

Design Guide: TIDA-020079

ゾーンのリファレンス 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。

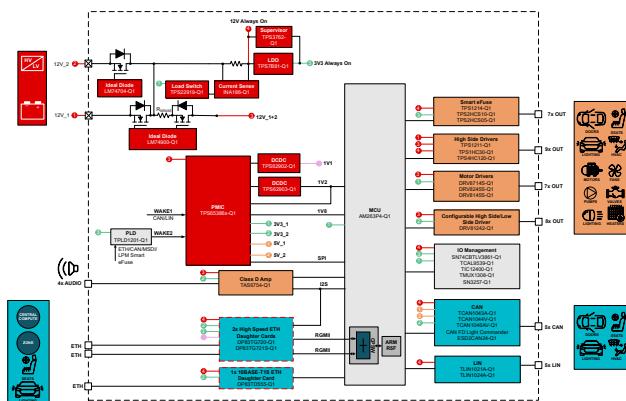


特長

- 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 リングトポジクル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、システムのリンク 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リップ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 ディジタル 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ー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、グランド損失保護、逆バッテリ保護などの、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

2.1 ブロック図

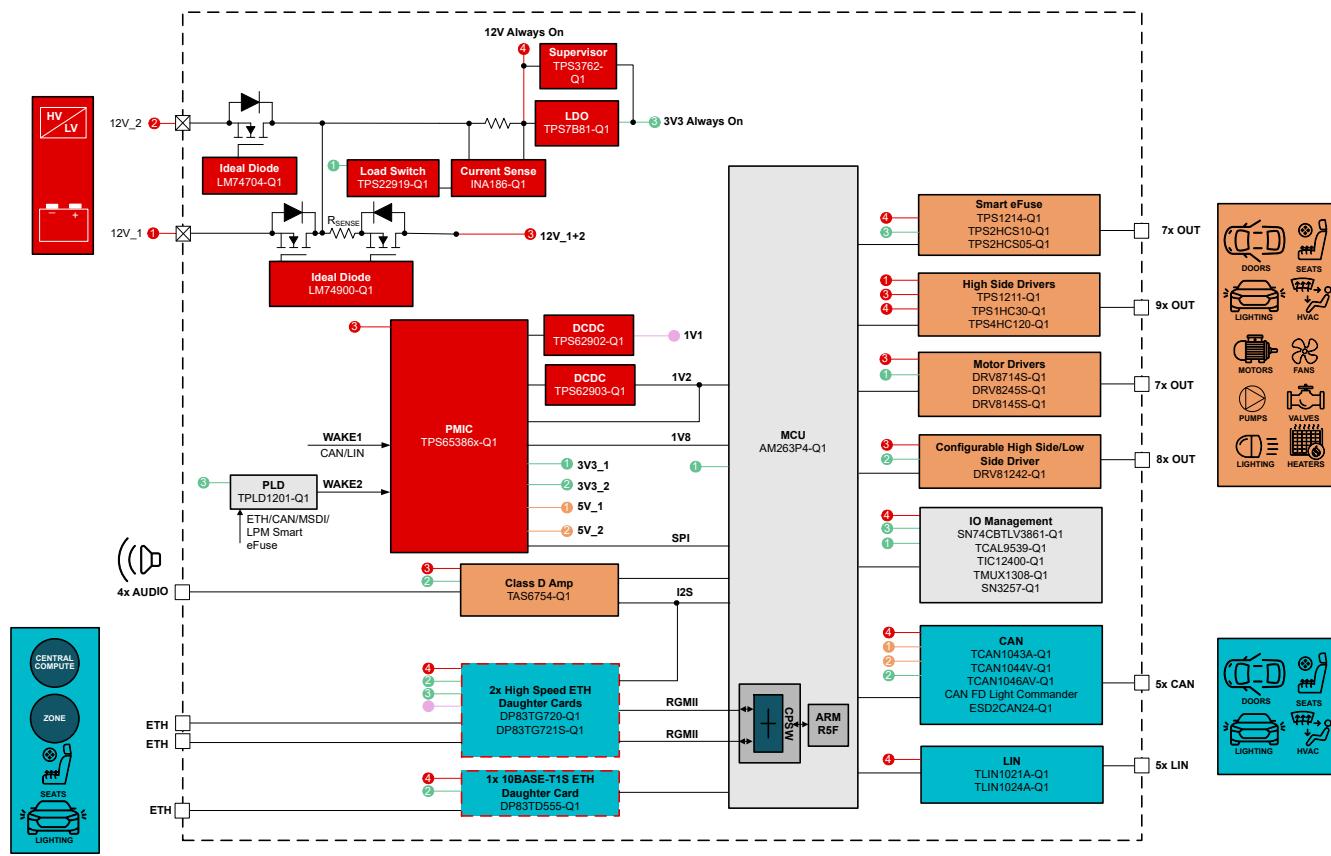


図 2-1. TIDA-020079 のブロック図

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 コントローラ (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の切り離しを可能にし、低消費電力状態では電源を切り離して静止電流を低減します。

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て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。

