

Design Guide: TIDA-020079

ゾーンのリファレンス デザイン



概要

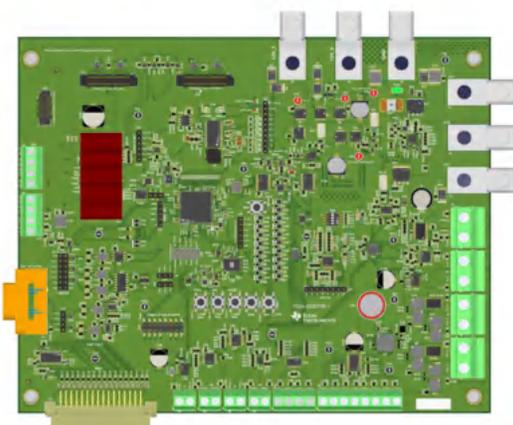
このリファレンス デザインでは、パワー ディストリビューション、負荷のアクチュエータ駆動、車内ネットワークなど、次世代ゾーン制御モジュールの重要な機能を示します。この設計は、機能安全準拠の PMIC およびマイコン (MCU) 設計、理想ダイオード コントローラを使用した冗長電源管理、安全な電力分配用のスマート eFuse を特徴とします。また、この設計には、ハイサイドドライバ、モータードライバ、構成可能ドライバ、Class-D オーディオ アンプなど、ゾーン制御モジュールで期待される負荷のアクチュエータ駆動のためのさまざまなオプションも搭載しています。このゾーンリファレンス デザインでは、イーサネット、CAN、LIN などの多様な通信プロトコルを提示し、イーサネット AVB、10BASE-T1S、CAN FD Light などの車載ネットワークテクノロジーの新しいトレンドを実現することができます。

リソース

TIDA-020079	デザインフォルダ
AM263P4-Q1、DP83TG721S-Q1	プロダクトフォルダ
TPS653860-Q1、TPS2HCS10-Q1	プロダクトフォルダ
DRV8245S-Q1、TIC12400-Q1	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。

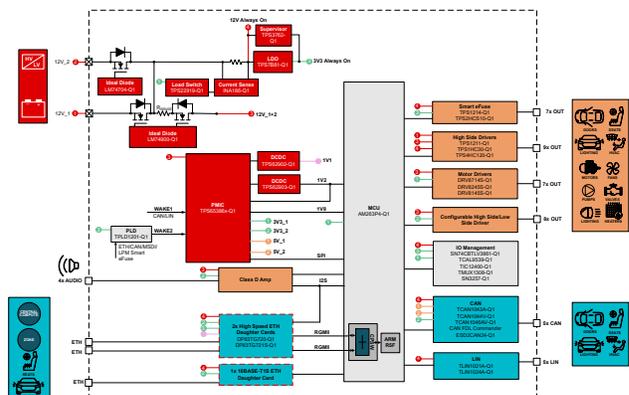


特長

- 以下のハードウェア プロトコルを実装してイーサネット リングトポロジを最適化できるように、イーサネット スイッチを内蔵したマイコン：
 - 802.1Qav、802.1Qbv、802.1cb (部分)、1588 TE、および 802.1Q ALE
- イーサネット PHY ハードウェア タイム スタンプ機能と、内蔵のメディア クロック調整機能を搭載した AVB イーサネット オーディオ サポート
- ASIL D 定格のマイコンと PMIC、システムのリンパ ホーム モード (LHM) 機能付き
- イーサネット、CAN、LIN、スマート eFuse、MSDI オフボードスイッチ入力からのウェークアップ機能搭載の低消費電力モード
- 最適化されたマイコン GPIO：
 - スマート eFuse とモータードライバの SPI デイジーチェーン
 - SPI および I2C IO エクスパンダ

