参考資料

Design Guide: TIDA-010940
単相シャント電気メーターのリファレンス デザイン

概要

このリファレンス デザインは、スタンドアロンのマルチ チャネル アナログ / デジタル コンバータ (ADC) を使用してシャント電流センサをサンプリングする、単相エネルギー メーターを実装しています。シャント センサと超低消費電力リニア ホール効果センサ (DRV5032) の組み合わせにより効果が最小限に抑えられ、磁気的な改ざん攻撃の検出が可能になります。このリファレンス デザインは、4000:1 の入力範囲 (25mA～100A)、8kHz のサンプリング レートで Class 0.5S の精度を達成しており、テキサス・インスツルメンツ Arm® Cortex®-M0+ ホスト マイクロコントローラを使って計測パラメータを計算しています。必要なソフトウェア機能は、MSPM0-SDK バージョン：2.02.00.05 に実装されており、テキサス・インスツルメンツ Code Composer Studio™ でコンパイルできます。

リソース

TIDA-010940	デザイン フォルダ
ADS131M03	プロダクト フォルダ
MSPM0L2228	プロダクト フォルダ
THVD1400、ISO6731	プロダクト フォルダ
エネルギー測定ライブラリ	ソフトウェア

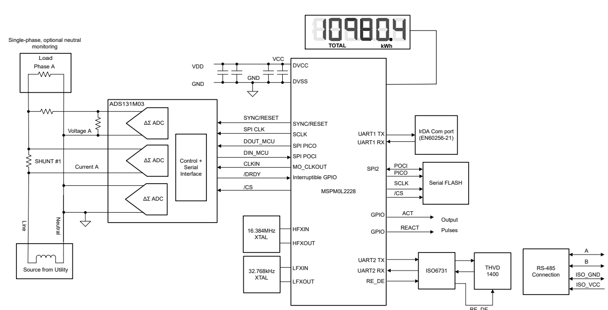
テキサス・インスツルメンツの™ E2E サポート エキスパートにお問い合わせください。

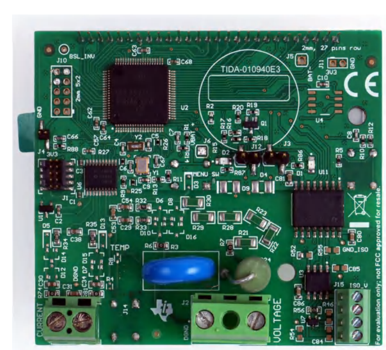
特長

- 単相、2 線式 (1P1W) クラス 0.5S シャント電気メーター、25mA～100A の入力範囲でテスト済み
- 有効/無効電力量および電力、RMS ライン電流、RMS 中性電流、RMS 電圧、力率、ライン周波数などのパラメータを計算
- DRV5032 デジタル スイッチ ホール効果センサにより改ざん攻撃の可能性を検出
- 5kV$_{RMS}$ 絶縁の RS-485 インターフェイス
- Microsoft® Windows® PC の GUI に結果を表示する、リファレンス テスト システムに対するパルス出力を備えたエネルギー測定ソフトウェア

アプリケーション

- 電気メータ





English Document: TIDUF98

1 システムの説明

1.1 最終製品

1.1.1 電気メーター

電気メーターに期待される精度の要件と処理量が急速に増加するにつれ、単一の計測用システム オン チップ (SoC) でこの問題を解決するのはますます困難になっていきます。スタンドアロン ADC およびホスト マイクロコントローラ (MCU) を使用したデュアルチップ アプローチは、電気メーター SoC の制限を克服し、世界の特定市場または特定地域のニーズにより適したシステム デザインを可能にします。ADS131M03 のような高精度でコスト最適化された非絶縁型スタンドアロン ADC およびコスト最適化された MSPM0L2228 MCU を LCD コントローラおよびバックアップ (VBAT) 電源ドメインと組み合わせることで、次のようなさまざまな利点を持つコスト最適化された新世代の単相電気メーターを実現できます。

- 3 チャネル (または 2 チャネルのみ) の同時サンプリング デルタ シグマ ADC を使用した魅力的なコストのシャント電流センサを採用して、0.5S の精度要件を満たします。
- MSPM0L2228 ホスト MCU は、よりシンプルでより小型の PCB 向けに、最大 8×51 および 4×55 のソフトウェア定義可能な COM および SEG ラインを使用してセグメント LCD ディスプレイを駆動します。
- MSPM0L2228 の VBAT アイランドには、低周波数クロック システム (LFOSC、LFXT)、リアルタイム クロック、改ざん検出、タイムスタンプ ロジック、独立型ウォッチドッグ タイマ、32 バイトのバックアップ メモリが含まれます。
- 外部 SPI フラッシュ メモリと 2 つの UART インターフェイス (1 つは EN 62056-21 に準拠する IrDA 光学ポート用、もう 1 つは絶縁型 RS-485 通信用) をサポートしています。

TIDA-010940 ファームウェアは、受信した ADS131M03 データ サンプルを連続処理することにより、単相エネルギー測定用の各種計測パラメータの計算を特にサポートしています。最も重要なパラメータは次のものです。これらは、キャリブレーション GUI、または基準計測テスト システムに接続された ACT および REACT パルス出力から確認できます。

- パルス生成出力からの有効エネルギー (kWh)、無効エネルギー (kvarh)、皮相エネルギー (kVAh)
- RMS ライン電流と RMS ライン電圧
- 力率
- ライン周波数

さらに、MSPM0L2228 は基板の LCD (液晶ディスプレイ) を駆動し、基板上の絶縁型 RS-485 回路を経由してパーソナル コンピュータ (PC) のグラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) との通信を行います。

1.2 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

特長	説明
相数	1
電気メーターの精度クラス	クラス 0.5S
電流センサ	シャント
テストした電流範囲	0.025～100A
テストした電圧範囲	10 ～ 270 V
ADS131M03 の CLKIN 周波数	8,192,000 Hz
ADS131M03 のデルタ シグマ変調クロック周波数	4,096,000Hz (= CLKIN / 2)
SPI クロック	8,000,000 Hz
オーバーサンプリング レート (OSR)	512
デジタル フィルタ出力のサンプル レート	8,000 サンプル /秒
位相補償の実装	ソフトウェア
位相補償分解能	50Hz で 0.0088°、60Hz で 0.0105°
選択した CPU クロック周波数	32MHz
システムの公称周波数	50 または 60Hz

English Document: TIDUF98

表 1-1. 主なシステム仕様 (続き)

特長	説明
測定されたパラメータ	• 有効、無効、皮相電力およびエネルギー • RMS (実効値) ライン電流、中性電流、および電圧 • 力率 • ライン周波数
測定パラメータの更新レート	約 1 秒に相当
通信オプション	• LCD • 5kV$_{RMS}$ の絶縁型 RS-485 を使用する PC の GUI
利用している LED	有効エネルギーおよび無効エネルギー
基板の電源	外部電源:3V3 および GND

2 システム概要

2.1 ブロック図

図 2-1 に、この単相電気メーター アプリケーションの概略ブロック図を示します。

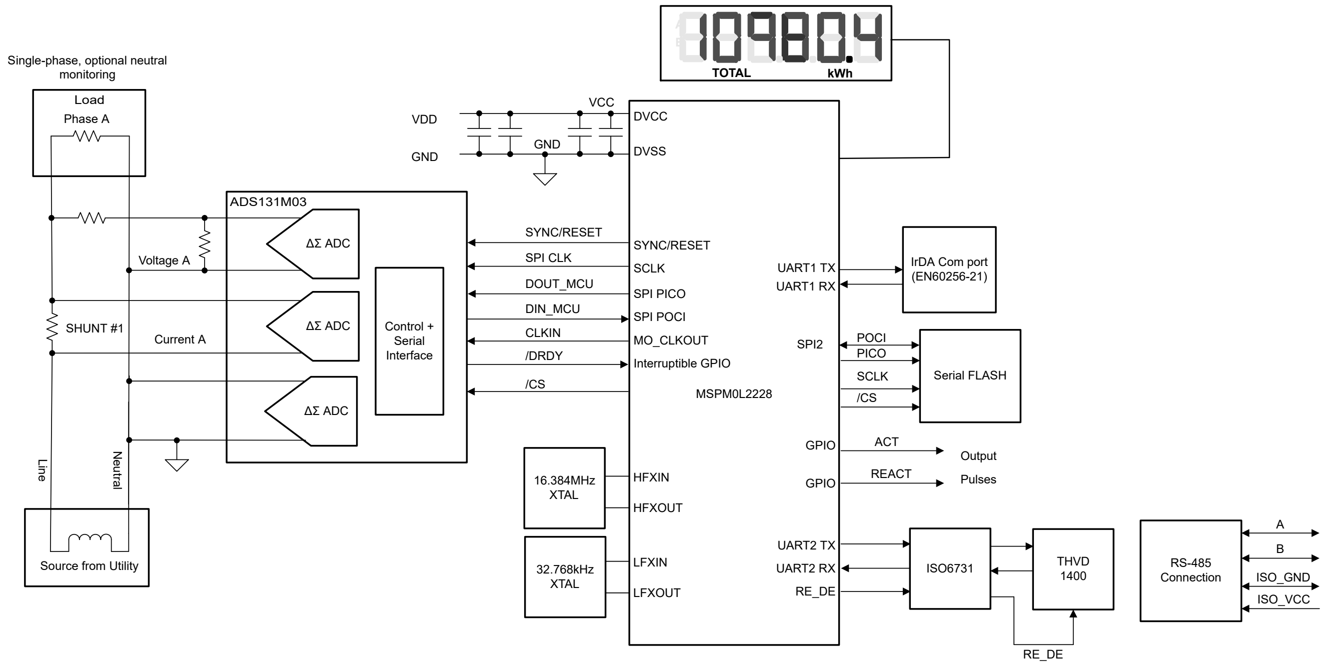


図 2-1. TIDA-010940 のブロック図

シャント電流センサの抵抗は、エネルギー測定に必要な最大電流値と、シャントの消費電力を最小化する必要性に基づいて選択されています。

電圧チャネル用の分圧抵抗の選択により、商用電源電圧が ADS131M03 デバイスの通常の入力範囲に準拠するように分圧されます。ADS131M03 ADC はダイナミック レンジが広く、電圧の測定にそれほど広いダイナミック レンジは必要ないため、電圧チャネル ADC の入力で見られる最大電圧がフルスケール電圧のごく一部になるよう、電圧フロントエンド回路が意図的に選択されています。入力電圧範囲を狭くすることで、電圧から電流へのクロストークを低減していますが、このクロストークは電圧 ADC の精度よりも計測精度に影響を及ぼすため、電圧精度が犠牲になります。図 2-1 では、商用電源電圧を ADC で検出可能な電圧に変換するために単純な分圧器を使用しており、ライン電流は電流センサを使用して検出されますが、中性電流は監視されません。

