



モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボード ユーザガイド

Microchip 社製品のコード保護機能について以下の点にご注意ください。

- Microchip 社製品は、該当する Microchip 社データシートに記載の仕様を満たしています。
- Microchip 社では、通常の条件ならびに動作仕様書の仕様に従って使った場合、Microchip 社製品のセキュリティ レベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- Microchip 社はその知的財産権を重視し、積極的に保護しています。Microchip 社製品のコード保護機能の侵害は固く禁じられており、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。
- Microchip 社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、Microchip 社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。コード保護機能は常に進化しています。Microchip 社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。

本書および本書に記載されている情報は、Microchip 社製品を設計、テスト、お客様のアプリケーションと統合する目的を含め、Microchip 社製品に対してのみ使う事ができます。それ以外の方法でこの情報を使う事はこれらの条項に違反します。デバイス アプリケーションの情報は、ユーザの便宜のためにのみ提供されるものであり、更新によって変更となる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。その他のサポートは Microchip 社正規代理店にお問い合わせ頂くか、<https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services> をご覧ください。

Microchip 社は本書の情報を「現状のまま」で提供しています。Microchip 社は明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、非侵襲性、商品性、特定目的への適合性の暗黙的保証、または状態、品質、性能に関する保証をはじめとするいかなる類の表明も保証も行いません。

いかなる場合も Microchip 社は、本情報またはその使用に関連する間接的、特殊的、懲罰的、偶発的または必然的損失、損害、費用、経費のいかににかかわらず、また Microchip 社がそのような損害が生じる可能性について報告を受けていた場合あるいは損害が予測可能であった場合でも、一切の責任を負いません。法律で認められる最大限の範囲を適用しようとも、本情報またはその使用に関連する一切の申し立てに対する Microchip 社の責任限度額は、使用者が当該情報に関連して Microchip 社に直接支払った額を超えません。

Microchip 社の明示的な書面による承認なしに、生命維持装置あるいは生命安全用途に Microchip 社の製品を使う事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、Microchip 社は擁護され、免責され、損害をうけない事に同意するものとします。特に明記しない場合、暗黙的あるいは明示的を問わず、Microchip 社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

Microchip 社の品質管理システムについては www.microchip.com/quality をご覧ください。

商標

Microchip 社の名称とロゴ、Microchip ロゴ、Adaptec、AVR、AVR ロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maxStylus、maxTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi ロゴ、MOST、MOST ロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST ロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGA は米国とその他の国における Microchip Technology Incorporated の登録商標です。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus ロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime、ZL は米国における Microchip Technology Incorporated の登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、KoD、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified ロゴ、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PiCtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、ZENA は米国とその他の国における Microchip Technology Incorporated の商標です。

SQTP は米国における Microchip Technology Incorporated のサービスマークです。

Adaptec ロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom はその他の国における Microchip Technology Incorporated の登録商標です。

GestIC は、その他の国における Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG (Microchip Technology Incorporated の子会社) の登録商標です。

その他の商標は各社に帰属します。

© 2023, Microchip Technology Incorporated and its subsidiaries.

All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-6683-1696-2

目次

序章	5
第 1 章 はじめに	9
1.1 概要	9
1.2 特長	10
1.3 ブロック図	11
1.4 インバータボードに使われている Microchip 社製品	13
第 2 章 ボードインターフェイスの説明	15
2.1 はじめに	15
2.2 ボード上のコネクタ	15
2.3 ユーザ インターフェイス ハードウェア	23
補遺 A. 回路図とレイアウト図	29
A.1 ボードの回路図とレイアウト図	29
補遺 B. 電氣的仕様	43
補遺 C. 設計の詳細	45
C.1 補助電源	45
C.2 電流検出回路	48
C.3 ハードウェア過電流および過電圧保護	52
C.4 プログラマ / デバッガ インターフェイス	55
補遺 D. 信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ	57
各国の営業所とサービス	60

NOTE:

序章

お客様へのご注意

どのような文書でも内容は時間と共に古くなります。本書も例外ではありません。Microchip 社のツールとマニュアルは、お客様のニーズを満たすために常に改良を重ねており、実際のダイアログやツールの内容が本書の説明とは異なる場合があります。最新文書は Microchip 社のウェブサイト (www.microchip.com) をご覧ください。

文書は「DS」番号によって識別します。この識別番号は各ページのフッタのページ番号の前に表記しています。DS 番号「DSXXXXXXXXA」の「XXXXXXXX」は文書番号、「A」はリビジョンレベルを表します。

開発ツールの最新情報は MPLAB® X IDE のオンラインヘルプで提供しています。[Help] メニューから [Topics] を選択すると、オンラインヘルプ ファイルのリストが表示されます。

はじめに

序章には、モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードを使い始める前に知っておくと便利な一般情報を記載しています。主な内容は以下の通りです。

- [本書の構成](#)
- [本書の表記規則](#)
- [推奨参考資料](#)
- [Microchip 社のウェブサイト](#)
- [お客様サポート](#)
- [改訂履歴](#)

本書の構成

本書には、モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードの使い方を記載しています。本書の構成は以下の通りです。

- [第 1 章「はじめに」](#) – 本章では本インバータボードを紹介します。
- [第 2 章「ボード インターフェイスの説明」](#) – 本章では本インバータボードの入出力インターフェイスについて詳しく説明します。
- [補遺 A.「回路図とレイアウト図」](#) – この補遺には回路図と PCB レイアウトを示します。
- [補遺 B.「電氣的仕様」](#) – この補遺には本インバータボードの電氣的仕様を示します。
- [補遺 C.「設計の詳細」](#) – 本補遺には電流増幅回路と補助電源の設計の詳細を示します。
- [補遺 D.「信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ」](#) – 本補遺にはインバータボード上の DIM インターフェイス ヘッダ J8 の信号の割り当てをまとめます。

本書の表記規則

本書には以下の表記規則を適用します。

本書の表記規則

説明	適用	例
Arial、MS ゴシックフォント		
二重かぎカッコ：『』 太字	参考資料	『MPLAB® IDE ユーザガイド』
	テキストの強調	... は 唯一 のコンパイラです ...
角カッコ：[]	ウィンドウ名	[Output] ウィンドウ
	ダイアログ名	[Settings] ダイアログ
	メニューの選択肢	[Enable Programmer] を選択
かぎカッコ：「」	ウィンドウまたはダイアログ のフィールド名	「Save project before build」
右山カッコ (>) で区切り、 角カッコ ([]) で囲んだ 下線付きテキスト	メニュー項目の選択	[File] > [Save]
角カッコ ([]) で囲んだ太字の テキスト	ダイアログのボタン	[OK] をクリックする
	タブ	[Power] タブをクリックする
N'Rnnnn	Verilog 形式の数値 (N は総桁数、R は基数、 n は各桁の値)	4'b0010, 2'hF1
山カッコ (< >) で囲んだ テキスト	キーボードのキー	<Enter>、<F1> を押す
Courier New フォント		
標準書体の Courier New	サンプル ソースコード	#define START
	ファイル名	autoexec.bat
	ファイルパス	c:\mcc18\h
	キーワード	_asm, _endasm, static
	コマンドライン オプション	-Opa+, -Opa-
	ビット値	0, 1
	定数	0xFF, 'A'
斜体 Courier New	変数の引数	file.o (<i>file</i> は有効な 任意のファイル名)
角カッコ：[]	オプションの引数	mcc18 [options] file [options]
中カッコとパイプ文字：{ }	どちらかの引数を選択する 場合 (OR 選択)	errorlevel {0 1}
省略記号 ...	繰り返されるテキスト	var_name [, var_name...]
	ユーザが定義するコード	void main (void) { ... }

推奨参考資料

本書ではモータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードについて説明します。各デバイス (マイクロコントローラ (MCU) またはデジタルシグナル コントローラ (DSC)) のデータシートには、そのデバイスのプログラミングに関する追加情報が記載されています。以下の文書にも役に立つ情報が記載されています。参考資料として、Microchip 社が提供する以下の文書を推奨します。

『AN1292 - PLL 推定器と磁界弱め (FW) を使った永久磁石同期モータ (PMSM) のセンサレス磁界方向制御 (FOC)』

『AN1299 - PMSM のセンサレス FOC 向けシングルシャント三相電流再構成アルゴリズム』

『AN1078 - PMSM モータのセンサレス FOC 制御』

Readme ファイル

各種ツールの最新の使用方法は、MPLAB® X IDE インストール ディレクトリの「Readme」サブディレクトリ内にある各ツールの Readme ファイルを参照してください。Readme ファイルには、ユーザガイドに反映されていない最新情報と既知の問題が記載されています。

本モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードを使ったモータ制御アプリケーションの設定と実行の手順は、モータ制御ソフトウェアに付属の Readme ファイルを参照してください。

dsPIC33 ファミリ リファレンス マニュアルの各巻

Microchip 社は、dsPIC® DSC MCU ファミリのアーキテクチャと周辺モジュールの動作を説明するファミリ リファレンス マニュアル (FRM) をモジュールごとに提供しています。各デバイスファミリの詳細は、それぞれのデータシートに記載されています。

これらの文書は Microchip 社ウェブサイト (www.microchip.com) で提供しています。

Microchip 社のウェブサイト

Microchip 社は自社が運営するウェブサイト (www.microchip.com) を通してオンラインサポートを提供しています。当ウェブサイトでは、お客様に役立つ情報やファイルを簡単に見つけ出せます。

インターネット ブラウザから以下の内容をご覧になれます。

- **製品サポート** - データシートとエラッタ、アプリケーション ノートとサンプルプログラム、設計リソース、ユーザガイドとハードウェア サポート文書、最新のソフトウェアと過去のソフトウェア
- **一般的技術サポート** - よく寄せられる質問 (FAQ)、技術サポートのご依頼、オンラインディスカッショングループ、Microchip 社のコンサルタント プログラム メンバーの一覧
- **Microchip 社の事業** - プロダクト セレクトガイドとご注文案内、プレスリリース、セミナーとイベントの一覧、営業所の一覧

顧客変更通知サービス

Microchip 社のお客様向け変更通知サービスは、お客様に Microchip 社製品の最新情報をお届けするサービスです。ご興味のある製品ファミリまたは開発ツールに関する変更、更新、リビジョン、エラッタ情報をいち早くメールにてお知らせします。

Microchip 社のウェブサイト (www.microchip.com) にアクセスし、**[Product Change Notification]** からご登録ください。

お客様サポート

Microchip 社製品をお使いのお客様は、以下のチャンネルからサポートをご利用頂けます。

- 正規代理店
- 技術サポート

サポートは正規代理店にお問い合わせください。

技術サポートは以下のウェブページからもご利用頂けます。

<http://www.microchip.com/support>

改訂履歴

リビジョン A (2022 年 4 月)

- 本書は初版です。

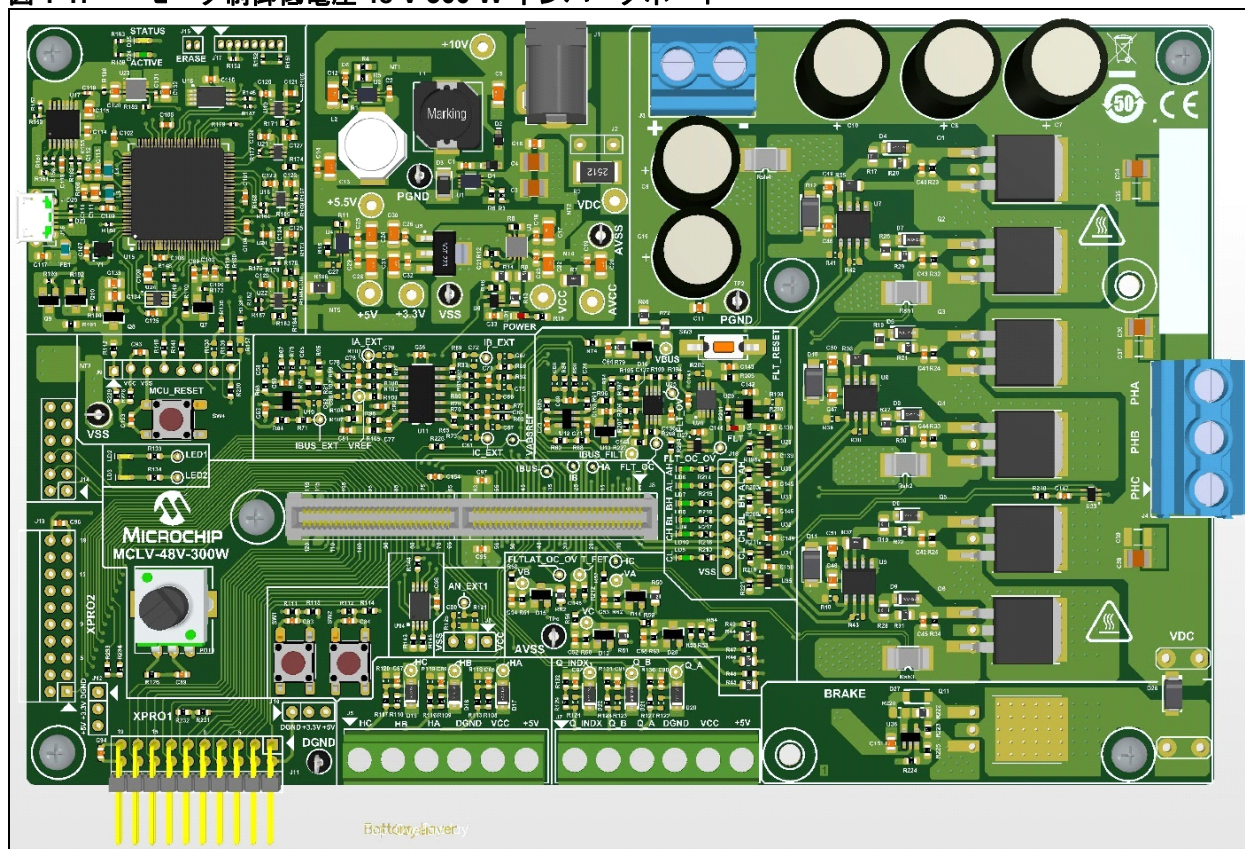
第 1 章 はじめに

1.1 概要

MCS(モータ制御システム) 開発ツール エコシステムでは、dsPIC[®] DSC、SAM、PIC32MK、PIC32MC、PIC32C MCU を使ったモータ制御設計を迅速に開発できます。MCS 開発ツールは、モジュール式で交換可能なインバータボード、コントローラ ボード (DIM、すなわちデュアル インライン モジュール)、拡張ボードで構成されます。モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードは低電圧、三相永久磁石式同期モータ (PMSM) またはブラシレスDCモータ (BLDCモータ) を駆動するように設計されています。本書では読みやすさを向上させるためモータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボードを「MCLV-48V-300W インバータボード」または「インバータボード」とも呼びます。図 1-1 に、本インバータボードを示します。

Note: MCLV-48V-300W インバータボードでモータを駆動するには、互換性のある DIM(デュアルインラインモジュール) をボードに挿入する必要があります。互換性のある DIM を全て確認するには、www.microchip.com を参照してください。

図 1-1: モータ制御低電圧 48 V-300 W インバータボード



1.2 特長

MCLV-48V-300W インバータボードの主な特長は以下の通りです。

- 三相モータ制御の電源段
- モータ相電流フィードバックによる PMSM/BLDC モータの FOC(界磁制御)
- DC バス電流フィードバックによる過電流保護とシングルシャント電流再構成アルゴリズムの評価
- DC バス電圧フィードバックによる過電圧保護と DC バス補償
- センサレスの BEMF(逆起電力) 制御またはフライング スタート (ウィンドミリング) を実装するための相電圧フィードバック
- オプションのアナログセンサ (サーミスタ等) 用インターフェイス回路
- ホール効果センサ インターフェイス
- 光学 / インクリメンタル シャフト エンコーダ用の QEI(直交エンコーダ インターフェイス)
- MOSFET 温度計測
- 過電圧および過電流保護回路
- PKOB4 (PICKit™ On-Board 4) によるプログラミングとデバッグ
- Microchip 社プログラマ / デバッガとのインターフェイス用のオプションの ICSP™ ヘッダ
- DIM(デュアル インライン モジュール) またはコントローラ ボードとのインターフェイス用の 120 ピン高速エッジカード
- ユーザ インターフェイス :
 - デバッグ LED×2
 - プッシュボタン × 2
 - ポテンショメータ ×1
 - MCU リセット プッシュボタン
 - フォルトリセット プッシュボタン
 - 電源ステータス表示 LED
 - PWM 表示 LED × 6
- [Microchip 社 Xplained Pro](#) アドオンボードまたはその他のユーザ インターフェイスボードとインターフェイスしてアプリケーションの機能を拡張するための 2 列ヘッダ × 2
- ボードまたはモータの設定情報格納用の内蔵 EEPROM
- 回生ブレーキ アプリケーションをサポートするための動的ブレーキ回路
- 回路および外部インターフェイス給電用の補助電源

1.3 ブロック図

MCLV-48V-300W インバータボードのブロック図を図 1-2 に示します。
電氣的仕様の詳細は補遺 B.「電氣的仕様」を参照してください。

図 1-2: ブロック図 – MCLV-48V-300W インバータボード

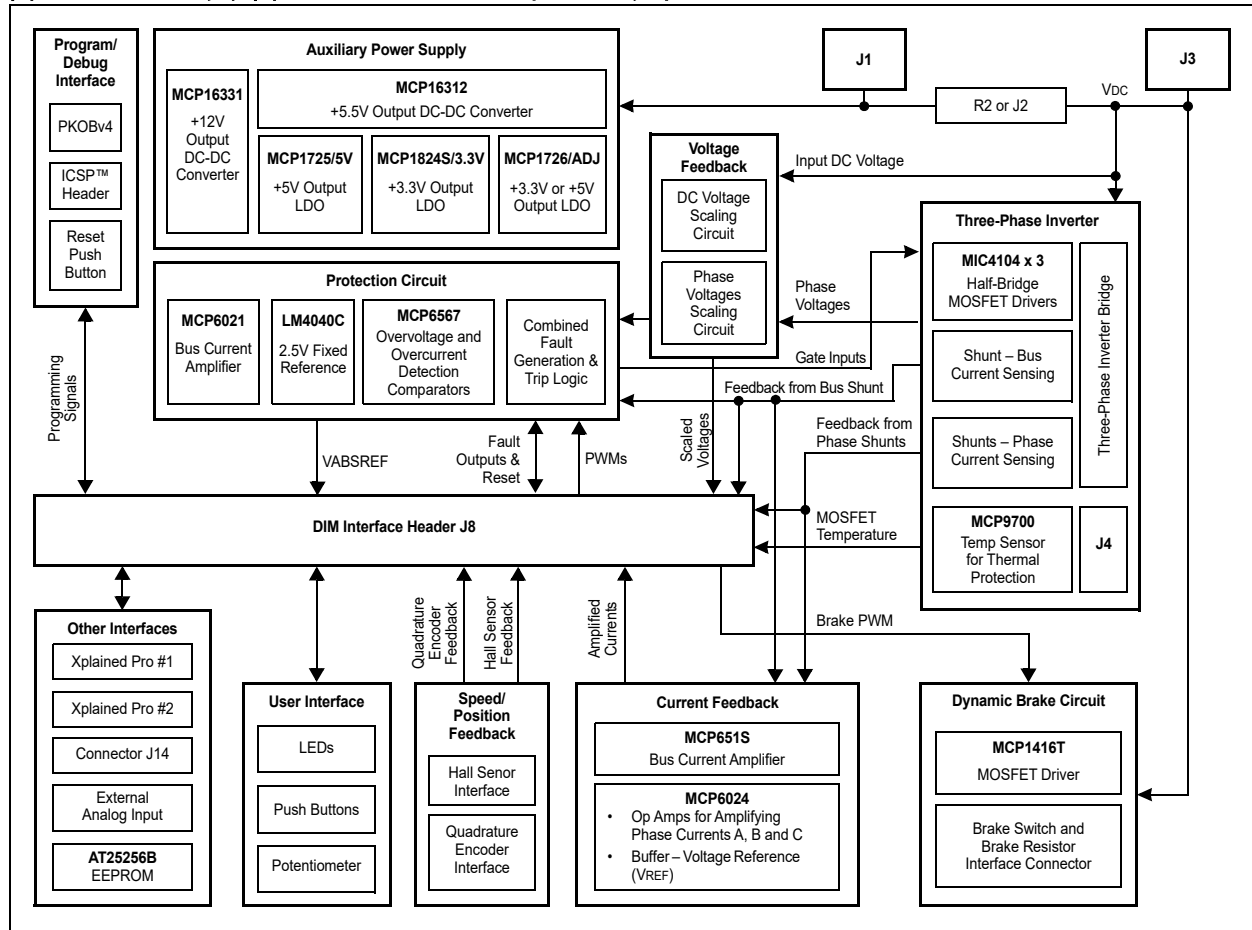


図 1-3 にインバータボードの各種ハードウェア セクションを示し、
表 1-1 にまとめます。

図 1-3: ハードウェア セクション

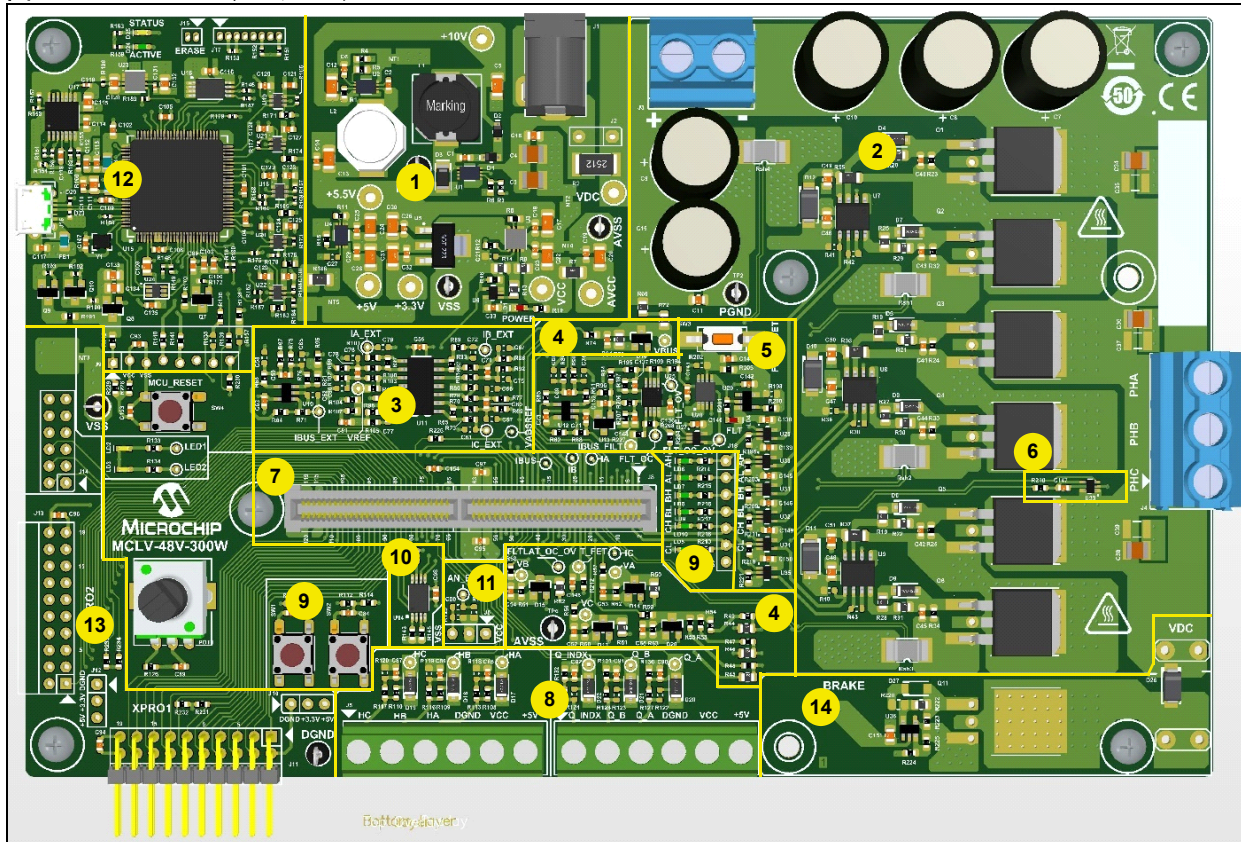


表 1-1: ハードウェア セクション

セクション	ハードウェア セクション
1	補助電源
2	三相モータ制御インバータ
3	電流検出回路 (外付けオペアンプ設定)
4	電圧検出回路
5	ハードウェア過電圧および過電流保護
6	MOSFET 温度センサ
7	DIM インターフェイス コネクタ - デジタルシグナルコントローラまたはマイクロコントローラをホスティングする DIM (デュアル インライン モジュール) とのインターフェイス用
8	ホール効果センサおよび光学 / インクリメンタル シャフト エンコーダ インターフェイス
9	ユーザ インターフェイス - LED、プッシュボタン、POT
10	EEPROM - ボードまたはモータ制御情報の保存用 (必要な場合)
11	外部センサ インターフェイス - ボードに外部センサ (サーミスタ等) を接続するために設けられているオプション インターフェイス
12	PKOB (PICKit™ On-Board) プログラマ / デバッガ - PKOB は仮想 COM ポート (最大 460800 bps) もサポートしており、デバッグシリアル インターフェイスを有効化して X2C® Scope または MPLAB® Data Visualizer 等の任意の UART ベースのデータ可視化プラグインを使ったリアルタイム デバッグを実現
13	拡張ボード インターフェイス ヘッダ、J11、J13、J14
14	動的ブレーキ回路 (出荷時は未実装)