アプリケーション

- ゾーン制御モジュール



1 システムの説明

自動車 OEM (メーカー) は、車内の位置に基づく制御モジュールとソフトウェアを集中型にするゾーンベース アーキテクチャへの移行を進めています。この結果、ワイヤレス更新、車両データの容易な収集、設計と製造のコスト節約、新しい収入の手段が可能になります。詳細については、『ソフトウェア定義自動車が車載エレクトロニクスの未来をギアシフト』と、『ゾーンアーキテクチャによって完全なソフトウェア定義自動車を実現する方法』についてのアプリケーション ブリーフを参照してください。このリファレンス デザインでは、入力電力の保護と分配、負荷ドライバ、通信、IO 管理など、ゾーン制御モジュール内の各種サブシステムを紹介します。

この設計では、12V の冗長入力を理想ダイオード コントローラと OR 接続し、12V の常時オンレールと、負荷の接続解除のための 2 番目の 12V レールを生成します。12V 常時オンレールは、PMIC、マイコン、スマート eFuse、CAN、LIN、ETH、および常時オン 3.3V LDO に電力を供給するために使用されます。12V 負荷切断レールは、ハイサイドスイッチ、モータードライバ、Class-D オーディオ アンプなど、常時オン動作を必要としない負荷ドライバに電力を供給します。加えて、この設計は構成可能な過電流保護機能とプログラマブル ヒューズ プロファイルを実現し、包括的な保護機能を備えたあらゆる負荷プロファイルに対してワイヤハーネスを最適化するスマート eFuse を紹介します。

このゾーンのリファレンスデザインでは、一般的なゾーン制御モジュールで使用できる複数の種類の負荷ドライバを紹介します。これには、ハイサイドドライバ、モータードライバ、構成可能なハイサイドまたはローサイドドライバが含まれ、モーター、ファン、ポンプ、バルブ、照明、加熱素子などの各種アクチュエータを駆動します。この設計では、過負荷および短絡保護、低電圧誤動作防止 (UVLO) 保護、サーマル シャットダウン回復、グラウンド損失保護、逆バッテリー保護などの、高精度の電流センシングおよび出力診断機能を備えたハイサイド スイッチおよびコントローラを紹介します。テキサス・インスツルメンツのモータードライバは、電圧監視機能と負荷診断機能、さらに過電流や過熱に対する保護機能を搭載しています。加えて、この設計ではゾーン オーディオを実証するために、Class-D オーディオ アンプを搭載しています。

ゾーン アーキテクチャでは、各種のネットワークプロトコルを使用できます。この設計では 1000BASE-T1、100BASE-T1、10BASE-T1S、CAN FD、CAN FD Light、LIN を提供することで柔軟性を実現します。この基板は RGMII に対応した 2 個のコネクタを実装しており、イーサネットリングとイーサネット AVB をサポートするための高速イーサネットに必要な追加の IO も実装しています。これらのコネクタを使用すると、ドーターカードを接続してさまざまな PHY をテストすることができます。10BASE-T1S カード用の追加ドーターカードコネクタがあります。この設計には 4 ポートの CAN FD トランシーバが 3 つあり、CAN 経由で 2 × UART のオプションも使用できます。また、この設計は、5Mbps データレート用の CAN FD Light コマンドも採用しています。最後に、この設計は 2 つの LIN トランシーバを搭載しており、合計 5 ポートです。

ゾーンアーキテクチャに移行すると、単一の基板上で負荷ドライバの数が増加し、より多くの GPIO が必要になります。この設計では、I2C と SPI の IO エクスパンダとマルチプレクサを使用して、追加の IO を用意しています。また、このボードには 24 ピンのマルチ スイッチ検出インターフェイス (MSDI) が搭載されており、マイコンの電源がオフのときに自律的な入出力監視を行います。最後に、このボードはプログラマブル ロジック デバイスを活用し、ロジック機能を 1 つのパッケージに統合することでロジック全体のフットプリントを削減しています。

2 システム概要

回路図、BOM、Altium ファイル、テスト データなどのリファレンス デザインの詳細については、[セキュア リソース フォルダ](#)へのアクセス権をご請求ください。

