

EVM User's Guide: INA233EVM

INA233 評価基板 (Rev B)

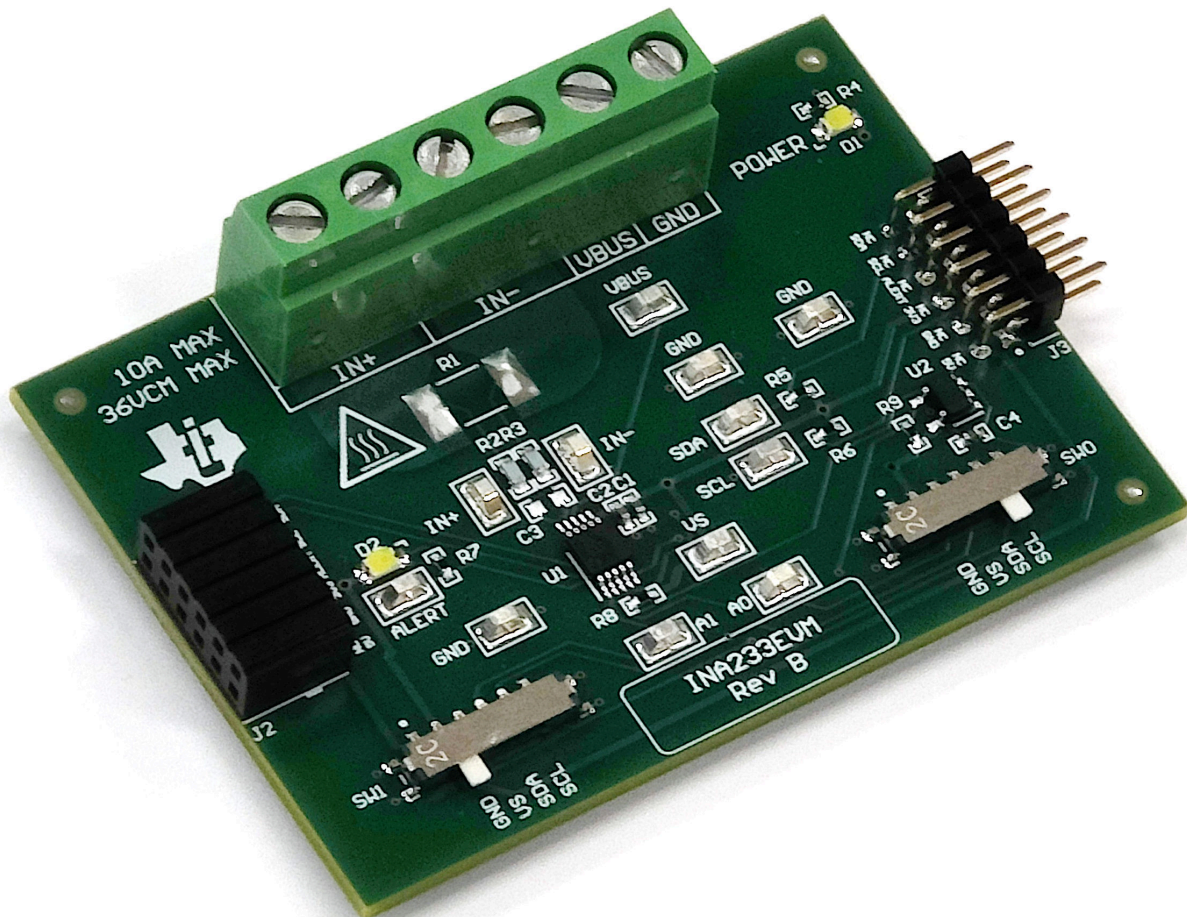


説明

INA233 評価基板 (EVM) は、INA233 の主な機能と性能を評価するための使いやすいプラットフォームです。この評価基板は最大 10A のオンボード電流測定に対応しており、外部抵抗を使用して大電流を測定できます。この評価基板を TI-SCB と組み合わせて使用すると、オンライングラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) と連携し、デバイスのレジスタの読み取りおよび書き込みを実行することができます。

特長

- GUI により、デバイスのレジスタの読み書きや、結果データの表示と保存をサポート
- カスタム使用事例に合わせて SCB から取り外し可能な評価基板
- 単一の SCB (センサ制御ボード) / GUI を使用して複数の評価基板をサポート
- 一般的な micro-USB コネクタを使用する、SCB (センサ制御ボード) 経由の利便性の高い電力供給方法



1 評価基板の概要

1.1 概要

この評価基板ユーザー ガイドでは、INA233 評価基板 (EVM) の特性、動作、および使用方法について説明します。この評価基板は、INA233 の性能を評価するように設計されています。このドキュメント全体を通して、評価ボード、評価基板、EVM という用語は INA233EVM と同じものです。このドキュメントには、回路図、リファレンス プリント基板 (PCB) レイアウト、完全な部品表 (BOM) が含まれています。

1.2 キットの内容

表 1-1 は評価基板キットの内容を示しています。万一、構成部品が不足している場合は、最寄りのテキサス・インスツルメンツ製品情報センターまでお問い合わせください。

表 1-1. キットの内容

項目	数量
INA233EVM テスト ボード	1

この評価基板には、別売りの TI センサ制御ボード (SCB) が必要です。

1.3 仕様

INA233 デバイスは、1.8V ~ 5.0V のデジタル バス電圧に対応し、I2C™、SMBus、PMBus 互換のインターフェイスを備えた電流、電圧、電力モニタです。このデバイスは、電流、電圧、電力の値を監視し、報告します。内蔵の電力アキュムレータは、エネルギーまたは平均電力の計算に使用できます。較正值、変換時間、平均化オプションをプログラム可能で、内蔵のマルチプライヤと組み合わせると電流のアンペア値や電力のワット値を直接読み出すことができます。

INA233 は、電源電圧とは無関係に、0V ~ 36V の同相バス電圧の電流を検出できます。本デバイスは 2.7V ~ 5.5V の単一電源で動作し、通常動作時に 310μA (標準値) の電源電流を消費します。デバイスは低消費電力のスタンバイモードに移行でき、このときの動作電流はわずか 2μA (標準値) です。このデバイスは -40°C ~ +125°C の動作温度範囲で動作が規定されており、最大 16 つのアドレスをプログラム可能です。

表 1-2. デバイス サマリー

製品名	デジタル プロトコル	ADC の分解能	最大ゲイン誤差	最大オフセット電圧
INA233	I2C	16 ビット	0.1%	±10μV

2 ハードウェア

このセクションでは、評価基板のサブシステムと部品について概説します。

2.1 電流検出 IC

このセクションでは、INA233 とサポート コンポーネントについて説明します。

U1 は INA233 電流検出デバイスです。C1 と C2 はセンサの近くに配置されたバイパス コンデンサで、電源ノイズを軽減し、必要なときにデバイスに迅速に電流を供給します。この評価基板の電源がオンになったことを示すため、電流制限抵抗 R4 付きの LED D1 が使用されています。

このデバイスピンは、テスト ポイント TP1 ~ TP12 を介して直接監視できます。利便性を高めるため、GND には追加のテスト ポイントが 2 つ存在することに注意してください。

2.2 電流検出の動作

この評価基板は、オンボードまたは外付けシャント抵抗のいずれかと組み合わせて使用できます。オンボードのシャント抵抗を使用するには、2512 表面実装テクノロジー (SMT) シャント抵抗を R1 のパッド間に半田付けし、J1 経由で外部システムおよび負荷電流と直列に接続します。外部シャントを J1 の端子に直接接続できます。利便性を高めるため、IN+ (J1 ピン 5 および 6) と IN- (J1 ピン 3 および 4) にそれぞれ対応する 2 つの端子があります。

2.2.1 詳細な設定

測定評価を設定するには、次の手順を実行します。

1. 次のいずれかを実行して、シャント抵抗を接続します。
 - a. IN+ 入力と IN- 入力を接続する R1 のパッドの間に 2512 の抵抗を半田付けします。
 - b. [図 2-1](#) および [図 2-2](#) に示すように、J1 の IN+ 端子と IN- 端子の間、できればピン 4 とピン 5 の間に外部シャントを接続します。
 - i. 外部シャントを使用する場合は、検出の場所がシャントを通過しており、検出パスに大電流が流れないように接続します。詳細については、『[TI プレジジョン ラボ - 電流センス アンプ: シャント抵抗のレイアウト](#)』に関するビデオを参照してください。
2. 電源オフ時に IN+ 端子と IN- 端子を負荷と直列に接続します。
 - a. 10A を超える測定を行う場合は、[図 2-1](#) に示すように、大電流経路が評価基板 (端子ブロック J1 を含む) を通過しないようにしてください。

