

Full SiC MOSFET
10kW 絶縁双方向 DC-DC コンバーター
リファレンスガイド

RD264-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. 本デザイン仕様	4
2.2. ブロック図	5
2.3. 外観	6
2.4. 部品配置	7
3. 回路図、部品表、PCB パターン図	9
3.1. 回路図	9
3.2. 部品表	9
3.3. PCB パターン図	9
4. 動作手順	14
4.1. 配線接続	14
4.2. 外部機器との接続例	14
4.3. 起動手順と停止手順	14
5. 電源特性	15
5.1. 効率	15
5.2. 参考データ	16

1. はじめに

本リファレンスガイドは Full SiC MOSFET 10kW 絶縁双方向 DC-DC コンバーター (以下、本デザイン) の仕様、使用方法、特性を記載したドキュメントです。

本デザインは最大 10kW の電力供給が可能な双方向 DC-DC コンバーターであり、高圧側 (750V) に電力を供給し低圧側 (400V) に電力を出力する、もしくは低圧側 (400V) に電力を供給し高圧側 (750V) に電力を出力します。本電源では効率を重視して DAB (Dual Active Bridge) 方式を採用しています。DAB 方式は、高圧側、低圧側ともにフルブリッジ構成であり、ハーフブリッジ方式と比較して大電力に対応ができます。また、位相シフトによる電力伝達のためソフトスイッチングが可能で、高効率な DC-DC コンバーターを実現できます。電気自動車 (xEV) 用充電システムや太陽光発電用インバーターなど各種産業機器への応用が可能です。

高圧側は 750V 入出力を想定しており、スイッチングに必要な素子耐圧は 1000V 以上となり一般的には IGBT が選択されますが、IGBT を使用した場合はスイッチング損失が大きいため、大きな効率改善は望めません。本デザインでは 1200V SiC MOSFET である [TW060N120C](#) を使用することで大電力変換と高効率化の両立を実現しています。また低圧側は 400V 入出力を想定しており、650V SiC MOSFET である [TW048N65C](#) を使用し、低圧側でも高効率化を図っています。

ゲートドライバーには、SiC MOSFET のスイッチング時ゲート充放電電流を十分にドライブ可能な 4A のシンク・ソース電流能力を備え、過電流保護機能や UVLO 機能も搭載したスマートゲートドライバーカップラー [TLP5214A](#) を使用しています。また絶縁が必要となる電圧センサー回路には、リニアリティー精度が高く、コモンモード過渡特性も高い光結合型アイソレーションアンプ [TLP7920](#) を使用しています。

2. 仕様

2.1. 本デザイン仕様

表 2.1 及び 2.2 に本デザインの主要仕様を示します。

表 2.1 降圧動作時仕様

パラメーター	条件	最小	標準	最大	単位
入出力特性					
高圧側電圧	入力動作時		750		V
低圧側電圧	出力動作時		400		V
低圧側電流	出力動作時		25		A
定格電力				10	kW
スイッチング周波数			50		kHz

表 2.2 昇圧動作時仕様

パラメーター	条件	最小	標準	最大	単位
入出力特性					
低圧側電圧	入力動作時		400		V
高圧側電圧	出力動作時		750		V
高圧側電流	出力動作時		13.3		A
定格電力				10	kW
スイッチング周波数			50		kHz

