

TPD4162F
矩形波駆動方式
ブラシレス DC モーター駆動回路
リファレンスガイド

RD043-RGUIDE-02

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	3
2. 仕様と外観	4
2.1. 回路仕様	4
2.2. 回路図	4
2.3. 部品表	5
2.4. 基板の外観とモーターへの装着	6
2.5. 基板パターン図	7
2.6. 100 mm 径以外のモーター用基板 (ご参考)	8
3. 動作手順	10
3.1. 外部機器との接続	10
3.2. 起動と停止	11
3.3. 使用時の注意事項	11
4. 動作と特性	13
4.1. モーター駆動時の動作波形	13
4.2. その他の特性	14

1. はじめに

本リファレンスガイドは、ブラシレスDCモーター（以下BLDCモーター）ドライバーTPD4162Fとホール素子（ホールセンサー）を用いた矩形波駆動方式のモーター駆動回路の仕様、使用方法、動作を記載したドキュメントです。

TPD4162Fは、高圧PWM方式を採用して最大定格600 VのIGBTとFRDを内蔵しており、ホール素子やホールICを使用してBLDCモーターを直接駆動することが可能です。また、過電流保護回路、過熱保護回路、減電圧保護回路なども内蔵しており、周辺回路設計の省力化をはかることができます。

そのほか、TPD4162Fでは従来のDIP26パッケージよりも小さい面実装タイプのHSSOP31パッケージを採用しており、基板を小型化してセットの省スペースやコスト低減を図ることができます。

また、新たな高耐圧SOIプロセスを採用することで従来品TPD4152Kよりも損失を低減して効率を改善したほか、過電流に対する保護として、従来の電流制限機能に加えてモーターのロック時などに発生する急激な電流の増加に対して高速に保護することができる過電流保護機能も内蔵しました。

本ガイドで説明する応用例は、100 mm径モーターへの使用を想定してHSSOP31パッケージの特長を生かして基板全体をモーターケース内に収めるように構成し、機構全体の小型化に貢献できるよう設計しました。また、回路的にはAC200 V系機器でのアプリケーションに最適な仕様としています。

本ガイドで記載した回路図、基板パターンなど各種設計情報は、リファレンスデザインとして提供しておりますので、下記リンク先をご参照いただき、実際の設計時のご参考としてご利用ください。

TPD4162Fのリファレンスデザインはこちらから →

[Click Here](#)

2. 仕様と外観

2.1. 回路仕様

下表 2.1 に、本ガイドで解説する BLDC モーター駆動回路の仕様を示します。

表 2.1 BLDC モーター駆動回路仕様

パラメーター	記号	値	単位
動作電源電圧	V_{BB}	280~340	V
	V_{CC}	15	V
PWM オンデューティー比	PWMMIN	0	%
	PWMMAX	100	%
三角波周波数	f_C	20	kHz
速度制御電圧範囲	V_S	0 ~ 6.5	V
電流制限動作電圧	V_R	0.5	V
過電流保護動作電圧	V_{CS}	0.7	V
使用モーター径	-	100	mm
使用ホール素子	旭化成製 HW-101A		

