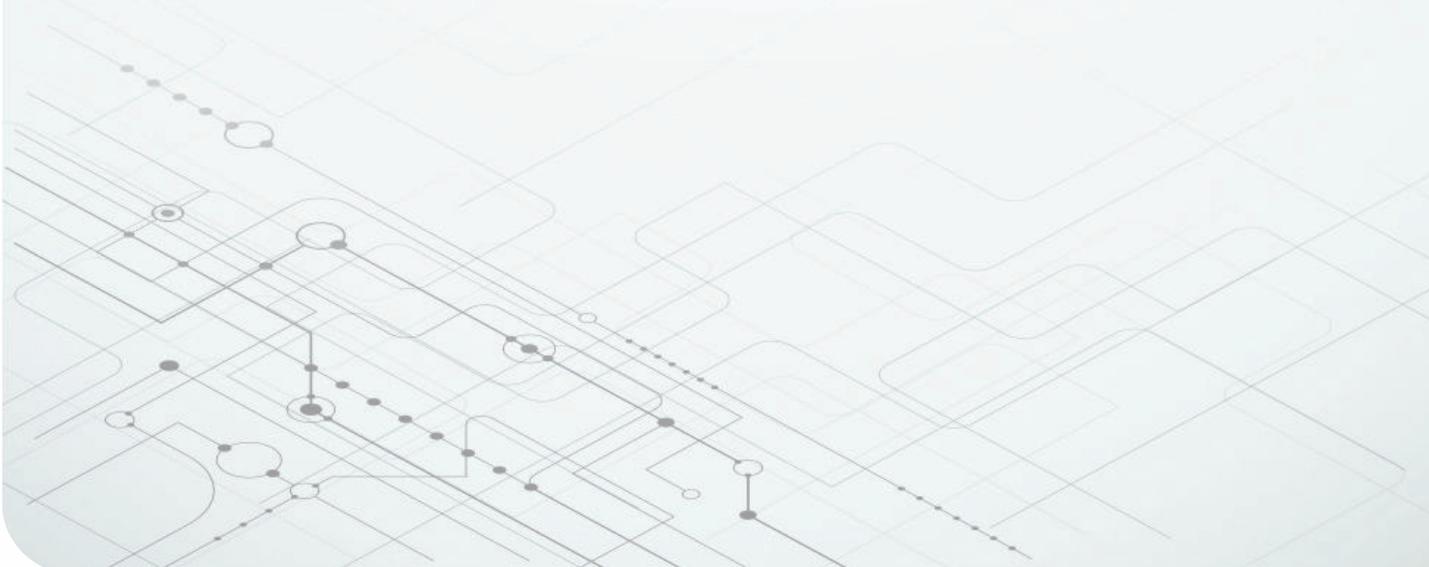


車載用電子機器の未来を順調に移行させるソフトウェア定義自動車



Donovan Porter
Systems Manager
Body Electronics and Lighting

Yannik Muendler
Systems Engineer
Advanced Driver Assistance Systems



このホワイトペーパーでは、ソフトウェア定義自動車とゾーンアーキテクチャを活用し、よりスマートで、より安全な、よりエネルギー効率の優れた自動車を開発する方法について説明します。ソフトウェアを一元化し、ソフトウェアからハードウェアを分離することで、更新を容易にし、コストを削減し、新機能を実現します。

概要



1

ドメインベースの自動車とソフトウェア定義自動車

ドメインベースとソフトウェア定義自動車のアーキテクチャの違いをご確認ください。



2

ソフトウェア定義自動車を実現する新しいテクノロジー

ソフトウェア定義自動車が、デジタル ツインのようなテクノロジーを強化し、自動車性能を最適化する方法をご確認ください。



3

ソフトウェア定義自動車とゾーンアーキテクチャに関する多様なアプローチ

特定の設計要件に基づいて自動車ソフトウェアを一元化するためのさまざまなアプローチを理解してください。

はじめに

自動車 OEM (Original Equipment Manufacturers) は、乗員体験の向上と無線更新の簡素化、設計コストと製造コストの削減、詳細車両データの収集、新しい収益源の創出に継続的に取り組んでいます。ただし、現在のドメインベースの自動車アーキテクチャは、これらのニーズを簡単かつ効果的に満たす装備がないため、ソフトウェア定義自動車とゾーンアーキテクチャへの移行が進んでいます。ソフトウェアを一元化し、ソフトウェアからハードウェアを分離することで、ソフトウェ