2.1 ブロック図

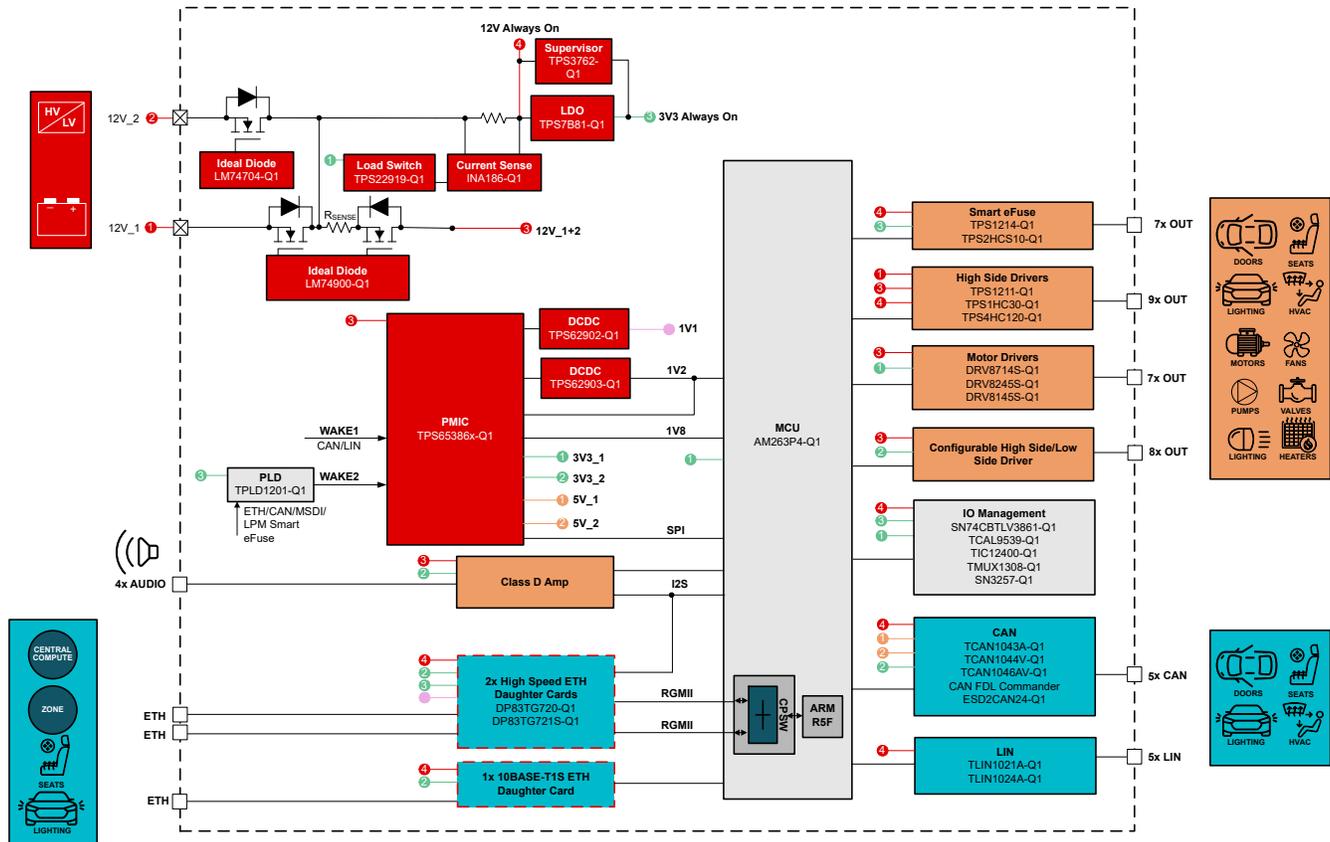


図 2-1. TIDA-020079 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 冗長化入力電源

この設計では、冗長化 12V 入力用に 2 個の理想ダイオード (LM74704-Q1 と LM74900-Q1) を採用しています。LM74704-Q1 は、外付けの N チャネル MOSFET を駆動して順方向電圧降下を制御し、逆電流イベントが検出されると MOSFET をオフにします。LM74900-Q1 も類似の動作をしますが、電流検出機能を内蔵しており、バックツーバック N チャネル MOSFET を駆動して理想ダイオード整流器をエミュレートします。1 番目の MOSFET は逆入力保護および出力電圧のホールドアップを備えており、もう 1 つの MOSFET では過電流または過電圧イベントが発生した場合の負荷切断が可能です。このシステムでは、LM74704-Q1 が駆動する N チャネル MOSFET のドレインを、LM74900-Q1 が駆動する最初の N チャネル MOSFET のドレインに接続し、12V の常時オンレールを形成します。LM74900-Q1 が駆動する 2 番目の MOSFET は、負荷ドライバに電力を供給して過電流または過電圧が発生した場合に負荷を切断し、低消費電力状態では電源を切断して静止電流を低減できます。

