

**SmartMCD™ 適用
ボディ系モーター駆動回路**

デザインガイド

RD228-DGUIDE-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. 主な使用部品	4
2.1. マイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCD™ TB9M003FG	4
2.2. 小型パッケージ MOSFET SSM6K804R.....	5
2.3. パワーMOSFET TK1R4S04PB	6
2.4. パワーMOSFET XPH2R404PS.....	6
2.5. パワーMOSFET TPW1R104PB	7
2.6. パワーMOSFET XPN3R804NC.....	7
3. 動作概要.....	8
3.1. 3相インバーター動作	8
3.2. センサーレスベクトル制御	9
4. 回路設計.....	10
4.1. メイン基板.....	10
4.1.1. 全体ブロック図	10
4.1.2. 電源回路	11
4.1.3. SmartMCD 関連回路	12
4.1.4. 周辺スイッチ、コネクタ	13
4.1.5. USB-UART 回路	17
4.1.6. CMSIS-DAP 回路.....	18
4.1.7. バス電流センサー回路ならびに過電流検出回路	19
4.2. オンボードインバーター回路	21
4.2.1. 外部インバーター回路（外部インバーター基板）	22

1. はじめに

本デザインガイドではSmartMCD™適用ボディ系モーター制御回路（以下、本デザイン）の仕様、動作手順について解説します。

車載ボディ系に必要なブラシレスモーター制御回路を東芝のマイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCD [TB9M003FG](#) を使用して開発しました。モーター制御に必要なセンサーレスベクトル制御処理はSmartMCDにて行われ、またインバーターのMOSFET駆動に必要なゲートドライバーもSmartMCDに内蔵されているため、インバーターを構成するMOSFETが直結できシンプルな構成で車載ボディ系モーター制御が実現できます。

本デザインは130 mm X 73 mmの基板サイズにボディ系モーター制御に必要な回路、更には動作確認に必要なスイッチやポテンシオメーターなどを搭載しています。またメイン基板と同一サイズで大電流のモーター駆動が可能な外部インバーター基板も準備しました。

メイン基板上のオンボードインバーターには小型パッケージMOSFETの[SSM6K804R](#)を、また外部インバーター基板にはパワーMOSFETの[TK1R4S04PB](#), [XPH2R404PS](#), [TPW1R104PB](#), [XPN3R804NC](#) を使用しています。

2. 主な使用部品

2.1. マイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCD™ TB9M003FG

本デザインではモーターの制御にマイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCD™ [TB9M003FG](#)を使用しています。TB9M003FGの主な特長は以下のとおりです。

- 32ビット Arm® Cortex®-M0 core
- 動作周波数：最大 40 MHz、動作電圧：6.0 ~ 18 V
- 64KB コードフラッシュ（ECC SEC/DED を含む）
- HTQFP48 パッケージ
- ベクトル制御用に当社独自のベクトルエンジン(VE)を搭載

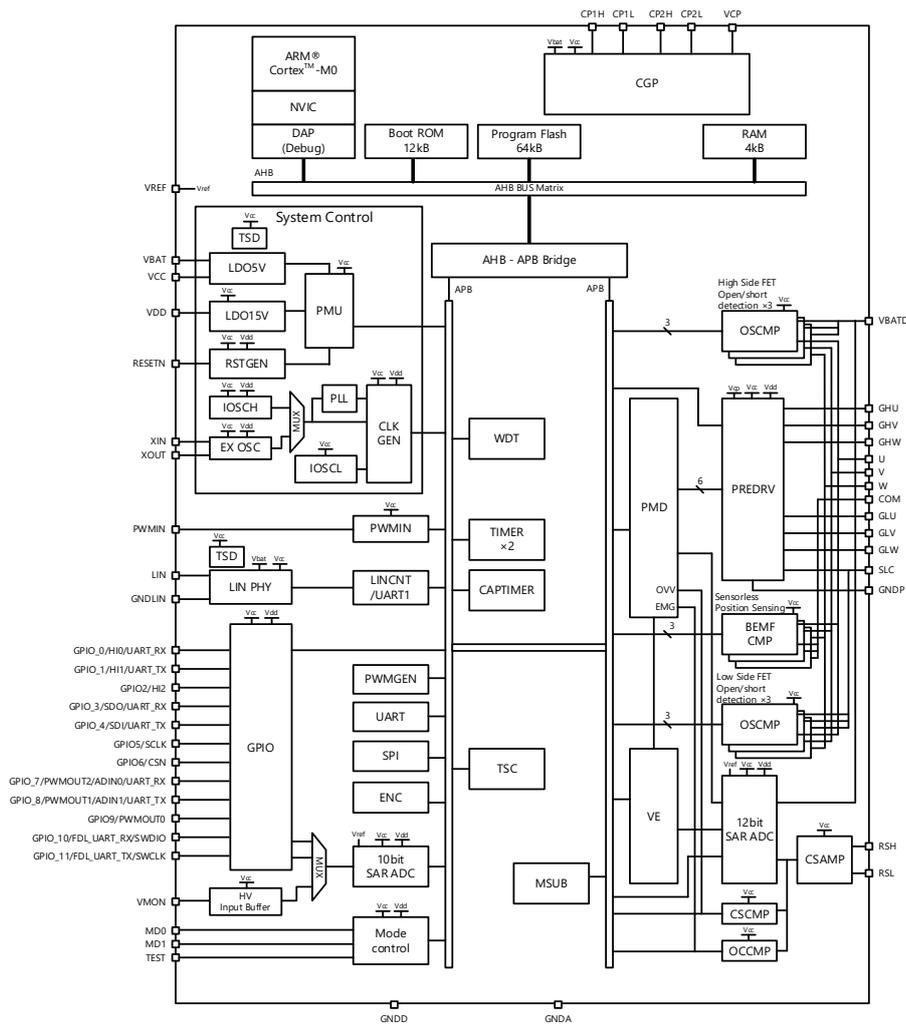


図 2.1 TB9M003FG 内部ブロック図

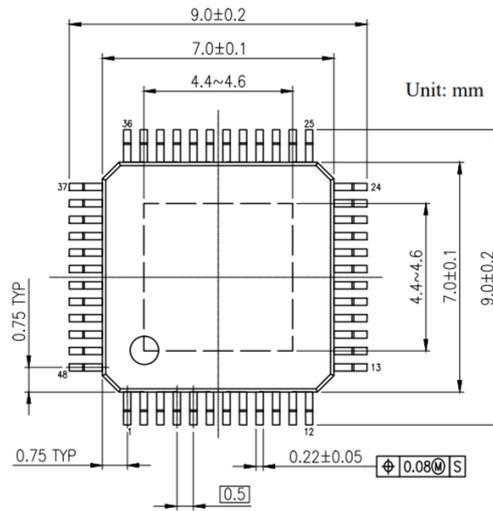


図 2.2 TB9M003FG パッケージ
(HTQFP48, 7 mm × 7 mm, 0.5 mm pitch)

2.2. 小型パッケージ MOSFET SSM6K804R

本デザインではメイン基板のインバーター回路のスイッチング素子として小型パッケージ MOSFET [SSM6K804R](#) を使用しています。SSM6K804R の主な特長は以下の通りです。

- AEC-Q101 適合
- オン抵抗が低い: $R_{DS(ON)} = 9 \text{ m}\Omega$ (標準) (@ $V_{GS} = 10 \text{ V}$)
- 取り扱いが簡単なエンハンスメントタイプ: $V_{th} = 1.4 \text{ to } 2.4 \text{ V}$ ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 0.1 \text{ mA}$)

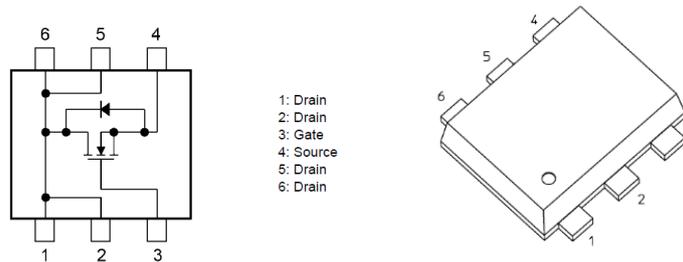


図 2.3 SSM6K804R 内部構成およびパッケージ (TSOP6F)

2.3. パワーMOSFET TK1R4S04PB

本デザインでは外付けインバーター基板のインバーター回路のスイッチング素子としてパワーMOSFET [TK1R4S04PB](#) を使用しています。TK1R4S04PB の主な特長は以下の通りです。

- AEC-Q101 適合
- オン抵抗が低い: $R_{DS(ON)} = 1.1 \text{ m}\Omega$ (標準)
- 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: $V_{th} = 2.0 \text{ to } 3.0 \text{ V}$ ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 0.5 \text{ mA}$)

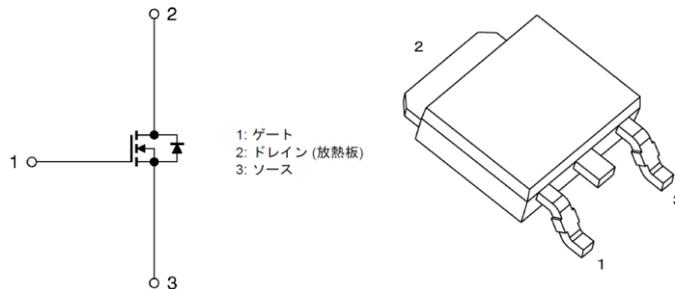


図 2.4 TK1R4S04PB 内部構成およびパッケージ (DPAK+)