2.2. 回路図

図 2.1 に本回路の回路図を示します。

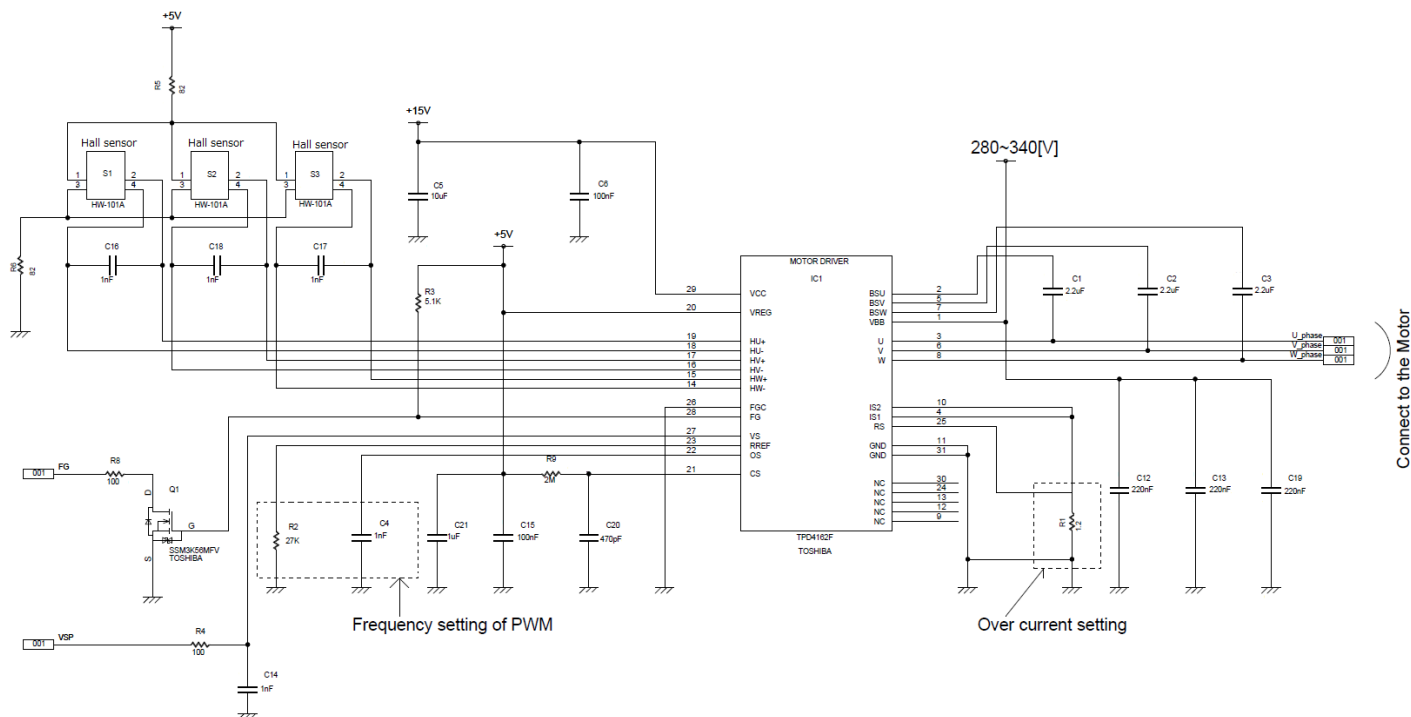


図 2.1 BLDC モーター駆動回路 回路図

2.3. 部品表

表 2.2 に本回路の部品表を示します。

表 2.2 部品表

アイテム	部品	数量	値	部品名	メーカー	説明	パッケージ 名称	標準寸法 mm (inch)
1	IC1	1	-	TPD4162F	TOSHIBA	IPD	HSSOP31	11.93 x 17.5
2	Q1	1	-	SSM3K56MFV	TOSHIBA	MOSFET	VESM	1.2 x 1.2
3	S1,S2,S3	3		HW-101A	AKM	ホール素子	4SOP	2.9 x 2.9
4	R1	1	1.2 Ω	ERJ1TRQF1R2U	Panasonic	1 W ±1 %		6.4 x 3.2 (2412)
5	R2	1	27 kΩ			100 mW ±1 %		1.6 x 0.8 (0603)
6	R3	1	5.1 kΩ			100 mW ±5 %		1.6 x 0.8 (0603)
7	R4,R8	1	100 Ω			100 mW ±5 %		1.6 x 0.8 (0603)
8	R5,R6	2	82 Ω			100 mW ±5 %		1.6 x 0.8 (0603)
9	R9	1	2 MΩ			250 mW ±1 %		2.0 x 1.2 (0805)
10	C1,C2,C3	3	2.2 μF			セラミック,25 V, ±10 %		2.0 x 1.2 (0805)
11	C4,C14	2	1 nF			セラミック,25 V, ±5 %		1.6 x 0.8 (0603)
12	C5	1	10 μF			セラミック,25 V, ±10 %		2.0 x 1.2 (0805)
13	C6,C15	2	100 nF			セラミック,25 V, ±10 %		1.6 x 0.8 (0603)
14	C12,C13, C19	3	220 nF			セラミック, 630 V, ±10 %		4.5 x 3.2 (1812)
15	C16,C17, C18	3	1 nF			セラミック, 50 V, ±10 %		1.6 x 0.8 (0603)
16	C20	1	470 pF			セラミック,50 V, ±5 %		1.6 x 0.8 (0603)
17	C21	1	1 μF			セラミック,25 V, ±10%		2.0 x 1.2 (0805)