2.2.2 イーサネット リング

AM263P4-Q1 は、3 ポートのギガビット イーサネットスイッチ (共通プラットフォームスイッチ、CPSW) を内蔵し、2 つの外部ポートをサポートしており、イーサネットリングトポロジを実装できます。CPSW は、冗長パケット複製、リング終端、およびパケット転送のために、ハードウェアで複数の機能とプロトコルをオフロード コンピューティング リソースにサポートします。

2.2.3 オーディオビデオブリッジ (AVB)

イーサネットリング型トポロジに加えて、ゾーンリファレンス デザインはイーサネット オーディオビデオブリッジ (AVB) プロトコルをサポートしており、AM263P4-Q1、DP83TG721S-Q1、ローカル Class-D アンプを組み合わせることでローカルオーディオを再生できます。AM263P4-Q1 は、(CPSW スイッチとプログラマブルリアルタイムユニットに内蔵した) ハードウェアとソフトウェアの組み合わせにより、イーサネット AVB プロトコルをサポートし、ローカル デジタル オーディオを再生します。DP83TG721S-Q1 PHY は、IEEE1588v2、802.1AS の時間同期、IEEE1722 のメディア クロック生成を実装してローカル メディア クロックを調整し、シリアル クロック (SCLK) とフレーム同期 (FSYNC) クロックを含む、必要なすべてのオーディオ クロックを AM263P4-Q1 と Class-D アンプに出力します。

AM263P4-Q1 統合型 CPSW イーサネット スイッチは、802.1Qav、802.1Qbv、IEEE1588 タイムスタンプなどの AVB プロトコルをサポートしています。さらに、プログラマブルリアルタイムユニットは I2S (Inter-Integrated Circuit Sound) をサポートし、ローカルのデジタル オーディオ データを送信することができます。イーサネット AVB ハードウェアの部品表 (BOM) は、DP83TG721S-Q1 イーサネット PHY を実装することで簡素化され、追加のクロック ジェネレータやフェーズロックループが不要になります。

2.2.4 低消費電力モードとウェークアップ

低消費電力モードでは、不可欠ではない機能を制限またはオフにしてエネルギー消費を低減し、車両の航続距離を延長します。この設計では、LM74900-Q1 の出力に接続されている不要な負荷ドライバと、12V と 3.3V の常時オンレール (つまり、PMIC、スマート eFuse、MSDI、CAN、LIN、ETH) の受電電力に接続されているデバイスのみをオフにした低消費電力モードを示します。この設計により、イーサネット、CAN、LIN、スマート eFuse、MSDI からのウェークアップ機能を利用できます。システムをウェークアップするには、イーサネット、CAN、LIN の通信バス上でパケットが検出される必要があり、スマート eFuse の負荷電流が増加するか、MSDI がオフボード スイッチ入力を検知します。TPS65386x-Q1 PMIC には、最大 40V の定格を持つ 2 つのウェークピンがあります。図 2-2 に、WAKE1 に供給される 12V ウェーク信号のために CAN と LIN INH ピンを互いに接続し、TPLD1201-Q1 を使用して WAKE2 に供給される 3.3V ウェーク信号を集約する例を示します。