ア定義自動車は、よりスマートで、より安全な、よりエネルギー効率の優れた自動車を開発する次のステップになります。

ドメインベースの自動車とソフトウェア定義自動車

今日のドメインベースのアーキテクチャが非効率的なのは、自動車メーカーがワイヤレス更新を通じて容易に維持できるスケーラブルなソフトウェアを提供している点です。ドメインアーキテクチャは、[図 1](#) に示すように、自動車の機能の制御を、車載インフォテインメントや先進運転支援システム (ADAS) などのドメインにセグメント化します。

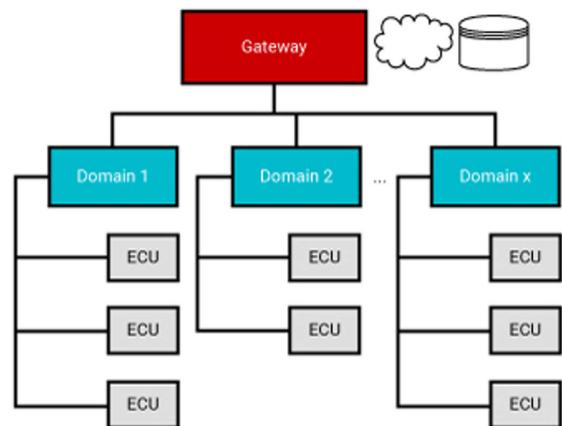


図 1. 自動車におけるドメインベースアーキテクチャの図表。

車両機能の制御を分割すると、複数のドメイン間で通信と制御が必要な可能性のある機能に対応するソフトウェア開発が複雑になります。これらのシステムは、さまざまな半導体サプライヤのさまざまなプロセッサおよびマイクロコントローラを使用するさまざまな Tier-1 サプライヤによって設計および製造されているため、そのソフトウェアを更新するのは困難です。車両機能を制御するソフトウェアも、ハードウェアと密接に結

合されています。OEM 各社は、特定の機能 (シート調整、駐車支援) を実行するために電子制御ユニット (ECU) を取り付け、各 ECU マイクロコントローラで特定用途向けファームウェアを実行します。また、これらの ECU は車両モデルやトリムによっても異なるため、製造コストと設計コストが上昇します。そのため、すべての車両モデル、トリム、個々の ECU にわたってソフトウェアを管理することは極めて大変なため、OEM 各社は複数の Tier-1 また場合によっては半導体サプライヤとも、新しいソフトウェア更新の実装に取り組む必要があります。

一方、ゾーン アーキテクチャを採用したソフトウェア定義自動車では、ソフトウェアを一元化することでワイヤレス更新を簡素化し、上位層のアプリケーション ソフトウェアから車両ハードウェアを分離し、車両モデルやトリムに対してコスト効率の優れたスケーラビリティを実現することで、ソフトウェアを通じて新機能を追加できる柔軟性を実現できます。

図 2 は、セントラル コンピューティング システム内のソフトウェアを一元化し、ゾーン制御モジュールを実装して、データの集約、負荷の起動、局所配電を行うゾーン アーキテクチャの例を示します。ゾーン アーキテクチャの詳細については、『ゾーン アーキテクチャによって実現する完全なソフトウェア定義の自動車』をご覧ください。

