

**コードレス電動工具向け
モーター駆動回路**

リファレンスガイド

RD166-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. 仕様と外観	4
2.1. 仕様とシステムブロック図.....	4
2.2. 外観写真.....	5
3. 部品表	6
4. 基板パターン図	9
5. 動作手順	12
6. 動作波形	15
6.1. 動作波形観測ポイント.....	15
6.2. 矩形波駆動モード動作波形.....	16
6.3. 正弦波駆動モード動作波形.....	17

1. はじめに

本リファレンスガイド（以下、本ガイド）は、コードレス電動工具での使用を想定したブラシレスDCモーター（以下、BLDCモーター）駆動回路のシステムと仕様、基板レイアウトパターン、動作手順などを記載しています。

本ガイドのモーター駆動回路は、モーターの位置検出センサーを使用した矩形波駆動と正弦波駆動の2種類の動作モードに対応しており、MCUを使用して動作モード切り替えや回転数制御など全体の動作制御を行う構成としております。

このモーター駆動回路では、モーターの各相を駆動するMOSFETとして、当社のU-MOS IXシリーズから40 V耐圧NチャネルパワーMOSFET TPH1R204PBを使用しています。

TPH1R204PBのデータシートはこちらから → [Click Here](#)

ここでは本モーター駆動回路の仕様に最適なTPH1R204PBを使用しましたが、この製品以外にも当社は最新のトレンチ技術を採用して低損失、小型パッケージのMOSFET製品を豊富にラインアップしており、お使いになる環境や仕様に合わせて最適なものをお選びいただけますので、ぜひご利用ください。

また、基板につきましては、電動工具の筐体のサイズやスペースの制約を考慮して工具全体を小型化できるよう、MOSFETやMCUを搭載するメイン基板と、ディスプレイなどの周辺機器を接続するインターフェース基板の2枚構成としました。

本回路の回路図、基板パターンデータなどの設計情報はリファレンスデザインとして公開しておりますので、本ガイドを参照してモーター駆動回路を設計する際にご利用ください。

コードレス電動工具向けモーター駆動回路のリファレンスデザインはこちら → [Click Here](#)

2. 仕様と外観

2.1. 仕様とシステムブロック図

本ガイドのモーター駆動回路の主な仕様を表 2.1 に、システムブロック図を図 2.1 に、それぞれ示します。

表 2.1 モーター駆動回路 主な仕様

項目	値	単位
入力電圧	12~24	V
出力電力	200	W
平均電流	±20	A
最大ピーク電流	±60	A
スイッチング周波数	20	kHz
駆動方式	矩形波および正弦波駆動 位置センサー付き制御	

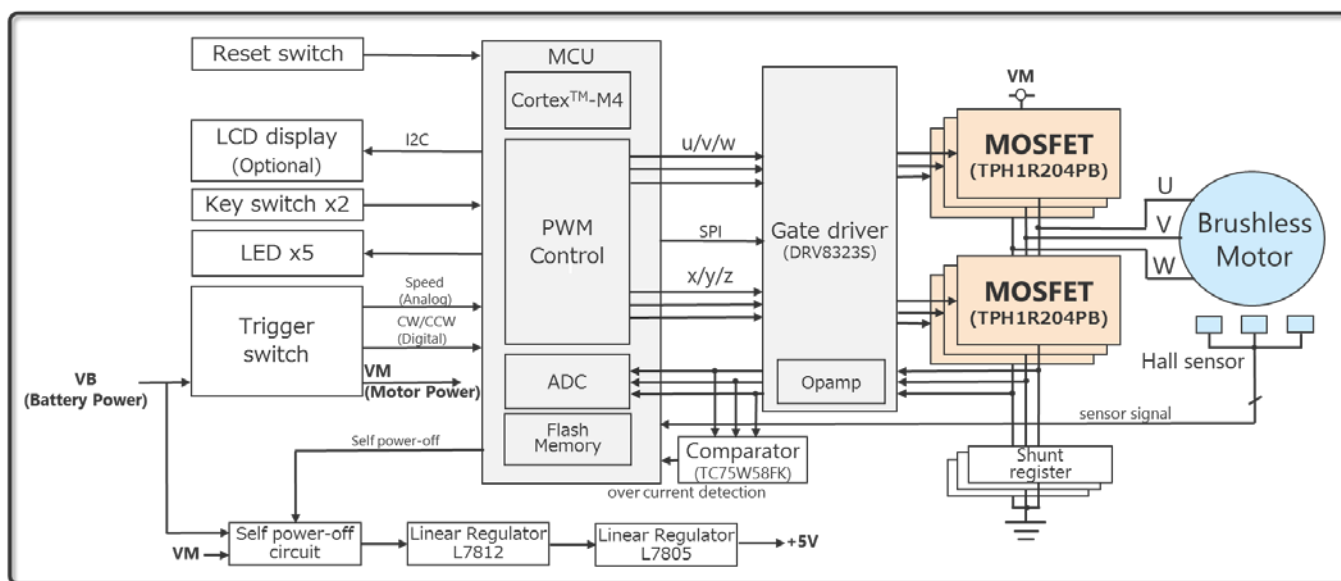


図 2.1 モーター駆動回路 システムブロック図

2.2. 外観写真

図 2.2 にこの回路の外観写真を示します。メイン基板とインターフェース基板の 2 枚で構成されています。写真下部中央の黒い部品はトリガースイッチで、トリガー部分を外部に出すように電動工具筐体の持ち手に取り付けられます。このトリガーを握りこむ強さによって、モーターの回転数とトルクを制御できるようになっています。