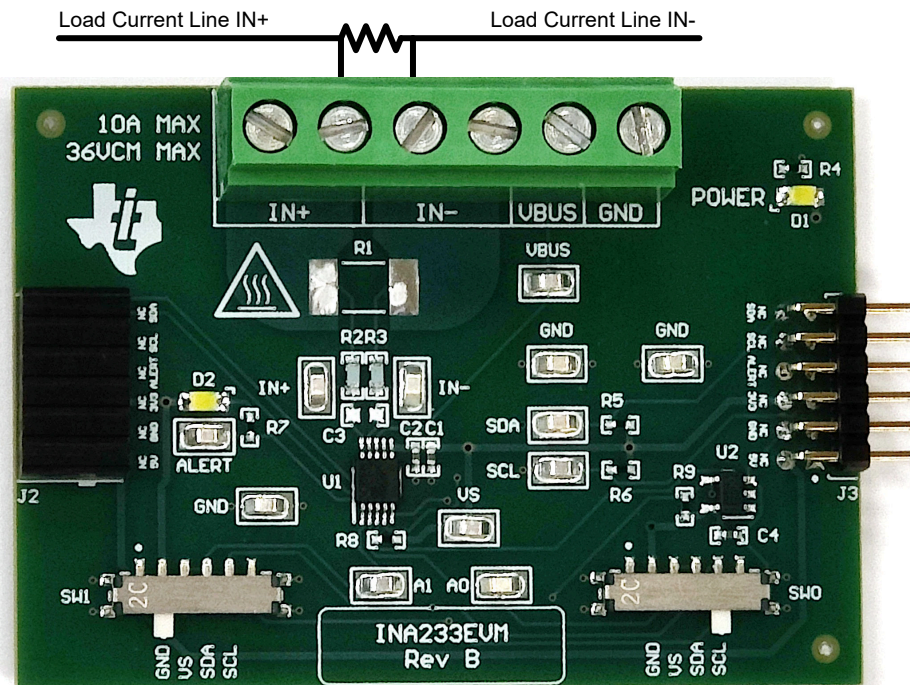


図 2-1. IN+ と IN- の配線 (10A を超える場合)

- b. オンボードまたは外部シャントのいずれかを使用して 10A 以下を使用する場合、電流経路は評価基板を通過させることができます。[図 2-2](#) に、この用途において、複数の IN+ および IN- 端子を外部シャントで使用する便利な方法を示します。

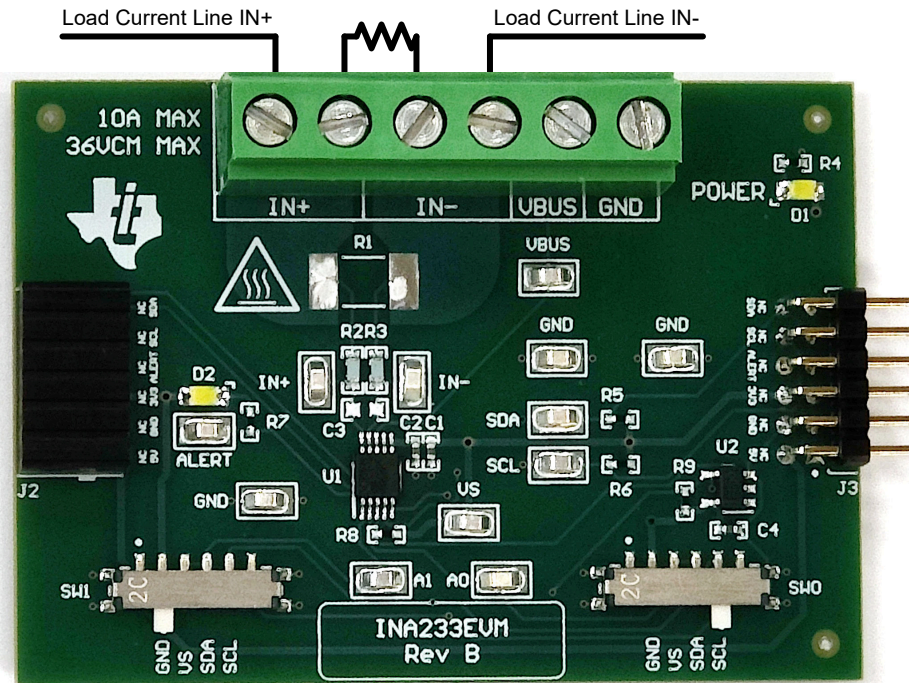


図 2-2. IN+ と IN- の配線 (10A 以下の場合)

警告

電流を測定するときは、最初に、機器 (シャント抵抗、ワイヤ、コネクタなど) がアンペア数と消費電力をサポートできることを確認します。次に、J1 を流れる電流が 10A を超えないようにする必要があります。この注意を怠った場合、評価基板の損傷や人身傷害が発生する可能性があります。

評価基板は高温になる可能性があります。

3. VBUS 端子 (J1 ピン 2) は、目的のバス電圧 (IN+ または IN- のいずれか) に接続します。
 - a. VBUS と依存機能を使用しない場合、このチャンネルを別の電圧の ADC 入力として使用できます。
4. システム グラウンドを GND 端子 (J1 ピン 1) に接続します。
5. システムに電源を投入し、GUI を使用してデバイスの状態と出力を観察します。

2.3 入力信号路

このセクションでは、入力信号路の回路について説明します。

J1 はメインの接続端子です。J1 のピン 1 は、システム グラウンドを評価基板グラウンドに接続するために使用されます。J1 のピン 2 は、センサ内の VBUS 測定に使用されます。ピン 3 と 4 は IN- に接続され、ピン 5 と 6 は IN+ に接続されています。利便性を高めるため、IN- と IN+ にそれぞれ 2 本のピンがあります。

R1 は、2512 のフットプリントを持つオプションのオンボード シャント抵抗に使用できます。または、J1 の IN+ 端子と IN- 端子の間にシャントを配置することもできます。必要であれば、測定テストに差動電圧を直接印加できます。

C3、R2、R3 を組み合わせることで、オプションの入力フィルタを形成できます。R2 および R3 は、デフォルトで 0Ω の抵抗が実装されています。入力フィルタリングを使用する場合、デバイスの入力バイアス電流を考慮してください。また、C3 を R2 または R3 なしで使用することで、ノイズを低減することもできます。入力フィルタリングの詳細については、データシートを参照してください。

2.4 デジタル回路

このセクションでは、デバイスに関連するデジタル回路について説明します。

J2 と J3 は、デジタルピンと電源ピンを SCB コントローラやその他の評価基板に接続する主要なヘッダーピンです。J3 は右側の評価基板 / SCB に接続され、J2 は左側にあるより多くの評価基板に接続されます。R5 と R6 は、メインのデジタル IO ピンのプルアップ抵抗として使用されます。

SW0 と SW1 は、デバイスの I2C アドレスを設定します。この設定は、評価基板でカスタム コントローラ (SCB コントローラ以外) を使用している場合や、複数の評価基板を組み合わせる場合に役立ちます。SCB コントローラと GUI は、一度に 4 つの評価基板を使用するように設定されています。

R8 は、ALERT ピンのプルアップ抵抗として使用されます。LED D2 と電流制限抵抗 R7 は、ALERT がトリガされたことを示すために使用されます。U2 はオープンドレインバッファで、アラート信号を J2 と J3 に転送し、この信号が ALERT バスからデバイスに伝搬されないようにします。この機能は主に複数の評価基板を使用する場合に使用され、ALERT バスを使用しながら各評価基板で個別の ALERT LED を認識できるようにします。C4 はバッファの近くに配置されるバイパスコンデンサであり、電源ノイズを低減し、必要に応じてデバイスに迅速に電流を供給するのに役立ちます。

3 ソフトウェア

3.1 クイック スタート セットアップ

以下の手順では、評価基板のセットアップ方法と使用方法について説明します。

- SCB を購入します。
 - 代わりに PAMB コントローラを使用する場合は、「[PAMB との互換性](#)」を参照してください。
- 以下のドライバを <https://www.ti.com/lit/zip/sbac253> からダウンロードし、**管理者**としてインストールします。
 - ダウンロードの指示に従います。ダウンロードには myTI™ アカウントが必要です。
 - このドライバは PAMB ドライバとしてラベル付けされていますが、SCB にも使用されます。
- [図 3-1](#) に示すように、評価基板を SCB コントローラに接続します。
 - 同じタイプの複数の評価基板を相互に接続する場合は、[図 3-2](#) を参照してください。
- 用意された USB ケーブルを使用して、評価基板を PC に接続します。
 - マイクロ USB ケーブルを SCB コントローラのオンボード USB レセプタクル J2 に挿入します。
 - USB ケーブルのもう一方の端を PC に接続します。
- Chrome™、Firefox™、または Safari™ のいずれかで、https://dev.ti.com/gallery/info/CurrentSensing/INA233EVM_GUI/ のリンクから GUI にアクセスします。
- 外部システムの GND リファレンスを評価基板の GND ノード (J1 のピン 1) に接続します。
- 「[電流検出の動作](#)」で説明されているように、信号リード線を評価基板の J1 ピン 5 または 6 と J1 ピン 3 または 4 に接続して、IN+ ノードと IN- ノードに差動入力電圧信号を提供します。

