

Design Guide: TIDA-060034

ヒアラブル体温モニタ フレキシブル PCB ストリップのリファレンス デザイン



説明

このリファレンス デザインは、ヒアラブル機器の設計で TMP117 を使用して、耳から体温を高精度測定する方法を提示します。このデザインは、各種ヒアラブル機器に適した小型のフレキシブル基板上に 2 個の TMP117 デバイスを実装しています。このデザインは 2 個の温度センサを内蔵する方法で、体温測定値の精度に影響を及ぼす可能性のあるシステム温度や周囲温度の変化を補償しています。

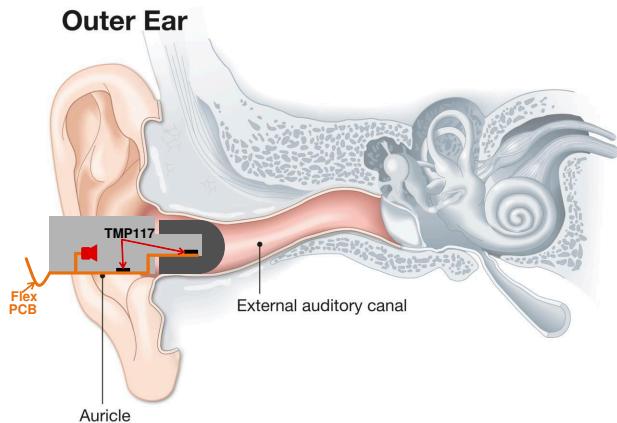
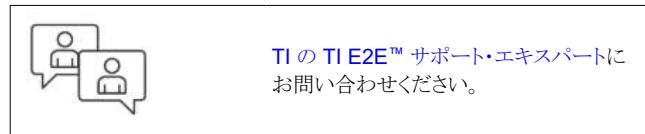
リソース

[TIDA-060034](#)

デザイン フォルダ

[TMP117](#)

プロダクト フォルダ

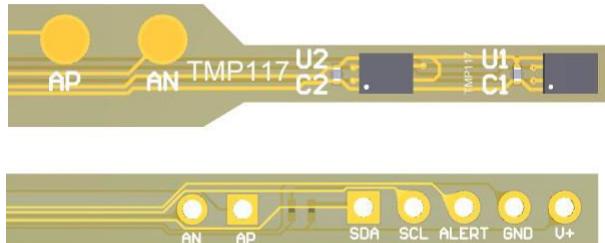


特長

- TMP117: 最大 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $3.5\mu\text{A}$ の超低消費電力温度センサ
 - TMP117 #1 耳内鼓膜温
 - TMP117 #2 システム / 周囲温度
- スピーカに半田付けした複数のパッドとオーディオ入力接続端子を内蔵
- 薄膜のフレキシブル材質
- 外部マイコン接続用途のブレイクアウト基板

アプリケーション

- ヘッドセット、ヘッドホン、小型イヤホン
- 補聴器



1 システムの説明

健康データ収集の需要が高まる中で、正確な体温モニタリングの必要性が非常に重要視されています。体温の推移を追跡することは、潜在的な疾患、睡眠サイクルの乱れ、アスリートの回復状況、その他の健康状態の傾向を示す手段として使用されています。

口腔内と直腸の体温測定は一般的で正確な方法ですが、非常に侵襲的です。より侵襲性の低い方法として、鼓膜を介して耳から体温を正確に測定する方法があります。耳からの体温測定は数十年にわたって一般的に行われており、高精度温度センサを小型イヤホンや補聴器などのヒアラブル機器に組み込んで、同様に測定できます。

ヒアラブル機器は鼓膜のすぐ近くに位置し、耳道を密閉できるため、体温に対して一定した体温測定を行うのに適した環境を提供できます。ヘッドホン、イヤホン、補聴器は長時間、場合によっては継続して数日間も装着できるように快適に設計されています。これにより、個人の体温を継続的に追跡でき、平常時の体温の傾向や、感染症、ホルモン変動、疾患の兆候となり得る平常値からの逸脱を把握できます。

TMP117 は、高精度で低消費電力のデジタル温度センサであり、16 ビットのデジタル温度データを I²C 経由でマイコンに送信できます。周囲の電子システムや周囲温度の影響で温度測定値にさまざまなオフセットが生じる可能性があるため、2 つ目の TMP117 を使用して、体温と環境温度の間に発生する熱勾配を調整できます。

このヒアラブル機器の設計には、2 つの TMP117 温度センサが組み込まれており、1 つは耳内温度の測定（メイン センサ）用、もう 1 つはシステムおよび周囲温度の検知（2 次センサ）用です。このリファレンス デザインは超低プロファイルな薄膜フレキシブル ケーブル上に構成されており、ヒアラブル機器への容易な組み込みを可能にします。各種マイコン、電源、スピーカをサポートするためのブレイクアウト ヘッダとスピーカ用半田付けパッドも備えています。

1.1 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

パラメータ	仕様	詳細
動作時の電源電圧範囲	1.8~5.5V	TMP117 の電源範囲
TMP117:動作温度	-55°C ~ 150°C	
TMP117:温度精度	-20.0 ~ 50°C の範囲で 0.1°C	人体の体温測定に関する要件を上回ること
フォーム ファクタ	2 層フレキシブル PCB	

2 システム概要

2.1 ブロック図

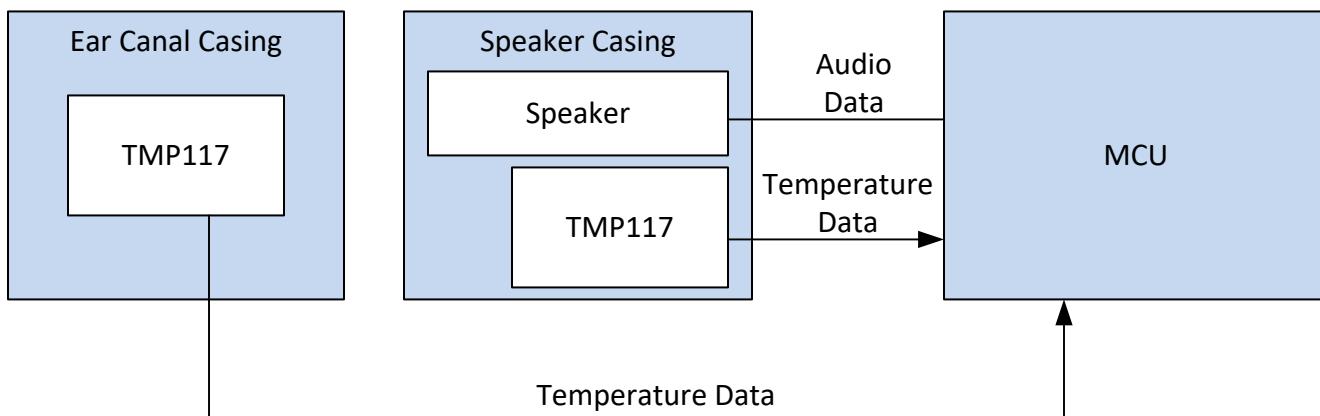


図 2-1. TIDA-060034 のブロック図

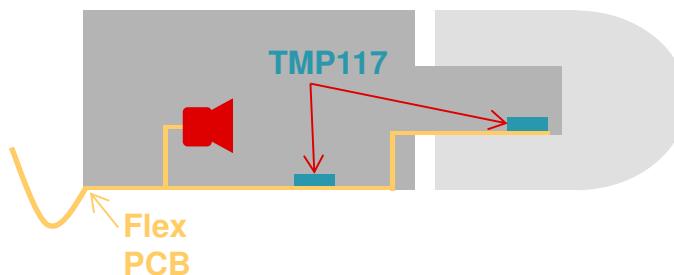


図 2-2. TIDA-060034 のシステム図

2.2 設計上の考慮事項

正確な体温測定を実現するには、いくつかの重要な設計上の考慮事項を組み込む必要があります。最も重要な設計上の考慮事項は、メイン センサを耳の鼓膜にできるだけ近い位置に配置し、周囲温度やシステムからの発熱など、他の熱源から絶縁することです。次に、バッテリやマイクロプロセッサなど、発熱を伴う他の電子部品はメイン センサから離して配置する必要があります。これは、メイン センサに温度誤差を引き起こす可能性のある熱伝達を最小限に抑えるためです。また、ヒアラブル機器の筐体は周囲気温による温度誤差を抑えるために外耳道を密閉する必要があります。セカンダリ センサは、メイン センサに温度誤差を発生させる可能性のある熱源の近くに配置する必要があります。これは、これらの熱源からの影響を校正および補正し、温度の相関を取りたためです。