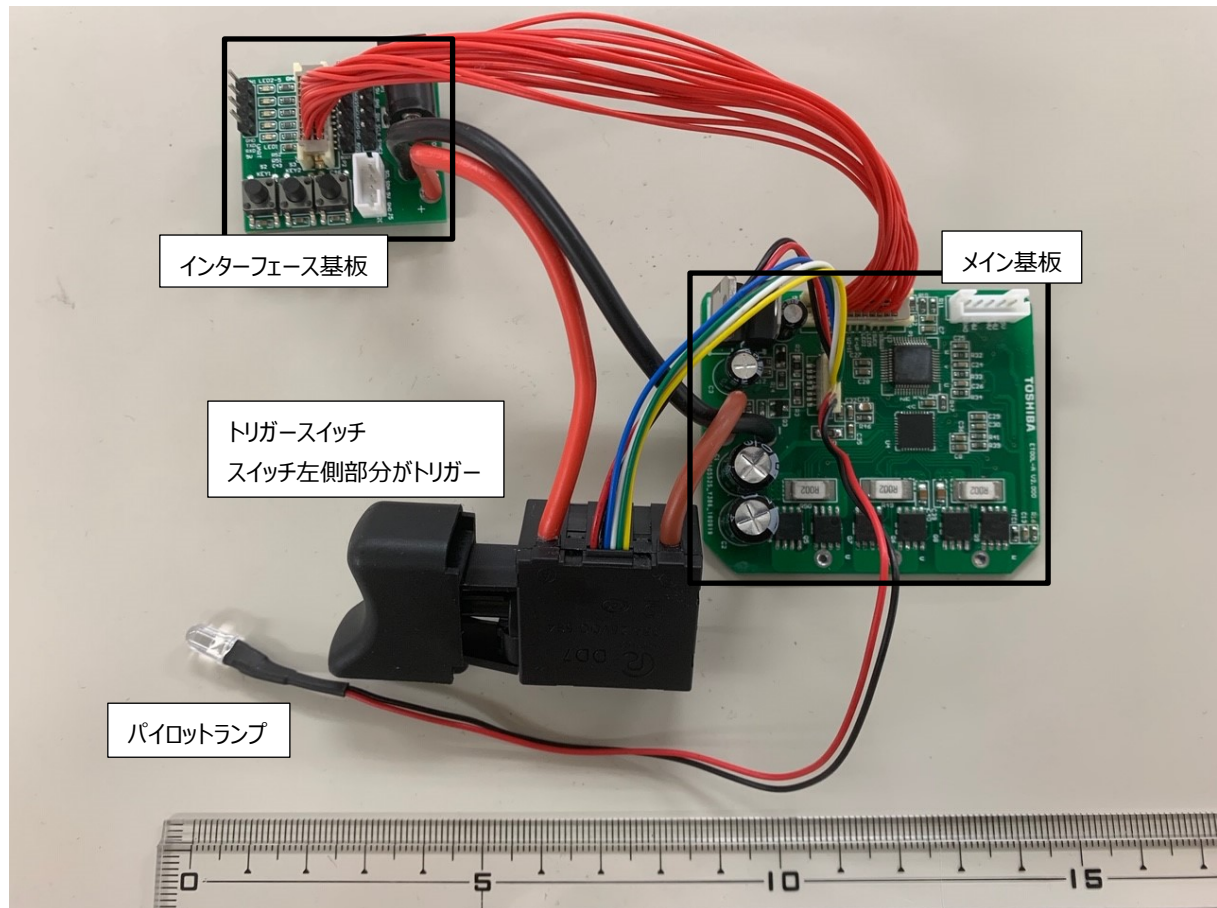


図 2.2 モーター駆動回路 外観写真

3. 部品表

表 3.1～3.3 に本モーター駆動回路で使用する部品を示します。

表 3.1 部品表 (1/3)

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	C1, C2	2	470 μ F			電解 35V, \pm 10 %		8×16
2	C3	1	47 μ F			電解 35V, \pm 10 %		6×11
3	C4, C5, C9 C10, C11, C13, C15, C17, C18, C22, C23, C32, C36, C44	14	100 nF			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
4	C6	1	100 μ F			電解 16V, \pm 10 %		5×11
5	C7, C12, C24, C25, C26, C30	6	10 nF			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
6	C8, C27, C28	3	4.7 μ F			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
7	C14, C16, C29, C34, C35, C43, C45, C46	8	1 μ F			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
8	C19, C20, C21	3	470 pF			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
9	C31	1	10 μ F			セラミック 35V, \pm 10 %		2.0×1.2 (0805)
10	C33	1	47 nF			セラミック 50V, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
11	C37, C41, C42	3	1 nF			セラミック 50V, \pm 10 %		3.2×1.6 (1206)
12	C38, C39, C40	3	100 nF			セラミック 50V, \pm 10 %		2.0×1.2 (0805)
13	R1, R5, R6, R7, R8, R24, R25, R26	8	4.7 k Ω			100 mW, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
14	R2, R3	2	1 k Ω			125 mW, \pm 10 %		2.0×1.2 (0805)
15	R4	1	47 k Ω			100 mW, \pm 10 %		1.6×0.8 (0603)
16	R9, R11, R27, R28, R32, R33, R34	7	0			ジャンパー		1.6×0.8 (0603)

表 3.2 部品表 (2/3)