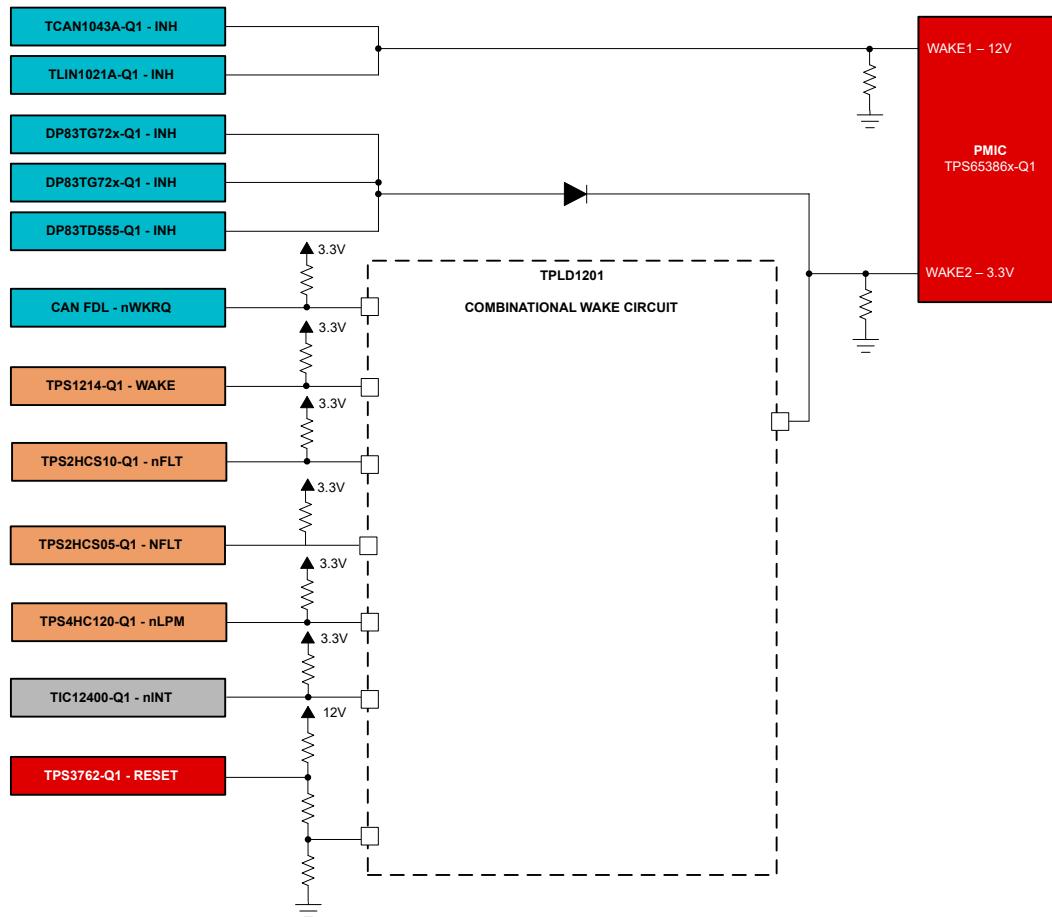


図 2-2. ウエーク ダイアグラム

図 2-3 に、TPLD1201-Q1 にフラッシュされたウェーク回路の詳細を示します。ほとんどのピンはシステムのスリープ中はアクティブ Low であるため、いずれかのピンで Low の信号が検出されると、WAKE 2 が High にアサートされ、PMIC がウェークアップします。

ウェーク信号は $100\mu\text{s}$ の間のみアクティブであり、PMIC ウェークアップ時のグリッチ除去時間より短いため、TPSxHCSxx-Q1 ファミリには追加のロジックが必要です。この課題を解消するために、TPSxHCSxx-Q1 のウェークピンは D フリップフロップを使用して 3ms の間ラッチされ、PMIC が TPSxHCSxx-Q1 のウェークイベントを確認できるようにします。

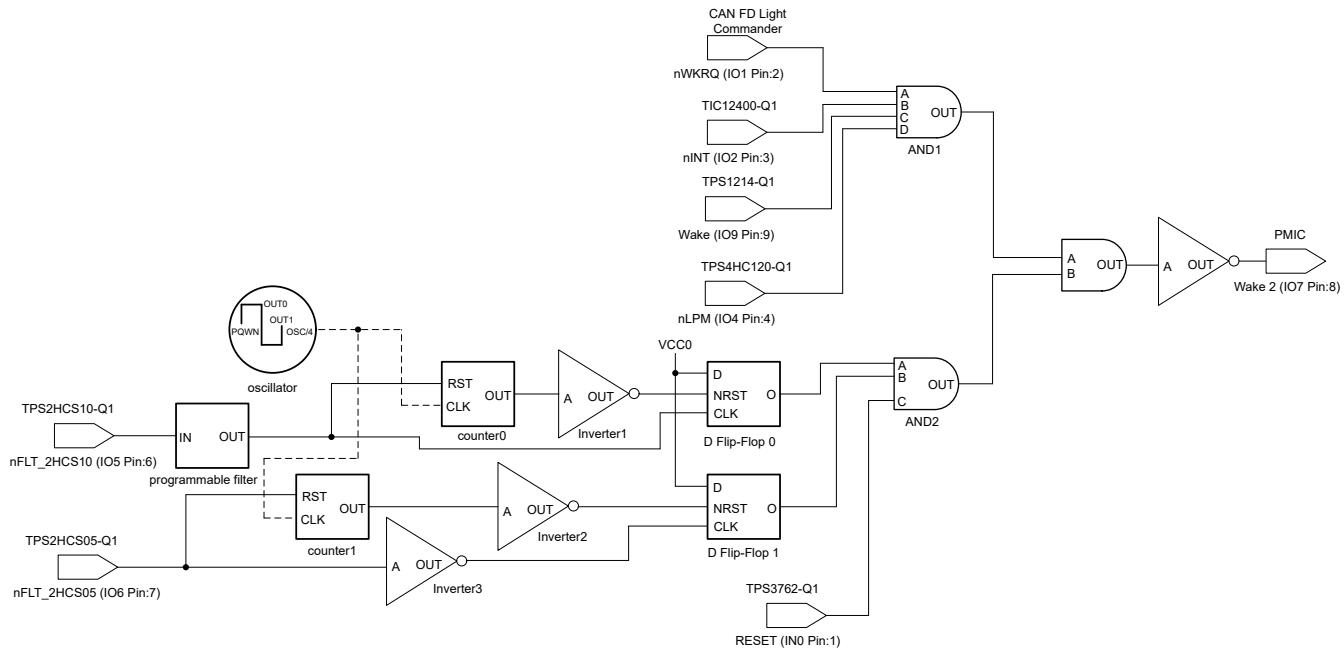


図 2-3. TPLD ウエーク ロジック

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 ウオッチドッグ 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、本デバイスは故障を通知します。

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 ドライバ向けに单一の SPI ポートを使用した、個別のスマート eFuse とモータードライブの 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 プリーフを参照してください。

2.2.7 集約のリセット

システムリセットを実行するため、この設計には 2 つのスイッチが配置されています。SW2 はパワーオン リセット (POR) 用で、SW4 は MCU のウォーム リセット用です。

図 2-4 に、リセットする必要のあるデバイスを判定するために使用されるロジック回路の詳細を示します。

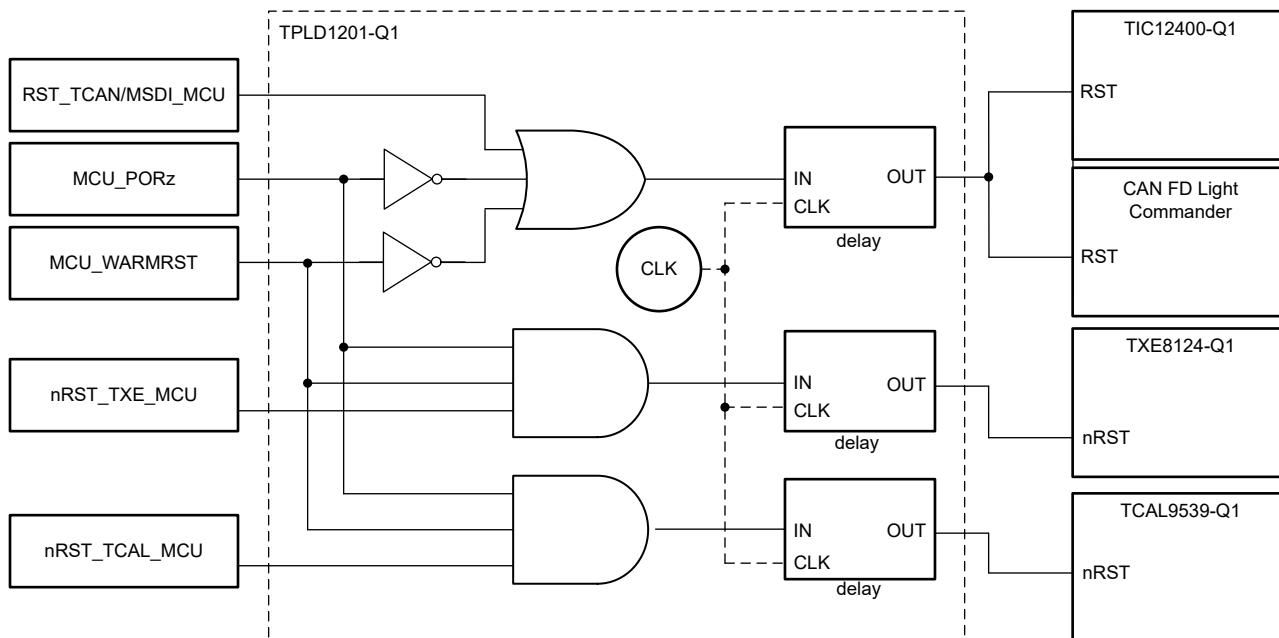


図 2-4. TPLD1201-Q1 リセット回路

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 動作のクロックドコア 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 DP83TD555J-Q1