このデザインでは、2 つの ADC チャネルのみを使用するため、ピン互換の ADS131M02 を使用すると、システム設計コストをさらに削減できます。ADS131M03 デバイスは、次の方法で MCU と通信します。

1. ADS131M03 デバイスが使用する CLKIN クロックは、MSPM0+ MCU の M0_CLKOUT クロック信号出力から供給されます。
2. ADS131M03 デバイスは、CLKIN ピンに供給されるクロックを 2 分周し、この分周されたクロックをデルタ シグマ変調クロックとして使用します。
3. 新しい ADC サンプルの準備ができると、ADS131M03 デバイスの $\overline{\text{DRDY}}$ ピンがアサートされます。
4. 新しいサンプルの通知を受信した後、MSPM0+ MCU は SPI インターフェイスの 1 つと DMA コントローラを使用して、ADS131M03 デバイスから電圧と電流のサンプルを読み取ります。

図 2-1 で他に重要な信号は、高精度の測定とキャリブレーションに使用される、有効および無効エネルギー パルス (ACT および REACT) です。このデザインは、基板上の ISO6731 および THVD1400 デバイスを使用した絶縁型 RS-485 インターフェイスをサポートしています。

2.2 主な使用製品

2.2.1 ADS131M03

ADS131M03 は、3 チャネルの同時サンプリング、24 ビット、デルタ シグマ (ΔΣ) アナログ / デジタル コンバータ (ADC) です。広いダイナミック レンジ、低消費電力、エネルギー測定固有の機能を備えているため、エネルギー測定、電力測定、サーキット ブレーカの用途に非常に適しています。ADC 入力を、抵抗分圧回路または変圧器に直接接続して電圧を測定でき、または変流器、シャント、ロゴスキー コイルに接続して電流を測定できます。

個々の ADC チャネルは、センサ入力に応じて個別に構成可能です。低ノイズのプログラマブル ゲイン アンプ (PGA) により、1～128 の範囲のゲインで低レベルの信号を増幅できます。さらに、このデバイスにはチャネル間位相キャリブレーション レジスタ、オフセットおよびゲイン キャリブレーション レジスタが内蔵されており、信号チェーンの誤差を除去するのに役立ちます。

本デバイスのリファレンス電圧は 1.2V、低ドリフトなので、プリント基板 (PCB) の面積を削減できます。データ入力、データ出力、レジスタ マップで巡回冗長性検査 (CRC) を任意で使用して、通信の整合性を維持できします。この完全なアナログ フロントエンド (AFE) は、20 ピン TSSOP パッケージまたは 20 ピン WQFN パッケージで供給され、産業用温度範囲の -40℃～+125℃で動作が規定されています。図 2-2 にこのデバイスのブロック図を示します。

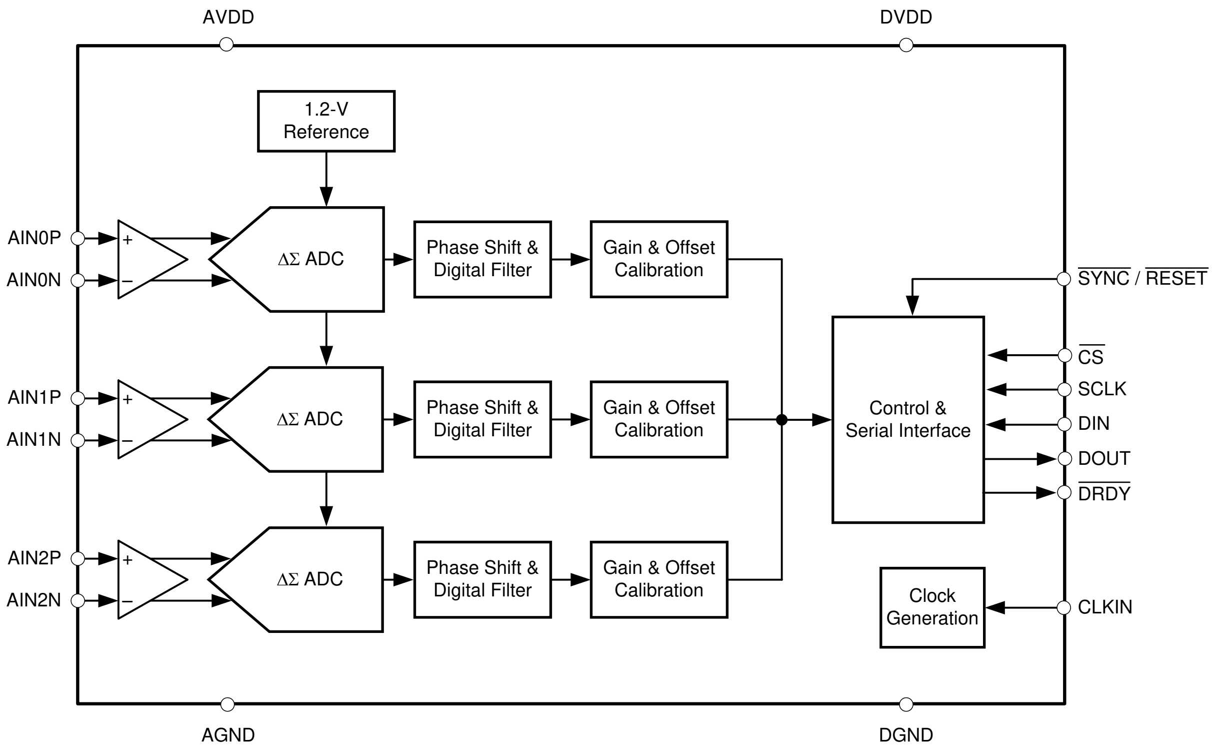


図 2-2. ADS131M03 の機能ブロック図

図 2-2 では、2.7V～3.6V の電圧を AVDD と AGND の間、および DVDD と GND の間に印加する必要があります。また、外部クロックを CLKIN に接続する必要があります。ADS131M03 デバイスは、DRDY ピンをアサートすることで、新しい ADC サンプルがあり、高分解能モードに構成されていることをホスト MCU に通知します。このモードでは、MSPM0L2228 MCU の M0_CLKOUT ピンから供給される 8.192MHz 周波数入力を使用します。

2.2.2 MSPM0L2228

MSPM0Lx22x マイクロコントローラ (MCU) は、最大 32MHz の周波数で動作する Arm® Cortex®-M0+ 32 ビット コアプラットフォームをベースとした MPS の高集積超低消費電力 32 ビット MSPM0 MCU ファミリの製品です。これらの MCU は、小型パッケージ (最小 4mm x 4mm) またはピン数の多いパッケージ (最大 80 ピン) で 128KB～256KB のフラッシュ メモリを必要とするアプリケーション向けに、コスト最適化と設計のフレキシビリティの組み合わせを提供します。これらのデバイスには、VBAT バックアップ アイランド、セグメント LCD コントローラ (MSPM0L2228 上)、サイバーセキュリ

ティ イネーブラ、高性能の統合アナログが含まれており、動作温度範囲全体にわたって優れた低消費電力性能を実現します。このデバイスのブロック図を、図 2-3 に示します。

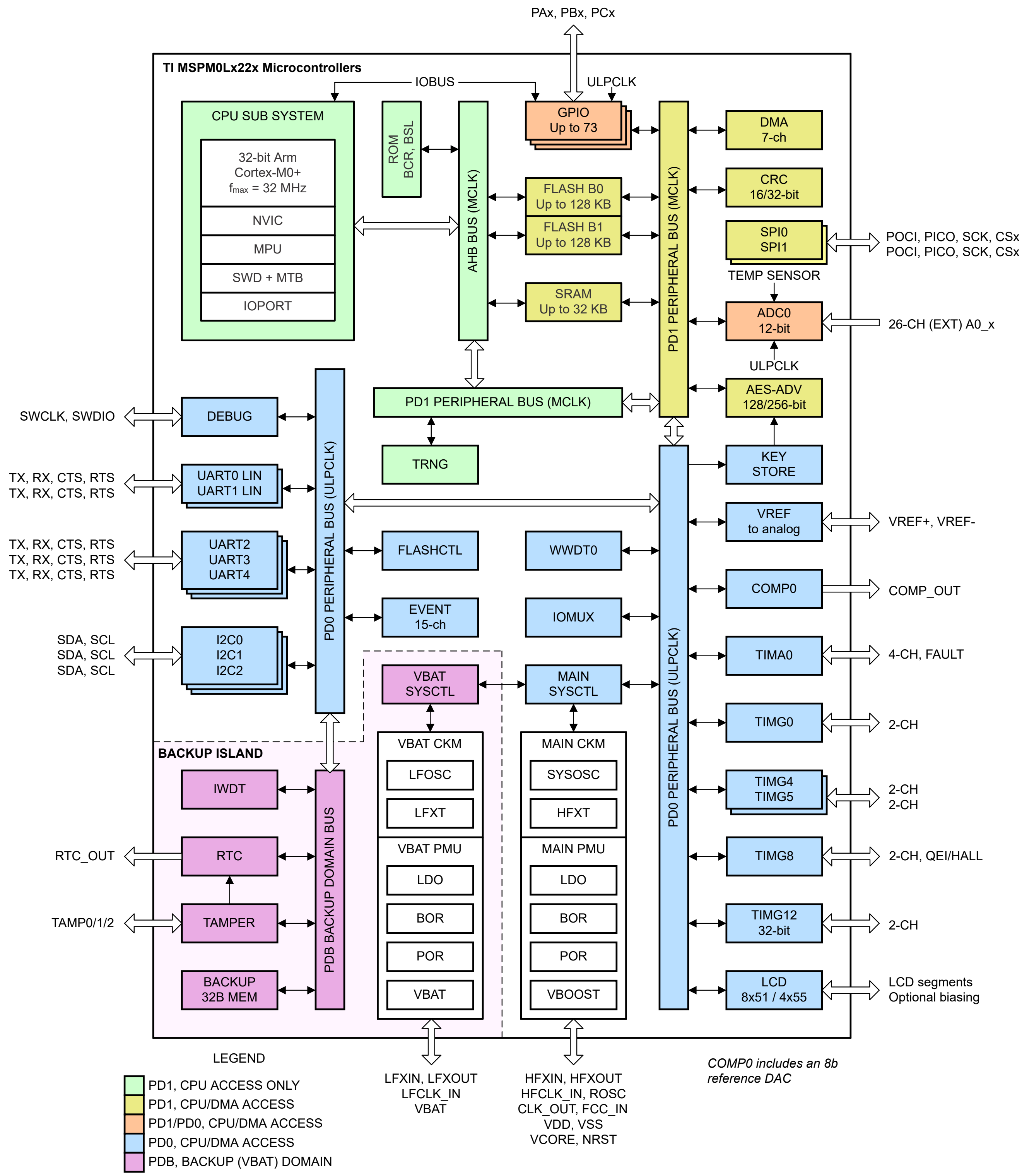


図 2-3. MSPM0L2228 の機能ブロック図

最大 256KB の組込みフラッシュ プログラム メモリ (ECC (誤り訂正符号) 内蔵)、最大 32KB の SRAM (ECC およびパリティ保護付き) を搭載しています。フラッシュ メモリは 2 つのメイン バンクで構成されており、現場でのファームウェア更新