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)
17	R10	1	3.3 Ω			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
18	R14, R18	2	27 kΩ			100 mW, ±1 %		1.6×0.8 (0603)
19	R15	1	5.1 kΩ			100 mW, ±1 %		1.6×0.8 (0603)
20	R16, R20, R21, R22	4	10 kΩ			100 mW, ±1 %		1.6×0.8 (0603)
21	R17	1	2.7 kΩ			100 mW, ±1 %		1.6×0.8 (0603)
22	R19, R35, R36, R37, R38, R39, R42	7	10 kΩ			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
23	R23, R43, R44, R45, R47	5	100 Ω			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
24	R29, R30, R31	3	51 Ω			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
25	R40	1	3 Ω			250 mW, ±10 %		3.2×1.6 (1206)
26	R41, R51, R52, R53, R54, R55	6	3 kΩ			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
27	R46	1	5.1 Ω			100 mW, ±10 %		1.6×0.8 (0603)
28	R48, R49, R50	3	2 mΩ			3 W		6.4×3.2 (2512)
29	D1, D2	2	-	CUHS15F40	TOSHIBA	ショットキーバリアダイオード	US2H	1.4×2.5
30	D3	1	-	BAS316	TOSHIBA	スイッチングダイオード	USC	1.25×2.5
31	Q1	1	-	2SA2056	TOSHIBA	高速スイッチング用 PNP パワートランジスター	TSM	2.8×2.9
32	Q2	1	-	2SC6061	TOSHIBA	高速スイッチング用 NPN パワートランジスター	TSM	2.8×2.9
33	Q3	1	-	TMBT3904	TOSHIBA	低周波増幅用 トランジスター	SOT23	2.4×2.9
34	Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9	6	-	TPH1R204PB	TOSHIBA	N-ch パワーMOSFET	SOP Advance	5.0×6.0
35	IC1	1	-	L7812	STM	3 端子レギュレーター	TO-220	
36	IC2	1	-	L7805	STM	3 端子レギュレーター	TO-220	
37	U1, U2	2	-	TC75W58FK	TOSHIBA	コンパレーター	US8	2.0×3.1
38	U3	1	-	-	-	MCU	LQFP48	9.0×9.0
39	U4	1	-	DRV8323S	TI	三相ゲートドライバー	WQFN40	6.0×6.0
40	NTC1	1	-	NCP18XV103J03RB	村田製作所	サーミスター		1.6×0.8 (0603)

表 3.3 部品表 (3/3)

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)
41	J3	1	-	PH2.0-ZZ_5P	Risym	5pin コネクター		
42	J4	1	-	1*6P 2.54mm	JICHENG	6pin コネクター		
43	J5	1	-	PH2.0-ZZ_5P	Risym	4pin コネクター		
44	J6	1	-	DC-005 2.1/2.5	BOTAIXIN	パワージャック		
45	CON1, CON2	2	-	1*4P 2.54mm	JICHENG	4pin コネクター		
46	P1	1	-	GH- 20AB/AWB(A)	MINGYUE	コネクター (オス)		
47	P2	1	-	GH- 20AB/AWB(A)	MINGYUE	コネクター (メス)		
48	BOOT1	1	-	1*2P 2.54mm	JICHENG	2pin コネクター		
49	SW1	1	-	1.25T-8AWB(A)	Hong Yun	スイッチ		
50	S2, S3, S4	3	-	Microswitch	MUXIN	スイッチ		6.0×6.0
51	LED1	1	-	0603 Green	ZTSMDLED	LED (緑)		
52	LED2, LED3, LED4, LED5	4	-	0603 Red	ZTSMDLED	LED (赤)		

4. 基板パターン図

本ガイドのモーター駆動回路の基板例は、工具全体の小型化を考慮してメイン基板とインターフェース基板の2枚構成としました。メイン基板にはモーター各相を直接駆動する MOSFET とそのゲートドライバー、マイコンなどを配置し、もう一方のインターフェース基板には、メイン基板とディスプレイなどの外部機器を接続するコネクタ、各種スイッチなどを配置しています。