2.4. 基板の外観とモーターへの装着

本ガイドでは、直径100 mmのモーターに装着する基板を設計しました。回路の基板の外観を図2.2に示します。

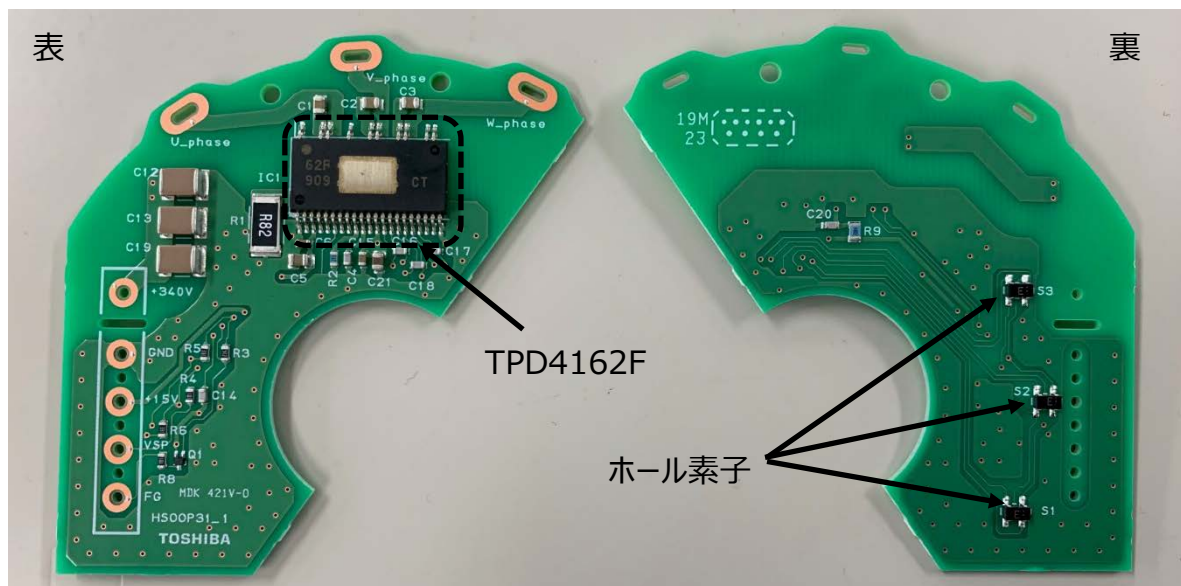


図 2.2 BLDC モーター駆動回路基板

この基板を100 mm径モーターに装着したときの外観イメージを図2.3に示します。なお、この写真のモーターはダミーのモックアップです。

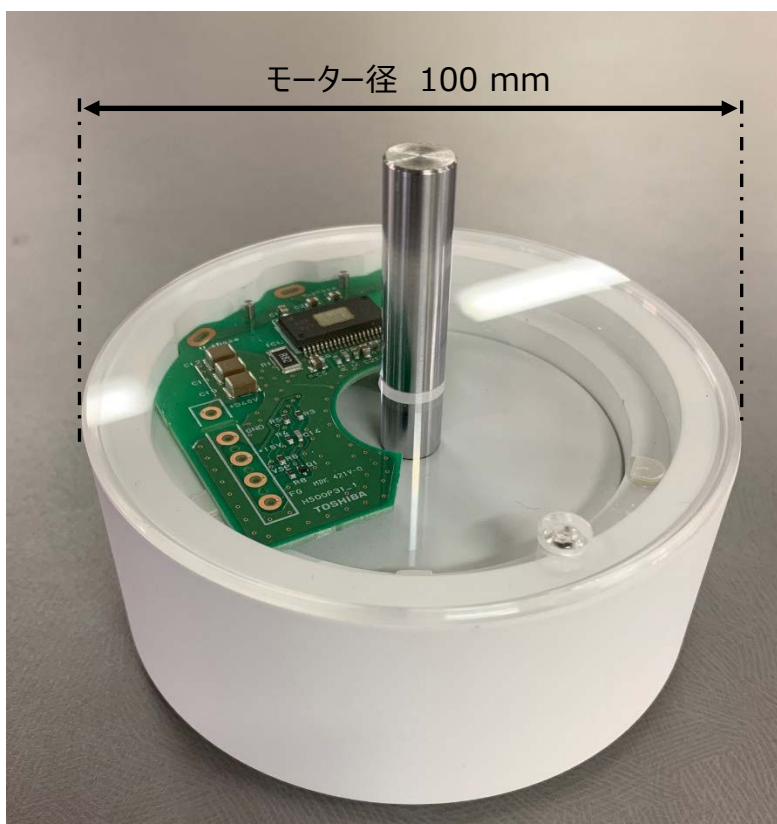


図 2.3 BLDC モーター駆動回路基板装着時外観イメージ

図 2.4 に従来の DIP26 搭載製品 (TPD4152K) を使用した基板と比較した写真を示します。

いずれも直径 100 mm のモーター用基板で周辺回路もほぼ同じですが、HSSOP31 パッケージの TPD4162F は周辺部品とともに U 相、V 相、W 相各出力のすぐ近くに配置し、基板面積を半分以下まで小さくしました。



