

Design Guide: TIDA-050026-23881

マルチポートアプリケーション向け 24 ポート(4 ペア) 電源装置の 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、24 ポート PSE システムの評価モジュールで、ハードウェア キット、システム フームウェアのイメージ、およびシステム フームウェアの GUI が含まれています。本ハードウェア キットは、マザーボード (PSEMTHR24EVM-081)、MSP430 ドーターカード (PSEMCUDAUEVM-082) または MSPM0 ドーターカード (PSEM0DAUEVM-018)、および PSE ドーターカード (TPS23881EVM-083) で構成されています。システム (ハードウェアおよびソフトウェアの両方) を評価するには、USB2ANY アダプタおよび MSP-FET アダプタも必要です。本ガイドは、マルチポート PoE システム向けに新しい MSPM0G1107 マイコンを用いたハードウェア設計を反映するよう改訂されています。

リソース

TIDA-050026-23881	デザイン フォルダ
TPS23881EVM-083、PSEMTHR24EVM-081	ツール フォルダ
PSEMCUDAUEVM-082、PSEM0DAUEVM-018	ツール フォルダ
TPS23881、MSP430F5234	プロダクト フォルダ
MSPM0G1107、CSD19538Q3A	プロダクト フォルダ

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

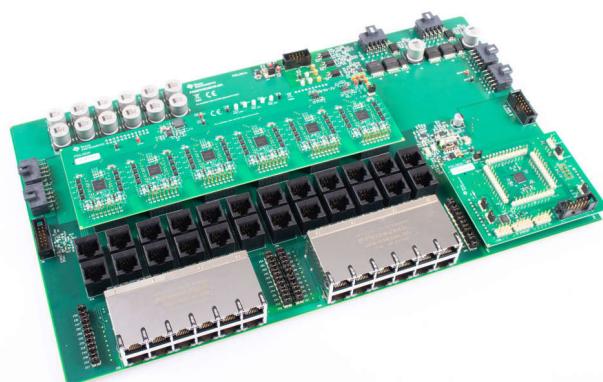
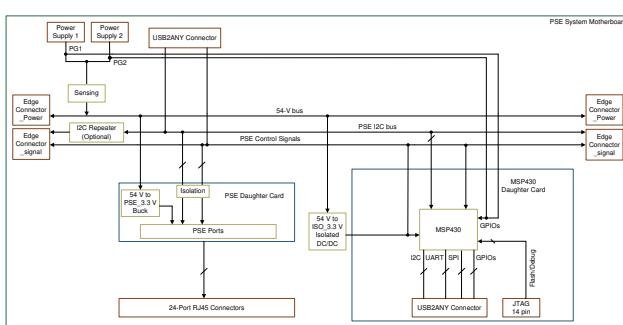
- オンボード電力モニタリング
- 24 個の 4 ペア ポート システムに対応し、48 ポート システムまで拡張可能
- 柔軟性の高いシステムで GUI を構成可能、ホスト インターフェイスも選択可能 (I2C または UART)
- マルチポート パワー マネージメント
- 複数の電源に対応
- 従来の給電デバイス (PD) をサポート

注

PSEMCUDAUEVM-082 上の MSP430F5234 および PSEM0DAUEVM-018 上の MSPM0G1107 は、評価基板テスト用に量産前の フームウェアでプログラムされています。評価前に、このユーザー ガイドの指示に従い、ti.com からの最新版の フームウェアをフラッシュしてください。

アプリケーション

- キャンパス / 分岐スイッチ
- エッジ ルータ
- ビデオ レコーダ



1 システムの説明

このリファレンス デザインは、マルチポートの大電力アプリケーション向けに競争力のあるアプローチを提供します。

マルチポート PSE システムでは、システムレベルのソフトウェアが最大の課題です。このソフトウェアは、複雑な状況に対応し、以下の課題に対処します。

- サイズとコストの制約が原因で、電源は通常、全負荷ですべてのポートをサポートできません。システム ソフトウェアは、ポート電力を優先して管理し、合計消費電力を電力バジェット以下に維持します。
- システムには複数の電源があります。これらの電源は、共有モードまたはバックアップ モードにすることができます。システム ソフトウェアは、優先度の低いポートを十分な速度でシャットダウンし、合計消費電力を残りの電力バジェット以下に保ちます。
- 標準の PoE PD シグネチャを表示しないレガシー PD デバイスもあります。システム ソフトウェアは、こうしたデバイスに電力を供給する方法を検出します。
- システム ソフトウェアは、PD クラス レベルまたはホスト構成に基づいて、ポート電力を制限します。
- 複数のポートで負荷ステップが変化がした場合、システム ソフトウェアは、電力消費を電力バジェット以下に抑えるのに十分な速さで動作します。

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
入力電圧	44 V~57V	
ポート電力制限	2W ~ 120W	90W を超える電力は非標準電力と見なされます
コンプライアンス	IEEE 802.3bt タイプ 3 およびタイプ 4	
PD クラス レベルをサポート	クラス 0 からクラス 8	
サポートされている電源の数	1 ~ 2	共有モードおよび冗長モードの場合
サポートされている最大ポート数	48	RJ45 ポートを参照

1.2 説明

このリファレンス デザインは、TPS23881 ドーターカード、8 チャネル、TPS23881 デバイス、IEEE802.3bt 対応の PoE PSE コントローラを採用しています。PSE マザー ボード PSEMTHR24-081 (別売り) およびマイコンドーターカード PSEMCUDAUEVM-082/PSEM0DAUEVM-018 (別売り) と組み合わせると、TPS23881 デバイスおよび PSE システムのファームウェア ソリューションを評価できます。

PoE 評価エコシステム全体には以下のものが含まれています。

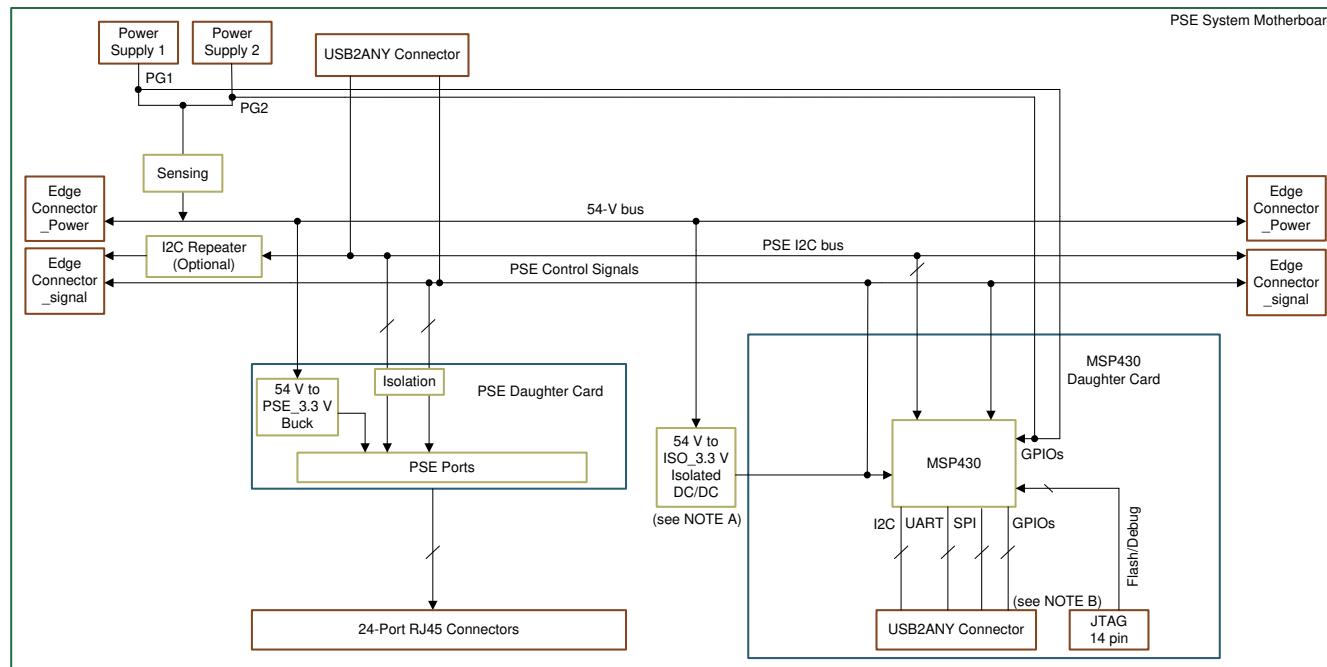
- PSEMTHR24EVM-081:24 ポート PoE PSE アプリケーション用マザー ボード (別売り)
- PSEMCUDAUEVM-082:24 ポート PoE PSE アプリケーション用 MSP430 ドーターカード (別売り)
- PSEM0DAUEVM-018:24 ポート PoE PSE アプリケーション用 MSPM0 ドーターカード (別売り)
- TPS23881EVM-083:24 ポート タイプ 3 および タイプ 4 PSE アプリケーション用 TPS23881 ドーターカード (別売り)
- USB2ANY インターフェイス アダプタ:マイコンドーターカードとの I2C/UART 相互作用のために PSE システム ソフトウェア GUI と組み合わせて使用 (別売り)
- MSP-FET プログラマ:MSP430 または MSPM0 デバイスのプログラミング用に UniFlash GUI と組み合わせて使用
- PSE システムのファームウェア コード イメージ ([TIDA-050026-23881 フォルダ](#) または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#) からアクセス権をリクエストしてください)
- PSE システム ファームウェア GUI ([TIDA-050026-23881 フォルダ](#) または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#) からアクセス権をリクエストしてください)
- MSPM0 アクセスを使用する PSE システム ファームウェア GUI は、PoE チームからリクエストして、次の場所からアクセスできます: [FirmPSE MSPM0 GUI](#)

注

PSEMCUDAUEVM-082 上の MSP430F5234 には、EVM テスト目的で量産開始前のファームウェアがプログラミングされています。このユーザー ガイドの手順に従って、評価の前に [TIDA-050026-23881 フォルダ](#) または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#) から最新のファームウェアをフラッシュしてください。同様に、PSEM0DAUEVM-018 上の MSPM0G1107 用の最新ファームウェアは、[TIDA-050026-23881 フォルダ](#) から入手できます。

2 システム概要

2.1 ブロック図



- A. 54V から 3.3V への変換を行う絶縁型 DC/DC はデモのみを目的としており、実際のシステムでは必要ありません。
- B. GND ループを回避するため、USB2ANY コネクタまたは JTAG のみを接続してください。

図 2-1. TIDA-050026-23881 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 入力電源

2.2.1.1 VPWR

DC 入力電圧は J1 と J3 を経由して供給されます。このボードは、共有モードと冗長モードでのデュアル電源をサポートしています。電源が冗長モードの場合、主電源が J1 に接続され、バックアップ電源が J3 コネクタに接続されていることを確認してください。

PSE ポートの最小電圧は、タイプ 1 で 44VDC、タイプ 2 とタイプ 3 で 50V、タイプ 4 で 52V です。すべてのタイプにおいて、VPWR での最大 DC 電圧は 57V です。評価時に、さまざまなタイプの環境に適した DC 電源を選択してください。

2.2.1.2 3.3V

オンボードの LM5017 降圧コンバータを使用して、ローカル デバイス (3.3V と表示) 用のローカル 3.3V を供給します。LM5017 デバイスは基本的なパワーオン シーケンスを提供し、適切に制御された一貫性のある起動により、誤動作を防止します。44V ~ 57V に加えて、TPS238x はデジタル回路用に 3.3V を必要とし、各 TPS238x デバイスの消費電流は標準値 6mA、最大値 12mA です。

