

Technical White Paper

TI の高性能ネットワーク処理アクセラレータ (NPAC)



概要

ソフトウェア定義車両や自動運転などの新しい車両アーキテクチャと技術には、電気 / 電子 (E/E) アーキテクチャの抜本的な再設計が必要です。つまり、高度に分散したアーキテクチャから、ドメイン ベース、ゾーン ベース、またはそれらを組み合わせたハイブリッドのアプローチへの移行が求められます。これらの新しいアーキテクチャでは、車載ネットワークに求められる性能とセキュリティの要件が大幅に高くなります。こうした要件の高まりに対応する最も効率的な方法は、テキサス インスツルメンツ (TI) のネットワーク処理アクセラレータ (NPAC) のような、ハードウェア ベースの専用アクセラレータを使用することです。TI の NPAC は、ネットワーク タスクとセキュリティ タスクを、メインの処理コアから専用のハードウェアアクセラレータとプログラマブルな RISC-V コアにオフロードします。

目次

1 概要.....	2
1.1 ゾーン アーキテクチャ.....	2
2 ネットワーク処理アクセラレータ (NPAC).....	3
2.1 NPAC アーキテクチャ.....	4
2.2 NPAC のユース ケースの例.....	4
2.3 NPAC の機能と特長.....	6
3 まとめ.....	6

商標

Jacinto™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

自動車業界は今、自動車の発明以来最も大きなアーキテクチャの変革期を迎えています。ソフトウェア定義の車両、パワートレインの電動化、48V システム、X-by-wire 技術、AI を活用したアシスタント、自動運転などの技術によって、安全性、性能、効率が向上し、乗員と車両との関わり方が根本から変わりつつあります。

これらの新しい技術をサポートするには、基盤となる車両の電気 / 電子 (E/E) アーキテクチャを完全に再設計する必要があります。従来の分散型 E/E アーキテクチャは、時間とともに、最大 150 個の電子制御ユニット (ECU) と数千メートルの配線からなる複雑なネットワークへと発展してきました。各 ECU は独自のハードウェアとソフトウェアで動作し、複雑で高コストな配線ネットワークを介して接続されています。このように分散した ECU 全体でソフトウェアを管理することは、本質的に難しく、コストもかかります。簡素化に向けた最初の取り組みは、電子機器を機能ごとにまとめるドメイン ベース アーキテクチャの採用でした。これにより複雑さは軽減されましたが、ハイエンド車両では依然として ECU の数が 100 個に達することもあります。E/E アーキテクチャをさらに簡素化し、ソフトウェア デファインド ビークルや自動運転などの新しい技術を実現するために、自動車メーカーはゾーン ベース アーキテクチャへの移行を進めています。