メイン基板の表面（部品実装面）レイアウトを図 4.1 と図 4.2 に、裏面を図 4.3 と図 4.4 に、それぞれ示します。

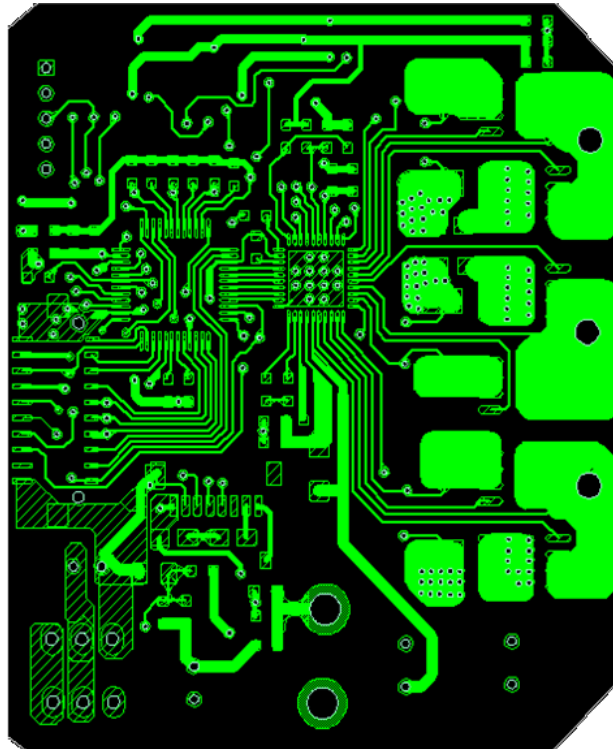


図 4.1 メイン基板表面レイアウト図 パターン

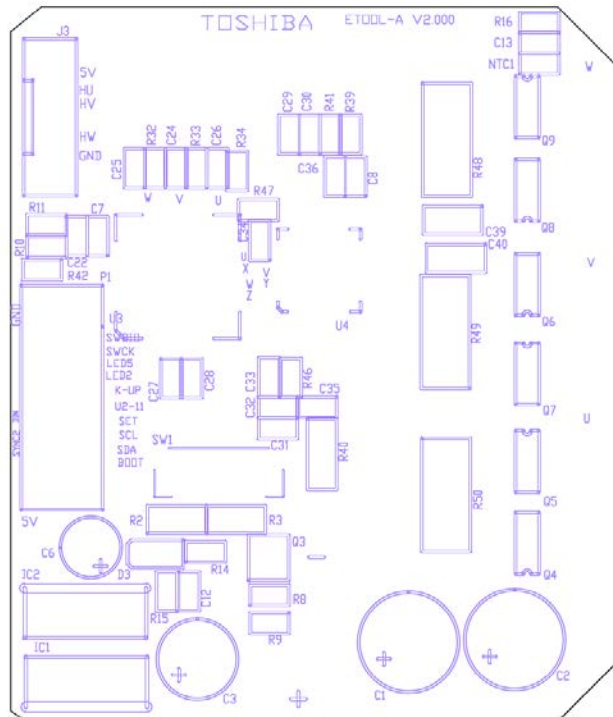


図 4.2 メイン基板表面レイアウト図 シルク

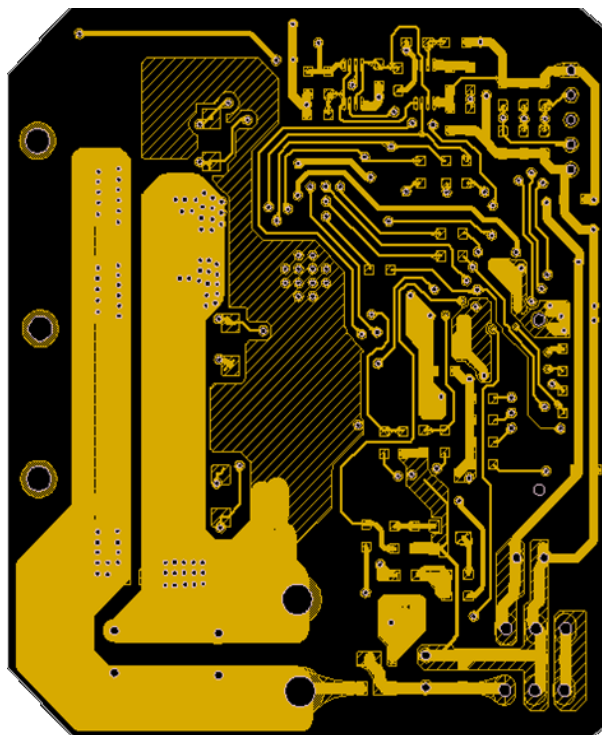
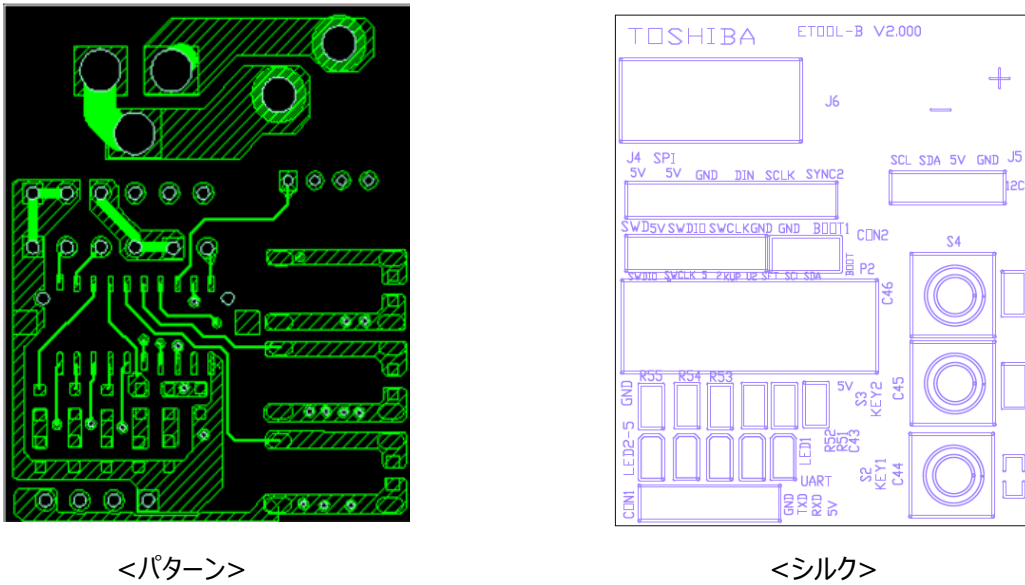


図 4.3 メイン基板裏面レイアウト図 パターン



図 4.4 メイン基板裏面レイアウト図 シルク

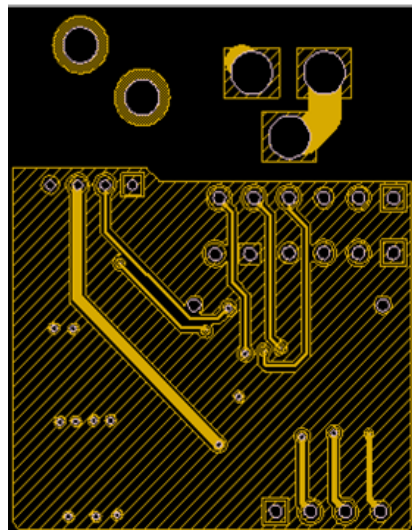
図 4.5 にインターフェース基板の表面レイアウトを、裏面を図 4.6 にそれぞれ示します。なお、インターフェース基板の裏面にはシルクのレイヤーは存在しません。