2.3 主な使用製品

ヒアラブル体温モニタ フレキシブル PCB ストリップのリファレンス デザインには、以下のデバイスを使用しています。

2.3.1 TMP117 – 高精度、低消費電力、デジタル温度センサ

TMP117 は、キャリブレーションなしで 16 ビットの温度結果を提供する、低消費電力、高精度の温度センサです。分解能は $7.8125\text{m}^{\circ}\text{C}$ 、精度は最大 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ です。TMP117 は $1.8\text{V} \sim 5.5\text{V}$ で動作し、通常時の消費電流は $3.5\mu\text{A}$ 、 $1.53\text{mm} \times 1.00\text{mm}$ の DSBGA パッケージで提供されます。この小型パッケージでは、小型のヒアラブル機器に簡単に統合でき、熱応答時間が高速です。また、このデバイスには EEPROM が内蔵されており、シングルポイントのキャリブレーションで使用できる温度オフセットレジスタも搭載されています。

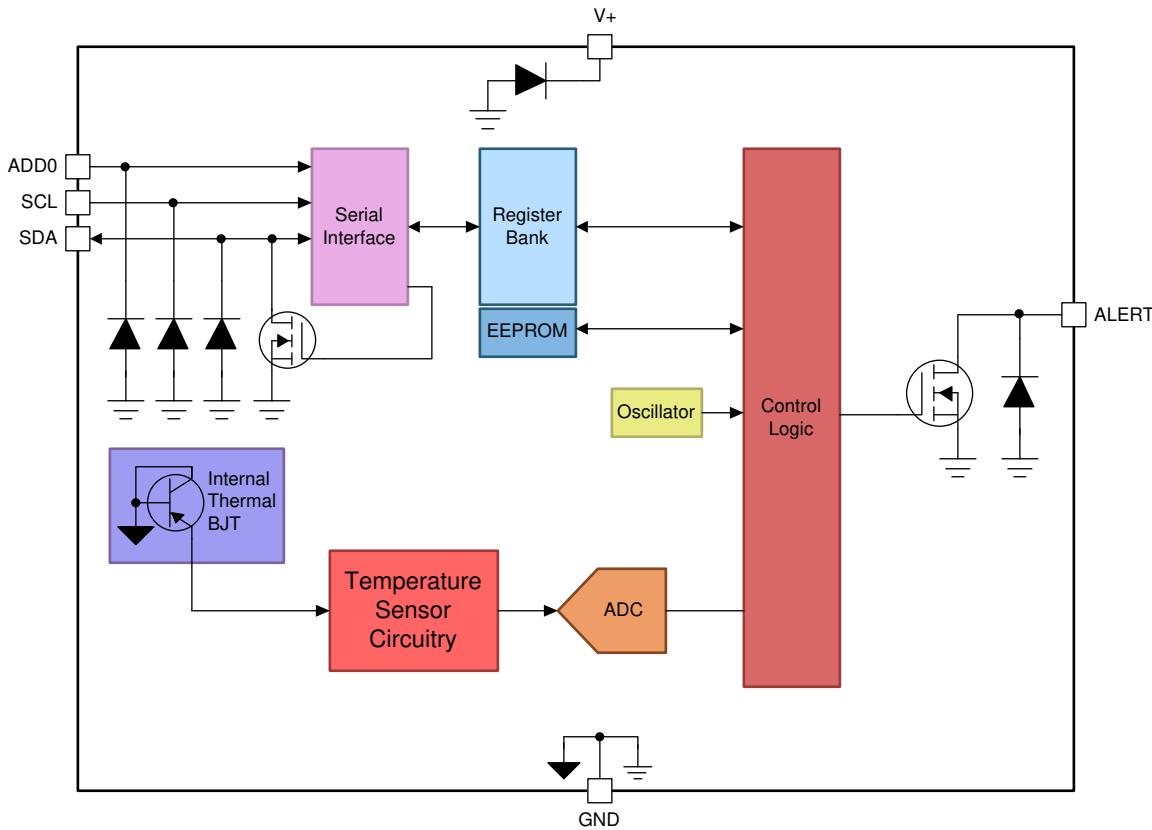


図 2-3. TMP117 の内部ブロック図

2.3.2 システム設計理論

この設計では、図 2-4 に示すように、TMP117 デバイスとの通信用にマイコンを接続するヘッダと、スピーカ入力用のヘッダを使用します。また、図 2-5 に示すように、基板の端には小型スピーカを半田付けできるスピーカ用半田付けパッドが内蔵されています。2 つの TMP117 を使用して温度データを収集し、ユーザーの体温を測定できます。



図 2-4. マイコンおよびスピーカ入力ヘッダ

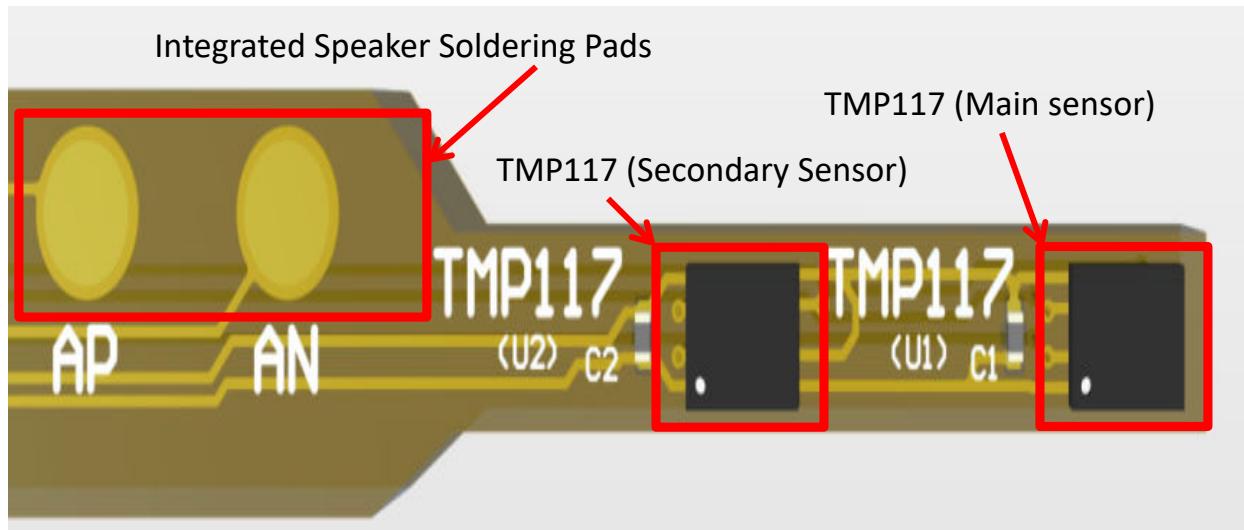


図 2-5. 内蔵スピーカ用半田付けパッドおよび TMP117 デバイス

2.3.2.1 システム精度

表 2-1 に、TMP117 の規定精度の概要を示します。ただし、設計者は、デバイスを設計に組み込む際に生じる温度オフセットについても考慮し、システム全体の精度を確保する必要があります。シングルポイントのキャリブレーションを実行して、システム内で一貫して発生する温度オフセット誤差を補正できます。このオフセット値は、TMP117 の温度オフセットレジスタに保存できます。

表 2-1. TMP117 の最大精度

温度範囲	最大精度 (°C)
-20°C ~ 50°C	±0.1°C
-40°C ~ 70°C	±0.15°C
-40°C ~ 100°C	±0.2°C

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

3.1 ハードウェア

この設計をテストするには、ヒアラブル フレキシブル ボードと個別のマイコンが必要です。マイコンのヘッダは、TMP117EVM のヘッダと位置が合うように作られています。図 3-1 に示すように、TMP117EVM は USB2ANY の 2 つのセクションに分割できます。

USB2ANY の部分は、[テキサス インstrument の「Gallery」\(ギャラリー\)](#) で入手できる **TMP117DualSensor_GUI** を使用して、両方の TMP117 デバイスと通信するために使用できます。メイン センサの 7 ビット I²C アドレスは 0x49、セカンダリ センサの 7 ビット I²C アドレスは 0x48 です。