2.2.1.3 3.3V_ISO

このリファレンス デザイン キットは、デジタル アイソレータを使用して、PoE の電力側とホスト側の間でガルバニック絶縁を提供します。ホスト側の電源は、3.3V_ISO によって供給されます。

2.2.2 通信インターフェイス

2.2.2.1 PSE I2C 通信

マザー ボードは、PSE と通信する 2 個の I2C インターフェイスを備えています。

- マザー ボード (PSEMTHR24EVM-081) 上の J10 を使用すると、すべての PSE デバイスに I2C から直接アクセスできます。TPS2388x GUI は、USB2ANY インターフェイスアダプタ経由で、PSE デバイスとの通信を実施できます。
- マザー ボード (PSEMTHR24EVM-081) 上の J11 と J12 は、I2C アクセスとシステム制御信号をマイコンドーターカードに供給します。

2.2.2.2 マイコン - ホスト通信

MSP430 ドーターカードは、MSP430 ドーターカード (PSEMCUDAUEVM-082) の J12 ~ J14 を介してホストに I2C / UART 通信ポートを提供します。MSPM0 ドーターカード (PSEM0DAUEVM-018) は、J12, J13, J16 経由でホストと I2C 通信を行います。PSE システムの GUI は、PSE システムに対するホスト構成を提供します

ホストインターフェイスプロトコルのユーザー ガイドは、[TIDA-050026-23881 フォルダ](#)から入手できます。

2.2.3 MSP430F523x および MSPM0G1107x のハードウェア デザイン

表 2-1. MSP430 GPIO ピン構成

ピン番号 MSP430F5234 (48RGZ)	端子	機能	備考
通信			
22	P3.0	I2C SDA USCI_B0	I2C から PSE へ
23	P3.1	I2C SCL USCI_B0	I2C から PSE へ
30	P4.1	I2C SDA USCI_B1	I2C からホストへ
31	P4.2	I2C SCL USCI_B1	I2C からホストへ
33	P4.4	UART TX USCI_A1	UART からホストへ (デバッグのみ)
34	P4.5	UART RX USCI_A1	UART からホストへ (デバッグのみ)
21	P2.7	SPI CLK USCI_A0	SPI からホストへ (予約済み)
24	P3.2	SPI スレーブ TX イネーブル、 USCI_A0	SPI からホストへ (予約済み)
25	P3.3	UART TX, USCI_A0 または SPI スレーブ入力、マスタ出力	UART からホスト TX または SPI からホストへ (予約済み)
26	P3.4	UART RX, USCI_A0 または SPI スレーブ出力、マスタ入力	UART からホスト RX または SPI からホストへ (予約済み)
ハードウェア割り込み			
13	P1.0	PSE INT	PSE INT ピンに接続
16	P1.3	OC アラート	外部電流検出回路を使用しない場合は接続します。3.3V に接続します
18	P1.5	電源 1	電源 1 のパワーグッド信号に接続します。RPS モードでは、P1.5 を主電源に接続する必要があります。電源が 1 つしかない場合は、パワーグッド信号を P1.5 に接続する必要があります。
19	P1.6	電源 2	電源 2 のパワーグッド信号に接続します。使用しない場合は、GND に接続します。RPS モードでは、P1.6 をバックアップ電源に接続する必要があります
20	P1.7	すべてのポートを無効にします	これはハードウェア ディスエーブル ポート用です (予約済み)
汎用 I/O			
4	P5.0	リセット	PSE RESET:PSE の RESET ピンに接続します
17	P1.4	OSS	PSE OSS:PSE の OSS ピンに接続します
46	P6.0	ホストへの割り込みピン	

表 2-1. MSP430 GPIO ピン構成 (続き)

ピン番号 MSP430F5234 (48RGZ)	端子	機能	備考
35	P4.6	ホストへの BSL モード通知	マイコンは出力として構成されます。マイコンが BSL モードの場合、出力は High です。通常動作モードの場合、出力は Low です。
48	P6.2	ガードバンド表示	外部 LED が必要です
47	P6.1	I2C と SPI、UART の選択	プルアップまたはプルダウンが必要です
プログラムのダウンロードとデバッグ			
44	PJ.3	TCK	JTAG クロック入力。
43	PJ.2	TMS	JTAG 状態制御
42	PJ.1	TDI/TCLK	JTAG データ入力、TCLK 入力
41	PJ.0	TDO	JTAG データ出力
40		TEST/SBWTC	JTAG ピンを有効にします
45		RSTDVCC/SBWTDIO	外部リセット
外部水晶振動子			
7	P5.4	XTIN	外部低周波数クロック (必要な場合は使用)
8	P5.5	XTOUT	外部低周波数クロック (必要な場合は使用)

表 2-2 に示すように、ハードウェアを使用してホスト インターフェイス プロトコルを事前構成します。

表 2-2. ホスト インターフェイス プロトコル

	P6.1	CS (P3.2)
I2C	high	ドント ケア
UART	低	低
SPI (CS アクティブ Low)	低	high

表 2-3 に、MSPM0 の GPIO ピン構成を示します。

表 2-3. MSPM0 GPIO ピン構成

ピン番号 MSPM0G1107 (48RGZ)	端子	機能	備考
通信			
31	PA16	I2C SDA マスター	I2C1_SDA
30	PA15	I2C SCL マスター	I2C1_SCL
1	PA0	I2C SDA スレーブ	I2C0_SDA
2	PA1	I2C SCL スレーブ	I2C0_SCL
18	PA10	UART TX (通信および BSL)	UART0 送信からホスト (予約済み)、 ブートストラップ ローダ
19	PA11	UART RX (通信および BSL)	UART0 受信からホストへ (予約済み)、 ブートストラップ ローダ
29	PA14	UART TX (デバッグ)	UART3 TX デバッグ
28	PA13	UART RX (デバッグ)	UART3 RX デバッグ
23	PB9	SPI CLK	SPI1 クロック信号 I/O
20	PB6	SPI スレーブ TX イネーブル	SPI1 チップ セレクト 0
24	PB14	SPI スレーブ入力/マスター出力	SPI1 POCl
25	PB15	SPI スレーブ出力/マスター入力	SPI1 PICO
ハードウェア割り込み			

表 2-3. MSPM0 GPIO ピン構成 (続き)

ピン番号 MSPM0G1107 (48RGZ)	端子	機能	備考
13	PA7	PSE INT	PSE INT ピンに接続
16	PA18	OC アラート	外部電流検出回路を使用しない場合は接続します。3.3V に接続します
21	PB7	電源 1	電源 1 のパワーグッド信号に接続します。RPS モードでは、PB7 を主電源に接続する必要があります。電源が 1 つしかない場合は、パワーグッド信号を PB7 に接続する必要があります。
22	PB8	電源 2	電源 2 のパワーグッド信号に接続します。使用しない場合は、GND に接続します。RPS モードでは、PB8 をバックアップ電源に接続する必要があります
17	PA9	すべてのポートを無効にします	これはハードウェア ディスエーブル ポート用です (予約済み)
32	PA17	I2C リセット	ホスト I2C 障害時に I2C モジュールをリセットするため、ホスト GPIO ピンに接続します。
汎用 I/O			
14	PB2	リセット	PSE RESET:PSE の RESET ピンに接続します
15	PB3	OSS	PSE OSS:PSE の OSS ピンに接続します
46	PA26	ホストへの割り込みピン	
36	PB17	ホストへの BSL モード通知	マイコンは出力として構成されます。マイコンが BSL モードの場合、出力は High です。通常動作モードの場合、出力は Low です。
33	PA18	BSL 起動	ブートローダの呼び出しに使用する入力ピン
45	P6A25	ガードバンド表示	外部 LED が必要です
47	PA27	I2C と SPI、UART の選択	プルアップまたはプルダウンが必要です
プログラムのダウンロードとデバッグ			
35	PA20	SWCLK	シリアル ワイヤ デバッグ入力クロック
34	PA19	SWDIO	シリアル ワイヤ デバッグ I/O
外部水晶振動子および電源			
9	PA3	XTIN	外部低周波数クロック (必要な場合は使用)
10	PA4	XTOUT	外部低周波数クロック (必要な場合は使用)
11	PA5	HFXIN	追加の高周波クロック
12	PA6	HFXOUT	追加の高周波クロック
8		ROSC	高周波 HFXT の出力
7	VSS	M0+ グランド電源	回路図の要件については、MSPM0 のデータシートを参照してください
6	VDD	M0+ 電源	回路図の要件については、MSPM0 のデータシートを参照してください
48	VCORE	M0+ 安定化コア電源出力	回路図の要件については、MSPM0 のデータシートを参照してください

2.3 主な使用製品

2.3.1 TPS23881

TPS2388x デバイスは、PoE 機能を処理してイーサネットケーブル経由で PD に電力を供給するメイン IC です。

TPS23881 デバイスは 8 チャネルの給電側機器 (PSE) コントローラで、IEEE 802.3bt (ドラフト) 標準に従い、イーサネットケーブルに電力を注入するよう設計されています。8 つの個別の電源チャネルは、2 ペア (1 チャネル) または 4 ペア

(2 チャネル) の PoE ポートの任意の組み合わせに構成できます。PSE コントローラは、有効なシグネチャを持つ PD を検出し、分類に従ってデバイスの電力要件を判定し、電力を供給することができます。

プログラム可能な SRAM により、I₂C 経由で現場でのファームウェア アップグレードが可能になり、IEEE 規格への準拠と最新の PoE 対応デバイスとの相互運用性が実現します。

ポートごとに専用 ADC を備えているため、ポート電流を連続的に監視でき、また分類測定を同時に実行することでポートのターン オン時間を短縮できます。精度が $\pm 2.5\%$ のプログラム可能なポート電力制限により、最大供給電力を 100W を超えずに 95W に拡大できます。また、標準以外のアプリケーションでは、電力制限を 125W に設定できます。200mΩ の電流センス抵抗と外部 FET アーキテクチャにより、サイズ、効率、熱、ソリューションコストの要件のバランスが取れた設計が可能です。

ポートの再マッピングと、TPS23880 および TPS2388 デバイスとのピン互換性により、前世代の PSE 設計から簡単に移行でき、交換可能な 2 層の PCB 設計により各種のシステム PoE 電源構成に適合できます。

2.3.2 MSP430F523x および MSPM0G1107x

TI MSP ファミリの超低消費電力マイクロコントローラは複数のデバイスで構成され、それぞれが各種のアプリケーションを対象とする異なるペリフェラルを搭載しています。アーキテクチャは、多様な低消費電力モードを組み合わせ、携帯型測定機器で長いバッテリ駆動時間を実現するように最適化されています。このデバイスには、強力な 16 ビット RISC CPU、16 ビットレジスタ、および定数ジェネレータが搭載されており、コード効率を最大限に高めることができます。デジタル制御発振器(DCO)により、低消費電力モードからアクティブ モードへ 3.5μs (標準値) 以内でウェークアップできます。MSP430F524x シリーズは、4 つの 16 ビットタイマ、高性能の 10 ビット ADC、2 つの USCI、ハードウェア乗算器、DMA、コンパレータ、アラーム機能付きの RTC モジュールを搭載した構成のマイクロコントローラです。MSP430F523x シリーズのマイコンには、ADC を除く MSP430F524x シリーズのすべてのペリフェラルが搭載されています。

TI MSPM0G1107 ファミリの超低消費電力マイコンは、産業、医療、民生用電子機器など、さまざまなアプリケーションを対象とした幅広いペリフェラルを搭載したデバイスで構成されています。アーキテクチャは、多様な低消費電力モードを組み合わせ、携帯型測定機器で長いバッテリ駆動時間を実現するように最適化されています。このデバイスには強力な 32 ビット Arm Cortex-M0+ CPU、最大 128KB のフラッシュメモリ、最大 32KB の SRAM が搭載されています。また、2 つの 12 ビット ADC、2 つの I₂C インターフェイス、2 つの SPI、4 つの UART インターフェイス、アラーム機能付きのリアルタイムクロック (RTC) モジュールなど、幅広いペリフェラルも搭載されています。MSPM0G1107 ファミリには、スリープ、停止、スタンバイ モードなどのさまざまな低消費電力モードも用意されており、消費電力を最小限に抑えるために使用できます。このデバイスは、産業用制御、医療機器、民生用電子機器など、幅広いアプリケーションに最適です。

MSP430F523x および MSPM0G1107x は、I₂C バスを介して PSE デバイス (TPS2388x) を制御し、I₂C または UART を介してホスト CPU と通信して構成を受信し、システム ステータスを報告するメイン コントローラです。

2.3.3 ISO1541

ISO1541 双方向アイソレータは、PSE デバイスとマイコン間の I₂C 信号を絶縁するために使用されます。

ISO1540 および ISO1541 デバイスは、低消費電力の双方向アイソレータで、I₂C インターフェイスと互換性があります。これらのデバイスにはロジック入力および出力バッファがあり、二酸化ケイ素 (SiO₂) バリアを使用した TI の容量性絶縁テクノロジによって分離されています。これらのデバイスは、絶縁型電源と組み合わせて使用することで、高電圧を遮断し、グランドを絶縁し、ノイズ電流がローカル グランドに入り込んでノイズに敏感な回路に干渉したり損傷を与えることを防止します。

2.3.4 ISO7731

ISO7731 デジタル アイソレータは、MSP430 と PSE デバイス間の制御信号 (OSS、RESET、INT) を絶縁するために使用されます。

ISO773x デバイスは、高性能の 3 チャネル デジタル アイソレータであり、UL 1577 準拠で 5000V_{RMS} (DW パッケージ) および 3000V_{RMS} (DBQ パッケージ) の絶縁定格を備えています。

このファミリのデバイスは、VDE、CSA、TUV、CQC に従って絶縁定格が強化されています。

ISO773x ファミリのデバイスは高い電磁気耐性と低い放射を低消費電力で提供するとともに、CMOS または LVC MOS デジタル I/O を絶縁しています。各絶縁チャネルは、二酸化ケイ素 (SiO₂) の絶縁バリアで分離されたロジック入力およ

び出力バッファを備えています。このデバイスにはイネーブルピンがあり、対応する出力を高インピーダンスに移行して、マルチマスター駆動アプリケーションや、消費電力の低減に使用できます。**ISO7730** デバイスには 3 つのチャネルがあり、すべて同じ方向です。**ISO7731** デバイスには 2 つの順方向チャネルと、1 つの逆方向チャネルがあります。入力電力または入力信号が失われた場合のデフォルト出力は、接尾辞 F のないデバイスでは High、接尾辞 F のあるデバイスでは Low になります。詳細は「デバイスの機能モード」のセクションを参照してください。

このデバイスを絶縁型電源と組み合わせて使用すると、データバスや他の回路上のノイズ電流がローカル グランドに入り込んでノイズに敏感な回路に干渉または損傷を与えることを、防止できます。革新的なチップ設計およびレイアウト技法により、**ISO773x** デバイスは電磁両立性が大幅に強化されているため、システム レベルで容易に ESD、EFT、サージ、および放射の規制への準拠が可能です。

2.3.5 CSD19538

この 100V、49mΩ、SON 3.3mm × 3.3mm NexFET™ パワー MOSFET は、PoE アプリケーションでの導通損失を最小限に抑え、基板のフットプリントを削減するように設計されています。

2.3.6 LM5017

LM5017 デバイスを使用して 3.3V を生成し、PSE デバイスに電力を供給します。

LM5017 は 100V、600mA の同期整流降圧型レギュレータで、ハイサイドとローサイドの MOSFET が内蔵されています。LM5017 に採用されているコンスタント オンタイム (COT) 制御方式は、ループ補償が不要で、過渡応答が非常に優れており、非常に高い降圧率を実現できます。オン時間は入力電圧に反比例して変化するため、入力電圧範囲にわたって周波数はほぼ一定になります。高電圧のスタートアップ レギュレータにより、IC の内部動作作用および内蔵ゲートドライバ用にバイアス電力が供給されます。ピーク電流制限回路により、過負荷状態を保護します。低電圧誤動作防止 (UVLO) 回路は、入力低電圧スレッショルドとヒステリシスを別々にプログラム可能です。その他の保護機能として、サーマル シャットダウンとバイアス電源低電圧誤動作防止 (VCC UVLO) が搭載されています。

2.3.7 LM5020

LM5020 デバイスを使用して、MSP430 およびアイソレータに電源を供給する絶縁型 LM5020 を生成します。

LM5020 高電圧パルス幅変調 (PWM) コントローラには、シングルエンドの一次側電力コンバータトポロジを実装するために必要なすべての機能が搭載されています。出力電圧レギュレーションは電流モード制御に基づいています。ループ補償の設計が容易になると同時に、本質的なライン フィード フォワードが得られます。LM5020 デバイスには高電圧のスタートアップ レギュレータが搭載されており、最大 100V の広い入力電圧範囲で動作します。PWM コントローラは高速動作作用に設計されており、1MHz の発振器周波数と、100ns 未満の総伝搬遅延を実現しています。追加機能として、エラー アンプ、高精度の基準電圧、ライン低電圧誤動作防止、サイクル単位の電流制限、勾配補償、ソフトスタート、発振器同期機能、サーマル シャットダウンがあります。

2.3.8 LM5050

LM5050 デバイスを使用して、システム内の 2 つの電源をサポートし、バックアップ モードで動作することができます。

LM5050-1 および LM5050-1-Q1 ハイサイド OR 処理 FET コントローラは、電源と直列に接続すると、外部 MOSFET と連動して理想ダイオード整流器として動作します。この OR コントローラによって、配電回路のダイオード整流器を MOSFET で置き換えることができるため、電力損失と電圧降下をともに低減できます。

LM5050-1 および LM5050-1-Q1 コントローラは、外部 N チャネル MOSFET 用のチャージ ポンプ MOSFET ゲートドライブと、電流が逆方向に流れた場合に FET をオフにするための高速応答コンパレータを備えています。LM5050-1 および LM5050-1-Q1 デバイスは 5V ~ 75V の範囲の電源に接続でき、最高 100V の過渡電圧に耐えられます。

2.3.9 INA240

INA240 アンプを使用して入力からの合計電流を測定し、負荷ステップ変化時の高速シャットダウンをサポートします。

INA240 デバイスは電圧出力の電流センス アンプで、強化された PWM 除去機能により、電源電圧に依存しない -4V ~ 80V の広い同相電圧範囲で、シャント抵抗の両端間の電圧降下を検出できます。負の同相電圧により、グランドより低い電位で動作でき、標準的なソレノイド アプリケーションのフライバック期間に対応できます。強化された PWM 除去により、PWM 信号を使用するシステム (モータドライバやソレノイド制御システムなど) において、大きな同相過渡電圧 ($\Delta V/\Delta t$) を高いレベルで抑制します。この機能により、大きな過渡事象やそれに関連する回復リップルを出力電圧で発生させるこ

となく、高精度の電流測定が可能になります。このデバイスは 2.7V～5.5V の単一電源で動作し、消費電流は最大 2.4mA です。4 つの固定ゲイン(20V/V、50V/V、100V/V、200V/V) を利用できます。ゼロドリフト アーキテクチャの低いオフセットにより、シャントでの最大電圧降下がわずか 10mV フルスケールで電流センシングが可能です。

2.3.10 REF3425

REF3425 デバイスは、INA240 の出力にスレッショルドを提供し、過電流アラート用のマイコンへの信号を生成するため使用されます。

REF34xx デバイスは、低温度ドリフト ($6\text{ppm}/^\circ\text{C}$)、低消費電力、高精度の CMOS 電圧リファレンスで、消費電力を $95\mu\text{A}$ 未満に抑えて、 $\pm 0.05\%$ の初期精度と低動作電流を実現します。このデバイスは出力ノイズも $3.8\mu\text{V}_{\text{p-p}}/\text{V}$ と非常に低いため、ノイズの影響を受けやすいシステムにおいて、高分解能のデータコンバータで高いシグナル インテグリティを維持できます。小型の SOT-23 パッケージで供給される REF34xx は、仕様が拡張され、MAX607x および ADR34xx のピン互換の代替品になります。REF34xx ファミリは、ADS1287、ADUCM360、ADS1112 デバイスなど、ほとんどの ADC および DAC と互換性があります。これらデバイスは出力電圧ヒステリシスが小さく、長期的な出力電圧ドリフトも小さいため、安定性とシステムの信頼性がさらに向上します。さらに、デバイスの小さなサイズと、低い動作電流 ($95\mu\text{A}$) は、携帯型およびバッテリ駆動のアプリケーションに有用です。

2.3.11 TPS3890

TPS3890 デバイスは、電源の存在を監視し、マイコンへのパワ グッド信号を生成するために使用されます。マイコンは、システムの合計電力バジェットを調整できます。

TPS3890 デバイスは高精度の電圧スーパーバイザで、静止電流が低く、最低 1.15V のシステム電圧を監視でき、SENSE 電圧が設定済みのスレッショルドより低下したとき、またはマニュアルリセット (MR) ピンが論理 LOW に低下したとき、オープンドレインの RESET 信号をアサートします。RESET 出力は、SENSE 電圧とマニュアルリセット (MR) がそれぞれのスレッショルド以上に復帰した後も、ユーザーが設定した遅延時間だけ LOW に維持されます。TPS3890 ファミリは、高精度の基準電圧を使用して、1% のスレッショルド精度を実現しています。リセット遅延時間は、CT ピンを外付けコンデンサに接続することで、 $40\mu\text{s}$ から 30 秒の範囲でユーザーが調整できます。TPS3890 デバイスは、静止電流が $2.1\mu\text{A}$ と非常に低く、 $1.5\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ の小型パッケージで供給されるため、バッテリ駆動の、スペースの制約が厳しいアプリケーションに最適です。

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 必要なハードウェアとソフトウェア

3.1.1 ハードウェア

リファレンス デザインを開始するには、次のハードウェアが必要です。

- PSEMTHR24EVM-081:24 ポート PoE PSE アプリケーション用マザー ボード (別売り)
- PSEMCUDAUEVM-082:24 ポート PoE PSE アプリケーション用 MSP430 ドーターカード (別売り)
- PSEM0DAUEVM-018:24 ポート PoE PSE アプリケーション用 MSPM0 ドーターカード (別売り)
- TPS23881EVM-083:24 ポート タイプ 3 および タイプ 4 PSE PoE PSE アプリケーション用 TPS23881 ドーターカード (別売り)
- USB2ANY インターフェイス アダプタ:マイコンドーターカードとの I2C/UART 相互作用のために PSE システム ソフトウェア GUI と組み合わせて使用 (別売り)
- MSP-FET プログラマ:MSP430 デバイスのプログラミング用に [UniFlash GUI](#) と組み合わせて使用

3.1.2 ソフトウェア

- FirmPSE コード イメージ ([TIDA-050026-23881 フォルダ](#)、[PSEM0DAUEVM-018 ツール フォルダ](#)、または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#)からコード イメージへのアクセス権をリクエストしてください)
- FirmPSE GUI MSP430 ([TIDA-050026-23881 フォルダ](#) または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#) から GUI へのアクセス権をリクエストしてください)
- FirmPSE GUI MSPM0 (アクセス権をリクエストするには、TI の PoE チーム メンバーにお問い合わせください。また、[こちら](#)から GUI にアクセスしてください)