<パターン>

<シルク>

図 4.5 インターフェース基板表面レイアウト図 パターン



<パターン>

図 4.6 インターフェース基板裏面レイアウト図

5. 動作手順

図5.1および図5.2に、メイン基板とインターフェース基板それぞれの部品配置を写真で示します。

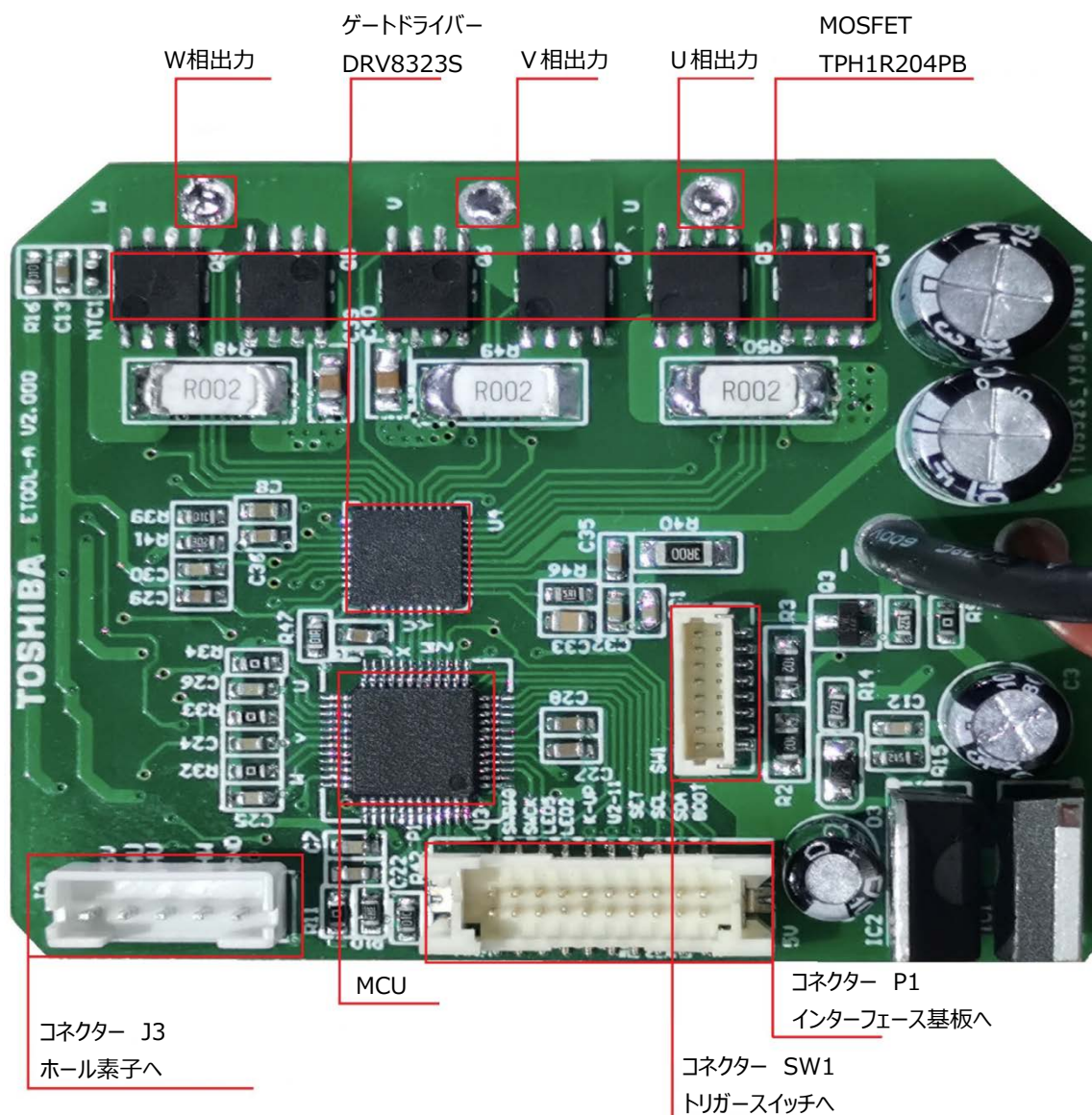


図 5.1 メイン基板の部品配置

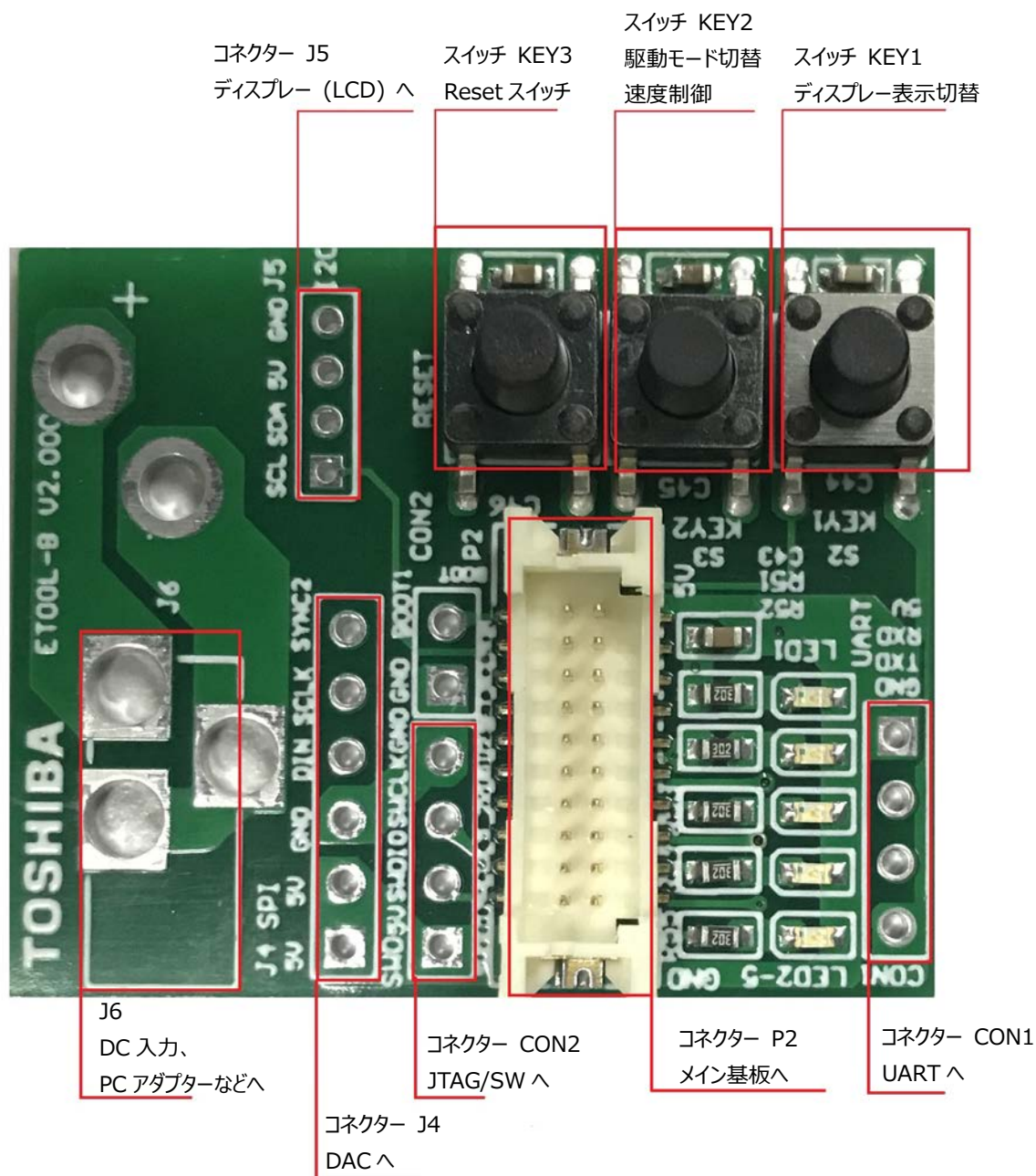


図 5.2 インターフェース基板の部品配置

メイン基板とインターフェース基板上のスイッチ、コネクタ類の役割、動作は次ページの表5.1のとおりです。

表 5.1 インターフェース基板

素子番号	説明
J6	DC入力、PCアダプターへのコネクタなど。
J3	ホールセンサー用コネクタ
J4	DACコネクタ デバッグのためにSPIインターフェースを外部DACモジュールに接続可能
J5	ディスプレイ(LCDモジュール)接続された用I2Cインターフェース
CON1	ファームウェアアップデートなどのUARTへの接続用コネクタ
CON2	JTAG/SW接続コネクタ
KEY1	ディスプレイの速度情報とエラー情報の表示切替
KEY2	ショートプッシュ (<2S) :モーター速度制御、デフォルト値は低速、HIGH/LOW切替 長押し (≥2S) :ドライバーモードスイッチ。
KEY3	Resetスイッチ
SW1	E-Toolスイッチに接続