1.4 インバータボードに使われている Microchip 社製品

MCLV-48V-300W インバータボードでは、その機能を実装するために多くの Microchip 社製品が使われています。その設計で使われている Microchip 社製品を表 1-2 にまとめ、図 1-4 に示します。

図 1-4: MCLV-48V-300W インバータボードに使われている Microchip 社製品

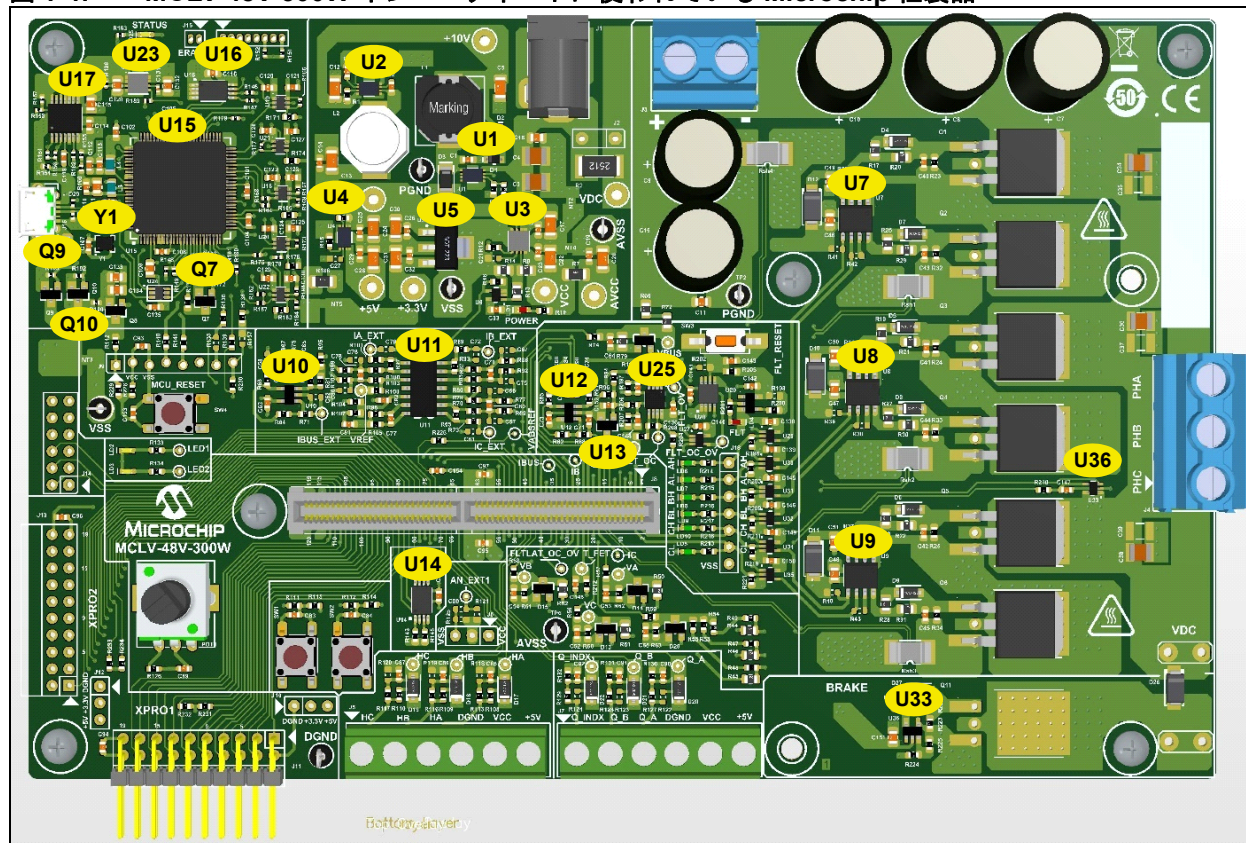


表 1-2: MCLV-48V-300W インバータボードに使われている Microchip 社製品

製品番号	説明	部品名	回路セクション
TN2106	N チャンネル、エンハンスメント型 縦型 DMOS FET	Q7, Q9, Q10	プログラマ / デバッグ インターフェイス
MCP16331	50 V/1 A 非同期降圧型レギュレータ	U1	電源
MCP16312	30 V/1 A、PWM 同期整流降圧型 レギュレータ	U2	電源
MCP1726-ADJ	1 A、低電圧、低静止電流 LDO レギュレータ	U3	電源
MCP1725	5 V、500 mA、低静止電流 LDO レギュレータ	U4	電源
MCP1824S	3.3 V、300 mA、低静止 電流 LDO レギュレータ	U5	電源
MIC4104YM	3 A/2 A シンク / ソース電流の 100 V ハーフブリッジ MOSFET ドライバ	U7, U8, U9	Three-Phase Inverter
MCP651S	mCal を備えた 50 MHz、200 μ V オペアンプ	U10	電流検出
MCP6024	Microchip Analog Op Amp, 4-Ch, 10 MHz, MCP6024-E/SL, SOIC-14	U11	電流検出
MCP6021	Microchip Analog Op Amp, 1-Ch, 10 MHz, MCP6021T-E/OT, SOT-23-5	U12	電流検出
LM4040CYM3-2.5-TR	2.5 V、高精度マイクロパワー シャント参照電圧	U13	保護回路
AT25256B	SPI シリアル EEPROM、 256K ビット (32,768 x 8)	U14	EEPROM
ATSAME70N21B	高性能、32 ビット ARM FPU(浮動小数点ユニット) 付き Cortex-M7 プロセッサ	U15	プログラマ / デバッグ インターフェイス
24LC256T	256K、I ² C シリアル EEPROM	U16	プログラマ / デバッグ インターフェイス
MIC2042	シングル チャンネル、高電流、 低電圧、保護された 電力分配スイッチ	U17	プログラマ / デバッグ インターフェイス
MCP1727	3.3 V、1.5 A、低電圧、 低静止電流 LDO レギュレータ	U23	プログラマ / デバッグ インターフェイス
MCP6567	1.8 V、低消費電力、 オープンドレイン出力コンパレータ	U25	保護回路
MCP9700A	低消費電力、リニアアクティブ サーミスタ ICS	U33	Three-Phase Inverter
MCP1416	小型で高速な 1.5 A パワー MOSFET ドライバ	U36	動的ブレーキ
DSC6011JI2B-012.0000	超小型、超低消費電力 MEMS オシレータ (DSC60XXB)	Y1	プログラマ / デバッグ インターフェイス

第2章 ボード インターフェイスの説明

2.1 はじめに

この章では、インバータボードの入出力インターフェイスについて詳しく説明します。本書の主な内容は以下の通りです。

- ボード上のコネクタ
- ユーザインターフェイス ハードウェア

2.2 ボード上のコネクタ

本セクションでは本インバータボード上のコネクタを説明します。図 2-1 に本インバータボード上のコネクタを示し、表 2-1 にまとめます。

図 2-1: コネクタ – インバータボード

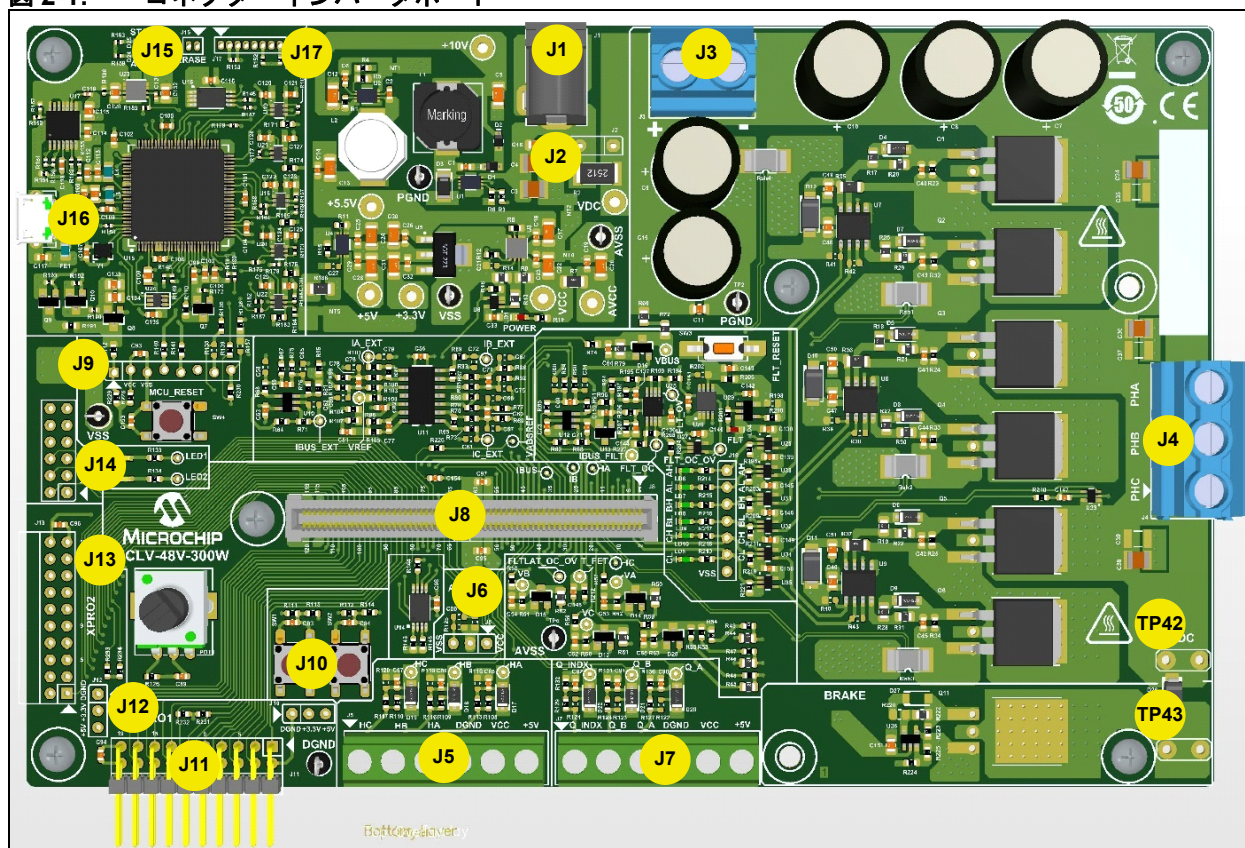


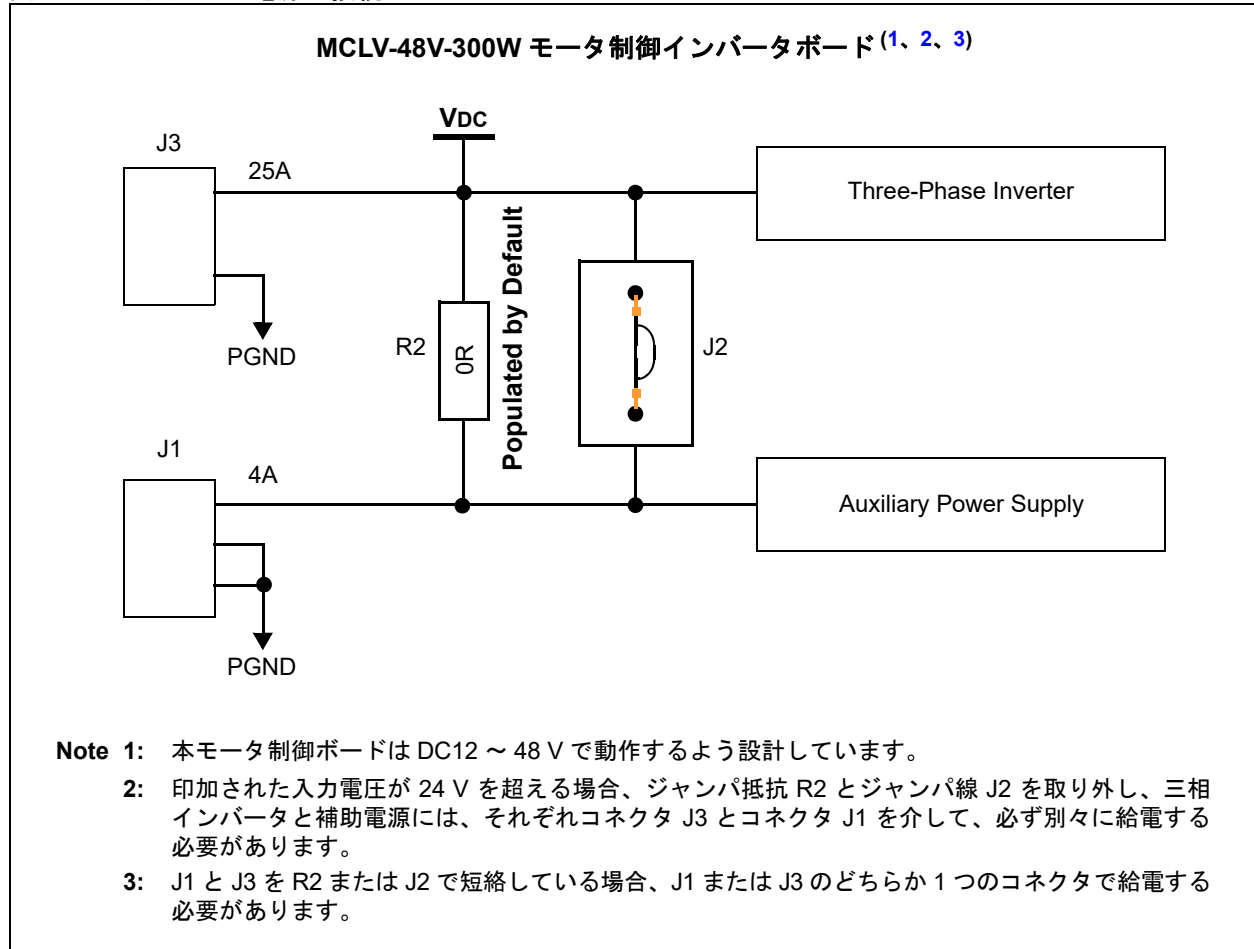
表 2-1: コネクタ – インバータボード

コネクタ名	ピン番号	状態	説明
J1	3	実装済み	入力 DC 電源ジャック
J2	2	未実装	コネクタ J1、J3 の正電源 (V _{DC}) 接続用ジャンパ線 (0.200" または 5.08 mm ピッチ)、J2 の端子は出荷時はジャンパ抵抗 R2 を使って短絡済み
J3	2	実装済み	入力 DC 電源 – 2 ピンコネクタ (0.300" または 7.62 mm ピッチ、AWG10-26 ワイヤ対応)
J4	3	実装済み	モータ接続用三相インバータ出力 (0.300" または 7.62 mm ピッチ、AWG10-26 ワイヤ対応)
J5	6	実装済み	ホール効果センサ インターフェイス コネクタ (0.197" または 5.00 mm ピッチ、AWG16-26 ワイヤ対応)
J6	3	未実装	外部センサ (サーミスタ等) インターフェイス コネクタ
J7	6	実装済み	直交エンコーダ インターフェイス コネクタ (0.197" または 5.00 mm ピッチ、AWG16-26 ワイヤ対応)
J8	120	実装済み	DIM (デュアル インライン モジュール) とのインターフェイス用 DIM インターフェイス ヘッド
J9	8	未実装	ICSP™ ヘッド – プログラマ / デバッグと DIM 上のマイクロコントローラとのインターフェイス用コネクタは千鳥配列になっており、はんだ不要で対応ヘッドを挿入してプログラマを接続可能
J10、J12	3	未実装	外部ボードに +3.3 V または +5 V 出力を供給するために用意されているヘッド
J11	20	実装済み	Microchip Xplained Pro 拡張キット アドオンボードまたはその他のインターフェイス ボードとのインターフェイス用に提供されている 2 列オスヘッド (0.1" または 2.54 mm ピッチ)
J13	20	未実装	Microchip Xplained Pro 拡張キット アドオンボードまたはその他のインターフェイス ボードとのインターフェイス用に提供されている 2 列オスヘッド (0.1" または 2.54 mm ピッチ)
J14	12	未実装	2 列オスヘッド (0.1" または 2.54 mm ピッチ)。このヘッドはオプションの外部回路拡張用に DIM インターフェイス ヘッド J8 のピン 56、72、73、74、75、76、77、78 へのアクセスを提供
J15	2	未実装	消去ジャンパ – MPLAB® X IDE を介して PKOB (PICkit™ On-Board) プログラマ / デバッグをブートリカバリ モードに切り換えるために使用 MPLAB® X IDE
J16	5	実装済み	PKOB (PICkit On-Board) プログラマ / デバッグ インターフェイス コネクタ (標準メス USB Micro-B コネクタ)
J17	8	未実装	SWD ヘッド – PKOB セクション内の ATSAME70N21B のプログラミング / デバッグ用
TP42、TP43	各 1	未実装	外部ブレーキ抵抗接続用 PCB タブコネクタ

2.2.1 電源コネクタ (J1、J2、J3)

本インバータボードは DC12 ~ 48 V で動作するよう設計しています。図 2-2 に示すように、本インバータボードへは同軸プラグ J1 またはコネクタ J3 から給電できます。

図 2-2: 入力 DC 電源の接続



ジャンパ R2 またはジャンパ線 J2 を取り外すと、コネクタ J3 を通してインバータに個別に給電できます。この時、回路の残りの部分へは同軸プラグ J1 から給電できます。ジャンパ R2 またはジャンパ線 J2 を短絡して J1 と J3 を再度接続することで、J1 または J3 のいずれかのコネクタからインバータボードに給電できるようになります。コネクタ J1 の最大電流は 4 A、コネクタ J3 の最大電流は 25 A です。表 2-2 にコネクタ J1、表 2-3 にコネクタ J3 のピン割り当てを示します。

表 2-2: ピン機能 – コネクタ J1

ピン番号	信号名	ピン機能
1	VDC	DC 入力正側
2	PGND	DC 入力負側または PGND
3	PGND	DC 入力負側または PGND

表 2-3: ピン機能 – コネクタ J3

ピン番号	信号名	ピン機能
–	PGND	DC 入力負側または PGND
+	VDC	DC 入力正側

2.2.2 インバータ出力コネクタ (J4)

本インバータボードは三相 PMSM/BLDC モータを駆動できます。三相モータ制御インバータの出力はコネクタ J4 に接続されています。コネクタ J4 のピン割り当てを表 2-4 に示します。

表 2-4: ピン機能 – コネクタ J4

ピン番号	信号名	ピン機能
1	M1_PHASE_C	インバータ相 3 出力
2	M1_PHASE_B	インバータ相 2 出力
3	M1_PHASE_A	インバータ相 1 出力

2.2.3 ホール効果センサ インターフェイス ヘッダ (J5)

通常、3 つのホール効果センサを使ってロータ位置とモータ速度を検出します。コネクタ J5 をホール効果センサ出力と本インバータボードとのインターフェイスに使うと、センサベース BLDC/PMSM モータ制御アプリケーションが可能です。表 2-5 に、コネクタ J5 のピン機能を示します。このコネクタは +5 V と VCC を出力でき、その仕様に基づいてホール効果センサに給電できます。

表 2-5: ピン機能 – コネクタ J5

ピン番号	信号名	ピン機能
1	M1_HALL_C	モータからのホール効果センサ C フィードバック
2	M1_HALL_B	モータからのホール効果センサ B フィードバック
3	M1_HALL_A	モータからのホール効果センサ A フィードバック
4	DGND	デジタルグランド
5	VCC	ホール効果センサの VCC 電源 (表 C-2 参照)
6	+5 V	ホール効果センサの +5 V 電源

2.2.4 外部センサ インターフェイス コネクタ (J6)

3 ピンコネクタ (0.1" または 2.54 mm ピッチ) J6 でセンサ (サーミスタ等) と本インバータボードを接続できます。出荷時は未実装です。必要に応じて、製品番号 TSW-103-07-G-S または同等品を実装する必要があります。表 2-6 に、コネクタ J6 のピン機能を示します。

表 2-6: ピン機能 – コネクタ J6

ピン番号	信号名	ピン機能
1	Vcc	Vcc 電源 (表 C-2 参照)
2	Signal	このピンを使うと、センサ入力 (サーミスタ等) を接続できます。出力として使う事もできます。
3	Vss	電源グランド

2.2.5 直交エンコーダ インターフェイス ヘッダ (J7)

直交エンコーダでロータ位置とモータ速度を検出します。コネクタ J7 を直交エンコーダ出力と本インバータボードとのインターフェイスに使うと、センサベース BLDC/PMSM モータ制御アプリケーションが可能です。表 2-7 に、コネクタ J7 のピン機能を示します。このコネクタは +5 V と Vcc を出力でき、その仕様に基づいて直交エンコーダに給電できます。直交エンコーダからのホーム位置信号は、Xplained Pro ヘッダに接続されたマイクロコントローラピン (J11 または J13) のどちらかを介してインターフェイスされます (補遺 D.「信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ」参照)。

表 2-7: ピン機能 – コネクタ J7

ピン番号	信号名	ピン機能
1	INDEX	直交エンコーダ INDEX フィードバック
2	QEB	直交エンコーダ B 相フィードバック
3	QEA	直交エンコーダ A 相フィードバック
4	DGND	デジタルグランド
5	Vcc	Vcc 電源 (表 C-2 参照)
6	+5 V	直交エンコーダの +5 V 電源