DP83TD555J-Q1 は、IEEE802.3cg 10BASET1S および Open Alliance (OA) TC10、TC14 準拠のシリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) MAC-PHY イーサネットトランシーバです。このデバイスは、シールドなしのツイストペアケーブルで 10Mbps のマルチドロップまたはポイントツー ポイントの半二重通信をサポートしており、拡張された同相電圧許容誤差を備えています。デバイスは OA SPI を使用してホスト コントローラまたはスイッチと通信します。DP83TD555J-Q1 は IEEE802.3 メディア アクセス コントローラ (MAC) を内蔵しており、SPI を備えたマイコンにより 10BASE-T1S バスを使用したイーサネット ネットワークへのシームレスな接続を可能にします。DP83TD555J-Q1 には、TC10 ウェークアップ およびスリープ機能を搭載しており、システムレベルで効率的な消費電力を実現できます。

2.3.4 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。

2.3.5 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 10mΩ 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。

2.3.6 TPS2HCS05-Q1

TPS2HCS05-Q1 デバイスは、シリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) を介して制御されるデュアルチャネルのスマート ハイサイド スイッチであり、電源分配やアクチュエータ駆動用途を目的としています。このデバイスには堅牢な保護機能が内蔵されているため、短絡や過負荷の状態から出力ワイヤと負荷の保護を可能にします。このデバイスは SPI 経由で構成できる過電流保護機能を搭載しており、大きな突入電流を必要とする負荷に対応できる十分な柔軟性と強化された保護機能を実現します。このデバイスには、過負荷状態が持続した場合にスイッチをオフにする、電流と時間の関係を設定可能なヒューズ特性 (プログラマブル ヒューズ プロファイル) も組み込まれています。これらの 2 つの機能を組み合わせた完全な保護機能により、あらゆる負荷プロファイルに対してワイヤ ハーネスを最適化できます。

2.3.7 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。

2.3.8 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。

2.3.9 LM74900-Q1

LM74900-Q1 理想ダイオード コントローラは外付けのバックツー バック N チャネル MOSFET を駆動および制御して、パワー パスの ON/OFF 制御と過電流および過電圧保護機能を備えた理想ダイオード整流器をエミュレートします。電力 パスの第 2 の MOSFET により、過電流および過電圧が発生した場合に、HGATE 制御を使用して負荷の切断 (オン / オフ制御) が可能です。

2.3.10 LM74703-Q1

LM74703-Q1 は、外部の N チャネル MOSFET と組み合わせることで理想ダイオード整流器として動作し、20mV の順方向電圧降下で低損失逆極性保護を実現する車載用 AEC Q100 認定済み理想ダイオード コントローラです。

2.3.11 INA186-Q1

INA186-Q1 は車載用の、低消費電力、電圧出力、電流センス アンプです (電流シャント モニタとも呼ばれます)。このデバイスは一般に、車載用 12V バッテリに直接接続されるシステムの監視に使用します。**INA186-Q1** は、電源電圧にかかるわらず $-0.2V \sim +40V$ の同相電圧範囲でシャントの両端の電圧降下を検出できます。また、入力ピンの絶対最大定格電圧は 42V です。

2.3.12 TPS7B81-Q1

TPS7B81-Q1 は、 V_{IN} が 40V までのアプリケーション用に設計された低ドロップアウト (LDO) リニア レギュレータです。このデバイスは、軽負荷時の静止電流がわずか $2.7\mu A$ (標準値) であるため、スタンバイ システム内のマイコンや CAN/LIN (コントローラ エリア ネットワーク/ローカル相互接続ネットワーク) トランシーバへの給電に最適な設計です。このデバイスには、短絡および過電流保護機能が内蔵されています。

2.3.13 TPS3762-Q1

TPS3762-Q1 は、 $4\mu A$ IDD、0.9% 精度、高速検出時間 ($5\mu s$)、内蔵セルフテスト機能を備えた 65V 入力電圧スーパー バイザです。このデバイスは 12V、24V 車載用バッテリ システムに直接接続し、過電圧 (OV) および低電圧 (UV) 状態を継続的に監視できます。また、抵抗デバイダを内蔵しているため、**TPS3762-Q1** は全体のサイズを最小化できます。多くのヒステリシス電圧オプションを利用することで、大きな電圧過渡を無視することができ、さらに誤りセット信号を防止できます。

2.3.14 TPS62903-Q1

TPS62903-Q1 は、使いやすく、高効率、小型、フレキシブルな同期整流降圧 DC/DC コンバータです。スイッチング周波数を 2.5MHz ないしは 1.0MHz から選択できるため、小型のインダクタが使用可能であり、高速な過渡応答を実現します。本デバイスは、動作温度範囲全体にわたって $\pm 1.5\%$ の高い VOUT 精度と DCS-Control トポロジによる優れた負荷過渡性能をサポートしています。3V ~ 18V の広い入力電圧レンジで動作するため、12V 電源レール、シングル セルまたはマルチ セルのリチウムイオン、5V または 3.3V レールなど、各種の公称入力に対応します。

2.3.15 TPS62902-Q1

TPS62902-Q1 は、使いやすく、高効率、小型、フレキシブルな同期整流降圧 DC/DC コンバータです。スイッチング周波数を 2.5MHz ないしは 1.0MHz から選択できるため、小型のインダクタが使用可能であり、高速な過渡応答を実現します。本デバイスは、動作温度範囲全体にわたって $\pm 1.5\%$ の高い VOUT 精度と DCS-Control トポロジによる優れた負荷過渡性能をサポートしています。3V ~ 18V の広い入力電圧レンジで動作するため、12V 電源レール、シングル セルまたはマルチ セルのリチウムイオン、5V または 3.3V レールなど、各種の公称入力に対応します。

2.3.16 TPS7B4256-Q1

TPS7B4256-Q1 は、モノリシックの統合型低ドロップアウト (LDO) 電圧トラッカーです。このデバイスは、8 ピンの SOIC および HSOIC パッケージで供給されます。TPS7B4256-Q1 は、車載環境でオフボード センサに電源を供給するよう設計されています。オフボード電力を供給するケーブル上で障害が発生するリスクが高いため、このデバイスには、逆電流 (バッテリへの短絡)、逆極性、出力からグランドへの短絡 (電流制限)、過熱 (サーマル シャットダウン) などのフォルト条件に対する保護機能が内蔵されています。このデバイスには、背中合わせに接続した PMOS トポロジが組み込まれているため、逆電流の原因となるフォルト条件から保護するための外付けダイオードが不要になります。このデバイスは、45V (絶対最大定格) までの入力電圧に対応し、車載向けの負荷ダンプ過渡条件に耐えられるように設計されています。