と 2 つのメイン バンク間でのアドレス スワップをサポートしています。VBAT アイランドには 32 バイトの追加バックアップ メモリが搭載されており、VBAT ピンから電源が供給され、メイン電源 (VDD) が失われた場合でも保持されます。

VBAT アイランドは (メイン電源から分離された) 完全に独立した補助電源ドメインとなり、バッテリ、スーパーキャパシタ、代替電圧レベル (1.62～3.6V) などの代替電源から低周波数モジュールに電力を供給します。VBAT アイランドには、低周波数クロック システム (LFOSC、LFXT)、リアルタイム クロック、改ざん検出機能、タイムスタンプ ロジック、独立型ウォッチドッグ タイマ、32 バイトのバックアップ メモリが含まれます。VBAT 電源から最大 5 つのデジタル IO に電力を供給できます。充電モードがあり、VDD が VBAT を上回っているときに、オプションで 1 次側 (VDD) 電源から VBAT ピンのスーパーキャパシタをトリクル充電できます。

超低消費電力のセグメント LCD コントローラは、さまざまなマルチプレクサおよびバイアス構成で最大 59 ピンの LCD ガラスの駆動をサポートし、低コストのディスプレイの使用を可能にします。

柔軟性の高いサイバーセキュリティ イネーブラを使用して、セキュア ブート、現場での安全なファームウェア更新、IP 保護 (実行専用メモリ)、キー ストレージなどをサポートできます。さまざまな AES 対称暗号モードと TRNG エントロピー ソース用にハードウェア アクセラレーションが提供されています。このサイバーセキュリティ アーキテクチャは、Arm® PSA Level 1 認定を取得してい ます。

このデザインの MSPM0L2228 MCU は、ADS131M03 デバイスから電圧および電流のサンプルを取得し、計測パラメータを計算します。さらに、このデバイスは RTC モジュールを使用して時間の経過を管理し、内部 LCD ドライバ モジュールを使用して基板上の LCD を駆動し、UART インターフェイスの 1 つを使用して基板上の絶縁 RS-485 回路で PC の GUI との通信を行います。MSPM0+ MCU の CRC モジュールは、ADS131M03 デバイスから送信される ADC データ パケットの整合性を検証するために実行される CRC16 計算の高速化に使用されます。

2.2.3 THVD1400

THVD1400 デバイスは、産業用アプリケーション向けの堅牢な半二重 RS-485 トランシーバです。バスのピンは高レベルの IEC 接触放電 ESD イベントへの耐性があるため、システム レベルでの追加保護部品が不要です。このデバイスは、3～5.5V の単電源で動作します。同相電圧範囲が広く、バスのピンでの入力リークが小さいため、THVD1400 デバイスは長いケーブルを使用するマルチポイントのアプリケーションに適しています。

THVD1400 デバイスは、ドロップイン互換性のある業界標準の 8 ピン SOIC パッケージと、業界をリードする小型 SOT パッケージで供給され、-40℃～125℃の温度範囲で動作が規定されています。このデバイスは、データを UART から RS-485 信号に変換します。

2.2.4 ΣISO6731

このリファレンス デザインの絶縁型 RS-232 の部分は、光アイソレータよりも本質的に寿命が長い容量性ガルバニック絶縁を使用しています。特に、産業用デバイスは通常、消費者向け電子機器よりはるかに長い期間使用を強いられるため、15 年以上にわたって効果的な絶縁を維持することが重要です。

このリファレンス デザインの RS-485 回路で使用されている ISO6731 デバイスのバリアントは、UL 準拠で最大 5kV$_{RMS}$ のガルバニック絶縁を 1 分間にわたって実現します。このデジタル アイソレータには 3 つの絶縁チャネルがあり、2 つのチャネルは順方向チャネル、もう 1 つは逆方向チャネルです。このデザインでは、TX と RX に 2 つの絶縁チャネルを使用します。通信に RS-485 を選択した場合、制御信号に 3 番目の絶縁チャネルを使用してレシーバまたはドライバをイネーブルにします。それぞれの絶縁チャネルにはロジック入力および出力バッファがあり、二重の容量性二酸化ケイ素 (SiO_2) 絶縁バリアによって分離されています。このチップは 50Mbps の信号レートをサポートし、2.5V、3.3V、5V の電源およびロジック レベルで動作し、-40℃～125℃の温度範囲で動作が規定されています。

2.2.5 DRV5032

DRV5032 デバイスは、超低消費電力のデジタル スイッチ式ホール効果センサで、小型で長いバッテリ駆動時間が必要なシステム向けに設計されています。このデバイスは、各種のアプリケーションに適合できるよう、複数の磁気スレッショルド、サンプリング レート、出力ドライバ、パッケージで提供されます。

印加されている磁束密度が BOP スレッショルドを超えると、デバイスは Low 電圧を出力します。出力は磁束密度が BRP 未満に低下するまで Low に維持され、その後でデバイスのバージョンに応じて High 電圧に駆動されるか、高インピーダンスに移行します。本デバイスは発振器を内蔵することで、80Hz、20Hz、または 5Hz で磁界のサンプリングと出力の更新を行い、消費電流を最小限に抑えています。オムニポーラとユニポーラの磁気応答が利用できます。

このデバイスは VCC が 1.65V～5.5V の範囲で動作し、標準の SOT-23、TO-92、小型の X2SON パッケージに搭載されます。推奨される動作時周囲温度範囲は -40℃～85℃です。

2.3 設計上の考慮事項

2.3.1 ハードウェア実装の設計

2.3.1.1 アナログ入力

この設計のアナログ フロント エンドは、ADS131M03 デルタ シグマ スタンドアロン ADC で構成されています。3 つの内蔵コンバータ チャネルはいずれも差動で、ピンの入力電圧が ±1.2V を超えないことが必要です (ゲイン = 1)。この入力電圧仕様を満たすには、電流入力と電圧入力を分割する必要があります。また、ADS131M03 デバイスは最低 -1.2V の電圧を検出できるため、商用電源からの AC 信号をレベル シフタなしで直接接続できます。このサブセクションでは、電圧チャネルと電流チャネルに使用するアナログ フロント エンドについて説明します。

2.3.1.1.1 電圧測定のアナログ フロント エンド

商用電源からの公称電圧は 100V～240V なので、ADC で検出するには電圧をスケールダウンする必要があります。図 2-4 に、ライン電圧と中性電圧が印加される J2 の後に、この電圧スケーリングのために使用されるアナログ フロント エンドを示します。

$$V_{ADC\_Swing,\,Voltage} = \pm V_{RMS} \times \sqrt{2}\left(\frac{R_{32}}{R_{21} + R_{22} + R_{23} + R_{28} + R_{29} + R_{30} + R_{32}}\right) \tag{1}$$

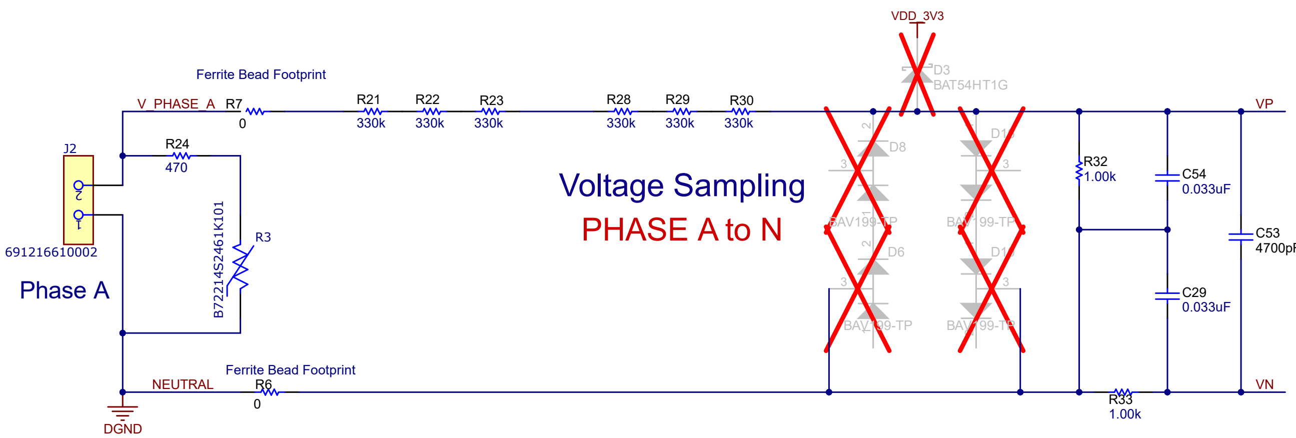


図 2-4. 電圧入力用のアナログ フロント エンド

電圧のアナログ フロント エンドは、スパイク保護用のバリスタ (R3)、保護抵抗 (R24)、電磁干渉フィルタ ビーズ用のフットプリント (抵抗 R6 および R7)、分圧器ネットワーク (R21、R22、R23、R28、R29、R30、R32)、RC ローパス フィルタ (R33、C29、C54、C53) で構成されています。