LED1	電源投入状態LED。基板に5V電源が供給されていることを示します。
LED2	エラーステータスLED。エラー情報を示します。
LED3~LED5	電圧表示LED: VDC_LOW以上、LED5がON、それ以外はOFF VDC_MID以上、LED3がOFF、それ以外がON VDC_HIGH以上、LED3~LED5がON

コネクタSW1に接続されるE-toolスイッチはトリガースイッチを用い、工具の動作制御を行います。
動作手順は以下の通りです。

1. 電源 (バッテリーなど) を所定の位置に装着する
2. トリガースイッチの切り替えスイッチで回転方向を設定する
3. KEY2にてモーターの速度制御モード、ドライバーモード (矩形波/正弦波) を設定する。
(2. と3. の順番は逆でも構いません)
4. トリガースイッチを押してモーターの回転を開始する。
5. 所望の回転速度になるように、トリガースイッチを押す力を加減する。回転速度はディスプレイに表示される。
6. モーターを停止させるときは、トリガースイッチを完全に離す。

6. 動作波形

6.1. 動作波形観測ポイント

本回路の矩形波駆動、正弦波駆動、それぞれの動作波形を紹介します。

紹介する波形は、各相ローサイド MOSFET のゲートソース間電圧波形 ($V_{gs(U)}$ 、 $V_{gs(V)}$ 、 $V_{gs(W)}$)、U 相ハイサイド MOSFET のドレインソース間電圧波形 ($V_{ds(U)}$)、それに U 相出力電流波形 ($I_{out(U)}$) です。

