

**TC78B011FTG を使用した  
センサーレス正弦波ブラシレスモーター駆動回路  
デザインガイド**

**RD239-DGUIDE-01**

---

**東芝デバイス&ストレージ株式会社**

## 目次

<b>1. はじめに</b>	<b>3</b>
<b>2. 仕様</b>	<b>4</b>
<b>3. 使用部品</b>	<b>5</b>
3.1. 3相ブラシレスモーター用センサーレス正弦波 PWM 駆動プリドライバ IC TC78B011FTG	5
3.2. パワーMOSFET TPH1R204PB	6
3.3. LDO TCR1HF50B	7
<b>4. 回路設計</b>	<b>8</b>
4.1. 電源回路	8
4.2. インバーター回路	9
4.3. MCD 入力制御信号回路	10
4.4. MCD 出力信号回路	11
4.5. モーター電流モニター回路	11
<b>5. パターン設計</b>	<b>12</b>
5.1. 電流モニターのためのケルビン接続	12

## 1. はじめに

本デザインガイドは、TC78B011FTGを使用したセンサーレス正弦波ブラシレスモーター駆動回路のリファレンスデザイン(以降、本デザイン) について説明します。

ブラシレスモーターはさまざまなアプリケーションで使用されるケースが増加しており、その結果ノイズが少なくカスタマイズ可能な速度プロファイルを持った安定したブラシレスモーター制御に対する要求が高まっています。本デザインは、3相PWM駆動ブリッドライバーである当社[TC78B011FTG](#) (以下、MCD (Motor Control Driver)) をベースに、センサーレス正弦波制御方式を採用しブラシレスモーターを動作させます。正弦波駆動モーター制御により、騒音・振動の少ないモーター駆動が可能です。また外部マイクロコントローラーを必要とせず、より安定したクローズドループ速度制御を実現します。また、このMCDは速度プロファイルを設定して、正確にモーター制御を行うことができます。

モーター制御の設定は、I<sup>2</sup>Cインターフェースを介してMCDレジスターで行います。この設定が完了すると、モーター速度、回転方向、ブレーキなどに関する外部信号を使用してモーターを制御できます。モーター速度の入力インターフェースは、PWM、アナログ電圧、およびI<sup>2</sup>Cの3種類に対応しています。MCDレジスターのモーター制御設定は、内部の不揮発性メモリー(NVM) に格納することができ、MCDの次回起動時にレジスターがロードされます。よって外部マイクロコントローラー無しで簡単に各種設定を行うだけで、安定したモーター制御を実現することができます。

本デザインでは、当社のMOSFET [TPH1R204PB](#)を使用してブラシレスモーターを駆動します。また5 V電源系には当社LDO [TCR1HF50B](#)を使用しています。またI<sup>2</sup>C通信を使用してMCDレジスターの設定を容易に行うためGUIを開発しました。PC上のGUIと基板間で通信を行うために、USB-I<sup>2</sup>Cコンバーターを用意しました。

本デザインはサーバーファン、ブLOWER、ポンプ、掃除機吸引モーターなどに応用することができます。

### 2. 仕様

本デザインの主な仕様を表 2.1 に示します。

表 2.1 仕様

項目	仕様
入力電源電圧	DC11 ~ 27 V
入力制御信号電圧	DC5 V
定格出力電流	20 A (最大)
負荷モーター仕様	ブラシレスモーター
モーター制御タイプ	センサーレス正弦波駆動
MCD 設定方法	I <sup>2</sup> C
主モーター制御信号	ブレーキ、回転方向、速度信号
基板サイズ	90 x 50 mm (内、メイン基板 : 39 x 50 mm)
基板仕様	4 層スルーホール基板 (外層 35 μm、内層 70 μm)