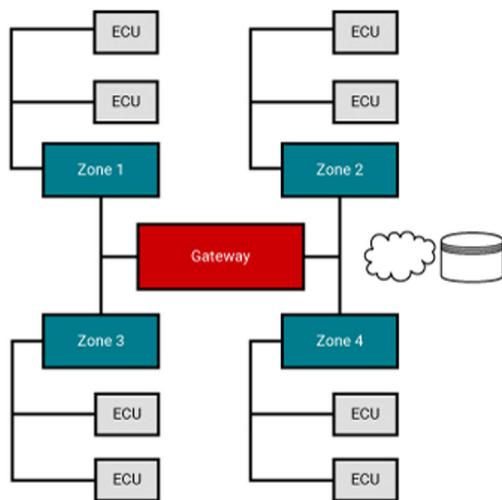


図 2. 自動車におけるゾーン アーキテクチャの図表。

ソフトウェア定義自動車が集中型ソフトウェアを採用する主な利点は、アプリケーション ソフトウェアをホストする ECU (電子

制御ユニット) の数を削減し、ファームウェアの変更が必要なプロセッサとマイクロコントローラの数減らすことで、ワイヤレス更新を簡素化することです。ダウンストリーム センサと機械式作動を制御する残りの ECU (ヘッドライト、ドア モジュール、オーディオ アンプ) はアプリケーション ソフトウェアから抽出されているため、新機能とアプリケーションを追加するには中央コンピュータまたはゾーン制御モジュール ソフトウェアのみを更新する必要があります。したがって、自動車ネットワークのエッジ側で機械式作動を実行する ECU とセンサでは、複雑なファームウェアの必要性が低下し、将来的にリアルタイム制御を中央コンピュータに完全に移行できます。

さらに、独自の用途に合わせて設計されたセンサやアクチュエータを転用して、新たな機能を創出することも可能です。その一例は、車内レーダー センサ向けの新しいアプリケーションを追加することです。当初は占有監視向けに設計されましたが、侵入や盗難検出、またシートベルト着用を求めるチャイム機能を実現できます。基本的に、OEM 各社は車両にすでに搭載されているハードウェアやセンサを使用して、新しい機能を実装する柔軟性が高まります。

最後に、図 3 に示すように、ソフトウェアはすべての車両プラットフォームにスケーリングできるため、開発コストをさらに削減できます。エコノミー レベルの自動車は、リモート キーレス エントリ、ウィンドウ リフト、後方視野カメラなどの機能のために、高級ブランドと同じソフトウェアを実装できます。

ラグジュアリー モデルは、ベースライン機能に加えて、ソフトウェアを通じてプレミアム機能を提供できます。ハードウェアの変更が必要になる可能性もありますが、全体的なアプローチはモジュール式であり、車両全体でスケーラビリティがあります。プロセッサとマイコンを追加または削除すると、中央コンピュータやゾーン制御モジュールで、計算能力のアップ / ダウンをスケーリングできます。

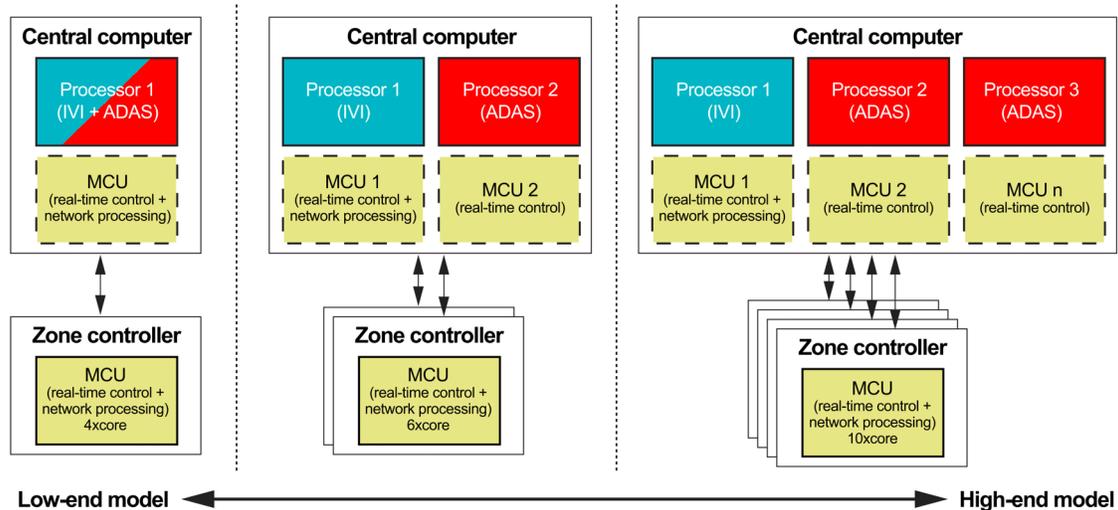


図3. ローエンドとハイエンドの車両モデル間の計算能力の比較。

自動車にシート マッサージ、ステアリング ホイール ヒーター、ロード ノイズ キャンセルなどの機能を実装するには、追加のハードウェアが必要です。ただし、これらの追加機能を制御するのに必要なのは、中央コンピュータまたはゾーン制御モジュール用のソフトウェア アップデートのみがです。最新のマイコンレス テクノロジーにより、センシングや機械的作動を一般的に管理する ECU のソフトウェアを簡素化したり、設計者が削除したりできるようになります。たとえば、シリアル パリフェラル インターフェイス (SPI) を使用する温度センサは、SPI 対応のマイコンレス通信 PHY と直接通信できます。このシナリオにおいて、マイコンレス PHY はマイコンを置き換え、統合型 CAN またはイーサネットトランシーバを搭載する可能性があるため、マイコンが SPI から CAN 信号に変換する必要性や、センサとの通信に一般的に必要なソフトウェアは不要になります。