2.4. パワーMOSFET XPH2R404PS

本デザインでは外付けインバーター基板のインバーター回路のスイッチング素子としてパワーMOSFET [XPH2R404PS](#) を使用しています。XPH2R404PS の主な特長は以下の通りです。

- AEC-Q101 適合
- 小型、薄型、小さい実装面積
- オン抵抗が低い: $R_{DS(ON)} = 1.8 \text{ m}\Omega$ (標準) ($V_{GS} = 10 \text{ V}$)
- 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: $V_{th} = 2.0 \text{ to } 3.0 \text{ V}$ ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 0.3 \text{ mA}$)

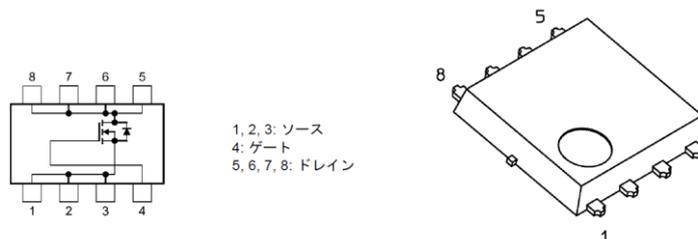


図 2.5 XPH2R404PS 内部構成およびパッケージ (SOP Advance(WF))

2.5. パワー-MOSFET TPW1R104PB

本デザインでは外付けインバーター基板のインバーター回路のスイッチング素子としてパワー-MOSFET [TPW1R104PB](#) を使用しています。TPW1R104PB の主な特長は以下の通りです。

- AEC-Q101 適合
- 小型、薄型、小さい実装面積
- オン抵抗が低い: $R_{DS(ON)} = 0.95 \text{ m}\Omega$ (標準) ($V_{GS} = 10 \text{ V}$)
- 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: $V_{th} = 2.0 \text{ to } 3.0 \text{ V}$ ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 0.5 \text{ mA}$)

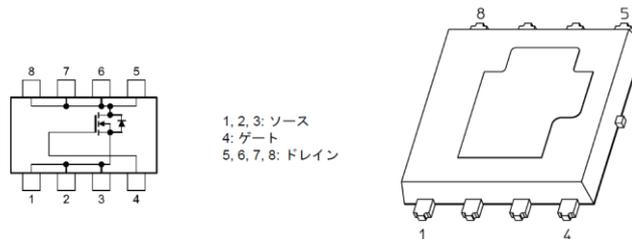


図 2.6 TPW1R104PB 内部構成およびパッケージ (DSOP Advance(WF)M)

2.6. パワー-MOSFET XPN3R804NC

本デザインでは外付けインバーター基板のインバーター回路のスイッチング素子としてパワー-MOSFET [XPN3R804NC](#) を使用しています。XPN3R804NC の主な特長は以下の通りです。

- AEC-Q101 適合
- 小型、薄型、小さい実装面積
- オン抵抗が低い: $R_{DS(ON)} = 3.0 \text{ m}\Omega$ (標準) ($V_{GS} = 10 \text{ V}$)
- 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: $V_{th} = 1.5 \text{ to } 2.5 \text{ V}$ ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 0.3 \text{ mA}$)

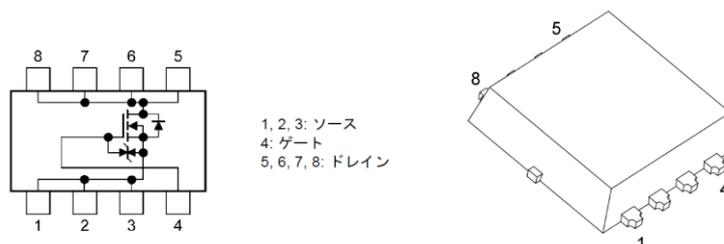


図 2.7 XPN3R804NC 内部構成およびパッケージ (TSOP Advance(WF))

3. 動作概要

3.1. 3相インバーター動作

図 3.1 に 3 相インバーター回路を示します。3 相インバーターは、直流を 3 相交流に変換するもので、多くの車載ボディ系ブラシレスモーター駆動で用いられています。3 相インバーターは直流から 3 相交流を作るため、出力電圧や出力周波数の制御が可能です。3 相インバーターでモーターを駆動するための通電方式としては、矩形波駆動（120°通電）、正弦波駆動（180°通電）などがあります。矩形波駆動は、電気的な回転角における半波 180°区間のうち 120°のみスイッチングするため、スイッチング損失が正弦波駆動よりも小さくなりますが、出力電流は矩形波状となり、正弦波駆動よりもモーター効率は低くなります。正弦波駆動は正弦波で通電するため、なめらかな回転動作となり騒音が少ないのが特長です。

図 3.2 に 3 相インバーターの相電圧波形例を示します。正弦波駆動（180°通電）は各相の上下アーム素子を PWM 制御することで、各相の出力が 120°の位相差を持った 3 相交流電圧を生成します。この 3 相交流により車載ボディ系ブラシレスモーターを駆動します。

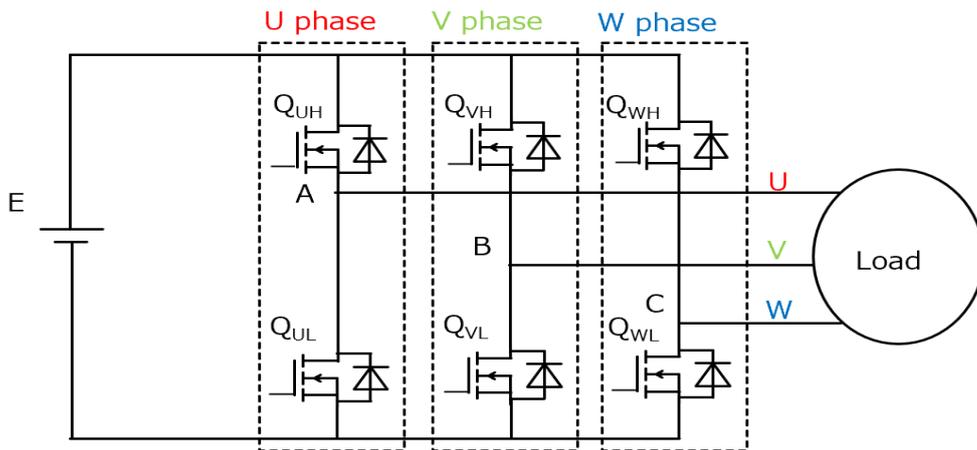


図 3.1 3 相インバーター回路

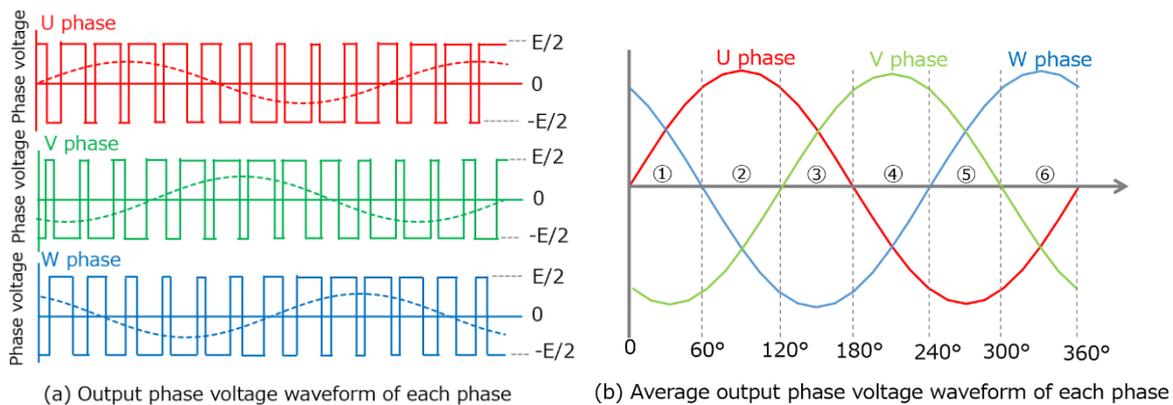


図 3.2 3 相インバーター相電圧波形例

正弦波駆動での PWM (Pulse Width Modulation) 制御により各相上下アームの MOSFET は補完的にスイッチングされます。PWM 制御は、周期は一定で、入力信号のパルス幅のデューティーを変えることで制御する方法です。パルス幅のデューティーを変えることで出力の電圧や周波数を制御します。スイッチング素子のパルス幅のデューティーが大きいと出力電圧や出力電流は大きくなります。

図 3.3 に正弦波 PWM 信号の生成例を示します。赤い線で示した正弦波信号波の電圧と三角波キャリア信号の電圧を比較し、正弦波信号電圧がキャリア信号電圧よりも高い時に PWM 制御信号出力が 1 となりインバータースイッチ素子を

オン、そうでないときは PWM 制御信号出力が 0 となり、インバータスイッチ素子をオフします。下アームのスイッチング素子の PWM 制御信号は上アームのスイッチング素子の PWM 制御信号を反転した信号を使用しています。