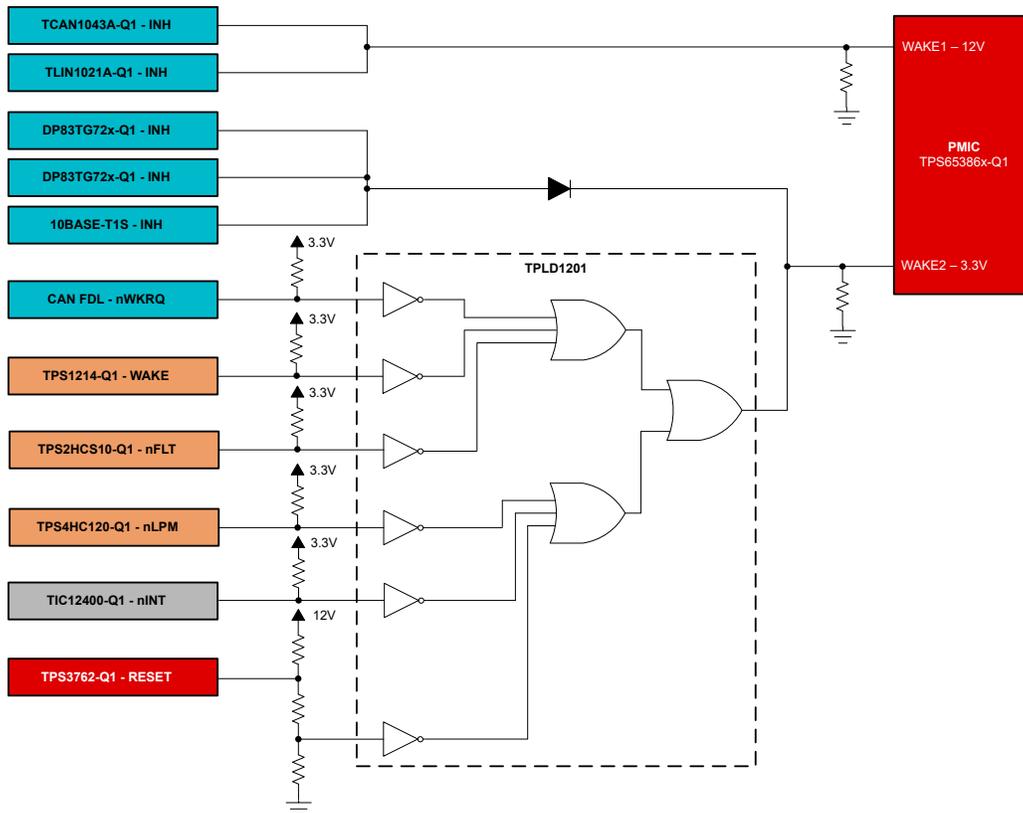


図 2-2. ウェーク ダイアグラム

2.2.5 リンプ・ホーム・モード

リンプ ホーム モード (LHM) は、重大な故障が検出されたときに重要な機能を維持するために使用される車両の安全機能です。この設計では、PMIC を使用して安全性に関する問題を検出し、システムを出力が目的とする安全状態にある LHM とします。PMIC には 2 つの `SAFE_OUT` 出力があり、目的の安全状態に合わせて構成できます。これらの出力をスマート eFuse の LHI ピンに接続してスマート eFuse を LHM に移行し、目的の安全状態に移れるようにすることができます (オンまたはオフの構成が可能)。さらに、スマート eFuse は SPI ウォッチドッグタイムアウトエラー (すなわち SPI 通信エラー) を検出でき、 V_{DD} が失われた場合 (V_{DD} がないと SPI がサポートされないため)、本デバイスは障害を通知します。

2.2.6 SPI デイジー チェーン

この設計では、複数のスマート eFuse またはモータードライバ向けに単一の SPI ポートを使用した、個別のスマート eFuse とモータードライバの SPI デイジー チェーン接続を示します。これらのデバイスは、チェーン内のすべてのデバイスで 1 つのチップ セレクト ピンを共有できるように構成できるため、5 本のピン (4 つの SPI、1 つの FAULT) だけで制御と診断フィードバックを実行できます。SPI のデイジーチェーン接続により、GPIO ピンと ADC ピンをシステム レベルで削減できます。テスト結果を含む詳細については、『SPI eFuse スイッチによるシステム部品と MCU ピン要件の削減』アプリケーションブリーフを参照してください。