2.2. ブロック図

図 2.1 に本デザインの簡易ブロック図を示します。

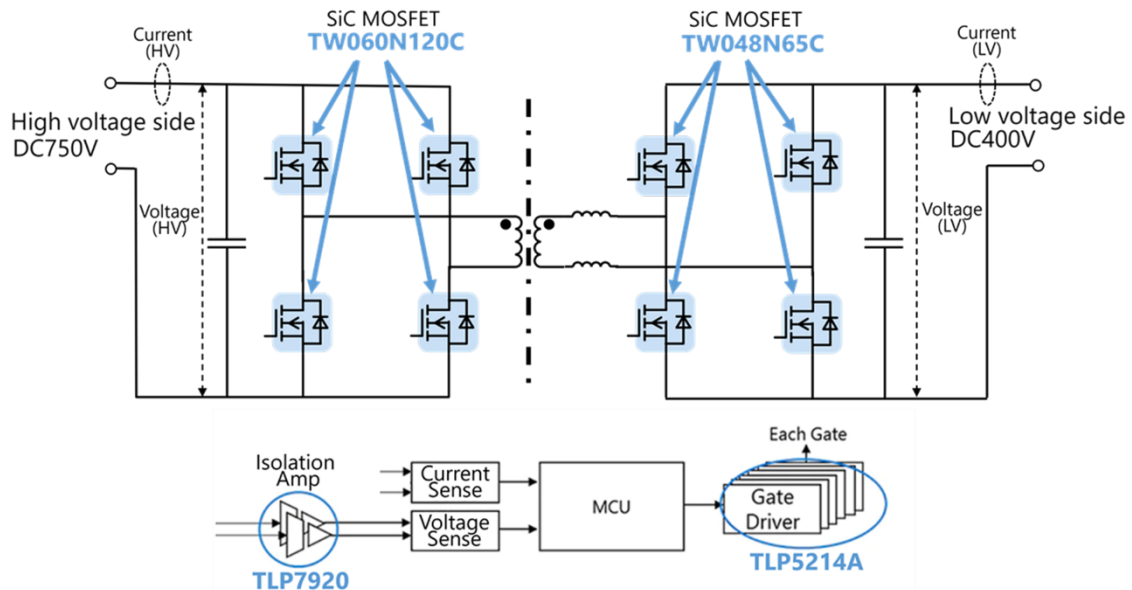
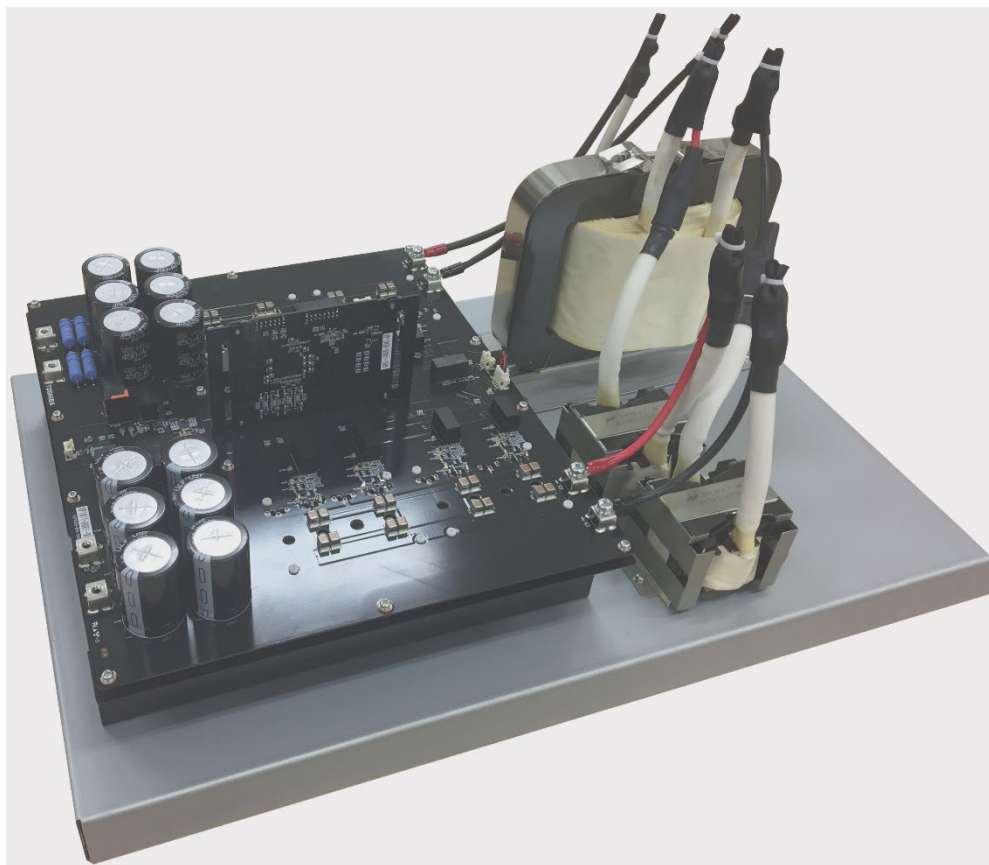


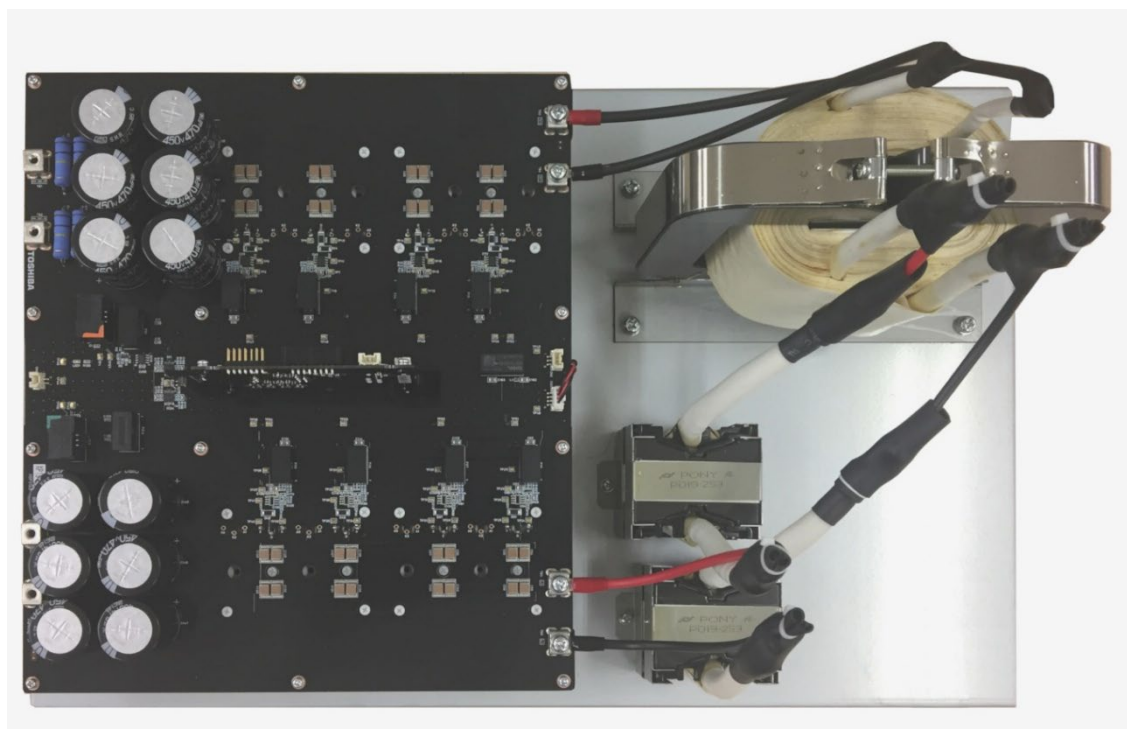
図 2.1 ブロック図

2.3. 外観

図 2.2 に本デザインの外観を示します。



<Side View>

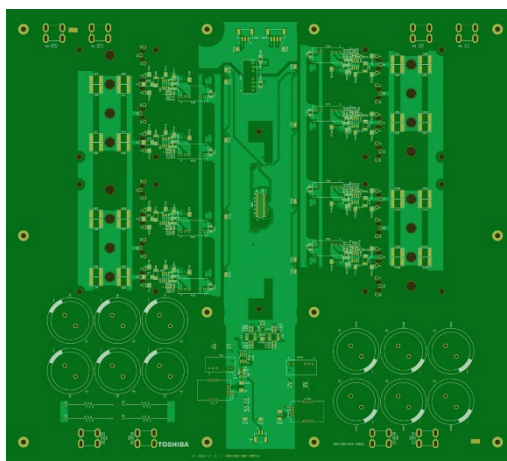


<Top View>

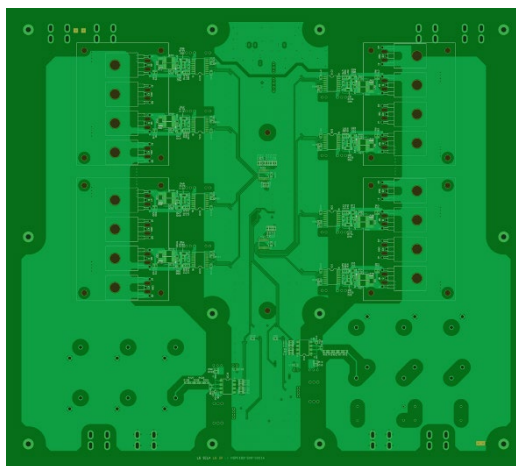
図 2.2 本デザインの外観

2.4. 部品配置

主回路基板の部品配置を図 2.3 に、制御基板の部品配置を図 2.4 に示します。

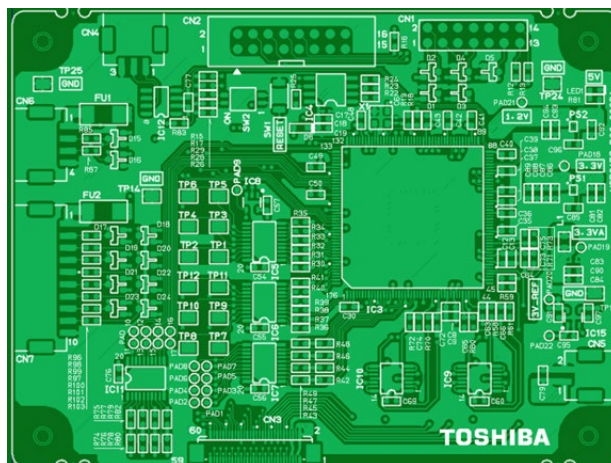


<Front Side>

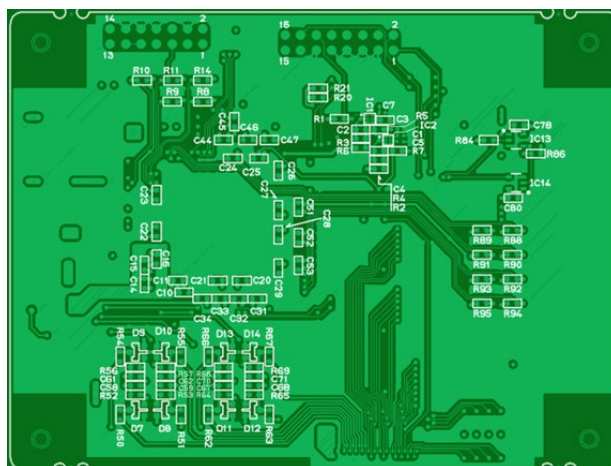


<Back Side>

図 2.3 主回路基板部品配置



<Front Side>



<Back Side>

图 2.4 制御基板部品配置

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。

主回路基板：RD264-SCHEMATIC1-xx.pdf

制御基板：RD044-SCHEMATIC2-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。

主回路基板：RD264-BOM1-xx.pdf

制御基板：RD044-BOM2-xx.pdf

(xx はレビジョン番号)

3.3. PCB パターン図

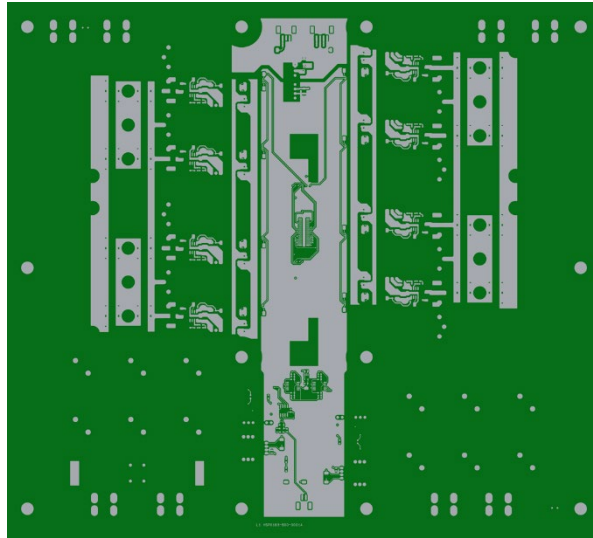
本デザインの主回路基板のパターン図を図 3.1 に、制御基板のパターン図を図 3.2 に示します。

以下のファイルも参照ください。

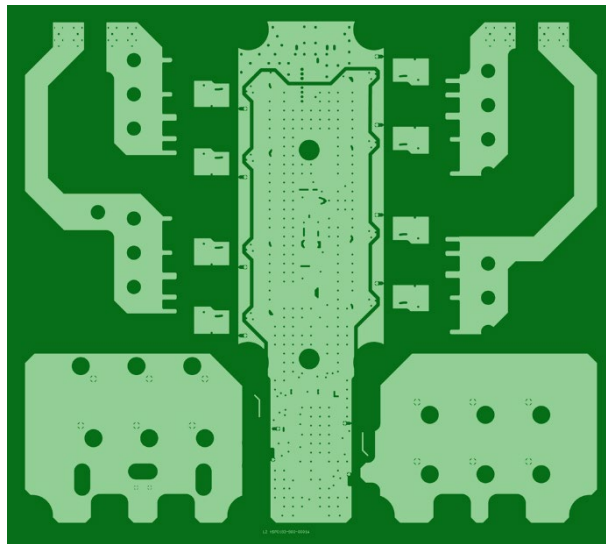
主回路基板：RD264-LAYER1-xx.pdf

制御基板：RD044-LAYER2-xx.pdf

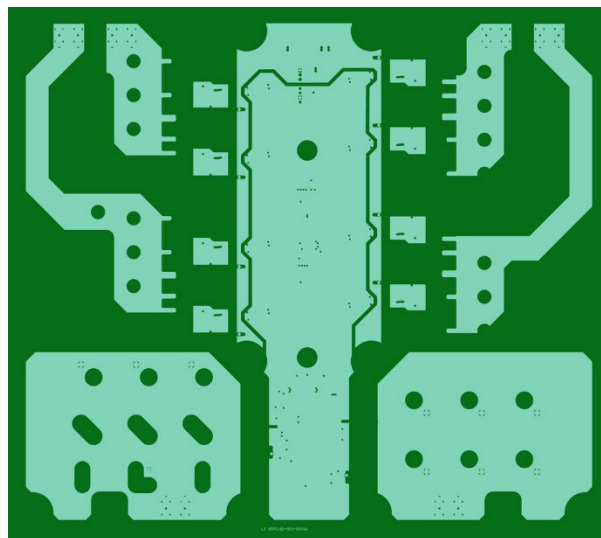
(xx はレビジョン番号)



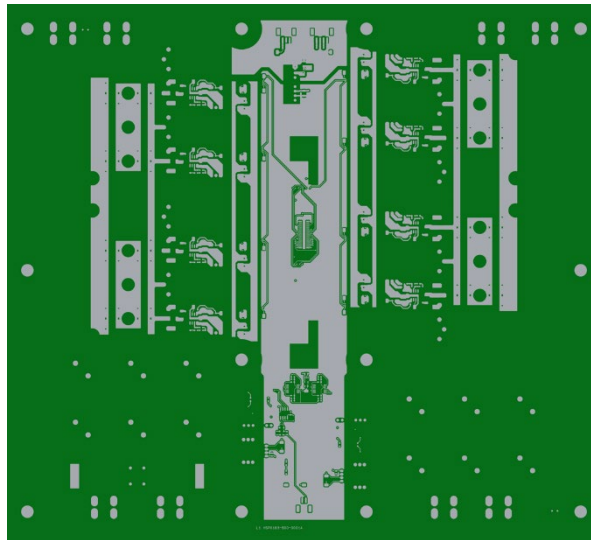
L1 (Top Layer)



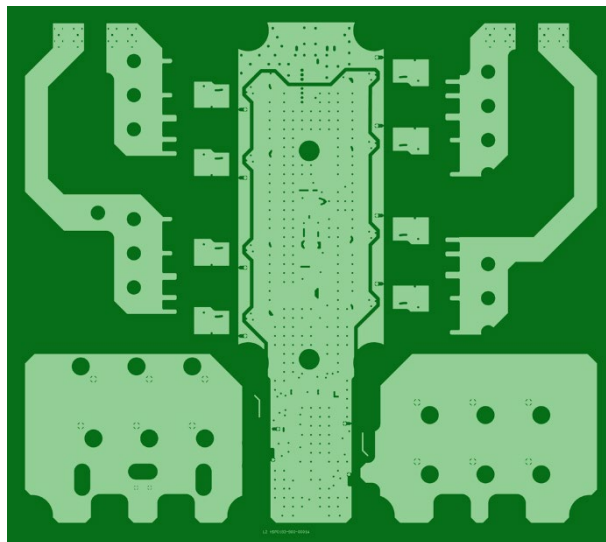
L2



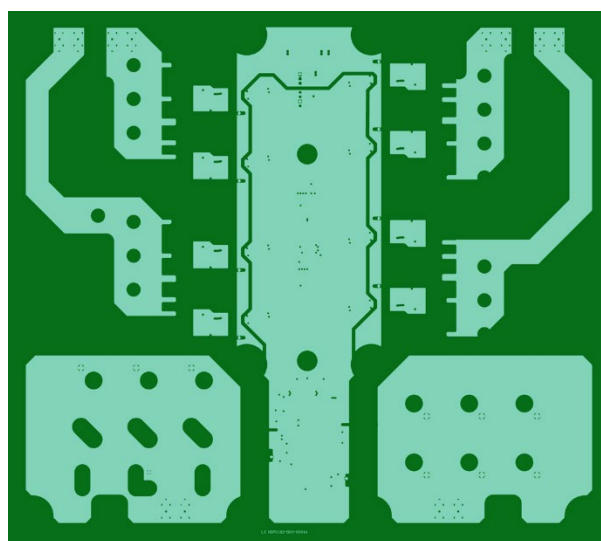
L3



L4

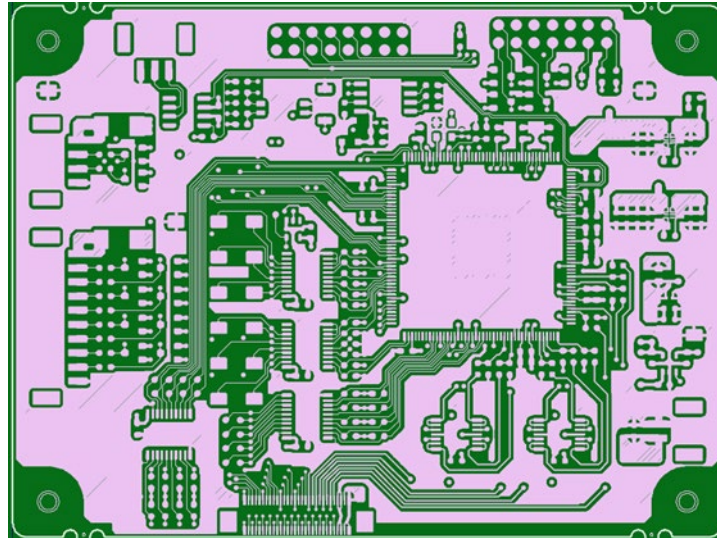


L5

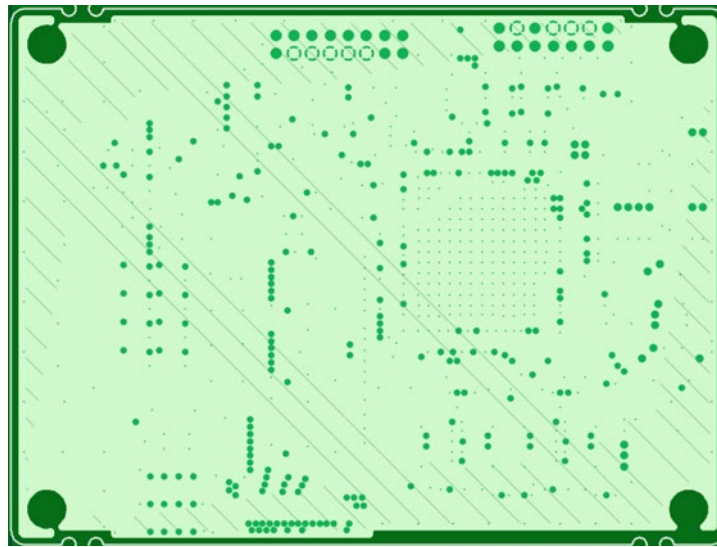


L6 (Bottom Layer)

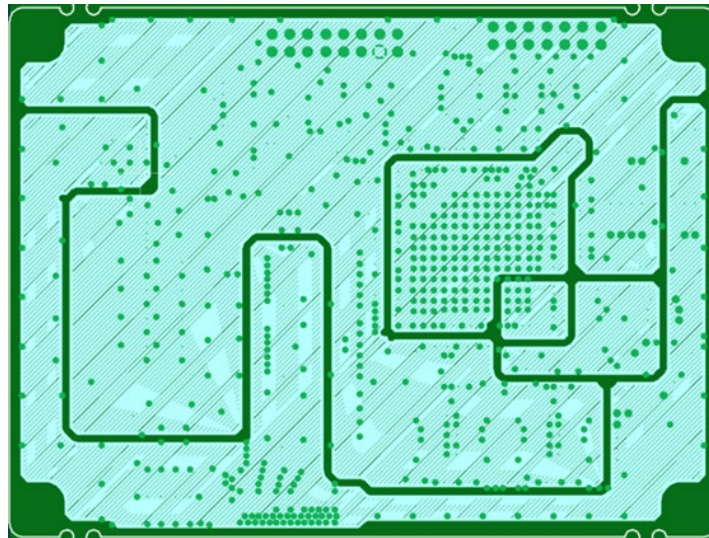
図 3.1 主回路基板パターン図 (Top View)



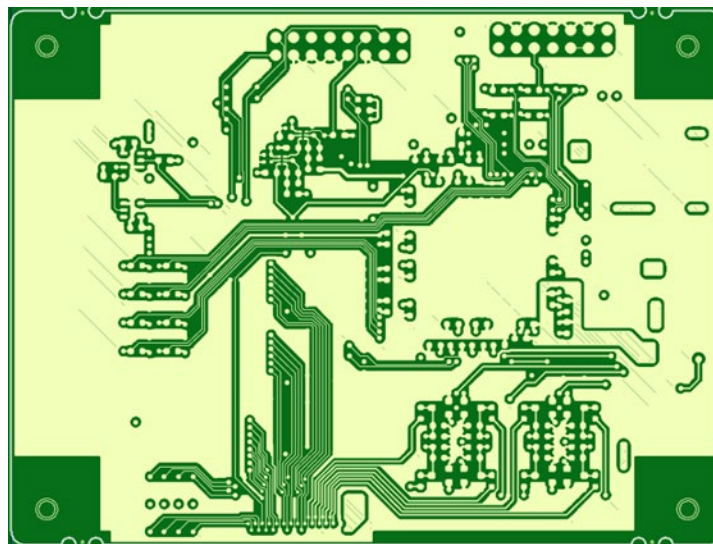
L1 (Top Layer)



L2



L3



L4 (Bottom Layer)

図 3.2 制御基板パターン図 (Top View)

4. 動作手順

4.1. 配線接続

図 4.1 に示す接続図に従って、本デザインの配線を接続してください。

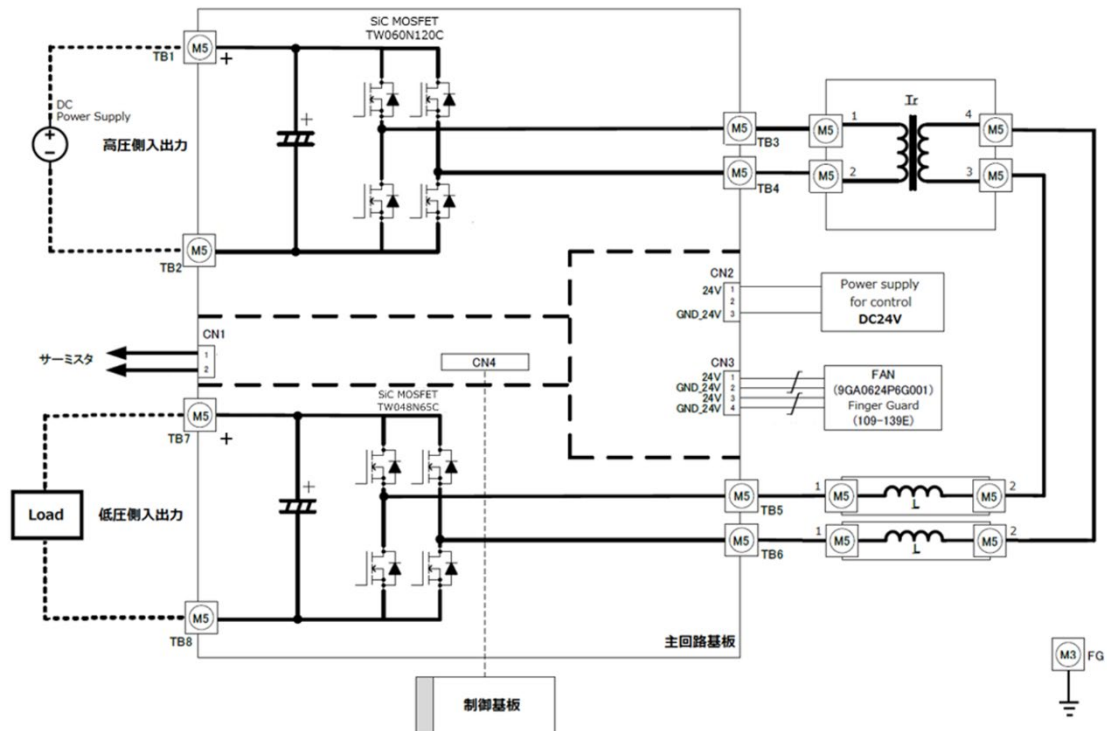


図 4.1 配線接続図

4.2. 外部機器との接続例

本デザインの降圧動作時の例を示します。

高圧側入出力端子 (TB1 が+端子) に安定化電源 (DC 750V) を、低圧側入出力端子に負荷装置 (TB7 が+端子) を接続してください。また、制御用 DC 24V 電源を主回路基板 (CN2) へ接続してください。

昇圧動作を行う場合は安定化電源と負荷装置の接続を入れ替えてください。

4.3. 起動手順と停止手順

本デザインの起動前に高圧側入出力端子、低圧側入出力端子の端子電圧が全て 0V であることを確認します。

[起動手順]

1. 制御用 DC 24V 電源を投入する
2. 安定化電源を投入する
3. 負荷を投入する

[停止手順]

1. 負荷を停止する
2. 安定化電源を停止する
3. 制御用 DC 24V 電源を停止する

5. 電源特性

本デザインの電源効率測定結果を説明します。

5.1. 効率

本デザインの降圧動作時及び昇圧動作時それぞれの効率を示します。高圧側、低圧側ともフルブリッジを搭載した DAB 方式のため、どちらの動作でも広い負荷電力範囲で高効率を実現しています。

図 5.1 に降圧動作時の効率測定結果を示します。入力電圧 750V、出力電圧 400V、負荷電力 100%時の効率は 97.6%です。

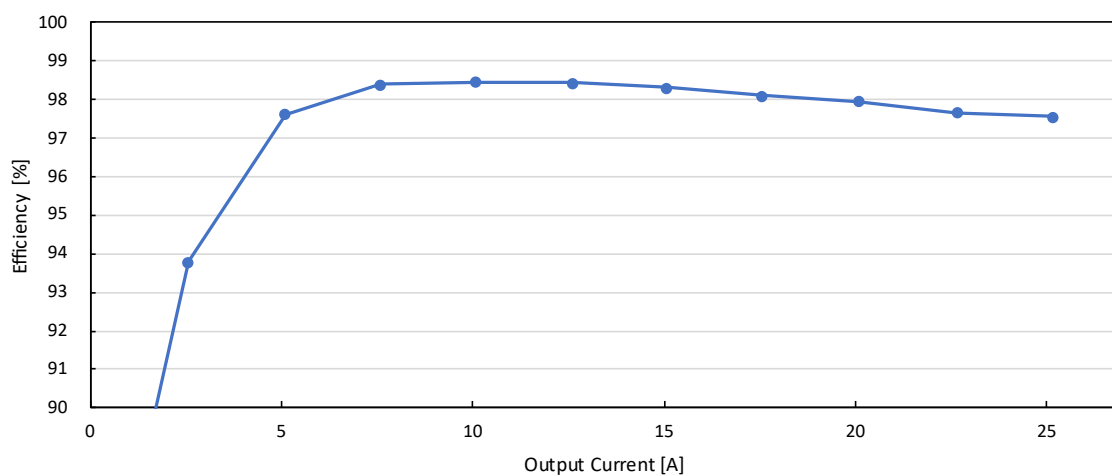


図 5.1 効率測定結果

図 5.2 に昇圧動作時の効率測定結果を示します。入力電圧 400V、出力電圧 750V、負荷電力 100%時の効率は 97.3%です。

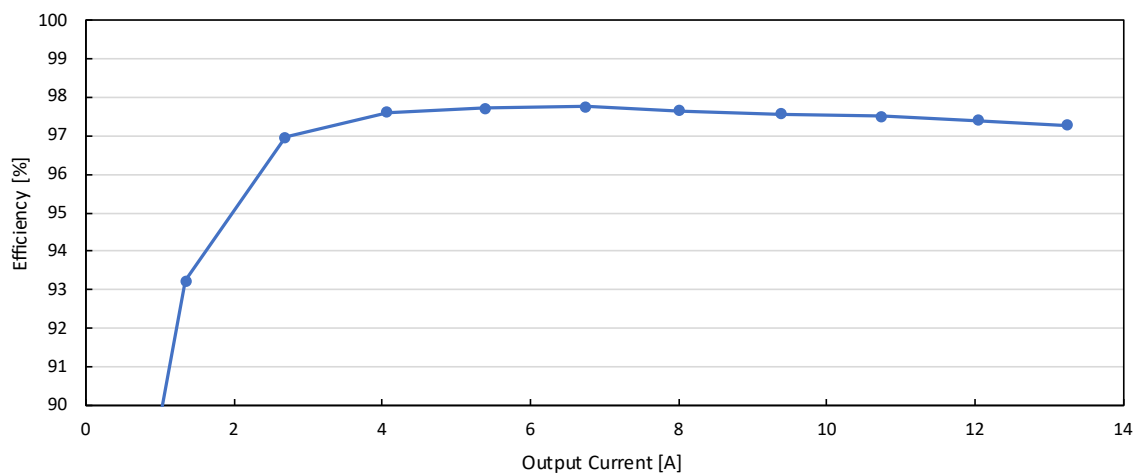


図 5.2 効率測定結果

5.2. 参考データ

参考データとして、当社既存類似電源との比較データを示します。

既存類似電源では回路構成などは同等で、高圧側のスイッチング素子に古い世代の SiC MOSFET を使用しており、低圧側のスイッチング素子には Si の MOSFET を使用しております。表 5.1 に使用スイッチング素子の比較を示します。

表 5.1 既存類似電源と本デザインにおける使用スイッチング素子

使用デバイス	既存類似電源		本デザイン		単位
	低圧側	高圧側	低圧側	高圧側	
	TK49N65W5	TW070J120B	TW048N65C	TW060N120C	
	Si MOSFET	第 2 世代 SiC MOSFET	第 3 世代 SiC MOSFET	第 3 世代 SiC MOSFET	
ドレイン・ソース間電圧 (Max)	650	1200	650	1200	V
ドレイン・ソース間オン抵抗 (Typ.)	51	70	48	60	mΩ
ゲート入力電荷量 (Typ.)	185	67	41	46	nC

※TW070J120B は生産終了品

図 5.3 に降圧動作時、図 5.4 に昇圧動作時の効率測定比較結果を示します。Full SiC MOSFET 化により高効率を実現しました。

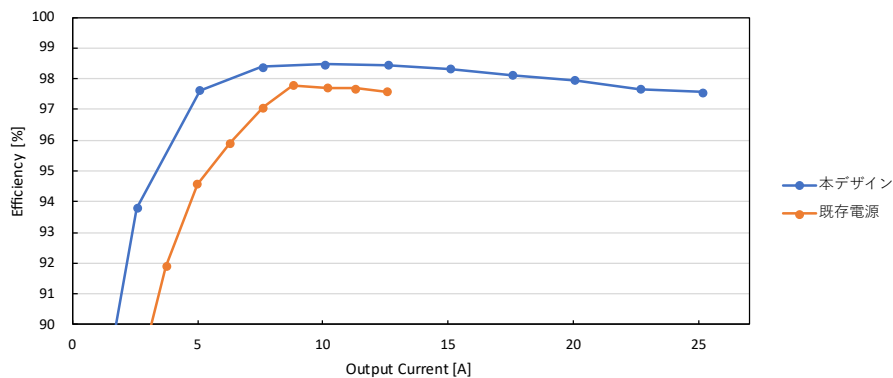


図 5.3 効率測定比較結果

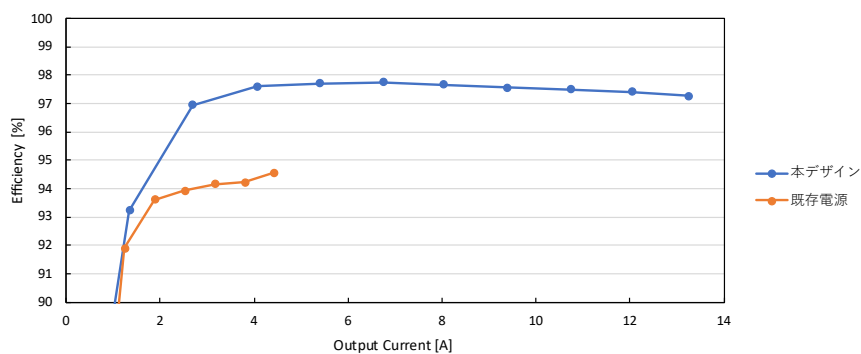


図 5.4 効率測定比較結果

評価上の注意事項

以下の注意事項を必ず確認のうえ、安全に評価作業を実施してください。

● 感電防止に関する注意

- 電源を投入する前に、コネクタ・端子・配線の極性が正しいことを必ず確認してください。
- 基板には高電圧が印加される部分があります。通電中は基板や部品に直接触れないでください。
- 電源停止後もコンデンサーには残留電荷がある場合があります。基板へ触れる前にコンデンサーが完全に放電していることを確認してください。
- 電圧・電流波形を測定する際は感電防止に十分配慮し、安全距離を確保してください。

● 火傷防止 (高温部品) に関する注意

- MOSFET、ダイオード、インダクター、コイル、半導体素子などは動作中に高温になります。取り扱い時は火傷に注意してください。
- 高負荷時には発熱が大きくなるため、適切な空冷 (ファン等) を必ず使用してください。
- 電源オフ直後は部品温度が高いことがあります。十分に冷えてから触れてください。

● 評価環境に関する注意

- 動作確認時は、必要に応じて基板をアクリルケースなどの非導電性カバーで覆うなど、安全対策を実施してください。
- モーターやその他の可動部を使用する場合は、動作中の接触防止措置を行ってください。
- シャント設定やジャンパー設定があるデザインでは、動作前に設定が正しいか確認してください。

● その他の注意事項

- 出力端子に接続する負荷が発熱する場合があります。負荷の温度上昇に注意してください。
- 作業中は周囲の可燃物や導電物を遠ざけ、短絡・事故防止に努めてください。

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。

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。
5. 本リファレンスデザインを、当社が定める注意事項に反する態様で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、データ及び情報の正確性、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又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、休業損害、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 契約期間

本リファレンスデザインをダウンロード又は使用することをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。本規約は予告なしに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。さらに当社が要求した場合には、お客様は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4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5条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。

第6条 管轄裁判所

本リファレンスデザインに関する全ての紛争については、別段の定めがない限り東京地方裁判所を第一審の専属管轄裁判所とします。