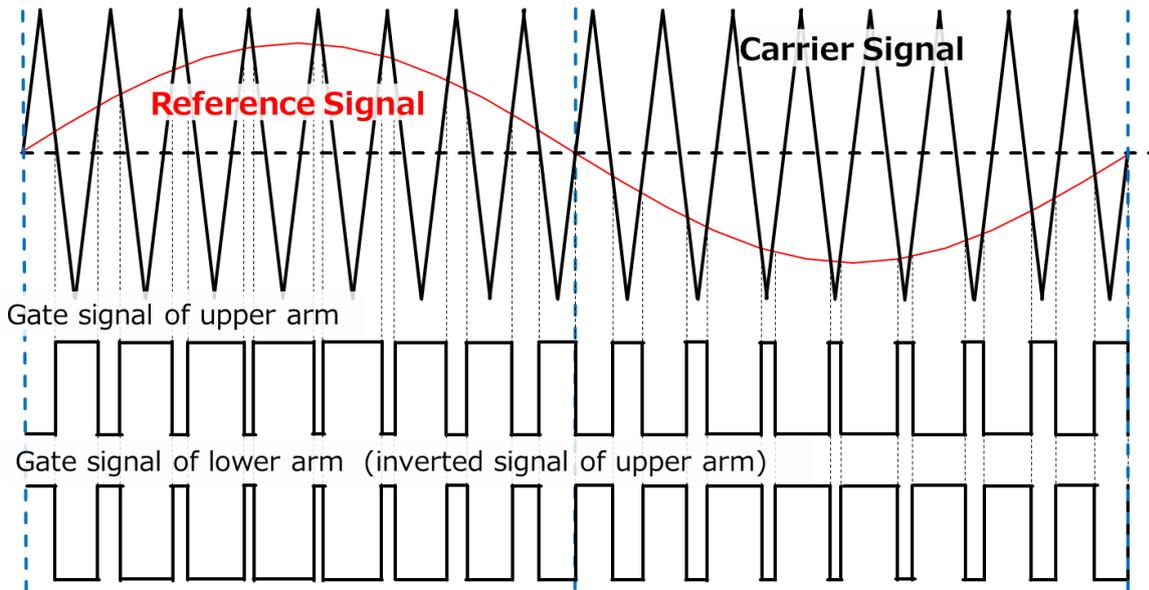


図 3.3 正弦波 PWM 信号生成例

3.2. センサーレスベクトル制御

図 3.4 にセンサーレスベクトル制御ブロック図例を示します。低速から高速までのモーター回転制御を効率的に処理することができるベクトル制御は近年のモーター制御において幅広く使用されるようになってきました。ベクトル制御においてはモーターの回転角検出が必要です。この回転角検出にはホールセンサーやエンコーダーなどが使用されていましたが、これら外部素子を使用することなく、モーター電流を検出することで回転角を推測するセンサーレス方式が使用されるようになってきました。

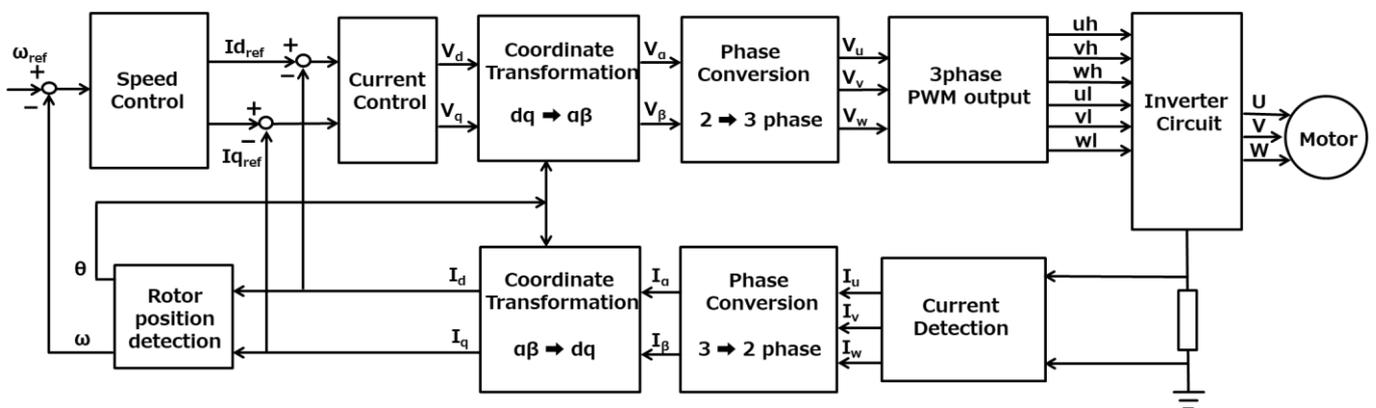


図 3.4 センサーレスベクトル制御ブロック図例

SmartMCDTB9M003FG にはセンサーレスベクトル制御に対応する専用ハードウェア (VE, PMD, ADC) が搭載されており、モーター電流検出方式とし構成が容易な 1 シャント方式に対応しています。

4. 回路設計

4.1. メイン基板

4.1.1. 全体ブロック図

図 4.1 にメイン基板のブロック図を示します。当社が開発したマイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCDであるTB9M003FGにより、モーター駆動用 3 相インバーター回路の制御、ならびに過電流検出を行うことができます。V_{BAT} から入力された電源により動作します。