2.3 主な使用製品

2.3.1 AM263P4-Q1

AM263P4-Q1 デバイスはリアルタイム制御機能と拡張可能メモリを搭載した、最大 400MHz 動作のクワッドコア Arm Cortex-R5F マイコンです。この MCU は内蔵のイーサネットスイッチにより、MII、RMII または RGMII を使用するイーサネットリング ネットワークに最適です。AM263P4 は、高度なアナログ センシング モジュールとデジタル アクチュエータ モジュールを搭載した、将来のモーター制御向けに設計されています。このデバイスにはハードウェア セキュリティ マネージャ (HSM) も搭載されており、厳格なセキュリティ フレームワークを実装できます。

2.3.2 DP83TG721S-Q1

DP83TG721S-Q1 は、TC-10、802.1AS、高度な TSN、および AVB 機能を搭載した、車載用 1000BASE-T1 イーサネット PHY です。本デバイスは、RGMII および SGMII MAC インターフェイスをサポートする柔軟性を備え、データの送受信に必要なすべての物理層機能を備えています。DP83TG721S-Q1 は、通信が不要なときにシステムの消費電力を低減するための、ウェークアップ転送機能を備えた OA TC10 低消費電力スリープ機能をサポートしています。この PHY は IEEE 1722 CRF デコードを統合しており、I2S および TDM8 用にメディア クロック、FSYNC、SCLK を生成するため、AVB アプリケーションに最適です。

2.3.3 TPS653860-Q1

TPS653860-Q1 は、マイクロコントローラ、センサ、トランシーバ、ペリフェラルの安全関連アプリケーション向けの車載用 パワー マネジメント IC (PMIC) です。このデバイスは機能安全を考慮して開発され、ASIL D までの体系的性能とハードウェア インテグリティを実現します。この PMIC の定格は 2.3V~36V、2.8A で、同期整流式昇降圧プリレギュレータ、4 つの LDO、およびセンサまたはペリフェラル電源用の 2 つの追加保護 LDO を搭載しています。

2.3.4 TPS2HCS10-Q1

TPS2HCS10-Q1 は、 I^2T 配線保護、低 I_Q モード、SPI を備えた車載用デュアル チャネル 10m Ω スマート ハイサイド スイッチです。このデバイスは、パワー ディストリビューション スイッチ アプリケーションの ECU 負荷に対応するため、SPI で構成可能な容量性充電モードをサポートしています。このスマート eFuse には持続的な過負荷状態下でスイッチをオフにするプログラム可能なヒューズ プロファイルが内蔵されており、MCU のオーバーヘッドが軽減されます。

2.3.5 DRV8245S-Q1

DRV8245S-Q1 は、車載アプリケーション向け、SPI 制御、統合型 H ブリッジドライバです。このデバイスは、単一のフルブリッジドライバ、または互いに独立した 2 個のハーフブリッジドライバとして構成できます。DRV8245S-Q1 には、N チャネル H ブリッジ、チャージ ポンプレギュレータ、ハイサイド電流検出およびレギュレーション、電流比例出力、保護回路が内蔵されています。このデバイスは、電圧監視、負荷診断、過電流および過熱保護機能を備えています。

2.3.6 TIC12400-Q1

TIC12400-Q1 は、車載システムで外付けスイッチの状態を検出するように設計された、先進的なマルチ スイッチ検出インターフェイス (MSDI) です。このデバイスは、内蔵の 10 ビット ADC によりマルチポジション アナログ スイッチを監視し、コンパレータにより MCU から独立して 24 のデジタル スイッチを監視します。**TIC12400-Q1** は、すべてのスイッチ入力でウェークアップ動作をサポートしているため、MCU はシャットダウンでき、また、低消費電力モード アプリケーションに対して入力状態を定期的にサンプリングする、ポーリング モードに移行できます。

3 設計とドキュメントのサポート

3.1 デザイン ファイル

回路図、完全な BOM、Altium ファイルなどのリファレンス デザインの詳細については確認する場合は、[セキュア リソース フォルダ](#)へのアクセス権をご請求ください。