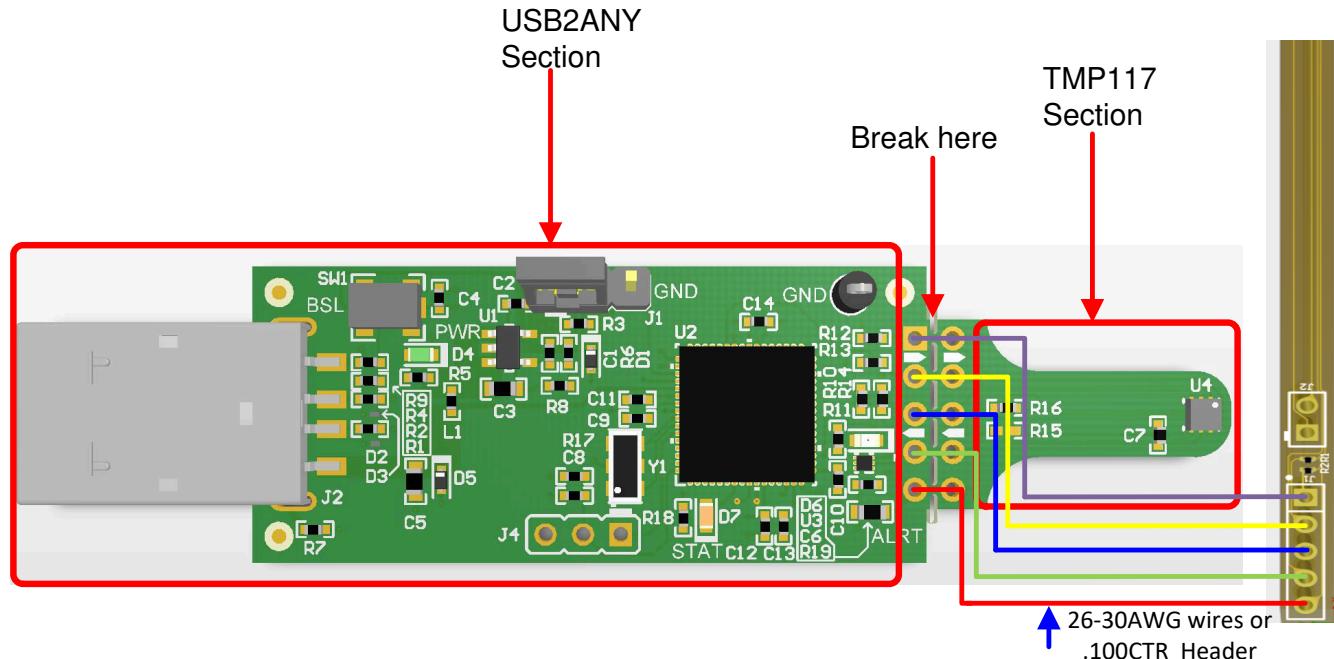


図 3-1. TMP117EVM への接続

3.2 ソフトウェア

TMP117DualSensor_GUI は、USB2ANY を使用して両方の TMP117 デバイスと通信するために使用できます。[SysConfig](#) ツールを使用すると、TMP117 デバイスを構成、読み取り、書き込みするための基本的な C コードを作成できます。このコードは [Code Composer Studio](#) にインポートして実行できます。

3.2.1 SysConfig

SysConfig ツールを使用するには、[TI の SysConfig ページ](#)にアクセスします。図 3-2 に示す SysConfig ツールのホーム画面が表示されます。次に、「Software Product」(ソフトウェア製品)ドロップダウン メニューで、「Sensor & Signal Chain Code Studio」を選択します。その後、「Device」(デバイス)ドロップダウン メニューで「Other」(その他)を選択し、「Start」(開始)クリックします。図 3-3 に示す設定画面が表示されます。

この画面で、TMP117 の横にある最初のセクションで「+」アイコンをクリックします。このリファレンス デザインの両方のデバイスと通信するには、TMP117 デバイスを 2 つ追加します。そのうち 1 つのデバイスのアドレスを、デバイス アドレスのドロップダウン メニューで、0x49 に更新する必要があります。

次に、構成ドロップダウン メニューを使用して、TMP117 デバイスの設定を調整できます。生成されたコードには、これらのドロップダウン メニューで指定した設定が反映されます。

最後に、保存アイコンを使用してファイルを保存します。

Welcome To SysConfig

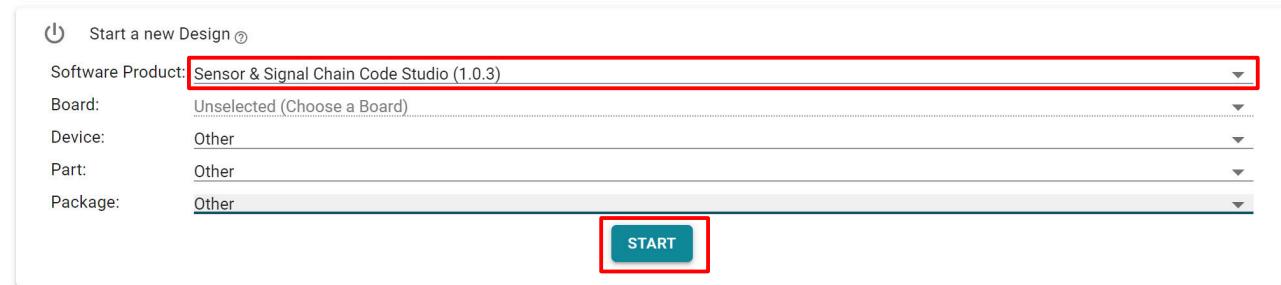


図 3-2. SysConfig ホーム ページ

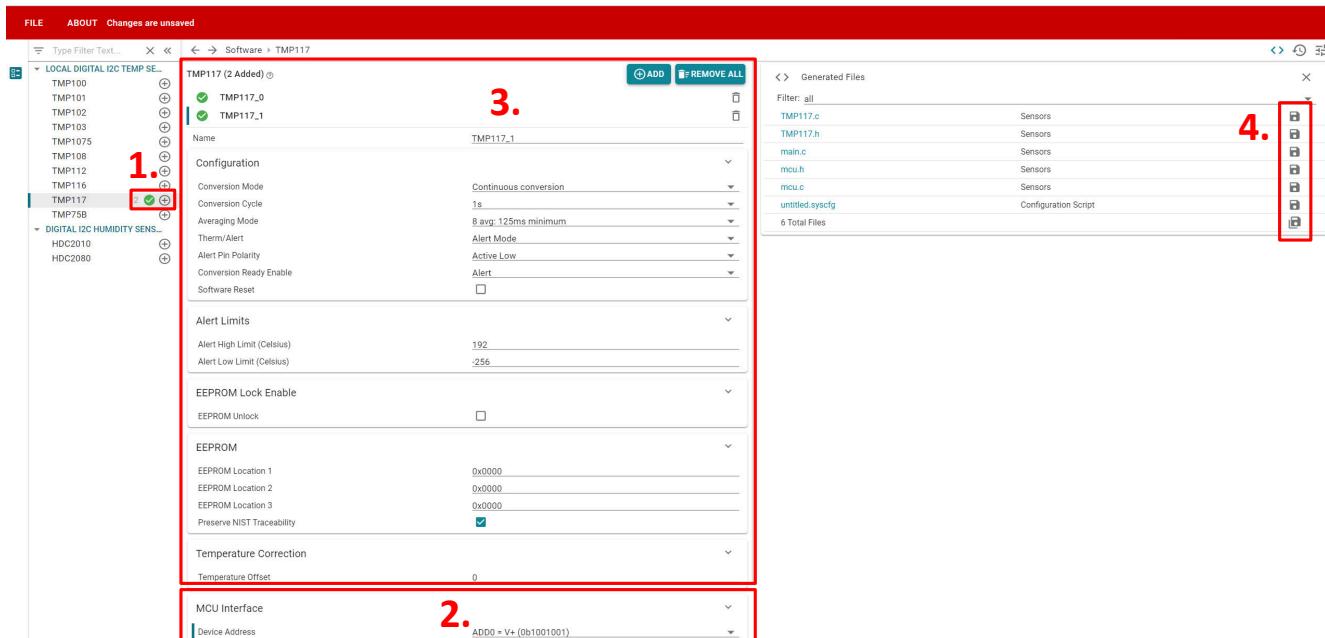


図 3-3. SysConfig 構成ページ

3.2.2 グラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI)

この評価基板ソフトウェアは、Microsoft Windows 7 および Windows 10 オペレーティング システム (OS) でテストされています。このソフトウェアは、その他の Windows オペレーティング システムでも動作します。このハイパーリンクから TI Cloud に移動し、GUI Composer フレームワークを使用して公開されているすべてのアプリケーションの共通のリポジトリにアクセスできます。これらのアプリケーションは、「Gallery」(ギャラリー) から最小限のインストールで直接実行できます。

3.2.2.1 ソフトウェアの起動と実行

まず、TMP117EVM を PC の USB ポートに接続します。TMP117EVM はホストによって汎用ヒューマン インターフェイス デバイス (HID) として認識されるので、PC にインストールする際に専用のドライバは必要ありません。USB-I²C コンバータ基板を PC USB ポートに初めて接続する場合の代表的な応答を図 3-4 に示します。通常、コンピュータに、「Found New Hardware, USB device」(新しいハードウェアが見つかりました。USB デバイス) のポップアップ ダイアログが表示されます。このポップアップ ウィンドウは通常、「Found New Hardware, USB Human Interface Device」(新しいハードウェアが見つかりました。USB ヒューマン インターフェイス デバイス) に変更されます。このポップアップ ウィンドウは、デバイスが使用可能な状態であることを示しています。USB-I²C コンバータは、Microsoft Windows® オペレーティング システムの一部であるヒューマン インターフェイス デバイス ドライバを使用します。



図 3-4. USB 準備完了

次に、[このリンクをクリック](#)して「Gallery」(ギャラリー) に直接アクセスします。オンラインバージョンを使用するには、ログオンユーザー アカウントの権限と、アプリケーションのインストールが必要です。

図 3-5 に示すように、「Gallery」(ギャラリー) メインページの上部中央にある「Search」(検索) フィールドに移動して、「**TMP117DualSensor_GUI**」と入力します。

The screenshot shows the 'Gallery' section of the TI Cloud interface. At the top, there's a search bar with the placeholder 'Search ...' and a magnifying glass icon. Below the search bar, a red arrow points to it. The main area displays a grid of five dashboards under the heading 'Shared'. Each dashboard card includes a thumbnail, the name, version, author, a brief description, and view statistics. The fifth dashboard in the grid is titled 'TMP117DualSensor_GUI'.