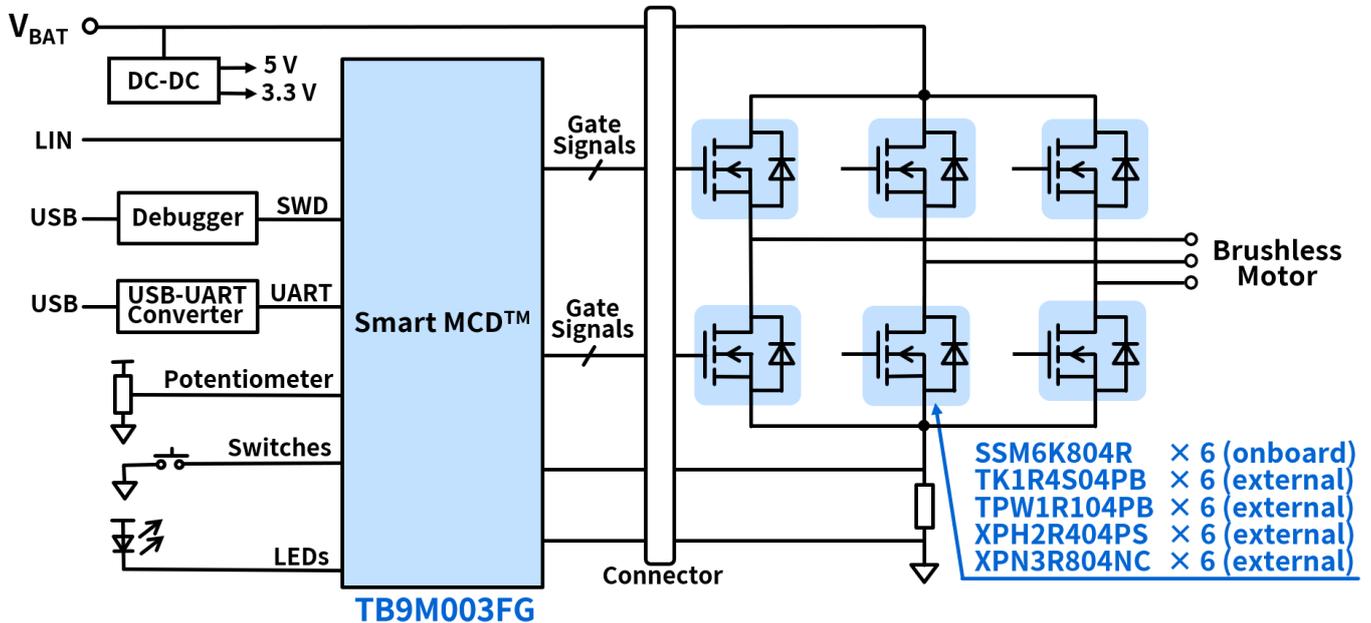


図 4.1 SmartMCD 適用ボディ系モーター駆動回路全体ブロック図

4.1.2. 電源回路

図 4.2 に電源回路を示します。

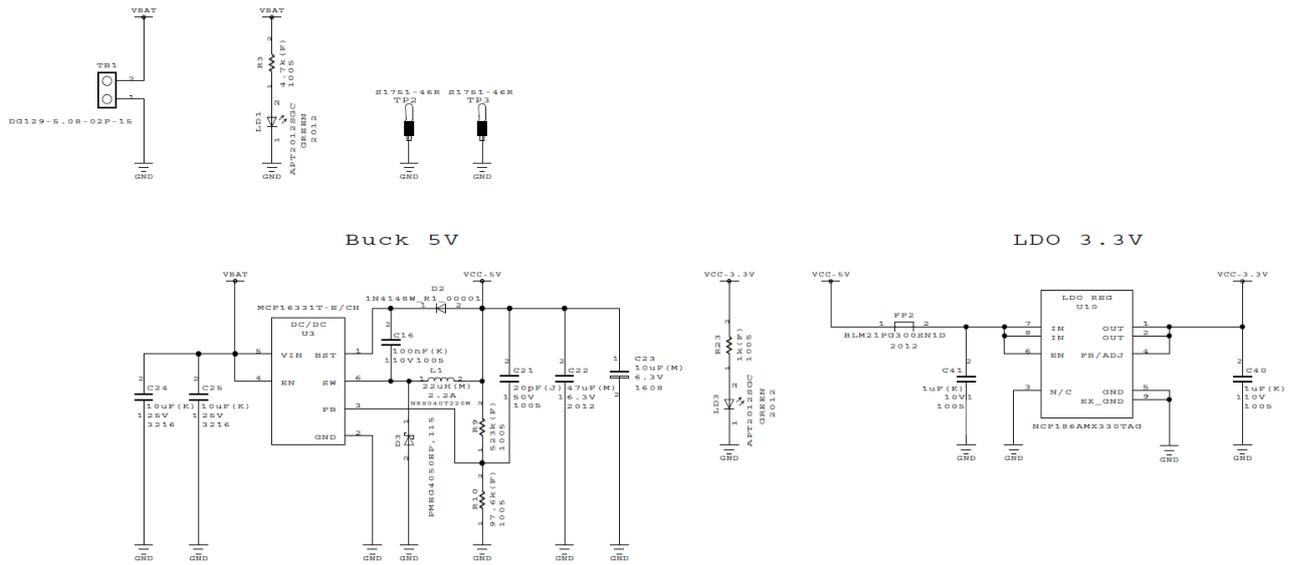


図 4.2 電源回路

入力電源 (V_{BAT}) は SmartMCD (U1) 、インバーター回路、降圧 DC-DC コンバーター (U3) に供給されます。降圧 DC-DC コンバーター (U3) により 5 V 電源 (VCC-5V) が生成され、SmartMCD (U1) の周辺の IC に供給されます。さらに 5 V 電源 (VCC-5V) から LDO レギュレーター (U10) で 3.3 V 電源 (VCC-3.3V) が生成され、主に CMSIS-DAP (U2) に供給されます。

DC-DC コンバーター (U3) の FB (3 ピン) 電圧は抵抗 (R9, R10) の分圧により 0.8 V になるように電圧出力制御されるため 5 V 電源 (VCC-5V) には 5.0 V が出力されます。

4.1.3. SmartMCD 関連回路

図 4.3 に SmartMCD 関連回路を示します。

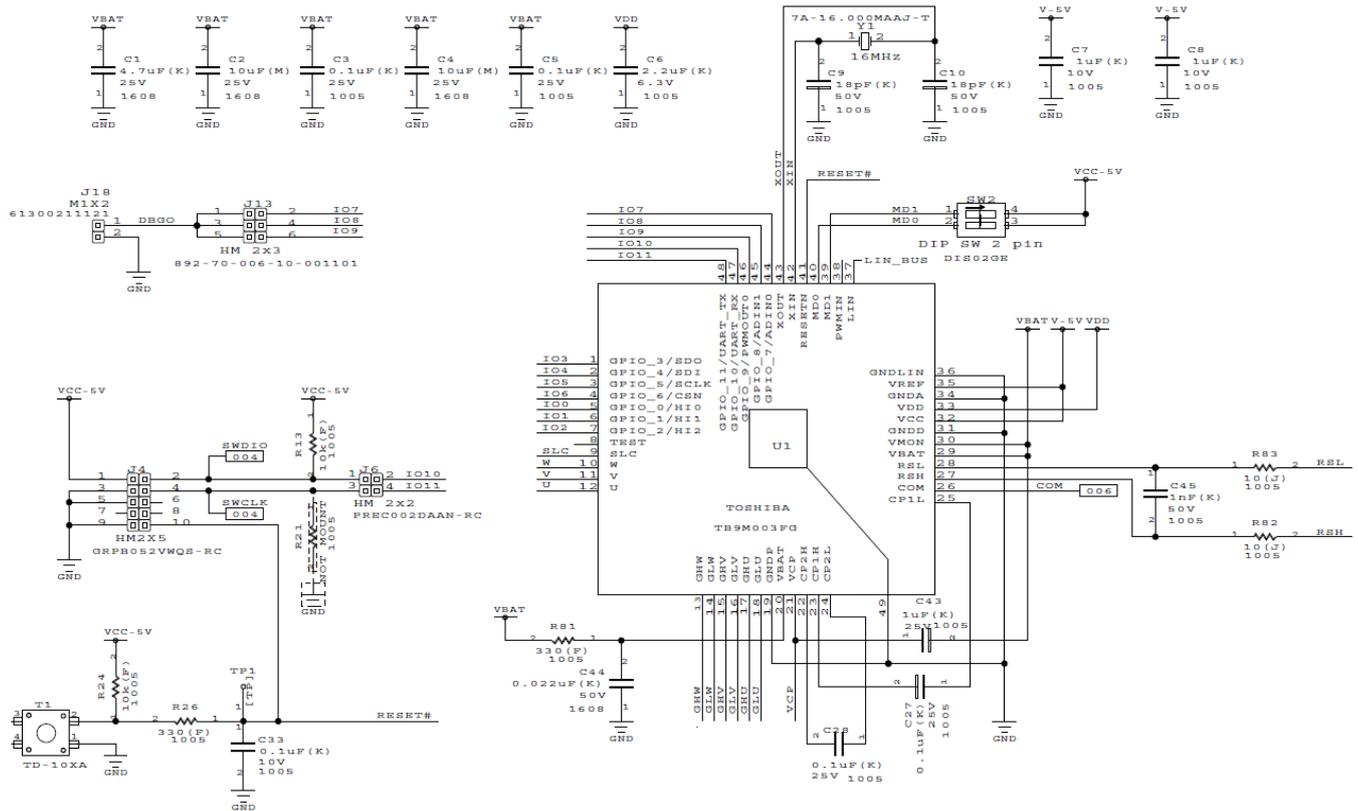


図 4.3 SmartMCD 関連回路

本デザインで使用しているマイコン内蔵ゲートドライバーIC SmartMCD [TB9M003FG](#) (U1) は、プロセッサコアとして 32 bit Arm[®] Cortex[®]-M0 コアを内蔵しており、最大 40 MHz の動作が可能です。

SmartMCD (U1) の電源は 6 V ~ 18 V での動作が可能です。電源入力である VBAT ピン (ピン 29) の近傍にはバイパスコンデンサー (C1 ~ C5) を接続してください。駆動クロックとして、周波数が 16 MHz の水晶発振子 (Y1) ならびに外部容量として 18 pF の 2 個のコンデンサー (C9, C10) を使用しています。スイッチ (T1)、抵抗 (R24, R26) 及びコンデンサー (C22) で構成されるリセット回路により SmartMCD (U1) のリセット信号が生成されます。このリセット回路ではリセットスイッチ (T1) によるリセット時のチャタリングノイズ等も除去されます。

インバーター回路の MOSFET 駆動に必要なプリドライバー電源を生成するチャージポンプ昇圧回路には外付けコンデンサー C_{CP1} (C27), C_{CP2} (C28), C_{VCP} (C42) が必要です。

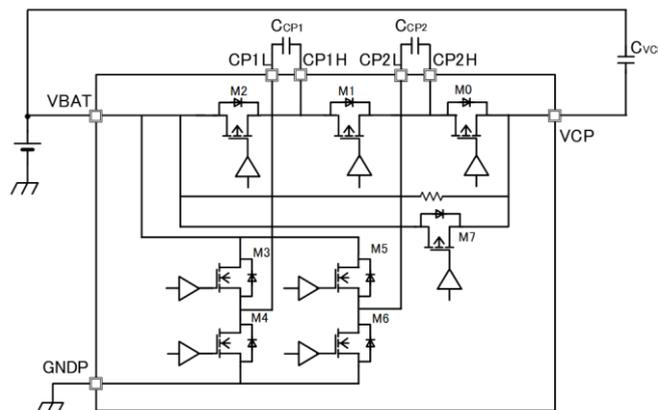


図 4.4 チャージポンプブロック図

起動モード選択スイッチ (SW2) により起動時のモードを選択します。リセットが解除された際に、MD0, MD1 の設定により、Normal モード, Flash Download モード, Debug モードが選択されます。

表 4.1 起動モード選択

MD1	MD0	モード
OFF	OFF	Normal モード
ON	OFF	Flash Download モード
OFF	ON	Debug モード

SmartMCD (U1) のピンのいくつかは多重化されており、起動後ソフトウェア設定によりピンアサインが決まります。

DBGO 信号出力コネクタ (J18) は SmartMCD (U1) のデバッグ出力信号 (DBGO) を外部モニターするためのコネクタで、DBGO 信号ジャンパーピンコネクタ (J13) にジャンパーすることにより SmartMCD (U1) の IO7, IO8, あるいは IO9 に接続されます。

SWD 接続コネクタ (J4) は、外部から SmartMCD (U1) に SWD インターフェースで接続するためのコネクタです。SWD 信号ジャンパーピンコネクタ (J6) にジャンパーすることにより、SWDIO が SmartMCD (U1) の IO10 に、SWCLK が IO11 に接続されます。