電流が小さい場合、電圧から電流へのクロストークは、電圧精度よりも有効エネルギーの精度にはるかに大きな影響を及ぼします。ADS131M03 デバイスの ADC は高精度なので、この設計では電圧チャネルに使用する ADC 範囲を狭くしても、電圧を測定するのに十分な精度を実現できます。

式 1 に、特定の商用電源電圧と、選択した分圧抵抗の値について、電圧 ADC チャネルに供給される差動電圧の範囲を計算する方法を示します。この式に基づき、230V の商用電源電圧を使用する場合、電圧 ADC への入力信号の電圧スイングは ±164mV (116mV$_{RMS}$) です。±164mV の電圧範囲は十分に ±1.2V の入力電圧範囲内であり、ADS131M03 デバイスにより電圧チャネルに選択された PGA ゲイン値 1 で検出可能です。

2.3.1.1.2 電流測定のアナログ フロント エンド

シャント電流入力のアナログ フロント エンド に、電流入力に使用されるアナログ フロント エンドを示します。この図では、外部 SHUNT センサ (図には示されていません) からの正と負のリードが、ヘッダー J14 のピン 1 とピン 2 に接続されています。

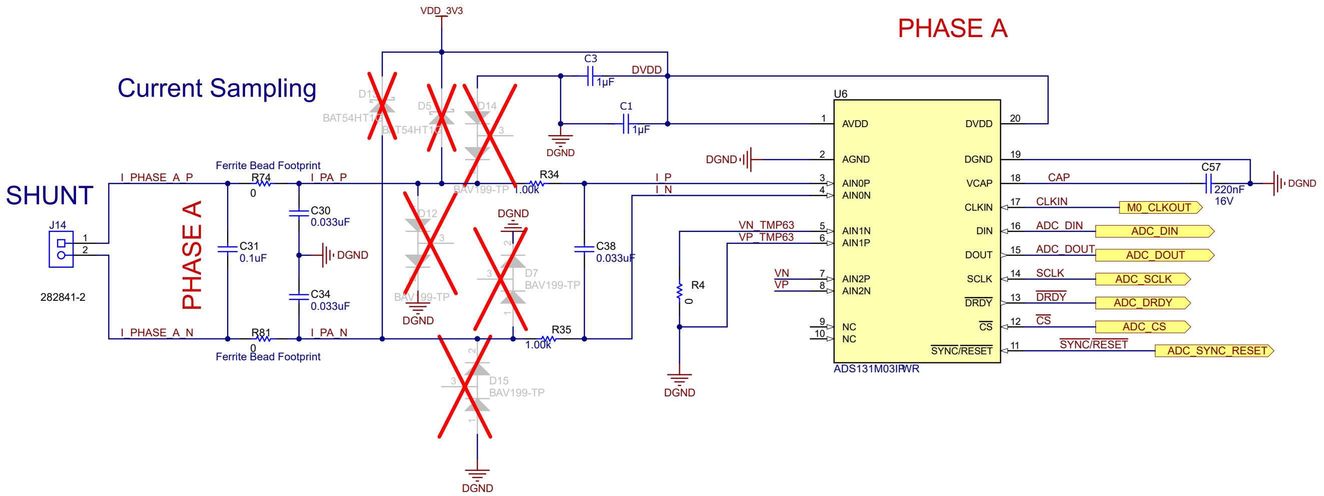


図 2-5. シャント電流入力のアナログ フロント エンド

電流のアナログ フロント エンドは、電磁干渉フィルタ ビーズのフットプリント (R74 と R81) と、アンチエイリアス フィルタとして機能する RC ローパス フィルタ (C30、C34、R34、R35、C38) で構成されます。

式 2 に、特定の最大電流、シャント抵抗値において、電流 ADC チャネルに供給される差動電圧の範囲を計算する方法を示します。

$$V_{ADC_{Swing},Current,Shunt} = \pm\sqrt{2}\left(R_{shunt}\right)I_{RMS,max} \tag{2}$$

電気メーターのシャント センサ値は、精度とシャント消費電力のトレードオフに基づいて選択します。シャント値を小さくすると、シャントで消費される電力は小さくなりますが、シャントからの出力電圧が低くなり、シャント出力を昇圧するために高い PGA ゲインを使用しても、低電流での精度が低下します。

$V_{ADC, Current,Shunt}$ 範囲に基づいて、表 2-1 のフルスケール範囲の表を参照して適切な PGA ゲインを選択し、$_{ADC, Current,Shunt}$ が収まる 2 つのゲイン値の範囲を見つけます。これら 2 つのゲイン値の低い方を PGA ゲイン設定として選択します。これにより、大電流時に飽和することなく、使用される ADC 範囲が最大化されます。たとえば、最大 RMS 電流 100A と 200μΩ のシャントを使用するとします。これらの値に基づき、$V_{ADC,shunt}$ RMS は ±28.3mV の範囲で変化し、この電圧範囲はゲイン 32 での最大電圧 ±37.5mV と PGA ゲイン 64 での ±18.75mV の間にあるため、シャント チャネルの PGA ゲイン設定は 32 (低い方のゲイン値) に設定されます。

表 2-1. ADS131M03 のフルスケール レンジ

ゲイン設定	FSR
1	±1.2 V
2	±600 mV
4	±300 mV
8	±150 mV
16	±75 mV
32	±37.5 mV
64	±18.75 mV
128	±9.375 mV

2.3.2 エネルギー計測ソフトウェア

TIDA-010940 のテストに使用する計測ソフトウェアは、最新の MSPM0 SDK、バージョン 2.02.00.05 以降のミドルウェア サンプルとして提供されています。MSPM0G3507 用に、『スタンドアロン ADC を使用する、コスト効率の優れた 3 相 CT 電気メータのリファレンス デザイン』と『単相および分相シャント エネルギー計測のリファレンス デザイン』のエネルギー測定デザインの両方をサポートする他のミドルウェア サンプルもあります。

MSPM0 エネルギー計測ミドルウェア ソフトウェア パッケージには、ハードウェア抽象化レイヤが含まれているため、ADC と ARM® Cortex®-M0+ マイクロプロセッサ (MCU) との間で通信が可能になるほか、エネルギー測定用の計測計算ライブラリが含まれています。また、このソフトウェアには、TIDA-010940 リファレンス デザインから計測パラメータを表示するための Windows® PC の GUI も含まれています。この PC の GUI は、C:\ti\mspm0_sdk_2_02_00_05\tools\metrology_gui の *tools* ディレクトリにあります。

TIDA-010940 ミドルウェア サンプル コードのリソース利用状況は、テキサス・インスツルメンツの CCS コンパイラの最適化設定を 2 にした場合、次のようになります。

- アプリケーション コード用の 38,008 バイトのフラッシュ
- キャリブレーション データ用の 256 バイトのフラッシュ
- 2,787 バイトの RAM メモリ

このリファレンス デザインに含まれているテスト データは、単相電気メーター用の MSPM0-SDK ミドルウェア サンプル コードを使用して収集されたものです。このサンプル コードは次の場所にあります。
C:\ti\mspm0_sdk_2_02_00_05\examples\nortos\LP_MSPM0L2228\energy_metrology\single_phase_TIDA_010940_SW

2.3.2.1 ソフトウェア アーキテクチャ

ソフトウェア分割と、関連のエネルギー計算式の詳細な説明については、『単相および分相シャント エネルギー計測のリファレンス デザイン』の 3.1.5～3.1.13 章を参照してください。

計測計算に関する追加の資料とエネルギー計測ソフトウェアの詳細な概要については、最新の MSPM0-SDK バージョンをご覧ください。

file:///C:/ti/mspm0_sdk_2_02_00_05/docs/english/middleware/energy_metrology/doc_guide/doc_guide-srcs/index.html

2.3.2.2 構成

2.3.2.2.1 クロック供給方式

外部 16.384MHz 水晶振動子を MSPM0L2228 デバイスの HFXIN ピンと HFXOUT ピンに接続し、正確で低ジッタのクロック信号を供給します。この信号を 2 分周し、MSPM0+ MCU の M0_CLKOUT ピンに出力します。ADS131M03 は、このクロックをさらに 2 分周し、この分周された 4.096MHz のクロックをデルタ シグマ変調クロックとして使用します。MSPM0L2228 の補助クロック (ACLK) のクロック ソースには、別の外部 32.768kHz 水晶振動子が使用されます。

2.3.2.2.2 SPI

MSPM0L2228 には 2 つの SPI バスが搭載されており、1 つはデータ ロギング用の外部シリアル フラッシュ デバイスに接続され、もう 1 つは ADS131M03 デバイスとの通信に使用されます。

- SPI0 ポート → ピン P58、P59、P60、P76 を ADS131M03 に接続
- SPI0 ポート → ピン P25、P26、P27、P30 をシリアル フラッシュに接続

どちらのクロック周波数も、TIDA-010940.syscfg ファイルで 8MHz に設定されます。

2.3.2.2.3 GUI 通信用の UART のセットアップ

MSPM0L2228 MCU は、9600 ボーで 8N1 用に構成された UART モジュールを使用して、このリファレンス デザインの RS-485 接続 J15 を介して PC の GUI と通信するように構成されています。PC の GUI は、データをフォーマットするための UART プロトコル (DLT-645 と呼ばれます) を使用して MSPM0L2228 からデータをポーリングし、2 つの DMA チャネルを使用します。チャネル 2 はデータ受信用、チャネル 3 はデータ送信用です。*『中国国家電網仕様に対する MSP430AFE253 テスト リポート』*および*『MSP430I2040 を使用した単相および DC 組込み計量 (電力モニタ)』*アプリケーション ノートもご覧ください。

UART データは、14 バイトにトリガを設定することによって、HAL_startUARTDMAReceive() 関数で処理されます。このバイトは、パケット長 (パケットごとに動的に変更可能) をコードするものです。

English Document: TIDUF98

2.3.2.2.4 リアルタイム クロック

MSPM0+ MCU のリアルタイム クロック (RTC) モジュールは、正確な 1 秒の割り込みを行い、必要に応じてカレンダーの時刻と日付を更新するように構成できます。

2.3.2.2.5 LCD コントローラ

MSPM0L2228 の LCD コントローラは、408 セグメントの 8 MUX ディスプレイまたは 220 セグメントの 4 MUX ディスプレイまでをサポートでき、23 セグメントと 4 つの COM ラインを使用して 4 MUX モードで動作するように構成されています。LCD ディスプレイ用の MCU ピンの構成は SysConfig ファイルで指定され、ソフトウェア制御のピン機能を活用して、任意の SEG および COM ピン構成でカスタマー ディスプレイをサポートするように簡単に変更できます。