3.2 評価基板の動作

この評価基板を SCB コントローラ (別売り) と組み合わせて使用するには、[図 3-1](#) に示すように評価基板を接続します。

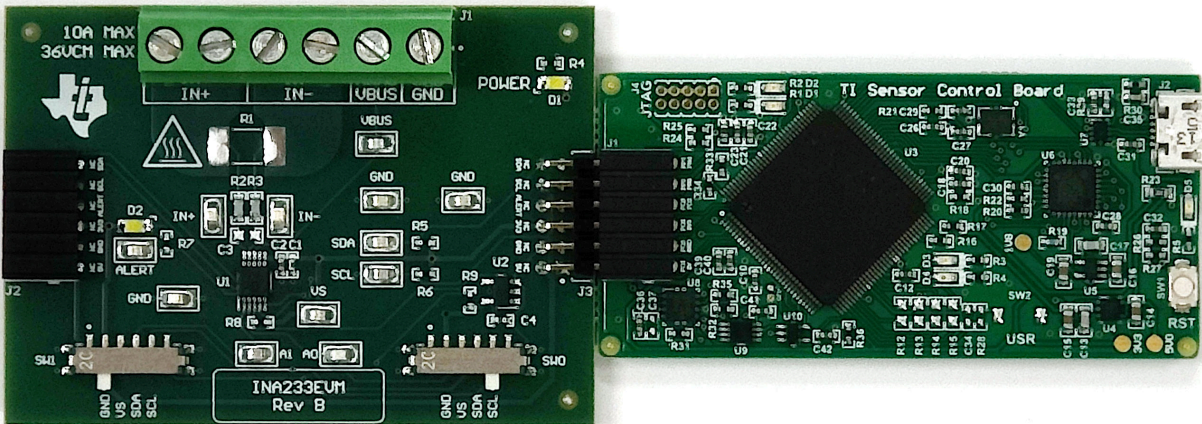


図 3-1. SCB コントローラ (右) に接続された評価基板 (左)

複数の評価基板を使用する場合は、[図 3-2](#) に示すように接続します。デバイスごとに異なる I2C アドレスを使用していることを確認してください。GUI は、合計で最大 4 つの評価基板をサポートしています。

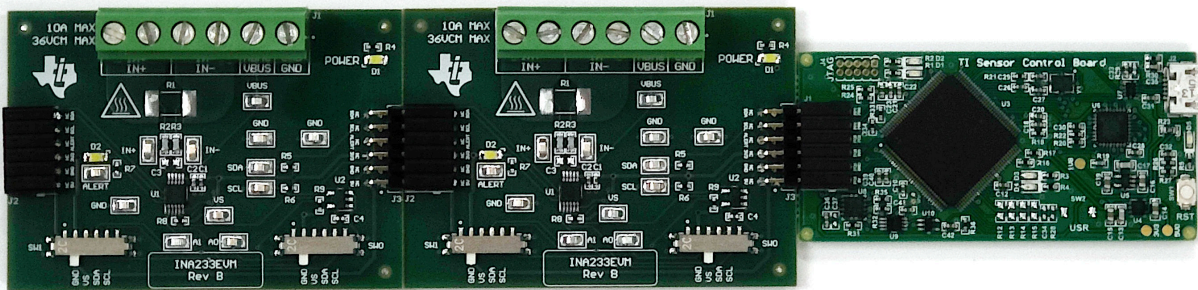


図 3-2. SCB コントローラに接続された複数の評価基板

3.2.1 構成

3.2.1.1 ドライバのインストール

ドライバ <https://www.ti.com/lit/zip/sbac253> をダウンロードし、インストールします。これはコンピュータごとに 1 回限りのステップであり、myTI™ アカウントが必要です。このドライバは PAMB ドライバとしてラベル付けされていますが、SCB にも使用されます。フォルダを解凍し、管理者権限で .exe ファイルを実行します。

3.2.1.2 ファームウェア

以前のドライバがインストールされている場合、ファームウェアのアップデートは GUI を介してプッシュされます。ダウンロードしたオフライン GUI は、ダウンロード時に入手可能な最新のファームウェアで SCB コントローラをアップデートするだけです。最新の GUI またはファームウェアのアップデートを確認するには、Web ブラウザから最新の GUI バージョンを起動します。

3.2.1.2.1 ファームウェアのデバッグ

何らかの理由でファームウェアを手動で再インストールする必要がある場合は、以下の手順に従ってファームウェアを再インストールします。評価基板が SCB に接続されていることを確認します。

1. まず、GUI でファームウェアを手動でプログラミングできるかどうかを確認します。
 - a. SCB コントローラを PC に接続します。
 - b. GUI の起動。
 - c. マイコンがすでにデバイス ファームウェア アップデート (DFU) モードに移行している可能性があります。その場合、GUI は通知を送信し、ファームウェアを最新バージョンに更新しようとすることができます。
 - d. GUI が自動的に更新されない場合は、「File」(ファイル) > 「Program Device...」(デバイスをプログラミング...) に移動します。
 - e. 「Program Device」(デバイスをプログラミング) ボタンがグレー表示になっている場合は、プログラミングを実行する前に、デバイスが左下に接続されていることを確認してください。
2. **ステップ 1** に失敗した場合 (または「Program Device」(デバイスをプログラミング) ボタンがまだグレー表示されている場合) は、SCB コントローラ上のマイコンを手動で DFU モードに設定します。これは、SCB コントローラの電源投入時に、以下のいずれかの方法で実行できます。
 - a. ソフトウェアを使用する場合：
 - SCB の USB シリアル (COM) ポートでコマンド `bsl` を送信します。
 - b. ハードウェアを使用する場合：
 - 安全のため、すべての負荷ソースと外部電圧をオフにして切り離します。
 - **DFU** (図 3-3 を参照) というラベルの付いた 2 つのテストポイントをピンセット (またはワイヤ) で短絡しながら、リセット (RST) ボタンを押して放します。

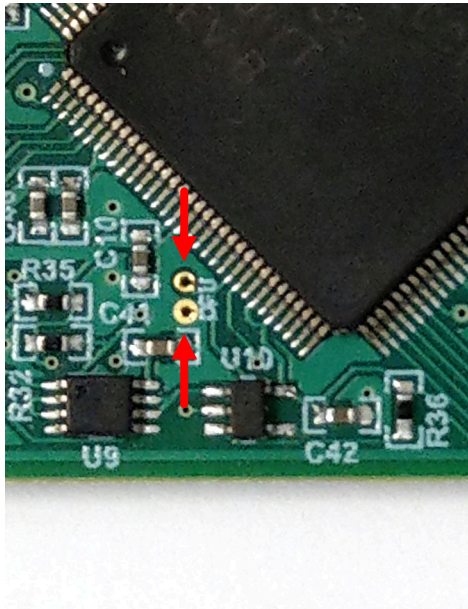


図 3-3. DFU モードを手動で開始するために使用されるテストポイント

- 代わりに PAMB ボードが使用されている場合は、これらのテストポイントは PK1 と PK2 の近くに配置されています。

マイコンが DFU モードの場合は、**ステップ 1** で説明した方法に従ってファームウェアをアップロードできます。

3.2.1.3 GUI のセットアップと接続

Chrome、Firefox、または Safari のいずれかで、https://dev.ti.com/gallery/info/CurrentSensing/INA233EVM_GUI/ のリンクから GUI に接続してください。

3.2.1.3.1 初期設定

GUI を最初に設定する場合は、以下の手順に従います。

1. 必要に応じて GUI が評価基板ファームウェアを更新できるように、適切なドライバが正常にインストールされていることを確認します。
2. 評価基板 / SCB コントローラ ユニットが PC に接続されていることを確認し、以前に指定した GUI のリンクに移動します。
3. **GUI Composer** アプリケーションを開き、Web ブラウザから GUI を起動します (図 3-4 を参照)。

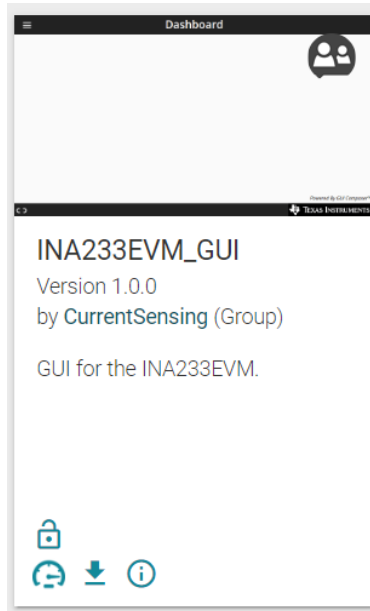


図 3-4. GUI Composer アプリケーション

- a. この GUI リンクを使用して、GUI のすべてのバージョンを表示します。入手可能な最新バージョンの使用を推奨します。
- b. GUI Composer を初めて設定する場合は、プロンプトに従って **TI Cloud Agent** とブラウザ拡張機能をダウンロードします (図 3-5 を参照)。これらのプロンプトは、「README.md」ダイアログ ボックスを閉じると表示されます。


TI Cloud Agent Installation

Hardware interaction requires additional one time set up. Please perform the actions listed below and try your operation again.(What's this?)