4.1.4. 周辺スイッチ、コネクタ

プッシュスイッチ (T2) はプッシュスイッチジャンパーピンコネクタ (J10) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7 あるいは IO9 に接続されます。ソフトウェアによりモーターの Start/Stop などに使用されます。

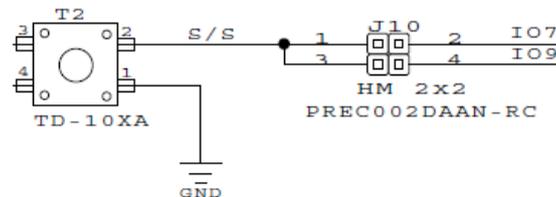


図 4.5 プッシュスイッチ (T2)

スライドスイッチ (SW3) はスライドスイッチジャンパーピンコネクタ (J11) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO8 あるいは IO9 に接続されます。ソフトウェアによりモーター回転方向の切り替えなどに使用されます。

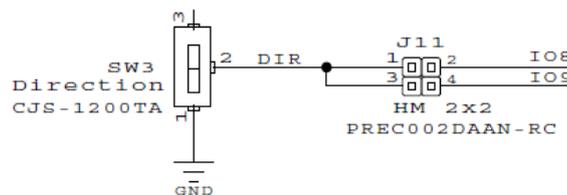


図 4.6 スライドスイッチ (SW3)

ポテンショメーター (P1) は TEMP-POT 信号ジャンパーピンコネクター (J16) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7 あるいは IO8 に接続されます。ソフトウェアによりモーター回転数の変更などに使用されます。

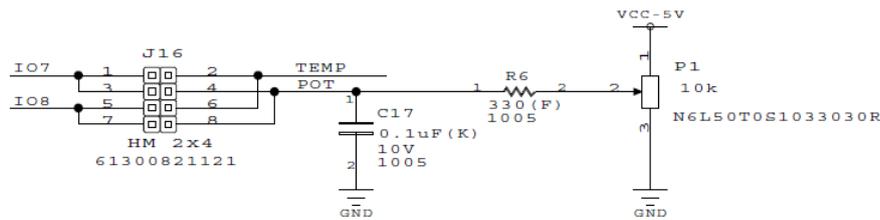


図 4.7 ポテンショメーター (P1)

またインバーター回路近辺に配置している NTC サーミスター (RT1) は抵抗 (R63) により分圧され TEMP-POT 信号ジャンパーピンコネクター (J16) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7 あるいは IO8 に接続されます。ソフトウェアによりインバーター回路の異常発熱などの温度モニターが可能です。

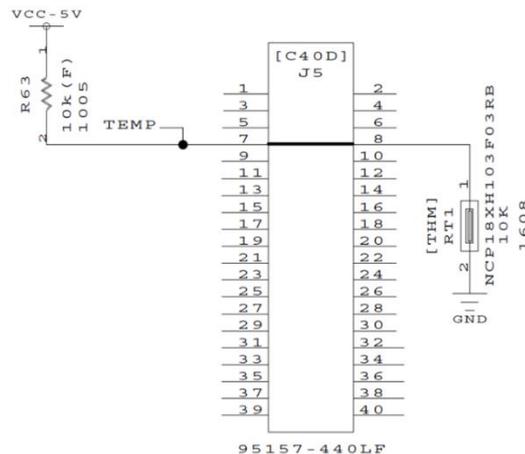


図 4.8 温度モニター (RT1)

LED1 (LD8), LED2 (LD9), LED3 (LD10) はソフトウェアで点灯制御可能な LED です。各 LED の制御信号 (LED1, LED2, LED3) H レベルの際にローサイドスイッチとして動作する MOSFET SSM3K15AFU (Q9, Q10, Q11) がオンして各 LED が点灯します。LED 信号ジャンパーピンコネクタ (J7) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7、IO8、IO9 に接続されます。

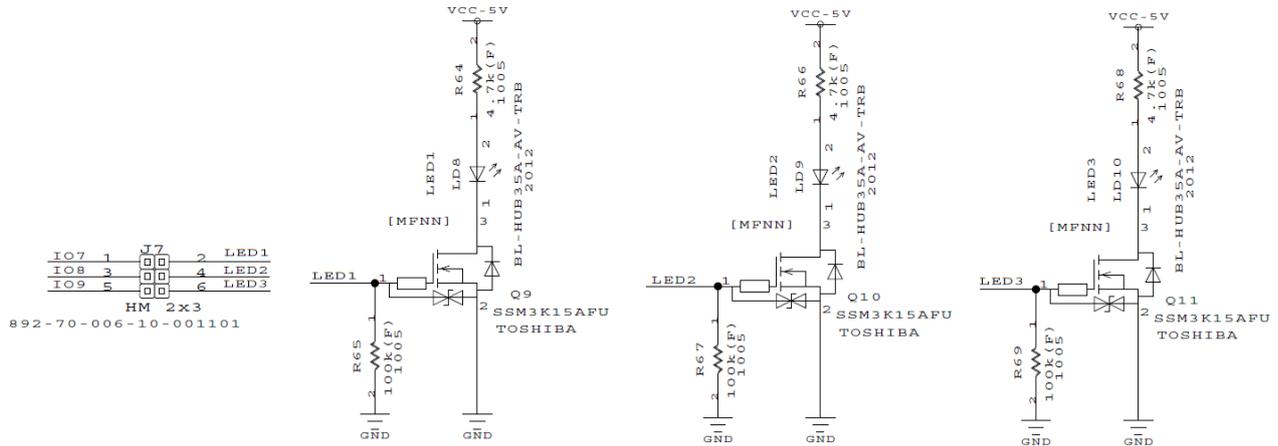


図 4.9 LED (LED1, LED2, LED3) 点灯回路

VCP (21ピン) は SmartMCD (U1) のチャージポンプ回路の電圧出力であり抵抗 (R84, R85) により分圧され VCP ジャンパーピンコネクタ (J12) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7 あるいは IO8 に接続されます。ソフトウェアによる電圧モニターが可能です。

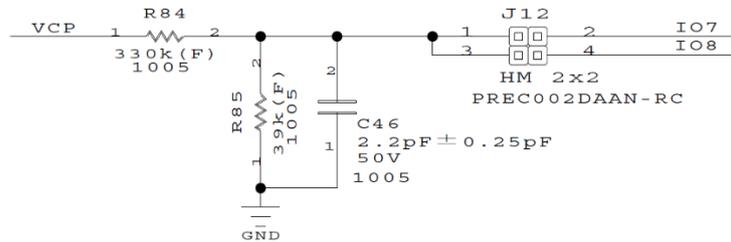


図 4.10 VCP モニター回路

外部から入力されたホールセンサー信号 (HALL-U, HALL-V, HALL-W) はホールセンサー接続端子ジャンパーピンコネクタ (J9) でジャンパーすることにより、HALL-U (TB3) が SmartMCD (U1) の IO0 に、HALL-V (TB4) が IO1 に、HALL-W (TB4) が IO2 に接続されます。またホールセンサー接続端子ジャンパーピンコネクタ (J8) でジャンパーすることにより、5 V プルアップします。

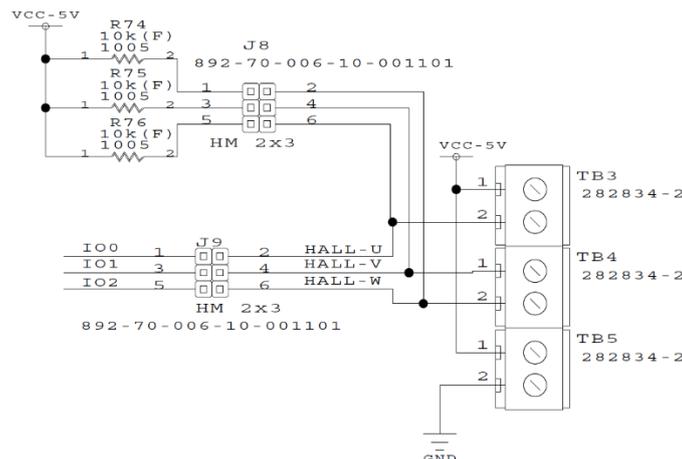


図 4.11 ホールセンサー接続回路

外部 EEPROM (U8) は、EEPROM 接続ジャンパーピンコネクター (J17) でジャンパーすることにより、SDO が IO3 に、SDI が IO4 に、SCK が IO5 に、CS が IO6 に、WP が IO7 に接続されます。

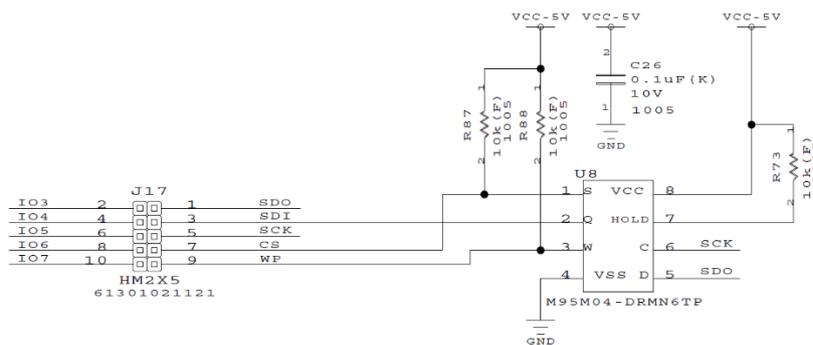


図 4.12 EEPROM (U8)