図 2.4 DIP26 製品 BLDC モーター駆動回路基板との比較

2.5. 基板パターン図

以下に本回路基板のパターン図を示します。本基板は表 (ホール素子を除く部品装着面) と裏の両面基板構成となっております。

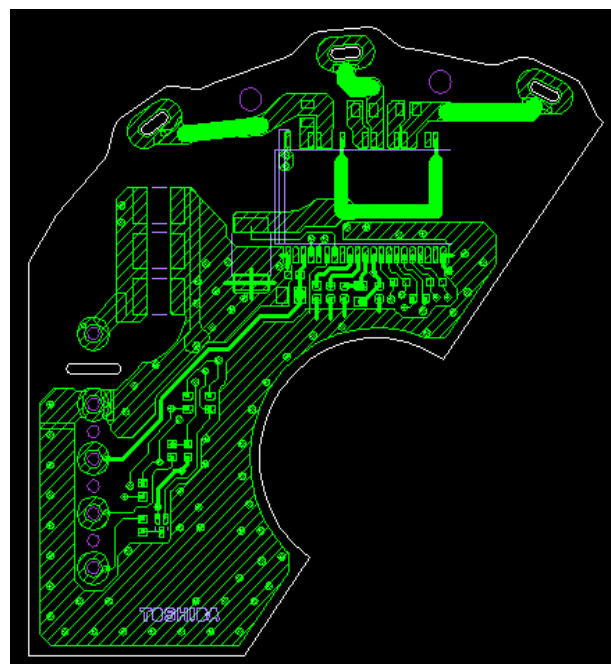


図 2.5 BLDC モーター駆動回路基板 表面パターン図

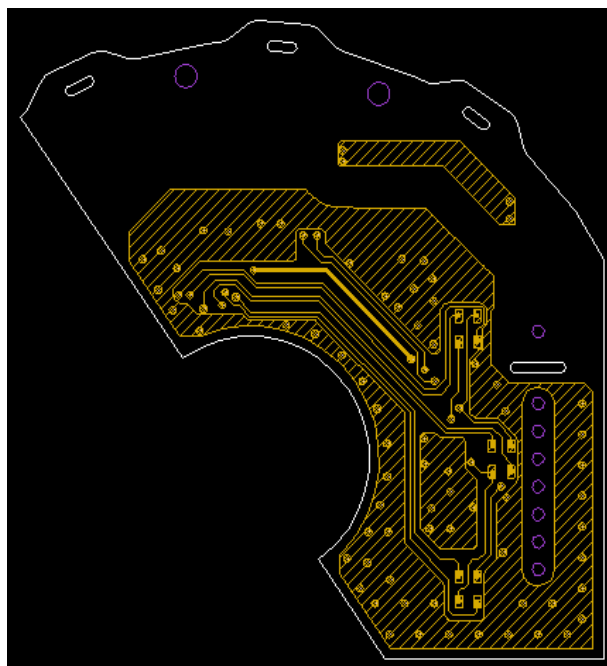


図 2.6 BLDC モーター駆動回路基板 裏面パターン図

2.6. 100 mm 径以外のモーター用基板 (ご参考)

ご参考として、ここまで解説した 100 mm 径のモーター用の基板のほか、120 mm 径、140 mm 径それぞれのモーター用駆動回路基板を紹介します。

100 mm 用基板も合わせて 3 種類の基板の例を図 2.7 に示します。この図の①の基板がこれまで解説した 100 mm 径モーター用のもので、②が 120 mm 径、③が 140 mm 径それぞれのモーター用となります。