2.3.17 TPS1211-Q1

TPS1211-Q1 は、保護および診断機能を備えた 45V のスマート ハイサイド ドライバです。本デバイスは、大電流システム設計において並列 FET を使って電力をスイッチングできる、強力な 3.7A ピーク ソース (PU) と 4A ピーク シンク (PD) ゲート ドライバを備えています。ゲート ドライバの制御入力として INP を使用します。本デバイスは、エネルギー管理システムを可能にする、高精度の電流検出 (30mV で $\pm 2\%$) 出力 (IMON) を備えています。本デバイスは、スレッシュホールドと応答時間を精密に調整できる FLT_I 出力を備えた 2 レベルの過電流保護機能を備えています。自動リトライおよびラッチオフ フォルト動作は設定可能です。本デバイスは、FLT_T 出力を備えたりモート過熱保護機能を備えています。TPS1211-Q1 は、制御入力 (INP_G) を備えたプリチャージ ドライバ (G) を内蔵しています。この機能は、大きな容量性負荷を駆動する必要がある設計を可能にします。シャットダウン モード (EN/UVLO < 0.3V) では、コントローラは 0.9 μ A (標準値) の合計シャットダウン電流を消費します。

2.3.18 TPS1HC30-Q1

TPS1HC30-Q1 デバイスは包括的な保護機能を搭載したハイサイド パワー スイッチで、NMOS パワー FET とチャージ ポンプを内蔵しており、多様な負荷のインテリジェント制御を目的としています。高精度の電流センスとプログラマブル 電流制限機能により、このデバイスを市場で差別化できます。

2.3.19 TPS4HC120-Q1

TPS4HC120-Q1 は、NMOS パワー FET とチャージ ポンプを内蔵した車載用クワッド チャネルのスマート ハイサイド スイッチであり、12V の車載用バッテリ システムの要件を満たすよう設計されています。RON が低い (120m Ω) ので、4 つのチャネルすべてがイネーブルのとき最大 2A、1 つのチャネルのみがイネーブルのとき最大 2.5A の広い範囲の出力負荷電流を駆動し、デバイスの消費電力が最小限に抑えられます。このデバイスには、サーマル シャットダウン、出力クランプ、電流制限などの保護機能が内蔵されています。これらの機能により、短絡などのフォルト イベントが発生したときのシステムの堅牢性が向上します。TPS4HC120-Q1 は、選択可能な電流制限回路を備えています。この回路は、大きな容量性負荷を駆動する際に突入電流を低減し、過負荷電流を最小化することで、システムの信頼性を向上させます。このデバイスは、ILIM ピンで外付け抵抗を使用することによって、10 種類の電流制限設定値 (0.25A ~ 5A) を選択できます。このデバイスは、過負荷および開放負荷の検出など、負荷診断を向上させる高精度の負荷電流検出機能も備えているため、より優れた予知保全が可能です。

2.3.20 TPS2HC08-Q1

TPS2HC08-Q1 は、NMOS パワー FET とチャージ ポンプを内蔵したデュアル チャネルのスマート ハイサイド スイッチであり、12V の車載用バッテリ システムの要件を満たすよう設計されています。RON が低い (9.4m Ω) ので、両方のチャネルがイネーブルのとき最大 7.5A DC、1 つのチャネルのみがイネーブルのとき最大 10A DC の広い範囲の出力負荷電流を駆動し、デバイスの消費電力が最小限に抑えられます。このデバイスには、サーマル シャットダウン、出力クランプ、電流制限などの保護機能が内蔵されています。TPS2HC08-Q1 は、可変電流制限回路を実装しています。この回路は、大きな容量性負荷を駆動する際に突入電流を低減し、過負荷電流を最小化することで、システムの信頼性を向上させます。

2.3.21 TPS1HC04-Q1

TPS1HC04-Q1 は、12V 車載バッテリシステム向けに設計された、NMOS パワー FET とチャージ ポンプを内蔵するシングル チャネルのスマート ハイサイド スイッチです。低オン抵抗 ($4.9\text{m}\Omega$) により、最大 15A DC までの幅広い出力負荷電流を駆動する際のデバイス消費電力を最小限に抑えます。このデバイスには、サーマル シャットダウン、出力クランプ、電流制限などの保護機能が内蔵されています。TPS1HC04-Q1 は、可変電流制限回路を実装しています。この回路は、大きな容量性負荷を駆動する際に突入電流を低減し、過負荷電流を最小化することで、システムの信頼性を向上させます。調整可能な電流制限は、ILIM ピンの外付け抵抗を使用して (15A から 45A に) 調整できます。本デバイスは、起動時の容量性負荷に対するサーマル制御型電流制限と、モーター突入電流やバルブ用途向けの非制御型電流制限の両方を提供します。

2.3.22 DRV8714S-Q1

DRV871x-Q1 デバイス ファミリは、複数のモーターまたは負荷を駆動するための高集積マルチチャネル ゲート ドライバです。これらのデバイスは 4 つ (DRV8714-Q1) または 8 つ (DRV8718-Q1) のハーフブリッジ ゲート ドライバ、ドライバ電源、電流シャント アンプ、保護モニタを内蔵しており、システム全体の複雑さ、サイズ、コストを低減します。スマート ゲート ドライブ アーキテクチャは、デッドタイムを管理して貫通電流を防止し、スルーレートを制御して電磁干渉 (EMI) を低減し、伝搬遅延を最適化して性能を向上させます。ハーフブリッジまたは H ブリッジを独立して制御するための入力モードが備わっています。SPI 制御機能と組み合わせて、4 個の PWM 入力を複数のドライバの間でマルチプレクス (多重化) することができます。

2.3.23 DRV8145S-Q1

DRV814x-Q1 デバイス ファミリは、多様な車載アプリケーションを想定した統合型ハーフ ブリッジ ドライバです。パワー パッケージに収容されたこのモノリシック デバイス ファミリは、BiCMOS 大電力プロセス テクノロジー ノードを採用した設計であり、優れた電力処理能力と放熱特性を達成すると同時に、コンパクトなパッケージ サイズ、使いやすいレイアウト、EMI 制御能力、高精度の電流センス、信頼性、診断機能も実現しています。このファミリには、同じピン機能でスケーラブルな R_{ON} (電流容量) のデバイスがあり、さまざまな負荷に対応できます。

2.3.24 DRV81602-Q1

DRV81602-Q1 は保護機能と診断機能を備えた 8 チャネルのローサイド ドライバおよびハイサイド ドライバです。このデバイスは、リレー、LED、ランプ、モータを制御するために設計されています。負荷およびデバイスの制御と診断には、ディジーチェーン対応のシリアル ペリフェラル インターフェイス(SPI) が使用されます。マッピング機能を持つ 2 つの入力ピンを利用して、出力を直接制御できます。このデバイスは、フェイルセーフ起動のためのリープ ホーム モードをサポートしています。内蔵の PWM ジェネレータは LED を駆動でき、電球の突入モードは大きな静電容量で負荷を駆動できます。各出力にあるクランプ回路が、誘導性負荷のスイッチオフ時に発生するエネルギーを放散します。このデバイスは、低電圧、過電圧、短絡、開放負荷検出などの各種保護機能をサポートしています。保護および診断機能を内蔵し、高度に統合された DRV81602-Q1 は、車載用ボディおよびパワートレイン アプリケーションに最適です。