2.3.2.2.6 ダイレクト メモリ アクセス

ダイレクト メモリ アクセス (DMA) モジュールは、UART および SPI バスを介した通信をサポートし、最小限の CPU 帯域幅負荷で MSPM0L2228 とのパケット転送を可能にします。

SPI バスを介した ADS131M03 との通信には、2 つの DMA チャネルが使用されます。DMA チャネル 0 は ADS131M03 にデータを送信するために使用され、DMA チャネル 1 は ADS131M03 からデータを同時に受信するために使用されます。ADS131M03 から完全なパケットを受信すると、DMA DONE 割り込みが生成され、CRC 検証やデータ パケットの電圧と電流未加工 ADC 値への分解など、必要な転送後の処理がトリガされます。

DMA チャネル 2 は、PC の GUI からの UART データ受信に使用されます。各 DLT-645 パケットの 14 番目のバイトには、PC の GUI から送信されたパケットの全長が含まれます (パケット長はパケットごとに動的に変化するため)。UART データは、予測される初期 DMA 長を 14 バイトに設定して、HAL_startUARTDMAReceive() 関数で処理されます。バイト 14 をデコードした後、UART DMA 転送長の値が更新されます。この長さは、DLT-645 プロトコル パケットの残りの部分 (全長 - 14 バイト) に等しくなります。UART パケットの末尾で DMA が再度トリガされるため、PC の GUI のパケットは合計 2 つの割り込みで受信できます。

2.4 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

2.4.1 必要なハードウェアとソフトウェア

2.4.1.1 注意および警告

大電流が流れると、端子ブロックが熱くなる可能性があります。また、ライン電圧は基板に供給されるため、特にシステムがラインを基準としている場合は、適切な予防措置を講じてください。

警告


表面は高温になります。触れるとやけどの原因になることがあります。触れないでください。操作時には適切な予防措置を講じてください。

注意


高電圧基板を通電中の配線に接続すると、感電の危険性があります。基板は専門家が慎重に取り扱う必要があります。安全のため、過電圧 / 過電流保護機能を備え、絶縁された試験装置の使用を強くお勧めします。

English Document: TIDUF98

2.4.1.2 ハードウェア

図 2-6 に、リファレンス デザインの各種部品の PCB 最上層での位置を示します。最下層 (図には示されていません) には、メニュー スイッチを備えた LCD ディスプレイとケースの開放イベントを検出するための 2 つの機械的改ざん防止スイッチを装着できます。

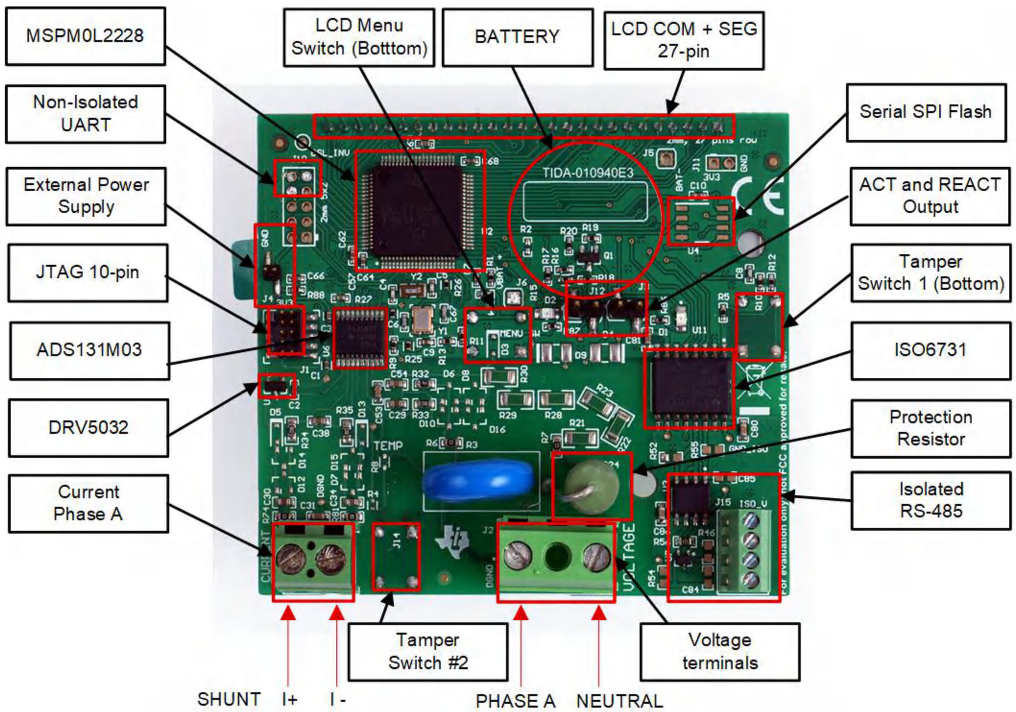


図 2-6. 主要な部品が配置された TIDA-010940 PCB の最上層

2.4.1.2.1 テスト構成への接続

AC 電圧および電流を基板に印加して、次のポイントをテストできます。

- 端子ブロック J2 は、±270V のライン電圧と中性電圧を接続するための 2 ポジション端子ブロックです。
- 端子ブロック J14 はシャントの出力端子に接続します。この端子ブロックは、2 ポジションの端子ブロックでもあります。このデザインで使用されるゲイン 32 では、2 本の J14 端子間の差動電圧を ±37.5mV 未満にする必要があります。

注

A 相の電圧は J2 のピン 1 に供給する必要があります。この端子はシルクスクリーン上で DGND とマークされています。中性は、J2 のピン 2 に接続します。

2.4.1.2.2 電源オプションとジャンパ設定

MSPM0L228 と ADS131M043 には、3.3V と GND をヘッダー J4 に接続することで、外部電源から電力を供給します。

注

「主な機能」の列に **(警告)** と記載されているヘッダーは絶縁されていないため、商用電源で動作させるときは、そこで測定機器を使用しないでください。(特に、システムがライン電圧を基準としている場合)。この注意は、以下の場合には適用されません。このデザインの基板の外部にあるアイソレータを使用してヘッダーに接続する場合、機器がバッテリで動作し、商用電源に接続していない場合、または AC 商用電源が絶縁されている場合。

表 2-2. ヘッダー名とジャンパ設定

ヘッダー名またはヘッダーのオプション名	タイプ	主な機能	有効な使用事例	備考
J1	10 ピン ヘッダー	MSPM0L2228 のプログラミング **(警告)**	テキサス・インスツルメンツの LaunchPad の XDS110 デバッガから、MSPM0+ MCU のフラッシュに 10 ピン ケーブルを接続します。	テキサス・インスツルメンツの MSPM0G3507 または MSPM0L1306 LaunchPad は、外部ターゲットやテキサス・インスツルメンツの MCU デバイス向けの XDS110 デバッグ機能を備えています。このヘッダーと XDS110 は絶縁されていないため、商用電源で動作し、その商用電源が絶縁されていないときは、このヘッダーに接続しないでください。
J2	2 ピン 端子ブロック	ラインおよび中性接続 **(警告)**	ラインと中性を接続	ここにテスト装置からラインと中性の高電圧を接続します。
J4	2 ピンのジャンパ ヘッダー	外部電源 **(警告)**	GND および 3V3 ピンのヘッダー、テキストでマーク。	テストに使用します。非絶縁型の 3V3 と GND も、テキサス・インスツルメンツの LaunchPad から供給できます。
J5、J6	1 ピン ヘッダー	CR2032 バッテリ バックアップ用接続 **(警告)**	VBAT および GND。	2 つのピン GND と VBAT があり、バッテリを PCB に半田付けできます。
J11	10 ピン、2 行のコネクタ	JTAG：MSPM0+ プログラミング ヘッダー **(警告)**	外部 XDS110 デバッガをこのコネクタに接続して、MSPM0L2228 MCU をプログラムします。	
J3	2 ピン ヘッダー	有効エネルギー パルス **(警告)**	ここでシャントの有効電力の測定値に基づいて有効エネルギー パルスをプローブします。このヘッダーには GND と ACT の 2 つのピンがあり、有効エネルギー パルスはここで実際に出力されます。	このヘッダーは AC 商用電源から絶縁されていないため、測定機器をここに接続しないでください (特にシステムがライン電圧を基準としている場合)。
J12	2 ピン ヘッダー	無効エネルギー パルス **(警告)**	ここでシャントの有効電力の測定値に基づいて有効エネルギー パルスをプローブします。このヘッダーには GND と REACT の 2 つのピンがあり、無効エネルギー パルスはここで実際に出力されます。	このヘッダーは AC 商用電源から絶縁されていないため、測定機器をここに接続しないでください (特にシステムがライン電圧を基準としている場合)。
J15	4 ピンの端子ブロック	RS-485 接続	RS-485 の接続ポイント	RS-485 を使用して GUI を表示するには、ここで USB を RS-485 アダプタに接続します。このヘッダーのピン 4 に 3V3 を外部から供給する必要があります。このヘッダーのピン 2 は RS-485 のグランド、ピン 3 は B バスの I/O ライン、ピン 4 は A バスの I/O ラインです。

2.4.1.3 較正

結果の表示用の GUI を使用して、デザインのキャリブレーションを簡単に行えます。キャリブレーション時には、キャリブレーション係数と呼ばれるパラメータがテスト ソフトウェアで変更され、測定誤差が最小限に抑えられます。このメータには、各位相に 6 つの主要なキャリブレーション係数があります。電圧スケーリング係数、有効電力オフセット (GUI では電圧 AC オフセットと表示されていますが、これは誤りです)、電流スケーリング係数、無効電力オフセット (GUI では電流 AC オフセットと表示されていますが、これは誤りです)、電力スケーリング係数、位相補償係数です。電圧、電流、電力のスケーリング係数は、計測ソフトウェアで測定された数量を、それぞれボルト、アンペア、ワット単位で表される実際の値に変換したものです。電力オフセットは、電圧から電流へのクロストークを減算するために使用されます。この値は一定の電力オフセットとして現れ、低電流で誤差が大きくなります。オフセット キャリブレーションはシャント チャネルのみに使用され、CT チャネルには使用されないことに注意してください。最後のキャリブレーション係数は位相補償係数で、電流センサや他の受動部品によって生じる位相シフトを補償するために使用されます。電圧、電流、電力のキャリブレーション係数は互いに独立していることに注意してください。したがって、電圧のキャリブレーションを行っても、RMS 電流または電力の測定値に影響しません。