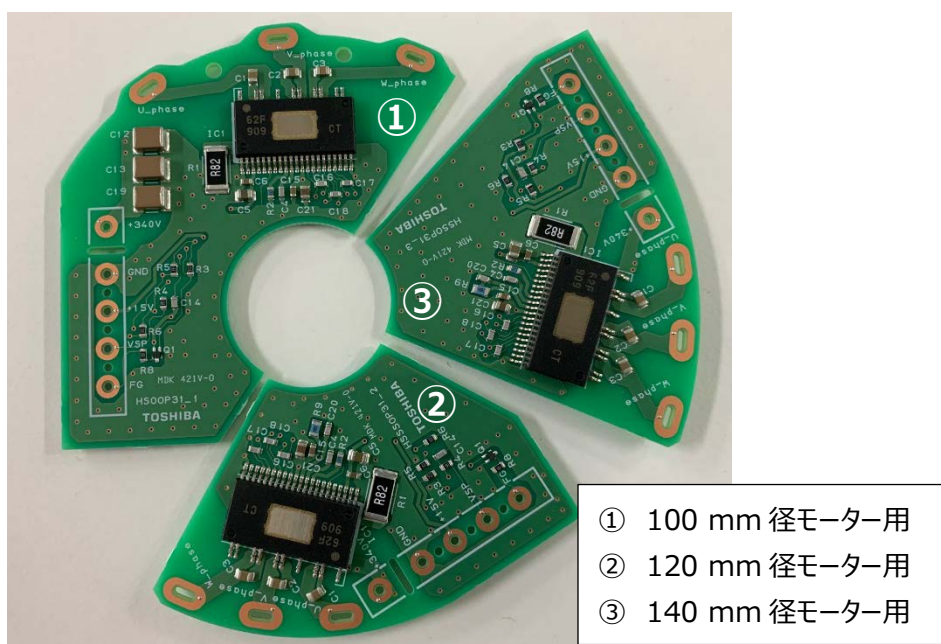


図 2.7 モーターサイズごとの BLDC モーター駆動回路基板

図2.7に示した基板②と基板③の外観と部品配置を、図2.8、および図2.9に示します。

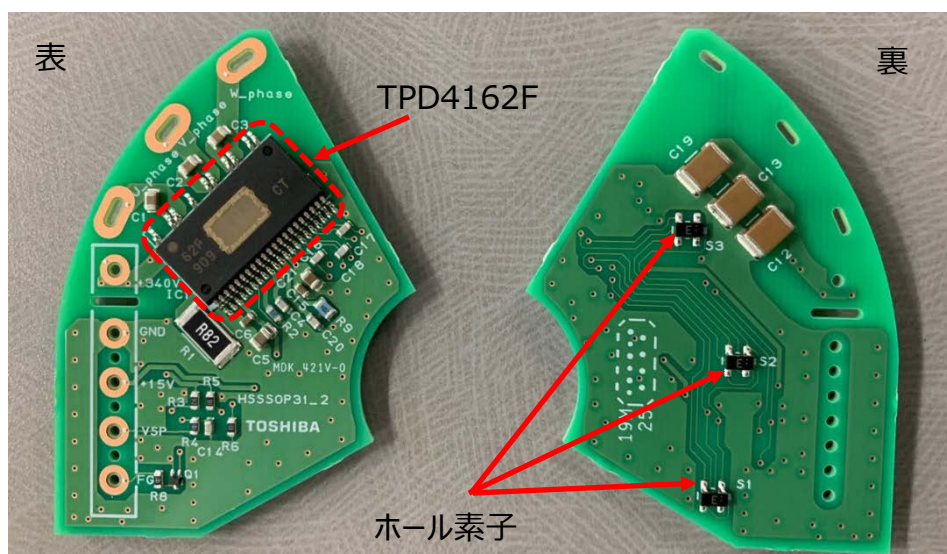


図 2.8 120 mm 径サイズ BLDC モーター用駆動回路基板

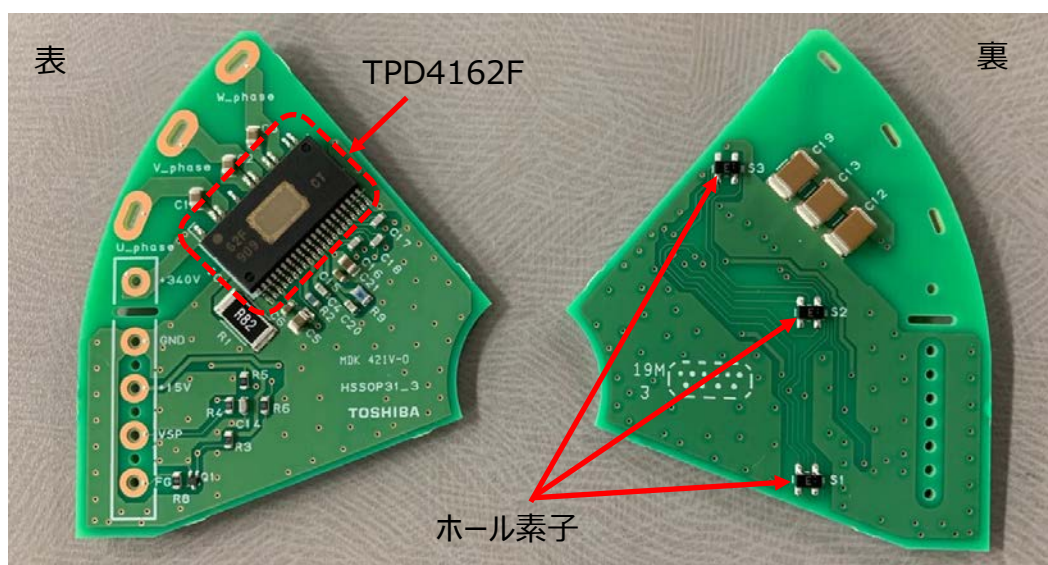


図 2.9 140 mm 径サイズ BLDC モーター用駆動回路基板

3. 動作手順

3.1. 外部機器との接続

図 3.1 に本応用回路基板の外部接続端子を示します。

赤色で囲んだ部分が入力端子です。V_{BB} 端子に高圧直流電源を、V_{CC} 端子に制御用直流電源を、それぞれ接続してください。また、V_S 端子には回転数制御用の信号として直流電圧を入力してください。

青色で囲んだ部分が出力端子です。U、V、W 各端子にはそれぞれモーターの U 相、V 相、W 相を接続してください。また、FG 端子には回転数検出用パルス信号が出力されます。