2.3.25 TPS1214-Q1

TPS1214-Q1 は、保護および診断機能を備えた、低静止電流 (I_Q) のスマート ハイサイド ドライバです。この製品には 2 つのゲート ドライブが内蔵されており、0.5A のソースと 2A のシンク (GATE) と、100 μA のソースと 0.39A のシンク (G) があります。LPM が Low のとき、低消費電力バスがオンに維持され、メイン FET がオフになり、 I_Q は 20 μA (標準値) になります。CS2+ と CS2- の間に配置された RBYPASS 抵抗を使用して、自動負荷ウェークアップのスレッショルドを調整できます。EN/UVLO が Low のとき、 I_Q は 1 μA (標準値) に減少します。このデバイスは、高精度の電流検出 ($\pm 2\%$) 出力 (IMON) を備えており、外部 RSNS 抵抗と FLT 通知を使用して、可変の I_{2t} ベースの過電流および短絡保護を実現しています。自動リトライおよびラッチオフ フォルト動作は設定可能です。このデバイスは、外部 FET の過熱検出用に、NTC ベースの温度センシング (TMP) およびモニタリング 監視出力 (ITMPO) も備えています。

2.3.26 TCAN1043A-Q1

TCAN1043A-Q1 は高速 CAN (Controller Area Network) トランシーバであり、ISO 11898-2:2016 高速 CAN 仕様の物理層要件を満たしています。このデバイスは、Classical CAN データレートと最高 8 メガビット/秒 (Mbps) (TCAN1043A-Q1) または 5Mbps (TCAN1043AT-Q1) の CAN FD データレートの両方に対応しています。

TCAN1043A-Q1 を使用すると、システムに存在する各種電源供給の有効 無効を INH 出力ピンで切り替えることにより、バッテリの消費電流をシステムレベルで低減できます。これにより、CAN バスを監視しながら、TCAN1043A-Q1 を除くすべてのシステム コンポーネントの電源が遮断される低電流スリープ状態を実現します。ウェークアップ イベントを検出すると、TCAN1043AQ1 が INH を High に駆動してシステム起動を開始します。TCAN1043A-Q1 は、スタンバイ モードでの 4 分間 ($t_{INACTIVE}$) の非アクティブ状態の後でスリープ モードへ安全に遷移できるように SWE タイマを備えています。これにより、MCU がデバイスを通常モードに移行できなかった場合に、デバイスは必ず低消費電力のスリープ モードに移行します。

2.3.27 TCAN1044-Q1

TCAN1044-Q1 は高速 CAN (Controller Area Network) トランシーバであり、ISO 11898-2:2016 高速 CAN 仕様の物理層要件を満足しています。TCAN1044-Q1 トランシーバは Classical CAN ネットワークおよび最高 8 メガビット/秒 (Mbps) の CAN FD ネットワークの両方に対応しています。TCAN1044V-Q1 は VIO ピンによる内部ロジックレベル変換機能を備えているため、トランシーバの I/O を 1.8V、2.5V、3.3V、5V のロジック レベルに直接接続できます。このトランシーバは低消費電力スタンバイ モードと、ISO 11898-2:2016 に定義されたウェイクアップ パターン (WUP) に準拠した「CAN によるウェイク」をサポートしています。TCAN1044-Q1 トランシーバは、サーマルシャットダウン (TSD)、TXD ドミナントタイムアウト (DTO)、電源低電圧検出、最高 $\pm 58V$ のバス フォルト保護に対応する保護および診断機能も備えています。

2.3.28 TCAN1046V-Q1

TCAN1046V-Q1 は、ISO 11898-2:2016 高速 CAN (Controller Area Network) 仕様の物理層要件を満たすデュアル 高速 CAN トランシーバです。TCAN1046V-Q1 トランシーバは Classical CAN ネットワークおよび最高 8 メガビット/秒 (Mbps) の CAN FD ネットワークの両方に対応しています。TCAN1046V-Q1 は VIO 端子によるロジックレベル変換を内蔵しているため、トランシーバの I/O を 1.8V、2.5V、3.3V、5V のロジック I/O に直接接続できます。2 つの CAN チャネルは、スタンバイ ピンによる独立したモード制御をサポートしています。これにより、他の CAN チャネルの状態に影響を与えることなく、低消費電力状態であるスタンバイ モードに各トランシーバを移行できます。TCAN1046V-Q1 は、スタンバイ モードのとき、ISO 11898-2:2016 に定義されたウェークアップ パターン (WUP) によるリモート ウェークアップをサポートします。TCAN1046V-Q1 トランシーバは、サーマルシャットダウン (TSD)、TXD ドミナントタイムアウト (DTO)、電源低電圧検出、最高 $\pm 58V$ のバス フォルト保護を含む多くの保護および診断機能も備えています。

2.3.29 SN3257-Q1

SN3257-Q1 は、短い伝播遅延で高速信号に対応できる車載グレードの CMOS (相補型金属酸化膜半導体) スイッチです。SN3257-Q1 は 4 チャネルの 2:1 (SPDT) スイッチ構成であるため、SPI、I₂S などのマルチレーン プロトコルに最適なデバイスです。このデバイスは、ソース (SxA、SxB) ピンとドレイン (Dx) ピンでの双方向アナログおよびデジタル信号をサポートしており、電源電圧を超えて、最大で $VDD \times 2$ (最大入出力電圧は 5.5V) の信号を通すことができます。SN3257-Q1 は、すべてのチャネルを同時にイネーブル / ディスエーブルするために使用するアクティブ Low の EN ピンを備えています。EN ピンを Low にすると、SEL ピンの状態に基づいて 2 つのスイッチ経路のうち 1 つが選択されます。SN3257-Q1 の信号経路の最大 3.6V の電源オフ保護機能は、電源電圧が取り除かれたとき ($VDD = 0V$) に絶縁を行います。この保護機能がない場合、内部 ESD ダイオード経由でスイッチから電源レールに電流が逆流し、システムに損傷を引き起こすことがあります。フェイルセーフ ロジック回路によって、電源ピンよりも前にロジック制御ピンに電圧が印加されるため、潜在的な損傷からデバイスを保護できます。両方のロジック制御入力は 1.8V ロジック互換のスレッショルドで、TTL と CMOS 両方のロジックと互換性があります。ロジックピンにはプルダウン抵抗が内蔵されているため、外付け部品を省略でき、システムのサイズとコストを低減できます。

2.3.30 TLIN1021A-Q1

TLIN1021A-Q1 は、ローカル相互接続ネットワーク (LIN) 物理層トランシーバです。LIN とは、車載用車内ネットワークをサポートする低速のユニバーサル非同期レシーバトランスミッタ (UART) 通信プロトコルです。TLIN1021A-Q1 のトランスマッタは最大 20kbps のデータレートをサポートしています。本トランシーバは、TXD ピン経由で LIN バスの状態を制御し、オープンドレインの RXD 出力ピンでバスの状態を報告します。このデバイスは、電磁放射 (EME) を低減するために電流制限付き波形整形ドライバを備えています。TLIN1021A-Q1 は、広い入力電圧動作範囲の 12V アプリケーションに対応するように設計されています。このデバイスは低消費電力スリープ モードと、wake over LIN、WAKE ピン、EN ピンによる低消費電力モードからのウェークアップをサポートしています。このデバイスを使用すると、ノードに存在する可能性がある各種電源を TLIN1021A-Q1 の INH 出力ピンで選択的に有効にすることで、バッテリの消費電流をシステムレベルで低減できます。