2.2.6 DIM インターフェイス コネクタ (J8)

DIM(デュアル インライン モジュール) は、特定の Microchip 社インバータボードに装着して Microchip 社の各種 8/16/32 ビット DSC および MCU ファミリを評価する事ができる小型の PCB(プリント基板) です。これらのモジュールは DIM インターフェイス ヘッダ J8 を介して本インバータボードに挿入でき、モータ制御アルゴリズムの評価と開発が可能です。これは 120 ピン、0.80 mm の堅牢な高速エッジカード コネクタです (製品番号: HTEC8-160-01-L-DV-A-K-TR)。補遺 D.「信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ」に、ピンの詳細を示します。

2.2.7 プログラマ / デバッガ インターフェイス用 ICSP™ ヘッダ (J9)

8 ピンヘッダ J9 を使うと、必要に応じて、ヘッダ J8 を介して接続される DIM 上に実装されたマイクロコントローラのプログラミングとデバッグ用プログラマ / デバッガ (PICkit™ 4 等) を接続できます。出荷時は未実装です。必要に応じて、製品番号 61300811121 または同等品を実装する必要があります。表 2-8 に、ピンの詳細を示します。

表 2-8: ピン機能 – ヘッダ J9

ピン番号	信号名	ピン機能
1	MCLR	デバイスリセット
2	Vcc	Vcc 電源 (表 C-2 参照)
3	Vss	電源グランド
4	PGD	デバイス プログラミング データライン (PGD) または SWO
5	PGC	デバイス プログラミング クロックライン (PGC) または SWCLK
6	未接続	—
7	TDI または TX	デバイス仮想 COM ポート送信ラインまたは TDI
8	TMS または RX	デバイス仮想 COM ポート受信ラインまたは SWDIO

2.2.8 電源ヘッダ (J10、J12)

3 ピンヘッダの J10 と J12 は、インバータボードから J11、J13、または J14 を介して接続される外部回路に電力を供給するために用意されています。インバータボードから外部回路に電力を供給する際は、その消費電流が +3.3 V または +5 V 電源の供給能力を超えないようにします。ヘッダ J10 と J12 は出荷時は未実装です。必要に応じて、製品番号 TSW-103-07-T-S または同等品を実装する必要があります。表 2-9 に、ピンの詳細を示します。

表 2-9: ピン機能 – ヘッダ J10、J12

ピン番号	信号名	ピン機能
1	DGND	デジタルグランド
2	+3.3 V	外部回路に電力を供給する +3.3 V 電源出力
3	+5 V	外部回路に電力を供給する +5 V 電源出力

2.2.9 Xplained Pro ヘッダ (J11、J13)

本インバータボードは 2 つの Xplained Pro ヘッダ (J11、J13) を備えており、「Xplained Pro 拡張キット」と呼ばれるアドオンボードを取り付ける事で機能を拡張できます。これらのヘッダは DIM インターフェイス ヘッダ J8 を介して接続されたターゲット DSC/MCU のピンにアクセスするためにも使えます。本インバータボードには『Atmel MCUs Xplained Pro Hardware Development Kit (HDK)』に規定された Xplained Pro 標準拡張ヘッダの接続が実装されています。ピンは、通信ピン (SPI、UART、I²C)、PWM、割り込み、アナログ入力、電源信号 (Vcc と GND)、拡張ボード上の ID チップへの通信ラインで構成されています。

ヘッダ J13 は出荷時は未実装です。必要に応じて、製品番号 PH2RA-20-UA または同等品によりヘッダ (オス、2 列、0.1" または 2.54 mm ピッチ) を実装する必要があります。

DIM インターフェイス ヘッダ (J8) と Xplained Pro ヘッダ (J11、J13) 間のピンの対応については、補遺 D.「信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ」を参照してください。

2.2.10 インターフェイス ヘッダ (J14)

DIM インターフェイス ヘッダ J8 の一部のピンはインバータボード上の回路に接続されていません。そのため、これらの未使用ピンでインバータボードにアドオンカードまたは外部回路を接続して機能を拡張できます。これらの未使用ピンはアクセスしやすいようにヘッダ J14 (2 列、12 ポジション、2.54 mm または 0.1" ピッチ) に接続されています。出荷時は未実装です。必要に応じて、製品番号 TSW-106-07-G-D または同等品を実装する必要があります。表 2-10 に、ピンの詳細を示します。

表 2-10: ピン機能 – ヘッダ J14

ピン番号	信号名	ピン機能
1	DIM_PIN078	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 78 に直接接続
2	DIM_PIN077	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 77 に直接接続
3	DIM_PIN076	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 76 に直接接続
4	DIM_PIN075	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 75 に直接接続
5	DIM_PIN074	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 74 に直接接続
6	DIM_PIN073	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 73 に直接接続
7	DIM_PIN072	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 72 に直接接続
8	DEBUG_GPIO1	DIM インターフェイス ヘッダ J8 のピン 56 に直接接続
9	DGND	デジタルグランド
10	DGND	デジタルグランド
11	+5 V	外部回路への +5 V 電源出力
12	+3.3 V	外部回路への +3.3 V 電源出力

2.2.11 エマージェンシー リカバリジャンパ – PICkit™ 4 On-Board (J15)

まれに、PKOB4 (PICkit 4 On-Board) デバッグをリカバリブート モード (再プログラム) にする必要がある場合があります。2 ピンヘッダの J15 は、インバータボード上の PKOB4 のエマージェンシー リカバリジャンパです。ハードウェア ツール エマージェンシー ブート ファームウェア リカバリのプロセス中、このジャンパのピン同士を短絡させることができます。ハードウェア ツール エマージェンシー ブート ファームウェア リカバリの詳細は、『MPLAB® X IDE ユーザガイド』を参照してください。

2.2.12 PKOB インターフェイス USB コネクタ (J16)

これは標準 USB Micro-B レセプタクルです。PICkit On-Board (PKOB) プログラミング / デバッグツールとの USB 通信に使います。表 2-11 に、コネクタ J16 のピン割り当てを示します。

表 2-11: ピン機能 – コネクタ J16

ピン番号	信号名	ピン機能
0	未接続	コネクタハウジングは GND に接続
1	VBUS	USB 5 V
2	USB_N	USB データ -
3	USB_P	USB データ +
4	未接続	—
5	GND	PKOB グランド (GND)

2.2.13 動的ブレーキ抵抗コネクタ (TP42、TP43)

モータ制御アプリケーションでは、減速または急な逆回転中にモータがモータドライブにエネルギーを逆供給するジェネレータとして動作する事があります。この回収された電力が消費されない場合、DC リンク電圧が上昇し、過電圧条件が生じる可能性があります。このような回生またはブレーキの間、動的ブレーキ (ブレーキ抵抗と直列のブレーキスイッチを DC バスの両端に接続) を採用すると、この過剰なエネルギーを消費して DC リンク電圧を安全動作レベルに維持する事ができます。

本ボードは動的ブレーキ回路を備えています。このブレーキ回路は 25 °Cの動作電圧レンジで 10 A (RMS) まで流せます。抵抗の値はピークブレーキ状態での電流が 10 A 未満になるように選択する必要があります。これに従って、ユーザはボード上の端子 (TP42 と TP43) を使って外付けブレーキ抵抗を追加できます。ブレーキ抵抗のインダクタンスによる電流を環流するため、ブレーキ抵抗端子間にダイオード D26 が提供されています。ブレーキスイッチ (Q11)、還流ダイオード (D26)、ブレーキ抵抗端子 (TP42 と TP43) は、出荷時はインバータボードに実装されていません。表 2-12 に、ピンの詳細を示します。

表 2-12: ピン機能 – TP42 と TP43

ピン番号	ピン名	ピン機能
TP42	端子 #1 – VDC	DC 入力正側 – 抵抗端子 #1
TP43	端子 #2	動的ブレーキスイッチ ドレイン出力 – 抵抗端子 #2

2.3 ユーザインターフェイス ハードウェア

本セクションでは本インバータボードが備える LED、プッシュボタン、ポテンショメータ、テストポイントを説明します。

2.3.1 LED

図 2-3 に本インバータボード上の LED を示し、表 2-13 でまとめます。

図 2-3: LED – インバータボード

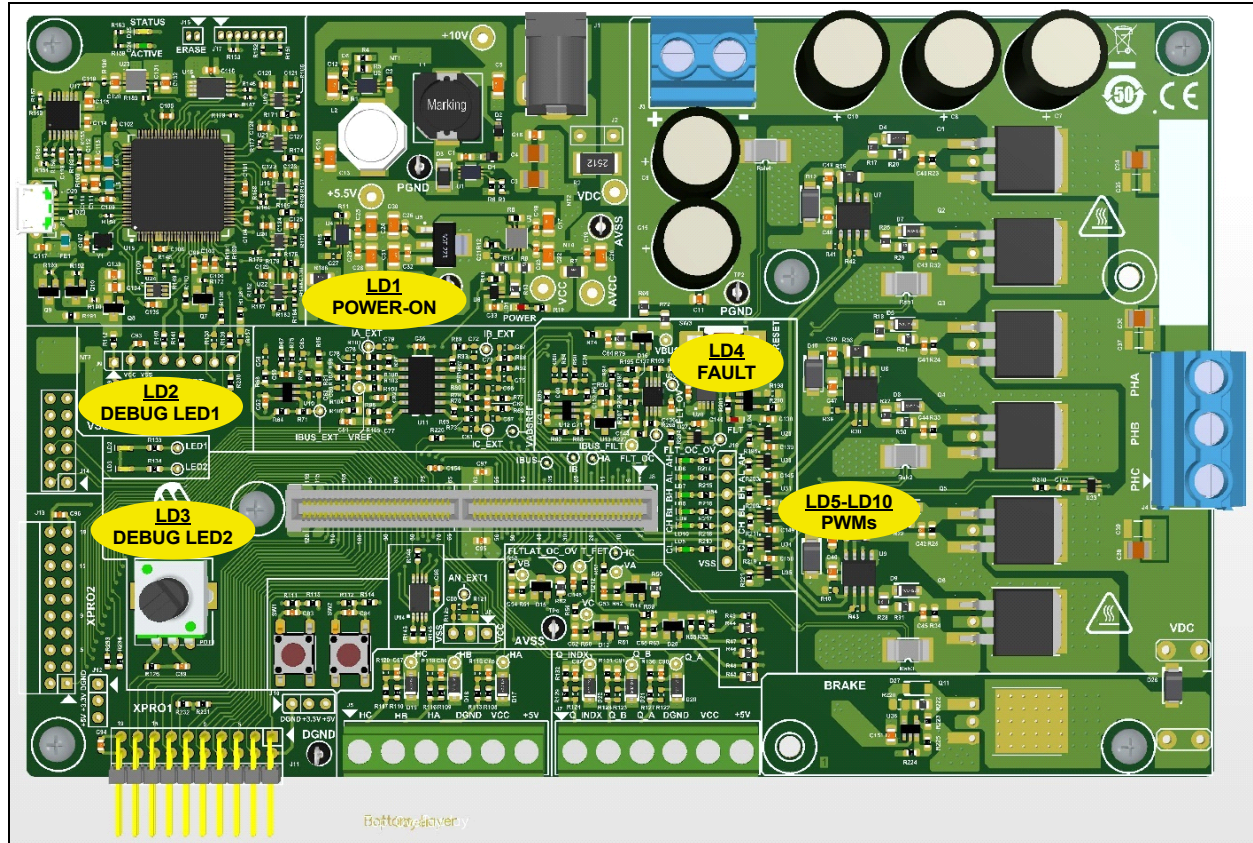


表 2-13: LED – インバータボード

LED 名	LED の色	表示内容
LD1 (POWER)	赤	電源ステータス表示、補助電源 Vcc 出力に接続
LD2 (LED1)	黄	デバッグ用
LD3 (LED2)	黄	デバッグ用
LD4 (FLT)	赤	過電圧および / または過電流フォルトを表示
LD5-LD10	緑	PWM 表示 LED

2.3.2 プッシュボタン

図 2-4 に本インバータボード上のプッシュボタンを示し、表 2-14 にまとめます。

プッシュボタン SW1、SW2 で本モータの起動、停止等の動作を制御します。これらのプッシュボタンの機能はモータ制御アプリケーション ファームウェアで定義します。

プッシュボタン SW3、SW4 には固有の機能があります。これらの機能の説明は、表 2-14 を参照してください。

図 2-4: プッシュボタン－インバータボード

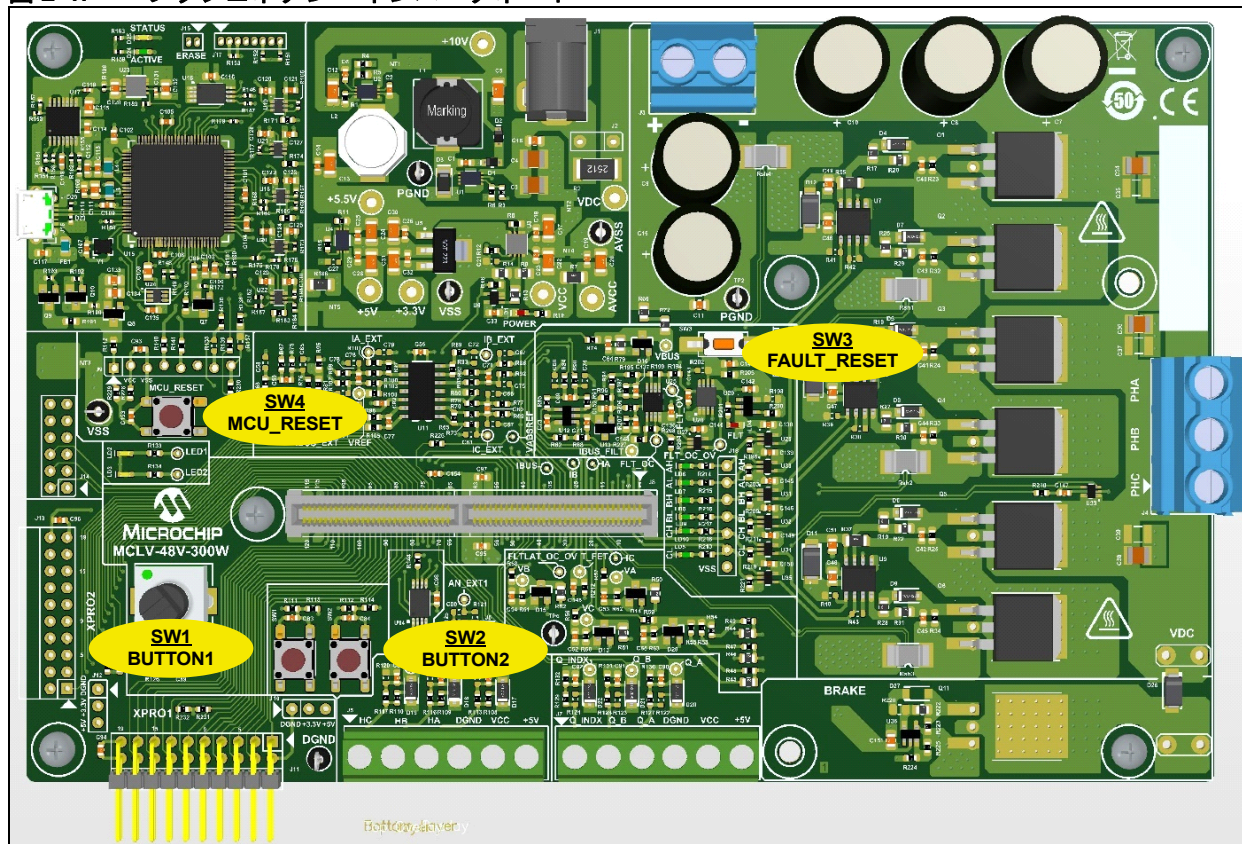


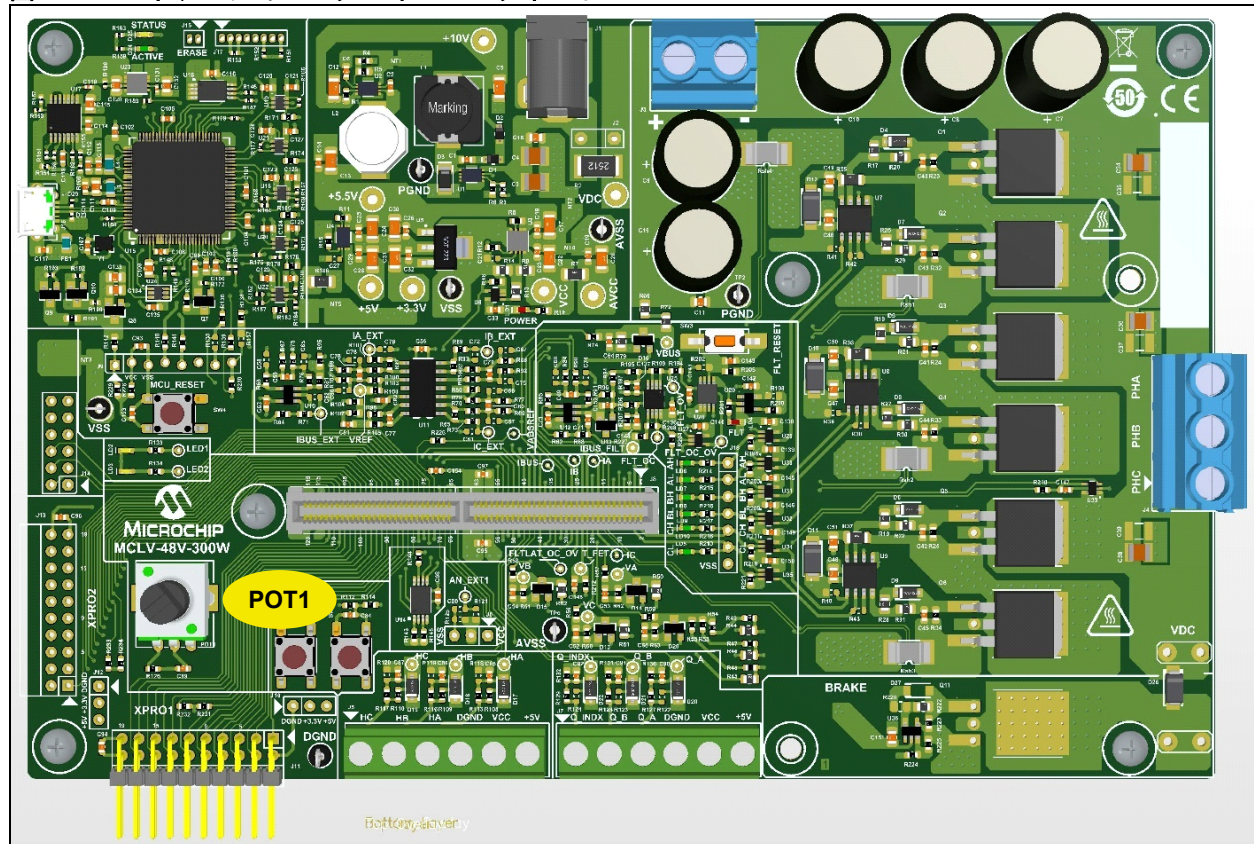
表 2-14: プッシュボタン

SI 番号	プッシュボタン名	プッシュボタンの機能
1	SW1 (BUTTON1)	汎用プッシュボタン
2	SW2 (BUTTON2)	汎用プッシュボタン
3	SW3 (FAULT_RESET)	このプッシュボタンはフォルトラッチ IC (U28) のリセット入力 (ピン #6 – $\overline{RD}$) に接続されています。このボタンを押すとラッチがリセットされ、フォルトが非アクティブの場合はラッチされたフォルトがクリアされます (詳細は C.3「ハードウェア過電流および過電圧保護」 を参照)。
4	SW4 (MCU_RESET)	このプッシュボタンはDIM インターフェイス ヘッダ J8 の DIM_MCLR(ピン #47) に接続されています。このボタンを使うと、ヘッダ J8 を介して接続された DIM 上の DSC または MCU をリセットできます。

2.3.3 ポテンショメータ

本インバータボード上のポテンショメータ (図 2-5 参照) は (J8 に装着された DIM 上の) マイクロコントローラのアナログ入力の 1 つに接続されており、モータ制御アプリケーションファームウェアで設定されているモータの速度、電流、またはデューティ参照値を設定することができます。

図 2-5: ポテンショメータ – インバータボード



2.3.4 テストポイント

本インバータボードは相電圧、モータ電流、補助電源出力等の各種信号を監視できるテストポイントを備えています。図 2-6 にこれらのテストポイントを示し、表 2-15 にまとめます。

図 2-6: テストポイント – インバータボード

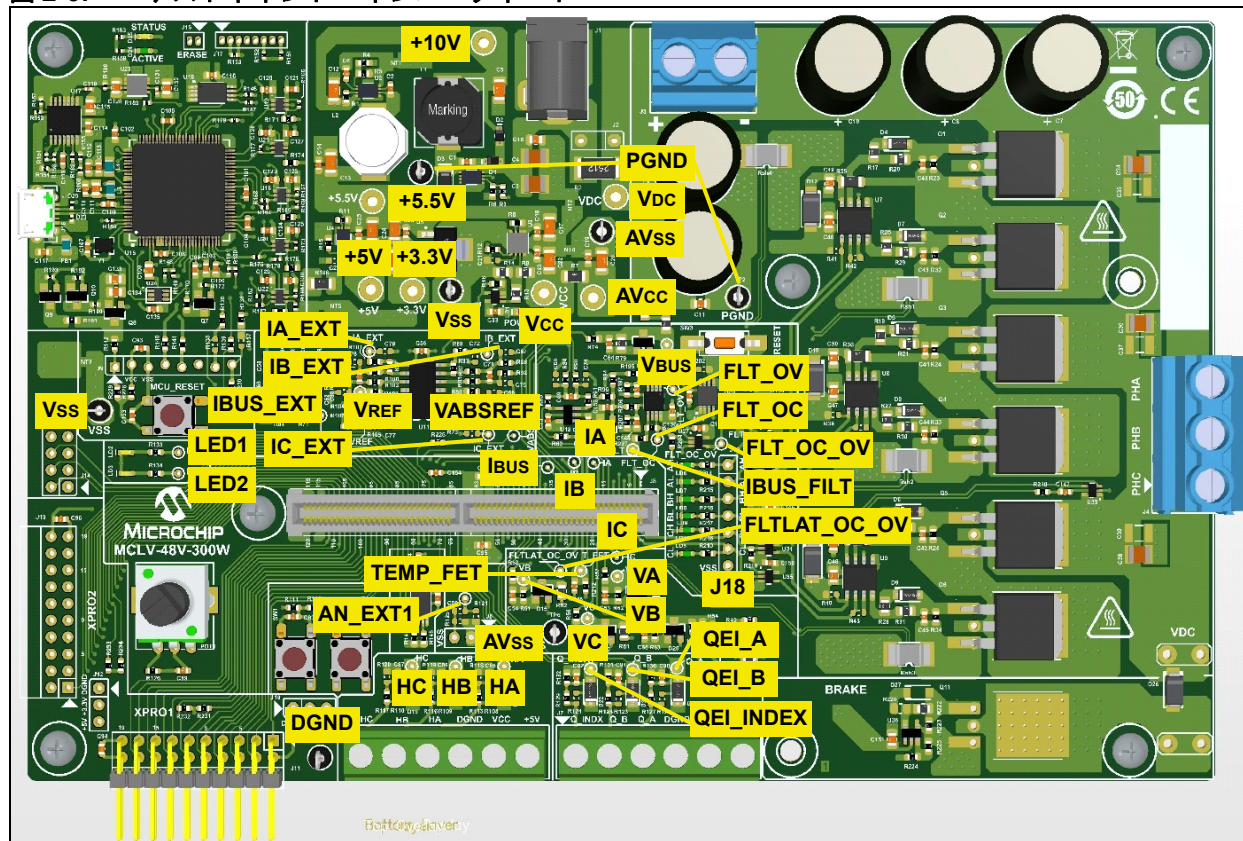


表 2-15: テストポイント

テスト ポイント 番号	Signal	説明
電源入出力		
TP8	VDC	DC 電源入力
TP1, TP2	PGND	電源グラウンド
TP10	+5.5 V	MCP16312 降圧型レギュレータ (U2) の +5.5 V 電源出力
TP11	+5 V	MCP1725 LDO (U4) の +5 V 電源出力
TP12	+3.3 V	MCP1824S LDO (U5) の +3.3 V 電源出力
TP13	Vcc	MCP1726 可変 LDO (U3) の Vcc 出力。Vcc の出力は信号 VCC_SELECT によって決まる (表 C-2 参照)
TP4, TP5	Vss	グラウンド
TP9	+10 V	MCP16331 降圧型レギュレータ (U1) の +10 V 電源出力
TP3	DGND	デジタルグラウンド
TP14	AVcc	AVcc 出力。AVcc の出力レベルは信号 VCC_SELECT によって決まる • VCC_SELECT = High の場合、AVcc = +5 V • VCC_SELECT = Low の場合、AVcc = +3.3 V
TP6, TP7	AVss	アナロググラウンド
アナログ信号		
TP24	VREF	オペアンプ出力バイアス用参照電圧。VREF 出力レベルは信号 VCC_SELECT によって決まる • VCC_SELECT = High の場合、VREF = +2.5 V • VCC_SELECT = Low の場合、VREF = +1.65 V
TP45	VABSREF	+2.5 V 参照電圧 – LM4040C (U13) の出力
TP16	M1_VA	電圧フィードバック – A 相
TP17	M1_VB	電圧フィードバック – B 相
TP15	M1_VC	電圧フィードバック – C 相
TP20	M1_VBUS	電圧フィードバック – DC バス
TP19	M1_IA_EXT	増幅された電流 – A 相。外付けアンプ U11C (MCP6024 - 3) の出力
TP22	M1_IB_EXT	増幅された電流 – B 相。外付けアンプ U11B (MCP6024 - 2) の出力
TP23	M1_IC_EXT	増幅された電流 – C 相。外付けアンプ U11A (MCP6024 - 1) の出力
TP18	M1_IBUS_EXT	増幅されたバス電流。外付けアンプ U10 (MCP651S) の出力
TP21	M1_IBUS_FILT	増幅されフィルタ処理されたバス電流。電流保護回路の入力であり、外付けアンプ U12 (MCP6021) の出力
TP34	M1_IA	増幅電流 – A 相。A 相電流を増幅するよう設定されたマイクロコントローラの内蔵アンプの出力。この信号は DIM がこの機能を提供している場合にのみ存在する。詳細は、その DIM の注意事項 (Information) シートを参照
TP36	M1_IB	増幅電流 – B 相。B 相電流を増幅するよう設定されたマイクロコントローラの内蔵アンプの出力。この信号は DIM がこの機能を提供している場合にのみ存在する。詳細は、その DIM の注意事項 (Information) シートを参照
TP35	M1_IC	増幅電流 – C 相。C 相電流を増幅するよう設定されたマイクロコントローラの内蔵アンプの出力。この信号は DIM がこの機能を提供している場合にのみ存在する。詳細は、その DIM の注意事項 (Information) シートを参照
TP44	M1_IBUS	増幅電流 – IBUS。DC バス電流を増幅するよう設定されたマイクロコントローラの内蔵アンプの出力。この信号は DIM がこの機能を提供している場合にのみ存在する。詳細は、その DIM の注意事項 (Information) シートを参照
TP28	AN_EXT1	コネクタ J6 を介して接続されるセンサ
TP41	M1_TEMP_FET	MOSFET 温度 – 内蔵温度センサ MCP9700A (U33) の出力
ホール効果センサ フィードバック		
TP25	M1_HALL_A	ホール効果センサ A フィードバック

表 2-15: テストポイント (続き)

テスト ポイント 番号	Signal	説明
TP26	M1_HALL_B	ホール効果センサ B フィードバック
TP27	M1_HALL_C	ホール効果センサ C フィードバック
直交エンコーダ フィードバック		
TP29	M1_QEI_A	直交エンコーダ A フィードバック
TP30	M1_QEI_B	直交エンコーダ B フィードバック
TP31	M1_QEI_INDEX	直交エンコーダ Index フィードバック
ユーザ インターフェイス		
TP32	M1_LED1	LED1 出力 – 汎用 LED LD2 に接続
TP33	M1_LED2	LED2 出力 – 汎用 LED LD3 に接続
フォルト出力		
TP37	M1_FLTLAT_OC_OV	フォルト出力 – ラッチされた過電圧および / または過電流の組み合わせ
TP38	M1_FLT_OV	フォルト出力 – 過電圧
TP39	M1_FLT_OC_OV	フォルト出力 – 過電圧および / または過電流の組み合わせ
TP40	M1_FLT_OC	フォルト出力 – 過電流
PWM 出力		
J18 - 1	M1_PWM_AH	マイクロコントローラからの PWM1H 出力、インバータ ハーフブリッジ A のハイサイド MOSFET Q1 を制御
J18 - 2	M1_PWM_AL	マイクロコントローラからの PWM1L 出力、インバータ ハーフブリッジ A のローサイド MOSFET Q2 を制御
J18 - 3	M1_PWM_BH	マイクロコントローラからの PWM2H 出力、インバータ ハーフブリッジ B のハイサイド MOSFET Q3 を制御
J18 - 4	M1_PWM_BL	マイクロコントローラからの PWM2L 出力、インバータ ハーフブリッジ B のローサイド MOSFET Q4 を制御
J18 - 5	M1_PWM_CH	マイクロコントローラからの PWM3H 出力、インバータ ハーフブリッジ C のハイサイド MOSFET Q5 を制御
J18 - 6	M1_PWM_CL	マイクロコントローラからの PWM3L 出力、インバータ ハーフブリッジ C のローサイド MOSFET Q6 を制御
J18 - 7	Vss	グラウンド

補遺 A. 回路図とレイアウト図

A.1 ボードの回路図とレイアウト図

本セクションでは MCLV-48V-300W インバータボードの回路図と PCB レイアウトを示します。本インバータボードは 4 層 FR4、1.6 mm、PTH(めっき処理スルーホール)構造です。

表 A-1 に、本インバータボードの回路図をまとめます。

表 A-1: 回路図

図番号	回路図 シート番号	ハードウェア セクション
図 A-1	1/8	入力電源接続 : • +10 V DC/DC コンバータ • +5.5 V DC/DC コンバータ • +5 V LDO • +3.3 V LDO および Vcc 可変 LDO
図 A-2	2/8	• モータ制御インバータ – 三相 MOSFET ブリッジ • MOSFET ゲートドライバ (U7、U8、U9) • 相電圧および再構成されたニュートラル検出回路
図 A-3	3/8	• 参照電圧バッファ (U11-D) • 相電流増幅用外付けオペアンプ (U11-A、B、C) • バス電流増幅用外付けオペアンプ (U10) • DC バス電圧検出回路 • VABSREF 参照電圧 (U13) • 過電流保護用の DC バス電流増幅 (U12)
図 A-4	4/8	• 過電圧検出回路 • 過電流検出回路 • フォルト条件で PWM を無効にする論理ゲート • 温度センサ – MOSFET の熱保護 • フォルトラッチ • PWM 表示 LED • ブレーキ回路
図 A-5	5/8	• ホール効果センサ インターフェイス • 直交エンコーダ インターフェイス • LED • プッシュボタン • ポテンショメータ
図 A-6	6/8	• DIM インターフェイス コネクタ • PICkit™ 4 インターフェイス ヘッダ • MCU リセット プッシュボタン • EEPROM 回路 • Xplained Pro 拡張ヘッダ #1、#2

表 A-1: 回路図 (続き)

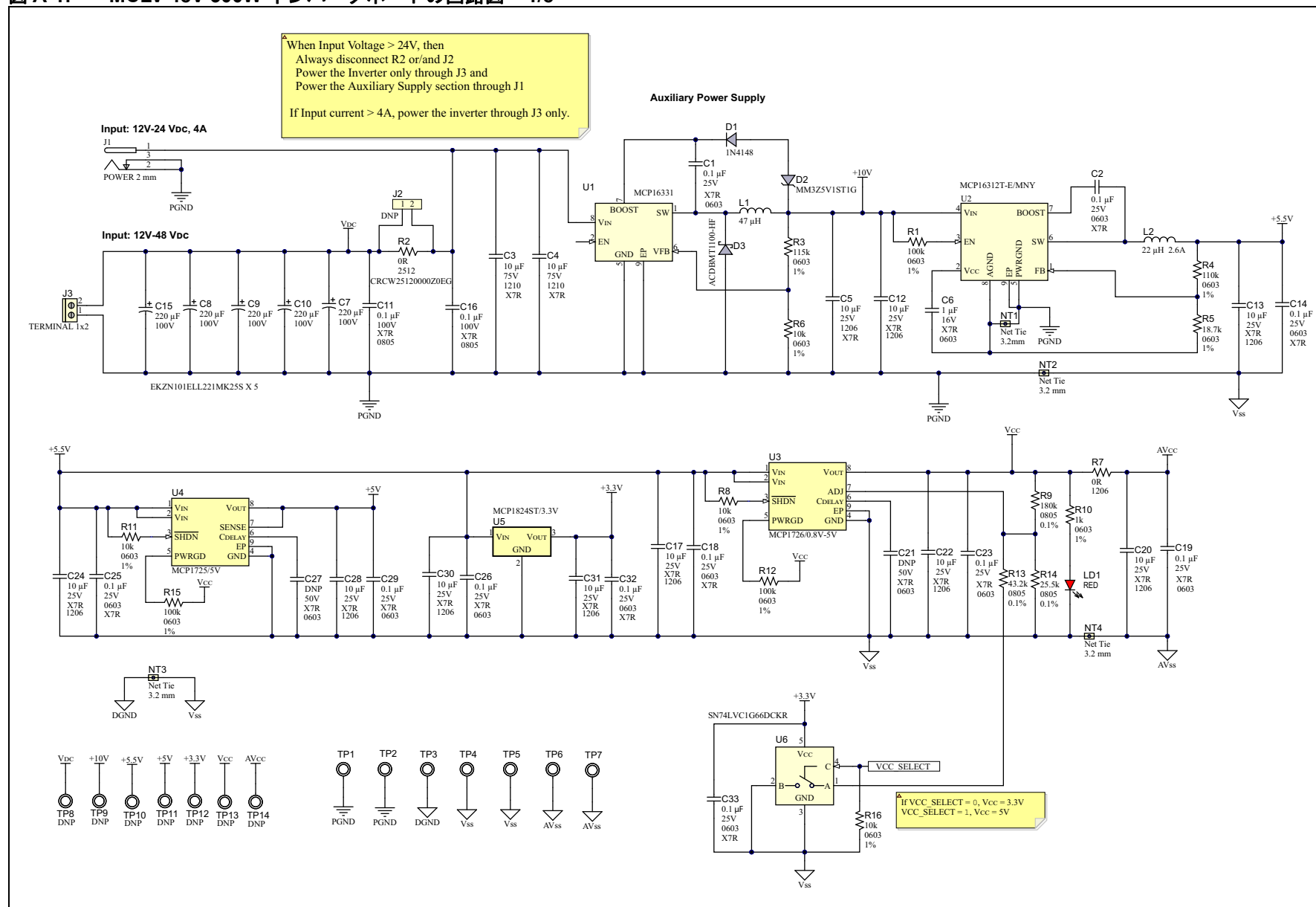
図番号	回路図 シート番号	ハードウェア セクション
図 A-7	7/8	PKOB: ・ コントローラ ・ USB インターフェイス ・ 電圧レギュレータ ・ EEPROM ・ 表示 LED
図 A-8	8/8	PKOB: ・ 電圧変換器 ・ スイッチ ・ リセット

表 A-2 に、本インバータボードのレイアウト図をまとめます。

表 A-2: PCB 層

図番号	説明
図 A-9	上面層 : 上面シルクと上面銅箔層
図 A-10	中間層 -1: 銅
図 A-11	中間層 -2: 銅
図 A-12	下面層 : 下面シルクと下面銅箔層
図 A-13	PCB 3D プリント : 上面
図 A-14	PCB 3D プリント : 下面

図 A-1: MCLV-48V-300W インバータボードの回路図 - 1/8



The schematic diagram illustrates the motor driver PCB layout, organized into three main functional blocks: the power stage, the PWM control stage, and the phase voltage feedback stage.

Power Stage: This section features three identical half-bridge drivers for phases A, B, and C. Each driver consists of a PMEG4010CEH,115 MOSFET (Q1, Q2, Q3 for Phase A; Q4, Q5, Q6 for Phase B; Q7, Q8, Q9 for Phase C) and a SUM60020E-GE3.2 MOSFET (Q10, Q11, Q12 for Phase A; Q13, Q14, Q15 for Phase B; Q16, Q17, Q18 for Phase C). The gates are driven by a 10V supply (VDD) through a network of resistors (R17-R20, R27-R30, R37-R40) and capacitors (C40-C43, C47-C50). The drains are connected to the motor phases (MI PHASE A, MI PHASE B, MI PHASE C) and shunt resistors (Rsh1-Rsh3) for current sensing. The sources are connected to the motor common (MI SHUNT IBUS N) and the motor common (MI SHUNT IBUS P). The motor phases are connected to the motor terminals (J4) and the motor common (MI SHUNT IBUS N).

PWM Control Stage: This stage uses three MIC4104 comparators (U7, U8, U9) to generate the PWM signals for the MOSFET gates. The comparators are configured with VDD and VSS pins connected to a 10V supply. The inputs are connected to the motor phases (MI PHASE A, MI PHASE B, MI PHASE C) and the motor common (MI SHUNT IBUS N). The outputs are connected to the motor phases (MI HO A, MI HO B, MI HO C) and the motor common (MI SHUNT IBUS N).

Phase Voltage Feedback Stage: This stage uses three BAS40-04 diodes (D14, D15, D16) to sense the phase voltages. The diodes are connected to the motor phases (MI PHASE A, MI PHASE B, MI PHASE C) and the motor common (MI SHUNT IBUS N). The outputs are connected to the motor phases (MI VA, MI VB, MI VC) and the motor common (MI SHUNT IBUS N).

図 A-3: MCLV-48V-300W インバータボードの回路図 - 3/8

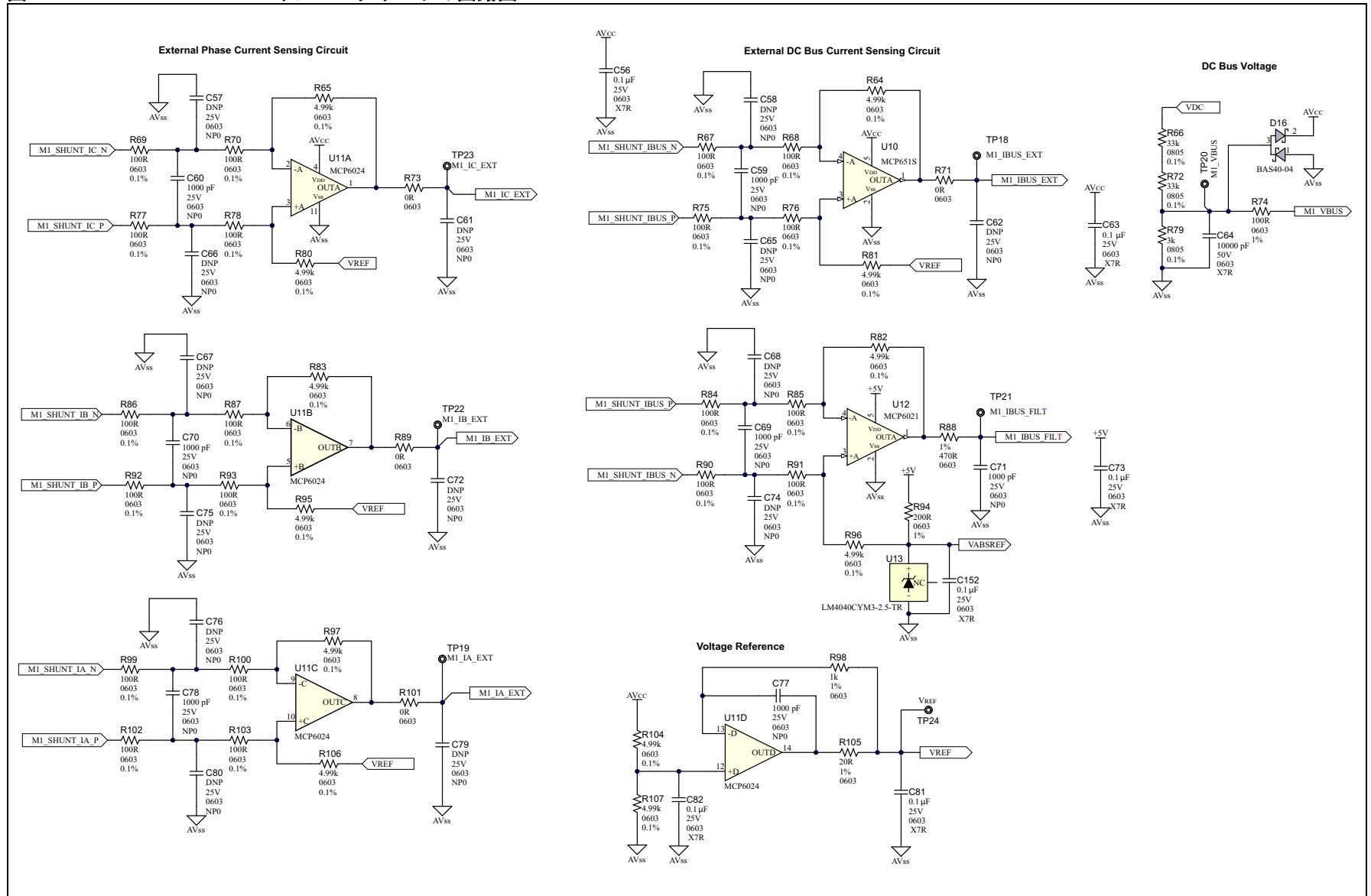


図 A-4: MCLV-48V-300W インバータボードの回路図 - 4/8

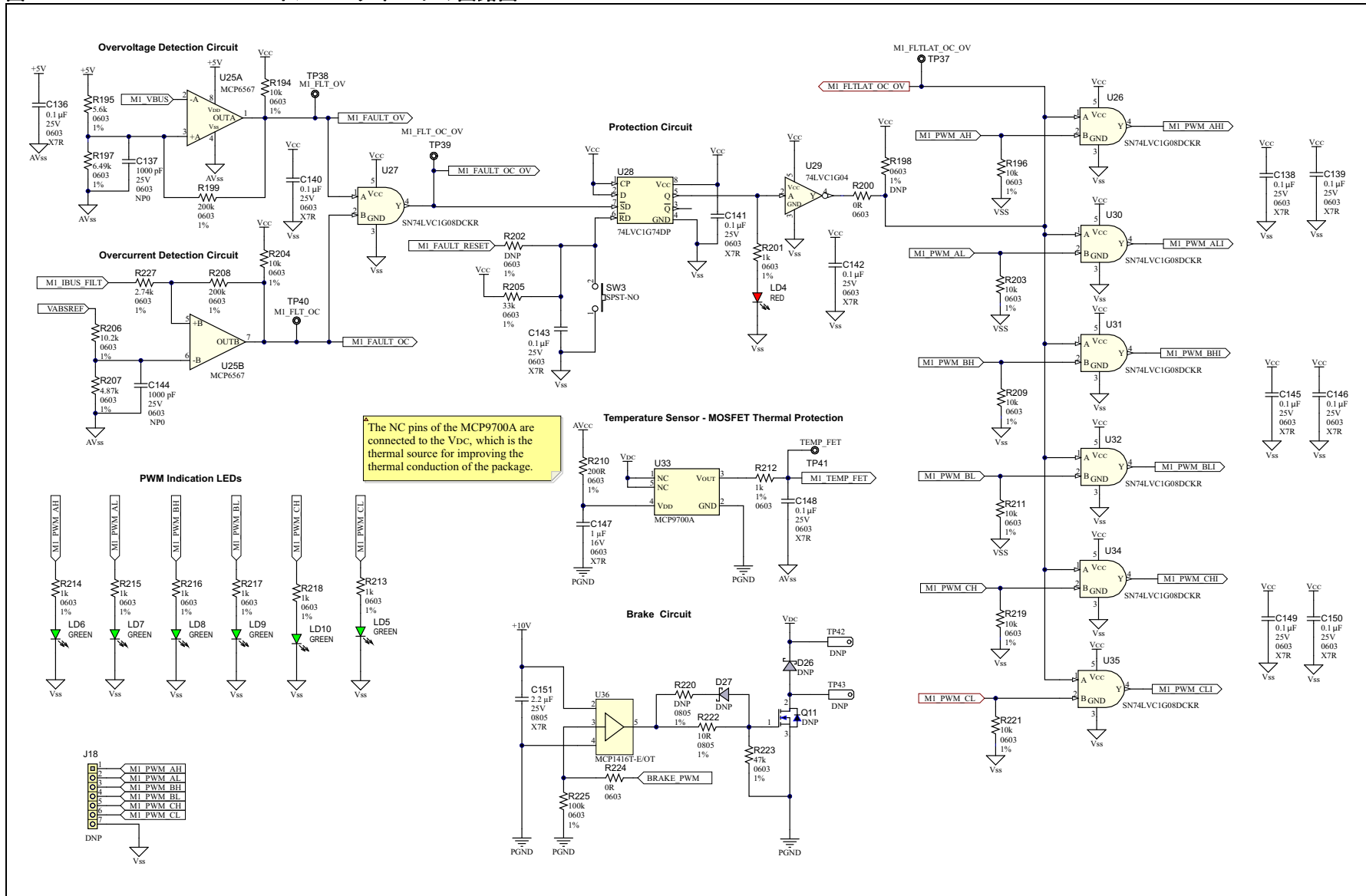


図 A-5: MCLV-48V-300W インバータボードの回路図 - 5/8

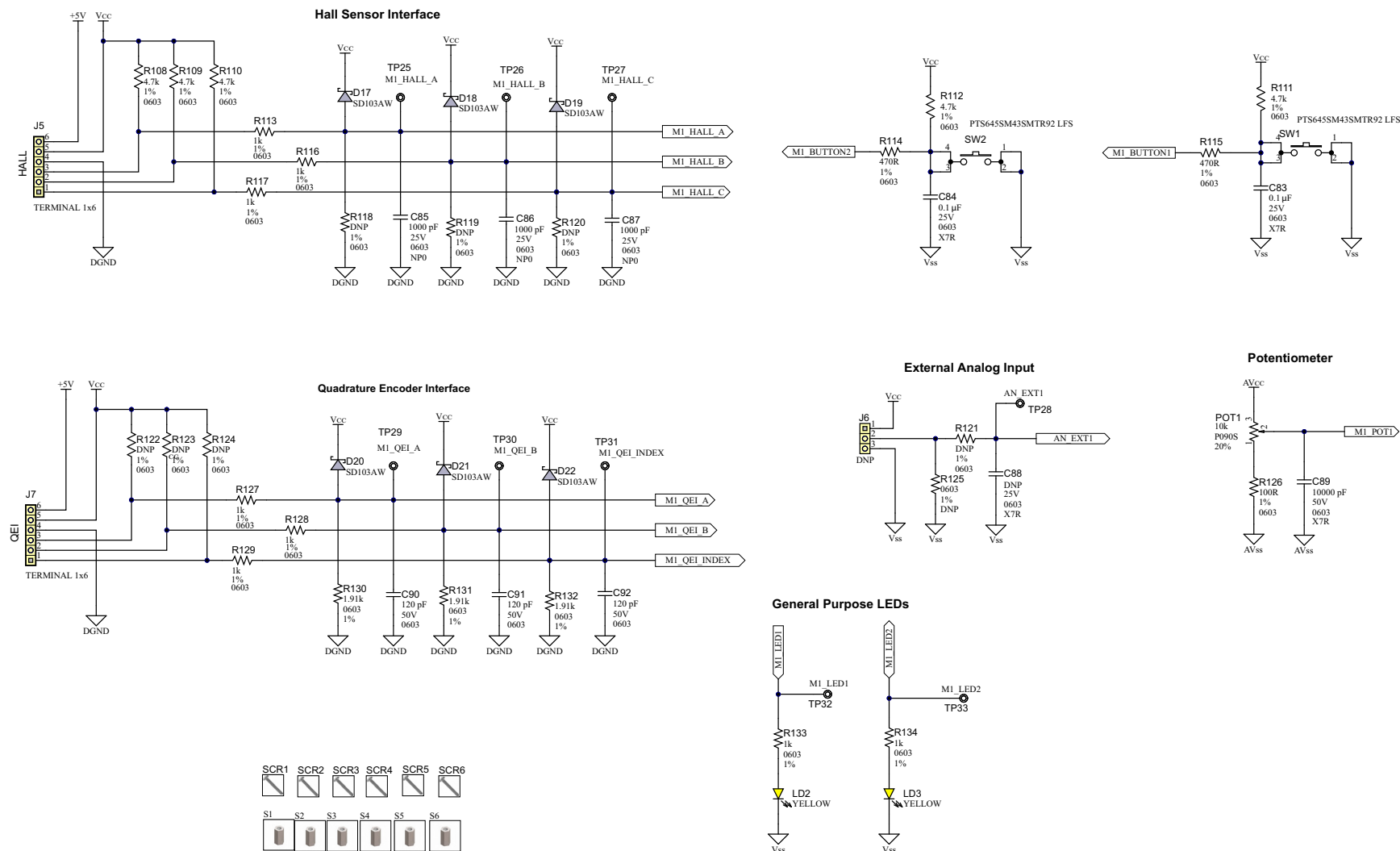
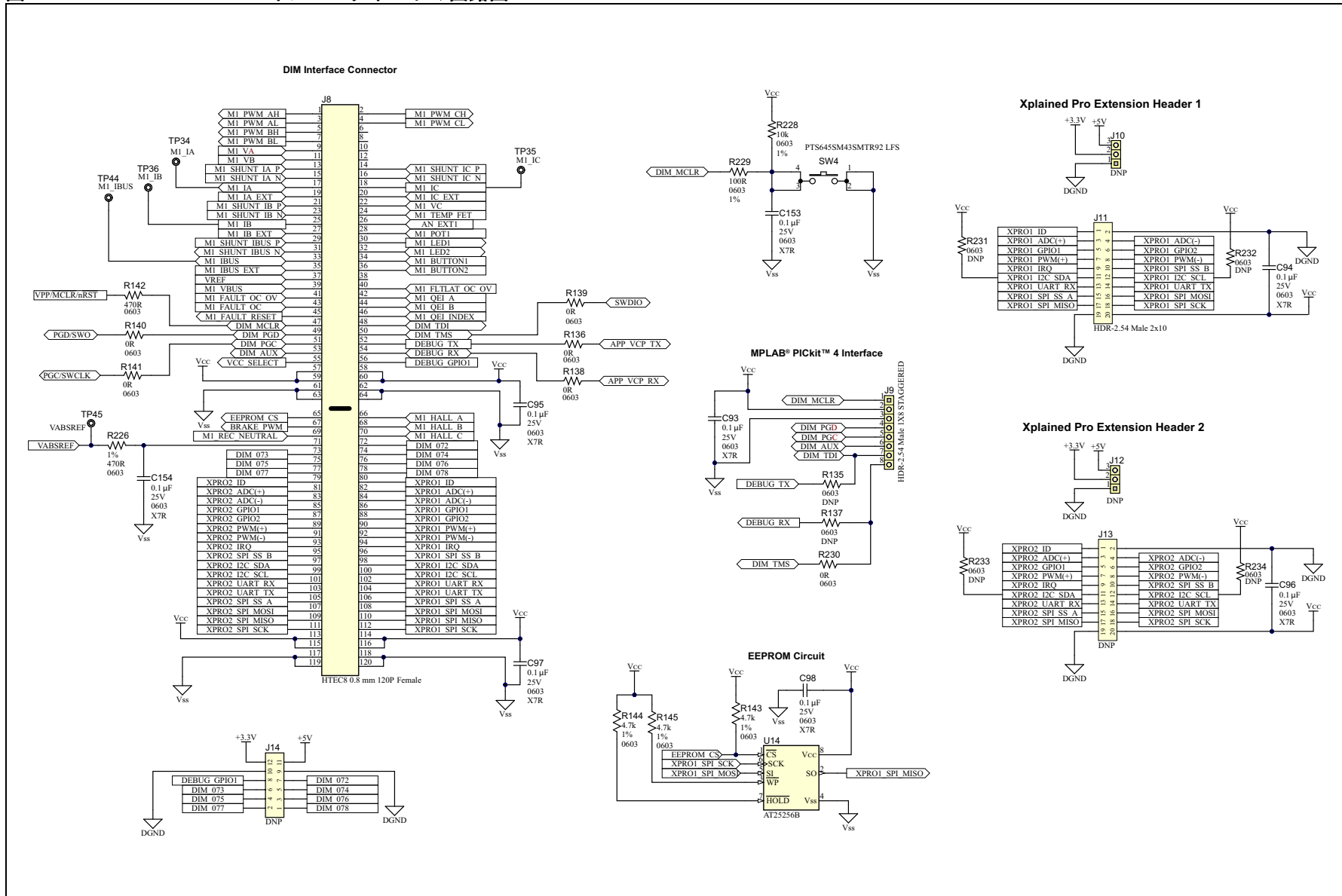


図 A-6: MCLV-48V-300W インバータボードの回路図 - 6/8



[illegible]

The PCB layout for the STM32L432C8T6 microcontroller includes the following components and connections:

- Microcontroller (U18):** STM32L432C8T6, 74LVC1T45GW, 1.2V-5.5V, SOT-363.
- Power Management:**
 - VDD:** Connected to 3V3.
 - TVDD:** Connected to 3V3.
 - VDDA:** Connected to 3V3.
 - TVDDA:** Connected to 3V3.
 - VDDIO:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO:** Connected to 3V3.
 - VDDIO1:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO1:** Connected to 3V3.
 - VDDIO2:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO2:** Connected to 3V3.
 - VDDIO3:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO3:** Connected to 3V3.
 - VDDIO4:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO4:** Connected to 3V3.
 - VDDIO5:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO5:** Connected to 3V3.
 - VDDIO6:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO6:** Connected to 3V3.
 - VDDIO7:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO7:** Connected to 3V3.
 - VDDIO8:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO8:** Connected to 3V3.
 - VDDIO9:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO9:** Connected to 3V3.
 - VDDIO10:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO10:** Connected to 3V3.
 - VDDIO11:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO11:** Connected to 3V3.
 - VDDIO12:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO12:** Connected to 3V3.
 - VDDIO13:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO13:** Connected to 3V3.
 - VDDIO14:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO14:** Connected to 3V3.
 - VDDIO15:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO15:** Connected to 3V3.
 - VDDIO16:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO16:** Connected to 3V3.
 - VDDIO17:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO17:** Connected to 3V3.
 - VDDIO18:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO18:** Connected to 3V3.
 - VDDIO19:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO19:** Connected to 3V3.
 - VDDIO20:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO20:** Connected to 3V3.
 - VDDIO21:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO21:** Connected to 3V3.
 - VDDIO22:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO22:** Connected to 3V3.
 - VDDIO23:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO23:** Connected to 3V3.
 - VDDIO24:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO24:** Connected to 3V3.
 - VDDIO25:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO25:** Connected to 3V3.
 - VDDIO26:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO26:** Connected to 3V3.
 - VDDIO27:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO27:** Connected to 3V3.
 - VDDIO28:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO28:** Connected to 3V3.
 - VDDIO29:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO29:** Connected to 3V3.
 - VDDIO30:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO30:** Connected to 3V3.
 - VDDIO31:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO31:** Connected to 3V3.
 - VDDIO32:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO32:** Connected to 3V3.
 - VDDIO33:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO33:** Connected to 3V3.
 - VDDIO34:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO34:** Connected to 3V3.
 - VDDIO35:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO35:** Connected to 3V3.
 - VDDIO36:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO36:** Connected to 3V3.
 - VDDIO37:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO37:** Connected to 3V3.
 - VDDIO38:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO38:** Connected to 3V3.
 - VDDIO39:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO39:** Connected to 3V3.
 - VDDIO40:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO40:** Connected to 3V3.
 - VDDIO41:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO41:** Connected to 3V3.
 - VDDIO42:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO42:** Connected to 3V3.
 - VDDIO43:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO43:** Connected to 3V3.
 - VDDIO44:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO44:** Connected to 3V3.
 - VDDIO45:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO45:** Connected to 3V3.
 - VDDIO46:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO46:** Connected to 3V3.
 - VDDIO47:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO47:** Connected to 3V3.
 - VDDIO48:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO48:** Connected to 3V3.
 - VDDIO49:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO49:** Connected to 3V3.
 - VDDIO50:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO50:** Connected to 3V3.
 - VDDIO51:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO51:** Connected to 3V3.
 - VDDIO52:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO52:** Connected to 3V3.
 - VDDIO53:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO53:** Connected to 3V3.
 - VDDIO54:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO54:** Connected to 3V3.
 - VDDIO55:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO55:** Connected to 3V3.
 - VDDIO56:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO56:** Connected to 3V3.
 - VDDIO57:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO57:** Connected to 3V3.
 - VDDIO58:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO58:** Connected to 3V3.
 - VDDIO59:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO59:** Connected to 3V3.
 - VDDIO60:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO60:** Connected to 3V3.
 - VDDIO61:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO61:** Connected to 3V3.
 - VDDIO62:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO62:** Connected to 3V3.
 - VDDIO63:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO63:** Connected to 3V3.
 - VDDIO64:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO64:** Connected to 3V3.
 - VDDIO65:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO65:** Connected to 3V3.
 - VDDIO66:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO66:** Connected to 3V3.
 - VDDIO67:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO67:** Connected to 3V3.
 - VDDIO68:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO68:** Connected to 3V3.
 - VDDIO69:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO69:** Connected to 3V3.
 - VDDIO70:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO70:** Connected to 3V3.
 - VDDIO71:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO71:** Connected to 3V3.
 - VDDIO72:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO72:** Connected to 3V3.
 - VDDIO73:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO73:** Connected to 3V3.
 - VDDIO74:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO74:** Connected to 3V3.
 - VDDIO75:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO75:** Connected to 3V3.
 - VDDIO76:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO76:** Connected to 3V3.
 - VDDIO77:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO77:** Connected to 3V3.
 - VDDIO78:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO78:** Connected to 3V3.
 - VDDIO79:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO79:** Connected to 3V3.
 - VDDIO80:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO80:** Connected to 3V3.
 - VDDIO81:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO81:** Connected to 3V3.
 - VDDIO82:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO82:** Connected to 3V3.
 - VDDIO83:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO83:** Connected to 3V3.
 - VDDIO84:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO84:** Connected to 3V3.
 - VDDIO85:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO85:** Connected to 3V3.
 - VDDIO86:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO86:** Connected to 3V3.
 - VDDIO87:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO87:** Connected to 3V3.
 - VDDIO88:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO88:** Connected to 3V3.
 - VDDIO89:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO89:** Connected to 3V3.
 - VDDIO90:** Connected to 3V3.
 - TVDDIO90:** Connected to

図 A-9: 上面層：上面シルクと上面銅箔層

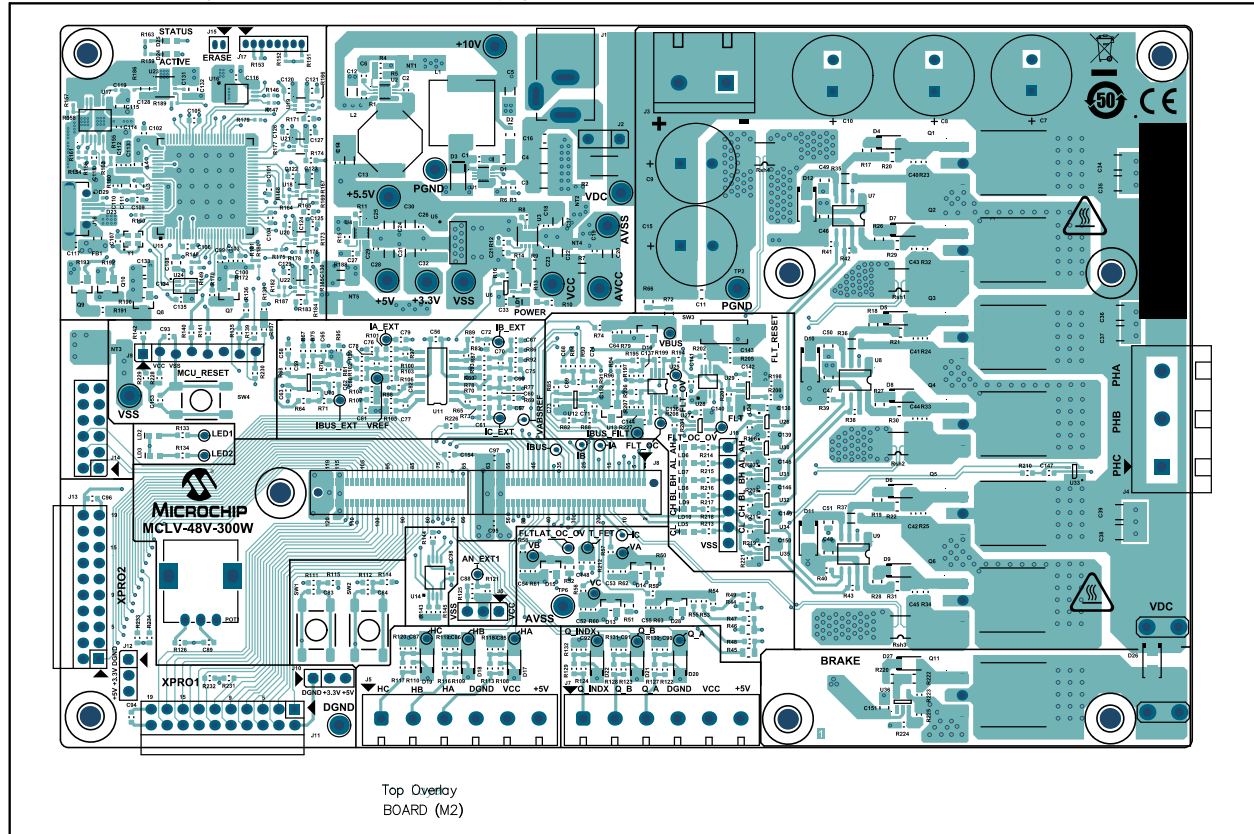


図 A-10: 中間層 -1: 銅

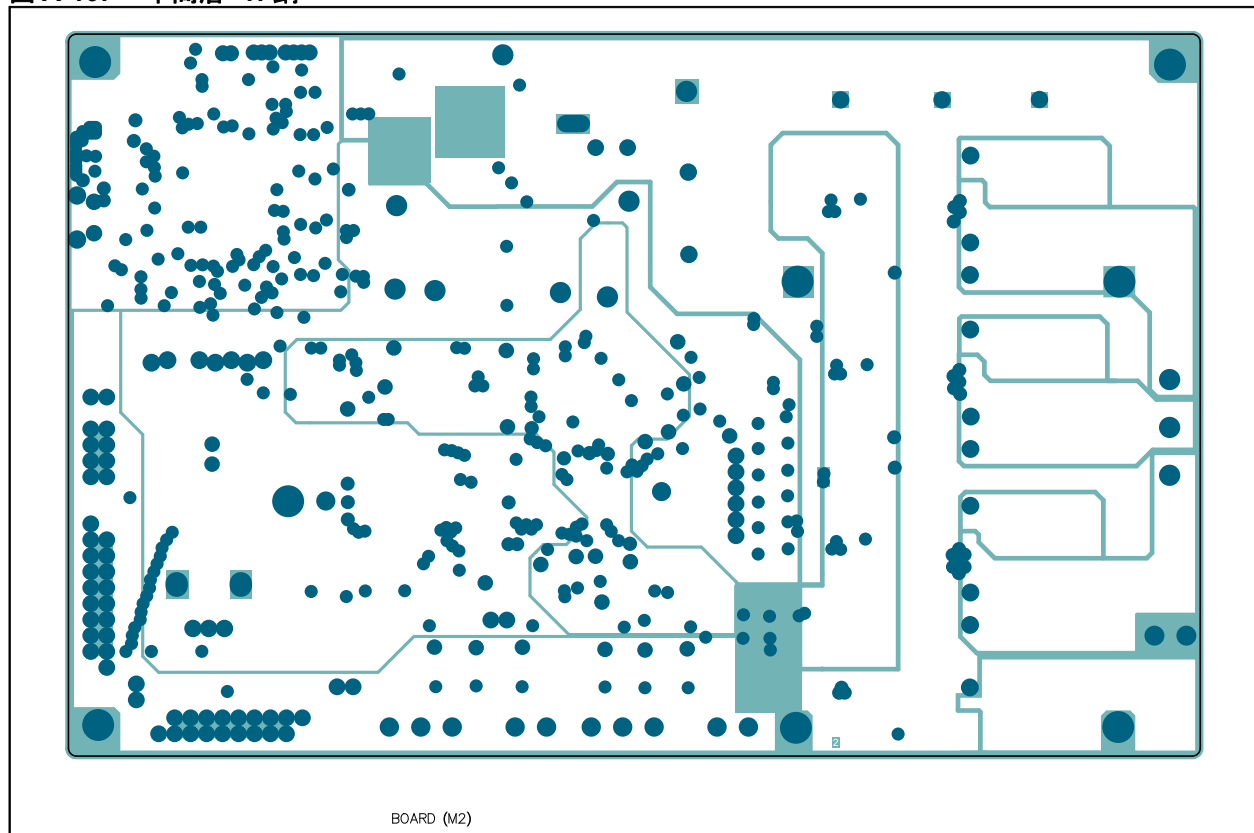


図 A-11: 中間層 -2: 銅

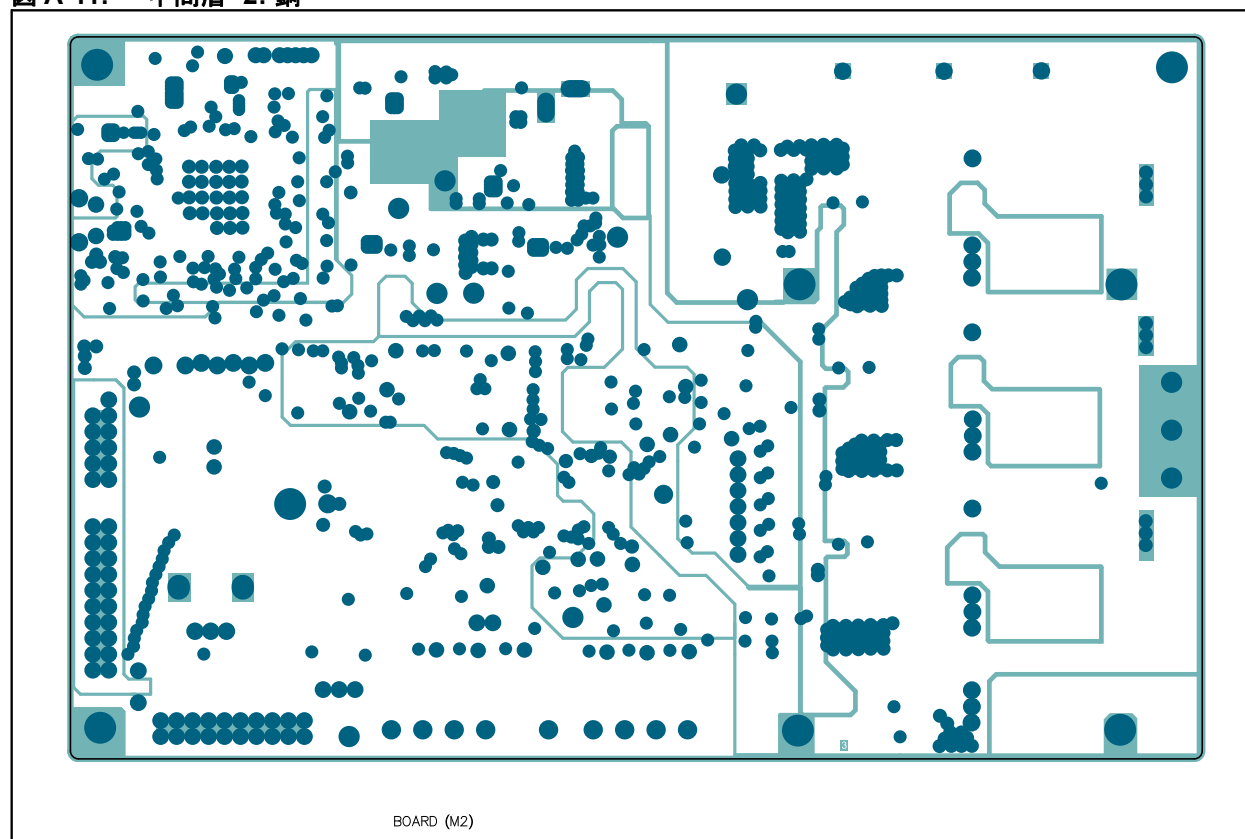


図 A-12: 下面層 : 下面シルクと下面銅箔層

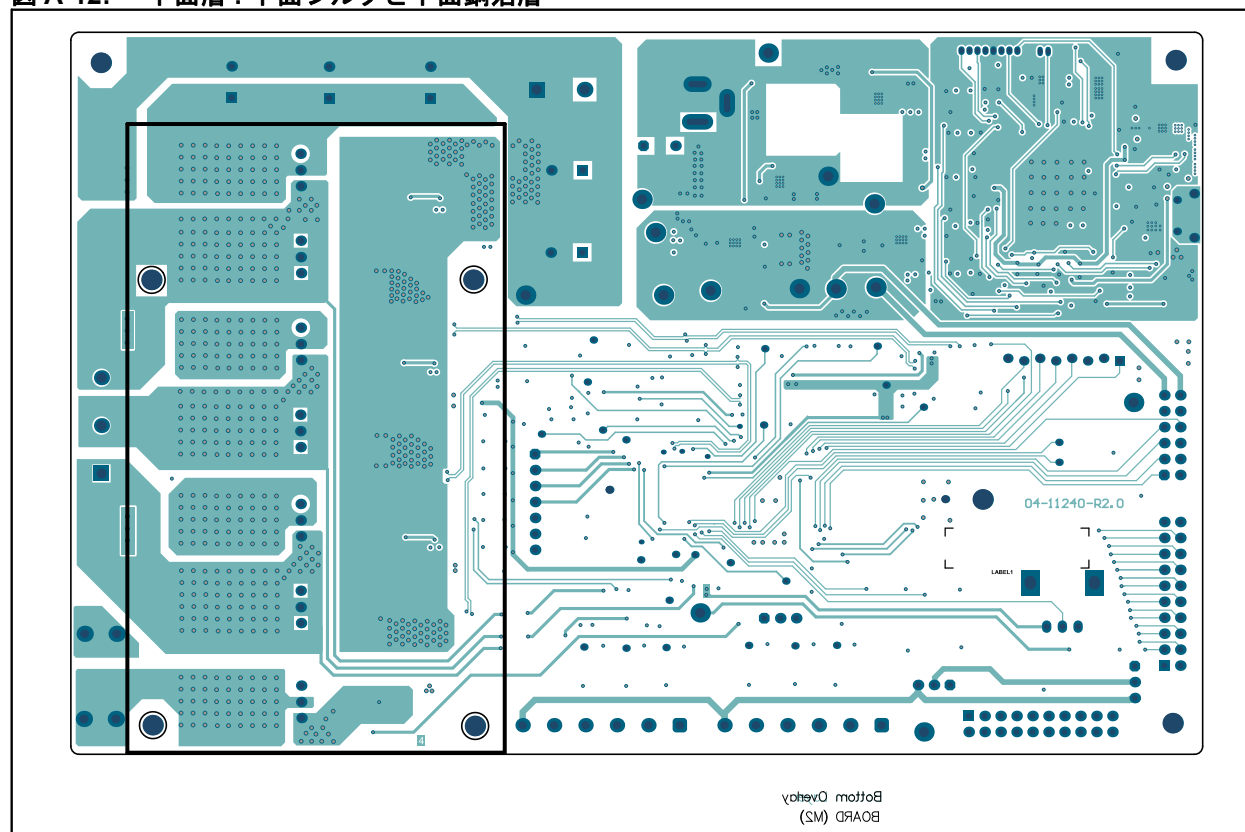


図 A-13: PCB 3D プリント – 上面

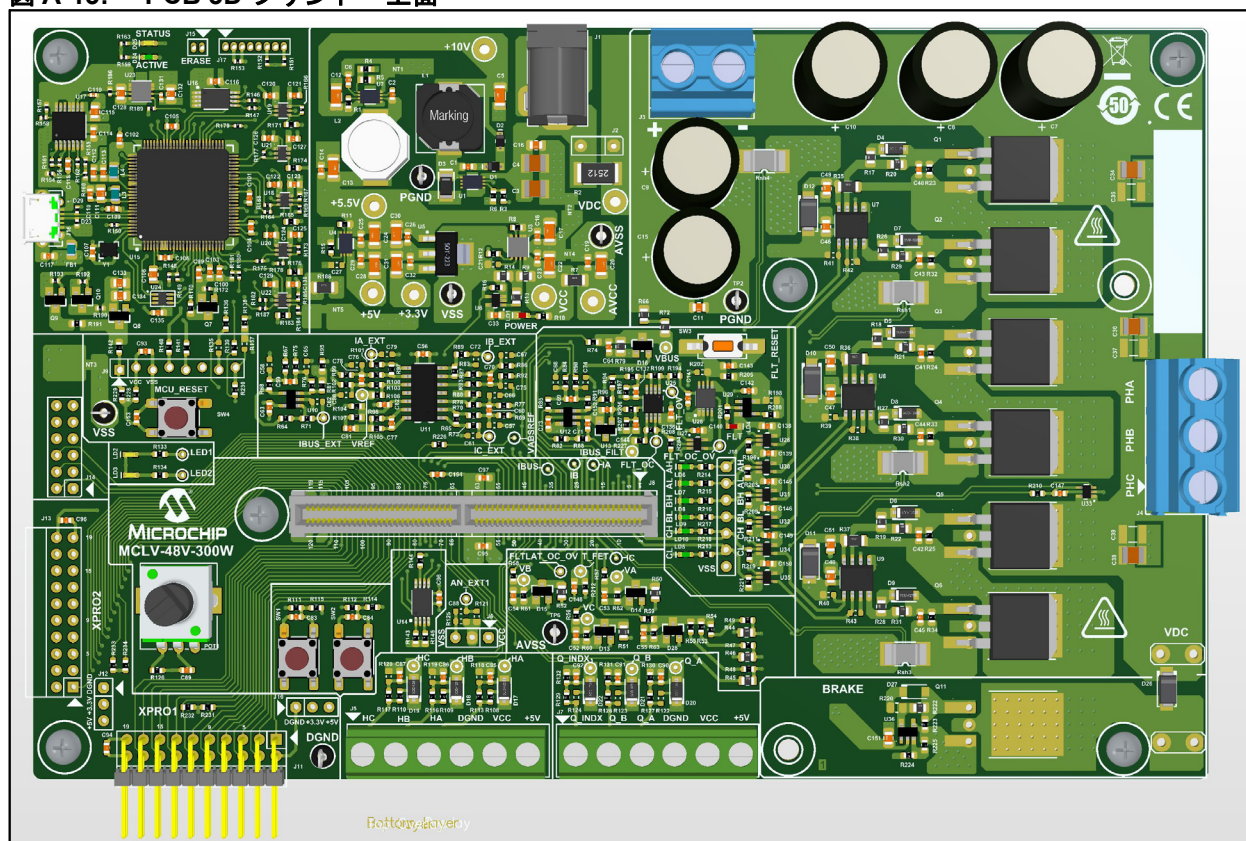
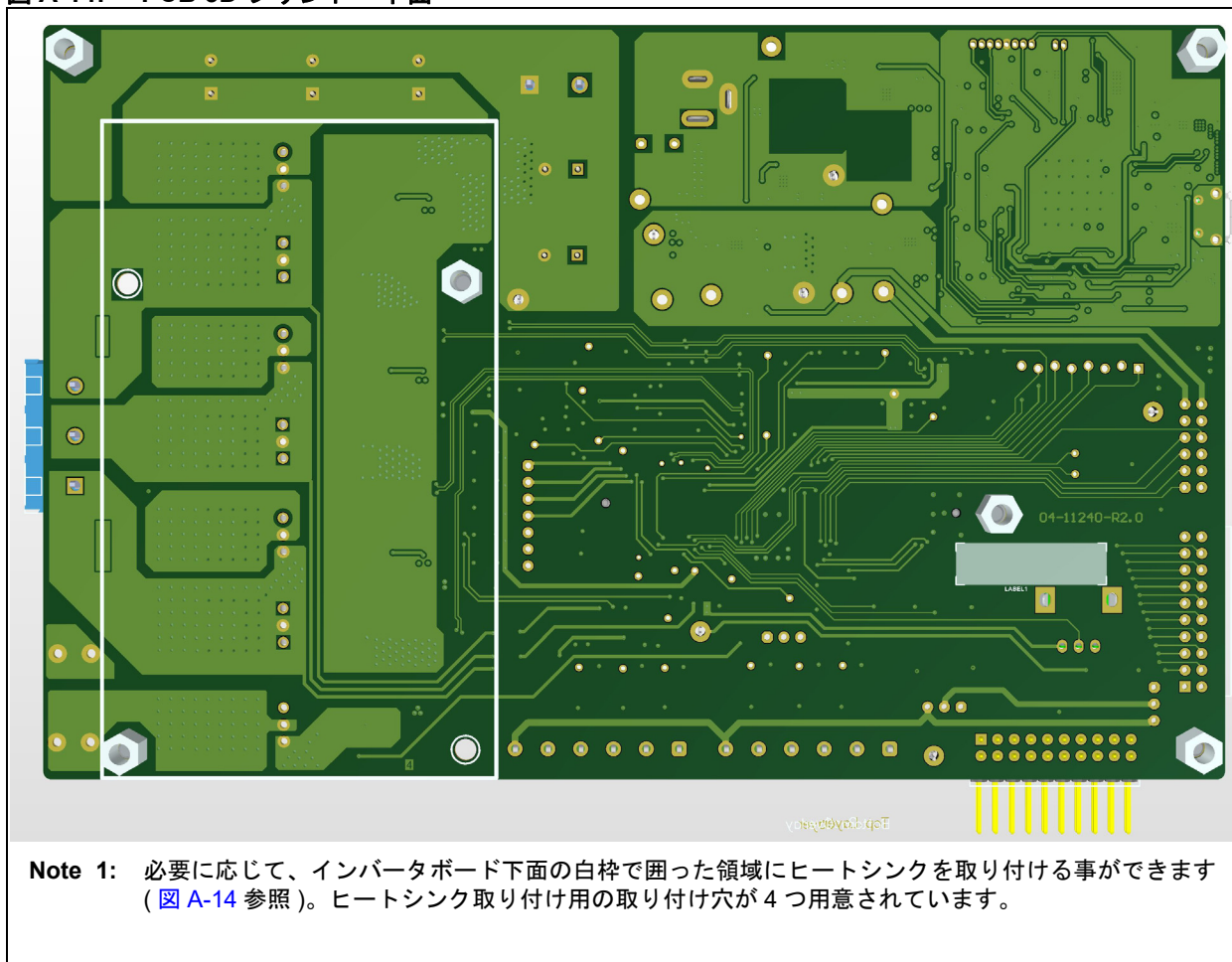


図 A-14: PCB 3D プリント – 下面



補遺 B. 電氣的仕様

本セクションでは MCLV-48V-300W インバータボードの電氣的仕様を示します ([表 B-1](#) 参照)。

表 B-1: 電氣的仕様 (1、2、3)

パラメータ	動作レンジ
入力 DC 電圧	12 ~ 48 V
絶対最大入力 DC 電圧	55 V
コネクタ J1 の最大入力電流	4 A
コネクタ J2 の最大入力電流	30 A
相あたりの最大連続出力電流 (@+25 °C)	25 A (RMS)
動的ブレーキ回路の最大電流定格 (@+25 °C)	10A

- Note 1:** 周囲温度 (+25 °C) では、インバータボードは、許容電圧レンジ内で相あたりの連続出力電流最大 15 A (RMS) での動作時に温度制限値を満たします。
- 2:** 周囲温度 (+25 °C) では、適切なサイズのヒートシンクとファンを追加する事で相あたりの連続出力電流を最大 25 A (RMS) まで増大できます。
- 3:** 回転しているモータが特定の動作状況 (弱め界磁制御中、もしくはモータの慣性による惰性回転中の再始動による脱調、またはモータ高速回転中の回転方向逆転) となった場合、DC バス電圧は印加されている入力電圧を超える場合があります (使用している DC 電源にシンク機能がない場合)。そのような場合、入力 DC 電圧が仕様の「絶対最大入力 DC 電圧」 ([表 B-1](#) 参照) を超えないように注意します。この最大入力 DC 電圧を超過すると、本インバータボードに恒久的な損傷が生じます。
- 4:** オプションで、本インバータボード下面にヒートシンクを取り付けられます ([図 A-14](#) 参照)。

NOTE:

補遺 C. 設計の詳細

本章では以下の設計詳細を説明します。

- 補助電源
- 電流検出回路
- ハードウェア過電流および過電圧保護
- プログラマ / デバッガ インターフェイス

C.1 補助電源

補助電源回路は各種の電源段で構成されています。これらを図 C-1 に示し、表 C-1 にまとめます。

図 C-1: 補助電源

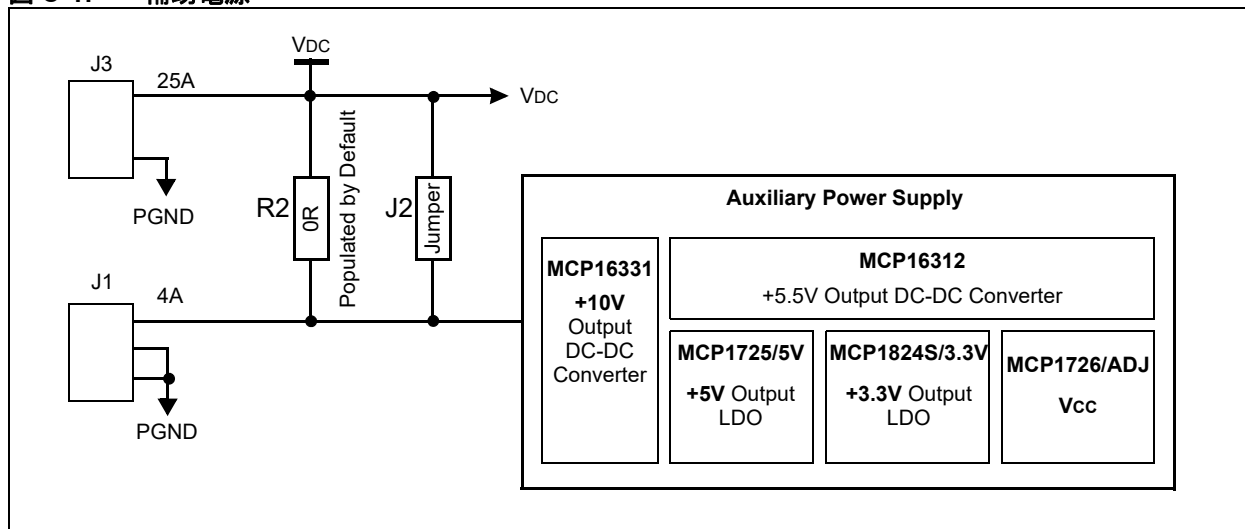


表 C-1: 補助電源

DC-DC コンバータ / LDO	電源 ⁽¹⁾	電源から給電される回路セクション ⁽²⁾
MCP16331 DC/DC コンバータ (U1)	+10 V – PGND	ゲートドライバ
MCP16312 DC/DC コンバータ (U2)	+5.5 V – Vss	+5 V、+3.3 V、Vcc LDO
MCP1725/5 V (U4)	+5 V – Vss	- 過電流保護アンプ - VABSREF 参照 - 過電圧検出回路 - ホール効果センサ インターフェイス - QEI インターフェイス - Xplained Pro インターフェイス #1 および #2 - ヘッダ J14
MCP1824S/3.3 V (U5)	+3.3 V – Vss	- 補助電源セクションのアナログスイッチ - Xplained Pro インターフェイス #1 および #2 - ヘッダ J14
MCP1726/ADJ (U3)	Vcc/AVcc – Vss/AVss	- DIM インターフェイス - 外付けアンプ - MOSFET 温度センサ - VREF 回路 - 過電流検出回路 - ハードウェア保護回路 - ユーザ インターフェイス - EEPROM 回路 - PICkit™ On-Board - Xplained Pro インターフェイス #1 および #2

- Note 1:** インバータボード上の PGND、DGND、Vss、Avss、GND はネットタイで互いに接続されており、論理的に分離するために別々の名前が付いています。
- 2:** ヘッダ J10、J11、J12、J13 および / または J14 を介して接続される外部回路の最大引き込み電流が 200 mA を超えないようにする必要があります。

図 C-1 は、Vcc の出力が MCP1726/ADJ 可変 LDO を使って生成されている事を示しています。

図 C-2 に示すように、Vcc/AVcc (MCP1726/ADJ の出力) の電圧レベルは、DIM からの VCC_SELECT 入力の論理レベルを変更する事で +3.3 V または +5 V に設定できます。この機能により、+3.3 V または +5 V のデジタルシグナル コントローラまたはマイクロコントローラを使ってモータ制御アルゴリズムの開発と評価を行えます。VCC_SELECT がフローティング状態の場合 (既定値)、Vcc/AVcc は +3.3 V です。Vcc/AVcc は、マイクロコントローラと直接インターフェイスされる全てのアナログ回路とロジック回路に電力を供給します。表 C-2 に VCC_SELECT 信号と Vcc/AVcc の電圧レベルの関係をまとめます。

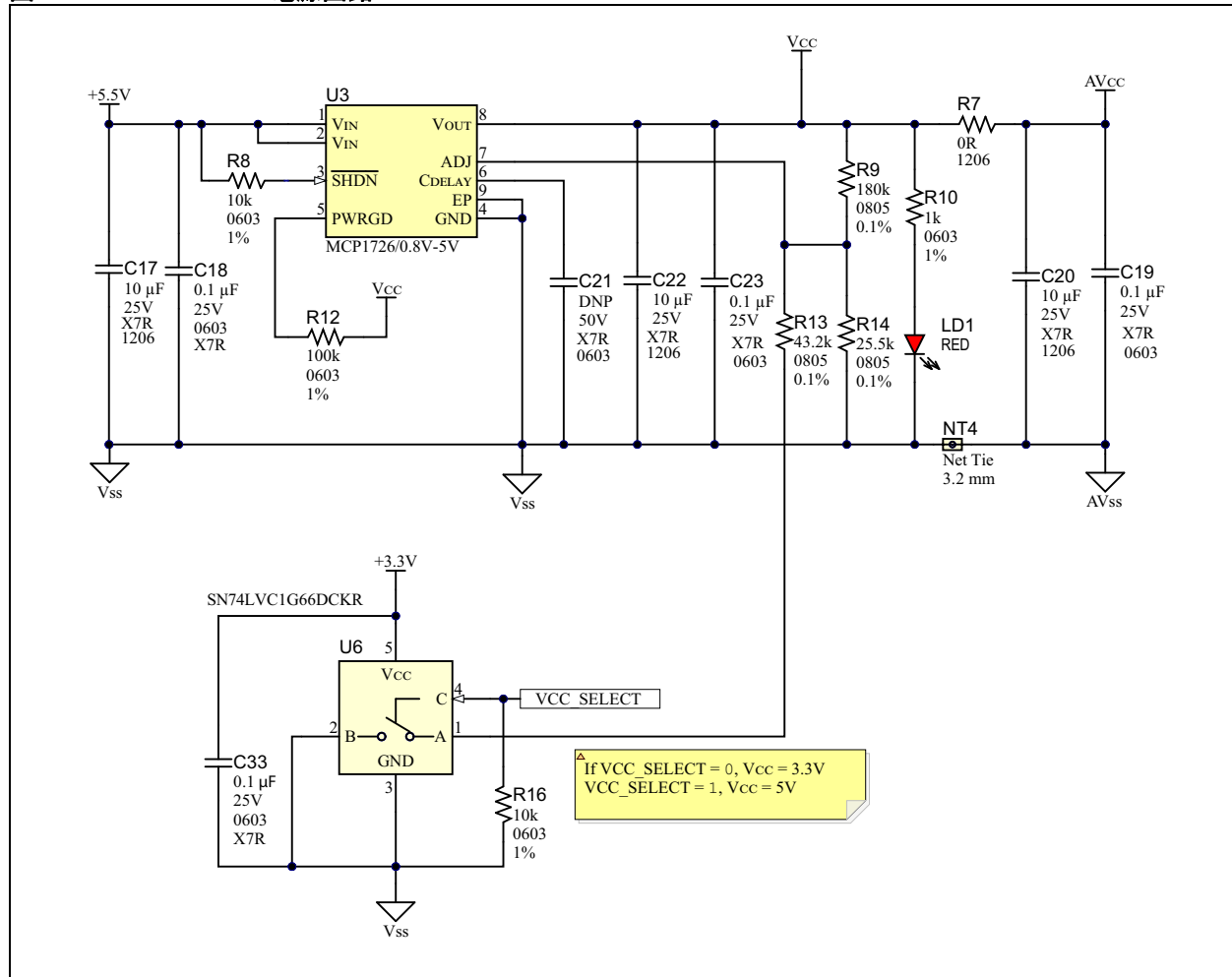
フォルト保護回路の応答時間の計測値を図 C-9 に示します。

表 C-2: VCC_SELECT 信号と Vcc 出力 ⁽¹⁾

DIM からの VCC_SELECT 入力	Vcc/AVcc の電圧レベル
VCC_SELECT = +3.3 V または +5 V の場合 (すなわち論理レベル = High の場合)	+5 V
VCC_SELECT = Vss または 0 V の場合 (すなわち論理レベル = Low の場合)	+3.3 V
未接続、フローティング状態の場合	+3.3 V

Note 1: DIM を装着する際、インバータボードへの電源が OFF である事を確認します。

図 C-2: Vcc/AVcc 電源回路



C.2 電流検出回路

C.2.1 参照電圧回路

この回路で生成される参照電圧 (V_{REF}) はアナログ電源電圧 (AV_{CC}) の 1/2 です。参照電圧生成回路は、MCP6024 オペアンプ (ラベル「U11D」) を使って構築しています。抵抗 R_{104} 、 R_{107} が分圧回路を形成し、アンプの非反転入力にアナログ電圧 (AV_{CC}) の 1/2 を設定します。オペアンプ U11D (MCP6024-D) をバッファとして使っています。抵抗 R_{98} 、 R_{105} 、 C_{77} が容量性負荷を駆動する補償回路を形成します。 C_{77} は高周波数フィードバック経路として機能し、 R_{98} を低周波数信号フィードバック経路として使います。

この参照出力は電流アンプの非反転入力に接続され、電流アンプの出力に DC バイアスを提供します。これにより、単電源アンプを使って正負に振幅する電流を計測できます。

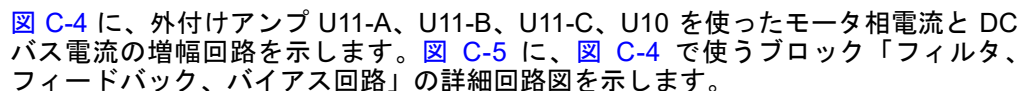
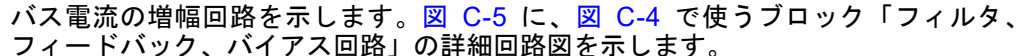
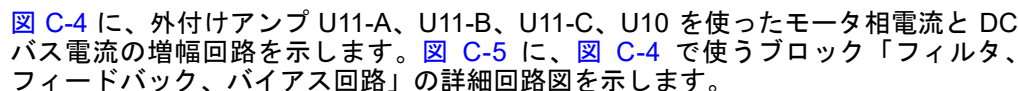
C.2.2 電流アンプ

PMSM/BLDC モータに FOC (界磁制御) を実装するにはモータ相電流情報が必要です。本インバータボードは各インバータレグにシャント抵抗 (R_{sh1} 、 R_{sh2} 、 R_{sh3}) を備え、モータ相電流を計測します。シャント抵抗 R_{sh4} では、BLDC モータの過電流保護と電流制御に必要な総バス電流を検出します。PWM スイッチング中に電流を適切にサンプリングして DC バス電流情報をモータ相電流の再構成に使う事もできます。これはシングルシャント再構成アルゴリズムと呼ばれます。

本インバータボードでは外付けアンプ (U11、U10) と DIM 上のマイクロコントローラ内蔵アンプ (利用可能な場合) を使って相電流とバス電流を増幅できます。

非反転差動アンプ構成を使ってインバータの A、B、C 相の電流とバス電流に比例するシャント抵抗両端の電圧降下を増幅します。アンプの出力電圧を参照電圧 (V_{REF}) でシフトすると、正負に振幅する電流を計測できます。ノイズフィルタ処理のため、全アンプの入力ピン間にコモンモードフィルタと差動モードフィルタを追加しています。外付けアンプ (U11-A、U11-B、U11-C、U10) の出力にフィルタを追加する事もできます。

相およびバス電流を検出するために使うアンプのゲインは、既定値で 22 A のピーク電流を検出するように設定されています。このアンプのゲインは、アプリケーション要件に応じて入力抵抗とフィードバック抵抗を変えて変更できます。

 **C-4** に、外付けアンプ U11-A、U11-B、U11-C、U10 を使ったモータ相電流と DC バス電流の増幅回路を示します。 **C-5** に、 で使うブロック「フィルタ、フィードバック、バイアス回路」の詳細回路図を示します。

マイクロコントローラの内蔵アンプの評価を可能にするため、シャント抵抗両端の電圧 R_{sh1} 、 R_{sh2} 、 R_{sh3} 、 R_{sh4} は DIM インターフェイス コネクタ (J8) の専用ピンにも接続されます。DIM は、インバータボードからの外付けアンプ出力、マイクロコントローラの内蔵アンプの出力 (利用可能な場合) のどちらか、または両方を使って電流を計測するよう設計できます。内蔵アンプ構成と外付けアンプ構成のどちらかを切り換えるためのジャンパを DIM に設ける事ができます。

本インバータボードの電流検出回路の構成を  **C-3** のブロック図に示します。

図 C-3: 電流検出回路の構成

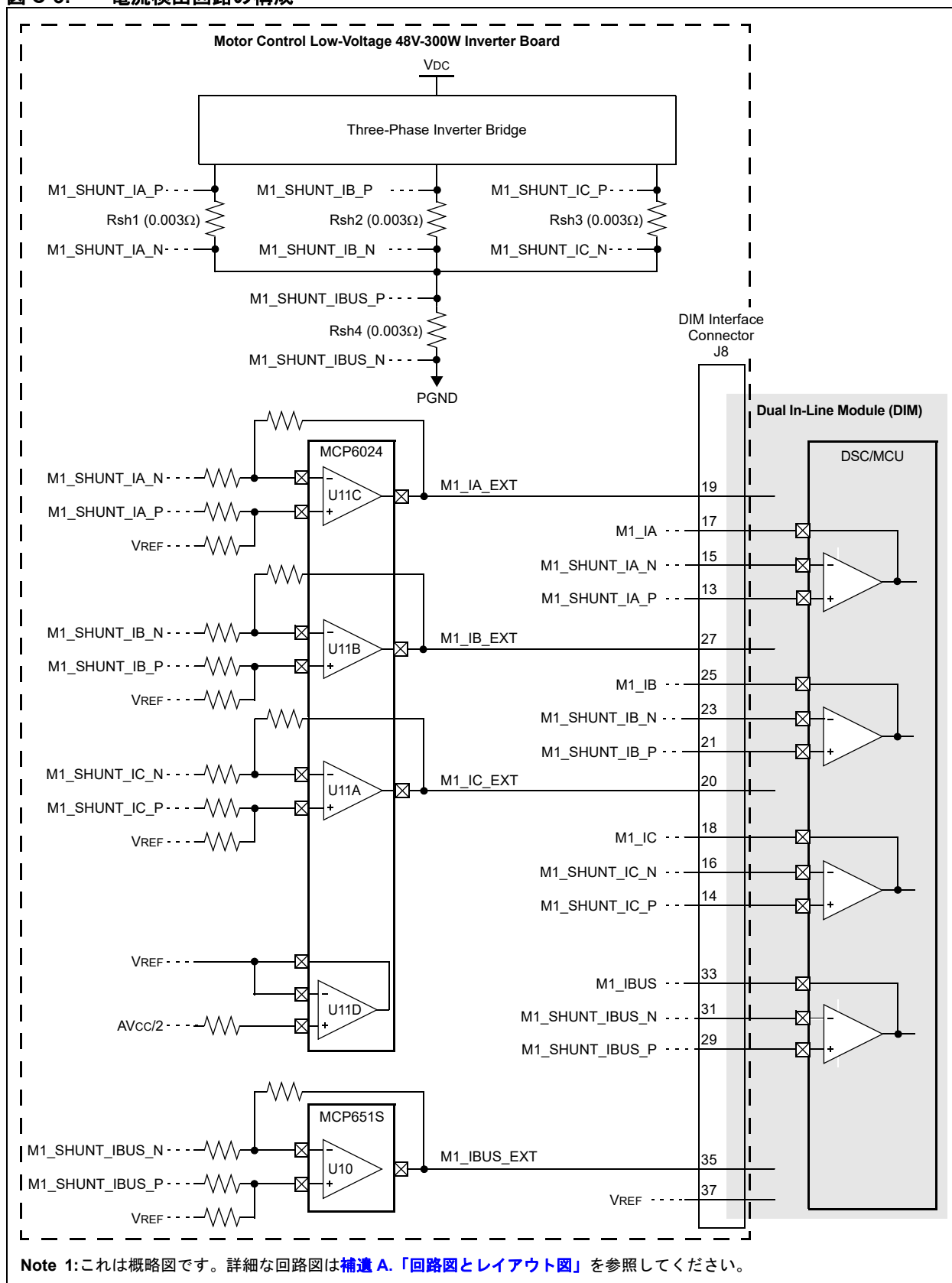


図 C-4: 外付け電流アンプ (U10、U11)

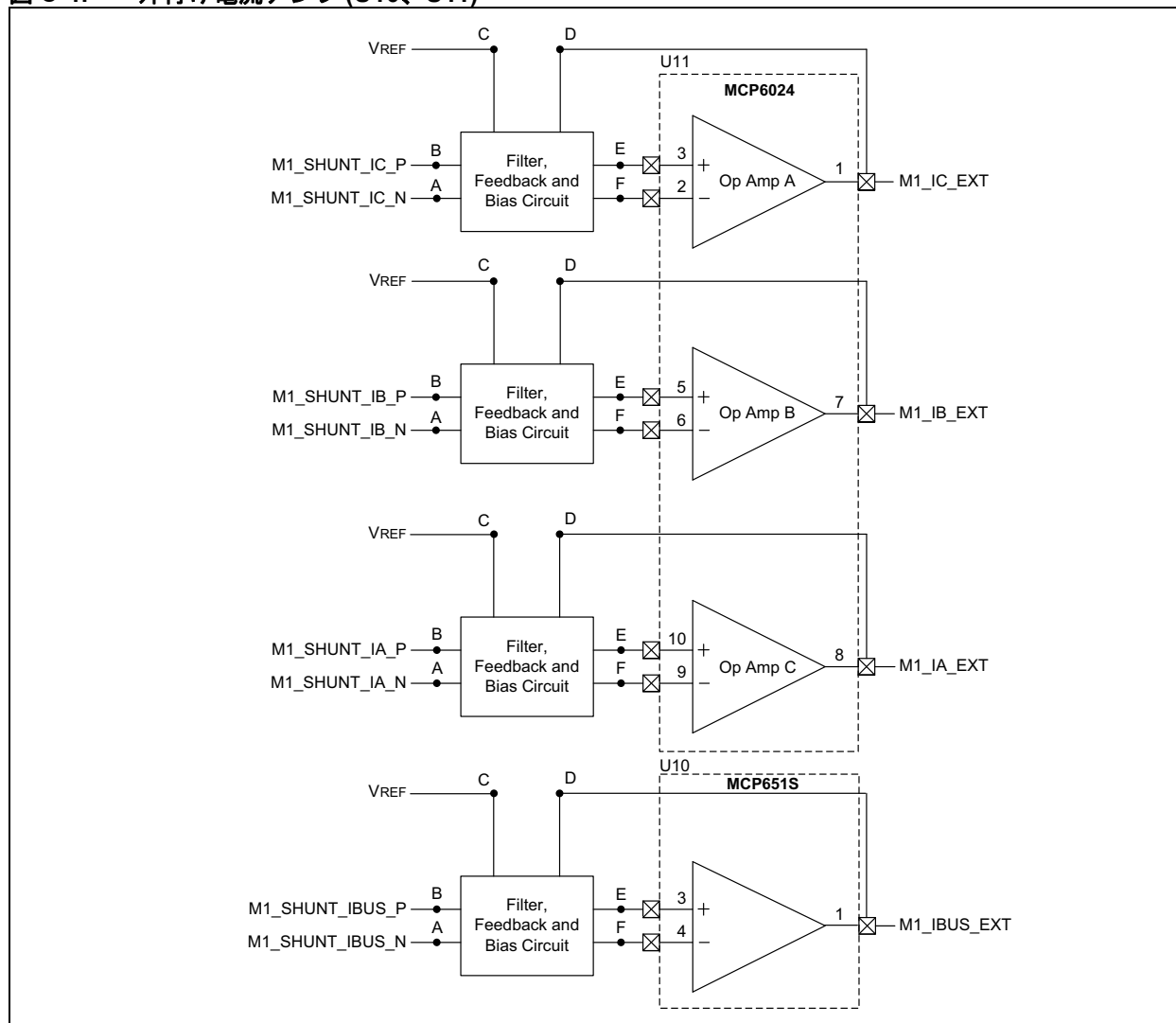
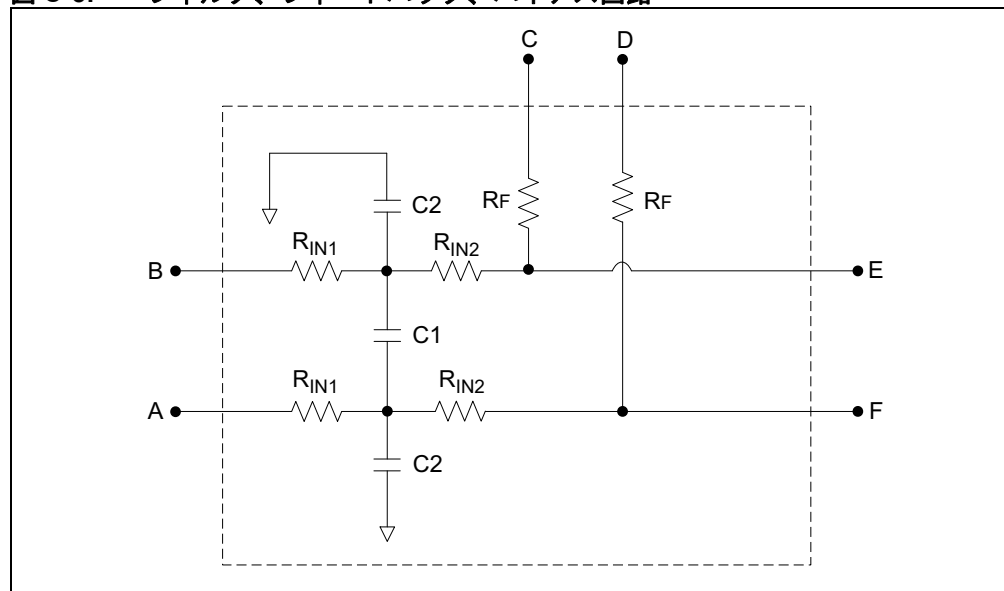


図 C-5: フィルタ、フィードバック、バイアス回路



式 C-1 に、アンプゲインの計算式を示します。式 C-2 と式 C-3 に、差動モードフィルタとコモンモードフィルタのカットオフ周波数の計算式を示します。

式 C-1: アンプゲイン

$$\text{Differential Amplifier Gain} = \frac{R_F}{(R_{IN1} + R_{IN2})}$$

式 C-2: 差動モードフィルタのカットオフ周波数

$$\text{Differential-mode } f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(R_{IN1} + R_{IN2})\left(\frac{C2}{2} + C1\right)}$$

式 C-3: コモンモードフィルタのカットオフ周波数

$$\text{Common-mode } f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(R_{IN1})(C2)}$$

表 C-3 に、各種 RF 値におけるアンプゲインとピーク電流をまとめます。ピーク電流が本ボード動作レンジ内であれば、アプリケーションの要件に応じて値を選択できます。

インバータボードのピーク電流設定に従って、過電流トリップポイントを調整できます。ハードウェア過電流保護用に専用のアンプ (U12) がボードに提供されています。詳細は [C.3「ハードウェア過電流および過電圧保護」](#) を参照してください。

表 C-3: バイアス電圧 1.65 V 時の各種 RF 値におけるアンプゲインとピーク電流

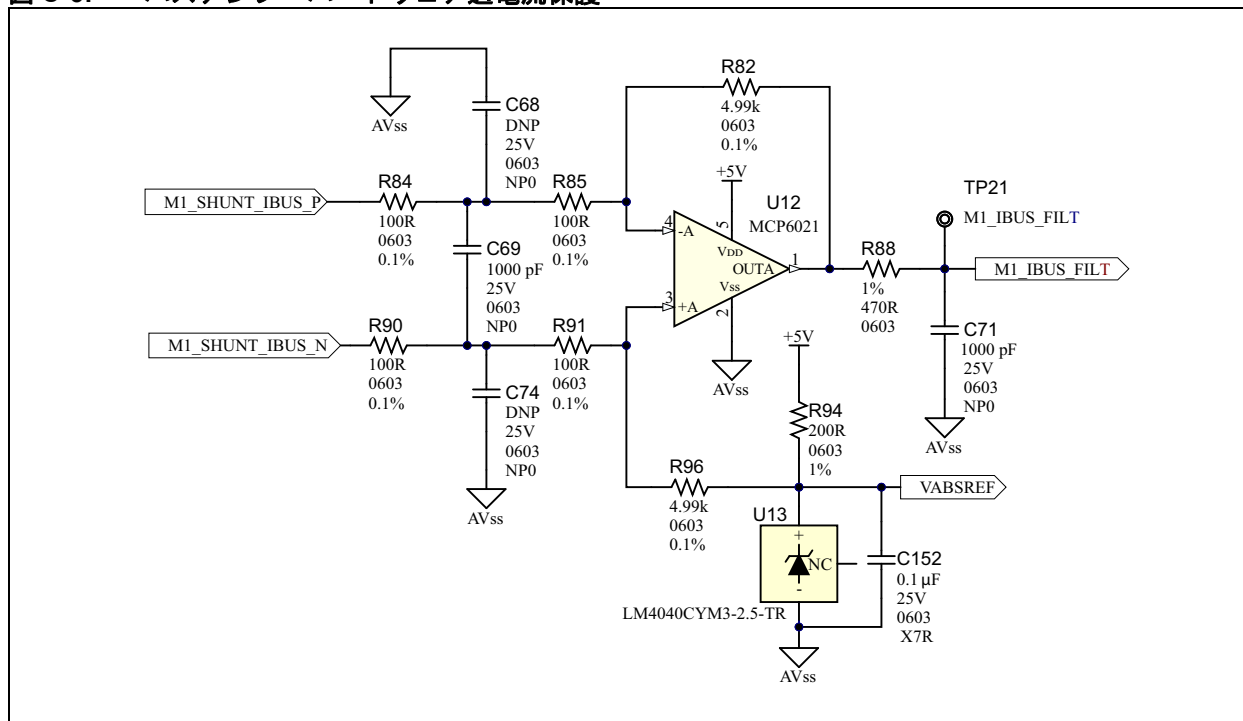
$R_{IN1} = 100R$ 、 $R_{IN2} = 100R$ 、 $R_{SHUNT} = 0.003R$ 、 $V_{REF} = 1.65 V$			
R_F	アンプゲイン	ピーク電流 @1.65 V	Rf 抵抗製品番号 (以下の製品または同等品を使う事)
10 k Ω	50	11 A	ERA-3AEB103V または ERA-3AED103V
4.99 k Ω	24.95	22.04 A	ERA-3AEB4991V
3.32 k Ω	16.6	33.132 A	ERA-3AEB3321V
2.49 k Ω	12.45	44.176 A	ERA-3AEB2491V
2.00 k Ω	10	55 A	ERA-3AEB202V または ERA-3AED202V

C.3 ハードウェア過電流および過電圧保護

本インバータボードはハードウェア過電流および過電圧保護回路を備えています。

図 C-6 に示すように、過電流検出のためのバス電流増幅用に専用アンプ MCP6021 (U12) が使われています。LM4040C はアンプのバイアス電圧 VABSREF (2.5 V) を生成し、+5 V の電源を供給されます。アンプの出力はさらに RC フィルタ (R88、C71) によってフィルタ処理されます。アンプ U12 の最大ピーク電流は約 33.4 A です。

図 C-6: バスアンプ—ハードウェア過電流保護



過電流および過電圧検出コンパレータを図 C-7 に示します。

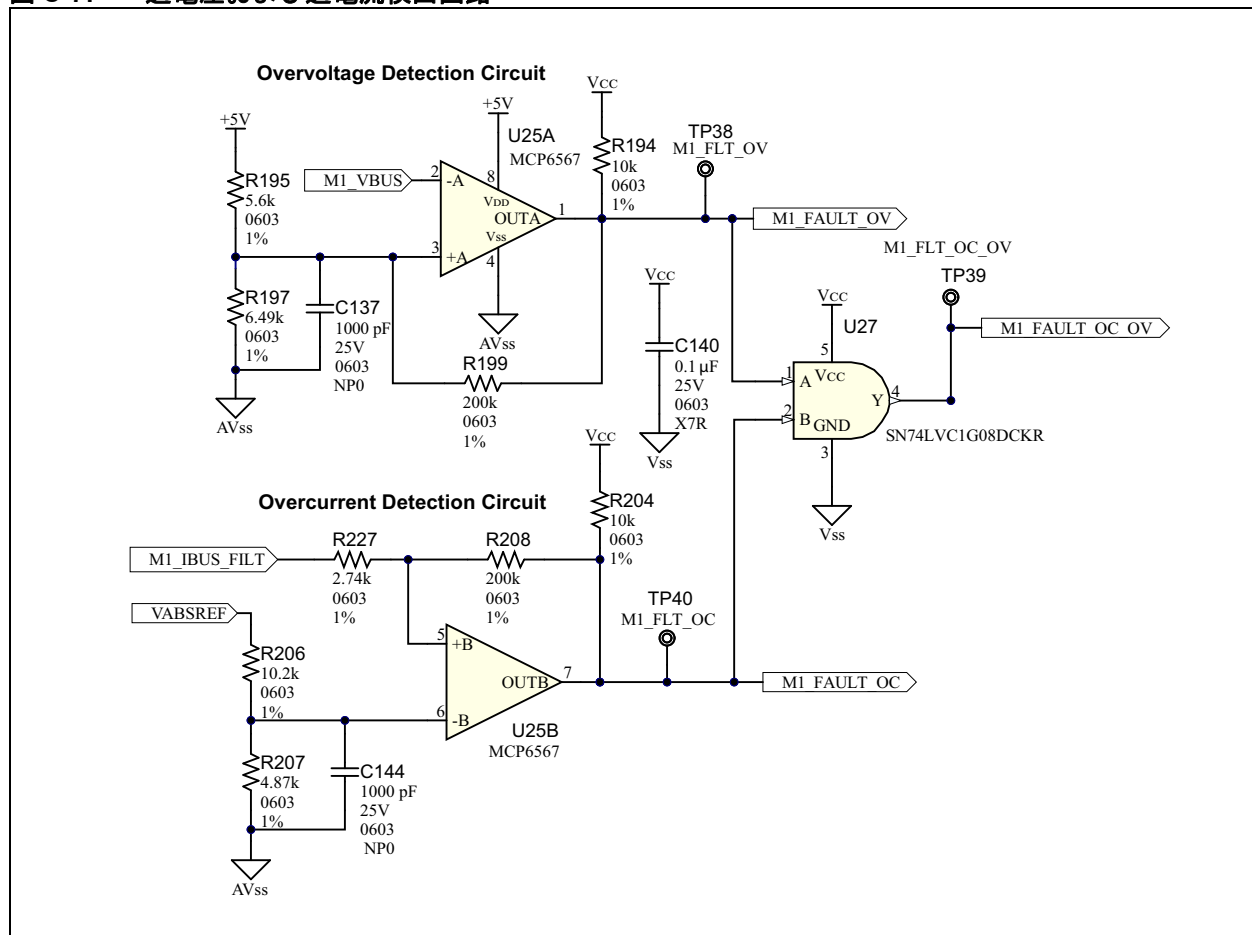
アンプ U12 のフィルタ処理後の出力が過電流検出コンパレータ U25B の非反転入力に接続されています。過電流検出コンパレータ U25B の反転入力、VABSREF から分圧器 (R206 と R207) によって設定される過電流トリップポイントです。抵抗 R208 と R227 はコンパレータ U25B のヒステリシスを非反転構成で設定します。過電流検出コンパレータは 22 A ピーク ~ 23 A ピークのレンジでトリップするよう設定されています。この値は分圧器の抵抗 (R206 と R207) を再計算する事で変更できます。

コンパレータ U25A は過電圧検出用に構成されています。図に示すように、スケーリングされた DC バス電圧である M1_VBUS がコンパレータ U25A の反転入力に接続されています。コンパレータの参照電圧は、+5 V をスケーリングする事で分圧器 R195、R197 によって設定されます。入力抵抗は帰還抵抗との組み合わせにより、コンパレータ U25A のヒステリシスを反転構成で設定します。過電圧検出コンパレータは 60 V ~ 62 V のレンジでトリップするよう設定されています。

トリップポイント電圧とヒステリシスの計算式は『MCP6567 データシート』(DS20002143) を参照してください。

過電流および過電圧コンパレータ出力である M1_FAULT_OC と M1_FAULT_OV を AND ゲート U27 によって結合する事で、結合フォルト出力 M1_FAULT_OC_OV が生成されます。

図 C-7: 過電圧および過電流検出回路



過電流および過電圧結合フォルト (M1_FAULT_OC_OV) は 1 つの D タイプフリップ U28(図 C-8 参照) でラッチされます。ラッチされた出力は NOT ゲート (U29) で反転され、アクティブ Low のラッチされたフォルト出力 (M1_FLTLAT_OC_OV) が生成されます。フォルト入力 (M1_FAULT_OC_OV) が非アクティブの場合、プッシュボタン SW3 (FLT_RESET) を押す事でラッチされたフォルト出力 (M1_FLTLAT_OC_OV) をリセットできます。オプションで、マイクロコントローラからの入力信号である M1_FAULT_RESET を使ってリセットする事もできます (接続されている場合)。フォルトステータスは LED LD4 (FLT) で示されます。このラッチされたフォルト出力 (M1_FLTLAT_OC_OV) は、ゲートドライバ入力に適用される PWM を無効にします。これは 1 つの入力を PWM に接続した 6 つの AND ゲートで実現されています。フォルト保護回路の応答時間の計測値を図 C-9 に示します。

図 C-8: フォルトラッチ

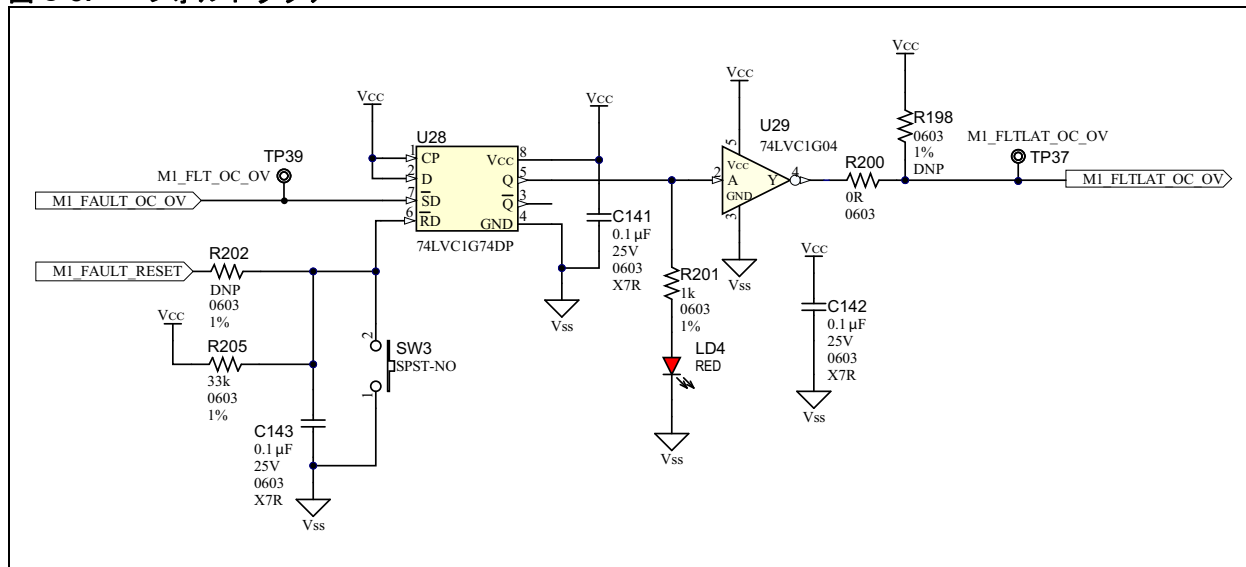
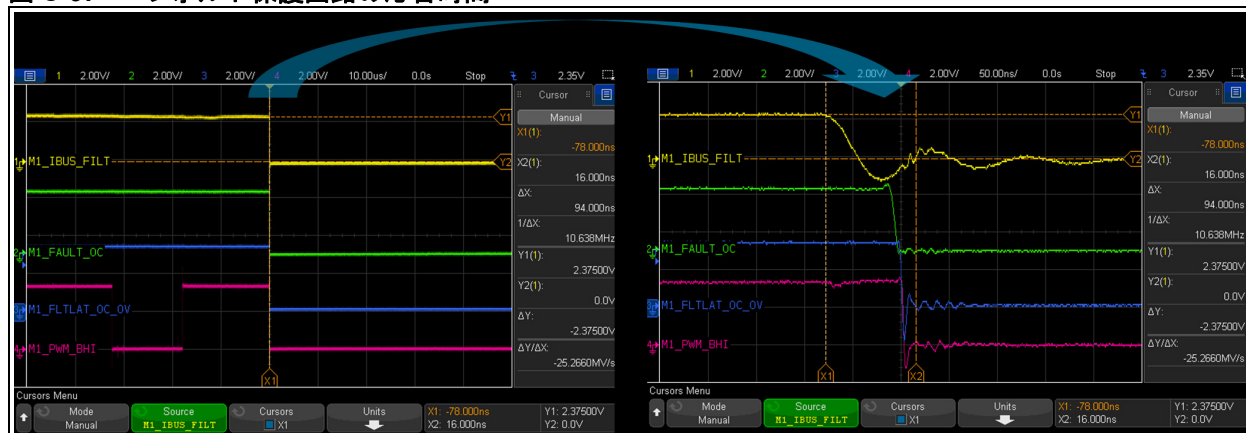


図 C-9: フォルト保護回路の応答時間



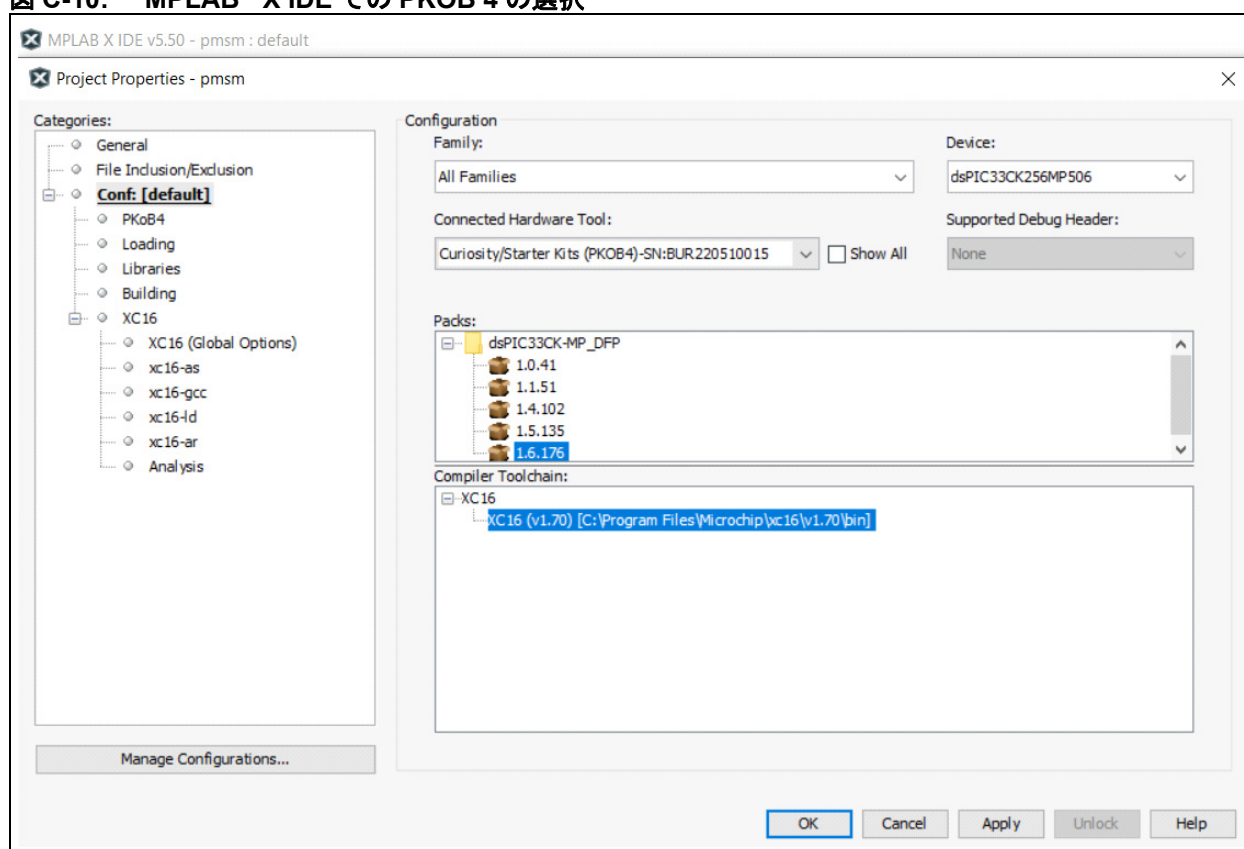
C.4 プログラマ / デバッガ インターフェイス

C.4.1 プログラム / デバッグ インターフェイス

本ボードは PICKit™ On-Board (PKOB) プログラム / デバッグツールを内蔵しており、DIM(デュアル インライン モジュール) 上のターゲット デバイスのプログラムとデバッグが行えます。本インバータボードを USB Micro-B コネクタ (J16) でホスト PC に接続すると、PKOB は自動的にエニユメレートし、MPLAB X IDE (v5.50 以降) に認識されます。PKOB は OS 標準の HID(ヒューマン インターフェイス デバイス) ドライバを使うため、カスタム USB ドライバのインストールは不要です。

接続したら、[図 C-10](#) に示すように MPLAB X IDE のプロジェクト プロパティのページで [Hardware Tools] > [Microchip Kits] > [Starter Kits (PKOB)] > [Curiosity/Starter Kits (PKOB4)] > [MPLAB PKoB 4] でデバイスを選択して、PKOB プログラマ / デバッガ ツールを選択できます。

図 C-10: MPLAB® X IDE での PKOB 4 の選択



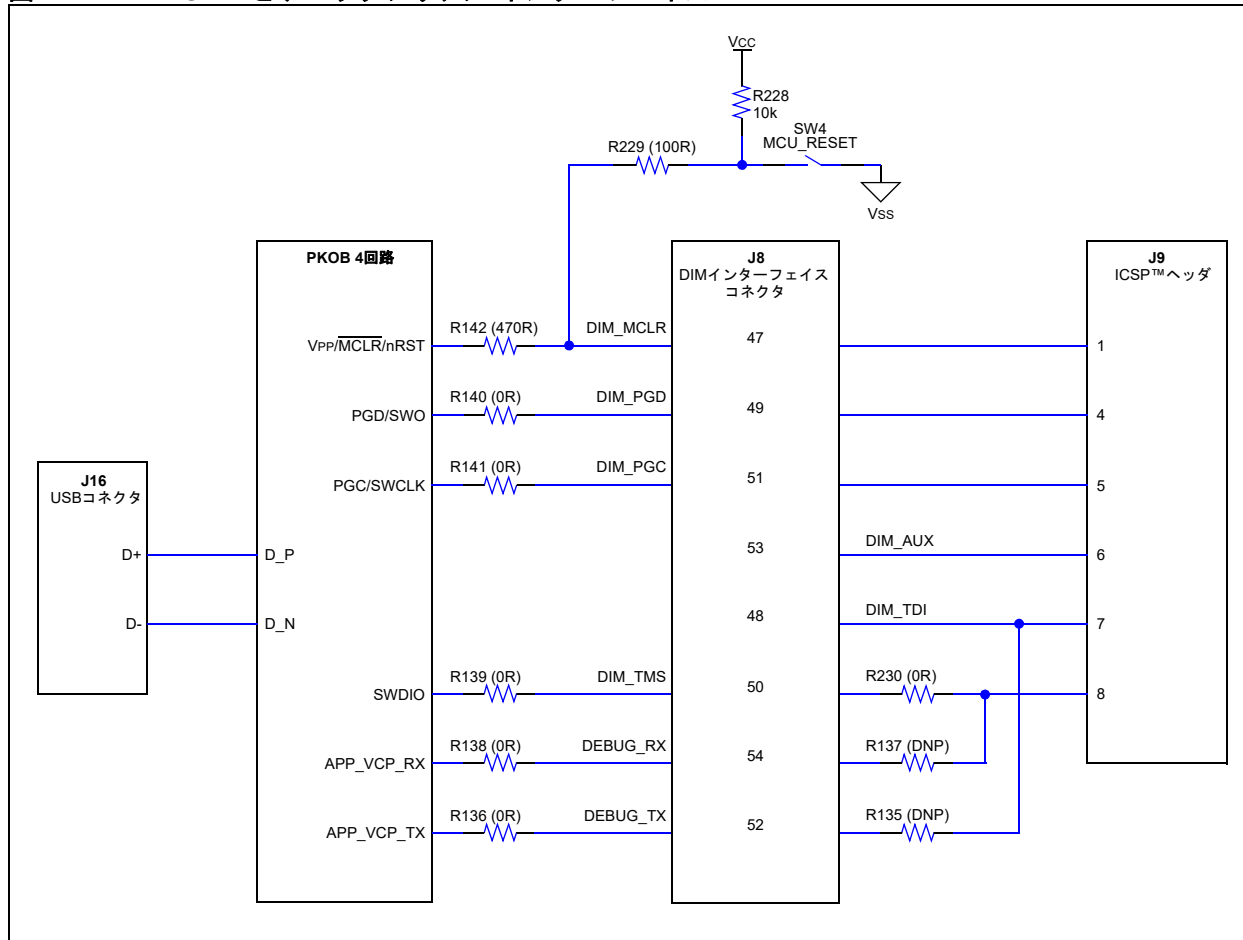
さらに、プログラマ / デバッガ (例: MPLAB PICKit™ 4 インサーキット デバッガ、製品番号 PG164140) 接続用に 8 ピン ICSP™ プログラミング ヘッダ (J9) を備えています。コネクタ ピンの詳細は[セクション 2.2.7「プログラマ / デバッガ インターフェイス用 ICSP™ ヘッダ \(J9\)」](#)を参照してください。

C.4.2 デバッグシリアル インターフェイス

仮想 COM ポート機能を使って PKOB (PICKit On-Board) プログラミング / デバッグ ツールをデバッグシリアル インターフェイスとして使う事もできます。ジャンパ抵抗 R138とR136に0Ωを実装すると、DIM上のマイクロコントローラの信号DEBUG_RX、DEBUG_TXがPKOB回路に接続されます。Windows® OSでは、ドライバのインストールが完了するとデバイスは「COMx」ポートオブジェクトとして表示され、一般的なターミナルプログラムで読み書きできます。この USB-UART 接続は 460800 bps までの baud レートをサポートできます。

PKOB 4 インターフェイスと ICSP ヘッダの接続回路を図 C-11 に示します。

図 C-11: PKOB 4 とデバッグシリアル インターフェイス



MPLAB PICKit 4 インサーキット デバッグの仮想 COM ポート機能を使ってデバッグシリアル インターフェイスを確立できます。

MPLAB X IDE のプラグインを使うと、シリアル USB-UART インターフェイスを介して、外部ホスト PC でリアルタイム診断が行えます。

- MPLAB X IDE向けX2C-Scopeプラグインと使うLinz Center of Mechatronics GmbH 社製 X2C-Scope

PKOB または ICSP プログラミング ヘッダは、本インバータボードに接続されている入力電源から絶縁されていません。

補遺 D. 信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ

表 D-1 に、MCLV-48V-300W インバータボード上の DIM インターフェイス ヘッダ J8 における信号の割り当てをまとめます。DIM の一部のピンはアドオンカードまたは回路とインバータボードとのインターフェイス用にヘッダ (J11、J13、J14) に直接接続されます。

表 D-1: ピン割り当て – DIM インターフェイス コネクタ (J8)

MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能	DIM ピン 番号	Row1	Row2	DIM ピン 番号	MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能
M1_PWM_AH	DIM:001	1	2	DIM:002	M1_PWM_CH
M1_PWM_AL	DIM:003	3	4	DIM:004	M1_PWM_CL
M1_PWM_BH	DIM:005	5	6	DIM:006	—
M1_PWM_BL	DIM:007	7	8	DIM:008	—
M1_VA	DIM:009	9	10	DIM:010	—
M1_VB	DIM:011	11	12	DIM:012	—
M1_SHUNT_IA_P	DIM:013	13	14	DIM:014	M1_SHUNT_IC_P
M1_SHUNT_IA_N	DIM:015	15	16	DIM:016	M1_SHUNT_IC_N
M1_IA	DIM:017	17	18	DIM:018	M1_IC
M1_IA_EXT	DIM:019	19	20	DIM:020	M1_IC_EXT
M1_SHUNT_IB_P	DIM:021	21	22	DIM:022	M1_VC
M1_SHUNT_IB_N	DIM:023	23	24	DIM:024	M1_TEMP_FET
M1_IB	DIM:025	25	26	DIM:026	AN_EXT1(TEMP)
M1_IB_EXT	DIM:027	27	28	DIM:028	M1_POT1
M1_SHUNT_IBUS_P	DIM:029	29	30	DIM:030	M1_LED1
M1_SHUNT_IBUS_N	DIM:031	31	32	DIM:032	M1_LED2
M1_IBUS	DIM:033	33	34	DIM:034	M1_BUTTON1
M1_IBUS_EXT	DIM:035	35	36	DIM:036	M1_BUTTON2
VREF	VREF	37	38	DIM:038	—
M1_VBUS	DIM:039	39	40	DIM:040	M1_FLTLAT_OC_OV
M1_FAULT_OC_OV	DIM:041	41	42	DIM:042	M1_QEI_A
M1_FAULT_OC	DIM:043	43	44	DIM:044	M1_QEI_B
M1_FAULT_RESET	DIM:045	45	46	DIM:046	M1_QEI_INDEX
DIM_MCLR	DIM:047	47	48	DIM:048	DIM_TDI
DIM_PGD	DIM:049	49	50	DIM:050	DIM_TMS
DIM_PGC	DIM:051	51	52	DIM:052	DEBUG_TX
DIM_AUX	DIM:053	53	54	DIM:054	DEBUG_RX
VCC_SELECT	VCC_SELECT	55	56	DIM:056	DEBUG_GPIO1 (J14 – ピン #8)
Vcc	Vcc	57	58	Vcc	Vcc

表 D-1: ピン割り当て – DIM インターフェイス コネクタ (J8) (続き)

MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能	DIM ピン 番号	Row1	Row2	DIM ピン 番号	MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能
VCC	VCC	59	60	VCC	VCC
VSS	VSS	61	62	VSS	VSS
VSS	VSS	63	64	VSS	VSS
EEPROM_CS	DIM:065	65	66	DIM:066	M1_HALL_A
BRAKE_PWM	DIM:067	67	68	DIM:068	M1_HALL_B
M1_REC_NEUTRAL	DIM:069	69	70	DIM:070	M1_HALL_C
VABSREF	DIM:071	71	72	DIM:072	DIM_072 (J14 – ピン #7)
DIM_073 (J14 – ピン #6)	DIM:073	73	74	DIM:074	DIM_074 (J14 – ピン #5)
DIM_075 (J14 – ピン #4)	DIM:075	75	76	DIM:076	DIM_076 (J14 – ピン #3)
DIM_077 (J14 – ピン #2)	DIM:077	77	78	DIM:078	DIM_078 (J14 – ピン #1)
XPRO2_ID (J13 – ピン #1)	DIM:079	79	80	DIM:080	XPRO1_ID (J11 – ピン #1)
XPRO2_ADC(+) (J13 – ピン #3)	DIM:081	81	82	DIM:082	XPRO1_ADC(+) (J11 – ピン #3)
XPRO2_ADC(-) (J13 – ピン #4)	DIM:083	83	84	DIM:084	XPRO1_ADC(-) (J11 – ピン #4)
XPRO2_GPIO1 (J13 – ピン #5)	DIM:085	85	86	DIM:086	XPRO1_GPIO1 (J11 – ピン #5)
XPRO2_GPIO2 (J13 – ピン #6)	DIM:087	87	88	DIM:088	XPRO1_GPIO2 (J11 – ピン #6)
XPRO2_PWM(+) (J13 – ピン #7)	DIM:089	89	90	DIM:090	XPRO1_PWM(+) (J11 – ピン #7)
XPRO2_PWM(-) (J13 – ピン #8)	DIM:091	91	92	DIM:092	XPRO1_PWM(-) (J11 – ピン #8)
XPRO2_IRQ (J13 – ピン #9)	DIM:093	93	94	DIM:094	XPRO1_IRQ (J11 – ピン #9)
XPRO2_SPI_SS_B (J13 – ピン #10)	DIM:095	95	96	DIM:096	XPRO1_SPI_SS_B (J11 – ピン #10)
XPRO2_I2C_SDA (J13 – ピン #11)	DIM:097	97	98	DIM:098	XPRO1_I2C_SDA (J11 – ピン #11)
XPRO2_I2C_SCL (J13 – ピン #12)	DIM:099	99	100	DIM:100	XPRO1_I2C_SCL (J11 – ピン #12)
XPRO2_UART_RX (J13 – ピン #13)	DIM:101	101	102	DIM:102	XPRO1_UART_RX (J11 – ピン #13)
XPRO2_UART_TX (J13 – ピン #14)	DIM:103	103	104	DIM:104	XPRO1_UART_TX (J11 – ピン #14)
XPRO2_SPI_SS_A (J13 – ピン #15)	DIM:105	105	106	DIM:106	XPRO1_SPI_SS_A (J11 – ピン #15)
XPRO2_SPI_MOSI (J13 – ピン #16)	DIM:107	107	108	DIM:108	XPRO1_SPI_MOSI (J11 – ピン #16)
XPRO2_SPI_MISO (J13 – ピン #17)	DIM:109	109	110	DIM:110	XPRO1_SPI_MISO (J11 – ピン #17)

信号の割り当て – DIM インターフェイス ヘッダ

表 D-1: ピン割り当て – DIM インターフェイス コネクタ (J8) (続き)

MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能	DIM ピン 番号	Row1	Row2	DIM ピン 番号	MCLV-48V-300W インバータ ボードでの機能
XPRO2_SPI_SCK (J13 – ピン #18)	DIM:111	111	112	DIM:112	XPRO1_SPI_SCK (J11 – ピン #18)
VCC	VCC	113	114	VCC	VCC
VCC	VCC	115	116	VCC	VCC
VSS	VSS	117	118	VSS	VSS
VSS	VSS	119	120	VSS	VSS

各国の営業所とサービス

南北アメリカ

本社
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
技術サポート :
<http://www.microchip.com/support>
URL:
www.microchip.com

アトランタ
Duluth, GA
Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

オースティン, TX
Tel: 512-257-3370

ボストン
Westborough, MA
Tel: 774-760-0087
Fax: 774-760-0088

シカゴ
Itasca, IL
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

ダラス
Addison, TX
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

デトロイト
Novi, MI
Tel: 248-848-4000

ヒューストン, TX
Tel: 281-894-5983

インディアナポリス
Noblesville, IN
Tel: 317-773-8323
Fax: 317-773-5453
Tel: 317-536-2380

ロサンゼルス
Mission Viejo, CA
Tel: 949-462-9523
Fax: 949-462-9608
Tel: 951-273-7800

ローリー, NC
Tel: 919-844-7510

ニューヨーク, NY
Tel: 631-435-6000

サンノゼ, CA
Tel: 408-735-9110
Tel: 408-436-4270

カナダ - トロント
Tel: 905-695-1980
Fax: 905-695-2078

アジア / 太平洋

オーストラリア - シドニー
Tel: 61-2-9868-6733

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重慶
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 東莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 広州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 香港 SAR
Tel: 852-2943-5100

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青島
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 瀋陽
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 蘇州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武漢
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦門
Tel: 86-592-2388138

中国 - 珠海
Tel: 86-756-3210040

アジア/太平洋

インド - バンガロール
Tel: 91-80-3090-4444

インド - ニューデリー
Tel: 91-11-4160-8631

インド - プネ
Tel: 91-20-4121-0141

日本 - 大阪
Tel: 81-6-6152-7160

日本 - 東京
Tel: 81-3-6880-3770

韓国 - 大邱
Tel: 82-53-744-4301

韓国 - ソウル
Tel: 82-2-554-7200

マレーシア - クアラルンプール
Tel: 60-3-7651-7906

マレーシア - ペナン
Tel: 60-4-227-8870

フィリピン - マニラ
Tel: 63-2-634-9065

シンガポール
Tel: 65-6334-8870

台湾 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

台湾 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

タイ - バンコク
Tel: 66-2-694-1351

ベトナム - ホーチミン
Tel: 84-28-5448-2100

欧州

オーストリア - ヴェルス
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

デンマーク - コペンハーゲン
Tel: 45-4485-5910
Fax: 45-4485-2829

フィンランド - エスポー
Tel: 358-9-4520-820

フランス - パリ
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

ドイツ - ガーヒンク
Tel: 49-8931-9700

ドイツ - ハーン
Tel: 49-2129-3766400

ドイツ - ハイムブロン
Tel: 49-7131-72400

ドイツ - カールスルーエ
Tel: 49-721-625370

ドイツ - ミュンヘン
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

ドイツ - ローゼンハイム
Tel: 49-8031-354-560

イスラエル - ラーナナ
Tel: 972-9-744-7705

イタリア - ミラノ
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

イタリア - バドヴァ
Tel: 39-049-7625286

オランダ - ドリュウネン
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

ノルウェー - トロンハイム
Tel: 47-7288-4388

ポーランド - ワルシャワ
Tel: 48-22-3325737

ルーマニア - ブカレスト
Tel: 40-21-407-87-50

スペイン - マドリッド
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

スウェーデン - ヨーテボリ
Tel: 46-31-704-60-40

スウェーデン - ストックホルム
Tel: 46-8-5090-4654

イギリス - ウォーキンガム
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820