本回路のブロック図を図 2.1 に示します。

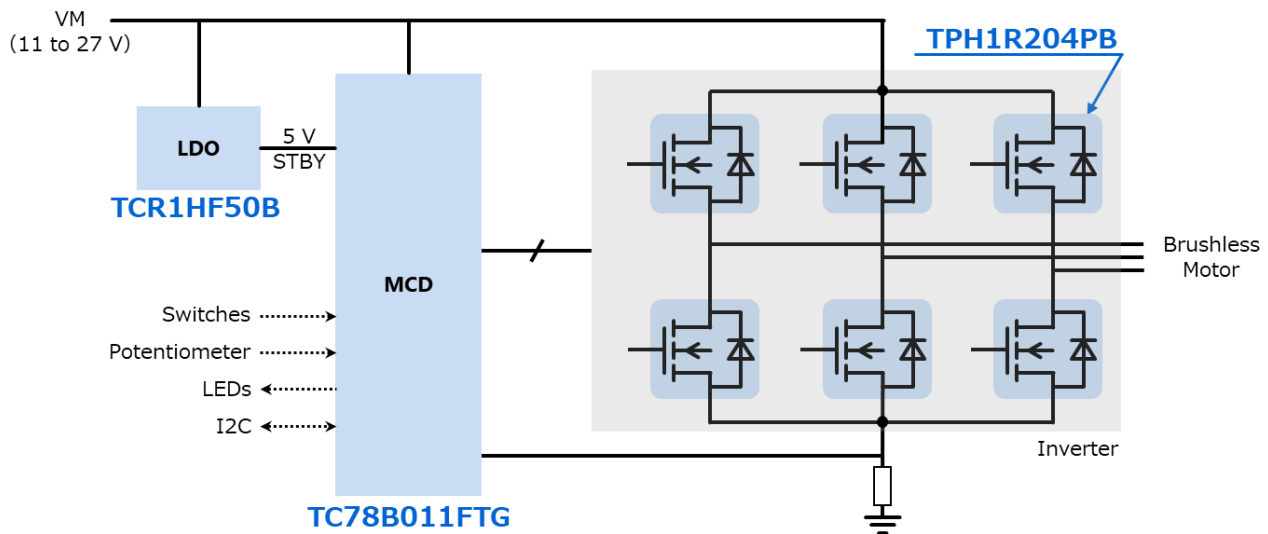


図 2.1 回路ブロック図

### 3. 使用部品

ここでは、インバーター回路で使用する部品を紹介します。当社は、本デザインで使用される製品を含め、多彩なパワー半導体、LDO をラインアップしています。

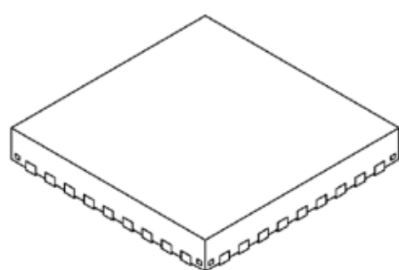
#### 3.1. 3 相ブラシレスモーター用センサーレス正弦波 PWM 駆動ブリドライバ IC TC78B011FTG

[TC78B011FTG](#) を使用して、インバーター回路を介してブラシレスモーターを駆動します。

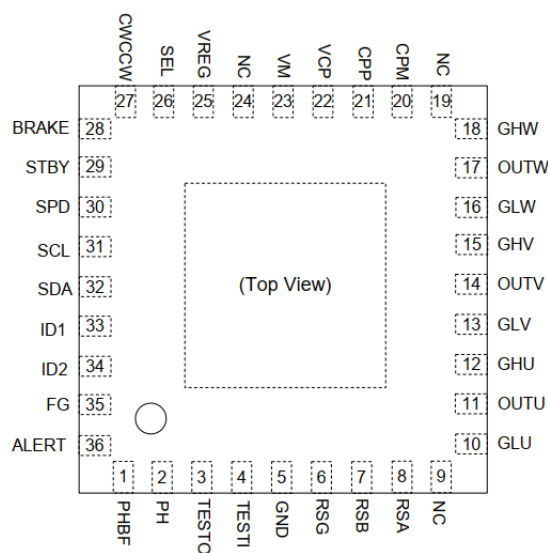
#### 特長

- 正弦波駆動
- センサーレスPWM駆動
- デルタ結線、Y結線モーター可能
- 電源電圧動作電圧範囲:5.5 ~ 27 V (絶対最大定格 30 V)
- 上側および下側 N-ch MOSFET駆動ブリドライバ
- 8段階のゲート駆動電流調整可能
- Closed loop 速度制御機能内蔵、速度カーブ設定可能
- アナログ電圧/PWM Duty/I<sup>2</sup>C速度制御入力可能
- I<sup>2</sup>Cインターフェースで各種設定可能
- 省電力モード (スタンバイモード) 設定可能 (STBY 端子)
- 出力電流モニター端子 (PHBF 端子)
- 正転/逆転切り替え可能 (CWCCW 端子)
- ブレーキ入力端子 (BRAKE 端子)
- 回転速度出力 (FG 端子)
- 異常検出出力 (ALERT端子)
- 熱遮断機能 (TSD)
- 電源低電圧検出 (UVLO)
- チャージポンプ低電圧検出 (CPVSD)
- 出力電流リミット (OCP)
- 出力過電流検出 (ISD)
- ロック保護機能
- 小型QFN36パッケージ

#### 外観とピン配置



P-WQFN36-0505-0.50-001



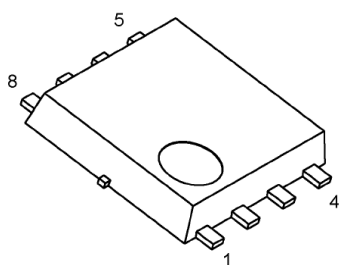
### 3.2. パワー-MOSFET TPH1R204PB

本デザインでは、ブラシレスモーターの駆動に使用されるインバーター回路に MOSFET、[TPH1R204PB](#) を使用しています。

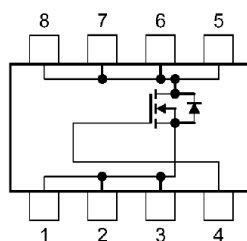
#### 特長

- スイッチングスピードが速い
- ゲート入力電荷量が少ない :  $Q_{SW} = 21 \text{ nC}$  (標準)
- 出力電荷量が少ない :  $Q_{OSS} = 56 \text{ nC}$  (標準)
- オン抵抗が小さい :  $R_{DS(ON)} = 0.85 \text{ m}\Omega$  (Typ.) ( $V_{GS} = 10 \text{ V}$ )
- 漏れ電流が低い :  $I_{DSS} = 10 \text{ }\mu\text{A}$  (最大) ( $V_{DS} = 40 \text{ V}$ )
- 取り扱いが簡単な、エンハンスメントタイプです :  $V_{th} = 2.0 \sim 3.0 \text{ V}$  ( $V_{DS} = 10 \text{ V}$ ,  $I_D = 0.5 \text{ mA}$ )

#### 外観と内部回路構成図



SOP Advance



1, 2, 3: Source  
4: Gate  
5, 6, 7, 8: Drain

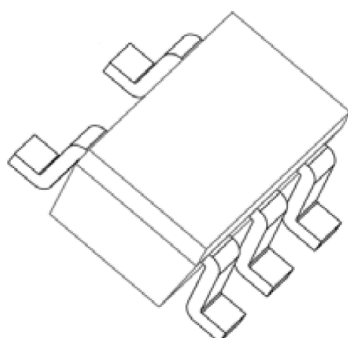
### 3.3. LDO TCR1HF50B

本デザインでは、[TCR1HF50B](#) を 5 V の電源として使用します。

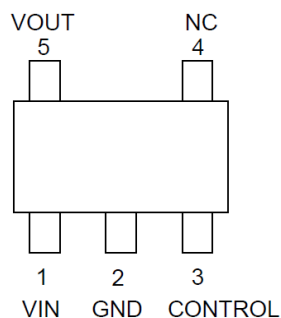
#### 特長

- 高入力電圧範囲 最大定格 : 40 V、動作範囲 : 4 V~36 V
- 低バイアス電流  $I_{BON}:1 \mu\text{A}$  (Typ.) @ $I_{OUT} = 0 \text{ mA}$
- 高応答負荷過渡応答です  
-60 mV/+50 mV、 $I_{OUT} = 0 \text{ mA} \Leftrightarrow 10 \text{ mA}$
- 高精度出力電圧  $\pm 1 \%$  ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )
- 過電流保護回路内蔵です
- 過熱保護回路内蔵です
- 突入電流抑制回路内蔵です
- コントロール端子はプルアップ接続です
- セラミックコンデンサーを使用可能です
- 汎用パッケージ SMV (SOT-25 )(2.8 mm x 2.9 mm x 1.1 mm)

#### 外観とピン配置



SMV(SOT-25)(SC-74A)



## 4. 回路設計

回路設計の要点について説明します。回路図については RD239-SCHEMATIC-xx.pdf、部品表については RD239-BOM-xx.pdf を参照してください。本デザインブロック図を図 2.1 に示します。

### 4.1. 電源回路

モーター電源 (VM) は、この回路の主電源でモーター電源入力コネクタ CN1 から入力されます。この電源は、MCD と MOSFET で構成されるインバータ回路に直接送られます。図 4.1 に VM 電源入力回路を示します。VM 電源が使用可能になると、VM LED (DS1、オレンジ) が点灯します。VM 入力電圧範囲は 11~27 V です。

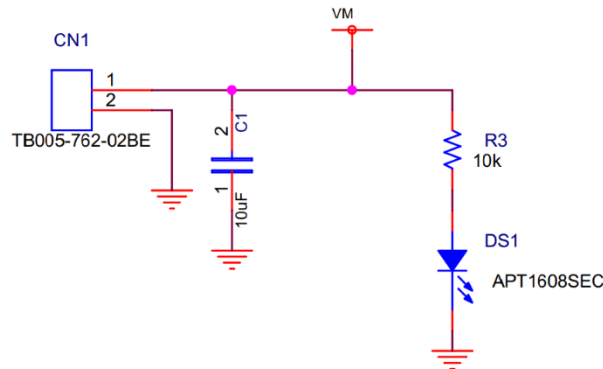


図 4.1 VM 電源入力回路

この設計では、STBY、SPD などのさまざまな信号をプルアップするために、5 V (VLDO) の電圧が必要です。この 5 V (VLDO) 電圧は、図 4.2 に示すように VM を入力電圧として LDO、TCR1HF50B で生成します。MCD は 4~36 V の広い入力電圧範囲で使用可能であり、本デザインの入力電圧 VM の範囲が 11~27 V で使用することが出来ます。VLDO 電源が使用可能になった時、VLDO LED (DS2、緑) が点灯します。

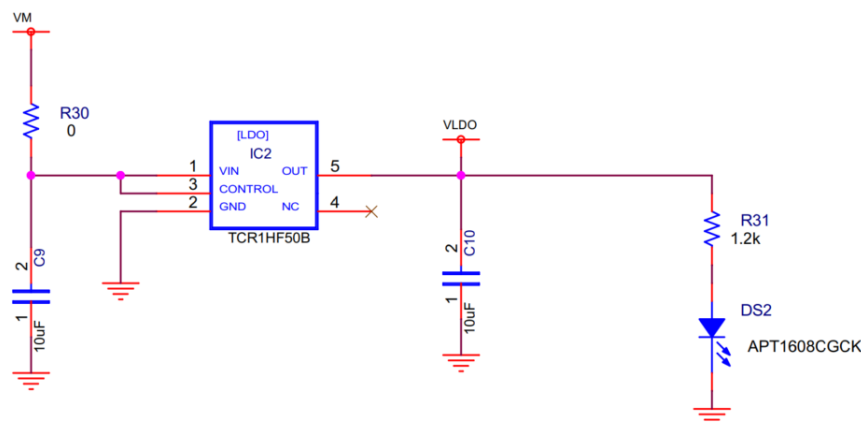


図 2.1 本設計のブロック図



### 4.2. インバーター回路

インバーター回路は、直流電源 (VM) を用いて 3 相ブラシレスモーターを駆動するための回路です。このインバーターには、スイッチングデバイスとして 6 個の高速 MOSFET TPH1R204PB が使用されています。これらの MOSFET は、MCD によって制御されます。インバーター回路を図 4.3 に示します。

各 MOSFET のゲートとソース間に付いているプルダウン抵抗 R18 は、ゲート信号がハイでないときに MOSFET を確実にオフするため使用されます。MCD と各 MOSFET のゲート間に R17 等の直列抵抗を使用し、MOSFET のターンオン、ターンオフ時間に影響するゲート端子のチャージ・ディスチャージの割合を制御します。よって、これらの直列抵抗を変更し必要なアプリケーションに応じて MOSFET のターンオン・ターンオフ時間を調整することができます。シャント抵抗 R27 は、インバーターおよびモーターに流れる全電流を監視するために使用されます。この電流はケルビン接続された MCD の RSB および RSG 端子を使用して、シャント抵抗 R27 の両端の電圧差を測定することにより計算されます。

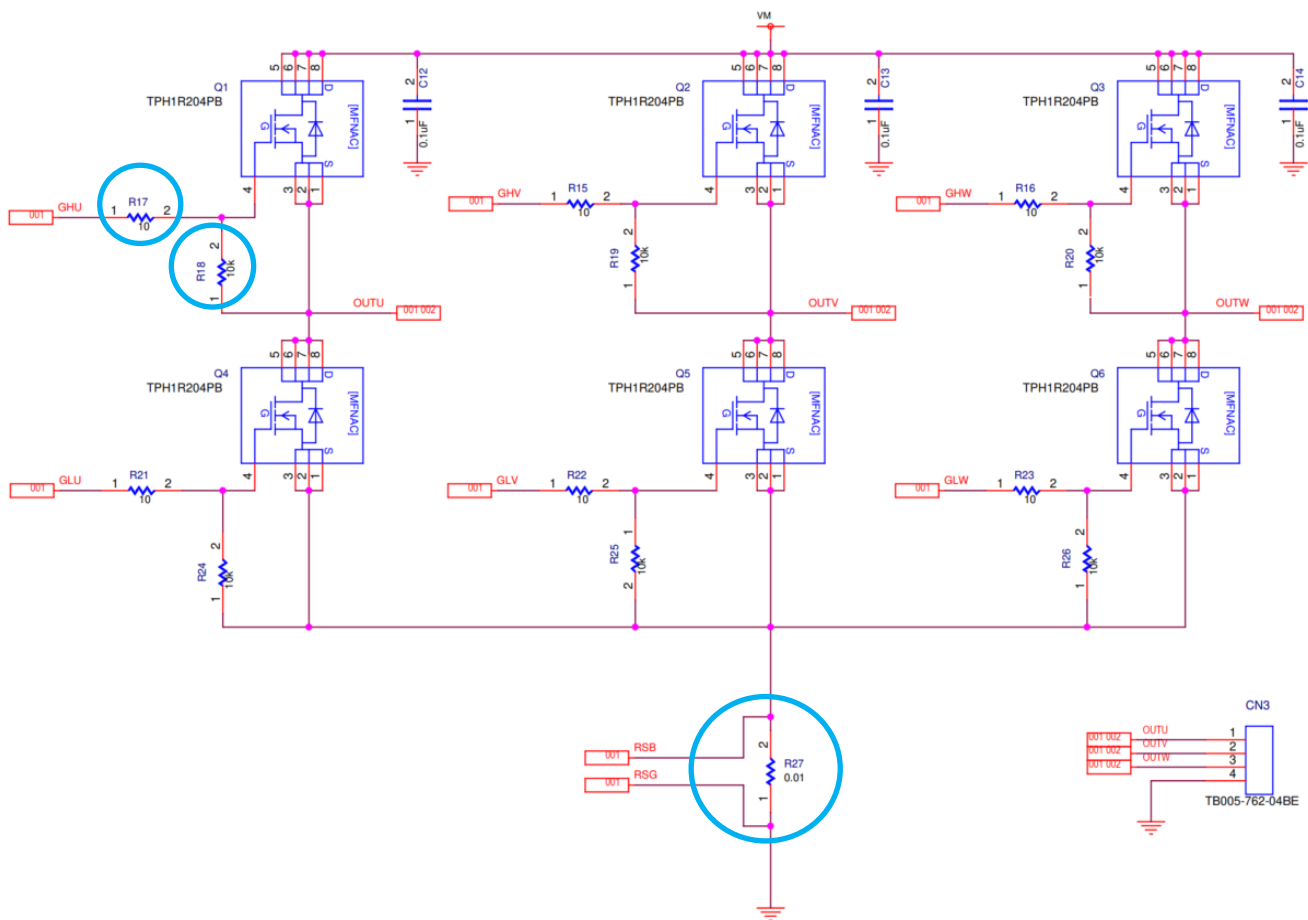


図 4.3 インバーター回路

### 4.3. MCD 入力制御信号回路

MCD 入力制御信号は、モーターの動作を制御する目的でユーザーが設定します。これらの信号には、ID1、ID2、STBY、SEL、CWCCW、BRAKE、SPD があります。設計方法の 1 つ目は、サブ基板上的のスイッチとポテンショメーターを使用します。設計方法の 2 つ目は、外部 MCU をサブ基板上的の CN6 コネクタに接続してコントロールします。3 つ目はメイン基板上的のソルダージャンパー (SJP1~SJP8) を使用します。これら 3 つの方法から最適な設計を選択することができます。モードの詳細については、リファレンスガイド (RD239-RGUIDE-xx.pdf) の動作モードを参照してください。

MCD 入力制御信号の主回路を下図に示します。サブ基板上的の回路では、CN6 を経由する外部 MCU からの信号が、サブ基板上的のスイッチとポテンショメーターの信号よりも優先されるようになっています。これは直列抵抗、例えば BRAKE 信号の場合は抵抗 R39 を使用することにより実現されます。外部コントローラーが CN6 の BRAKE 信号に接続されていない場合、MCD に向かう BRAKE 信号は SW4 スイッチで制御されます。CN6 の BRAKE 信号に外部コントローラーを接続するたびに、MCD に向かう BRAKE 信号は、スイッチ SW4 の位置に関係なく外部コントローラーによって制御されます。同様に、他の信号も制御されます。

SPD 信号用ジャンパ JP1 を使用すると、外部 MCU からの高周波の PWM 速度制御を使用している間、ポテンショメーターを完全に切り離すことができます。

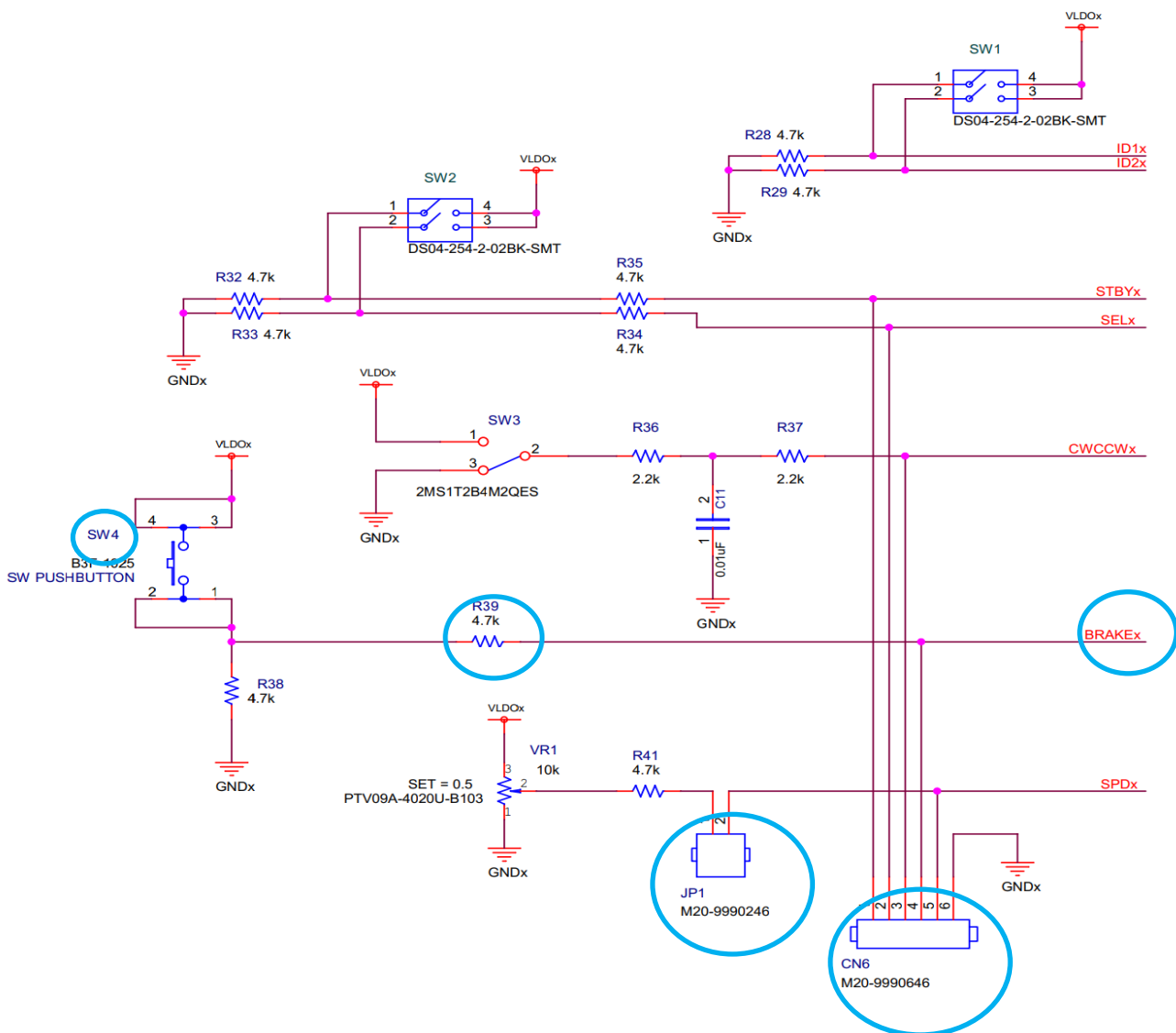


図 4.4 MCD 入力制御信号回路

### 4.4. MCD 出力信号回路

MCD からの出力信号は ALERT、FG、および CMO です。DS3 (青)、DS4 (赤) は ALERT、FG 信号の状態を表示する LED です。また、CN8 に接続された外部 MCU によって、すべての出力信号を読み出すこともできます。CMO 信号はモーター電流を表します。詳細は図 4.5 を参照してください。

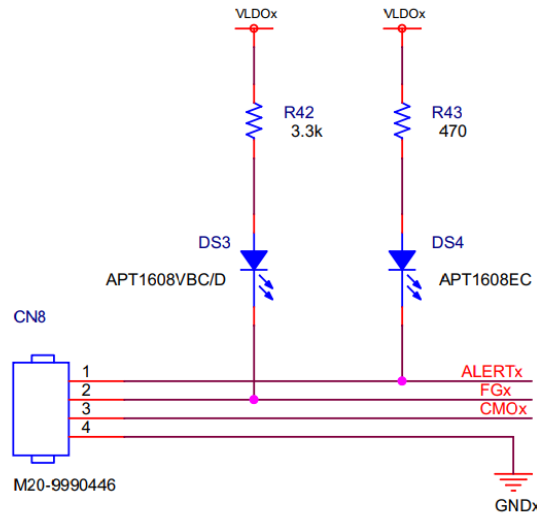


図 4.5 MCD 出力信号回路

### 4.5. モーター電流モニター回路

ケルビン接続したシャント抵抗 R27 (RSB および RSG 信号) は、4.2 節で説明したようにモーター電流の監視に使用されます。また、RSB 端子の信号は RSA 端子にも入力され、出力過電流検出機能にも使用されます。また、ユーザーがモーター電流をモニターするため、MCD の PHBF 端子でモーター電流値を増幅して出力します。C6 および R13 は、モーター電流値に対応する直流アナログ電圧出力 (CMO) を提供するローパスフィルタを形成するために使用されます。PH 端子は、内部ピークホールド回路を設定するための端子です。PH 端子と GND 間には 100 kΩ の抵抗と 0.1 μF のコンデンサーを並列に接続することを推奨します。

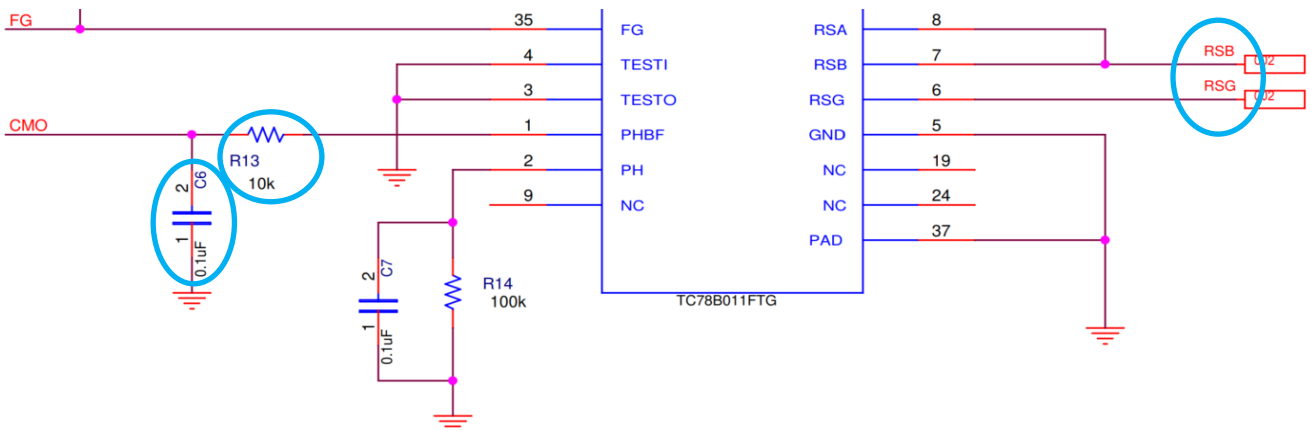


図 4.6 モーター電流モニター回路

## 5. パターン設計

### 5.1. 電流モニターのためのケルビン接続

ケルビン接続は、モーター電流モニター用シャント抵抗 R27 両端の電圧差を正確に測定するために使用されます。TC78B011FTG は、モーター電流モニターのため RSB 入力および RSG 入力を使用します。シャント抵抗 R27 と RSB および RSG 入力のパターンを次の図 5.1 に示します。

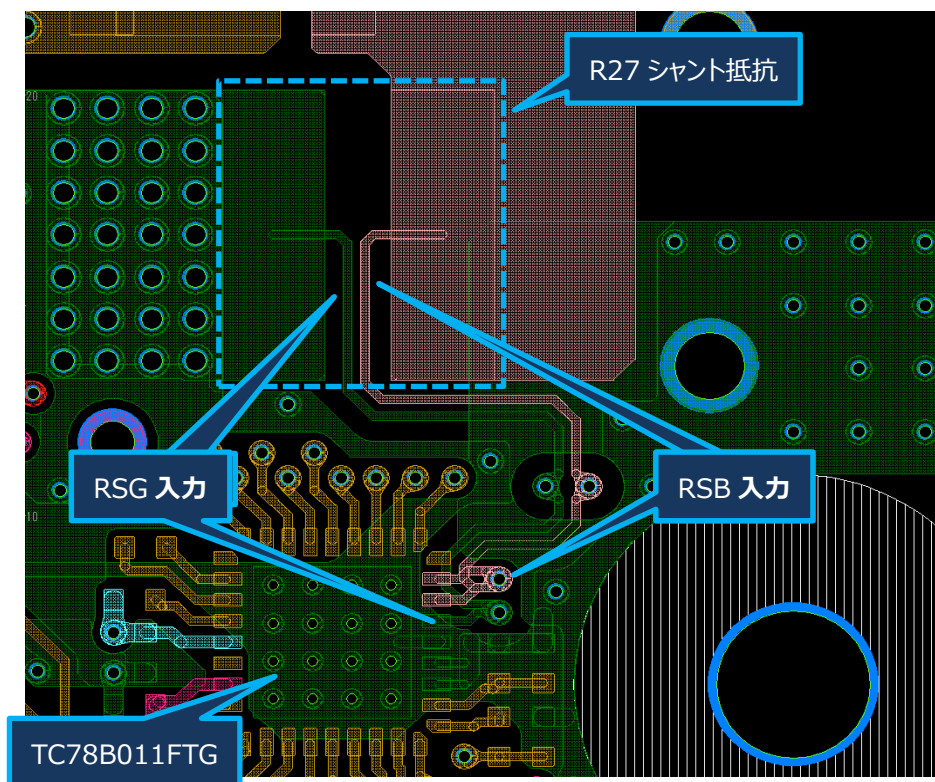


図 5.1 電流モニターのケルビン接続パターン

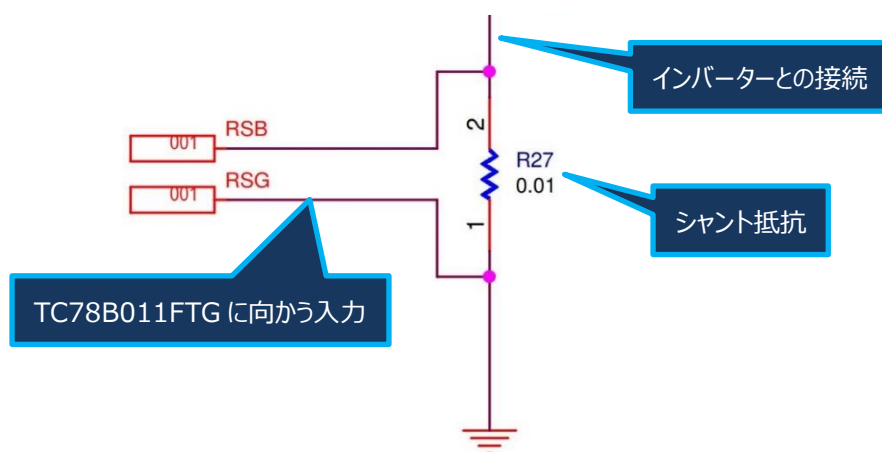


図 5.2 電流モニターのケルビン接続回路

## 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。

### 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。