- Step 1: **INSTALL** browser extension
- Step 2: **DOWNLOAD** and install the TI Cloud Agent Application
- Help. I already did this

FINISH

図 3-5. TI Cloud Agent

4. オフラインで使用するために GUI をダウンロードするには、GUI Composer アプリケーションで  アイコンをクリックし、プロンプトに従って操作します (図 3-4 を参照)。

3.2.1.3.2 GUI と評価基板の接続

GUI を評価基板に接続するには、以下の手順に従います。

- 「初期設定」の説明に従って、GUI を設定し、起動します。
 - 電源を投入する前に、必ず評価基板を SCB に接続してください。
- README.md ファイルのページを閉じて、評価基板と GUI の間で接続を開始します。正常に完了すると、GUI の左下付近に「Hardware Connected」(ハードウェアが接続済み) というメッセージが表示されます。



図 3-6. ハードウェアが接続された場合

- GUI の左上付近に、緑のインジケータとデバイスのタイプに加えて「DEVICE CONNECTED」(デバイスが接続済み) というテキストも表示されます。



図 3-7. デバイスが接続された場合

- 「Hardware Connected」(ハードウェアが接続済み) と「DEVICE CONNECTED」(デバイスが接続済み) というテキストが GUI に表示されない場合は、評価基板のリセット (RST) ボタンを長押しして再試行してください。
 - このオプションが機能しない場合は、「Options」(オプション) > 「Serial Port」(シリアルポート) で別のハードウェア COM ポートを確認します。

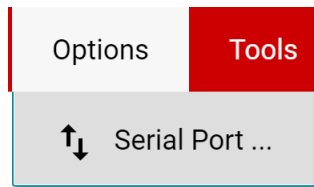



図 3-8. シリアルポートの変更

- それでもハードウェアが接続されない場合は、GUI / 評価基板の正しい組み合わせが使用されていることを確認します。
 - GUI / 評価基板の正しい組み合わせを使用している場合は、「ファームウェアのデバッグ」の説明に従って、SCB のファームウェアを再プログラムする必要があります。
 - 次のいずれかの作業を実行することで、接続に関する多くの問題を解決できます。
 - 評価基板と SCB が相互接続されている状態で、評価基板のリセット (RST) ボタンを長押しします。
 - GUI の更新が役立つ場合もあります。
 - 評価基板を別の USB ポートに接続します。
 - 長いケーブルや USB ハブは使用しないでください。
 - デスクトップ PC を使用している場合は、背面の USB ポートを試してください。

3.2.2 GUI 動作

「GUI のセットアップと接続」に従って、GUI をセットアップ、起動し、評価基板に接続します。GUI の各ページの使用方法については、以下のセクションを参照してください。

3.2.2.1 「Homepage」(ホームページ) タブ


GUI では、最初に「Homepage」(ホームページ) タブが表示されます。左にあるメニューの  (ホーム) アイコンをクリックすると、いつでも「Homepage」(ホームページ) タブに戻ることができます。

ホームページから、GUI と評価基板の接続が成功したことを確認できます (「GUI と評価基板の接続」を参照)。ホームページタブでは、下部のボタンから役立つリソースにアクセスすることもできます (図 3-9 を参照)。



図 3-9. ホーム タブのリンク

3.2.2.2 「Configuration」(構成) タブ

接続されている各評価基板の初期セットアップを行うには、左側のメニューにある  (構成) アイコンをクリックします。図 3-10 に、構成ツールの例を示します。

Number of EVMs:

Selected EVM:

EVM 1

Hardware Switch Settings SW1: SW0:

Shunt/Current Configuration

RSHUNT: mΩ

Max Expected Current: A

CURRENT_LSB: A

CALIBRATION:

True CURRENT_LSB: A

True Max Current: A

Required Sensing Range: mV

図 3-10. 構成ツール

構成ページから、使用中の評価基板の数を設定できます。その後、各評価基板に、物理的なハードウェア スイッチの設定を指定し、シャントと CURRENT_LSB を構成できます。表 3-1 に、このページの各オプションとフィールドについて説明します。


表 3-1. 構成の設定とフィールド

設定またはフィールド	説明
Number of EVMs (評価基板の数)	<ul style="list-style-type: none"> この設定を使用して、SCB に接続されている評価基板の数を GUI に通知します。 SCB と GUI がサポートするのは、一度に最大 4 つの INA233EVM のみであることに注意してください。 構成ページでこの設定を変更すると、「Results Data」(結果データ) タブでも同じ設定が変更されます。
Selected EVM (選択された評価基板)	<ul style="list-style-type: none"> この設定は、どの評価基板設定が現在変更されているかを示します。 また、「Registers」(レジスタ) タブに接続されている評価基板も選択されます。
Hardware Switch Settings (ハードウェア スイッチの設定)	<ul style="list-style-type: none"> 評価基板上の物理的なスイッチ設定に合わせて設定されます。 このページの他の設定を変更する前に、この設定を設定する必要があります。これが設定されるまで、GUI は他の設定をブロックします。 ここでこの設定を変更すると、「Results Data」(結果データ) タブでも同じ設定が変更されます。
シャント / 電流の構成	このセクションは、シャント情報の入力、および CURRENT_LSB の計算、キャリブレーション レジスタの設定に使用されます。表 3-2 は、各フィールドの使用方法について説明したものです。

表 3-2. シャント構成設定

フィールド	説明
RSHUNT	<ul style="list-style-type: none"> 使用されるシャント抵抗の値 (mΩ 単位) を入力します。
Max Expected Current (最大予測電流)	<ul style="list-style-type: none"> シャント抵抗の両端に流れる最大想定電流の値をアンペア単位で入力します。 最大期待電流フィールドが空白のままになっている場合、キャリブレーションは手動で調整できます。このツールが評価基板で測定可能な真の最大電流を指示します。
CURRENT_LSB	<ul style="list-style-type: none"> 計算された CURRENT_LSB の値 (アンペア単位) です。このフィールドは、「Max Expected Current」(最大予測電流) フィールドから自動的に入力されます。 このフィールドは必要に応じて手動で変更でき、フィルタを下方方向に変更できます。
CALIBRATION (キャリブレーション)	<ul style="list-style-type: none"> RSHUNT と CURRENT_LSB に基づいて計算された CALIBRATION (キャリブレーション) の値。このフィールドが変更されると、CALIBRATION レジスタに値が自動的に書き込まれます。 このフィールドは必要に応じて手動で変更でき、フィルタを下方方向に変更できます。 レジスタ マップ ページからこの値を変更すると、こちらの値も変更されます。
True CURRENT_LSB (真の CURRENT_LSB)	<ul style="list-style-type: none"> これは、指定されたシャント抵抗値を使用して CALIBRATION レジスタから逆算された実際の CURRENT_LSB 値 (アンペア単位) です。 これは、「Results Data」(結果データ) セクションの計算に使用される値です。
True Max Current (真の最大電流)	<ul style="list-style-type: none"> これは、計算に RSHUNT と True CURRENT_LSB (真の CURRENT_LSB) を使用し、VSHUNT および CURRENT レジスタに基づいたアンペア単位の最大測定可能電流です。
Required Sensing Range (必要な検出範囲)	<ul style="list-style-type: none"> これは、指定されたシャント抵抗を使用して最大予想電流を測定するために必要な検出範囲を示しています。 「Max Expected Current」(最大予測電流) が指定されていない場合は、代わりに「True Max Current」(真の最大電流) フィールドが使用されます。

3.2.2.3 「Registers」(レジスタ) タブ

デバイスのレジスタの表示と編集を行うには、左側のメニューにある  (レジスタ) アイコンをクリックします。「Registers」(レジスタ) タブは [図 3-11](#) に示すタブに似ています。