MSPM0+ MCU 上でエネルギー計測ミドルウェアを初めてフラッシュ書き込みすると、これらのキャリブレーション係数にデフォルト値がロードされます。これらの値は、キャリブレーション中に GUI で変更します。キャリブレーション係数は FLASH セクタに保存されるため、ハードウェアを再起動しても同じ値が維持されます。

いずれかのスケーリング係数のキャリブレーションを、ゲイン補正と呼びます。位相補償係数のキャリブレーションは、位相補正と呼びます。キャリブレーション プロセスの全体を通して、AC テスト ソースをオンにし、メータの接続をセクション 2.4.1.2.1 と一貫させ、エネルギー パルスをリファレンス メータに接続しておく必要があります。

2.4.2 テストと結果

2.4.2.1 テスト構成

計測の精度をテストするために、ソース ジェネレータを使用して電圧 (J2) と電流 (J14) をシステムに供給します。さらに、公称電圧 120V、較正電流 10A、60° での位相較正、公称周波数 60Hz を使用します。すべてのテストで、ベンチ電源からの 3V3 と GND を使ってボードに直接電力を供給します。

電圧と電流がシステムに印加されると、システムは有効エネルギー パルスと無効エネルギー パルスを 6400 パルス/kWh のレートで出力します。パルス出力はリファレンス メーターに供給されます。リファレンス メーターは、パルス出力用のリーダーと、電圧および電流源ジェネレータを統合したテスト装置です。このリファレンス メーターは、システムに供給される実際のエネルギーと、TIDA-010940 リファレンス デザインの有効エネルギーおよび無効エネルギーの出力パルスから得られる測定エネルギーに基づいて、エネルギーの % 誤差を特定します。有効エネルギー誤差テストと無効エネルギー誤差テストは、エネルギー ゲイン キャリブレーション、位相キャリブレーション、およびエネルギー オフセット キャリブレーションの後に実行されます。

すべての有効および無効エネルギー テストは、200μΩ シャントを使用して実行され、電圧を 120V に保持した状態で、電流を 50mA から 100A まで変化させます。また、すべてのテストでシステムは中性を基準としています。

以下のテスト結果では、ゲイン、位相、オフセットのキャリブレーションがメーターに適用されています。大電流においては、示されている % 誤差の大半は、大電流で発生する熱の増加に起因するシャント抵抗ドリフトです。

2.4.2.1.1 計測読み取り値の表示とキャリブレーション

どのようなメータでも、性能を発揮するためキャリブレーションは重要で、絶対に不可欠なプロセスです。どのメータも最初は、シリコンのばらつき、センサの精度、その他の受動的公差により、それぞれ精度が異なります。それらの影響を打ち消すには、すべてのメータにキャリブレーションが必要です。キャリブレーションを正確に行うには、高精度の AC テスト ソースとリファレンス メータを使用できる必要があります。このソースは、相ごとに必要な電圧、電流、位相シフト (V と I の間) を生成できる必要があります。測定の誤差を計算するため、リファレンス メータは、ソースとキャリブレーション対象のメータの間のインターフェイスとして機能します。

正確なキャリブレーション手順については、『単相および分相シャント エネルギー計測のリファレンス デザイン』の第 3.2.3 章「計測読み取り値の表示とキャリブレーション」に記載されており、それがここでも適用されます。

2.4.2.1.1.1 LCD から結果を表示する

エネルギー測定ライブラリで計算されたさまざまなパラメータを表示するため、LCD を使用します。この設計では、Digikey の *VIM-878-DP LCD* 用の拡張 PCB を開発し、4 × COM ラインと 30 セグメント ラインをサポートしています。*MSPM0 ソフトウェア開発キット (SDK)* に含まれるファームウェアの例は、この LCD 拡張ボードを使用してテストと検証を行いました。

2.4.2.1.1.2 PC の GUI から結果を表示する

GUI から計測パラメータの値を表示するには、次の手順を実行します。

1. PC の GUI との通信に RS-485 と UART のどちらの接続を使用するかを選択します。このテストは、UART を使用し、ピン PA8 と PA9 を 9600、8N1 に設定して行いました。
2. リファレンス デザインを PC に接続します。
   - UART を使用する場合:それぞれピン PA8 と PA9、またはピン 22 と 23 に配線された UART ケーブルを使用して、リファレンス デザインを PC に接続します。この場合、RS-485 絶縁デバイスである U11 のピン 4 とピン 5 に青い配線を使用します。
   - RS-485 を使用する場合:PC の GUI とこのデザインの RS-485 ポートとの通信には、USB から RS-485 へのアダプタを使用します。USB から RS-485 へのアダプタを接続する際は、PC 上に COM ポートを作成する必要があります。アダプタのもう一方の端には、RS-485 のデータ A およびデータ B の接続と、GND 接続および 3.3V 電源接続のための配線が必要です。
3. GUI フォルダを開き、テキスト エディタで calibration-config.xml を開きます。
4. meter タグ内の port name フィールドを、システムに接続されている COM ポートに変更します。図 2-7 に示すように、このフィールドは [COM7] に変更されます。

```xml
      </correction>
    </phase>
    <temperature/>
    <rtc/>
  </cal-defaults>
  <meter position="1">
    <port name="com7" speed="9600"/>
  </meter>
  <reference-meter>
    <port name="USB0::0x0A69::0x0835::A66200101281::INSTR"/>
    <type id="chroma-66202"/>
    <log requests="on" responses="on"/>
    <scaling voltage="1.0" current="1.0"/>
  </reference-meter>
```

図 2-7. エネルギー測定システムと通信するように GUI 構成ファイルを変更

5. GUI フォルダにある calibrator.exe ファイルを実行します。前の手順で、calibration-config.xml の COM ポートが、リファレンス デザインに接続されている COM ポートに変更されていれば、GUI が開きます (図 2-8 を参照)。GUI が設計に正しく接続されていれば、左上のボタンは緑色です。接続に問題がある場合や、コードが正しく構成されていない場合、ボタンは赤色です。緑色のボタンをクリックすると、結果が表示されます。

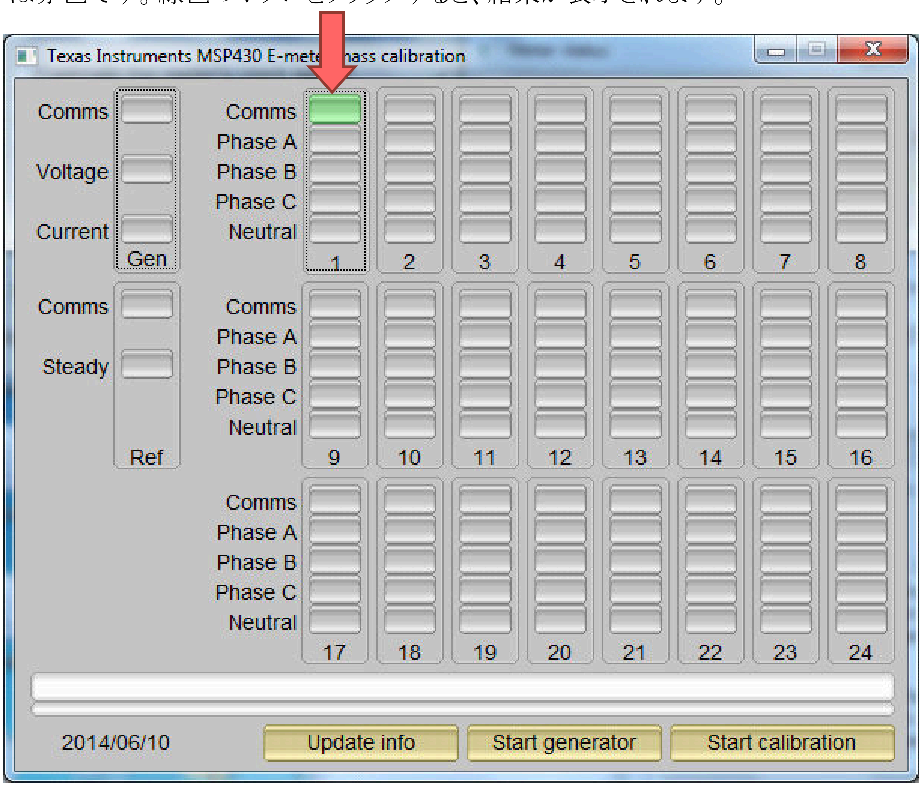


図 2-8. GUI スタートアップ ウィンドウ

緑色のボタンをクリックすると、結果ウィンドウが開きます (図 2-9 を参照)。この図では、[Power factor] の値の末尾に [L] または [C] があり、それぞれ誘導性負荷または容量性負荷を示しています。デフォルトでは、GUI の [Phase A] というラベルが付いた列はシャント チャネルであり、[Neutral] というラベルが付いた列は CT チャネルです。システムとシャントが中性を基準としている場合、GUI のラベルとは異なり、シャントは実際には中性電流を測定し、CT はライン電流を測定できます。