ソフトウェア定義自動車を実現するためのハードウェア抽象化レイヤ

車両内のソフトウェアからハードウェアをデカップリングするには、さまざまな抽象化レイヤが必要です。標準化された API (アプリケーション プログラミング インターフェイス) を使用すると、さまざまな抽象化レイヤ間の通信が可能になり、アプリケーションのソース コードを複数の分散型 ECU で再利用でき

ます。最も低い抽象化レベルは、マイコン抽象化レイヤ (MCAL) です。

MCAL は、SDV で重要な役割を果たすものであり、基盤となるハードウェア パリフェラルの複雑さを抽象化する API を提供しています。また、タイマ、ADC、イーサネット サブシステム、上位レベルのソフトウェア層を含む **TDA4VH-Q1** プロセッサのような集中型コンピューティング SoC に統合されているハードウェア間のブリッジとして機能します。MCAL により、特定のハードウェアの詳細に縛られることなく、アプリケーションソフトウェアがハードウェアとの対話型動作を保證できます。この抽象化は、さまざまな自動車プラットフォーム間でソフトウェアの移植性を実現するために不可欠です。その結果、OEM は、複数のモデルや派生版にまたがるソフトウェア コンポーネントを最小限の変更で再利用できます。

上位レベルのソフトウェアと MCAL 間でインターフェイスするために、ECU 抽象化レイヤ (ECUAL) があります。ECUAL を使用すると、マイコンや周辺装置 (CAN トランシーバ、イーサネット PHY、SerDes デバイスなど) を含む利用可能なすべての ECU ハードウェアが、標準化された API を使用して上位レベルのソフトウェアにアクセスできます。

ソフトウェア定義自動車を実現する新しいテクノロジー

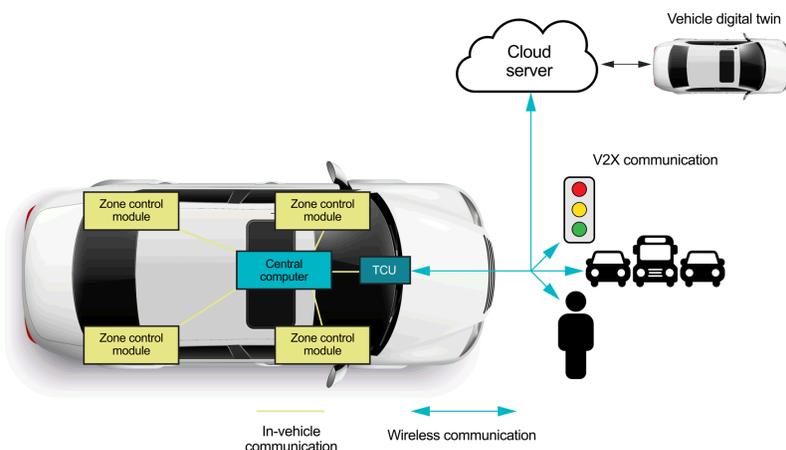


図4. クラウドとV2Xへのソフトウェア定義自動車のコネクティビティ。

ソフトウェア定義自動車は、OEM向けに新しいテクノロジーと収益源の創出を実現します。自動車がさらに多くの電子部品とセンサを統合する傾向が続く現状で、自動車性能、故障シナリオ、運転手の好みに関するデータがこれまで以上に手に入りやすくなっています。ソフトウェア定義自動車は、図4に示すように、収集機能や自動車データを安全に共有する能力を簡素化することで、デジタル ツインや車車間/路車間通信(V2X)機能をさらに向上させます。

デジタル ツイン機能(実世界システムの仮想表現)を使用すると、ソフトウェア定義自動車はデータをクラウドに共有して、時間の経過による電気自動車のバッテリーの状態や、さまざまな運転条件でのADASセンサ情報、さらに自動車機能の使用状況など、実際の性能を記録できます。このデータは、OEM各社が自動車の能力を最適化し、特に、ADASや自動運転のようなテクノロジーに関して、新しい課題を解決するために必要な時間を短縮するのに役立ちます。さらに、OEM各社は特定の車両モデルで共通の問題を特定し、大きな問題が発生する前に修正を提供できます。