LIN 入出力端子 (TB2) により LIN 通信を行います。バイパスコンデンサー (C15) により発生するノイズ分を低減します。

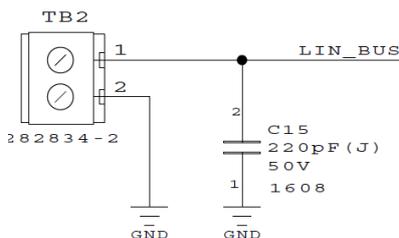


図 4.13 LIN 入出力端子 (TB2)

テスト用ピンヘッダー (HDR1) は SmartMCD (U1) の IO0 ~ IO11 ならびに 5 V 電源、GND に接続が可能です。

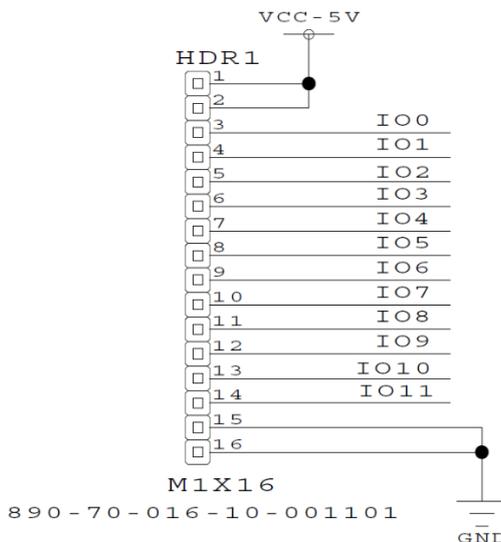


図 4.14 テスト用ピンヘッダー (HDR1)

4.1.5. USB-UART 回路

図 4.15 に USB-UART 回路を示します。

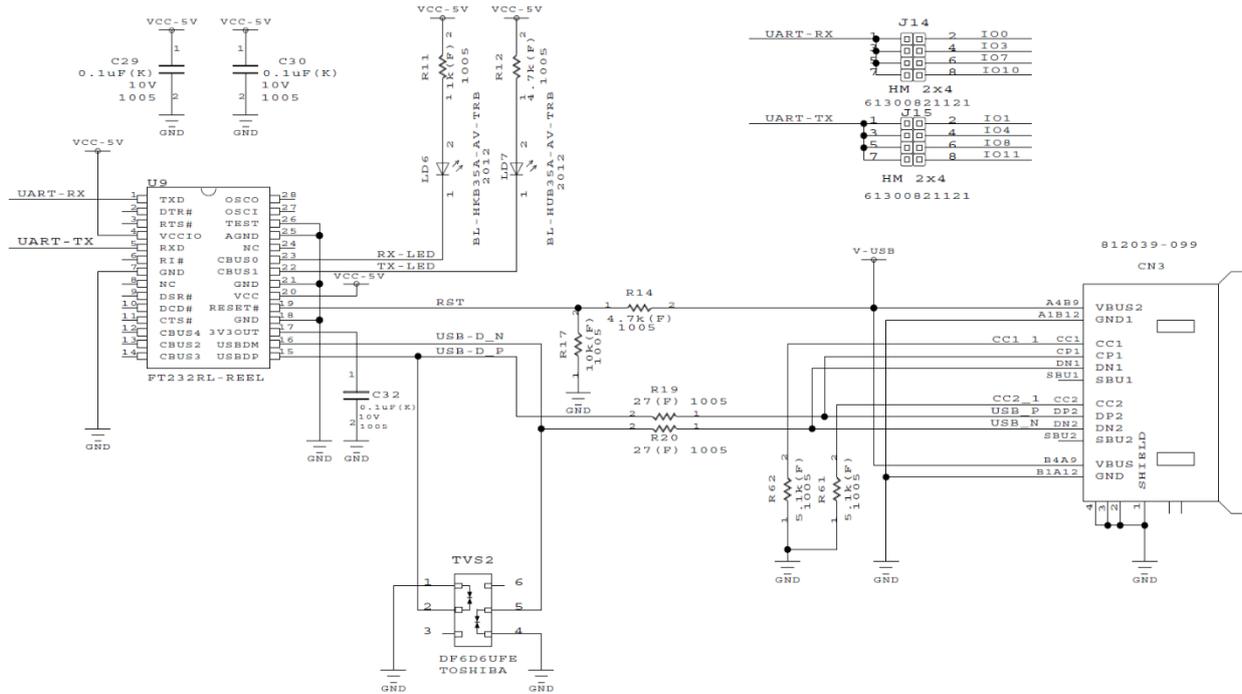


図 4.15 USB-UART 回路

外部 USB ホスト機器を USB Type-C[®]コネクタ (CN3) に接続することにより、SmartMCD (U1) とのシリアル通信が可能です。USB 信号 (USB-D_P, USB-D_N) は USB-UART コンバータ (U9) により UART シリアルデータ (UART-TX, UART-RX) に変換され SmartMCD (U1) とシリアル通信を行います。USB 信号 (USB-D_P, USB-D_N) は、ESD 保護ダイオード (TVS2) により静電気保護されます。

USB-UART コンバータ (U9) への送信シリアルデータ (UART-TX) は UART-TX 信号ジャンパーピンコネクタ (J15) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO1, IO4, IO8 あるいは IO11 に接続されます。送信シリアルデータの転送時には TX LED (LD7) が点灯します。

USB-UART コンバータ (U9) からの受信シリアルデータ (UART-RX) は、UART-RX 信号ジャンパーピンコネクタ (J14) でジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO0, IO3, IO7 あるいは IO10 に接続されます。受信シリアルデータの転送時は RX LED (LD6) が点灯します。

4.1.6. CMSIS-DAP 回路

図 4.16 に CMSIS-DAP 回路を示します。

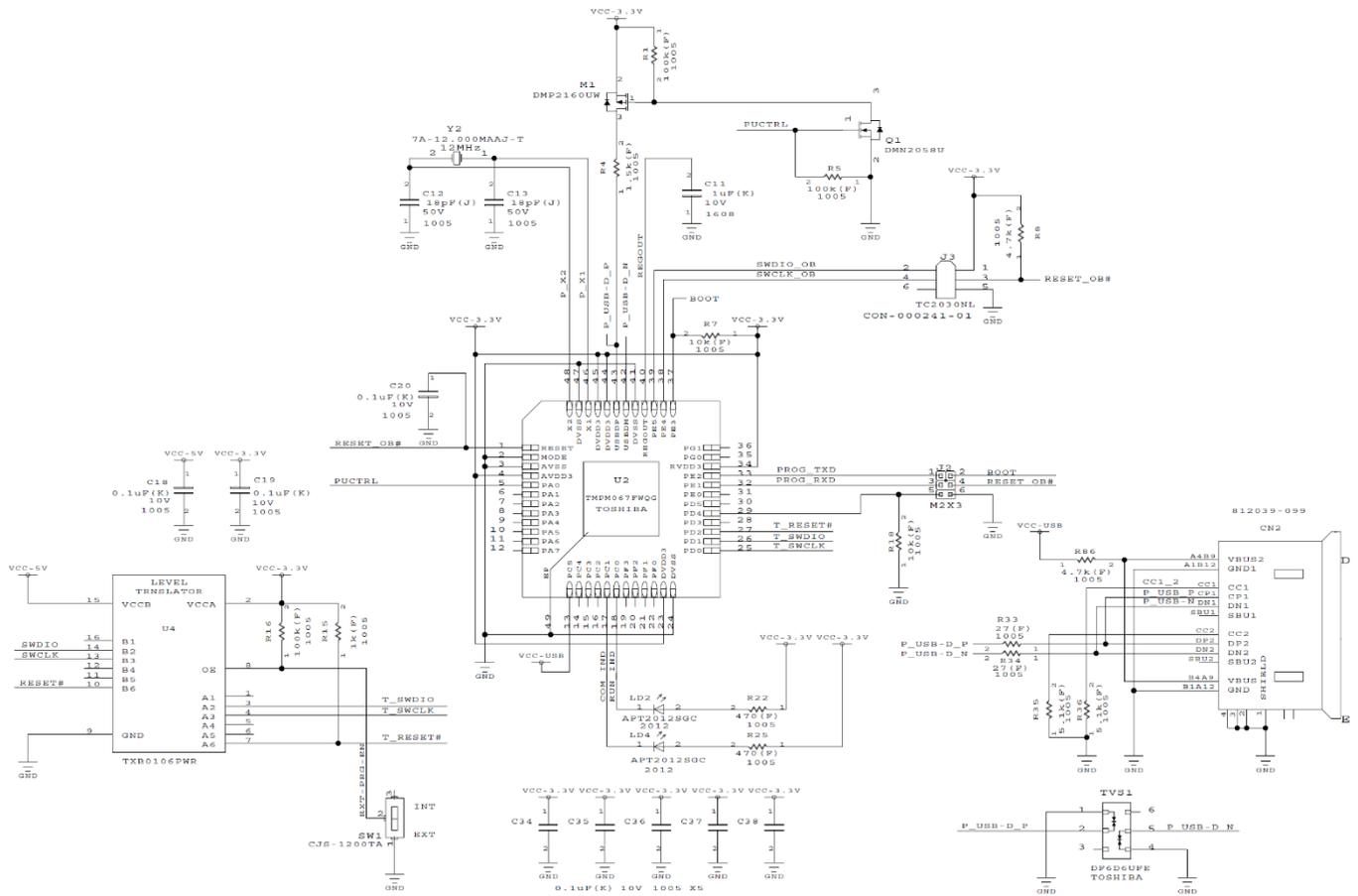


図 4.16 CMSIS-DAP 回路

外部デバッガーを USB Type-C[®]コネクタ (CN2) に接続することにより、CMSIS-DAP (U2) を使用した SmartMCD (U1) のプログラム/デバッグが可能です。USB 信号 (P_USB-D_P, P_USB-D_N) は、ESD 保護ダイオード (TVS1) により静電気保護されます。RUN LED (LD2) 及び COM LED (LD4) は CMSIS-DAP (U2) の動作状態を表示します。