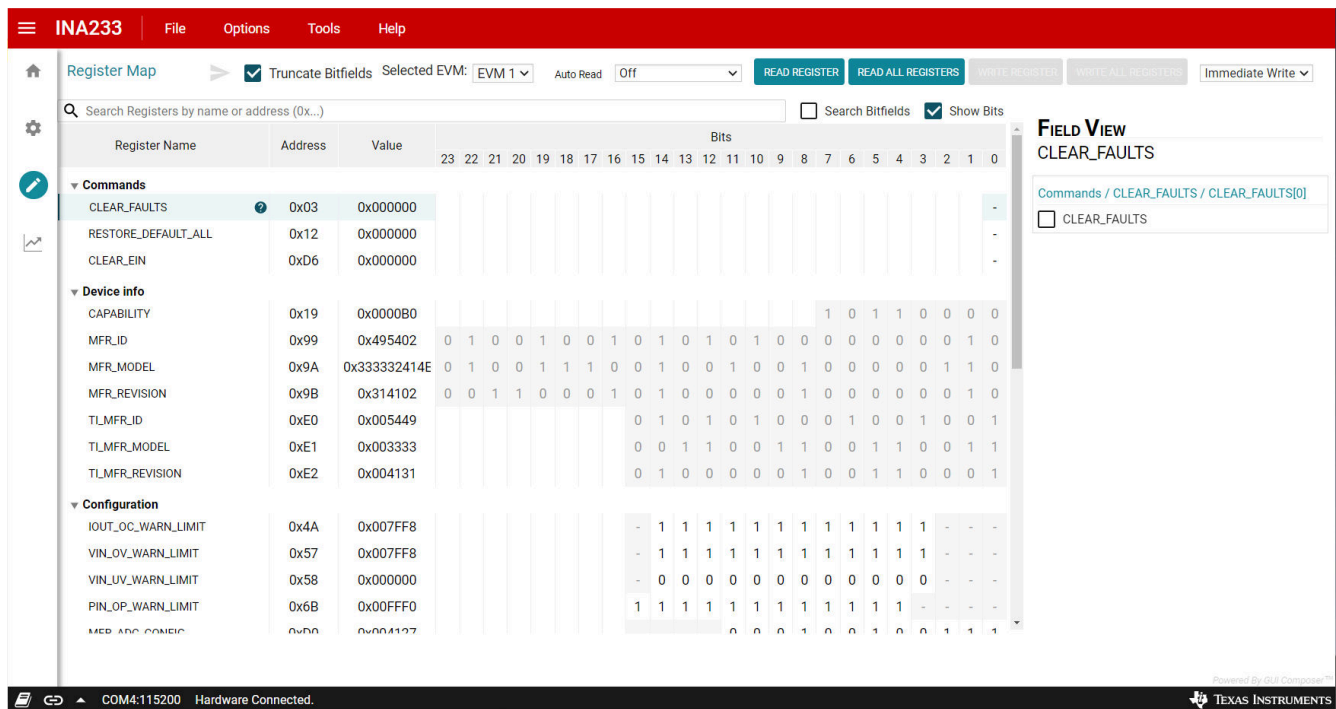




図 3-11. GUI の「Registers」(レジスタ) タブ

GUI の「Registers」(レジスタ) タブで、評価基板上のデバイス レジスタの読み取りと書き込みを行うことができます。以下に重要な注意事項を示します。

- 一番上にある「Selected EVM」(選択された評基板価) ドロップダウン メニューを使用して、レジスタ マップで操作するデバイスを選択します。
 - この選択を変更すると、「Configuration」(構成) タブの同じ設定も変更されることにご注意ください。
 - 機能の面では、この設定はマイコンのデフォルトの読み取り / 書き込みアドレスを設定し、すべてのレジスタ値を再度読み取ってレジスタ マップを更新します。データが高周波で収集されている場合は、データ収集でわずかな遅延が発生する可能性があることに注意してください。最適な性能を得るには、データ収集を開始する前にデバイスの設定を行います。
- デフォルトでは、すべての変更は自動的にデバイスに書き込まれます。必要に応じて、「Immediate Write」(即時書き込み) 設定を「Deferred Write」(遅延書き込み) に変更して、必要な場合にのみ書き込みを許可します。
 - 書き込み可能なレジスタ値は、次のいずれかの方法を使用して変更できます。
 - 右側にある「Field View」(フィールド ビュー) セクションのウィジェット設定を使用する。
 - 16 進値または 10 進値を使用して、「Value」(値) を直接変更する。
 - 個々のビットをダブルクリックする。
 -  アイコンを押して、トリガー モードで変換を開始します。
 - このためには、「Immediate Write」(即時書き込み) を設定する必要があります。
- 「Auto Read」(自動読み取り) をオンにすると、レジスタ マップのレジスタのみが更新され、「Results Data」(結果データ) セクションのプロットは更新されません。
 - プロットのデータ収集中に「Auto Read」(自動読み取り) をオンのままにしていると、データ収集のタイミングが妨げられることがあります。
- レジスタ ビット フィールドはデフォルトでは 56 ビットすべてで表示されますが、読みやすくするために切り捨てることもできます。ビット フィールドを 24 ビットに切り捨てるには、「Truncate Bitfields」(ビットフィールドを切り捨てる) チェックボックスを選択してください。
- レジスタまたはレジスタ ビット フィールドについて質問がある場合は、 アイコンをクリックします。個々のレジスタまたはレジスタ ビット フィールドの詳細については、デバイスのデータシートを参照してください。
- 利便性を高めるために、レジスタの設定を保存して、同じレジスタ マップを使用する任意のデバイスで後からロードすることができます。これを行うには、[図 3-12](#) に示すように、「File」(ファイル) > 「Register Data」(レジスタ データ) の順に選択します。

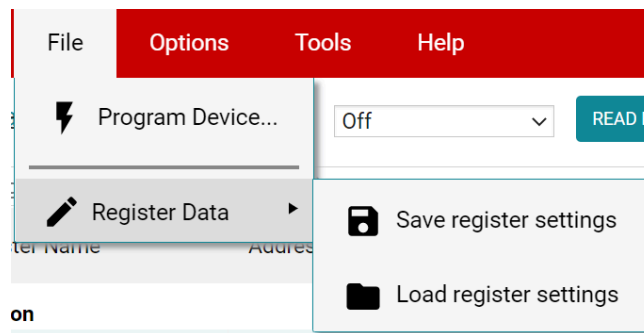



図 3-12. レジスタの設定の保存およびロード

- データをロードした後、「Read All Registers」(すべてのレジスタを読み取り) ボタンを押し、実際のデバイス値でレジスタ マップを更新します。

3.2.2.4 「Results Data」(結果データ) タブ

時間の経過とともに結果データを表示および収集するには、左側のメニューにある  (結果データ) アイコンをクリックします。図 3-13 は参考として結果データ ページの一部を示しています。接続された評価基板の数によって表示が異なる場合があります。

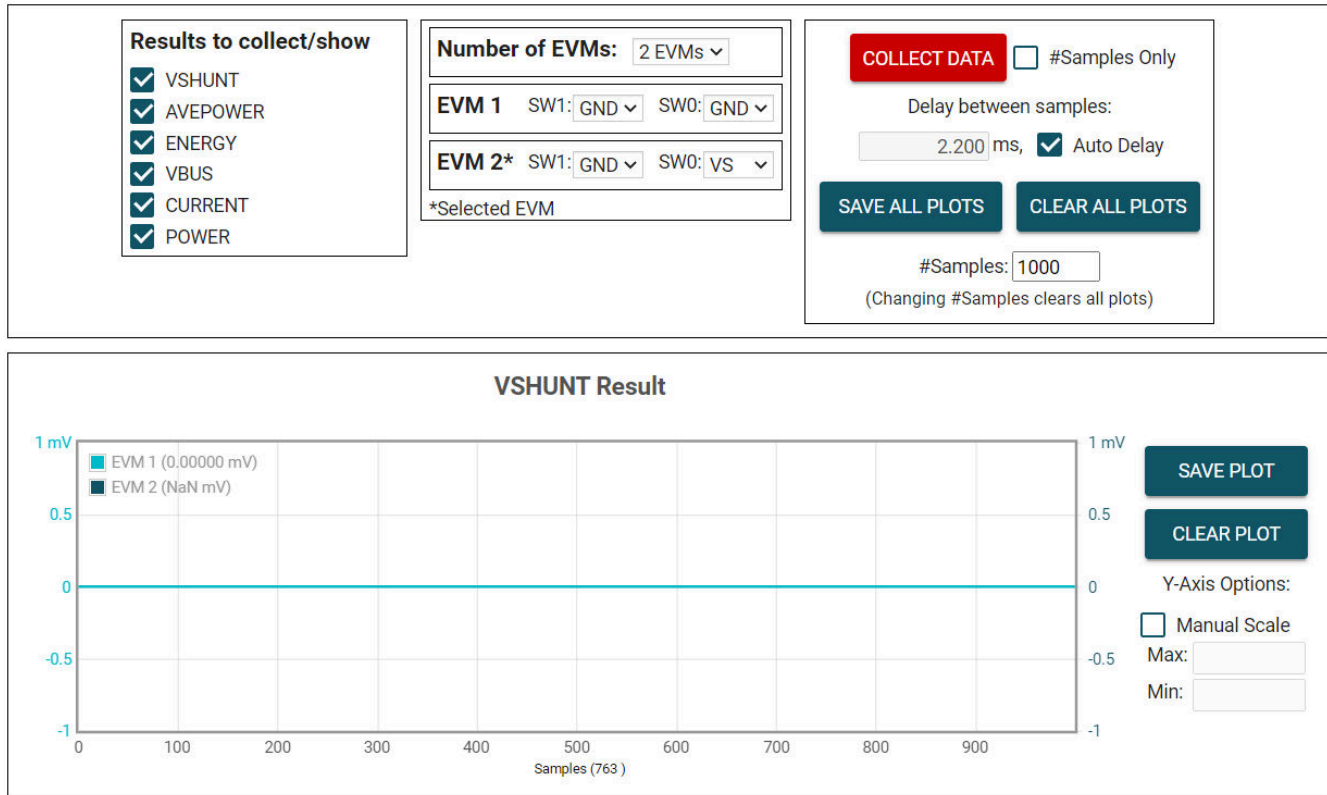


図 3-13. 結果ページと設定

以下は、「Results Data」(結果データ) タブの上部と各プロットの横にあるボタンと設定の使用方法を説明したものです。

表 3-3. 「Results Data」(結果データ) タブ ボタンと設定

ボタンまたは設定	説明
Results to collect/show (収集 / 表示する結果)	<ul style="list-style-type: none"> このセクションでは、データを収集するレジスタの値を選択します。「COLLECT DATA」(データを収集) ボタンが押される前に結果レジスタの選択が解除されている場合、下のプロットは非表示になり、評価基板は (変換が有効になっている場合でも) 収集サイクル中にこのレジスタの読み取りを試行しません。 評価基板がデータを収集している間に設定のいずれかが無効になった場合、プロットは表示されませんが、データは引き続き収集され、バックグラウンドでプロットが更新されます。データを表示するには、再度選択します。
Number of EVMs (評価基板の数)	<ul style="list-style-type: none"> 「Number of EVMs」(評価基板の数) ドロップダウン メニューから、現在使用されている評価基板の数を設定します。 複数の評価基板を組み合わせる方法については、図 3-2 をご覧ください。 この値を変更すると、「Configuration」(構成) タブでも同じ設定が変更されます。 GUI がサポートしているのは、一度に最大 4 つの INA233EVM のみです。

表 3-3. 「Results Data」(結果データ) タブ ボタンと設定 (続き)

ボタンまたは設定	説明
Switch settings (EVM 1, EVM2)	<ul style="list-style-type: none"> オンボード スイッチを使用して、評価基板ごとに異なるアドレスを選択します。 GUI で スイッチ設定 を設定し、接続されている各評価基板の設定と一致するようにします。 「EVM 1」(評価基板 1) には、設定がすでに選択されていない限り、アドレスが最も小さいデバイスが自動的に割り当てられます。 この設定を変更すると、「Configuration」(構成) タブでも同じ設定が変更されます。 複数のデバイスが使用されている場合は、「Register map」(レジスタ マップ) タブと「Configuration」(構成) タブで、使用されている評価基板の横にアスタリスク記号 (*) が表示されます。 任意の評価基板のスイッチ設定を変更すると、その評価基板が選択した評価基板として設定されます。
Collect Data (データの収集)	<ul style="list-style-type: none"> 「COLLECT DATA」(データを収集) ボタンを押して、データ収集を開始します。 このモードでは、マイコンは USB BULK チャネル経由で各デバイスについて選択した結果の値を読み取り、送信します。次のデバイスに進む前に、1 つのデバイスのすべての結果が読み取られます。あらゆる評価基板のすべての結果の値は、1 つの「サンプル セット」とみなされます。 データの収集中に、レジスタ マップ ページを使用して他のレジスタの読み取り / 書き込みを実行できますが、収集データに遅延が追加される可能性があります。 「STOP COLLECT」(収集停止) ボタンを押して、データの収集を停止します。
#Samples Only (#サンプルのみ)	<ul style="list-style-type: none"> このチェック ボックスが選択されている場合、GUI は #Samples ボックスで指定されたサンプル数が収集されると、自動的にデータ収集を停止します。 選択されていない場合、GUI はデータの収集を続行し、最新のサンプル数のみを保存します。
Delay between samples (サンプル間の遅延)	<ul style="list-style-type: none"> 各サンプル セットの開始までの遅延を設定します。 読み出しループよりも高速に設定すると、必要な遅延時間は確保できません。これは、収集される結果の数、評価基板の数、CPU によって異なります。 データの収集中に、レジスタ マップ ページを使用して他のレジスタの読み書きを実行できますが、収集データに遅延が追加される可能性があります。
Auto Delay (自動遅延)	<ul style="list-style-type: none"> 変換時間、平均化、変換されるチャネル数に基づいて遅延を設定します。 複数の評価基板を使用する場合、遅延ボックスに設定される時間は、計算された遅延値が最も短い評価基板のものに基づきます。
Save All Plots (すべてのプロットを保存)	<ul style="list-style-type: none"> 「SAVE ALL PLOTS」(すべてのプロットを保存) ボタンを押して、「Results to collect or show」(収集 / 表示する結果) セクションで現在選択されている各結果のデータをスプレッドシートに保存します。 各プロットの横にある「SAVE PLOT」(プロットを保存) ボタンをクリックすると、そのプロットから取得したデータのみをスプレッドシートに保存できます。
Clear All Plots (すべてのプロットをクリア)	<ul style="list-style-type: none"> すべてのプロットからデータを消去するには、「CLEAR ALL PLOTS」(すべてのプロットをクリア) ボタンを押します。 各プロットの横にある「CLEAR PLOT」(プロットをクリア) ボタンを押して、そのプロットからデータを消去します。
#Samples (#サンプル)	<ul style="list-style-type: none"> このボックスの数値を変更して、各プロットに表示されるサンプル数を変更します。 この数値を変更すると、プロット バッファが消去されるので、プロットは次の読み取り時にクリアされます。
Y-Axis Options (Y 軸オプション): Manual Scale (手動スケール)	<ul style="list-style-type: none"> このボックスをオンにすると、このプロットのすべての評価基板結果が、Max フィールドと Min フィールドで指定されたスケール値に設定されます。 これが選択されていない場合、各評価基板の Y 軸スケールは、その評価基板の最小値と最大値に基づいて設定されます。
Y-Axis Options (Y 軸オプション): Max (最大)	<ul style="list-style-type: none"> このプロットですべての評価基板に使用する最大 Y 軸値。 「Manual Scale」(手動スケール) が選択されているときにこのフィールドが空の場合、このフィールドには現在プロットにある最大値が自動的に入力されます。
Y-Axis Options (Y 軸オプション): Min (最小)	<ul style="list-style-type: none"> このプロットですべての評価基板に使用する最小 Y 軸値。 「Manual Scale」(手動スケール) が選択されているときにこのフィールドが空の場合、このフィールドには現在プロットにある最小値が自動的に入力されます。

3.2.3 評価基板のダイレクトな USB 通信

必要に応じて、USB ポート経由で GUI を使用せずに評価基板と直接通信できます。目的のコマンド文字列をシリアル COM ポート経由で送信し、モードに基づいて COM ポートまたは USB BULK チャネル経由で結果を受信することでこれが可能です。この機能は、評価基板をカスタム セットアップ、スクリプト、または GUI とインターフェイスする場合に便利です。

3.2.3.1 標準的な USB 読み取り / 書き込み動作

シリアル COM ポートを使用して、このセクションで指定されている形式に従って、USB コマンドを介してレジスタの読み取りと書き込みを行います。

3.2.3.1.1 デバイス アドレスの設定

デバイス アドレスを設定するには、次の形式を使用します: `setdevice DEVID`)。ここで `setdevice` は常に小文字であり、`DEVID` は 10 進形式のアドレスの下位 4 ビット (LSB) です (たとえば、アドレスが `0x4A` の場合は 10 を使用します)。

1 つ以上の評価基板が接続されているときに SCB がリセットされると、アドレスはデフォルトで見つかった最も低いアドレスに設定されることに注意してください。SCB は、起動時に I2C または SPI をチェックし、デバイスが接続されていない場合、SCB はデフォルトで SPI になります。I2C を使用するように I2C 評価基板を接続して、SCB をリセットします。

たとえば、INA233 のレジスタ アドレスを `0x4A` に設定するには、`setdevice 10` コマンドを送信します。この例では、評価基板はアクノリッジと状態 (「idle」(アイドル) または「collecting」(収集中)) を次のように JSON 形式で返します。

```
{"acknowledge": "setdevice 10"}
{"evm_state": "idle"}
```

3.2.3.1.2 読み取りレジスタ

レジスタを読み出すには、次の形式を使用します: `rreg ADR`)。ここで、`ADR` は 16 進数のアドレスで、`rreg` は常に小文字です。レジスタ アドレスには大文字と小文字があり、先頭に「0x」を付ける必要はありません。0 パディング付きのレジスタ アドレスも任意です。たとえば、レジスタ アドレス `0xE0` を読み取る場合、有効なコマンドには以下のようなものがあります。

- `rreg e0`
- `rreg 00e0`
- `rreg 0xE0`

「0x」を使用する場合、「x」は小文字でなければなりません。この例では、評価基板は結果と状態 (「idle」(アイドル) または「collecting」(収集中)) を次のように JSON 形式で返します。

```
{"acknowledge": "rreg 0xE0"}
{"register": {"address": 224, "value": 21577}}
{"evm_state": "idle"}
```

3.2.3.1.3 レジスタへの書き込み

レジスタに書き込むには、次の形式を使用します: `wreg ADR VAL`)。ここで、`ADR` と `VAL` は 16 進数であり、`wreg` は常に小文字です。レジスタ アドレスには大文字と小文字があり、先頭に「0x」を付ける必要はありません。0 パディング付きのレジスタ アドレスも任意です。たとえば、レジスタ アドレス `0xD0` に値 `0x4127` を書き込む場合、有効なコマンドには以下のようなものがあります。

- `wreg d0 4127`
- `wreg D0 0x4127`
- `wreg 0xD0 0x4127`

「0x」を使用する場合、「x」は小文字でなければなりません。

この例では、評価基板は結果と状態 (「idle」(アイドル) または「collecting」(収集中)) を次のように JSON 形式で返します。

```
{"acknowledge": "rreg 0xE0"}
{"register": {"address": 224, "value": 21577}}
{"evm_state": "idle"}
```

3.2.3.2 USB BULK チャネル経由でのデータ収集

データの収集機能は、目的の結果のレジスタを読み取り、指定された設定に基づいてデータを送信します。この機能は、連続変換モードで最適に動作し、評価基板や関連するレジスタ設定は構成しません。収集モードはシリアル COM ポートを使用して開始および停止されますが、結果は USB BULK チャネル経由で送信されます。このモードを使用するには、このセクションで指定されている次の形式を使用します。

3.2.3.2.1 Collect Data (データの収集)

データの収集を開始するには、次の形式を使用します: `collect timerPeriod collectFlags channelAddressIDs numDevices`

ここで、`collect` は常に小文字であり、各パラメータは表 3-4 で指定された値の 10 進数表現です。

表 3-4. データ パラメータの収集

パラメータ	説明
timerPeriod	マイコンで使用するタイマ遅延時間。データ収集のサンプル セットを使用できるようにします (μ s 単位、符号なし 32 ビット値)。
collectFlags	データのバイト。以下の定義に従い、1 の場合はデータを収集し、0 の場合は各レジスタ値タイプを収集しません (デバイスがエネルギーおよび充電フラグをサポートしている場合にのみ使用し、そうでない場合は 0 に設定してください)。 <ul style="list-style-type: none"> VSHUNT = 0b10000 ENERGY = 0b01000 VBUS = 0b00100 CURRENT = 0b00010 POWER = 0b00001
channelAddressIDs	各 I2C アドレスの下位 4 ビット (LSB)。LSB から順にチェーン接続されます。たとえば、評価基板 1 がアドレス 0x41、評価基板 2 が 0x43 にある場合、この値は channelAddressIDs になります: 0b00110001
NumDevices	互いにチェーン接続された評価基板の数 (1 ~ 4)。

表 3-4 の情報を例として、VSHUNT と VBUS のデータ収集を 2.2ms ごとに開始する場合、評価基板 1 のアドレス = 0x41 および評価基板 2 アドレス = 0x43 の 2 つの INA233EVM に対して送信するデータは次のとおりです: `collect 2200 20 49 2`。

この例では、評価基板はアクリッジと状態を、次のように JSON 形式で返します。

```
{"acknowledge":"collect 2200 20 49 2"}
{"evm_state":"collecting"}
```

3.2.3.2.2 USB BULK 受信データ

USB BULK チャネルは、次の形式でデータを受信します: `frameID deviceNumID address registerSize data`

ここで、各パラメータは、次の表の値の 10 進数表現です。

表 3-5. USB BULK パラメータ

パラメータ	説明
frameID (1 バイト)	常に 0 を読み出す。データが整列されていることの確認に使用されます。
deviceNumID (1 バイト)	評価基板の番号に対応する ID 番号。先述の例から、この数値は、アドレスが 0x41 に設定された評価基板 1 から読み取る場合は 1、アドレスが 0x43 に設定された評価基板 2 から読み取る場合は 2 です。
address (1 バイト)	デバイスから読み取られるレジスタ アドレス。
registerSize (1 バイト)	次のデータが持つバイト数。
data (一度に 1 バイトずつ)	レジスタのデータ値。最上位バイトが最初にあるバイトで指定されます。

3.2.3.2.3 データ収集の停止

データの収集を停止するには、次の形式を使用します(:stop)。stop は常に小文字です。

- 評価基板はアクリッジと状態を、次のように JSON 形式で返します。

```

{"acknowledge":"stop"}
{"evm_state":"idle"}

```

3.2.4 PAMB との互換性

必要に応じて PAMB のピン ヘッダーと評価基板の間にジャンパ線を使用すると、この評価基板および GUI を PAMB コントローラ (DC081A) と組み合わせて使用することができます。図 3-14 に、PAMB 上のどのピンと評価基板のヘッダーピンが対応するのかが示します。ジャンパ線接続の設定で抵抗値を増やしすぎないようにしてください。信号が劣化し、通信エラーが発生する可能性があります。

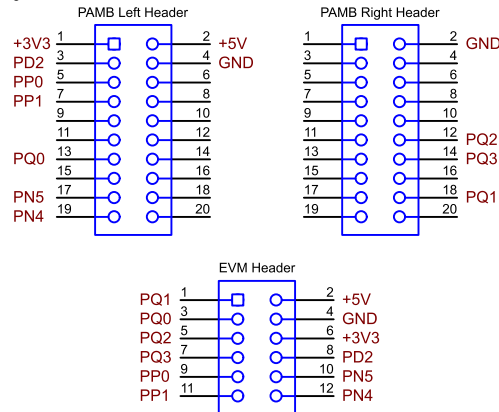


図 3-14. 評価基板と PAMB の接続

4 ハードウェア設計ファイル

注

基板レイアウトはスケールリングできません。これらの図は、基板レイアウトを示すことを目的としています。これらの図は、評価基板 PCB の製造に使用することを意図したものではありません。

4.1 回路図

図 4-1 と図 4-2 に、INA233EVM の回路図を示します。図 4-1 に、評価基板の回路を示します。図 4-2 に、評価基板に搭載されている機械部品を示します。

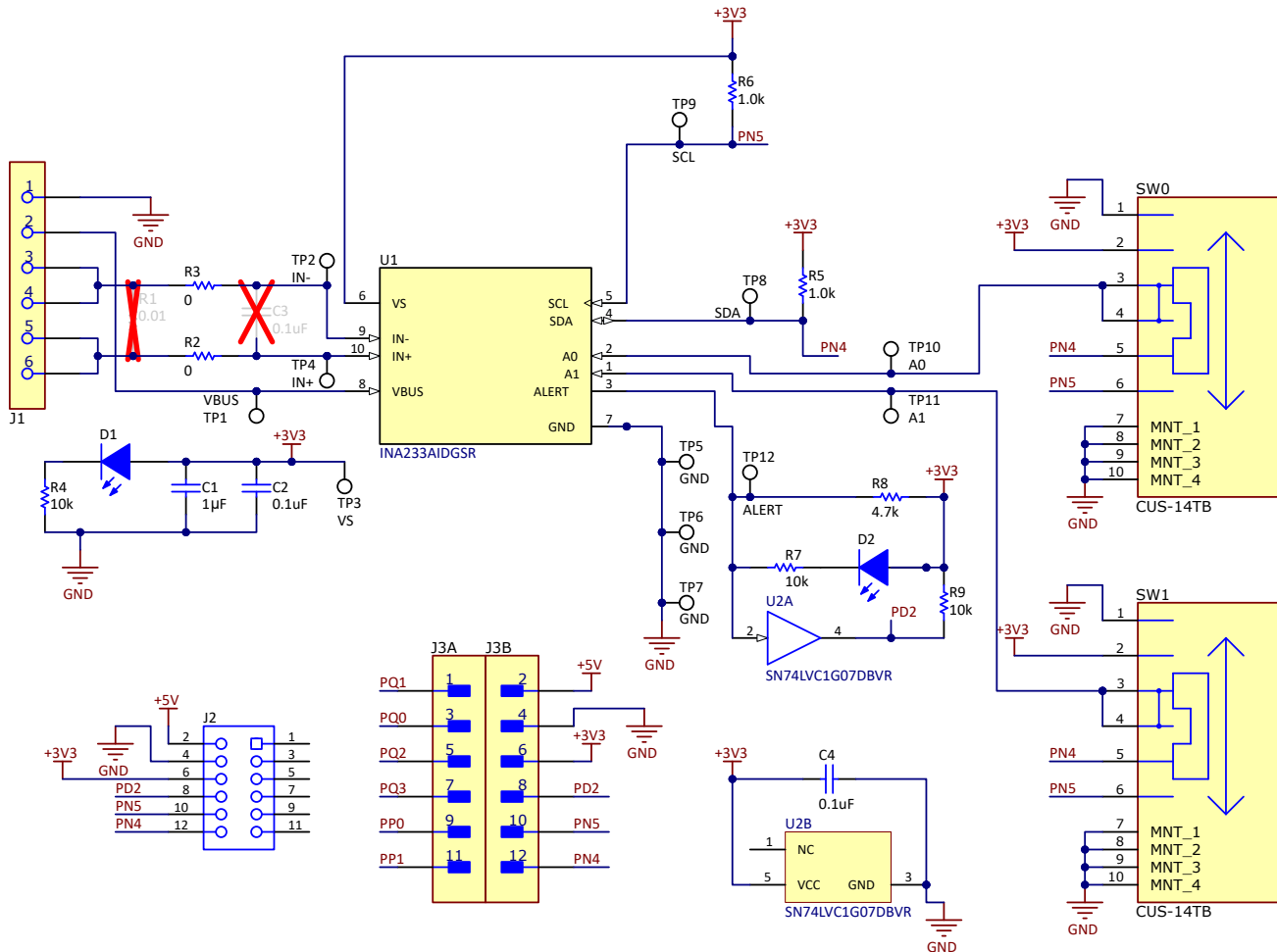


図 4-1. 回路図



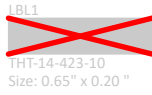
PCB Number: INA233EVM
PCB Rev: B

PCB
LOGO
Texas Instruments



PCB
LOGO
FCC disclaimer

PCB
LOGO
WEEE logo



CAUTION HOT SURFACE

ZZ2

Assembly Note

These assemblies are ESD sensitive, ESD precautions shall be observed.

ZZ3

Assembly Note

These assemblies must be clean and free from flux and all contaminants. Use of no clean flux is not acceptable.

ZZ4

Assembly Note

These assemblies must comply with workmanship standards IPC-A-610 Class 2, unless otherwise specified.

ZZ5

Assembly Note

Trim the leads under J1 (back of PCB) to give clearance from surface

図 4-2. ハードウェア回路図

4.2 PCB レイアウト

図 4-3 ~ 図 4-6 は INA233EVM の PCB 層を示しています。

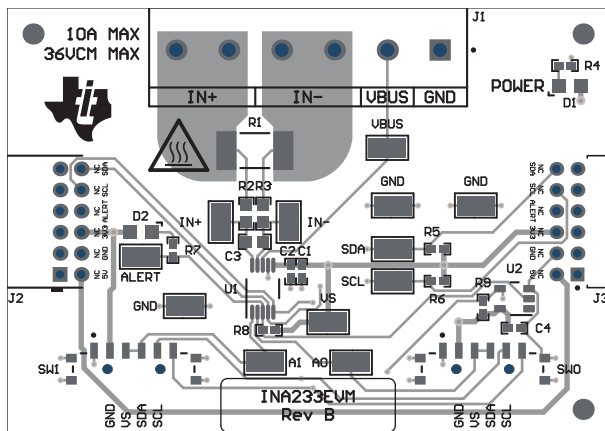


図 4-3. 上面図

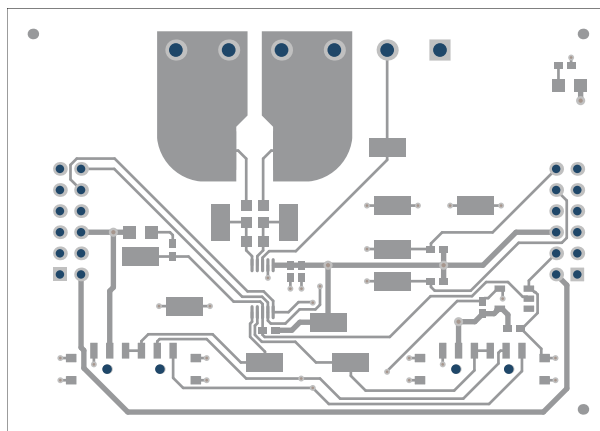


図 4-4. 上層

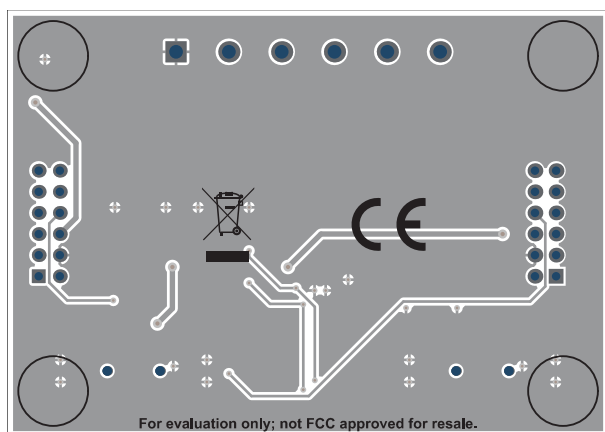


図 4-5. 底面図

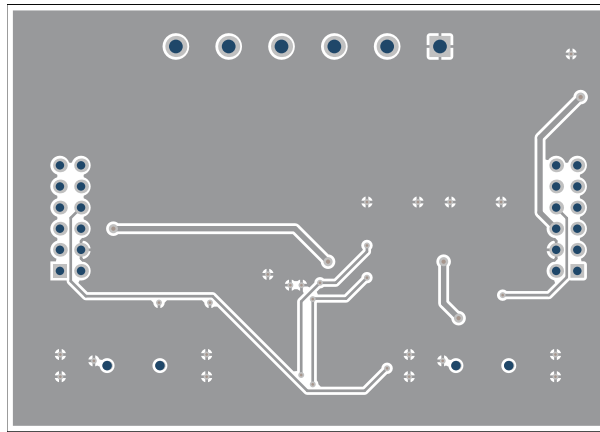


図 4-6. 下層

4.3 部品表

表 4-1 に INA233EVM の部品リストを示します。

表 4-1. 部品表

記号	数量	値	説明	PackageReference	部品番号	メーカー
!PCB1	1		プリント基板		INA233EVM	任意
C1	1	1uF	コンデンサ、セラミック、 1μF、16V、±20%、X5R、 0402	0402	GRM155R61C105MA12D	MuRata
C2、C4	2	0.1uF	コンデンサ、セラミック、 0.1uF、50V、±20%、X7R、 0402	0402	GRM155R71H104ME14D	MuRata
D1、D2	2	白	LED、白、SMD	0805	VAOL-S8WR4	Visual Communications Company LLC
H1、H2、H3、H4	4		バンボン、半球、0.25 x 0.075、クリア	75x250mil	SJ5382	3M
J1	1		TERM BLK 6POS サイド エントリ 5MM PCB アセン ブリ ノート:ZZ5 に従ってリ ードをトリムすること	HDR6	6.91138E+11	ウルトエレクトロニクス
J2	1		レセプタクル、2mm、6x2、 金、R/A、TH	レセプタクル、2mm、6x2、 R/A、TH	NPPN062FJFN-RC	Sullins Connector Solutions
J3	1		コネクタ ヘッド スルーホー ル、直角 12 ポジション 0.079 インチ (2.00mm)	HDR12	NRPN062PARN-RC	Sullins Connector Solutions
R2、R3	2	0	抵抗、0、5%、0.125W、 0603	0603	MCT06030Z0000ZP500	Vishay/Beyschlag
R4、R7、R9	3	10k	RES、10k、5%、0.063W、 AEC-Q200 グレード 0、 0402	0402	CRCW040210K0JNED	Vishay-Dale
R5、R6	2	1.0k	RES、1.0k、5%、0.063W、 AEC-Q200 グレード 0、 0402	0402	CRCW04021K00JNED	Vishay-Dale

表 4-1. 部品表 (続き)

記号	数量	値	説明	PackageReference	部品番号	メーカー
R8	1	4.7k	RES、4.7k、5%、0.063W、AEC-Q200 グレード 0、0402	0402	CRCW04024K70JNED	Vishay-Dale
SW0、SW1	2		スライドスイッチ SP4T 表面実装、直角	SMT_SW_11MM3_4MM1	CUS-14TB	Nidec Copal Electronics
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12	12		テスト ポイント、ミニチュア、SMT	Testpoint_Keystone_Minature	5015	Keystone
U1	1		ハイサイドまたはローサイド測定、双方向電流および電力モニタ、PMBus 互換インターフェイス搭載、DGS0010A (VSSOP-10)	DGS0010A	INA233AIDGSR	テキサス・インスツルメンツ
U2	1		単一バッファドライバ、オープンドレイン出力、DBV0005A (SOT-23-5)	DBV0005A	SN74LVC1G07DBVR	テキサス・インスツルメンツ
C3	0	0.1uF	コンデンサ、セラミック、0.1uF、100V、±10%、X7S、AEC-Q200 グレード 1、0603	0603	CGA3E3X7S2A104K080AB	TDK
FID1、FID2、FID3	0		フィデューシヤル マーク。購入または取り付け不要。	該当なし	該当なし	該当なし
LBL1	0		熱転写プリンタブル ラベル、幅 0.650 インチ x 高さ 0.200 インチ、ロールあたり 10,000	PCB ラベル 0.650x 0.200 インチ	THT-14-423-10	Brady
R1	0		10mΩ ±0.5% 2W チップ抵抗 2512 (6432 メートル法) 車載用 AEC-Q200、電流センス、耐湿性の金属皮膜	2512	PCS2512DR0100ET	Ohmite

5 追加情報

5.1 商標

I2C™ is a trademark of I2C Technologies, Ltd.

myTI™ is a trademark of Texas Instruments.

Chrome™ is a trademark of Google LLC.

Firefox™ is a trademark of Mozilla Foundation in the U.S. and other countries.

Safari™ is a trademark of Apple Inc.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

6 関連資料

INA233 評価基板に関する資料を以下に示します。

- テキサス インストルメンツ、『[INA233 ハイサイドまたはローサイド測定、双方向電流および電力モニタ、I2C、SMBus、PMBus 互換インターフェイス搭載](#)』、データシート
- テキサス インストルメンツ、『[デジタル電源モニタ入門](#)』、アプリケーション ノート

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductor products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないものご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。日本テキサス・イ

ンスツルメンツ株式会社

東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号

西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。 <https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

-
4. *EVM Use Restrictions and Warnings:*
 - 4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.
 - 4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.
 - 4.3 *Safety-Related Warnings and Restrictions:*
 - 4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.
 - 4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.
 - 4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.
 5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.
 6. *Disclaimers:*
 - 6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.
 - 6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.
 7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.
-

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.

10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI 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、TI 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 TI 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、

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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月