デジタル ツインテクノロジーに加えて、車両データは、車両が、他の車両、人、インフラとの間で情報を共有し、安全性と交通の流れを向上させることができるため、V2X通信にも有用です。車線逸脱や車速などの情報を中央コンピュータから他の自動車に安全に共有すると、衝突回避機能を向上させるのに役立ちます。

最後に、OEM各社は、新たな収益源を創出する方法を引き続き模索しています。ソフトウェア定義自動車を使用すると、

OEM各社は車両内のソフトウェアを完全に制御できるため、ユーザー体験を差別化する機能を利用できます。OEM各社は、ソフトウェアを使用して実現できる特定の機能のサブスクリプションモデルを提供できます。機能には、シートヒーターのようなシンプルなものも、高度な運転安全機能のような複雑なものもあります。サブスクリプションは消費者にとって魅力的ではないかもしれませんが、消費者が最新の年式を購入する必要がなく、既存の自動車へのソフトウェア更新によって新しい機能を追加することができます。

ワイヤレスソフトウェアアップデートプロセス

ワイヤレス(OTA)またはファームウェアのワイヤレス(FOTA)ソフトウェアのアップデートを、実行対象の車両からアクセスできるセキュアなクラウドベースサーバーに対して、開発、テスト、アップロードする必要があります。したがって、車両は、集中型コンピューティングシステム、ゾーンコントローラ、またはエッジECUのどれであっても、アップデートをダウンロードして保存できる必要もあります。通常、アップデートを有効にするためにECUの再起動が必要な場合、アップデートプロセスは車両が安全状態の間に発生する必要があります。

アップデートが利用可能な場合、選択肢の1つとして、利用可能なアップデートをドライバーに通知し、車両が安全に駐車された後、ドライバーにアップデートの開始を確認させることが挙げられます。あるいは、車両の使用時間を追跡することで、システムはユーザーの介入なしにソフトウェアのアップデートを実行するのに最適な時間を推測できます。この間、車両が一時的に操作不能になる可能性があるため、ダウンタイ

ムを最小限に抑えるために、アップデートを効率的に完了する必要があります。アップデート中は ECU に電力供給を続ける必要があります。車両のバッテリー容量について検討する必要があります。リスクを軽減するために、ECU は現在のソフトウェアバージョンと新しいアップデートの両方をメモリに保存し、次の起動時に更新されたバージョンに切り替えられるように設計されている場合があります。アップデートが失敗した場合、システムは以前のソフトウェアバージョンに戻すことができ、車両の機能を継続できます。

車両の機能が複数の ECU に分散されている場合、注意深く計画されたアップデート キャンペーンを通じて更新を調整する必要があります。これらのキャンペーンには、システム全体の互換性とパフォーマンスを確保するために、影響を受けるすべての ECU にアップデート パッケージを展開することが含まれます。

ソフトウェア定義自動車とゾーン アーキテクチャに関する多様なアプローチ

各自動車メーカーは、ソフトウェア定義自動車を実現するために、独自のアプローチを採用しています。旧式の前世代型自動車プラットフォームにより、多くの OEM は集中型ソフトウェアアプローチにより適合した電気および電子ゾーン アーキテクチャへ徐々に移行することを余儀なくされています。

大半の OEM はゾーン アーキテクチャを開発していますが、**図 5** に示すように、自動車の機能を制御するソフトウェアをどこに配置するかを決定する際に、さまざまなアプローチがあります。

ソフトウェア制御を集中化するには、中央コンピュータ、中央コンピュータとゾーン制御モジュール間での共有、いくつかのド

メイン コントローラとゾーン制御モジュールへの分散の 3 つのオプションがあります。一部の OEM は ADAS や車載インフォテインメントなどの高性能コンピューティングドメインを集中化し、他のドメイン向けに付加的なアプリケーション処理を追加しています。ADAS や車載インフォテインメントドメインのほかに、リアルタイム制御はゾーン制御モジュールまたはエッジ ECU で実装されています。

集中型コンピューティング アプローチは、1 台のコンピュータが自動車のすべての機能を制御するので、OEM の観点では最も魅力的な場合があります。また、リアルタイム制御ループのレイテンシ (アクティブ サスペンション、ウィンドウ挟み込み防止) や、通信リンクに障害が発生した場合の機能安全に関して、さらに課題が生じることがあります。