CMSIS-DAP (U2) の電源電圧は 3.3 V、SmartMCD (U1) の電源電圧は 5 V なので、その間の SWD インターフェイス信号ならびにリセット信号はレベルシフト IC (U4) で電圧変換されます。

プログラム/デバッグスイッチ (SW1) は、SmartMCD (U1) のプログラム/デバッグをどこから行うか選択するためのスイッチで、下表の選択が可能です。

表 4.2 プログラム/デバッグスイッチ (SW1) 仕様

切り替えスイッチ	状態
INT	CMSIS-DAP (U2) によるプログラム/デバッグ
EXT	SWD 接続コネクタ (J4) によるプログラム/デバッグ

4.1.7. バス電流センサー回路ならびに過電流検出回路

図 4.17 にインバーターのバス電流センサー回路を示します。

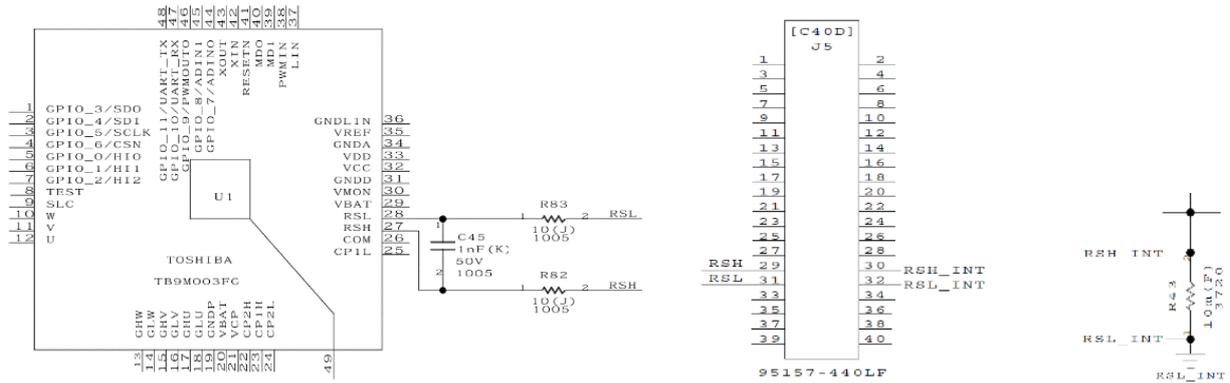


図 4.17 バス電流センサー回路

SmartMCD (U1) の RSH ピン (ピン 27) 及び RSL ピン (ピン 28) との間にインバーターのシャント抵抗 (オンボードインバーターの場合 R43) が接続されます。シャント抵抗で発生した電圧は、SmartMCD (U1) に内蔵された電流検出アンプで増幅され、さらに 12bit ADC (MADC)、過電流検出コンパレータ (OCCMP)、電流制限検出コンパレータ (CLCMP) に出力されます。

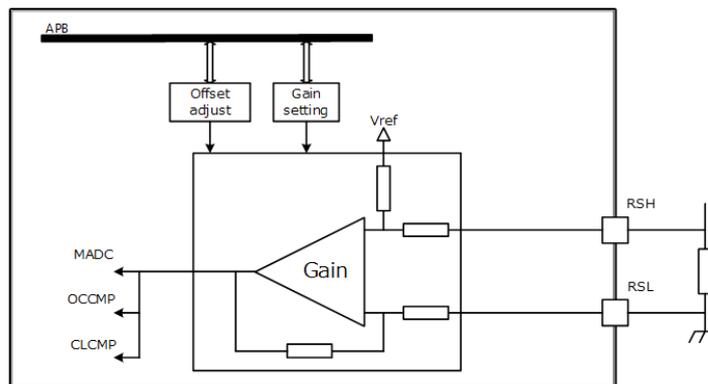


図 4.18 SmartMCD 内部の電流検出アンプ

図 4.19 に過電流検出回路を示します。

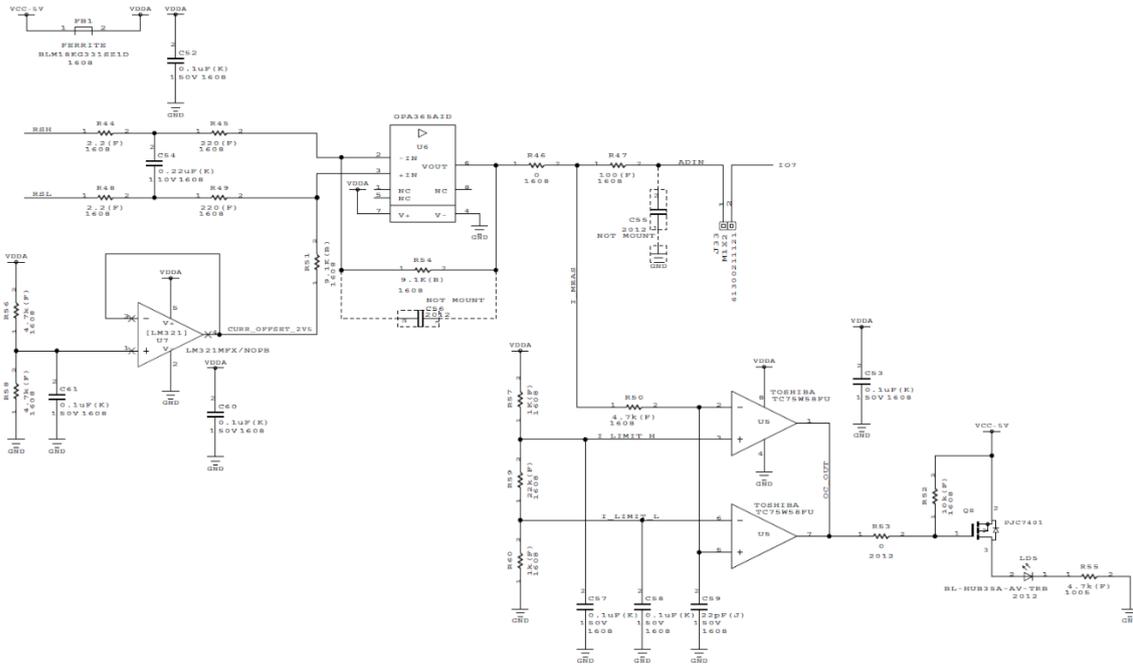


図 4.19 過電流検出回路

10 mΩ のシャント抵抗 (R43) に流れるインバーターのバス電流をモニターすることにより、過電流を検出します。シャント抵抗に流れるバス電流 i と ADIN 電圧 (ジャンパーピンコネクタ (J33) 1 ピン) との関係は

$$ADIN\text{電圧} = 2.5\text{ V} - \frac{9.1\text{ k}\Omega}{220\ \Omega + 2.2\ \Omega} \times 0.01\ (\Omega) \times i\ (\text{A})$$

のため

$$ADIN\text{電圧} \cong 2.5 - 0.41 \times i\ (\text{A})$$

となります。ADIN 電圧はジャンパーピンコネクタ (J33) にジャンパーすることにより、SmartMCD (U1) の IO7 に接続されます。ソフトウェアによりバス電流がモニター可能です。

また ADIN 電圧の上限及び下限リミットをモニターしており、一定値を超えるとコンパレーター (U5) の出力が L レベルになり Pch-MOSFET (Q8) が ON して、過電流検出 FLT-LED (LD5) が点灯します。

$$2.5\ (\text{V}) - \frac{9.1\text{ k}\Omega}{220\ \Omega + 2.2\ \Omega} \times 0.01\ (\Omega) \times i\ (\text{A}) > \frac{1\text{ k}\Omega + 22\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 22\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega} \times 5\ (\text{V})$$

または

$$2.5\ \text{V} - \frac{9.1\text{ k}\Omega}{220\ \Omega + 2.2\ \Omega} \times 0.01\ (\Omega) \times i\ (\text{A}) < \frac{1\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 22\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega} \times 5\ (\text{V})$$

の際に過電流検出 FLT-LED (LD5) が点灯します。

上記から

$$\text{バス電流} < -5.6\ \text{A} \text{ または } \text{バス電流} > 5.6\ \text{A}$$

の際に過電流検出 LED (LD5) が点灯します。

4.2. オンボードインバーター回路

図 4.20 にオンボードインバーター回路を示します。インバーター回路ジャンパーピンコネクター (J5) の全てのピンにジャンパーピンコネクターを接続することでオンボードインバーター回路が動作します。

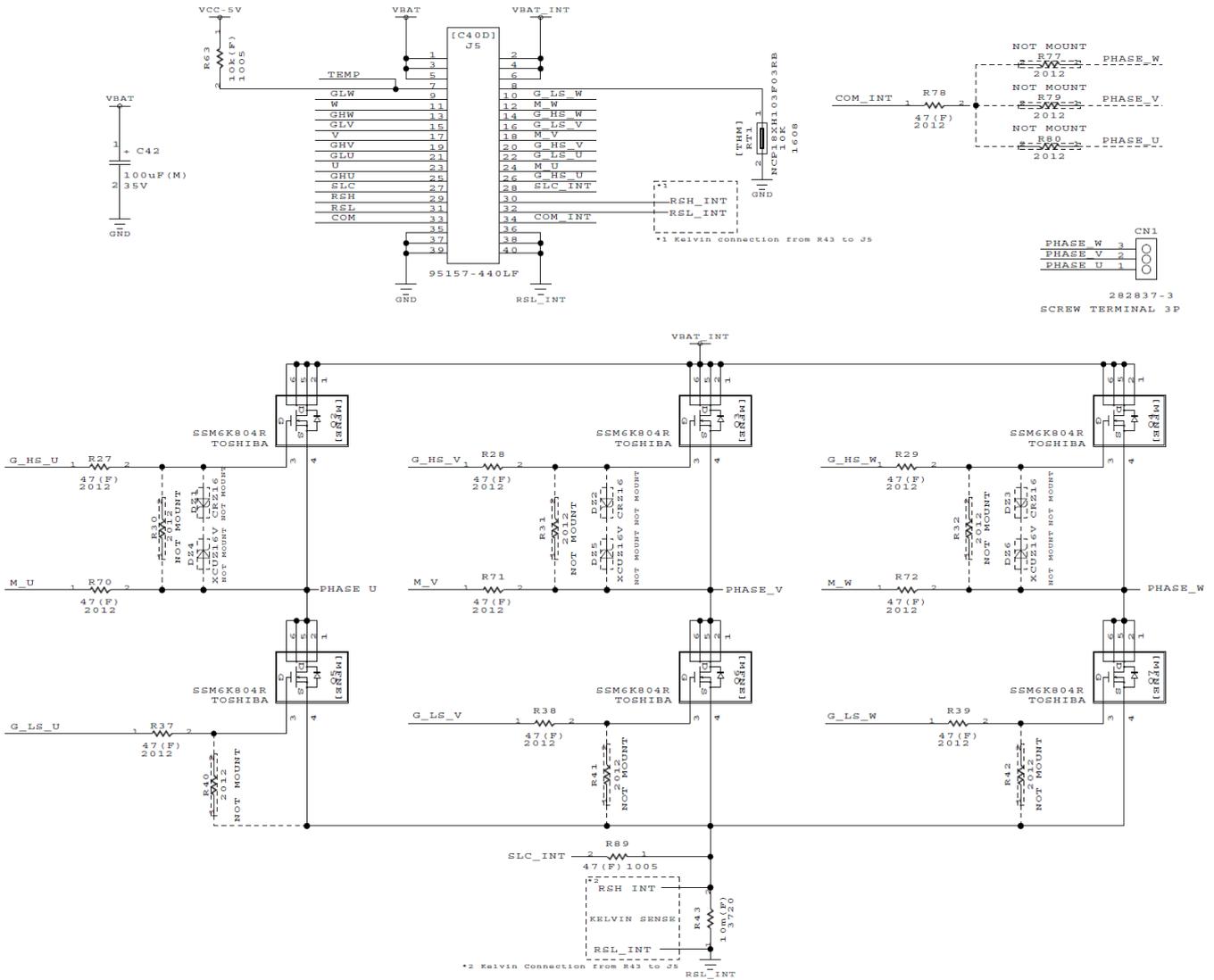


図 4.20 オンボードインバーター回路

オンボードインバーターは 6 個の MOSFET [SSM6K804R](#) (Q2 ~ Q7) で構成されており、SmartMCD (U1) から出力されるゲート信号により駆動され、U 相、V 相、W 相の電圧が 3 相ブラシレスモーターコネクター (CN1) から出力されます。

4.2.1. 外部インバーター回路 (外部インバーター基板)

図 4.21 に外部インバーター回路を示します。

メイン基板のインバーター回路ジャンパーピンコネクタ (J5) に、外部インバーター基板のメイン基板接続コネクタ (J1) をスタック接続することにより、外部インバーター回路を動作させることができます。回路構成はオンボードインバーター回路と同一ですが、より電流の大きな MOSFET ([TK1R4S04PB](#), [XPH2R404PS](#), [TPW1R104PB](#), [XPN3R804NC](#)) を使用しています。

外部インバーター基板は同一基板上で上記 MOSFET のすべての MOSFET を実装できるようになっており、目的に応じて MOSFET を選択し基板に実装します。

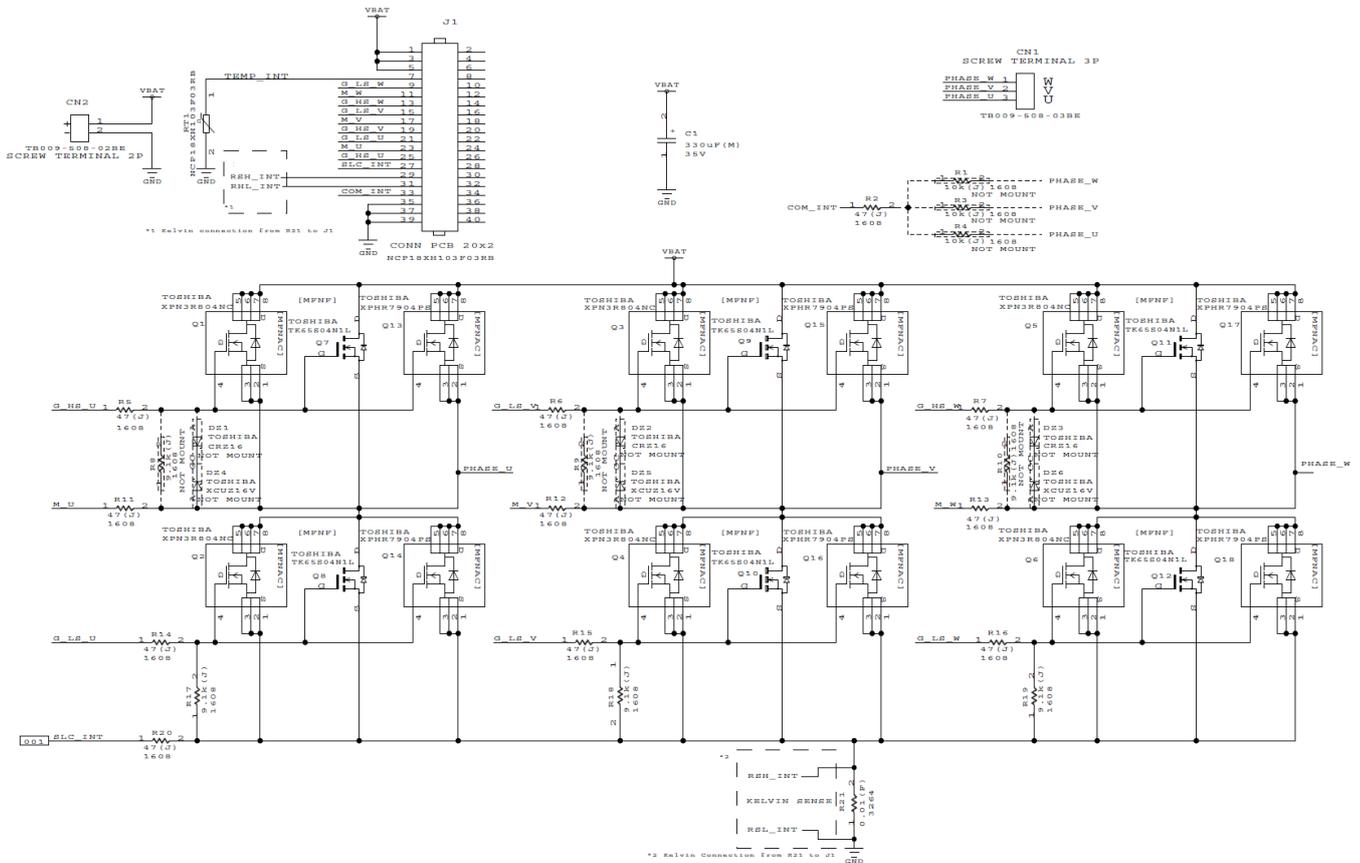


図 4.21 外部インバーター回路

※ Arm、Cortex は、米国および/あるいはその他の国における Arm Limited (またはその子会社) の登録商標です。

※ USB Type-C®、USB-C®は、USB Implementers Forum の登録商標です。

※ SmartMCD™は、東芝デバイス&ストレージ株式会社の商標です。

※ その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

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。

- 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。
- 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。
- 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。
- 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

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。