図 6.1 に、ご紹介する電圧、電流のそれぞれの場所を回路図上で示します。

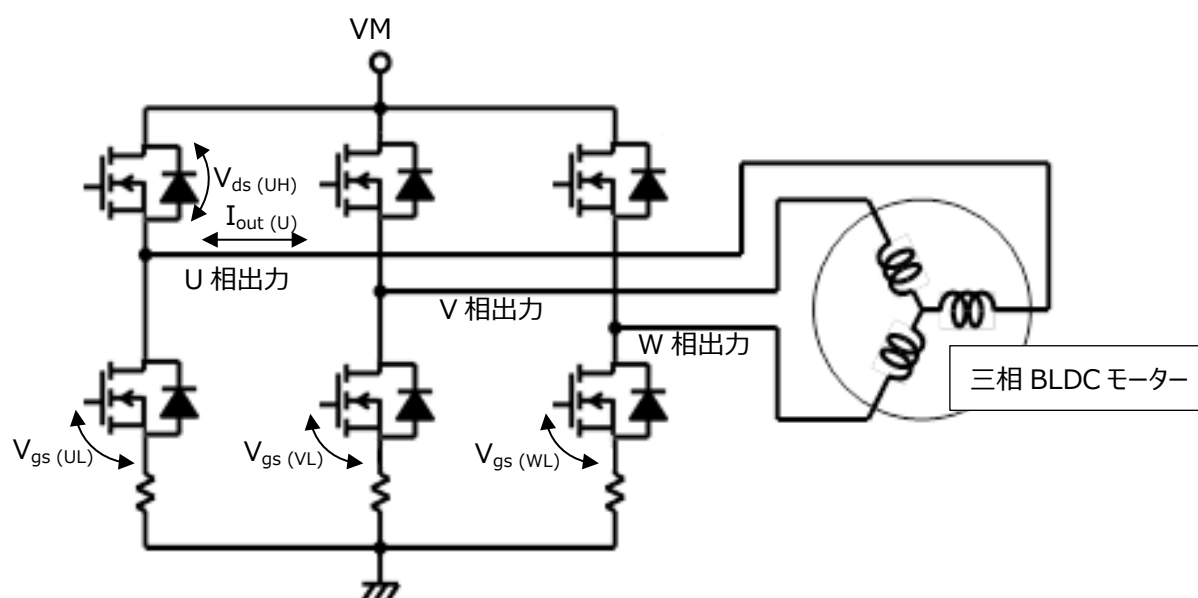


図 6.1 動作波形を紹介する電圧、電流の回路図上の場所

6.2 章で矩形波駆動時の波形を、6.3 章で正弦波駆動時の波形をご紹介します。なお、図 6.1 で各相ローサイド MOSFET のソースに接続されている抵抗はモーター電流検出抵抗です。

6.2. 矩形波駆動モード動作波形

モーターを矩形波駆動したときの各部の波形を、図 6.2 と図 6.3 に示します。

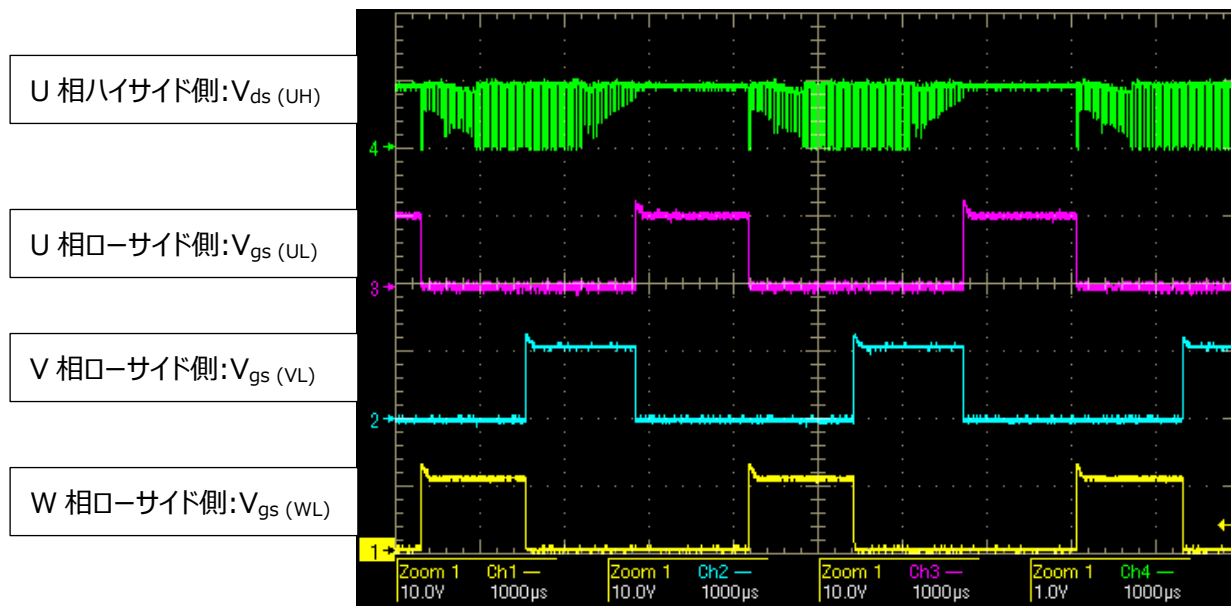


図 6.2 矩形波駆動モード動作波形 (1)

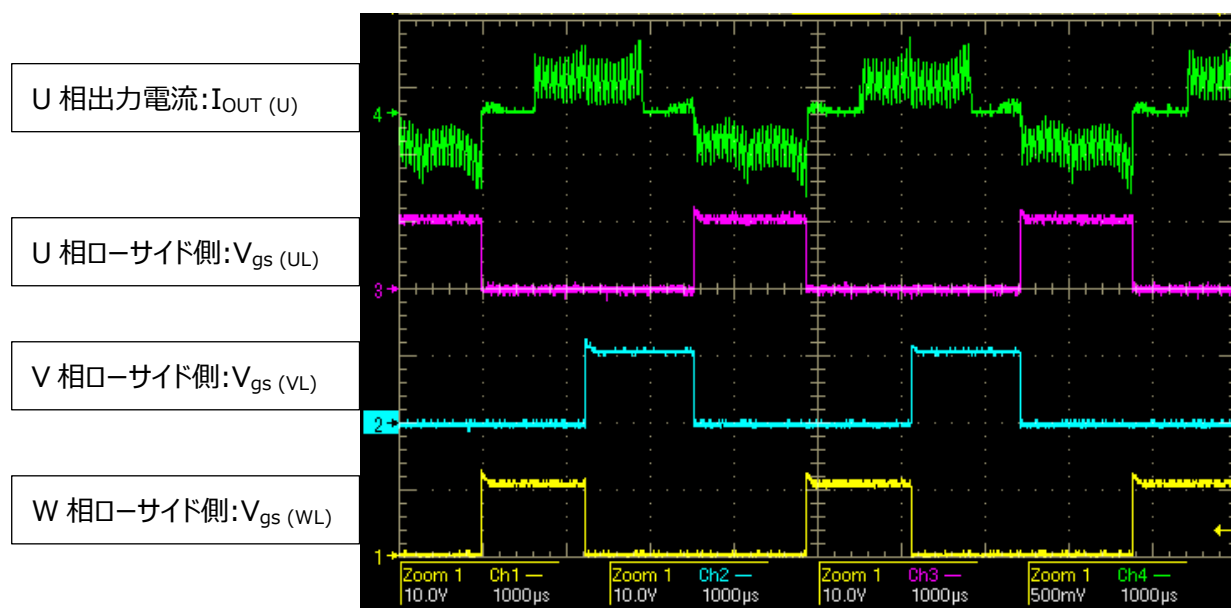


図 6.3 矩形波駆動モード動作波形 (2)