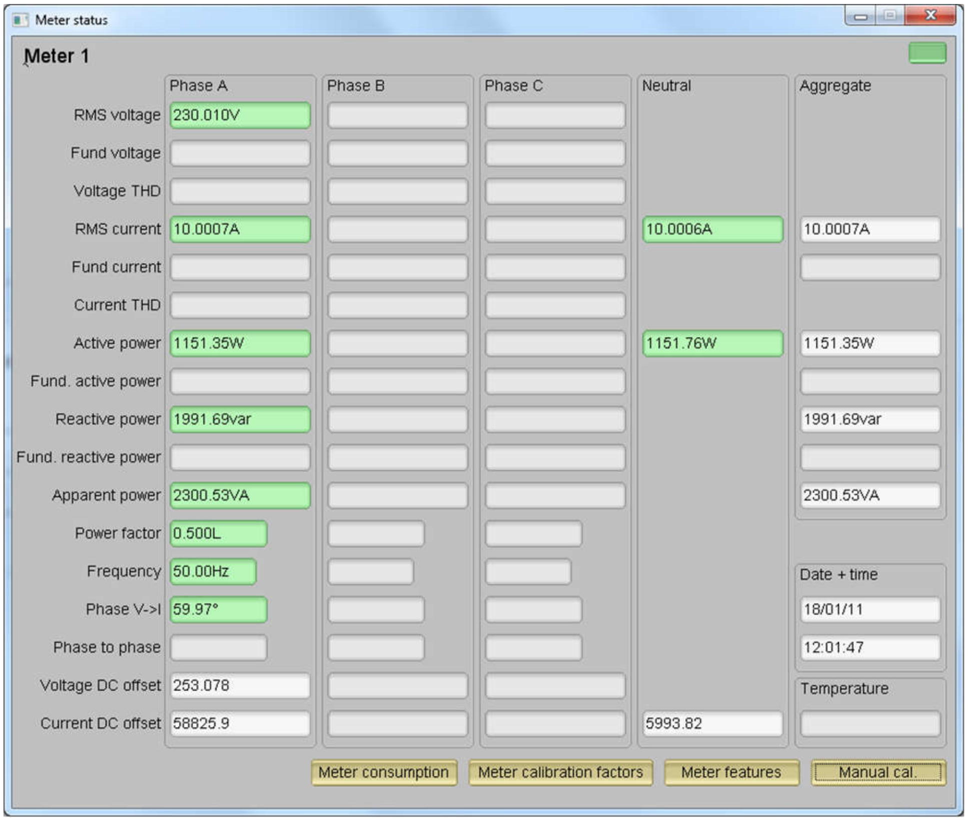


図 2-9. GUI の結果ウィンドウ

結果ウィンドウで [Meter consumption] ボタンをクリックすると、合計エネルギー消費量の測定値を表示できます。ユーザーがこのボタンをクリックすると、図 2-10 に示すように、[Meter events and consumption] ウィンドウが開きます。

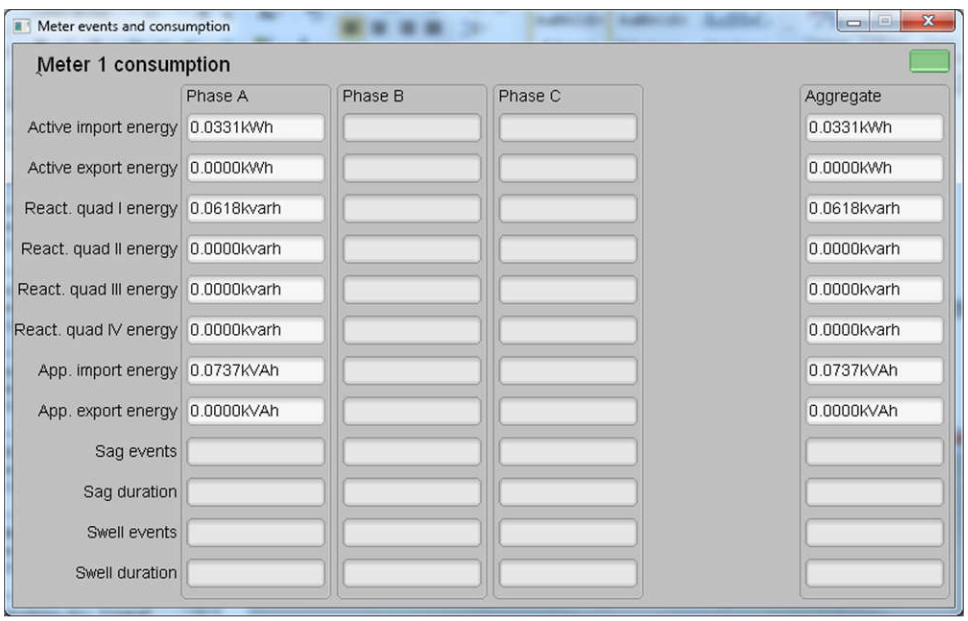


図 2-10. [Meter Events and Consumption] ウィンドウ

結果ウィンドウでは、[Meter features] ボタンをクリックしてメータの設定を表示する、[Meter calibration factors] ボタンをクリックしてシステムのキャリブレーション係数を表示する、または [Manual cal.] ボタンをクリックしてシステムのキャリブレーション用のウィンドウを開くこともできます。

2.4.2.2 電気メータの計測精度のテスト

累積有効エネルギー誤差、累積無効エネルギー誤差テスト、および個別相有効エネルギーテストでは、電流を 50mA から 100A まで変化させます。累積有効エネルギーおよび個別相誤差テストでは、リファレンス デザインに供給される電圧波形と電流波形の間に 0° (PF = 1)、PF = 0.5i (誘導性)、PF = 0.8c (容量性) の位相シフトを適用します。有効エネルギー出力パルスからの誤差に基づき、3 つの PF 値について、有効エネルギーの % 誤差と電流との関係を示すプロットが作成されます。

累積無効エネルギーの誤差テストでも同様のプロセスが行われますが、90° (sin ϕ = 1i)、sin ϕ = 0.5i (誘導性)、sin ϕ = 0.8c (容量性) が使用され、累積有効エネルギーの誤差の代わりに累積無効エネルギーの誤差がプロットされます。

これらすべてのテストは、ADS131M03 デバイスの 8000 サンプル/秒のレート設定を使用して実行しました。

A 相と B 相での VRMS 精度テストでは、電流を 10A に固定した状態で、電圧を 10V～270V の範囲で変化させました。270V を超える電圧のテストも可能ですが、この場合、275V のバリスタをデザインから取り外し、より高い定格電圧のバリスタに置き換える必要があります。

A 相と B 相での IRMS 精度テストでは、電圧を 120V に固定した状態で、電流を 0.1A～100A の範囲で変化させました。

有効電力および無効電力に関する以下の 2 つのプロットは、クラス 0.5S の精度に対する IEC 62053-22 の制限に準拠しています。ここでは、Inominal = 15A と想定しているので、Inominal の 5% ポイントは 750mA となります。

各測定の平均誤差は、5 つのテスト シリーズから計算され、各電流値に対して順に取得されます。この 5 つの測定値からの最大偏差を計算して (以下のプロットには示されていません)、この計測サブシステムの安定性が許容される最大誤差の 10% を下回っていることを確認します。

2.4.2.3 電気メータの計測精度の結果

以下のテスト結果では、ゲイン、位相、オフセットのキャリブレーションがメーターに適用されています。大電流においては、示されている % 誤差の大半は、大電流で発生する熱の増加に起因するシャント抵抗ドリフトです。

表 2-3. 有効エネルギー % 誤差と電流との関係、200µΩ シャント

電流 (A)	平均誤差 % PF = 1、cos PHI = 0°	制限 (%) [クラス 0.5] IEC 62053-22 (PF = 1)	平均誤差 % PF = 0.5i、cos cos PHI = 60°	制限 (%) [クラス 0.5] IEC 62053-22 (PF 0.5i/ 0.8c)	平均誤差 % PF = 1、cos PHI = -36.87°
0.10	0.322	1.0	0.571	1.0	0.563
0.50	0.105	1.0	-0.017	1.0	0.227
0.75	0.089	1.0	-0.073	1.0	0.212
1.5	0.058	0.5	-0.101	0.6	0.165
3	0.063	0.5	-0.123	0.6	0.150
7.5	0.053	0.5	-0.156	0.6	0.144
15	0.041	0.5	-0.161	0.6	0.124
30	0.005	0.5	-0.187	0.6	0.110
60	-0.002	0.5	-0.265	0.6	0.077
75	-0.061	0.5	-0.304	0.6	0.008
100	-0.181	0.5	-0.502	0.6	-0.129

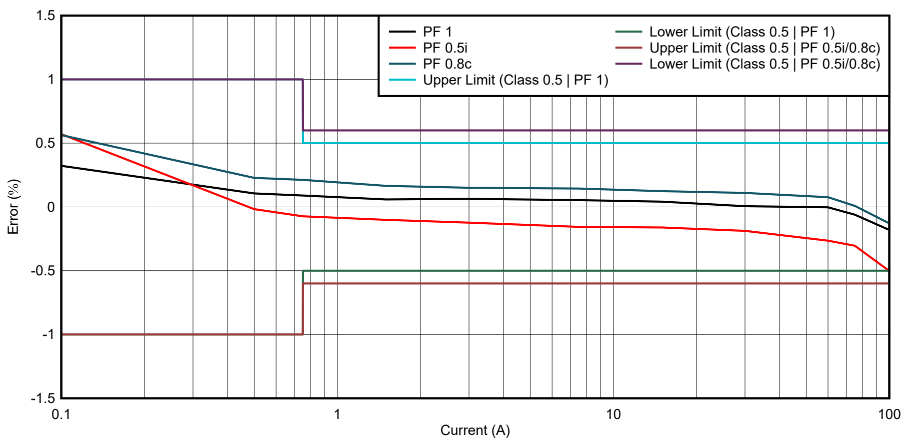


図 2-11. 有効エネルギー % 誤差と電流との関係、200µΩ シャント

表 2-4. 無効エネルギー % 誤差と電流との関係、200µΩ シャント

電流 (A)	平均誤差 % sin PHI = 1i (90°)	制限 (%) [クラス 0.5] IEC 62053-22 (sin PHI = 1、90°)	平均誤差 % sin PHI = 0.5i (30°)	制限 (%) [クラス 0.5] IEC 62053-22 (sin PHI = 0.5i/0.8c、30°/-53.13°)	平均誤差 % sin PHI = 0.8c (-53.13°)
0.10	0.186		0.623		-0.374
0.50	0.088	2.0	0.322		-0.177
0.75	0.074	2.0	0.314		-0.148
1.5	0.051	1.0	0.258	2.0	-0.116
3	0.046	1.0	0.252	1.0	-0.102
7.5	0.043	1.0	0.255	1.0	-0.092
15	0.037	1.0	0.2	1.0	-0.095
30	0.037	1.0	0.230	1.0	-0.095
60	0.019	1.0	0.222	1.0	-0.126
75	-0.033	1.0	0.154	1.0	-0.190
100	-0.131	1.0	-0.006	1.0	-0.332

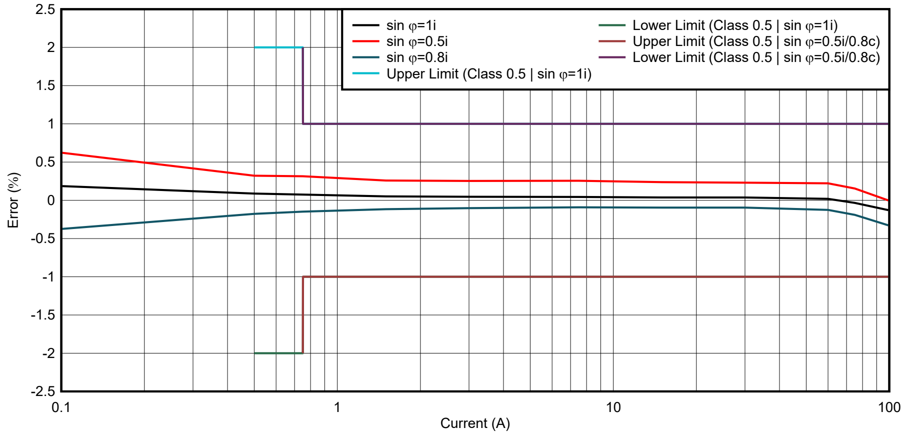


図 2-12. 無効エネルギー % 誤差と電流との関係、200µΩ シャント

表 2-5. 120V、200µΩ シャントでの電流 RMS % 誤差

電流 (A)	% 誤差
0.025	-23.562
0.05	-8.155
0.1	-2.049
0.25	-0.492
0.5	-0.203
1	-0.100
2	-0.050
5	-0.049
10	-0.021
20	-0.037
30	-0.023
40	-0.027
50	-0.015
60	0.002
70	0.011
80	0.021
90	0.034
100	0.064

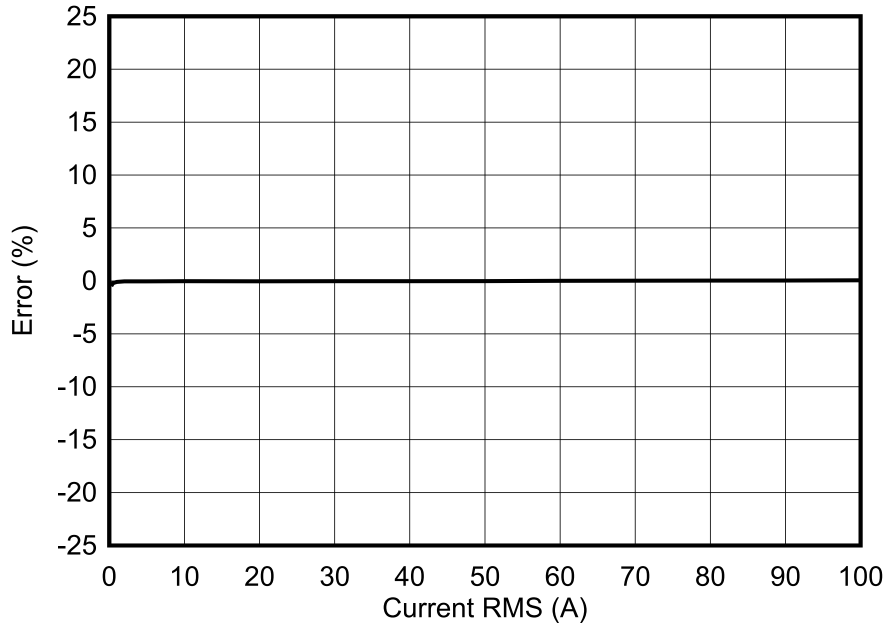


図 2-13. 電流 RMS % 誤差と電圧との関係、9V～270V、200μΩ シャント

表 2-6. 10A、200μΩ シャントでの電圧 RMS % 誤差

電圧 (V)	% 誤差
9	0.021
10	0.037
30	0.027
50	0.009
70	0.004
90	-0.006
100	0.008
120	-0.004
140	-0.006
160	0.001
180	0.018
200	-0.002
220	0.011
230	0.023
240	0.009
260	0.027
270	0.025

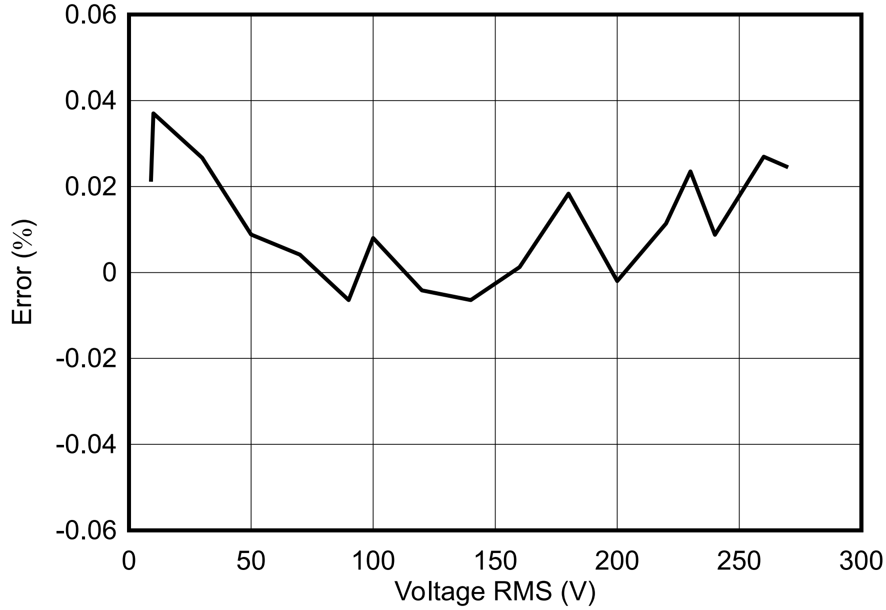


図 2-14. 10A、200µΩ シャントでの電圧 RMS % 誤差

3 デザイン ファイル

3.1 回路図

回路図をダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

3.2 部品表 (BOM)

部品表 (BOM) をダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

3.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

このデザインでは、以下の一般的なガイドラインに従う必要があります。

- デカップリング コンデンサは、関連するピンの近くに配置します。
- グランド トレースの代わりにグランド プレーンを使用し、特に ADS131M03 デバイスの近くではグランド プレーンの切れ目を最小限にします。この設計では、上層と下層の両方にグランド プレーンがあります。このような場合、ビアを自由に使用して、プレーン間に良好なスティッチが存在することを保証します。
- ADC チャネルの入力への配線 2 本は、対称に、互いにできる限り近い位置に配置します。
- ADS131M03 デバイスについて、0.1µF のコンデンサが、1µF のコンデンサよりも AVDD ピンの近くになるように配置します。DVDD に接続されている 0.1µF と 1µF のコンデンサも同様に配置します。
- 水晶振動子を MCU に接続するために使用するトレースの長さは最小限に抑えます。水晶のリードの周囲にガード リングを配置し、水晶のハウジングを接地します。さらに、水晶の下はクリーンなグランドにします。水晶の下に配線を置くことは避ける必要があります。また、高周波信号は 2 つの MCU 水晶振動子から離して配置します。
- 電源接続には広いパターンを使用します。
- 絶縁型 RS-485 には別のグランド プレーンを使用します。この別のグランド プレーンは、RS-485 のグランド電位なので、基板の他の場所で使用されている GND とは異なります。
- ISO6731 について、推奨される空間距離と沿面距離の条件を満たしていることを確認します。

3.3.1 レイアウト プリント

レイヤ プロットをダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

3.4 Altium プロジェクト

Altium Designer® のプロジェクト ファイルをダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

3.5 ガーバー ファイル

ガーバー ファイルをダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

3.6 アセンブリの図面

アセンブリの図面をダウンロードするには、TIDA-010940 のデザイン ファイルを参照してください。

4 関連資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『ADS131M03 3 チャネル、同時サンプリング、24 ビット、デルタ シグマ ADC』、データシート
2. テキサス・インスツルメンツ、『ADS131M04 評価基板』
3. テキサス・インスツルメンツ、『*MSPM0L222x*、*MSPM0L122x ミクスト シグナル マイクロコントローラ*』データシート SLASF94
4. テキサス・インスツルメンツ、『LP-MSPM0L2228 評価基板』
5. テキサス・インスツルメンツ、『THVD1400、THVD1420 小型パッケージ、±12kV IEC ESD 保護機能搭載、3.3V～5V、RS-485 トランシーバ』、データ シート
6. テキサス・インスツルメンツ、『ISO6731 堅牢な EMC を持つ汎用 3 チャネル デジタル アイソレータ』、データシート
7. テキサス・インスツルメンツ、『DRV5032 超低消費電力デジタル スイッチ ホール効果センサ』、データ シート
8. テキサス・インスツルメンツ、『相分割シャント e メーターのリファレンス デザイン』、デザイン ガイド
9. テキサス・インスツルメンツ、『スタンドアロン ADC を使用した分相または単相シャント電気メーターのリファレンス デザイン』、デザイン ガイド
10. テキサス・インスツルメンツ、『小型マルチチャネル電流センシング』、アプリケーション ノート

4.1 商標

5 著者について

Milen Stefanov (M.Sc.E.E) は、エネルギー インフラ分野を担当するテキサス・インスツルメンツのシステム エンジニアで、RF 通信テクノロジーと (スマート) メーター アプリケーションのエキスパートです。TUC (University of Chemnitz、ケムニッツ工科大学) を卒業してから、研究アシスタントを 5 年間務め、その後 3 年半は半導体業界で、システム エンジニアとして高速光通信と有線通信に携わっていました。2003 年にテキサス・インスツルメンツに入社し、Wi-Fi® のエキスパートとなり、主要な OEM で テキサス・インスツルメンツの Wi-Fi 製品をサポートしています。2010 年以降は、欧州のエネルギー インフラ市場向けの計測アプリケーションおよび Sub-1GHz RF 設計に注力してきました。欧州で wM-Bus テクノロジーに関する複数の論文を公開し、ミュンヘンで開催される Wireless Congress、および Smart Home と Smart Metering のサミットで技術資料を発表しました。

Gavin Loera (B.S BME) は、エネルギー インフラ分野を担当するテキサス・インスツルメンツのシステム エンジニアで、電流センス テクノロジーと計測アプリケーションを中心に取り組んでいます。卒業後、Abbott Laboratories でテスト技術者としてしばらく勤務した後、2022 年にテキサス・インスツルメンツの Applications Rotation プログラムに関わる職に就きました。エネルギー インフラの SEM チームでは測定と電流センシングに焦点を置き、6 か月間所属した高精度アナログ デジタル コンバータ (PADC) アプリケーション チームでは、電気メーターの主要なアナログ部品である高精度 ADC について学びました。

6 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (October 2024) to Revision A (February 2025)	**Page**
• ブロック図を更新。	1
• ブロック図を更新。	4
• LCD の詳細を追加しました。	14

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

重要なお知らせと免責事項

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265