分散コンピューティング アプローチでは、ソフトウェアの集中化、ゾーン制御モジュール内、または別々のドメインコントローラ内でも、あるアプリケーションとリアルタイム制御ソフトウェアの維持に向けてより緩やかな一歩を踏み出します。いずれのアーキテクチャでも、ゾーン制御モジュールの要件は、OEM に応じて、同じ自動車内でも異なります。あるゾーンでは、ボディのいくつかのリアルタイム制御 (暖房、換気、エアコン、シャーシの各機能) を処理することができ、もう 1 つのゾーンでは、ボディのその他の機能、照明や、車両制御ユニットアプリケーション ソフトウェアを処理することができます。最終的に、OEM 各社は、ハードウェアと機械式作動制御の待ち時間、車載ネットワーク機能、機能安全、セキュリティ、選択したアーキテクチャやその特定のゾーン制御モジュールの要件に合わせてソフトウェアを構成する方法のバランスを維持する必要があります。

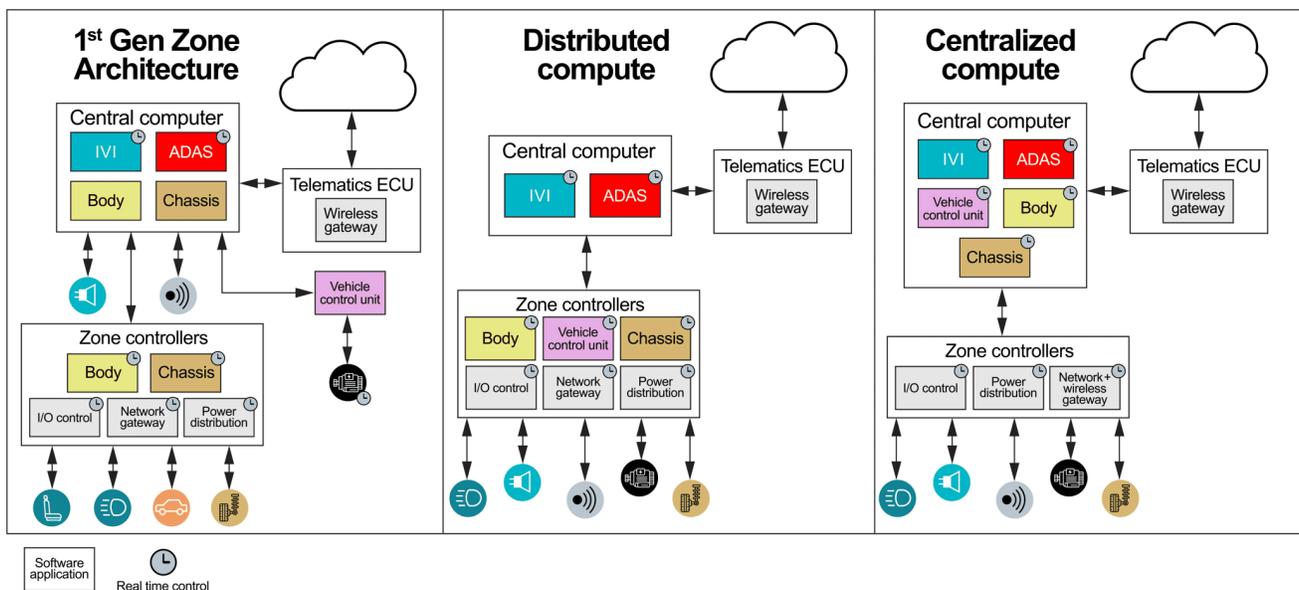


図5. 自動車アーキテクチャの種類の比較。

まとめ

ソフトウェア定義自動車は、自動車メーカーが、新しい自動車と機能の開発に必要な時間とコストの削減、自動車の寿命全体にわたって運転体験の継続的な向上、新しい収益源の創出を実現するための新しい機会を創出しています。アプローチは複数ありますが、自動車のソフトウェアの一元化とソフトウェアから自動車のハードウェアを抽出することが最優先事項になります。総じて、OEM はゾーン アーキテクチャやソフトウェア定義自動車を通して、よりスマートで、より安全な、よりエネルギー効率の優れた自動車の開発を加速します。

重要なお知らせ:ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated