

Technical White Paper

MSP マイコン向け MCAL と AUTOSAR

Ethan Bloom

概要

車載組込みシステムの複雑さが増し、移植性の向上が求められる中、さまざまなサプライヤの ECU 間で標準化されたソフトウェアアーキテクチャを採用することが不可欠になっています。このホワイトペーパーでは、テキサス・インスツルメンツの MSP マイコン向け MCAL パッケージを使用して、MSPM0 と MSPM33 の各マイコンファミリ全体で AUTOSAR® に準拠できる方法を詳細に説明します。TI の MSP-MCAL パッケージは、コアのマイコン機能の標準化された抽象化を提供することで、開発者がアプリケーション ロジックをハードウェア固有の実装から分離できるようにし、AUTOSAR の階層化されたソフトウェア コンポーネントのシームレスな統合を容易にすることで、開発の複雑さを低減して、市場投入までの期間を短縮します。最終的に、TI の MSP-MCAL パッケージは、最新の車載組込みシステム向けに、スケーラブルな、規格に準拠した基盤を提供します。

目次

1 はじめに	2
2 MCAL と AUTOSAR の基礎	2
2.1 MCAL および AUTOSAR とは.....	3
2.2 MCAL アプリケーション.....	3
2.3 AUTOSAR のアプリケーション.....	4
3 MSP マイコン向け MCAL パッケージ	4
3.1 ライセンス モデル.....	4
3.2 サポート モデル.....	5
4 MSP の拡張性とエコシステム	5
4.1 プラットフォームの拡張性.....	5
4.2 ソフトウェア エコシステムと統合.....	5
5 はじめに	5
5.1 インストールとセットアップ.....	5
5.2 実装のヒント.....	6
リソース	6

商標

AUTOSAR® is a registered trademark of AUTOSAR GbR.
 Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.
 tresos® is a registered trademark of Elektrobit Automotive GmbH.
 すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

車載アプリケーションの複雑さが増しているため、ソフトウェアの移植性と機能安全に対する需要が高まっています。このような要件を満たすために、自動車業界では標準化された抽象化レイヤを採用して、高水準なアプリケーションコードと低水準なハードウェアドライバの間のギャップを埋めてきました。この問題に対処する業界標準のソリューションの1つが、AUTOSARです。これにより、ハードウェアから独立したスケーラブルな方法で、ソフトウェアをシームレスに統合できます。このドキュメントでは、テキサス・インスツルメンツの標準化された MCAL パッケージ製品について紹介し、テキサス・インスツルメンツの MSPM0 および MSPM33 マイコンへの AUTOSAR 準拠ソフトウェアの展開を検討します。このホワイトペーパーでのディスカッションは、大きく次の4つの分野に分かれています：

- **基礎:** AUTOSAR アーキテクチャと、マイコン抽象化レイヤ (MCAL) の重要な役割の概要を説明します
- **TI の MSP-MCAL 製品:** TI の MSP 向け特化型 MCAL パッケージが提供する機能、安全性準拠、ライセンスモデルについて詳細に説明します
- **エコシステムの統合:** MSP ソフトウェア エコシステムに含まれる MSP-MCAL や他のツールが、MSP マイコン製品ラインアップ全体にわたってどのように拡張されるかを分析しています
- **設計開始の手引き:** MSP-MCAL を使用して迅速に開発を開始し、ソフトウェアの統合と導入を成功させるための全般的なガイダンスです

2 MCAL と AUTOSAR の基礎

現代の車両は、ボディ エレクトロニクス、ADAS、ライティングなど、さまざまな車両システムやドメインにまたがる数百個の電子制御ユニット (ECU) を統合しています。各システムにはさまざまなレベルのセキュリティ要件と安全性要件があり、それらは複数のベンダの ECU 全体に組み込まれています。このような複雑さを管理するには、移植性、相互運用性、効率的な開発サイクルを実現する標準化されたソフトウェアフレームワークが必要になります。このニーズには、AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture) と呼ばれる業界標準の階層化フレームワークと、その最下層部品であるマイコン抽象化レイヤ (MCAL) が対応しています。

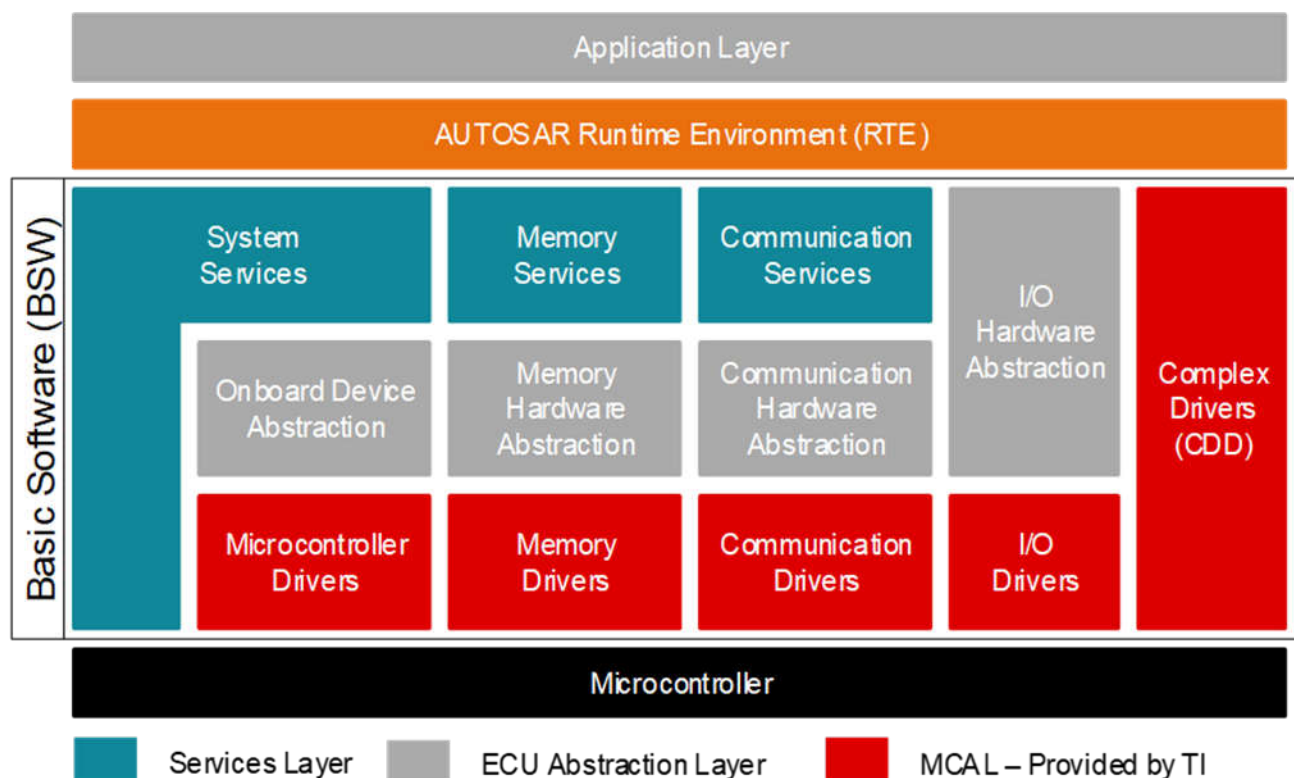


図 2-1. AUTOSAR スタックのブロック図

2.1 MCAL および AUTOSAR とは

AUTOSAR は、自動車の OEM とサプライヤーで構成されたコンソーシアムによって 2003 年に設立され、車載システム向けの標準化されたソフトウェア フレームワークを製作しました。AUTOSAR は、アプリケーション ロジックをハードウェア固有の実装から分離するレイヤード ソフトウェア アーキテクチャを定義しています。図 2-1 は、このレイヤード ソフトウェア アーキテクチャを視覚的に表現したものです。AUTOSAR アーキテクチャの 3 つの主要なレイヤは次のとおりです：

1. アプリケーション層：ハードウェアとは独立して書き込まれた車両レベルの機能
2. ランタイム環境 (RTE)：ポータブル通信を実現するミドルウェア インターフェイス
3. ベーシック ソフトウェア (BSW)：MCAL を含むハードウェア依存のドライバおよびサービス

注

AUTOSAR には、以下の 2 つのプラットフォーム バリエーションがあります：

- **Classic** は、リソースに制約がある、または安全重視の ECU を対象としており、ISO 26262 に準拠する静的かつ確定的なアーキテクチャを採用しています。AUTOSAR 規格の厳格で軽量なバージョンです
- **Adaptive** は、OTA 更新、機械学習、動的なサービス指向アーキテクチャをサポートする高性能コンピューティング プラットフォーム向けに設計されています。通常、大規模なプロセッサや SoC 向けに予定されます

このホワイトペーパーでは、主に AUTOSAR Classic に焦点を当てます。AUTOSAR Classic は、MSPM0 や MSPM33 などのシンプルな車載マイコンを対象とした従来型の車載 ECU 開発では、依然として主要なプラットフォームです。

MCAL は BSW 層内の最も低い位置を占有し、マイコン ハードウェアの真上に配置され、ADC、PWM、SPI、CAN、LIN、GPIO、タイマ、割り込みコントローラ、メモリおよびクロック管理ユニットなどのコア ペリフェラル用に標準化された、ハードウェアに依存しない API を提供します。AUTOSAR 仕様で定義された統一インターフェイスの背後にあるハードウェア固有の詳細を抽象化することで、MCAL は、上位のソフトウェア層がさまざまなマイコン ファミリー間で完全に移植性を維持できるようにしています。MCAL ドライバは通常、マイコン ベンダから供給され、開発労力と安全性認証の両方の負担を軽減するための事前検証が行われています。テキサス・インスツルメンツは、Arm® Cortex® ベースのプラットフォーム MSPM0 および MSPM33 向けに MCAL をサポートしており、これらのデバイスの AUTOSAR Classic 準拠を可能にしています。

図 2-1 に示すように、複合デバイスドライバ (CDD) は MCAL レイヤの重要な部品であり、マイコン ハードウェアから AUTOSAR ランタイム環境まで拡張できます。これらの TI 独自モジュールは、MCAL 規格で定義されておらず、標準の MCAL フレームワークでは記述されていないハードウェア機能を公開しています。ただし、これらのモジュールは、アプリケーション層でこれらのペリフェラルへの API アクセスを有効にすることで重要な役割を果たします。

AUTOSAR と MCAL は、互いに補完し合う組み合わせを形成します：AUTOSAR では、アーキテクチャ フレームワークとインターフェイスの規格が定義されています。一方、MCAL はハードウェア固有の実装を提供しており、特定のマイコン上でそれらの規格を実現可能にします。

2.2 MCAL アプリケーション

MCAL は主に、シャーシと安全システム、熱管理、車内 / 車外照明、ボディ エレクトロニクスなど、標準化されたハードウェア抽象化が不可欠な車載アプリケーションで使用されています。このソフトウェアは、類似の移植性と確定性に関する要件が適用される一部の産業用アプリケーションでも採用されています。

MCAL 採用を推進するいくつかの主な検討事項：

1. ハードウェア非依存性：MCAL はアプリケーション コードをマイコン固有の詳細から分離することで、ソフトウェアの再作業を最小限に抑えながら車両システムを新しいマイコン ファミリーへ移行することを可能にし、プラットフォーム間や製品世代間で設計を展開する際に、開発リスクとコストを削減します。
2. 機能安全サポート：MCAL ドライバは、AUTOSAR 仕様に基づく事前検証と文書化を実施済みです。その結果、ISO 26262 準拠の取り組みを直接サポートし、個別のプロジェクト チームに負担をかける可能性のある認証の余計な負荷を軽減できます。

3. リアルタイムの確定性とベンダの柔軟性: MCAL は、ハードウェア ペリフェラルへの予測可能かつ低レイテンシでのアクセスを提供すると同時に、サードパーティーの複数のハードウェアやソフトウェア ベンダと統合できるため、単一のサプライヤ エコシステムへの依存を回避できます。

特に、MCAL の価値は、完全な AUTOSAR スタックの展開に依存しないという点です。開発者は、MCAL の標準化されたハードウェア抽象化レイヤを単独で導入できるため、上位層アーキテクチャの柔軟性を維持しつつ、事前検証済みドライバの恩恵を受け、開発工数を削減し、プロジェクト間でのコード移植性を効率化できます。したがって、MCAL は、厳密な AUTOSAR 環境の外で稼働するチームにとっても、特に設計を迅速に反復する場合や、リソースに制約のあるシナリオでソフトウェアを開発する場合にも、実用的な選択肢になり得ます。

2.3 AUTOSAR のアプリケーション

AUTOSAR は、最新の車載ソフトウェア開発のバックボーンとして機能します。AUTOSAR の安全準拠アーキテクチャと確定的なスケジューリングは、パワートレインやシャーシ制御のようなミッションクリティカルなシステムにとって不可欠です。ADAS と自動運転向けに、AUTOSAR は構造化センサ フュージョンと効率的な高帯域データ管理を実現します。さらに、ボディ エレクトロニクス アプリケーションとライティング アプリケーションは、標準化されたソフトウェア アーキテクチャを採用することにより、コスト上の利点を大きく享受できます。OEM が特定の ECU または車両システムに AUTOSAR 実装を義務付けられる主な理由は、機能安全、確定性、マルチベンダの相互運用性などの各種要因です。

OEM の観点から見ると、サプライチェーン全体にわたって AUTOSAR への準拠を要求することは、リスク低減とコスト管理の戦略です。共有アーキテクチャ標準は、インターフェイスの定義と統合のための共通言語を提供し、ベンダのロックインを削減し、既存の車両プラットフォームに新しい部品を組み込むために必要なエンジニアリング作業を簡素化します。さらに、AUTOSAR コンソーシアムの共同構造により、規格が業界の課題に合わせて進化しつつ、多様な組織や技術スタックにも実装可能な状態を維持しています。

3 MSP マイコン向け MCAL パッケージ

テキサス・インスツルメンツは、Arm Cortex-M0+ と Arm Cortex-M33 の両方のプラットフォームを含む MSP マイコン製品ラインアップ全体での車載ソフトウェア開発を迅速化するために設計された、包括的な AUTOSAR Classic 4.3.1 準拠 MCAL パッケージを提供しています。このパッケージは、通信プロトコル (CAN、LIN)、I/O 制御 (GPIO、PWM)、タイミング、アナログ処理 (ADC)、メモリおよびクロック管理に及ぶ、標準的な AUTOSAR MCAL モジュールの全範囲を網羅しています。これらの標準的な MCAL モジュールに加え、標準的な AUTOSAR 仕様では対応できていない TI 独自のハードウェア機能を公開する独自の複合デバイスドライバ (CDD) も含まれています。MSP デバイス用の CDD には、I2C、UART、DMA が含まれます。CAN ドライバは、標準的な CAN と CAN-FD 両方のプロトコルを、完全なプロトコル スタックの統合によってサポートします。一方、LIN ドライバは、コマンド モードとターゲット モードの両方をサポートしており、柔軟なネットワーク構成を可能にします。すべてのドライバは事前検証済みであり、AUTOSAR Classic BSW スタックとの互換性があるほか、業界標準のツールチェーンとの統合が可能です。MSP-MCAL パッケージは、ISO 26262 の ASIL-B レベルまで準拠しています。

3.1 ライセンス モデル

テキサス・インスツルメンツの MSP-MCAL パッケージは、完全にロイヤリティフリーのドライバ ライブラリとして提供されます。サードパーティー ベンダが提供する MCAL と BSW のライセンスコストが多額で、単位あたりの経常費用が発生する可能性がある業界では、TI のロイヤリティフリー モデルを使用すると、この負担を完全に排除できます。デフォルトの **as-is MCAL** パッケージ製品では、生産量にかかわらず単位あたりの料金は発生せず、定期的なライセンスコストも、ロイヤリティ義務もなく、ライセンス料の支払上限やスレッショルドも一切発生しません。お客様は、TI によるソフトウェア ライセンスコストの追加なしにプロトタイプから量産までをスケールできます。そのため、総保有コストを当初から低く抑えられ、かつ完全に予測可能になります。

このロイヤリティフリー モデルは、プログラムの収益性に具体的な影響をもたらします。ECU の生産が数百万台に達する可能性のある大量の車載プログラムでは、単位当たりの MCAL ライセンス料がないことは、生産量に伴う直接的でスケラブルなコスト削減を意味します。事前検証済みの MCAL ドライバが実現する開発および認定作業の低減と組み合わせることで、TI の MCAL パッケージは、AUTOSAR への準拠、安全認証サポート、ハードウェア抽象化の品質に関して妥協することなく、事前エンジニアリングの節減と長期的な製造コストの利点を実現します。

3.2 サポート モデル

TI は、MCAL から BSW への統合境界を通じて、MCAL レイヤに対する包括的な直接技術サポートを提供しています。この範囲内で、TI は、AUTOSAR 4.3.1 仕様に基づく MCAL ドライバ機能、EB tresos® プラグインによる構成、AUTOSAR SWS ドキュメントへの API 準拠、バグ修正、デバイス固有のエラッタ回避方法、性能の最適化、MCAL 構成のメモリ フットプリントのガイダンスを対象としています。また、TI は、TI MCAL ドライバを主要なサードパーティーの BSW スタックに統合するためのベストエフォート ガイダンスも提供しており、お客様は AUTOSAR スタックを柔軟に選択できるほか、十分にサポートされた統合パスを維持できます。

MCAL から BSW への統合境界を超えるサポートは、TI の対応範囲から明確に除外されています。BSW モジュールの開発とサポート (たとえば、CanIf、ComM、NvM、DEM、DCM) は、選択した AUTOSAR BSW ベンダまたはインテグレータが責任を負います。RTE の生成と構成、アプリケーション ソフトウェアの開発、全体的なシステム統合、検証、ISO 26262 のシステム認証は、引き続き最終開発者の責任となります。

4 MSP の拡張性とエコシステム

テキサス・インスツルメンツは、コスト最適化されたエントリレベル マイコンと、高性能でセキュリティを重視したプラットフォームとの間のギャップを埋めるために設計された、統合型ソフトウェア基盤を提供しています。MCAL を MSP 製品エコシステムに統合することで、TI はさまざまなプロセッサ アーキテクチャ間のシームレスな移行を可能にしています。これにより、シンプルな制御タスクから、複雑な安全性重視の車載または産業用アプリケーションまで、プロジェクトの要件が変化した際に、開発者は一貫性のあるソフトウェア アプローチを維持できます。

4.1 プラットフォームの拡張性

MSP-MCAL パッケージは、MSPM0 および MSPM33 の両方のアーキテクチャにまたがる効率的な抽象化レイヤを通じて、プラットフォームの拡張性を実現します。現在、MSPM0 と MSPM33 の両方に対応する個別のパッケージがあります。それぞれの MSP-MCAL ソフトウェア パッケージを使用することで、開発者はコスト最適化されたバリエーションと高性能デバイスのバリエーションの両方でアプリケーション コードを再利用でき、異なる製品シリーズ間で設計を移行する際のエンジニアリング リワークを大幅に最小化できます。

この拡張性を推進する 2 つの主要な柱があります。1 つ目、「ソフトウェアの移植性」は、ハードウェア固有の詳細を抽象化する標準化されたペリフェラル インターフェイスによって実現され、これによりアプリケーション層は、下位層の実装が異なっても独立した状態を維持できます。2 つ目、MSP 製品シリーズ全体での「ハードウェアの整合性」は、IP レベルとピン間のパッケージ オプションの両方で実現され、これにより参入障壁が軽減され、移行パスが簡素化されます。これらの機能を組み合わせることで、市場投入までの期間を短縮し、全体的な開発コストを削減し、エントリレベルの設計から高性能で機能豊富なシステムまでシームレスな製品ラインをスケールリングすることができます。

4.2 ソフトウェア エコシステムと統合

MSP マイコン エコシステム全体は、主に MSP SDK で構成されています。この SDK は、汎用の組込み開発のためのドライバライブラリ、ミドルウェア、コード サンプル、RTOS サポートを提供します。このエコシステム内で、MCAL は、ペリフェラルへのアクセスを抽象化するハードウェア依存ドライバを提供することで、専門的な役割を果たしており、上位層のソフトウェアをハードウェアに完全に依存しない状態に維持できます。

MSP-MCAL は、標準的な MSP SDK とは異なる独立したパッケージであることを認識することが重要です。この SDK は汎用の組込み開発向けに設計されていますが、MCAL パッケージは AUTOSAR 準拠アプリケーション向けに特別に設計されています。

5 はじめに

MCAL を車載ソフトウェア スタックに正常に統合するには、ツールチェーン、メモリの割り当て、アーキテクチャの境界に関する慎重な計画を立てる必要があります。このセクションでは、パッケージの検索、開発環境の設定、およびシステム リソースの最適化に関する概要ガイダンスを提供します。

5.1 インストールとセットアップ

MSP-MCAL パッケージは、TI.com からセキュア リソースとしてダウンロードできます。インストールとセットアップ時の詳細なガイダンスについては、MCAL パッケージ ダウンロードに含まれている MCAL ユーザー ガイドを参照してください。

予測可能な動作と最適なコード生成を実現するために、MCAL は業界標準コンパイラで検証されています。ユーザーは、リソースに制約のある車載 ECU でリーニングメモリプロファイルを維持するために不可欠な未使用コードをリンカが除去できるように、ツールチェーンが必要な最適化フラグ (関数セクションの除去や **short-enum** サポートなど) をサポートしていることを確認する必要があります。

MSP-MCAL パッケージは高度にモジュール化されており、開発者は ECU の特定の要件に合わせてソフトウェアのフットプリントをカスタマイズできます。スイート全体を有効にするのではなく、開発者はアプリケーションに必要な特定のモジュールのみを有効にする必要があります。さらに、ランタイムの柔軟性の必要性和、フラッシュメモリの使用量を最小限に抑える要件とのバランスをとるために、PRE-COMPILE と POST-BUILD の構成バリエーションの選択は、戦略的に行う必要があります。

注

TI は、MSP MCAL パッケージでの評価と開発を行うために、Elektrobit の EB tresos ツールの使用を推奨します。このツールのインストールとセットアップを行うには、最初に TI からライセンスを取得する必要があります。詳細については、「MCAL ユーザーガイド」を参照してください。

5.2 実装のヒント

車載システムが主要な機能と将来の更新 (OTA 更新や診断拡張など) の両方に対応できるようにするには、効果的なメモリ管理が重要です。

スケーラブルなアーキテクチャを維持し、コードフットプリントを最適化するには、開発者はいくつかの重要な最適化手法を採用する必要があります：

- **選択モジュールの有効化:** この設計に実装されている特定のペリフェラル セットに必要なドライバのみを有効にします。
- **最適化フラグ:** コードがフラッシュと RAM に及ぼす影響を最小限に抑えるため、セクションの除去とデータ圧縮には、コンパイラ固有のフラグを利用します。
- **機能のチューニング:** AUTOSAR 仕様で許可されている場合は、本番ビルドで必須ではない診断機能またはエラー検出機能 (DET など) を無効にして、メモリを再利用します。
- **DMA の活用:** SPI や ADC などの高帯域幅ペリフェラルの場合、DMA 対応のドライバのバリエーションを利用して、CPU の使用率やスループットを最適化します。その際、RAM 割り当ての段階的な増加を考慮します。

新しい設計の実現可能性調査を実施する際、エンジニアは、MCAL、選択した AUTOSAR BSW スタック、アプリケーションロジック、ならびにキャリブレーション データおよびブートローダーの要件のための十分なバッファを考慮に入れた「メモリバジェット」を策定する必要があります。フィールドの更新に十分なヘッドルームを残すフラッシュ使用率のスレッシュホールドをターゲットにし、製品のライフサイクル全体にわたって製品の寿命を維持することをお勧めします。

リソース

- [MSPM0 MCAL パッケージをダウンロード](#)
- [MSPM33 MCAL パッケージをダウンロード](#)
- [EB tresos® ツールのダウンロード ページ](#)
- [EB tresos® ライセンスのリクエスト](#)

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みいかなる保証も、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、TI は一切の責任を拒否します。

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