2.3.31 TLIN1024A-Q1

TLIN1024A-Q1 は、ウェークアップおよび保護機能を内蔵し、LIN 2.0、LIN 2.1、LIN 2.2、LIN 2.2A、および ISO/DIS 17987-4 標準に準拠したクワッド ローカル相互接続ネットワーク (LIN) 物理層トランシーバです。LIN は単線式の双方向バスで、データレートが 20kbps までの低速の車内用ネットワークで一般に使用されます。TLIN1024A-Q1 は、幅広い動作電圧に対応し、かつ追加のバスフォルト保護機能を備えた 12V アプリケーションをサポートするように設計されています。TLIN1024A-Q1 レシーバは、高速インライン プログラミング用に最大 100kbps のデータレートをサポートしています。TLIN1024A-Q1 は、TXD 入力の LIN プロトコルのデータストリームを、電流が制限された波形整形ドライバを使用して LIN バス信号に変換し、電磁気放射 (EME) を低減します。本レシーバは、データストリームを論理レベル信号に変換し、オープンドレインの RXD ピンを経由してマイクロプロセッサに送信します。スリープ モードから LIN バスや EN ピンによるウェークアップが可能なため、非常に低い消費電流を実現できます。

2.3.32 TAS6754-Q1

TAS6754-Q1 は、4 チャネルのデジタル入力 Class D オーディオアンプで、BTL チャネルごとにインダクタが 1 個のみ必要な 1L 変調を実装し、従来のソリューションに比べてインダクタを 4 個減らすことでシステム サイズとコストを削減しています。さらに、従来の Class-D 変調方式に比べて、1L 変調はスイッチング損失を低減します。TAS6754-Q1 は、DC および AC 負荷の診断機能を内蔵しており、接続されている負荷のステータスを判定できます。オーディオの再生中、電流センスによってこの状態を監視できます。これは各チャネルに対して利用可能で、TDM により最小限の遅延で測定値をホストプロセッサに報告します。このデバイスは、ホストおよびオーディオ入力から独立したリアルタイム負荷診断機能によって、オーディオ再生中に出力負荷状態を監視します。TAS6754-Q1 デバイスには各チャネルに追加の低レイテンシの信号路があり、48kHz での信号処理を最大 70% 高速化できるので、時間に制約のあるアクティブ ノイズ キャンセル (ANC)、ロード ノイズ キャンセル (RNC) アプリケーションを実現できます。

2.3.33 TMUX1308-Q1

TMUX1308-Q1 は、汎用の CMOS (相補型金属酸化膜半導体) マルチプレクサ (MUX) です。TMUX1308-Q1 は 8:1、1 チャネル (シングルエンド) MUX、TMUX1309-Q1 は 4:1、2 チャネル (差動) MUX です。このデバイスは、ソース (Sx) およびドレイン (Dx) ピンで、GND から VDD までの範囲の双方向アナログおよびデジタル信号をサポートします。

2.3.34 TPLD1201-Q1

TPLD1201-Q1 は、組み合わせ論理、順序論理、およびアナログ ブロックを持つ多用途のプログラマブル ロジック IC を備えた TI のプログラマブル ロジック デバイス (TPLD) ファミリーのデバイスです。TPLD は、タイミング遅延、電圧モニタ、システムリセット、電源シーケンス、I/O エクスパンダなどの共通のシステム機能を実装するための統合型低消費電力ソリューションを提供します。このデバイスは構成可能な I/O 構造を採用しているため、混合信号環境で互換性を拡張し、必要な個別部品の数を減らすことができます。システム設計者は、不揮発性メモリを一時的にエミュレートするか、Inter-Connect Studio を通じてワンタイム プログラマブル (OTP) を永続的にプログラミングすることにより、回路を作成し、マクロセル、I/O ピン、および相互接続を構成できます。TPLD1201-Q1 はハードウェアおよびソフトウェアのエコシステムによってサポートされており、アプリケーション ノート、リファレンス デザイン、設計例が提供されています。詳細および設計ツールへのアクセスについては、ti.com をご覧ください。

2.3.35 SN74CBTLV3861-Q1

SN74CBTLV3861 は、10 ビットの高速バス スイッチングを行います。スイッチの ON 状態の抵抗が低いため、最小の伝播遅延で接続が可能です。このデバイスは、1 つの 10 ビットバススイッチとして構成されています。出力イネーブル (OE) が Low の場合、10 ビットのバススイッチはオンで、ポート A はポート B に接続されます。OE が High の場合、スイッチはオープンで、2 つのポート間はハイインピーダンス状態になります。このデバイスは、 I_{off} を使用する部分的パワーダウンアプリケーション用の動作が完全に規定されています。 I_{off} 機能により、パワーダウン時に損傷を引き起こすような電流がデバイスに逆流しないことを確実にします。デバイスは、電源オフ時は絶縁されています。パワーアップまたはパワーダウン時にハイインピーダンス状態を確保するため、OE はプルアップ抵抗経由で VCC に接続します。この抵抗の最小値は、ドライバの電流シンク能力によって決定されます。

2.3.36 TXE8124-Q1

TXE81XX-Q1 デバイスは、4 線式シリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) プロトコル用の汎用パラレル入出力 (I/O) 拡張を提供し、1.65V ~ 5.5V VCC 動作用に設計されています。このデバイスは、3.3V ~ 5.5V で 10MHz、1.65V ~ 5.5V で 5MHz をサポートしています。TXE81XX-Q1 をはじめとする I/O エクスパンダは、スイッチ、センサ、プッシュボタン、LED、ファンに I/O を追加する必要がある場合に、簡単なアプローチとして使用できます。TXE81XX-Q1 デバイスには、速度、消費電力、柔軟性の観点から I/O 性能を向上させるように設計された追加機能を備えた I/O ポートがあります。追加機能としては、イネーブル / ディスエーブル プルアップ抵抗およびプルダウン抵抗、ラッチ可能な入力、マスカブル割り込み、割り込みステータスレジスタ、プログラマブル オープンドレインまたはプッシュプル出力、および FAIL-SAFE ピンで有効になるフェイルセーフ レジスタ モードがあります。

2.3.37 TCAL9539-Q1

TCAL9539-Q1 デバイスは、2 ライン双方向 I2C バス (または SMBus) プロトコル用の汎用パラレル入出力 (I/O) 拡張機能を備えており、1.08V ~ 3.6V の VCC で動作するように設計されています。このデバイスは、100kHz (スタンダード モード)、400kHz (高速モード)、1MHz (高速モード プラス) の I2C クロック周波数をサポートしています。TCAL9539-Q1 をはじめとする I/O エクスパンダは、スイッチ、センサ、プッシュボタン、LED、ファンなどに I/O を追加する必要がある場合に、簡単なソリューションとして使用できます。TCAL9539-Q1 には、速度、消費電力、EMI に関して I/O 性能を向上させる追加機能を備えた Agile I/O ポートが付いています。追加機能として、プログラマブルな出力駆動強度、プログラマブルなプルアップおよびプルダウン抵抗、ラッチ可能な入力、マスカブル割り込み、割り込みステータスレジスタ、プログラマブルなオープンがあります。