接続する電源、負荷装置、ケーブル、リード線、コネクタ類は表 2.1 の仕様を満たすものをご使用ください。

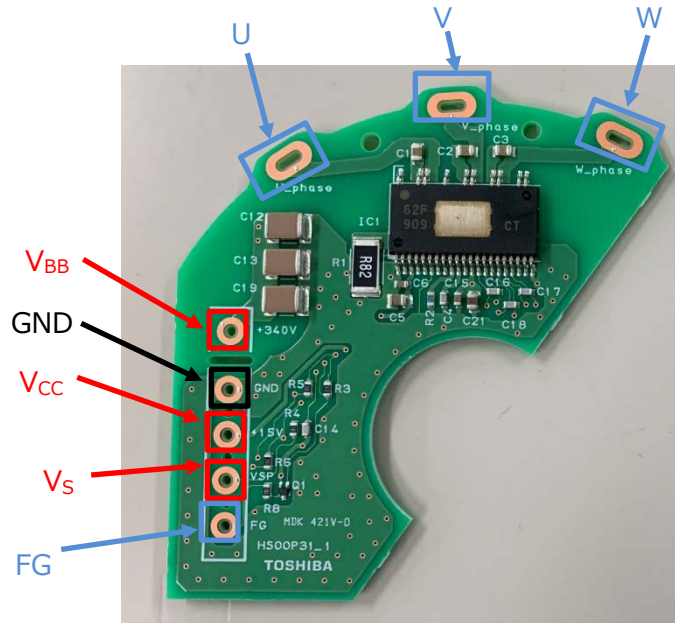


図 3.1 BLDC モータードライバー 外部接続端子

図 3.2 にこの基板と外部機器との接続例を示します。

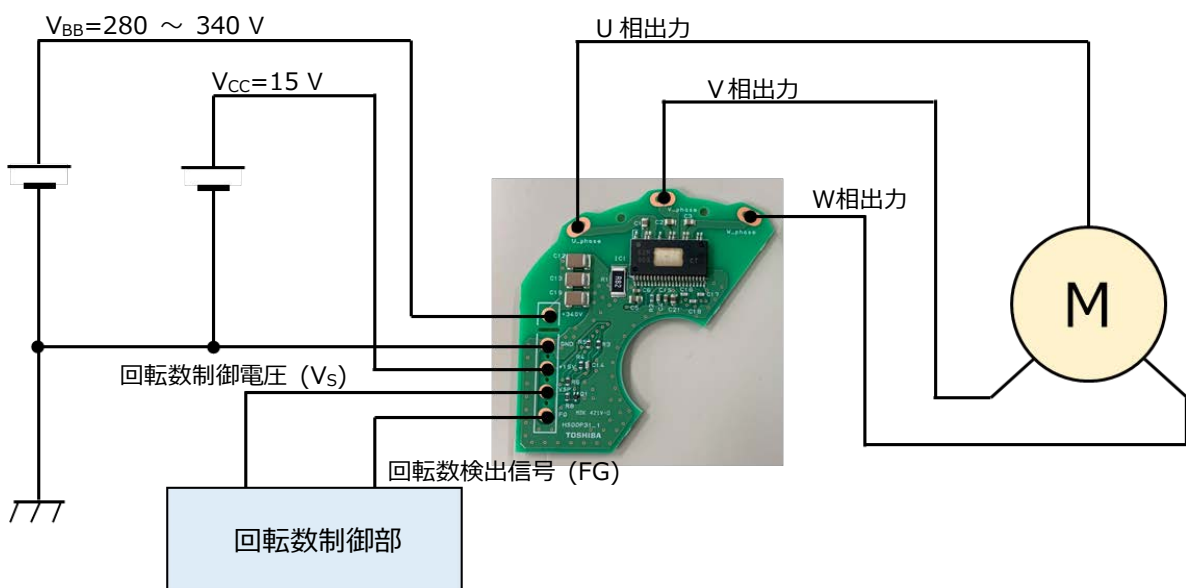


図 3.2 BLDC モーター駆動回路基板と外部機器の接続例

3.2. 起動と停止

本電源の起動前に以下の端子電圧が全て 0V であることを確認します。

V_{BB} 端子、 V_{CC} 端子、 V_S 端子、U 端子、V 端子、W 端子

[起動手順]

1. V_{CC} に制御用直流電圧を印加する
2. V_{BB} に高圧直流電圧を印加する
(1.と2.の順番は入れ替わっても問題ありません。)
3. V_S 端子の速度制御用直流電圧をモーターが所定の回転速度になるまで 0 V ($V_{S\text{OFF}}$ 以下) から徐々に上げる

[停止手順]

起動とは逆の手順となります。

1. V_S 端子の速度制御用直流電圧をモーターが停止 (IGBT がすべて OFF) するまで徐々に下げる
2. V_{BB} の高圧直流電圧を遮断する
3. V_{CC} 端子の制御用直流電圧を遮断する
(2.と3.の順番は入れ替わっても問題ありません。)

3.3. 使用時の注意事項

1. V_{CC} 、 V_{BB} の立ち上げ/立ち下げは、必ず、 $V_S < V_{S\text{OFF}}$ の状態 (IGBT がすべて OFF) で行ってください。このときの V_{CC} 、 V_{BB} の順番はどちらが先でも構いません。
2. V_S 端子の速度制御用信号電圧は必ず $V_{S\text{OFF}}$ 以下 (IGBT がすべて OFF) から徐々に上げるようにしてください。この電圧を急峻に立ち上げるとモーターが起動できない場合があります。
3. モーターが回転中に V_{BB} ラインをリレーなどで切り離すとモーターの回生エネルギーの行き場がなくなり、IC を破壊することがあります。
4. V_{BB} 電圧が低く、かつオンデューティー比が 100 % の状態でモーターをロックさせると、ロック直前のハイサイド ON 時間が長くなりブートストラップ電圧が低下するため、ロックの解除後も再起動できなくなる場合がありますので注意してください。