3.2 テストと結果

3.2.1 テスト設定

3.2.1.1 ハードウェア設定

図 3-1 に、エコシステムのハードウェア テスト セットアップを示します。

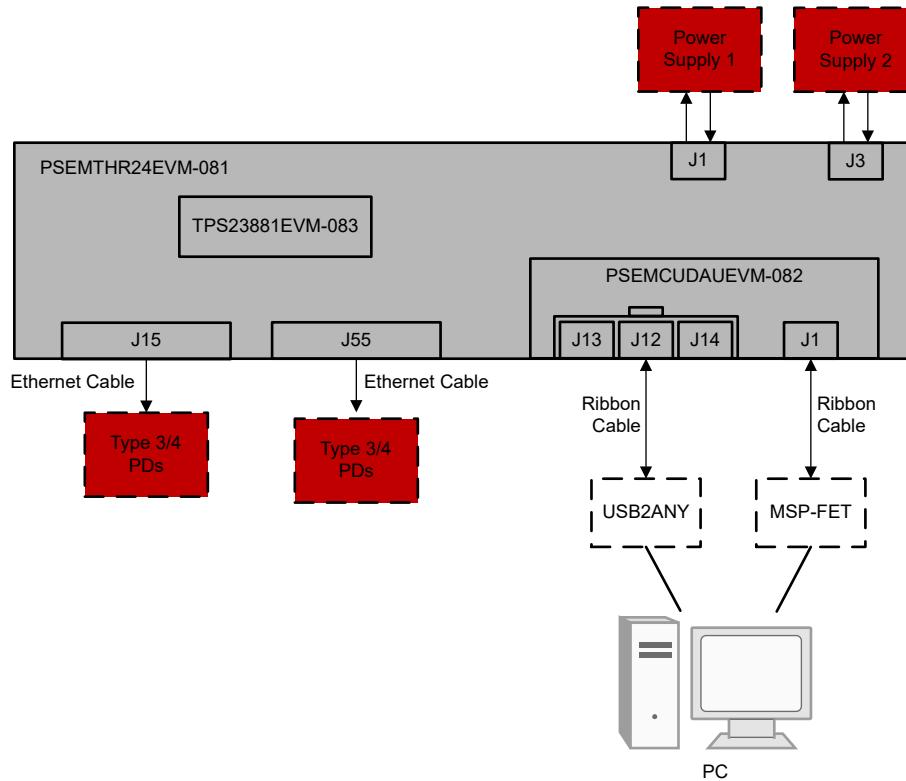


図 3-1. エコシステムのセットアップ

注

PSE システム フームウェア GUI のすべての機能を有効にするには、30 ピンリボン ケーブルが必要です。

3.2.1.2 LED、テストポイント、ジャンパ、コネクタの設定

3.2.1.2.1 評価基板の LED

表 3-1 に、評価基板の LED および LED の説明を示します。

表 3-1. 評価基板の LED

LED	色	説明
PSEMTHR24EVM-081		
J15, J55	緑、黄	各 RJ45 ポートには、緑と黄色の LED が 1 つあります
PSEM CUDAUEVM-082		
D1	緑	合計消費電力は、事前構成されたガードバンド制限内に維持されます
PSEM0DAUEVM-018		
D1	緑	合計消費電力は、事前構成されたガードバンド制限内に維持されます。

3.2.1.2.2 EVM テスト ポイント

表 3-2 に、EVM のテスト ポイントを示します。

表 3-2. EVM テスト ポイント

TP	ラベル	説明
PSEMTHR24EVM-081		
TP1	55VDC	VPWR
TP2	GND	VPWR グランド
TP3	OC-ALERT	システム過電流アラート信号
TP4	SDA	I2C データ
TP5	SCL	I2C クロック
TP6	PG1	電源 #1 のパワー グッド信号
TP7	PG2	電源 #2 のパワー グッド信号
TP8	PSE_3.3V	PSE デバイス用 3.3V
TP9	GND	PSE_3.3V グランド
TP10	3.3V_ISO	MSP430 用の絶縁型 3.3V
TP11	3.3V	デバッグ用 3.3V
TPS12, TP13	GND_ISO	3.3V_ISO グランド
TP14	OSS	マイコンから PSE への OSS 信号
TPS23881EM-083		
TP1	VPWR	VPWR
TP2	PSE_3.3	PSE デバイス用 3.3V
TP3, TP4, TP14, TP18	GND	VPWR および PSE_3.3V グランド
TP5	リセット	マイコンからのリセット信号
TP6	OSS	マイコンからの OSS 信号
TP7	INT	マイコンへの INT 信号
TP8	SCL	マイコンからの I2C クロック
TP9	SDA	マイコンとの間の I2C データ
TP10	3.3V_ISO	絶縁型 3.3V
TP11	PSE_RST	PSE へのリセット信号
TP12	PSE_OSS	PSE への OSS 信号
TP13	PSE_INT	PSE からの INT 信号
TP15	GND_ISO	3.3V_ISO グランド
TP16	PSE_SDA	PSE との間の I2C データ

表 3-2. EVM テスト ポイント (続き)

TP	ラベル	説明
TP17	PSE_SCL	PSE への I2C クロック

3.2.1.2.3 評価基板のジャンパ

表 3-3 に、評価基板のテストジャンパと説明を示します。

表 3-3. 評価基板のテストジャンパ

ジャンパ	デフォルトのピン位置	説明
PSEMTHR24EVM-081		
J13	1-2	3.3V は PSE ドーターカードから供給されています
J14	1-2	回路に電源を供給するには、3.3V_ISO を接続します
J17、J22、J38、J43、J19、J23、J32、J28、J52、J47、J31、J26	1-2	ポート LED を有効にします
J45、J42、J24、J21、J44、J49、J53、J30、J33、J51、J54	1-2	ポート LED を有効にします
J57、J62、J78、J83、J59、J63、J72、J68、J92、J87、J71、J66	1-2	ポート LED を有効にします
J85、J82、J64、J61、J84、J80、J89、J93、J70、J91、J94	1-2	ポート LED を有効にします

3.2.1.2.4 評価基板入力・出力コネクタ

表 3-4 は評価基板入力・出力コネクタの一覧です。

表 3-4. 評価基板入力・出力コネクタ

コネクタ	説明
PSEMTHR24EVM-081	
J1、J3	DC 電源入力 (44 ~ 57V VDC、41A)
J2、J4、J6、J7	2 枚の基板を接続する場合の DC バス用エッジコネクタ
J5	PSE ドーターカードへの電源供給し
J8、J9	2 つの基板を接続する場合の PSE 信号 (I2C、OSS、RESET、INT) 用エッジコネクタ
J10	PSE デバイスに I2C から直接アクセスするための USB2ANY へのコネクタ (デバッグ目的のみ)
J11	PSE 信号 (I2C、OSS、RESET、INT) 用 PSE ドーターへのコネクタ
J12	PSE 信号 (I2C、OSS、RESET、INT)、システムレベル信号 (OC-ALERT、PG)、絶縁型 3.3V 用の MSP430 ドーターへのコネクタ
J15、J55	PSE ポートの Magjack
J34、J35、J36、J74、J75、J76	PSE ドーターカードへの PSE ポートコネクタ
J95、J96	MSP430 ドーターカードの機械的取り付けを目的としたもの
TPS23881EVM-083	
J1	マザーボードの J5 とペアリング
J4	マザーボードの J11 とペアリング
J5	マザーボードの J34、J35、J36、J74、J75、J76 とペアリング
PSEMCUDAUEVM-082	
J1	JTAG (FPGA メザニン カード) コネクタ
J3、J7、J8、J9	拡張 GPIO アクセス
J11	マザーボードの J12 とペアリング
J12、J13、J14	USB2ANY コネクタ (30 ピン)
J17、J18	MSP430 ドーターカードの機械的取り付けを目的としたもの
PSEMOMDAUEVM-018	
J3、J4、J6、J10	拡張 GPIO アクセス
J9	マザーボードの J12 とペアリング
J12、J13、J14	USB2ANY コネクタ (30 ピン)

表 3-4. 評価基板入力・出力コネクタ (続き)

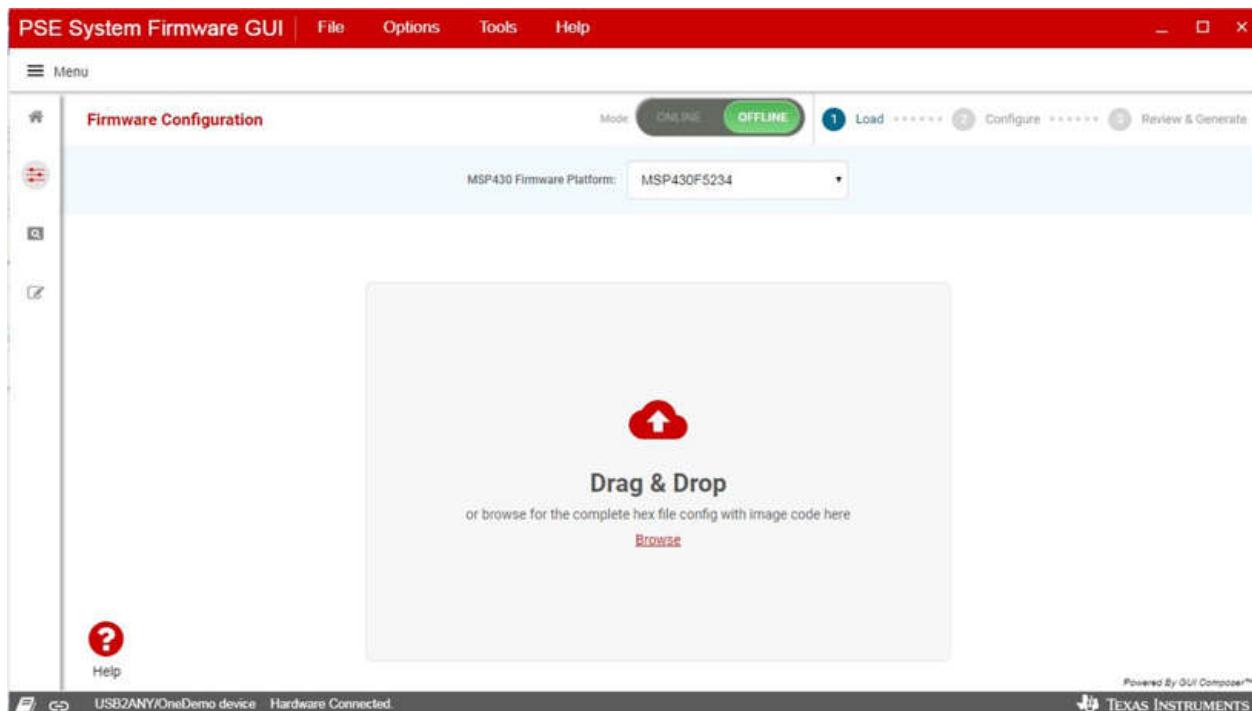
コネクタ	説明
J11、J15	MSP430 ドーターカードの機械的取り付けを目的としたもの

3.2.1.3 システム フームウェア GUI のセットアップ**3.2.1.3.1 PSE システム フームウェア GUI のインストール**

TI の PSE システム フームウェア GUI を、PSE システム EVM キット (PSEMTHR24EVM-081、PSEMCUDAUEVM-082/PSEM0DAUEVM-018、TPS23881EVM-083) と組み合わせて使用して、システムを構成し、コード イメージを生成し、MSPM0/MSP430 デバイスへのフラッシュを行います。TIDA-050026-23881 フォルダまたは PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダから、PSE システム フームウェア GUI をダウンロードします。

3.2.1.3.2 PSE システム フームウェア GUI の動作

GUI アイコンをダブル クリックし、「START」(開始) ボタンをクリックして、PSE システム フームウェア GUI を起動します。図 3-2 と同様のウインドウが表示されます。オフライン モードがデフォルトで選択されています。

**図 3-2. GUI のスタートアップ**

起動したい MSPM0/MSP430 デバイスを選択し、PSE システム フームウェア コードのイメージをロードします ([TIDA-050026-23881 フォルダ](#)、[PSEM0DAUEVM-018 ツール フォルダ](#)、または [PSEMCUDAUEVM-082 ツール フォルダ](#)からリクエストしてください)。完了したら、「Proceed」(続行) をクリックして構成ページに移動します。

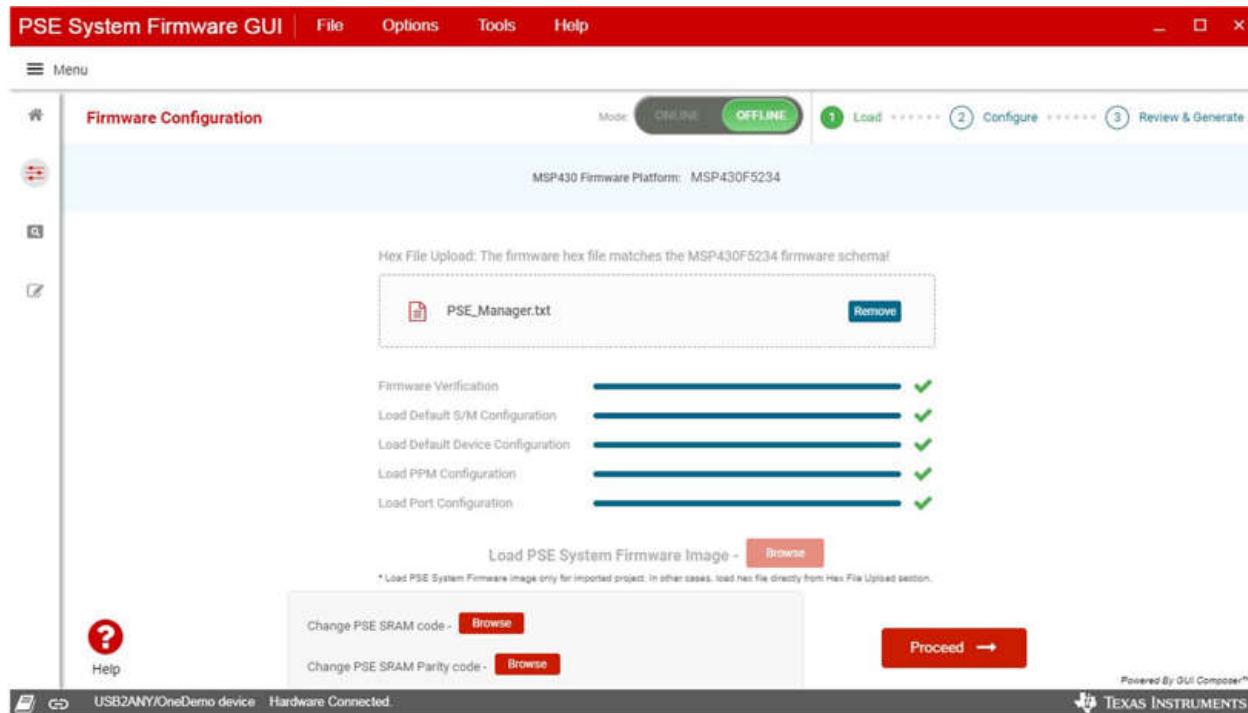


図 3-3. GUI デバイスの選択およびイメージのロード

構成は、システム構成、PPM (ポートパワー マネージメント) 構成、デバイス構成、ポート構成の 4 つのセクションに分かれています。

システム構成はシステム全体に適用されます。このタブは、常に GUI の右側にあります。システム構成タブでは、次のパラメータを設定できます。

- レガシー検出機能

PoE 規格より前にリリースされたレガシー デバイスには、イーサネットケーブルを使用して電力を供給できます。PSE システム フームウェアは、これらのレガシー PD を検出し、保護機能を使って起動します。

- 外部センシング回路の使用

外部センシング回路を使用して、システムの合計消費電力を測定します。電流が電力バジェットを超えると、マイコンが優先度の低いポートをシャットダウンします。これにより、負荷ステップの変化に対するシステム応答が向上します。

- システムのブートアップ設定

- 電源が投入されたらすぐに PSE ポートをオンにします。
- ホストから PoE イネーブルコマンドが送信されたら、PSE ポートをオンにします

- ポート過負荷再試行モード

- ただちに再イネーブル: 過負荷が発生すると、ポートはただちに再びイネーブルになります。それでも過負荷が発生している場合は、最大 5 回再イネーブルになり、5 回再試行しても過負荷が解消されない場合はポートをシャットダウンします。PD がポートから取り外されて、ポートに再接続されると、ポートは再びイネーブルになります。
- PD が取り外され、接続された後の再イネーブル: 過負荷の発生後、ポートはただちにディスエーブルになり、PD がポートから取り外されてポートに再接続されると再びイネーブルになります。
- タイマ制御: 過負荷が発生した直後にポートが再度イネーブルになります。ポートは一定期間 (タイマによるコントローラ) 再試行を続け、タイマが終了するとディスエーブルになります。PD がポートから取り外されて、ポートに再接続されると、ポートは再びイネーブルになります。

- OSS 信号源 (マイコンまたは CPLD から): マルチ電源システムで、1 つの電源に故障が発生し、残りの電源が現在の消費電力を供給できない場合は、優先順位の低いポートをオフにして残りの電源を保護します。PSE の OSS 機能は、優先度の低いポートを高速シャットダウンするために使用されます。OSS 信号を生成するソースは、2 つあります。
 1. MSPM0/MSP430 は、OSS 信号を生成します
 2. CPLD は OSS 信号を生成します
- 割り込みマスク

図 3-4 の割り込みマスクを使用すると、割り込みイベントが MSP430 P6.0 または MSPM0 PA26 経由でホストに通知するように構成できます。

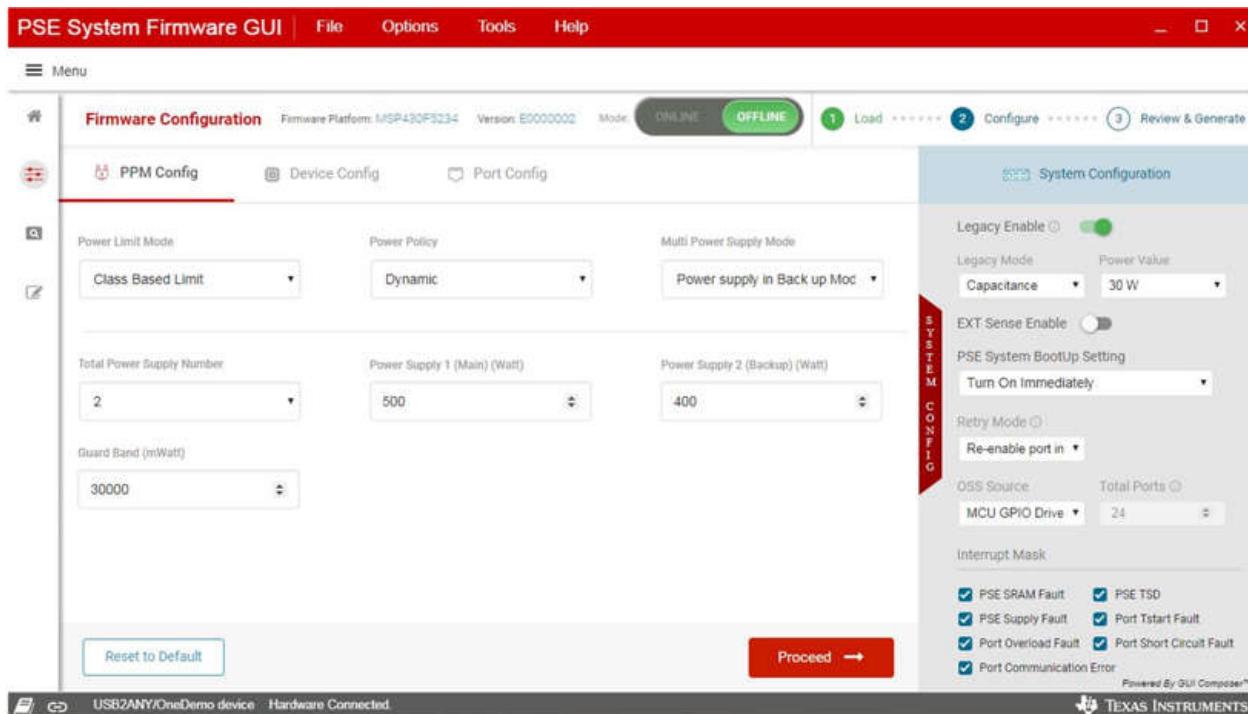


図 3-4. GUI システム構成および PPM 構成

PPM 構成は、ポートのパワー マネージメント メカニズムに適用されます。PPM 構成タブでは、次のパラメータを設定できます。

- 電力制限モード: クラス制限モードおよびポート制限モード
 - クラス制限モード: クラス制限モードでは、ポート電力は PD のクラス レベルによって制限されます。たとえば、PD がクラス 8 の場合、ポートの電力制限 (PCUT) は 90W に設定されます。
 - ポート制限モード: ポート制限モードでは、ポート電力はホストによって制限されます。ホストは、ポートの電源をオンにする前に、ポートの電力制限を設定する必要があります。
- 電力ポリシー: 静的モードおよび動的モード
 - 静的モード: 静的モードでは、ポート電力割り当ではポート電力制限に設定されています。そのため、クラス制限モードでは、ポート電力割り当では PD のクラス レベル電力であり、ポート電力割り当ではホストによって設定されたポート電力制限になります。
 - 動的モード: 動的モードでは、ポート電力割り当では、ポートの実際の消費電力と等しくなります。このモードでは、ポートの未使用電力が他のポートに割り当てられます。
- マルチ電源モード: RPS および共有モード:
 - 共有電源 (RPS) モード: RPS モードでは、主電源とバックアップ電源の両方が接続されている場合、合計電力バジェットは主電源の電力バジェットと等しくなります。合計電力バジェットは、主電源が取り外されたときに電源の電力バジェットをバックアップするのと等しくなります。

- 電源共有モード: 共有モードでは、両方の電源が接続されている場合、合計電力バジェットは 2 つの電源の電力バジェットの合計と等しくなります。電源の 1 つが取り外された場合、合計電力バジェットは電源の残りの電力バジェットと等しくなります。
- 電源の総数と各電源の電力バジェット。電源が 1 つしかない場合は、パワー グッド信号を MSP430 の P1.5 または MSPM0 の PB7 に接続する必要があります。
- パワー ガード バンド: 割り当てられた総電力 < 総電力バジェット - ガード バンドの場合、優先度の低いポートをオンにする必要がなくなり、ガード バンド LED がオンになります。

デバイス構成は、主に PSE デバイスのチャネルと論理 RJ45 ポート間のマッピングを構成するために使用されます。4 ペアポートをマッピングする場合、同じクワッド (チャネル 1 ~ 4 またはチャネル 5 ~ 8) 内のチャネルのみを 1 つの 4 ペアポートにマッピングできます。

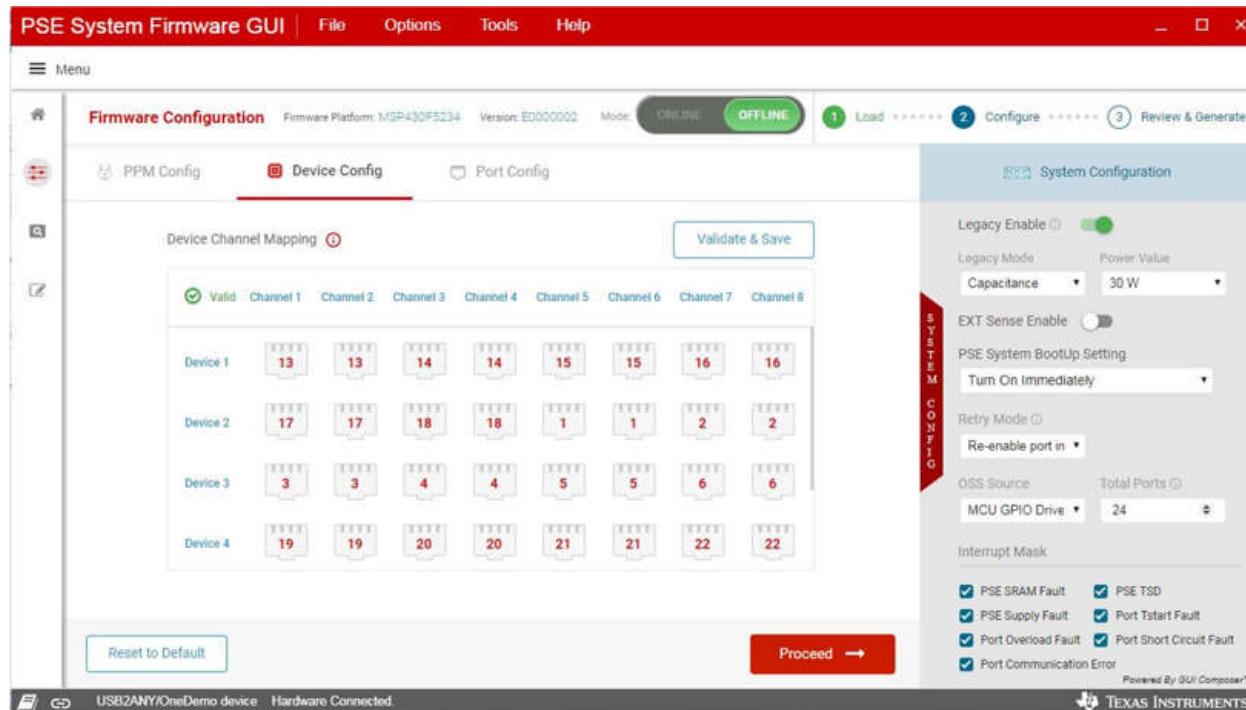


図 3-5. GUI デバイス構成

「Port Configuration」(ポート構成) は、ポート PoE のイネーブルとディスエーブル、ポートの優先順位、ポートの電力制限などのポート設定によってポートに適用されます (ポート制限モードの場合のみ)。

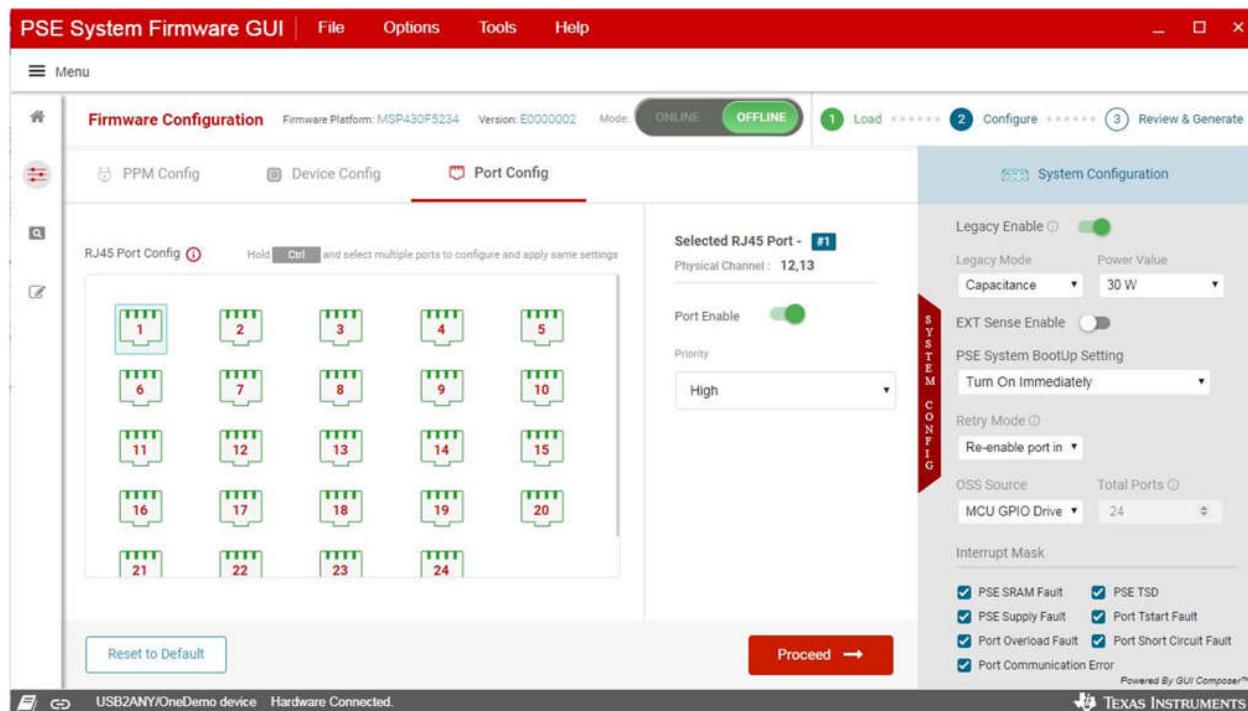


図 3-6. GUI ポート構成

すべての設定が完了したら、「Proceed」(続行) ボタンをクリックします。概要ページには、工場出荷時のデフォルトの構成と比較して設定されているすべての構成が表示されます。すべての確認が終わったら、hex ファイルを生成するか、コードを MSPM0/MSP430 デバイスに直接フラッシュできます。

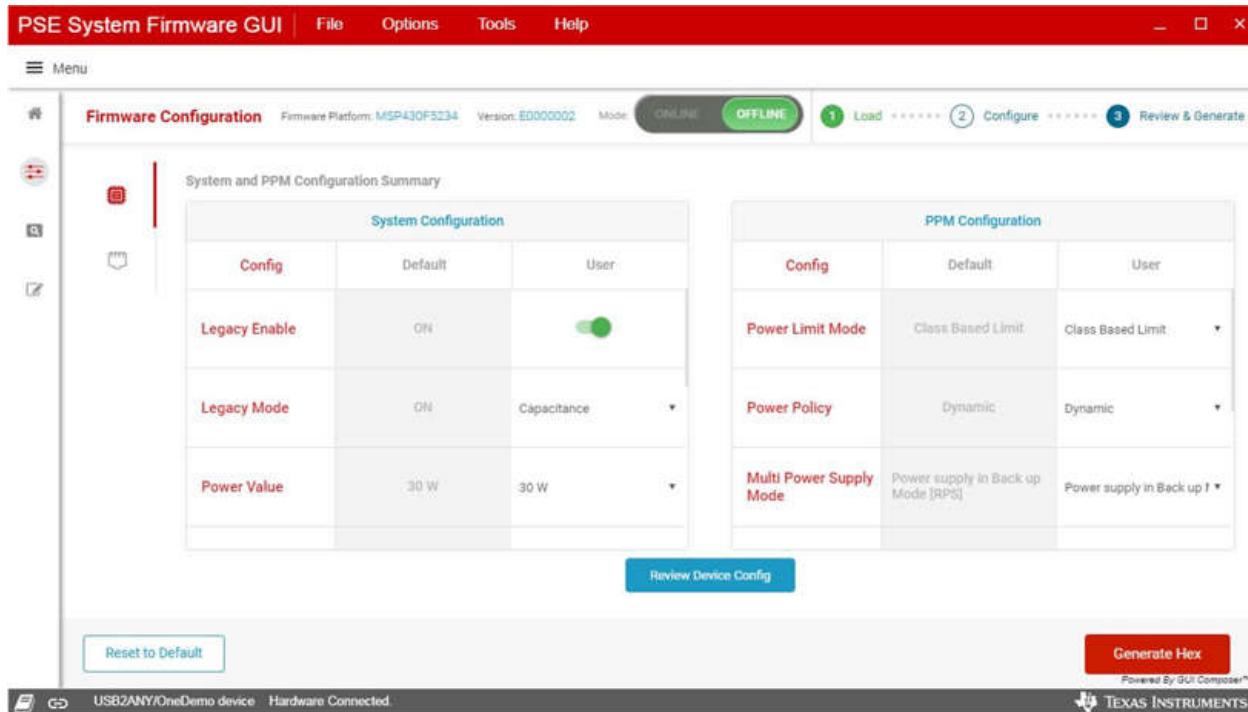


図 3-7. GUI 構成の概要

構成の確認が終わったら、GUI はデフォルトのコードイメージを生成し、**MSP-FET** を使用してデバイスを直接プログラムできます。

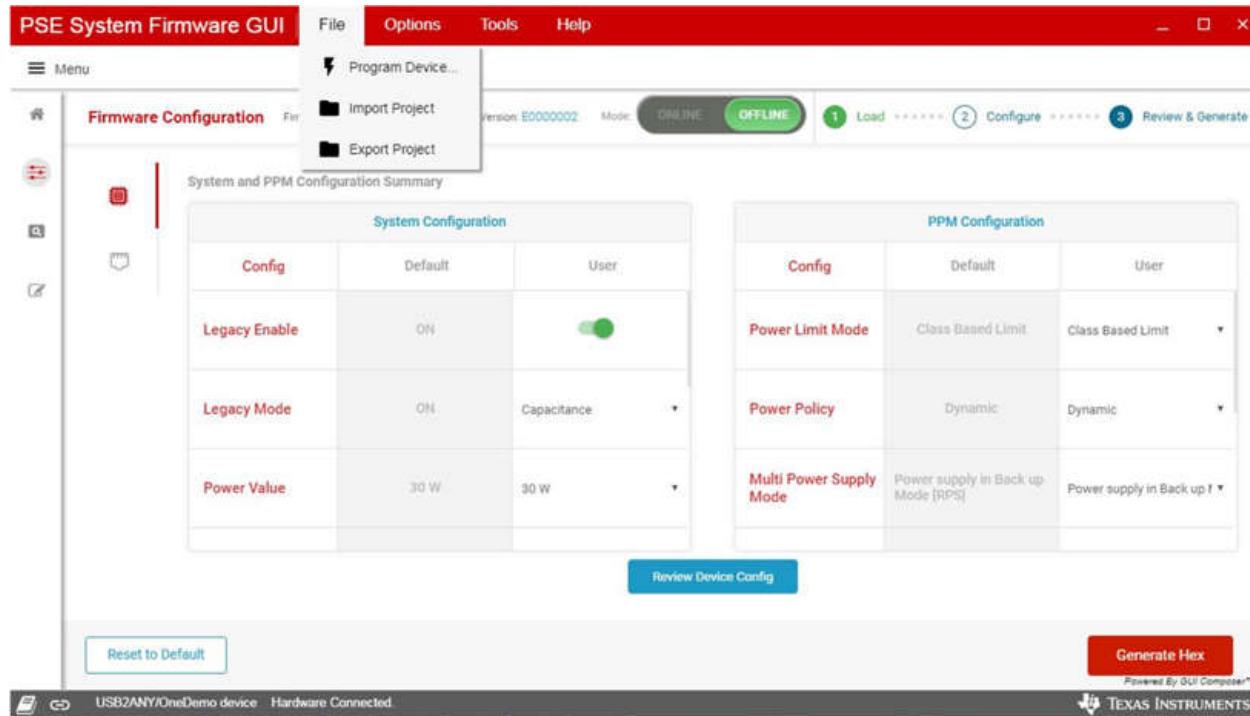


図 3-8. GUI によるデバイスのプログラムおよび Hex の生成

コードがマイコンに正常にフラッシュされると、システムが起動し、動作します。MSP-FET を、ノート PC または PC から取り外せます。USB2ANY (30 ピンリボン ケーブル付き) をノート PC または PC に接続し、ホストインターフェイスプロトコルを選択すると、GUI がオンラインモードになります。

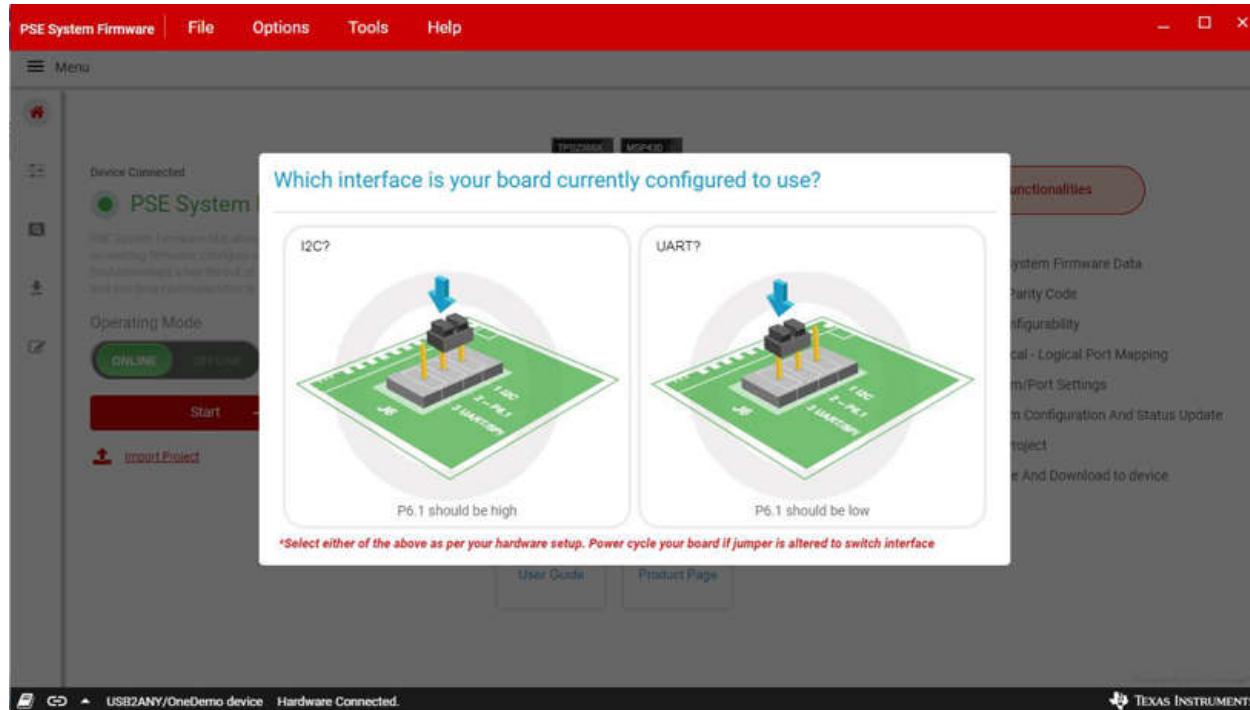


図 3-9. オンラインモードでのホストインターフェイスプロトコルの選択

デバイスを GUI に接続すると、構成ページでリアルタイムに変更を行え、ステータスページにリアルタイムのシステムステータスが表示されます。ステータスページには、システム、デバイス、およびポートのリアルタイムのステータスが表示されます。ユーザーは構成ページでシステム構成を変更することもできます。各変更はマイコンへのホストコマンドに変換されます。ユーザーは、「Save Configuration」(構成を保存) ボタンを押して、現在の構成をデフォルトの構成として保存することもできます。

注

FirmPSE MSPM0 GUI では、MSPM0 は現在 UART をサポートしていないため、ホストインターフェイスプロトコルの選択には I2C の選択のみが示されています。

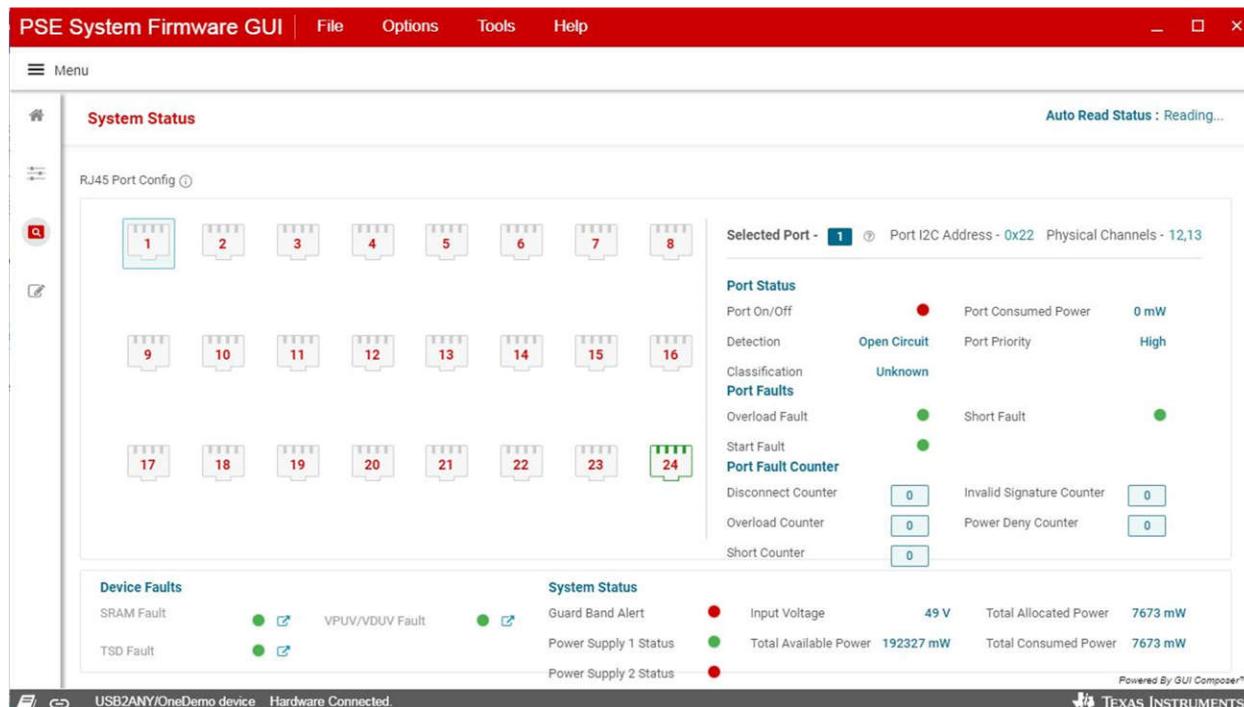


図 3-10. GUI ステータス ページ

BSL フームウェア アップデート ページにはフィールド フームウェア アップグレード機能が表示され、通常の通信と同じ I2C または UART ポートを使用してフームウェアをアップグレードできます。これは、製品がお客様にリリースされた後のフームウェア アップグレードに役立ちます。

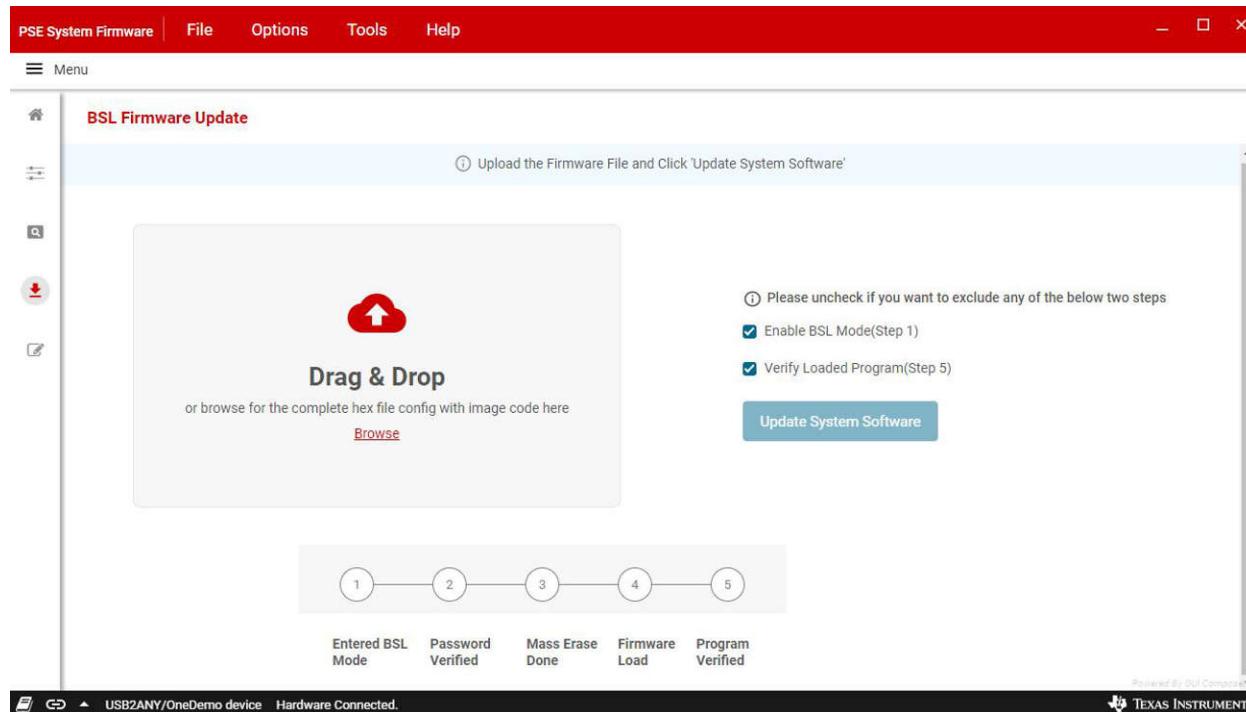


図 3-11. BSL ファームウェア アップデート ページ

BSL ページを使用してマイコン ファームウェアを更新する前に、フラッシュしていない場合は、BSL コードをマイコンにフラッシュする必要があります。ti.com から UniFlash をダウンロードし、これを使用して、以下の手順で BSL コードのフラッシュを行います。

- マイコン デバイスを MSP430F5234/MSPM0G1107 に選択します

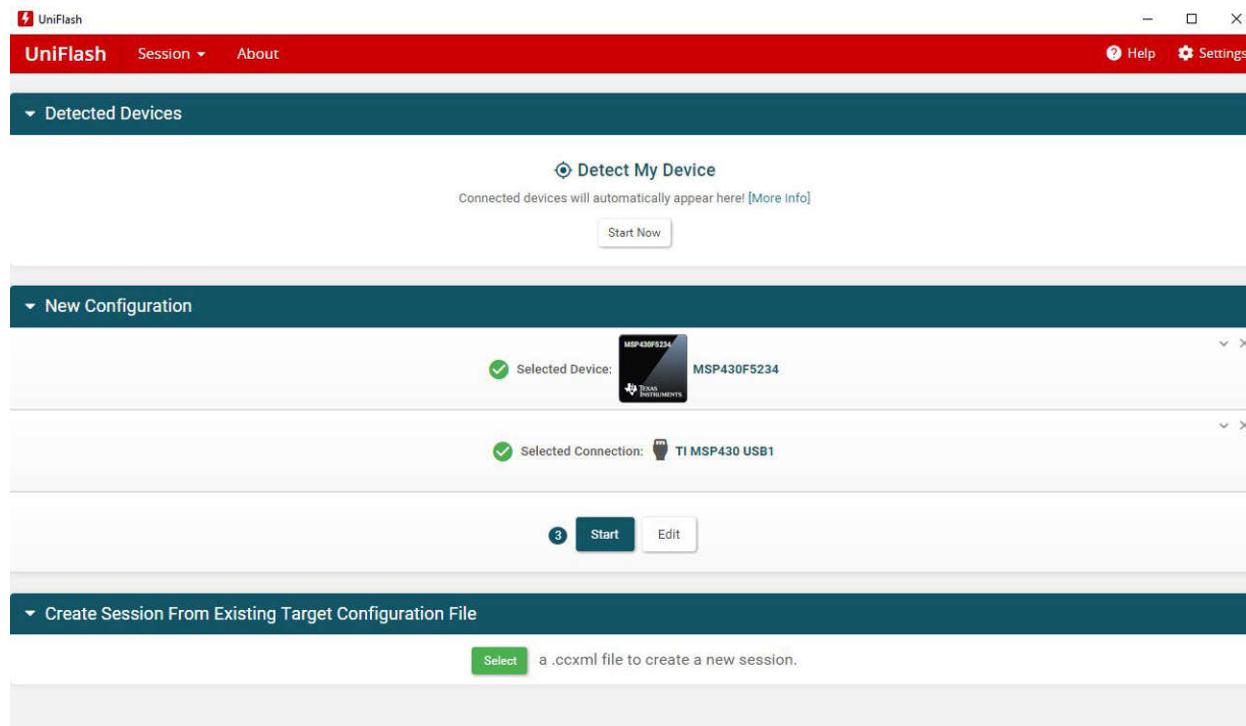


図 3-12. マイコン デバイス選択ページ

2. フラッシュ セクションを設定します。

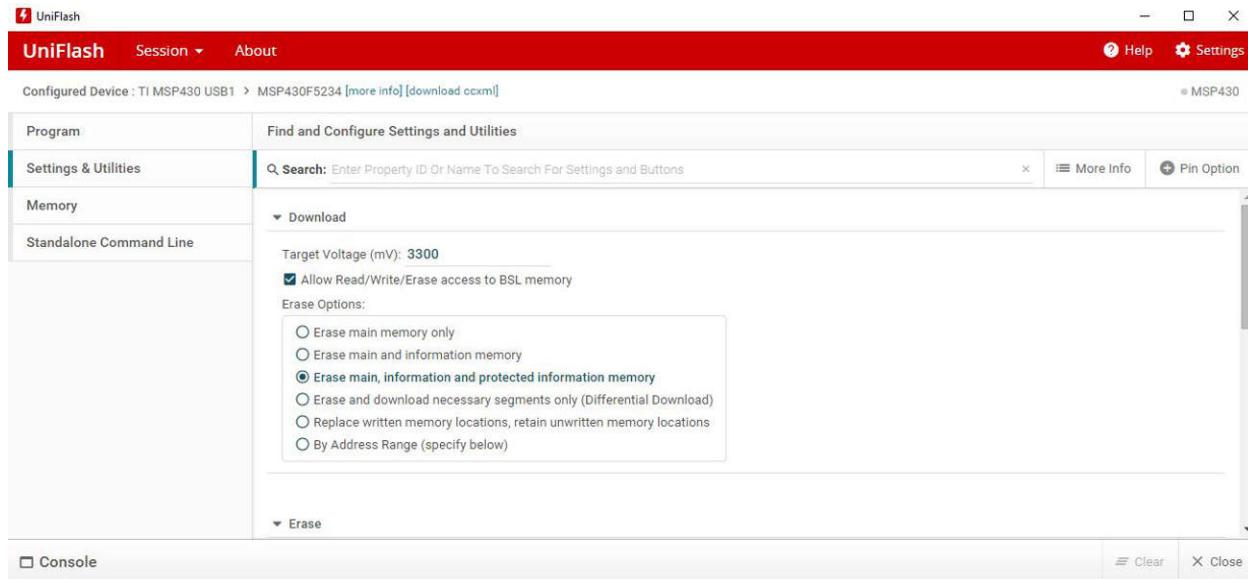


図 3-13. 設定およびユーティリティの構成ページ

3. BSL コードをロードし、マイコンにフラッシュします。

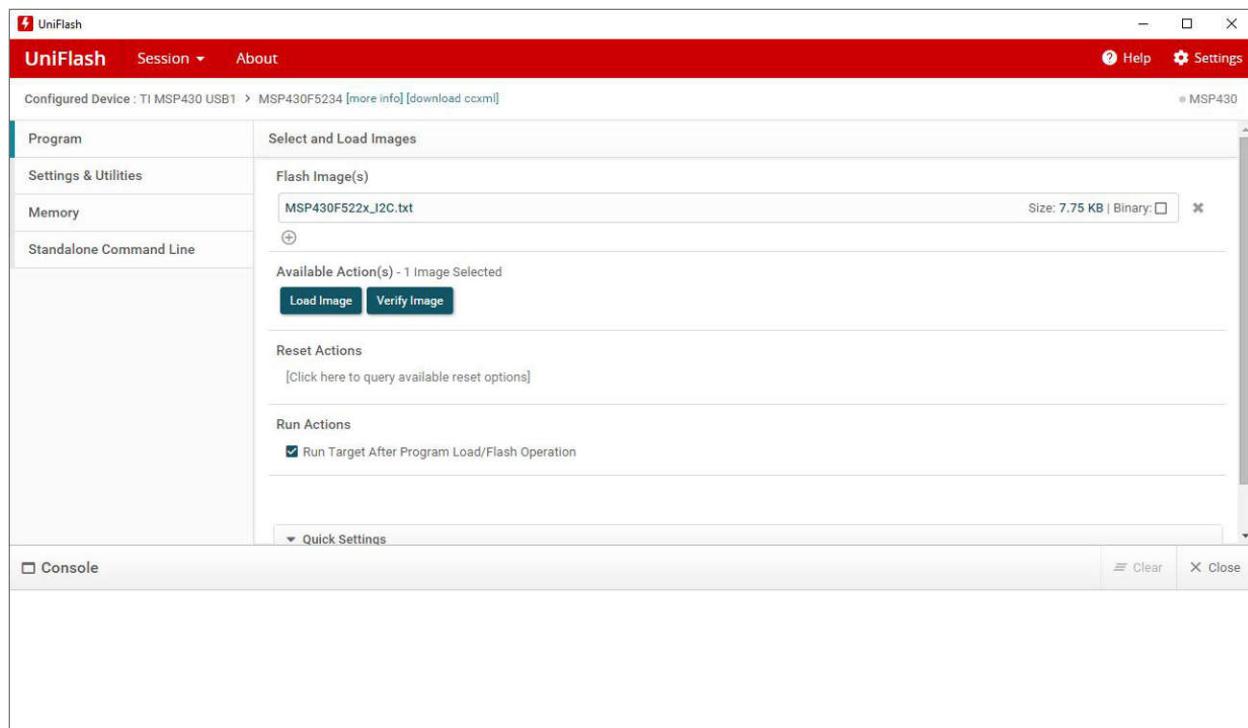


図 3-14. イメージの選択およびロード ページ

4. デバッグページでは、I2C アドレスとレジスタ番号を指定して、ホストインターフェイスプロトコルに従ってマイコンに未加工データを読み書きしたり、各 PSE デバイスのレジスタに未加工データを読み書きしたりできます。パスワードは「C430」です。

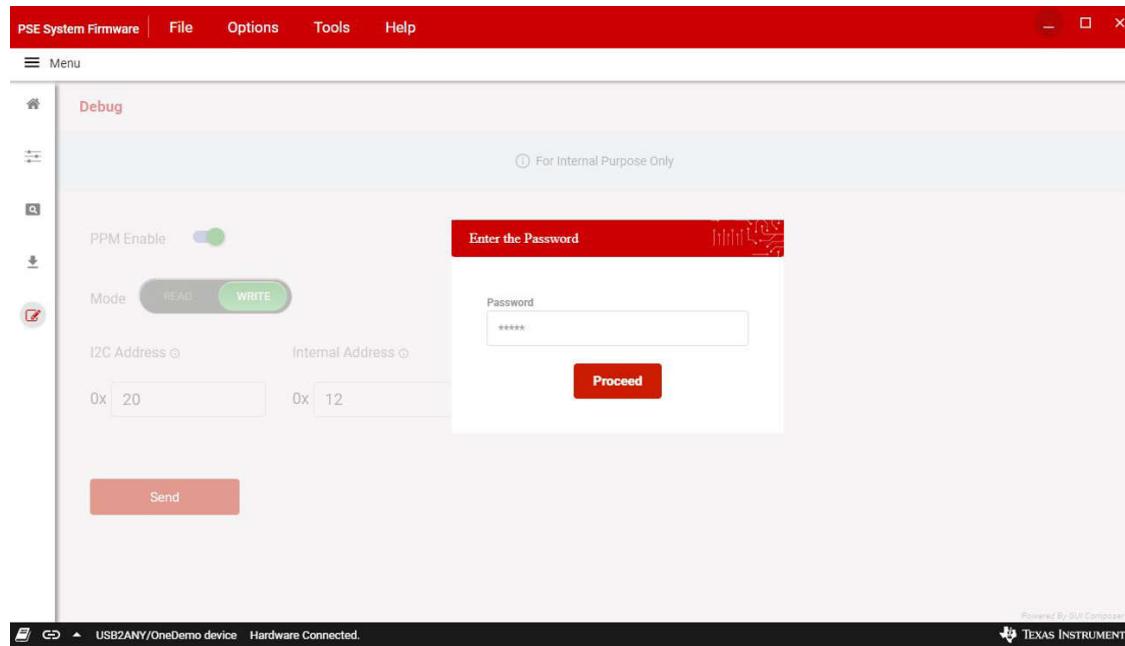


図 3-15. デバッグページ

3.2.2 テスト結果

IEEE 802.3bt 準拠テストスイートは、現在ご利用になれません。利用可能になり次第、テストレポートが追加されます。

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-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 部品表

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

KSENSA は SEN1 と SEN2 で共有、KSENSB は SEN3 と SEN4 で共有、KSENSEC は SEN5 と SEN6 で共有、KENSED は SEN7 と SEN8 で共有されます。測定精度を最適化するには、PCB の配線抵抗の影響を最小限に抑えるため、PCB レイアウトを慎重に行う必要があります。例について、『[TPS23881 タイプ-4 4 ペア 8 チャネル PoE PSE コントローラ、SRAM および 200mΩ の RSENSE 搭載](#)』データシートの「レイアウト」セクションを参照してください。

4.1.3.1 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-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.4 Altium プロジェクト

Altium プロジェクト ファイルをダウンロードするには、[TIDA-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.5 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-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.6 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-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 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-050026-23881](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.3 関連資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[TPS23881 200mΩ RSENSE 搭載高電力、8 チャネル、パワー オーバー イーサネット PSE](#)』データシート
2. テキサス インスツルメンツ、『[24 ポート PSE システム向け TPS23882 タイプ 3、30W、2 ペア、PSE ドーター カード](#)』

4.4 商標

テキサス・インスツルメンツの™ and NexFET™ are trademarks of Texas Instruments.

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

Changes from Revision A (October 2019) to Revision B (December 2025)	Page
ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新。	1
ドキュメント全体にわたって MSPM0G1107 部品ファミリの包括的な説明を追加。	1
ドキュメント全体をにわたって適切な記述に MSPM0 および MSP430 マイコンを追加。	1
表 3-1 に PSEM0DAUEVM-018 の LED を追加。	13
表 3-4 に PSEM0DAUEVM-018 の評価基板 I/O ピンを追加。	15

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、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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月