6.3. 正弦波駆動モード動作波形

モーターを正弦波駆動したときの各部の波形を、図 6.4 と図 6.5 に示します。

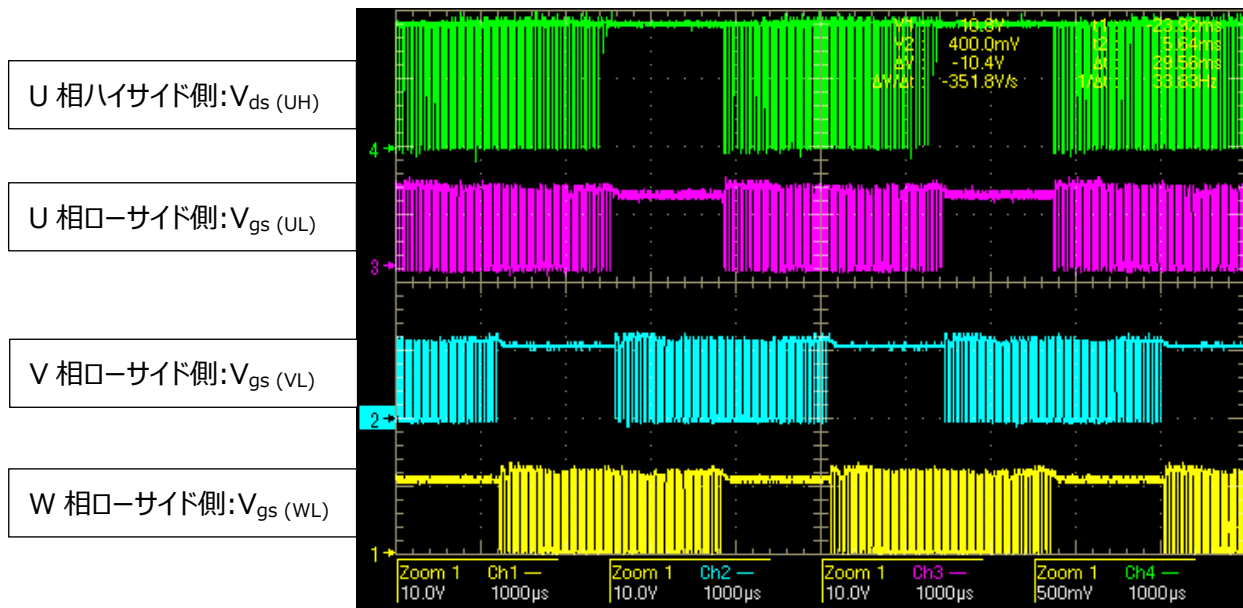


図 6.4 正弦波駆動モード動作波形 (1)

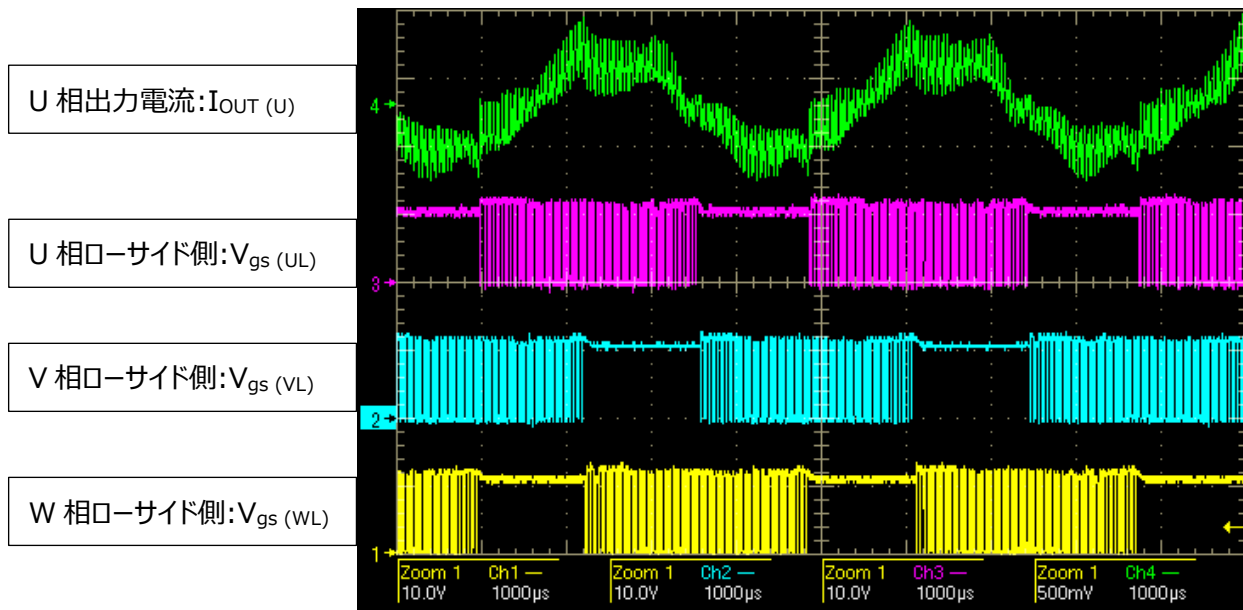


図 6.5 正弦波駆動モード動作波形 (2)

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。