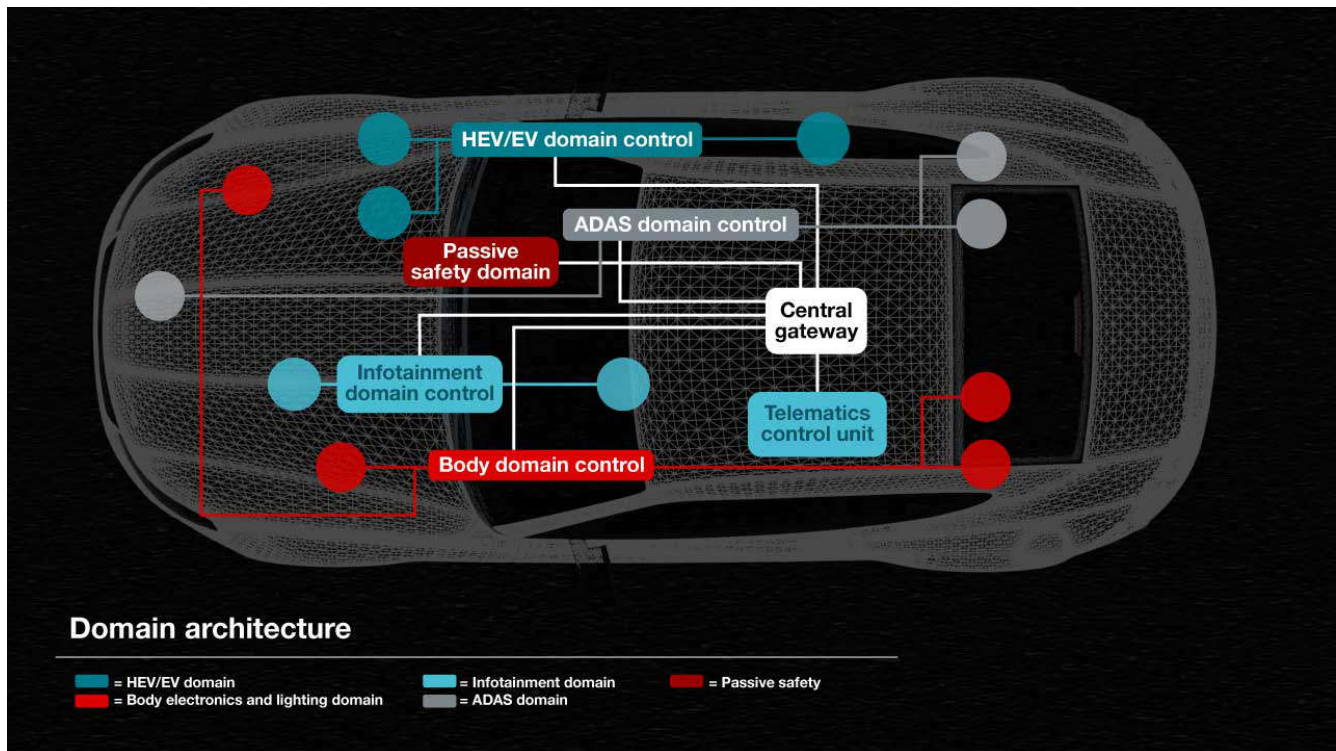


図 1-1. 分散処理と、高コストで複雑な配線ネットワークを採用したドメイン アーキテクチャ

1.1 ゾーン アーキテクチャ

ゾーン アーキテクチャでは、電子機器を機能ではなく場所ごとに構成し、車両を左フロント、右フロント、左リア、右リアなどのゾーンに分割します。各ゾーンは、高速イーサネットを介して高性能コンピューティング (HPC) モジュールに接続されています。車両の処理の大部分は、このモジュールで行われます。各ゾーンにはゾーンコントローラがあり、ゾーンと HPC モジュールの間でやり取りするセンサ データと制御データのローカル処理、パケット化、ルーティングを行います。

ゾーンと HPC モジュールのそれぞれで実行する処理量は、アーキテクチャの選択と実行する機能によって異なります。たとえば、レイテンシを最小限に抑えたりコストを削減したりするには、特定の機能について、処理を HPC モジュールにルーティングするよりも、ゾーン内で処理するほうが適切な場合があります。

ゾーン アーキテクチャには、次のような利点があります：

- ECU の数と複雑さを低減：管理、統合、セキュリティ保護の対象となる部品が少なくなります
- コストの削減 - ケーブル配線の削減、ワイヤ ハarnessの簡素化、部品点数の削減
- ソフトウェア アップデートが容易：OTA アップデートは数十個の ECU に個別に適用せず、一回の適用で済みます