ブートストラップ電圧が低下するとハイサイド減電圧保護動作によりハイサイド出力が OFF しますが、 V_{BB} 電圧が低くてオンデューティー比が 100 % の場合、ハイサイド出力を ON させるためのレベルシフトパルスが生成されず、再起動できなくなります。レベルシフトパルスを生成できないのは、モーターロック及び オンデューティー比 100 % 命令により、これを生成するホール素子出力のエッジ、もしくは内部 PWM 信号のエッジが、いずれも存在しないためです。

この場合は、ハイサイド電源電圧が減電圧保護電圧値よりも 0.5 V 高い電圧まで回復した状態で外部から強制的にモーターを回すか、あるいは PWM オンデューティー比を 100 % 未満にすることにより、これらの信号のエッジでレベルシフトパルスが生成されてハイサイド出力が ON しますので、モーターを再起動させることができます。システムとしてロック後確実に再起動できるようにするには、モーター仕様上でオンデューティー比の最大値が 100 % 未満となるように制限してください。

5. 高圧電源を接続している時の感電にご注意ください。特に V_{BB} および TPD4162F のモーター出力周辺領域 (図 3.3 の赤点線領域) は DC60 V 以上になる部分があり、危険です。モーターが停止していても、高圧電源接続時には絶対に触れないでください。

また、高圧電源停止後もコンデンサーに電荷が残留していることがあり、感電の恐れがあります。基板に触れる際には、各部の電圧が十分に低下していることを確認してください。