3.1.1 回路図

回路図、完全な BOM、Altium ファイルなどのリファレンス デザインの詳細については確認する場合は、[セキュア リソース フォルダ](#)へのアクセス権をご請求ください。

3.1.2 BOM

回路図、完全な BOM、Altium ファイルなどのリファレンス デザインの詳細については確認する場合は、[セキュア リソース フォルダ](#)へのアクセス権をご請求ください。

3.2 ツールとソフトウェア

ツール

[SYSCONFIG](#)

システム構成ツール

ソフトウェア

[AM263P4-Q1 SDK](#)

AM263Px Sitara™ マイコン向けソフトウェア開発キット (SDK)

3.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、『ソフトウェア定義自動車ギア マーケティングへの車載エレクトロニクスの将来を変える』ホワイト ペーパー
2. テキサス・インスツルメンツ、『ゾーン アーキテクチャが完全なソフトウェア定義の自動車を実現する方法』ホワイト ペーパー
3. テキサス・インスツルメンツ、『ゾーン アーキテクチャ、将来の車両をイーサネットが運転』技術記事
4. テキサス・インスツルメンツ、『DP83TC812-Q1 TC10 システムのタイミング測定』アプリケーション ノート
5. テキサス・インスツルメンツ、『ゾーン アーキテクチャおよび MCU I/O 拡張』アプリケーション ブリーフ
6. テキサス・インスツルメンツ、『車載用ゾーン モジュールで理想ダイオードを使用した優先パワー マルチプレクサ』アプリケーション ブリーフ
7. テキサス・インスツルメンツ、『SPI eFuse スイッチによるシステム部品表と MCU ピン要件の削減』アプリケーション ブリーフ
8. テキサス・インスツルメンツ、『オプションのフラッシュインパッケージ搭載 AM263Px Sitara™ マイクロコントローラ』データシート
9. テキサス・インスツルメンツ、『DP83TG721x-Q1 Advanced TSN および AVB 対応 1000BASE-T1 車載イーサネット PHY』データシート [SNLS777](#)
10. テキサス・インスツルメンツ、『TPS653860/61-Q1 安全関連アプリケーション向けパワー管理 IC』データシート
11. テキサス・インスツルメンツ、『TPS1214-Q1 低消費電力モード、負荷ウェークアップ、I²t、診断機能付き、低 I_q の車載用ハイサイド スイッチ コントローラ』データシート
12. テキサス・インスツルメンツ、『TPS2HCS10-Q1 11mΩ、車載用デュアル チャネルの SPI 制御ハイサイド スイッチ、低静止電流オン モード、内蔵 I²t ワイヤ保護搭載』データシート

13. テキサス・インスツルメンツ、『[DRV8245-Q1 車載対応、電流センス機能と診断機能搭載、H ブリッジドライバ](#)』データシート
14. テキサス・インスツルメンツ、『[TIC12400-Q1 24 入力マルチ スイッチ検出インターフェイス \(MSDI\)、車載システム向け、ADC 内蔵、可変ウェット電流対応](#)』データシート

3.4 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ [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、設計に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、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

3.5 商標

E2E™ and テキサス・インスツルメンツ E2E™ 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。

4 著者について

DONOVAN PORTER は、自動車用ポディエレクトロニクスおよび照明のセクタ **GM** です。テキサス工科大学で **BSEE** を取得しています。

MADISON EAKER は、車載ゾーン コントローラ部門のシステム マネージャです。ヴァンダービルト大学で **BSEE** を取得しています。

DAVID MARTINEZ は、パワー ディストリビューション ボックス、組込みシステム、ゾーン / ボディドメイン コントローラを中心とした車載システムエンジニアです。テキサス **A&M** 大学で **BSEE** を取得しています。

KATE HAWKINS は、車載ネットワークおよびゾーン / ボディドメイン コントローラを中心とした車載システム エンジニアです。パデュー大学で **BSEE** を取得しています。

MIGUEL ROBERTSON は、パワー スイッチ、ゾーン / ボディドメイン コントローラを中心とした車載用システム エンジニアです。ローズ ハルマン工科大学で **BSEE** を取得しています。

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