- サービスの機敏性 - ハードウェアを再設計しなくても、ソフトウェアで新機能を追加できます

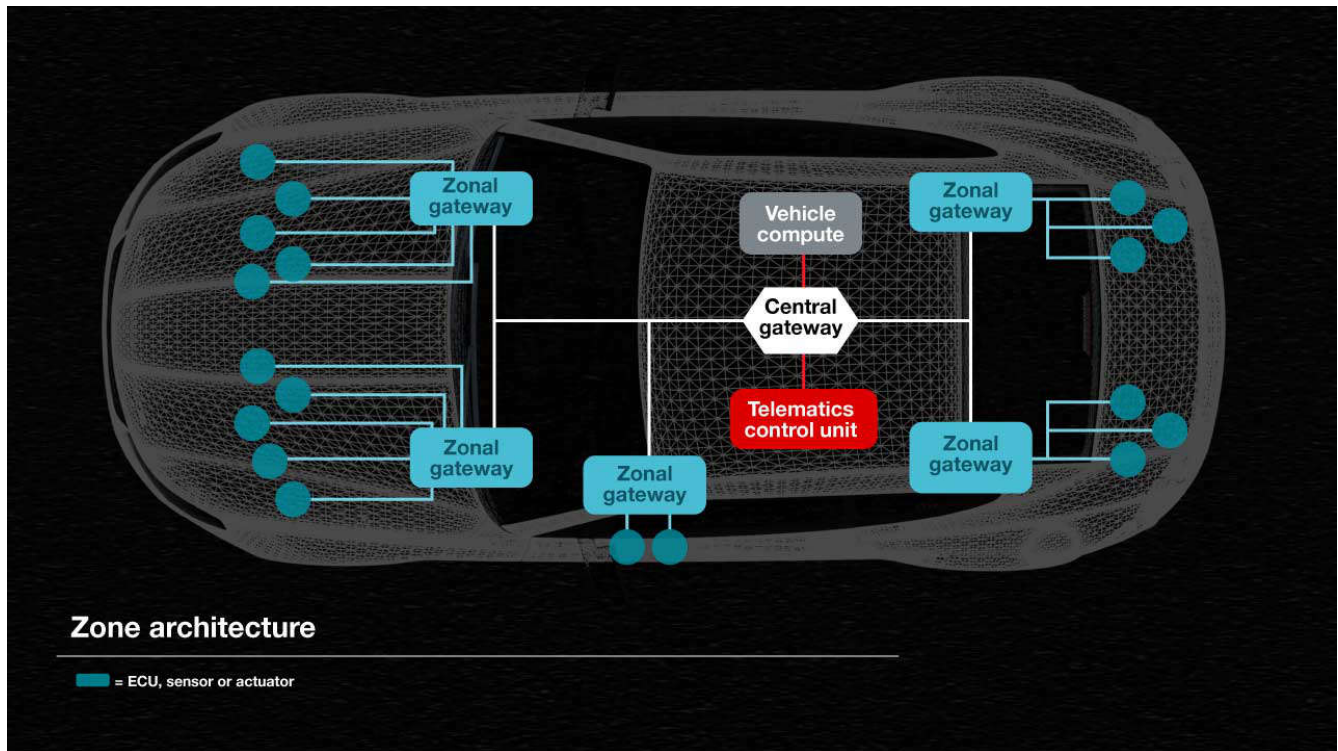


図 1-2. 集中処理と簡素化された高速イーサネット ネットワークを採用したゾーン アーキテクチャ

ゾーン アーキテクチャを採用すると、車載ネットワークに求められる性能が大幅に高くなります。センサ データを集約して HPC モジュールに送信して処理し、コマンドをリアルタイムで返す必要があります。車載ネットワークは、安全性が重要なブレーキやステアリングから、オーディオや車内照明などの利便性機能まで、多様なアプリケーションを同時にサポートする必要があります。これらのアプリケーションは、それぞれ帯域幅とレイテンシの要件が異なります。このように種類の異なるトラフィックが混在する中で、サービス品質と優先度のアービトレーションを管理することは、設計上の重要な課題となります。

高まる車載ネットワーク性能の要件に対応する最も効率的な方法は、ハードウェア ベースのネットワーク アクセラレータとセキュリティ アクセラレータを使用することです。ハードウェア ベースのアクセラレータは、ネットワーク、暗号化、ファイアウォールの各機能を低消費電力かつ決定論的にオフロードし、車両のコンピューティング リソースをほかのアプリケーションに使えるようにします。

2 ネットワーク処理アクセラレータ (NPAC)

テキサス インストルメンツ (TI) のネットワーク処理アクセラレータ (NPAC) は、ネットワーク タスクとセキュリティ タスクをメインの処理コアからオフロードする、高性能なネットワーク処理エンジンです。NPAC は、専用のハードウェア アクセラレータ、メモリ、ルックアップ テーブル、プログラマブルな RISC-V コアで構成されています。このように決定論的なハードウェア IP ブロックとプログラマブル コアを組み合わせることで、高スループット、低消費電力、低レイテンシの packets 処理が可能になり、幅広いネットワーク アプリケーションをサポートできます。

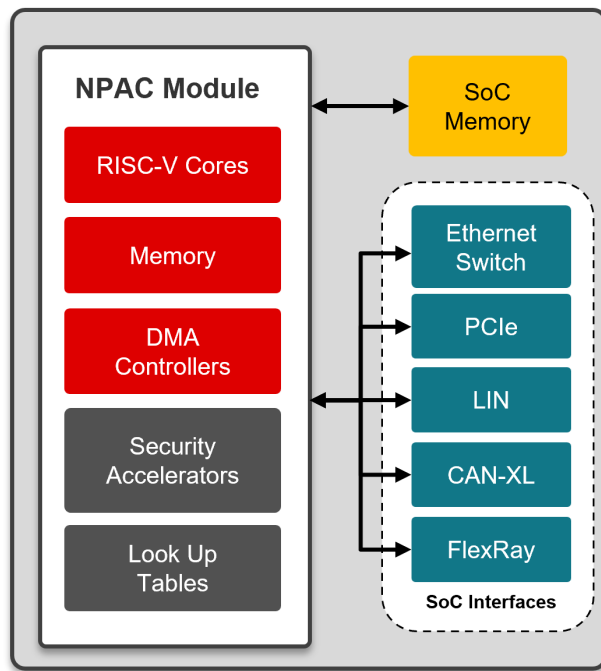


図 2-1. TDA54x NPAC のブロック図

NPAC の機能またはアプリケーション:

- 毎秒数百万パケットを処理
- L3 (IP)、L4、VLAN のルーティングとゲートウェイのサポート
- セキュリティ オフロード (IPSec、SSL、TLS、SecOC など)
- ファイアウォール、アクセスコントロールリスト (ACL)、パケット インスペクション
- パケット化とパケット化解除のオフロード
- カスタマイズ可能な定義済みコード例
- グラフ ベースのプログラミング フレームワーク

2.1 NPAC アーキテクチャ

NPAC は、ネットワーク タスクを「ノード」と呼ばれる一連の関数またはステップに分割する、ラン トゥ コンプリション方式のベクタ パケット処理 (VPP) モデルを実行します。各ノードは、スケジューラによってハードウェア アクセラレータまたは RISC-V コアに割り当てられ、処理されます。ノードは割り当てられたタスクを完了するとスケジューラに通知し、スケジューラは RISC-V コアとともに次の一連のタスクを統括します。

ネットワーク処理を一連の独立したノードに分割すると、一つのパケットを最初から最後まで処理する場合に比べて、いくつかの利点があります。利点としては、低レイテンシ、高スループット、パケットの並列処理、制御プレーンとデータプレーンの分離、定義済みネットワーク機能のライブラリによるモジュール型プログラミングのサポートなどがあります。

代表的な NPAC アプリケーションとしては、IP、レイヤ 4、VLAN のルーティング、ゲートウェイ (CAN からイーサネットへのネットワークブリッジングなど)、パケット化とパケット化解除、パケットの暗号化、復号化、認証、ファイアウォール サービスなどがあります。これらのネットワーク アプリケーションの多くは、SoC の処理コアからまったく独立して実行できます。

NPAC は、専用の低レイテンシ パケット バスを介して、イーサネット スイッチ、PCIe コントローラ、CAN コントローラ、SoC メモリに接続します。専用のハードウェア IP ブロックがすべてのトラフィックフローを SoC コアから独立して処理するため、割り込みが不要になり、パケットのレイテンシを最小限に抑えられます。

NPAC では、直感的なグラフ ベースのプログラミング GUI を使用して動作を設定します。NPAC をプログラムするには、定義済みのネットワーク機能 (ノード) のリストから必要な機能を選択し、それらを直列につなげます。各ノードは簡単に設定でき、新しいカスタム ノードをライブラリに追加することもできるため、NPAC でカスタム ネットワーク アプリケーションをサポートできます。より細かなプログラミングが必要な高度なアプリケーションでは、NPAC を C で直接プログラムすることもできます。

2.2 NPAC のユース ケースの例

図 2-2 に、NPAC に実装したアクセス コントロール リスト (ACL) フィルタを示します。ACL フィルタは、定義済みの一連のセキュリティ ルールに基づいて、ネットワーク インターフェイスに出入りするトラフィックを許可または拒否します。この例では、オンチップ イーサネット スイッチからのイーサネットトラフィックが、専用の低レイテンシ パケット バスを介して NPAC に送信されます。トラフィックはその後、IP フレームにパケット化解除され、認証と復号化を経て ACL フィルタを通過しま

す。これにより、許可されたパケットだけが通過できます。次にルーティング ルックアップが実行され、パケットは追加処理のために SoC の処理コアにルーティングされるか、イーサネット ネットワーク経由で送信されます。

図 2-3 に、ゾーン コントローラ ゲートウェイで一般的に使用される CAN パケット プロトコル データ ユニット (PDU) のルーティング機能を示します。受信した CAN パケットは、復号化と認証の後、AUTOSAR PDU ルーティング テーブルに基づいてルーティングされます。

ACL フィルタと PDU ルーティングのどちらの例でも、すべてのパケット処理は SoC の処理コアを使用せずに行われます。

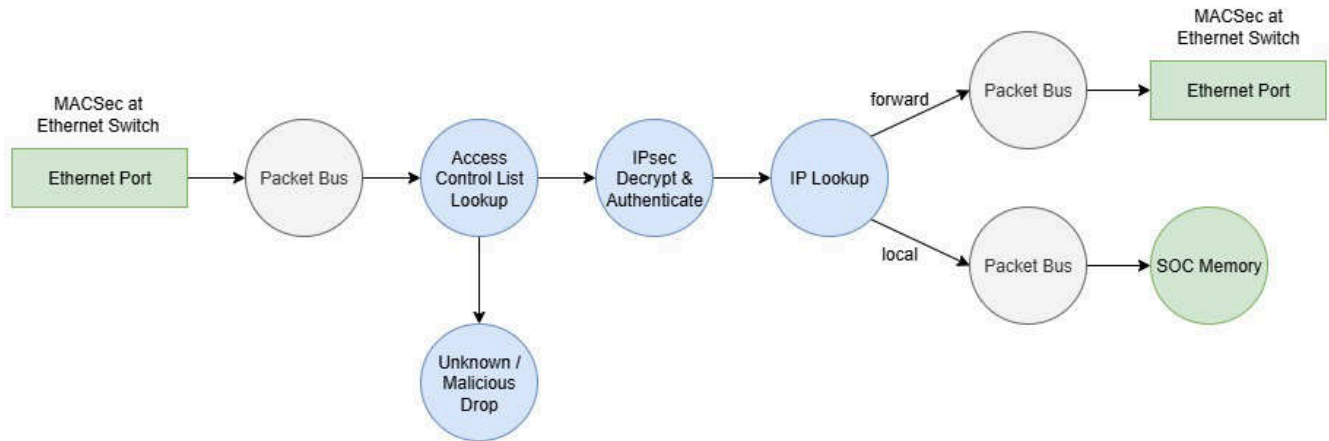


図 2-2. NPAC ACL フィルタの実装

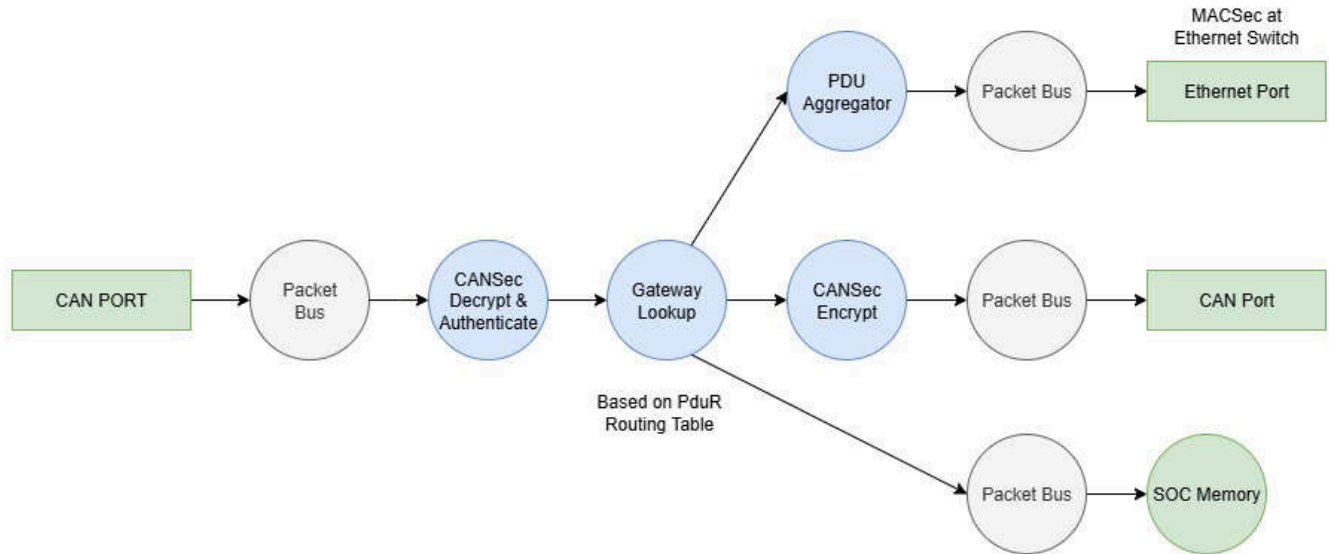


図 2-3. NPAC CAN PDU ルーティングの実装

2.3 NPAC の機能と特長

表 2-1. 機能と利点

NPAC 機能	コメント
オフロード処理	ネットワーク機能を NPAC にオフロードすることで、SoC コアをほかのタスクの実行に使えるようになります。
多機能	L3 (IP)、L4、VLAN のルーティング、ゲートウェイ、パケット化、パケット化解除、暗号化、復号化、認証、ファイアウォール フィルタリングなど、複数の機能をサポートします。
プログラム可能	専用のハードウェア アクセラレータとプログラマブルな RISC-V コアを組み合わせることで、お客様はネットワーク機能を簡単に設定し、カスタマイズできます。