図 3-5. 「Gallery」(ギャラリー) ホームページ

TMP117DualSensor_GUI のアイコンをクリックします。初回のみ、Firefox または Chrome 用のブラウザ拡張機能と、TI Cloud Agent アプリケーションのダウンロードとインストールを求められる場合があります。「Agree and Proceed」(同意して続行) をクリックします。

図 3-6 に示す手順に従って、ブラウザ拡張機能と TI Cloud Agent アプリケーションをインストールします。

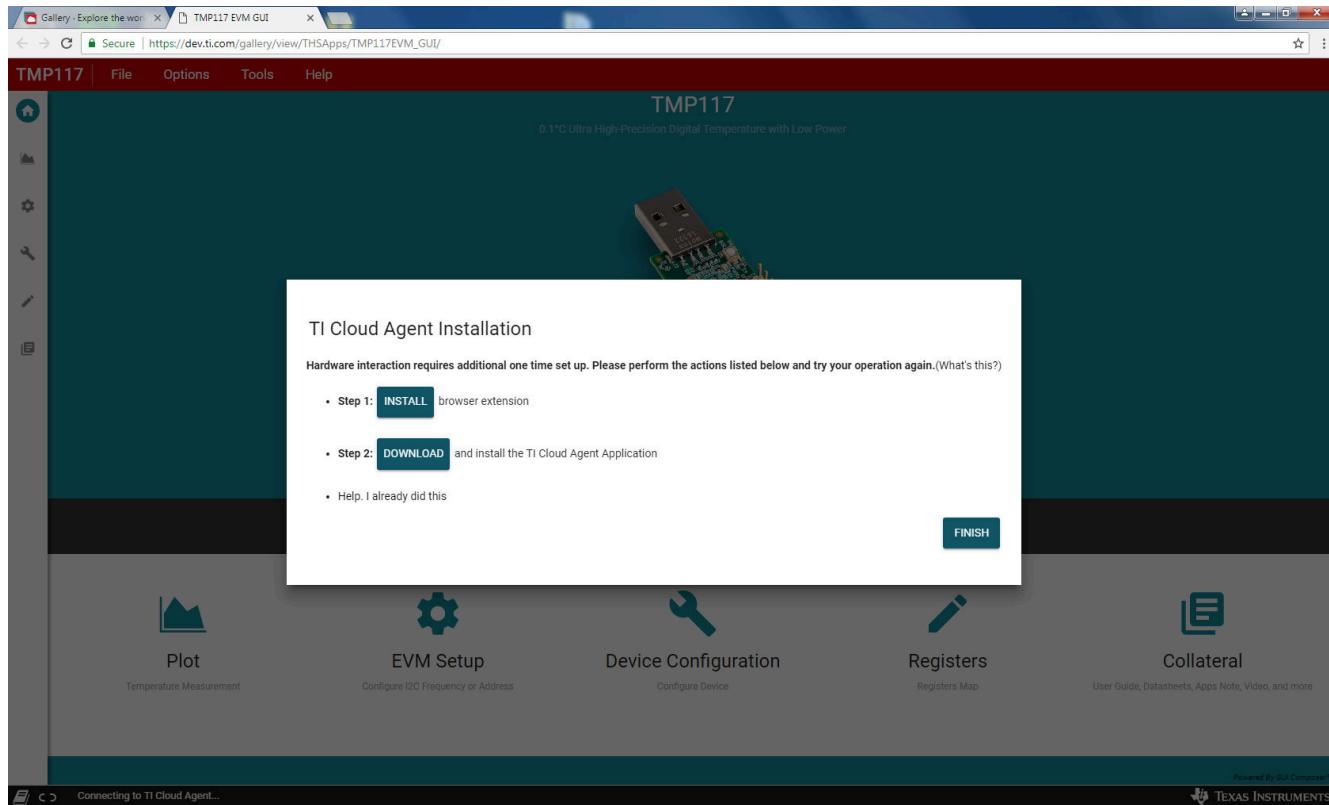


図 3-6. TI Cloud Agent のポップアップ

TI Cloud Agent アプリケーションをインストールすると、TMP117DualSensor_GUI は自動的に初期化され、HID ポートに接続されます。

正常に接続されると、図 3-7 に示すように、GUI ステータス インジケータの下部に「**HARDWARE CONNECTED**」(ハードウェアが接続されました)と表示されます。接続に問題がある場合は、TMP117EVM と PC の接続が確立されていることを確認します。接続に失敗すると、図 3-8 に示すように、「**HARDWARE NOT CONNECTED**」(ハードウェアが接続されていません)と表示されます。



図 3-7. ハードウェアが接続された場合



図 3-8. ハードウェアが接続されていない場合

3.2.2.2 GUI の使用

GUI は、ホーム、データ キャプチャ、「EVM Setup」(評価基板の設定)、「Device Configuration」(デバイス構成)、「Registers」(レジスタ)、「Collateral」(関連資料) の 6 つのタブで構成されます。GUI を起動すると、ホーム タブが表示されます。下部にあるボタン、またはすべてのタブで利用可能な左側のタブ バーを使用して、これらのタブ間を移動できます。

3.2.2.2.1 ホーム タブ

TMP117DualSensor_GUI を起動すると、図 3-9 に示すようにホーム ページが表示されます。タブ間を移動する方法は 2 とあります。ホーム ページの下半分にはアイコンがあり、それぞれ他の 5 つの GUI ページにリンクしています。これらのアイコンは、TMP117DualSensor_GUI の左端に固定されているアイコンと同じ機能です。TMP117EVM が電源に

接続され、正しいファームウェアが読み込まれた PC に接続されると、ステータスバーの左隅に「Hardware Connected」(接続されているハードウェア)と表示され、接続アイコンがつながっている状態で表示されます。

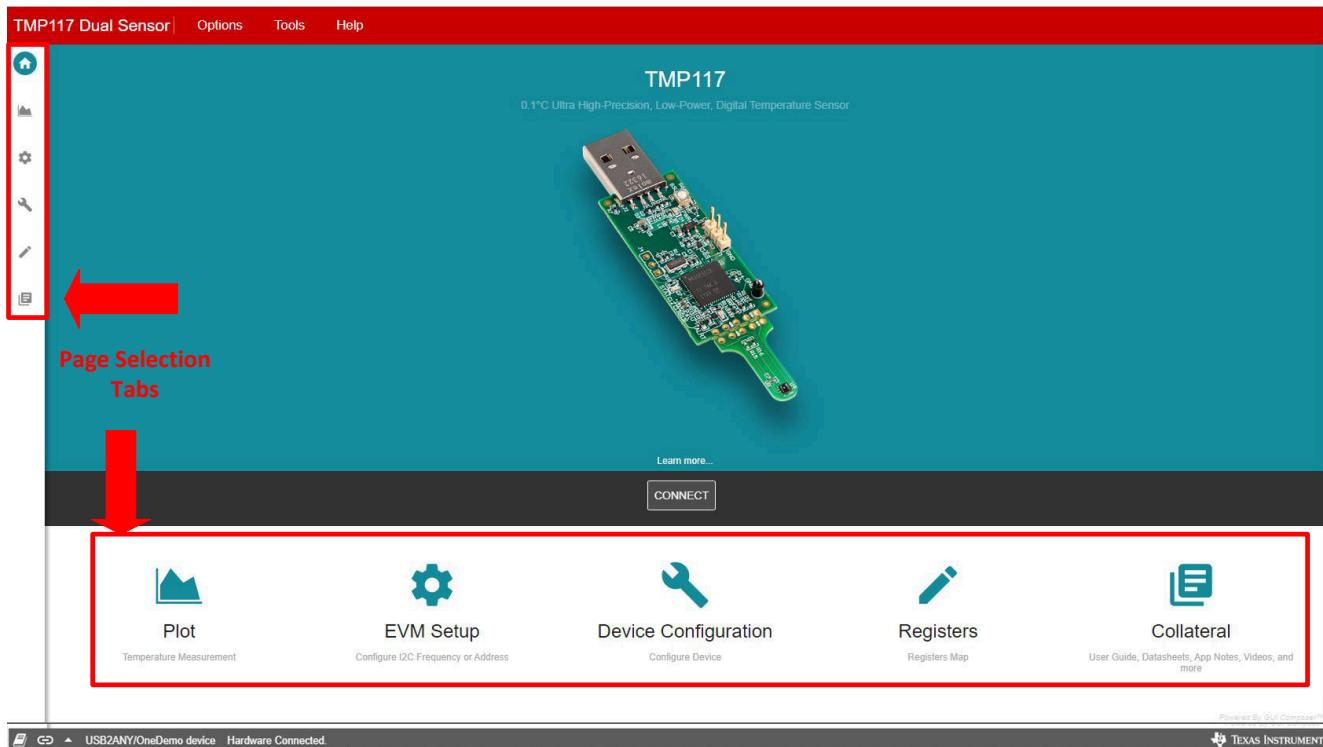


図 3-9. ホーム タブ

3.2.2.2 データ キャプチャタブ

データキャプチャタブには、図 3-10 に示すように、温度結果のグラフとその他の機能が表示されます。温度結果は、構成レジスタの変換サイクル設定ビットに従って、自動的に取得されます。レジスタデータは GUI 用に人が読みやすい形式に変換されて表示されます。

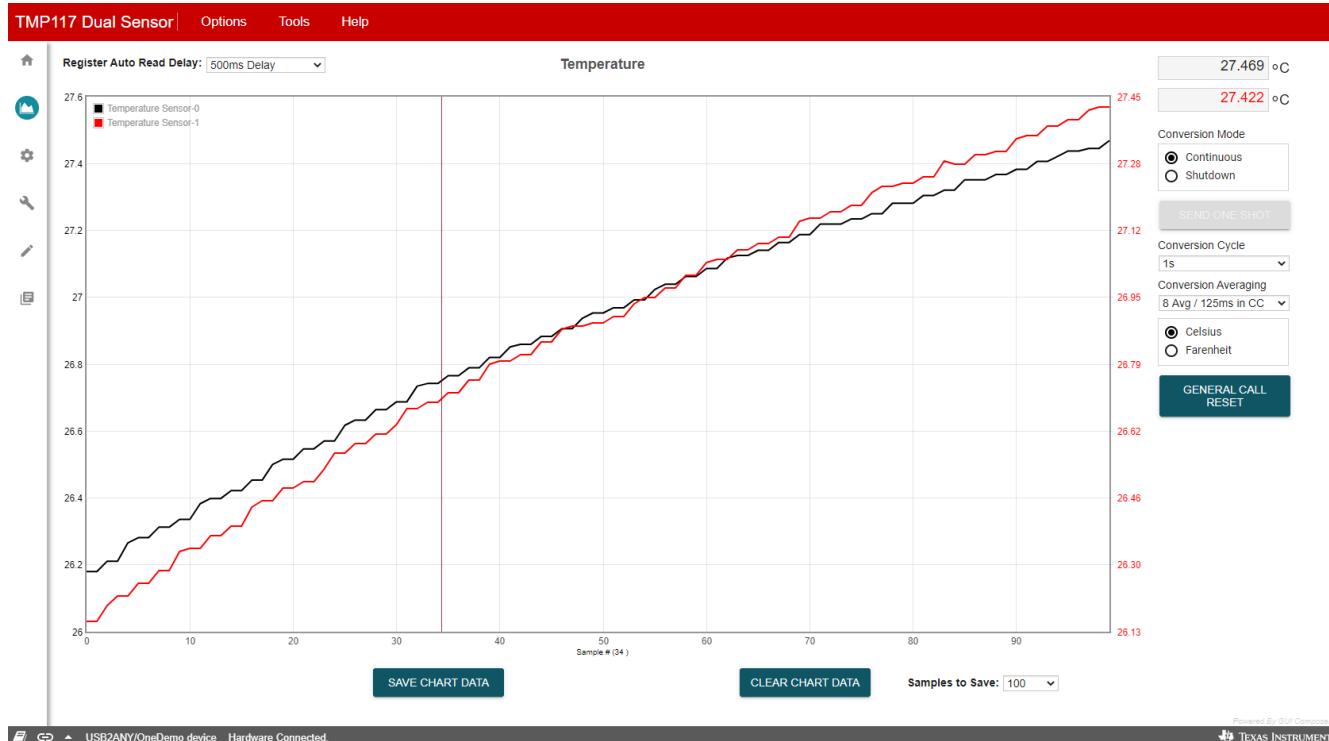


図 3-10. データ キャプチャタブ

- 「CLEAR CHART DATA」(チャートデータをクリア)を選択すると、温度チャートボックスの内容が消去されます。
- 「SAVE CHART DATA」(チャートデータを保存)を選択すると、ファイル名を入力するように求められ、現在の温度グラフボックスの内容が .csv ファイルに保存されます。
- 「Current Value」(現在の値)に、右上に TMP117 デバイスの現在の温度が表示されます。
- 「Celsius」(摂氏)または「Fahrenheit」(華氏)から、温度を表示する単位を選択します。
- ワンショットは、データキャプチャタブで使用できます。ワンショットボタンにより、TMP117 構成レジスタにワンショットの変換モードが書き込まれます。この設定により、ラジオボタンを選択したときに TMP117 デバイス内で温度変換が開始され、温度結果レジスタが更新されます。ワンショット変換が完了すると、デバイスはシャットダウンに移行します。
- 「Continuous」(継続)は、構成レジスタの MOD[1:0] ビットが 00 に設定されている場合に温度変換を継続的に実行します。各温度変換は、変換サイクルの時間と変換平均構成に基づいて、アクティブな変換時間にスタンバイ期間が続くように構成されます。

3.2.2.2.3 「EVM Setup」(評価基板設定) タブ

図 3-11 に示す「EVM Setup」(評価基板設定) タブでは、I²C 構成が設定されており、ファームウェア バージョンとデバイス ID を読み取ります。このリファレンス デザインと通信するには、TMP117 スレーブ アドレスを 0x48 と 0x49 に設定する必要があります。

- アラート上限および下限レジスタは、データキャプチャタブの °C/F コントロールに基づいて、°C または °F の値を入力し、温度結果と比較目的で上限および下限に設定できます。
 - 「Offset Temperature」(オフセット温度) は、システム誤差を補償して改善するためのオフセット温度を設定します。このレジスタは、ロックが設定されていない限り、電源をオフにするとクリアされます。
 - 「FIRMWARE READ」(ファームウェア読み取り) は、MSP430F5528 マイコンのファームウェア リビジョンを確認します。
- 「I²C Configuration」(I²C 構成) は、バス周波数とスレーブ アドレスを変更します。
- 「Device ID」(デバイス ID) は、デバイス識別情報を自動的に読み取ります。
 - 「Software Reset」(ソフトウェアリセット) は、TMP117 デバイスに対して一般呼び出しを発行し、ソフトウェアリセットを実行します。ソフトウェアリセット後は、評価基板ソフトウェアに表示される値がデバイスのレジスタの内容と同期していない可能性があります。TMP117 リセット後にレジスタ内容を同期するには、「Registers」(レジスタ) タブ ページで「Read All」(すべて読み取り) をクリックします。

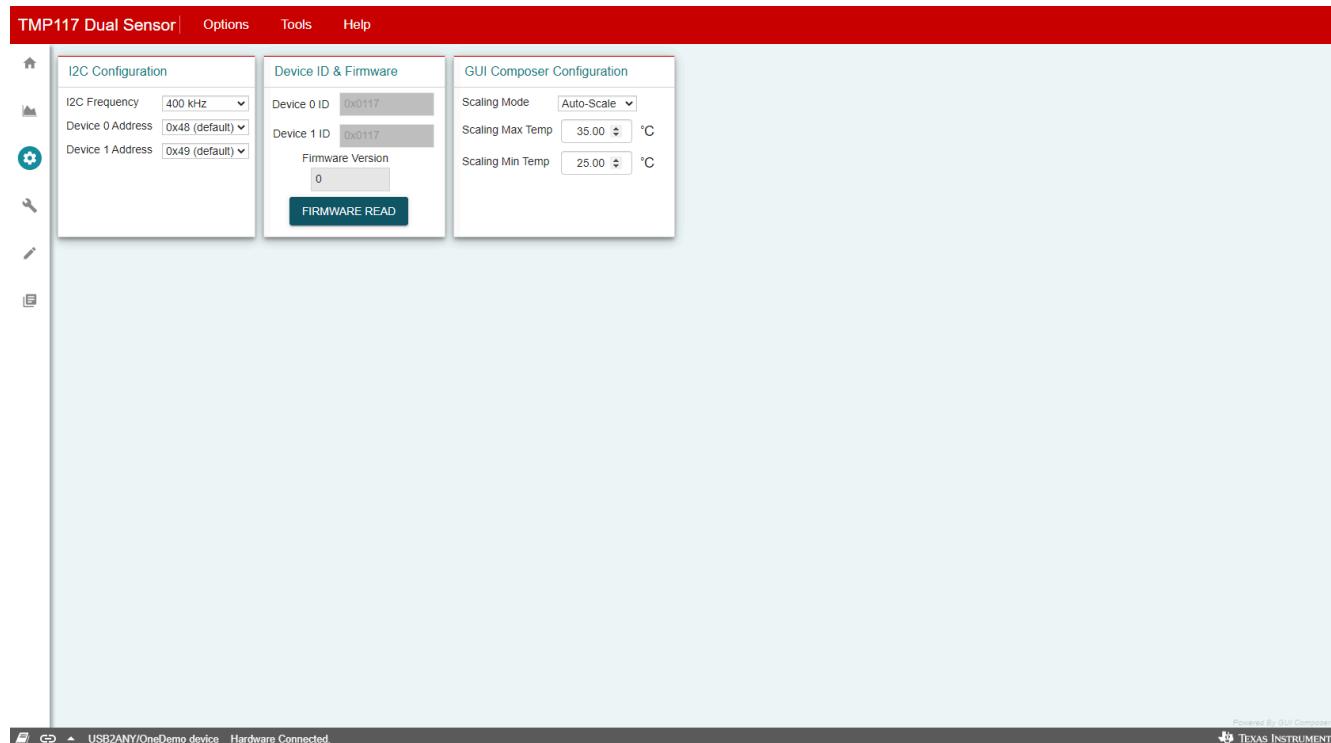


図 3-11. 「EVM Setup」(評価基板設定) ページ

3.2.2.2.4 「Configuration」(構成) タブ

デバイス構成では、図 3-12 に示すように、デバイスの設定を構成できます。

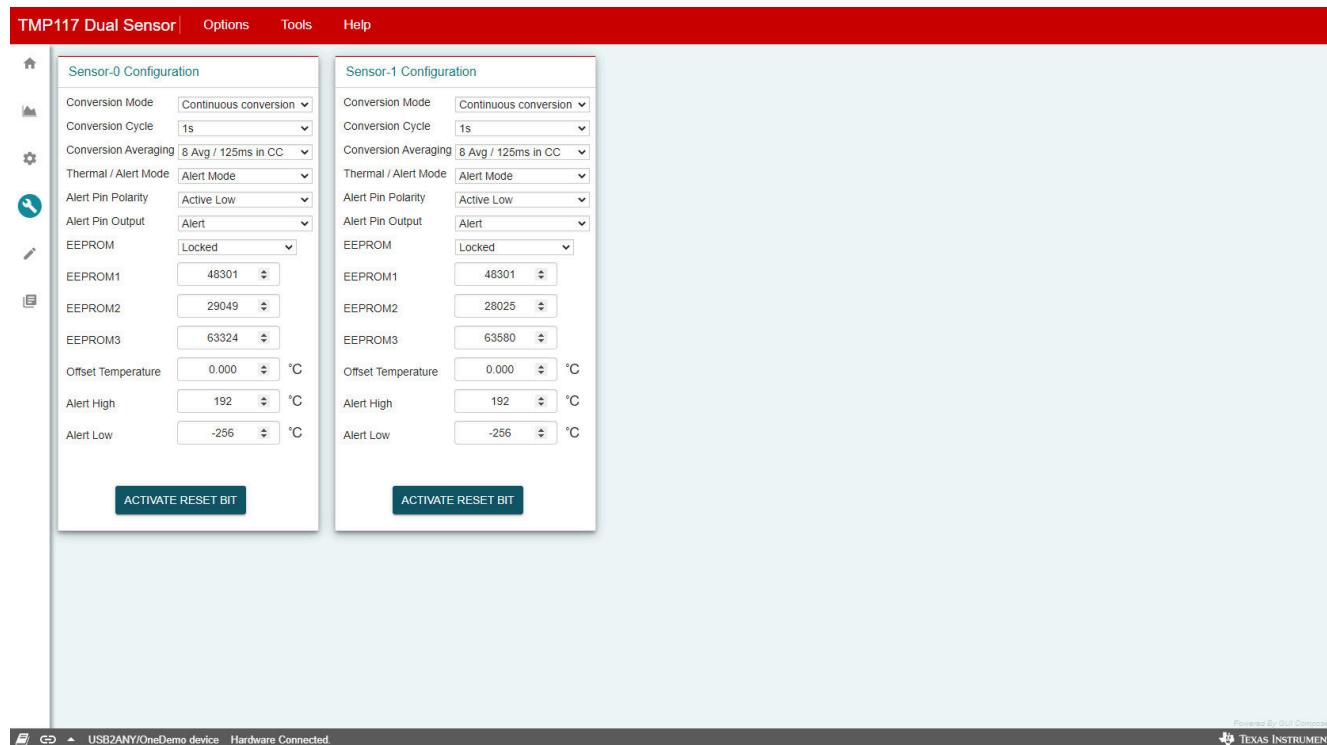
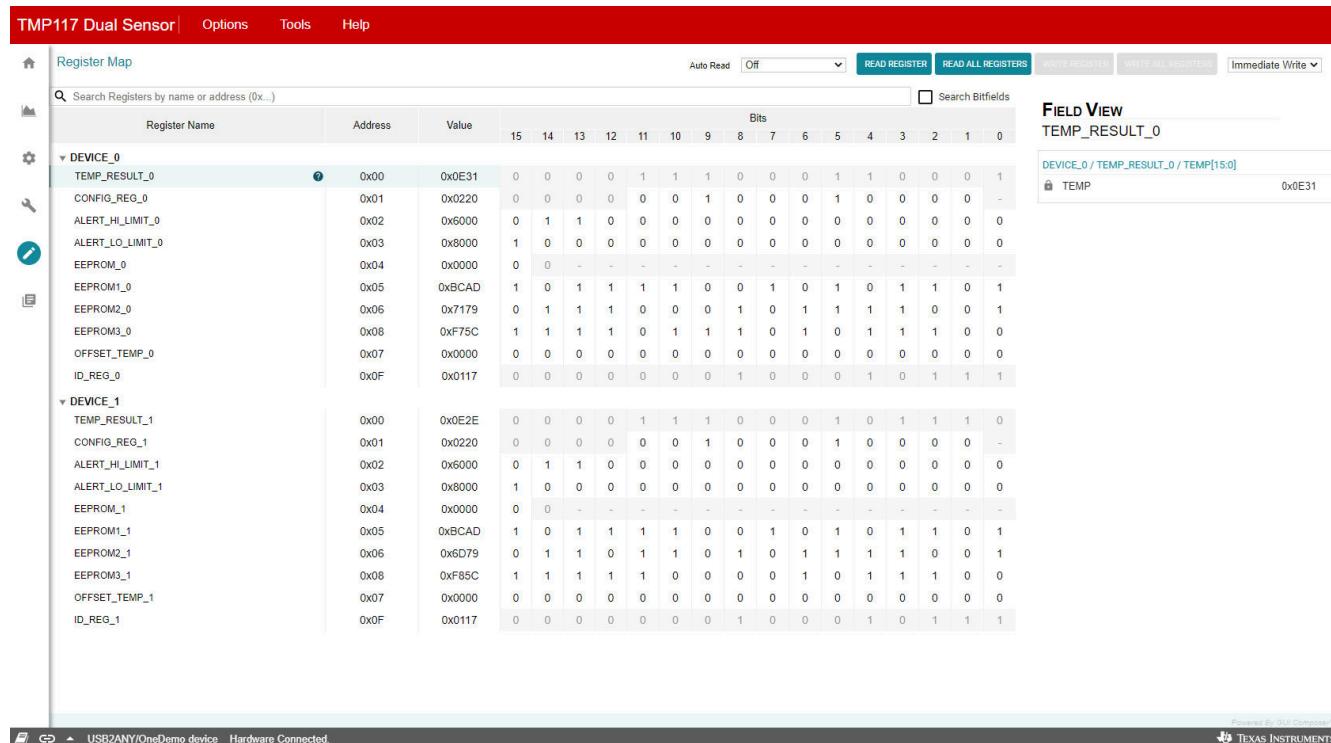


図 3-12. 「Configuration」(構成) タブ

- 構成レジスタは、ドロップダウンメニューから希望の値を選択して設定できます。
- 不揮発性メモリは、EEPROMx ボックスに値を入力して設定できます。次に、EEPROM のドロップダウンメニューを使用して値をロックします。この LOCK ビットは、オフセット温度レジスタの値もロックします。
- アラート上限および下限レジスタは、°C/°F で値を入力して設定できます。華氏モードの場合、TMP117 に送信する前に華氏の値が摂氏に変換されます。
- ステータスインジケータには、ステータスビットに基づいた出力が表示されます。
- 温度には、TMP117 の現在の温度が表示されます。
- 「Offset Temperature」(オフセット温度) は、システム誤差を補償して改善するためのオフセット温度を設定します。このレジスタは、ロックが設定されていない限り、電源をオフにするとクリアされます。

3.2.2.2.5 「Register」(レジスタ) タブ

図 3-13 に示す「Register Map」(レジスタ マップ) ページでは、TMP117 デバイスのすべての I²C レジスタへの低レベルアクセスが可能であり、TMP117 のレジスタ未加工データにアクセスして、読み取りおよび書き込みコマンドを実行できます。該当するレジスタ名の右側にある疑問符をクリックすると、そのレジスタの説明を抜粋したデータシートの要約が表示されます。特定のレジスタ名をクリックすると、画面右側の「Field View」(フィールド ビュー) に入力されます。「Field View」(フィールド ビュー) には、レジスタ内の各ビット フィールドの内容が表示されます。「Configuration」(構成) ページで行った変更はここにも反映されます(その逆も同様)。



Register Name	Address	Value	Bits
TEMP_RESULT_0	0x00	0x0E31	15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
CONFIG_REG_0	0x01	0x0220	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
ALERT_HI_LIMIT_0	0x02	0x6000	0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
ALERT_LO_LIMIT_0	0x03	0x8000	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
EEPROM_0	0x04	0x0000	0 0 - - - - - - - - - - - - - -
EEPROM1_0	0x05	0xBCAD	1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0
EEPROM2_0	0x06	0x7179	0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1
EEPROM3_0	0x08	0xF75C	1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0
OFFSET_TEMP_0	0x07	0x0000	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
ID_REG_0	0x0F	0x0117	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1
TEMP_RESULT_1	0x00	0x0E2E	0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1
CONFIG_REG_1	0x01	0x0220	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
ALERT_HI_LIMIT_1	0x02	0x6000	0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
ALERT_LO_LIMIT_1	0x03	0x8000	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
EEPROM_1	0x04	0x0000	0 0 - - - - - - - - - - - - - -
EEPROM1_1	0x05	0xBCAD	1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0
EEPROM2_1	0x06	0x6D79	0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1
EEPROM3_1	0x08	0xF85C	1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0
OFFSET_TEMP_1	0x07	0x0000	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
ID_REG_1	0x0F	0x0117	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1

図 3-13. 「Register」(レジスタ) タブ

- 「READ REGISTERS」(読み取りレジスタ) は、選択されたレジスタを 1 回読み取ります。
- 「READ ALL REGISTERS」(すべてのレジスタ) はすべてのレジスタの内容を読み取ります。
- 「Auto Read」(自動読み取り) は、指定した時間枠で各データを取得します。

3.2.2.6 担保タブ

GUI の最後のページは、図 3-14 に示す「Collateral」(関連資料) ページです。これには、TMP117 とその評価基板に関するウェブドキュメントへのリンクが含まれます。このページは、次の 4 つのセクションに分かれています。(1)「User Guide」(ユーザー ガイド)、(2)「Data Sheet」(データシート)、(3)「Application Notes」(アプリケーション ノート)、(4)「Video」(ビデオ)。

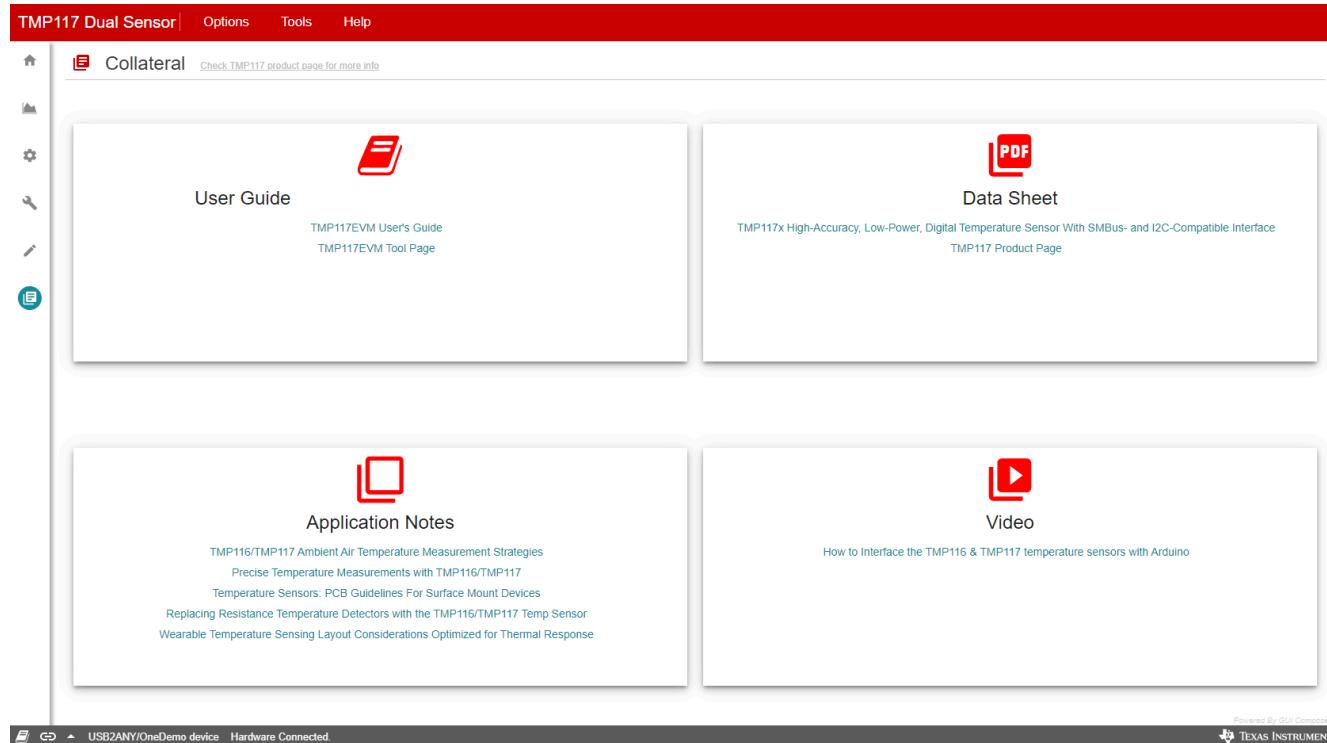


図 3-14. 「Collateral」(関連資料) ページ

3.3 テストと結果

このデータは、概念実証を示すために 1 名の被験者から収集されたものです。形状、サイズ、自己発熱などの要因は設計によって異なるため、スケーラブルなアルゴリズムを開発するには、特定の設計について統計的に十分なサンプル サイズを確保する必要があります。システム レベルの設計に関する市販されているアルゴリズムおよび潜在的な知的財産権に関する情報については、WBD101 の[ウェブサイト](#)を参照してください。

3.3.1 テスト設定

3.3.1.1 システム精度

ヒアラブル体温モニタフレキシブル PCB ストリップの精度を攪拌油槽と校正済みプローブを使用してテストしました。精度テストでは、フレキシブルストリップのうち 1 本を液体油槽に浸し、外部の 3.3V 電源で給電します。この槽を人体温度範囲内の複数の温度点に移動し、校正済みプローブとの相関を取るために複数の測定値を取得します。TMP117 の精度は、通常の人体温度範囲内で $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ と規定されています。

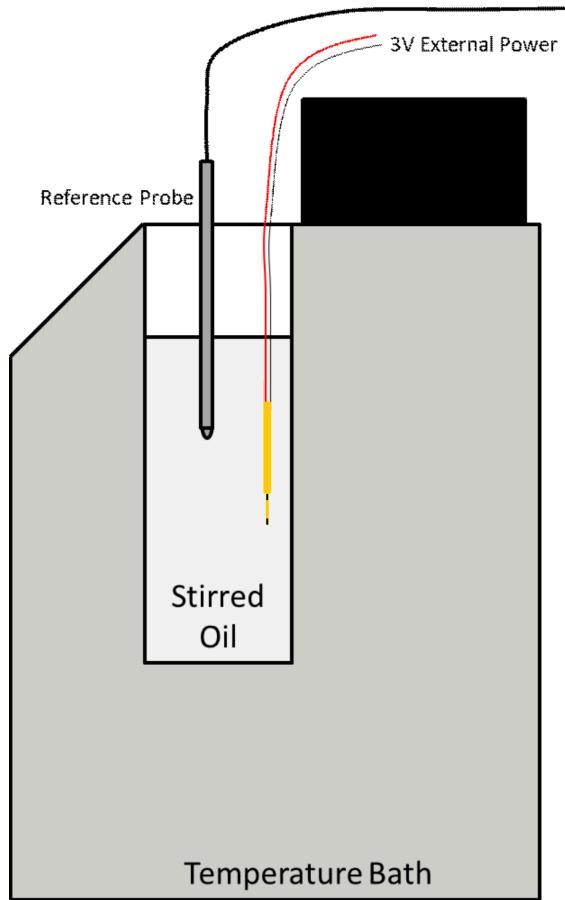


図 3-15. 精度テスト設定

3.3.2 テスト結果

精度について、合計 5 本のストリップを液体油槽内でテストしました。[図 3-16](#) に、結果を示します。これらのストリップは、追加のキャリブレーションを適用せずに精度仕様内に十分に収まっていることが確認されました。完成品の場合、システム全体の精度を確保するために、製品パッケージを含めた状態で精度をテストする必要があります。

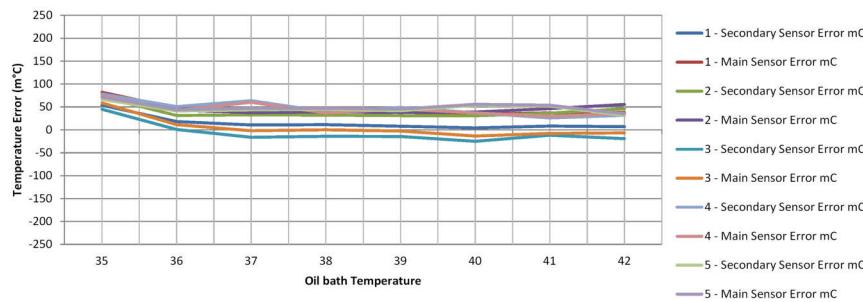


図 3-16. 精度テスト結果

鼓膜温度計とヒアラブル機器の設計の比較

中核となる体温データは、ヒアラブル リファレンス デザインを使用して収集し、市販の鼓膜温度計で収集した温度データと比較しました。まず、ヒアラブル リファレンス デザインを密閉型のイヤホン筐体に配置しました。この筐体を被験者の耳に装着し、通常の人体温度範囲で測定しました。温度測定値が安定した後、鼓膜温度計を使用して基準温度を取得しました。

このデータは線形近似モデルと 3 次多項式モデルを用いて相関しました。線形近似モデルでは、温度範囲全体の誤差が $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 内に収まり、2 つの温度測定値の相関関数 R^2 は 0.9738 でした。図 3-17 に、2 つの温度セットの相関を求めるために使用した近似モデルを示します。図 3-18 に、線形モデルを使用した 2 つのセット間の温度誤差を示します。

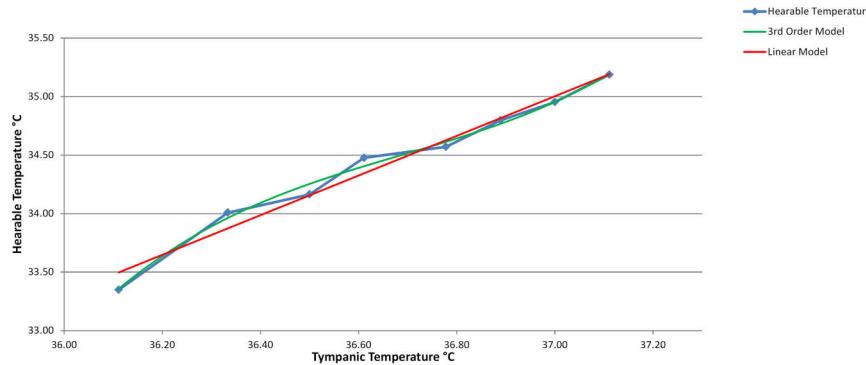


図 3-17. ヒアラブル機器の設計温度と鼓膜温度計の比較

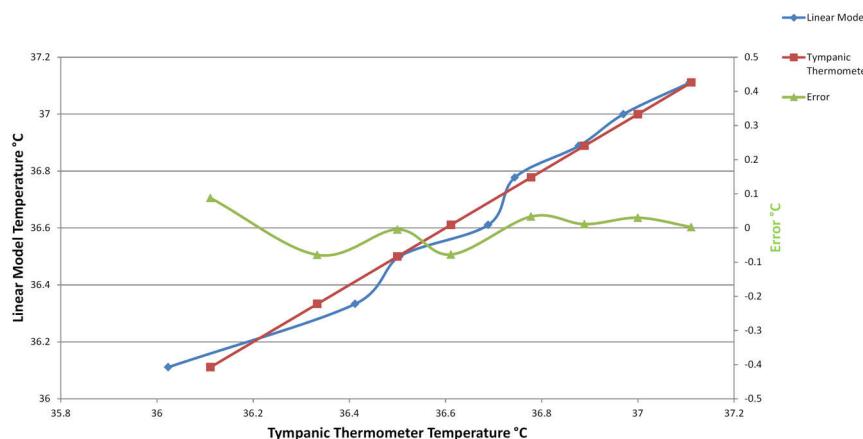


図 3-18. 線形モデルと鼓膜温度計の比較

同様に、3 次多項式モデルでは、温度範囲全体の誤差が $\pm 0.075^{\circ}\text{C}$ 内に収まり、2 つの温度測定値の相関関数 R^2 は 0.9925 でした。図 3-19 に、3 次多項式モデルを使用した 2 つのセット間の温度誤差を示します。

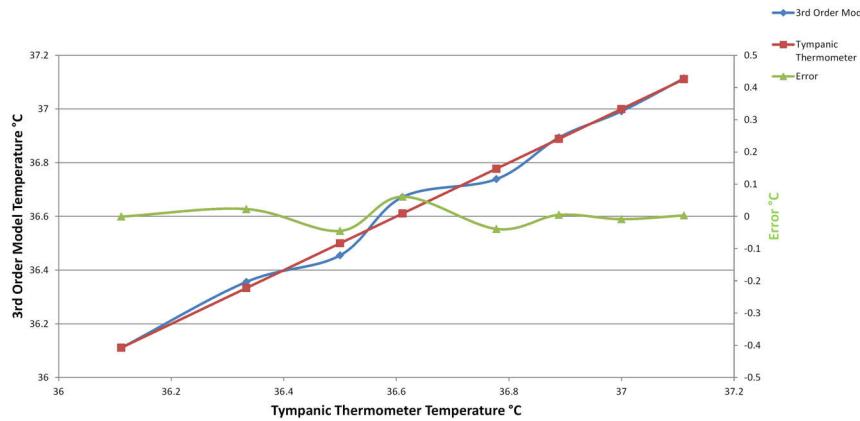


図 3-19. 3 次多項式モデルと鼓膜体温計の比較

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 デザイン ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-060034](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-060034](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

4.2.1 PCB レイアウトに関する推奨事項

ヒアラブル体温モニタ フレキシブル PCB ストリップは、最小限のプロファイルで薄型の 2 層フレキシブル PCB を使用して設計されています。これは、小型のヒアラブル機器に簡単に統合でき、熱応答時間を高速にするためです。フレキシブル PCB 設計に関する一般的な推奨事項については、フレキシブル ボードのメーカーにお問い合わせください。基板配線の潜在的な損傷を最小限に抑えるため、この面を考慮することが重要です。この設計では、柔軟性を最大限に高めるために補強材は組み込まれていませんが、曲げを想定していない部分には補強材を使用する必要があります。TMP117 デバイスの配線は、デバイスのすべての機能へのアクセスを維持しながら、フレキシブル ボードの幅を最小限に保つことを目的としています。また、01005 サイズの小型デカップリング コンデンサを使用し、プロファイルを最小化しました。[図 4-1](#) に、フレキシブル ボードの TMP117 デバイス配線経路を示します。

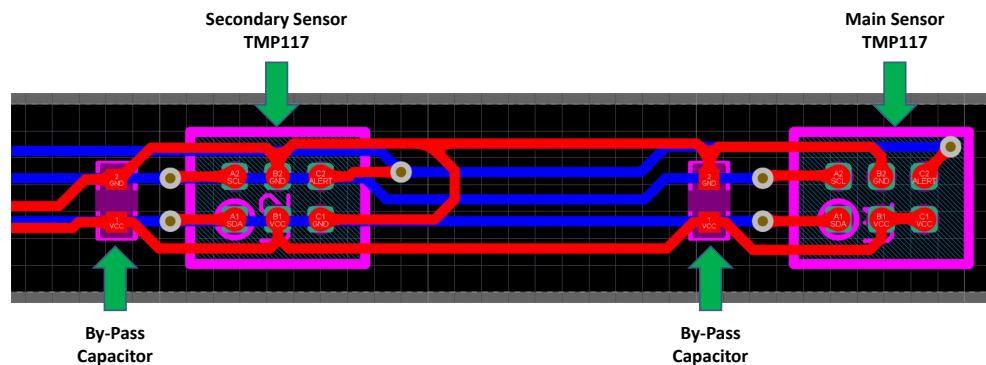


図 4-1. TMP117 のレイアウト

4.2.2 ソフトウェア ファイル

ソフトウェア ファイルをダウンロードするには、[TIDA-060034](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス インスツルメンツ、『[TMP117 高精度、低消費電力、デジタル温度センサ](#)』データシート。

4.4 サポート・リソース

[TI E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計で必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、該当する貢献者により、現状のまま提供されるものです。これらは TI の仕様を構成するものではなく、必ずしも TI の見解を反映したものではありません。TI の[使用条件](#)を参照してください。

4.5 商標

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Microsoft Window® is a registered trademark of Microsoft.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 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 * (November 2020) to Revision A (March 2021)	Page
• 「市販のアルゴリズムに関する情報については、WBD101 のウェブサイトを参照してください。」は、「システムレベルの設計に関する市販のアルゴリズムおよび潜在的な知的財産権に関する情報については、WBD101 のウェブサイトを参照してください」に更新されました。	16

- | | |
|--|----|
| • 「市販のアルゴリズムに関する情報については、WBD101 のウェブサイトを参照してください。」は、「システムレベルの設計に関する市販のアルゴリズムおよび潜在的な知的財産権に関する情報については、WBD101 のウェブサイトを参照してください」に更新されました。 | 16 |
|--|----|

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默示保証、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、明示的または默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、(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 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月