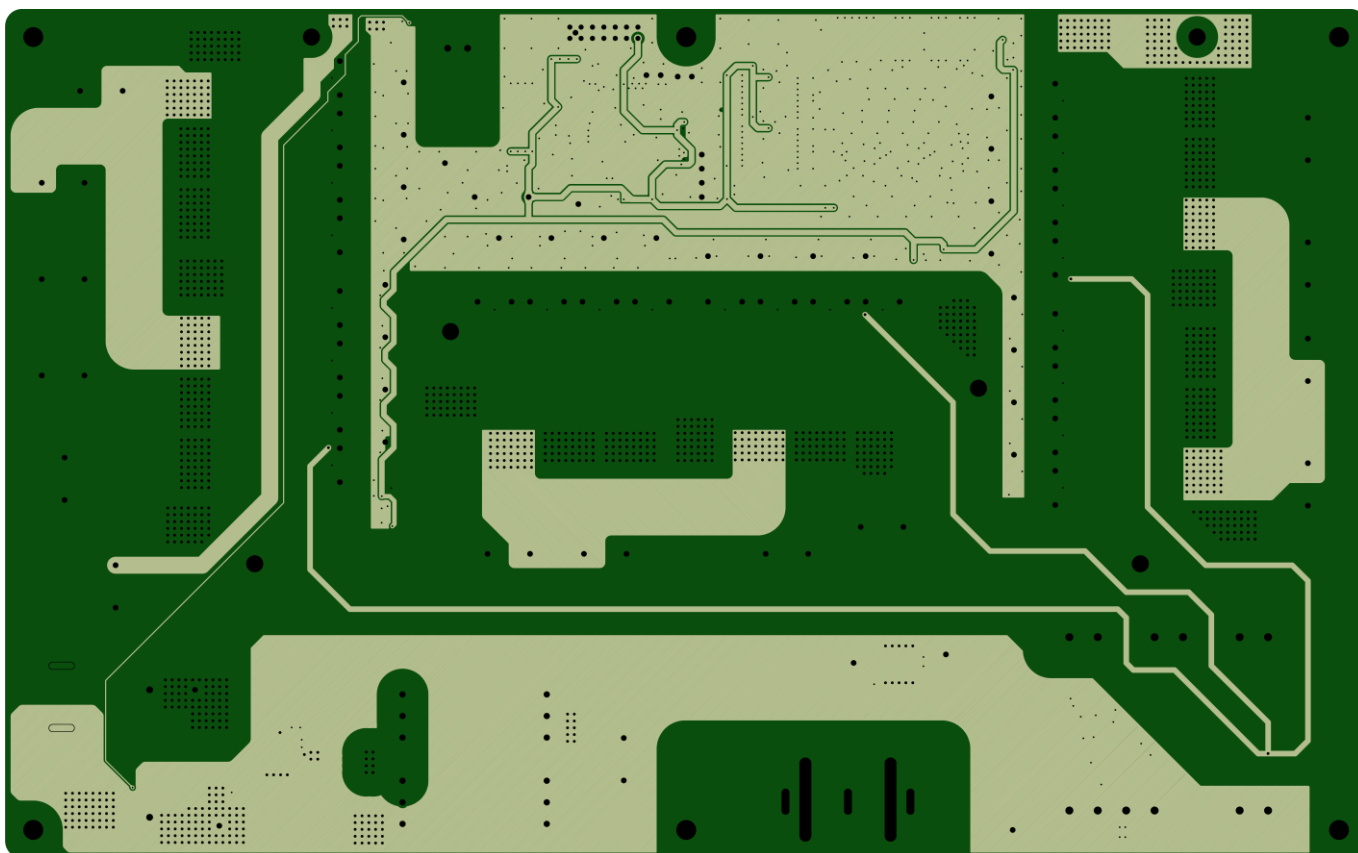
<Layer 1 Front側>



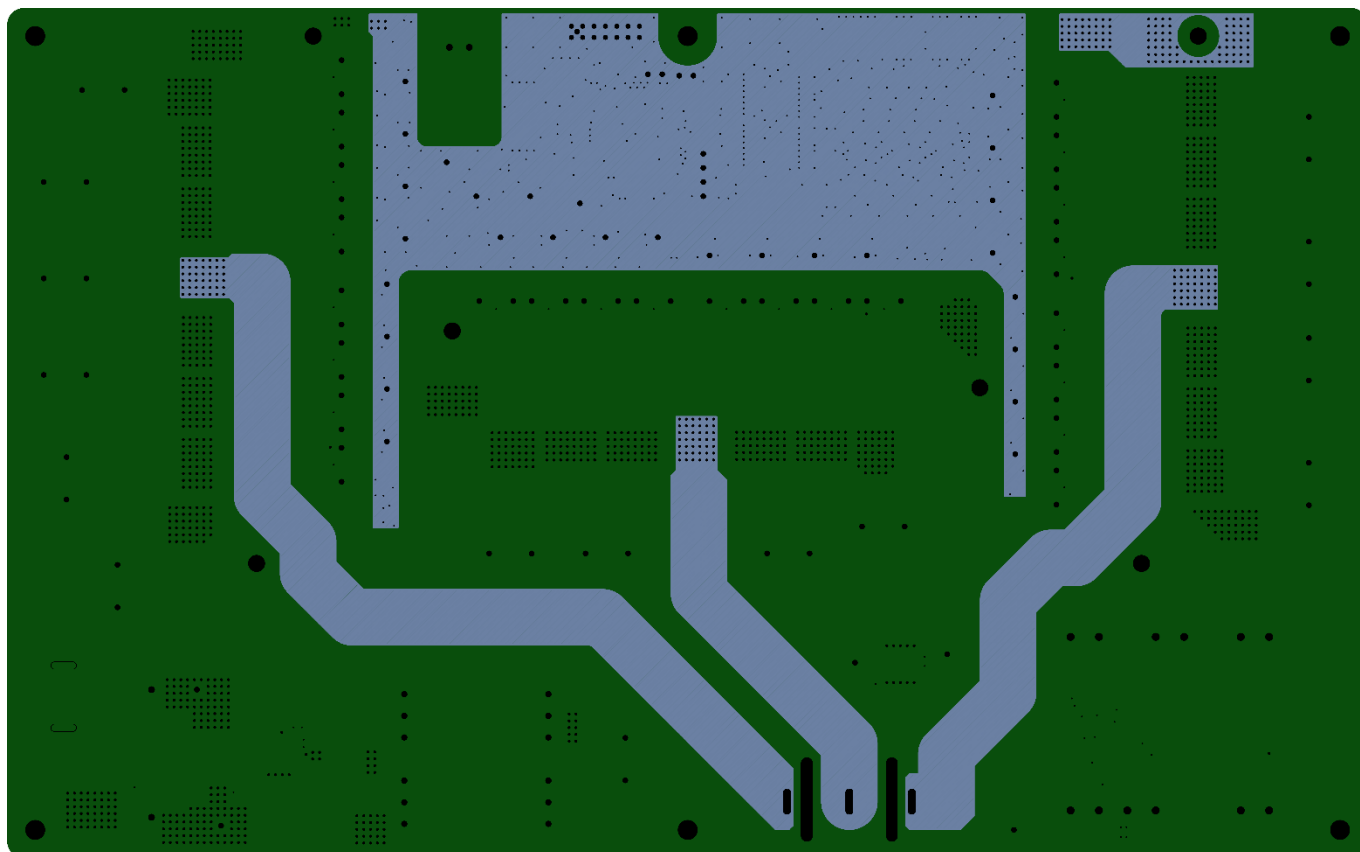
<Layer 2>



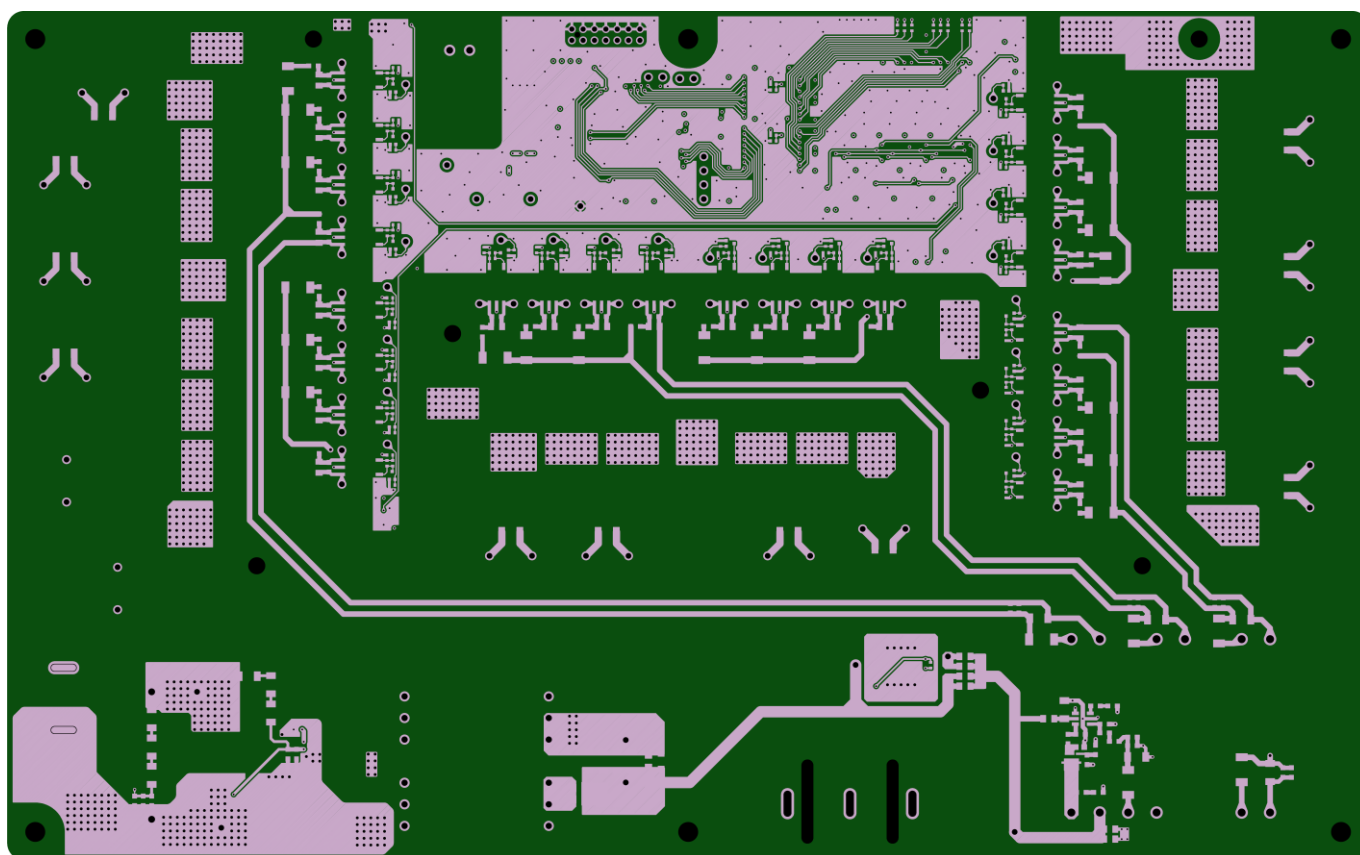
<Layer 3>



<Layer 4>



<Layer 5>



<Layer 6 Back側>

図3.1 基板パターン図 (Front View)

4. 動作説明

4.1. 各部の名称と機能

4.1.1. インバーター入力電源端子(CN1)

インバーター電源を入力する端子です。OTB-640NS-B-2P-C (Osada) を使用しています。最大 DC 400 V の入力が可能です。

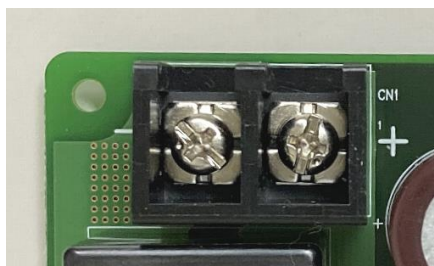


図 4.1 インバーター入力電源端子 (CN1)

表 4.1 インバーター入力電源端子の仕様

Pin	ネット名	
1	VP_380R0_INV	DC バス電圧 (+) 最大 400 V
2	GND	DC バス電圧 (-)