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 ハードウェア要件

TIDA-020079 を使用するには、以下のハードウェアが必要です。

- TIDA-020079 ゾーンリファレンス デザイン
- 12V 電源
- [XDS110ISO-EVM](#):AM263P-Q1 MCU のプログラミングに使用

3.2 ソフトウェア要件

この設計には、さまざまな機能をテストするためのファームウェアが含まれています。このファームウェアを表示するには、[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。

3.3 テスト設定

図 3-1 に、TIDA-020079-Q1 の代表的な構成を示します。設計上のすべての部品に完全に電力を供給するには、12V 電源を 12V_1 に供給する必要があります。12V_2 は、冗長電源ポートとして使用されます。

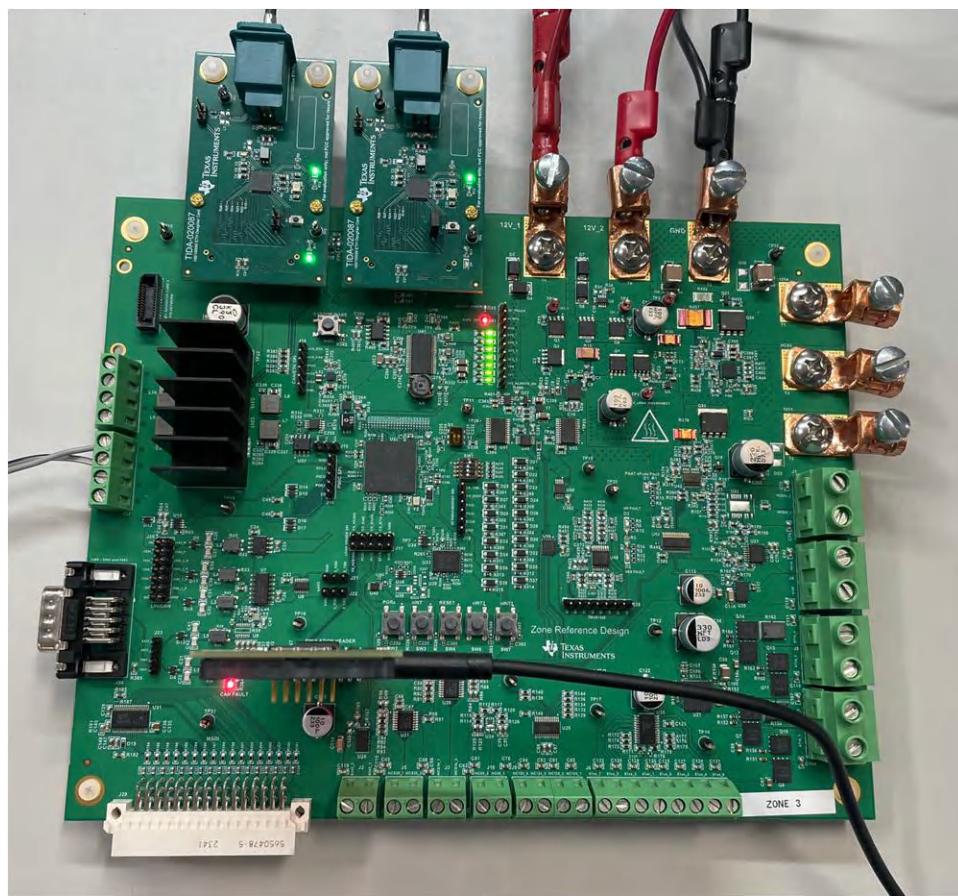


図 3-1. TIDA-020079 基板の設定

XDS110-ISO 評価基板を使用する場合、TIDA-020079 ファームウェアを AM263P-Q1 にロードできます。TIDA-020079 ファームウェアには、図 3-2 に示されている各機能セットをテストするためのさまざまなテストが含まれています。

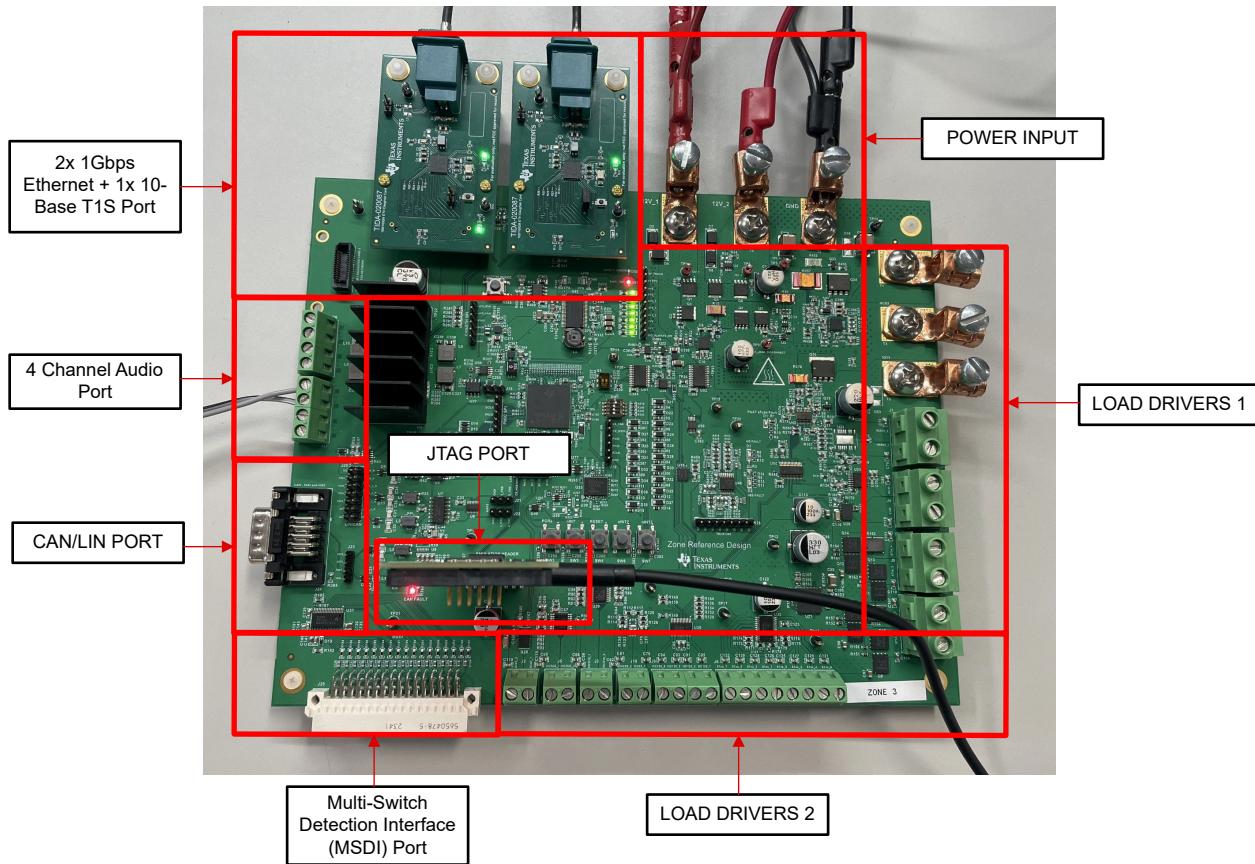


図 3-2. TIDA-020079 機能マップ

3.4 テスト結果

3.4.1 元長化入力電源

このリファレンス デザインは、理想ダイオード コントローラで保護された冗長入力電源を搭載しています。

このシステム動作は、ゾーンが低消費電力モードに遷移したときに、どちらかの 12V 入力電源のみがダウンストリーム負荷に電力を供給し続け、もう一方は遮断されるように設計されています。このテストでは、1 つの 12V 電源を遮断して電源の損失をシミュレートし、2 番目の電源をオンに維持します。12V レールをオシロスコープで監視します。図 3-3 は、電源 1 が遮断されたときに、2 番目の電源がダウンストリーム負荷用の 12V レールに割り込みなしで電力を供給し続けることを示しています。