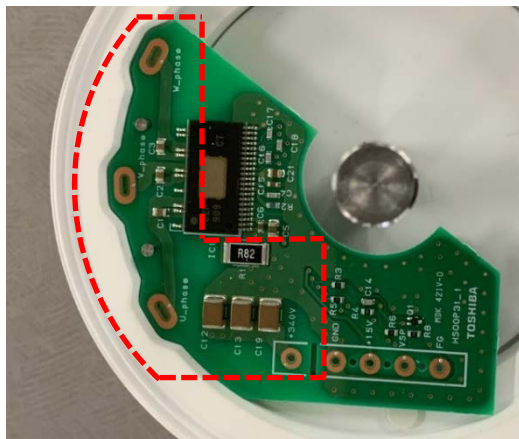


図 3.3 BLDC モーター駆動回路 高電圧領域

4. 動作と特性

4.1. モーター駆動時の動作波形

TPD4162F で、本応用回路を用いて実際にモーターを駆動したときのU相、V相、W相各出力電圧とU相出力電流の波形を下图に示します。

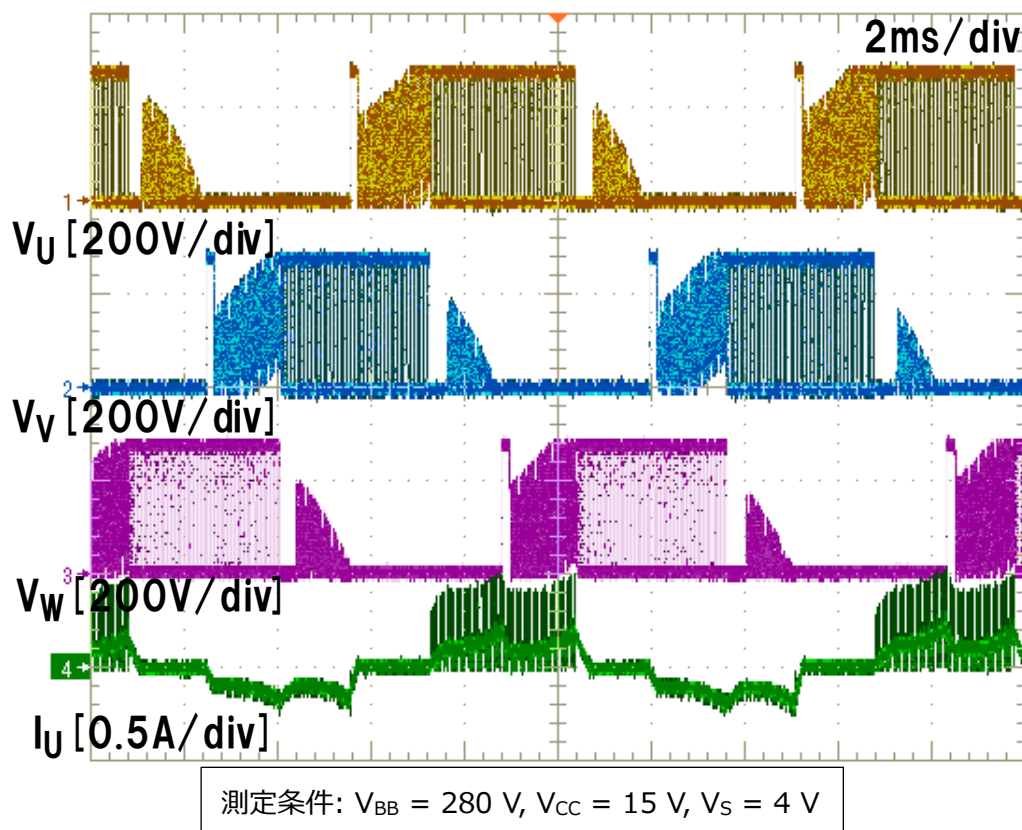


図 4.1 BLDC モーター駆動回路の動作波形

4.2. その他の特性

TPD4162F は従来の DIP26 製品よりもパッケージを小型化していますが、合わせて新しい高耐圧 SOI プロセスを採用して IC 内部の損失も低減しており、小型化による熱の影響を抑えました。

損失特性を DIP26 製品である TPD4152K と比較したグラフを以下に示します。

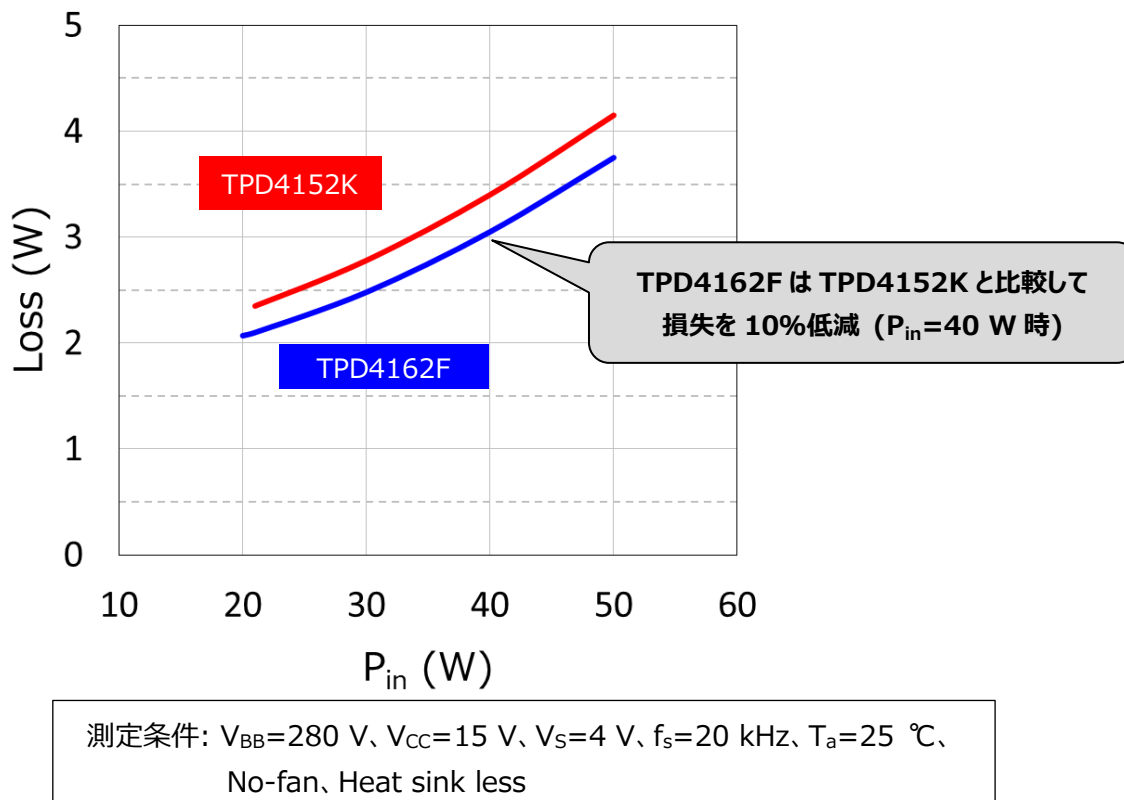


図 4.2 損失特性 (TPD4152K との比較)

そのほか、TPD4162F と TPD4152K を比較した表を以下に示します。

表 4.1 TPD4162F と TPD4152K の比較

項目	TPD4162F	TPD4152K
最大定格	600 V / 0.7 A	600 V / 0.7 A
パッケージ	HSSOP31	DIP26
消費電流 ($V_{BB}=450\text{ V}$)	0.5 mA	0.5 mA
消費電流 ($V_{CC}=15\text{ V}$)	0.9 mA	2.3 mA
出力飽和電圧 ($I_C=0.5\text{ A}$)	2.0 V	2.2 V
FRD 順方向電圧 ($I_F=0.5\text{ A}$)	1.5 V	2.5 V

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。