4.1.2. 制御電源端子 (CN2)

制御用の電源を入力するコネクタです。MCV1,5/2-G-3.5 (Phoenix Contact) を使用しています。5 V (最大 100 mA) を入力します。

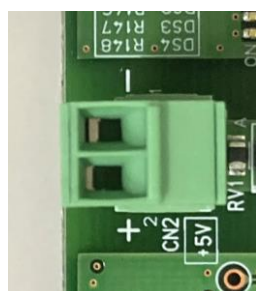


図 4.2 制御電源端子 (CN2)

表 4.2 制御電源端子の仕様

Pin	ネット名	
1	5V_RTN	制御電源 (GND)
2	5V_IN	制御電源 (5 V)

4.1.3. コントローラー接続コネクタ (CN3)

外部 MCU などコントローラーと接続するコネクタです。FTSH-120-04-F-DH-A (Samtec) を使用しています。制御信号の多くは CPLD (IC7) に接続されており、CPLD のプログラミングにより用途変更が可能です。CPLD の I/O 電圧は 3.3 V ですが、デジタル入出力信号は双方向バストランシーバーを用いて CPLD と接続されているため 5 V の入出力が可能です。

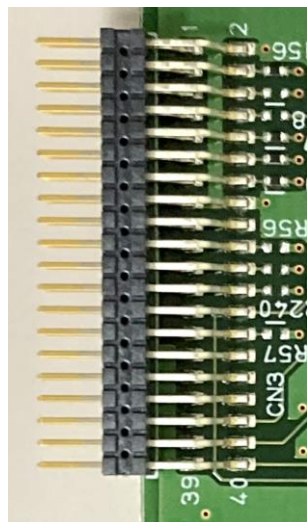


図 4.3 コントローラー接続コネクタ (CN3)

表 4.3 コントローラー接続コネクタの仕様

Pin	ネット名	I/O	用途例	Pin	ネット名	I/O	用途例
1	GND	-		2	GND	-	
3	MCU_TCK	I	CPLD-JTAG 信号 (TCK)	4	MCU_TDO	O	CPLD-JTAG 信号 (TDO)
5	MCU_TDI	I	CPLD-JTAG 信号 (TDI)	6	MCU_RSV1	-	CPLD 制御信号 (予約 1)
7	(n.c.)			8	MCU_RSV2	-	CPLD 制御信号 (予約 2)
9	MCU_UH	I	U 相ハイサイドゲート信号	10	MCU_UL	I	U 相ローサイドゲート信号
11	MCU_VH	I	V 相ハイサイドゲート信号	12	MCU_VL	I	V 相ローサイドゲート信号
13	MCU_WH	I	W 相ハイサイドゲート信号	14	MCU_WL	I	W 相ローサイドゲート信号
15	GND	-		16	GND	-	
17	(n.c.)			18	(n.c.)		
19	MCU_TMS	I	CPLD-JTAG 信号 (TMS)	20	VP_5R0_PRH_D	-	内部 5 V 電源
21	MCU_MODE	O	CPLD 動作モード信号	22	MCU_RSV3	-	CPLD 制御信号 (予約 3)
23	MCU_RESET	O	CPLD リセット信号	24	MCU_RSV4	-	CPLD 制御信号 (予約 4)
25	MCU_EMG	O	異常時出力	26	MCU_VDC	O	バス電圧出力
27	(n.c.)			28	VP_5R0_PRH_D	-	内部 5V 電源
29	GND	-		30	(n.c.)		
31	GND	-		32	(n.c.)		
33	GND	-		34	(n.c.)		
35	GND	-		36	MCU_IU	O	U 相電流出力
37	GND	-		38	MCU_IV	O	V 相電流出力
39	GND	-		40	MCU_IW	O	W 相電流出力

4.1.4. CPLD プログラミングコネクタ (CN4)

CPLD のプログラミング用コネクタです。0878311420 (Molex) を使用しています。

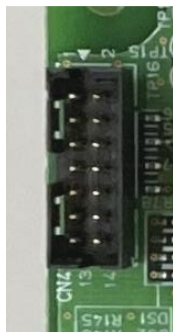


図 4.4 CPLD プログラミングコネクタ (CN4)