低消費電力 低レイテンシ	固定機能ハードウェアと高速パケット バスにより、消費電力とレイテンシを低減します。
パケット ルーティング	L3 (IP)、L4、VLAN ルーティングのオフロード
パケット化とパケット化解除	パケット化とパケット化解除のオフロード: システム メモリにパケット バスで直接接続するため、SoC での処理が必要な場合もレイテンシが短縮され、スループットが向上します。
ファイアウォールとパケット フィルタリング	アクセス コントロール リスト (ACL) によるフィルタリングとパケット インスペクションをサポートし、許可されたエリアにのみトラフィックをルーティングします。
暗号化、復号化、および認証	専用の低レイテンシ暗号化アクセラレータが、CANsec、IPsec、TLS、SecOC などの暗号化規格をサポートします。
グラフィック ベース プログラミング GUI	直感的でプログラムしやすいグラフィカル モデルにより、NPAC の機能をカスタマイズできます。定義済みノードとカスタム ノードのライブラリにより、対応できるユース ケースが最大限に広がり、NPAC のプログラミング時間を短縮できます。
スケーラブルなアーキテクチャ	共通のハードウェア アーキテクチャ上でコードの互換性を維持しながら、ゾーン ゲートウェイからセントラル コンピューティング ゲートウェイまで、ネットワーク性能を拡張できます。

3 まとめ

まとめると、次世代の車両技術をサポートするためにゾーン ネットワークなどの新しい E/E アーキテクチャが採用されるにつれ、ネットワークに求められる性能とセキュリティの要件が高まっています。TI の NPAC のような、ハードウェア ベースのプログラマブルなネットワーク アクセラレータは、性能要件を満たしながら、コンピューティング リソースをほかのタスクに使えるようにする最も効率的な方法です。TI の NPAC アーキテクチャはネットワーク要件に応じて拡張でき、高性能 ADAS プロセッサの TDA5x Jacinto™ ファミリーや、TI のマイコン ゾーン コントローラに搭載されています。

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