表 4.4 CPLD プログラミングコネクタの仕様

Pin	ネット名	Pin	ネット名	I/O	用途
1	GND	2	VP_3R3_PRH_D	-	内部 3.3 V 電源
3		4	CN_TMS	I	CPLD-JTAG 信号 (TMS)
5		6	CN_TCK	I	CPLD-JTAG 信号 (TCK)
7		8	CN_TDO	O	CPLD-JTAG 信号 (TDO)
9		10	CN_TDI	I	CPLD-JTAG 信号 (TDI)
11		12	(n.c.)		
13		14	(n.c.)		

4.1.5. インバーター出力端子 (CN5)

インバーターの 3 相 AC 出力端子です。OTB-640NS-B-3P-C (Osada) を使用しています。モーター等の負荷に接続してください。



図 4.5 インバーター出力端子 (CN5)

表 4.5 インバーター出力端子の仕様

Pin	ネット名	
1	OUT_U	U 相インバーター出力
2	OUT_V	V 相インバーター出力
3	OUT_W	W 相インバーター出力

4.2. 動作確認

4.2.1. 準備

コントローラ接続コネクタ (CN3) に MCU 基板などコントローラを接続します。インバータ出力端子 (CN5) に 3 相モーター等を接続します。制御電源端子 (CN2) に接続された制御電源 (5 V) をオンした後、コントローラ側の電源をオンし、最後にインバータ入力電源端子 (CN1) に接続された入力電源をオンします。

4.2.2. 動作方法

コントローラ接続コネクタ (CN3) に接続されたコントローラからのゲート制御信号 (MCU_UH, MCU_UL, MCU_VH, MCU_VL, MCU_WH, MCU_WL) ならびに CPLD 制御信号 (MCU_RESET, MCU_MODE, MCU_RSV1, MCU_RSV2, MCU_RSV3, MCU_RSV4) に基づき、CPLD にプログラムされた論理回路が動作し、本インバータのゲート信号が生成されます。インバータ動作にあたり、各段の MOSFET のゲートドライバー電源として使用されるブートストラップコンデンサーを充電する必要があり、CPLD 内部の論理回路等で充電シーケンスを実装する必要があります。詳細は本インバータのデザインガイドを参照ください。

4.2.3. 過電流異常検出時の動作

以下の過電流異常を検出するとコントローラ接続コネクタ (CN3) 25 ピンの MCU_EMG (Emergency) 信号が L レベルとなります。電流が正常電流に復帰すると MCU_EMG 信号は H レベルに復帰します。

- (1) U 相過電流検出 : U 相レグ電流が +20 A 以上 または -20 A 以下になった時
- (2) V 相過電流検出 : V 相レグ電流が +20 A 以上 または -20 A 以下になった時
- (3) W 相過電流検出 : W 相レグ電流が +20 A 以上 または -20 A 以下になった時

4.3. 使用時の注意事項

動作にあたっては特に以下に注意ください。

- ・通電前にコネクタ、端子の極性が正しいことを確認してください。
- ・平滑コンデンサーは高電圧が印加されており、電源オフ後も完全に放電するまで時間がかかります。基板に手を触れる前にコンデンサーが十分に放電したことを確認してください。
- ・動作確認の際は、安全のため基板をアクリルケースで覆うなどして使用してください。
- ・MOSFET 等は動作中に発熱します、取り扱いの際には、火傷等に注意してください。

ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本リファレンスデザイン」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。本リファレンスデザインをダウンロードすることをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。なお、本規約は変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄しなければなりません。またお客様が本規約に違反した場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄し、その破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本リファレンスデザインは、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本リファレンスデザインを販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本リファレンスデザインは、高温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本リファレンスデザインを、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用しないでください。

第2条 保証制限等

1. 本リファレンスデザインは、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
2. 本リファレンスデザインは参考用のデータです。当社は、データおよび情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断して下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本リファレンスデザインは、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利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。
6. 当社は、本リファレンスデザインに関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をせず、また当社は、本リファレンスデザインに関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

第3条 輸出管理

お客様は本リファレンスデザインを、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用してはなりません。また、お客様は「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守しなければなりません。

第4条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。