より包括的なシステムでは、残りの電源の過負荷を防止するために、モジュール ソフトウェアはすべての出力の負荷電流を考慮する必要があります。

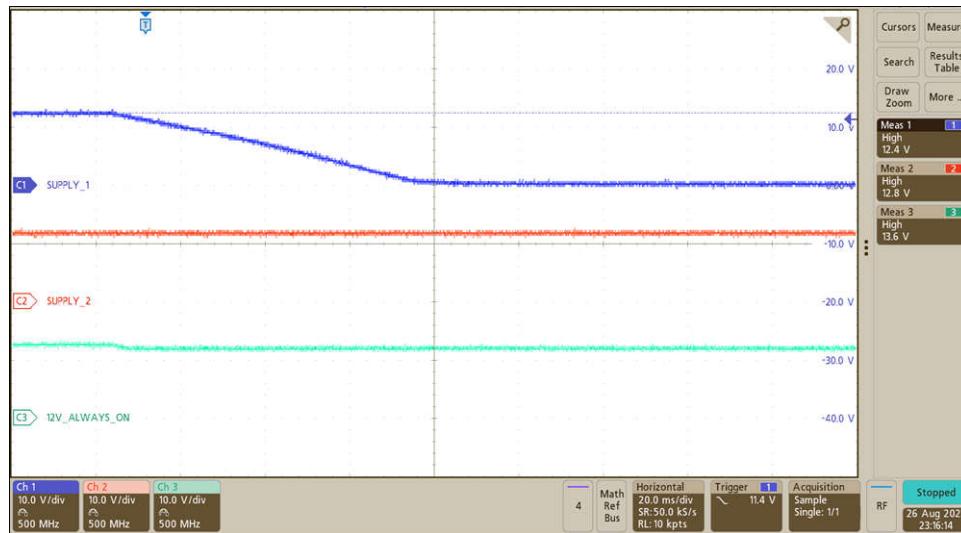


図 3-3. 積長電源テスト

3.4.2 電源シーケンス

このテストでは、TIDA-020079 がオフ状態から完全にウェークアップするまでに要する時間を測定します。12V_always_on レールは、PMIC (TPS653860-Q1)、常時オン LDO (TPS7B8133-Q1)、5V トランクリング LDO (TPS7B4256-Q1) に電力を供給します。PMIC は 6V の昇降圧出力 (6V0_BB) を供給し、その後、1.2V 降圧コンバータ (TPS62903-Q1) と 1.1V 降圧コンバータ (TPS62902-Q1) に電力を供給します。6V 昇降圧出力は、3.3V LDO1 (3V3_1)、3.3V LDO2 (3V3_2)、5V LDO1 (5V0_1)、1.8V LDO (1V8)、5V LDO2 (5V0_2)、および未使用の 5V LDO (PLDO2_OUT) を含む複数の PMIC LDO にも電力を供給します。

PMIC は、ワンタイム プログラマブル (OTP) 設定と SPI により構成されます。この設計の場合、OTP は 6V0_BB と 3V3_1 を電源投入し、1.1V と 1.2V のレールを有効にするよう構成されています。MCU の電源投入には、3V3_1 と 1.2V が必要です。MCU がオンのとき、他の PMIC レールは SPI によってオンになります。

電源シーケンス テストは、基板の電源を完全にオフにした状態で開始します。電源をオンにすると、PMIC で WAKE1 と WAKE2 がアサートされ、PMIC はオフ状態からアクティブ状態に遷移します。図 2-1 に示す電源レールは、6V 昇降圧プリレギュレータから起動します。

結果として得られるウェーク シーケンスは、2 つのスコープショットに分割されます。図 3-4 に、PMIC OTP 設定または 12V 常時オンドメインのいずれかにより、デフォルトで有効化される電源レールを示します。図 3-5 に、ソフトウェアによつて有効化されるすべての PMIC レール (A0 および A1 を除く) を示します。タイミングは、ワンタイム プログラマブル設定に基づいています。

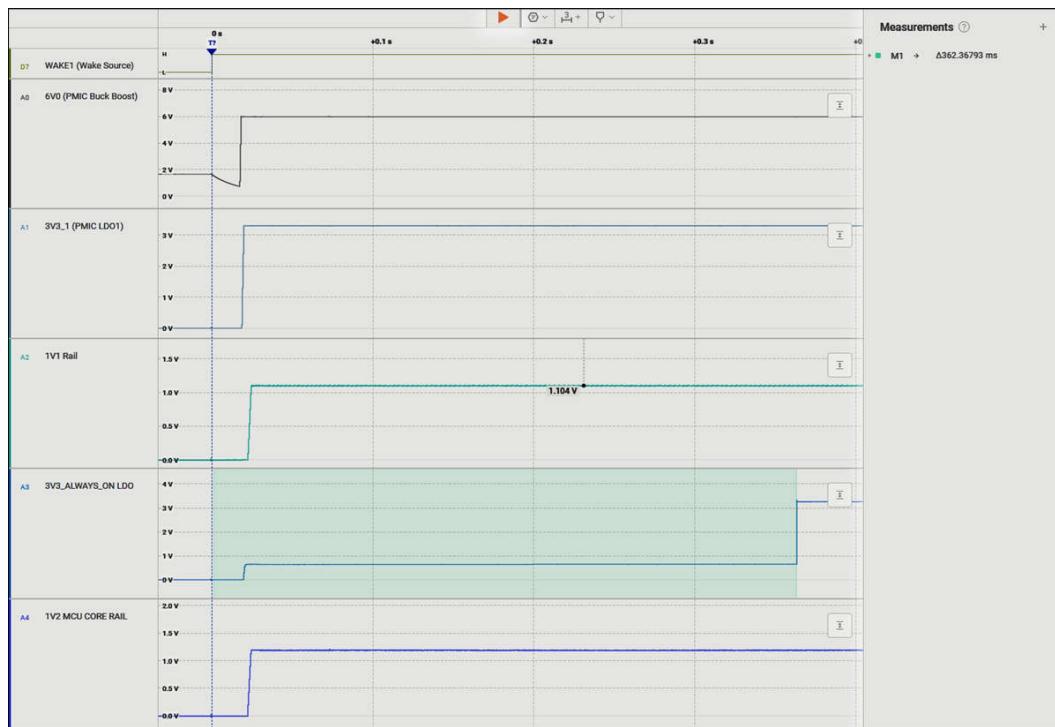


図 3-4. 電源シーケンス (ウェーク開始)

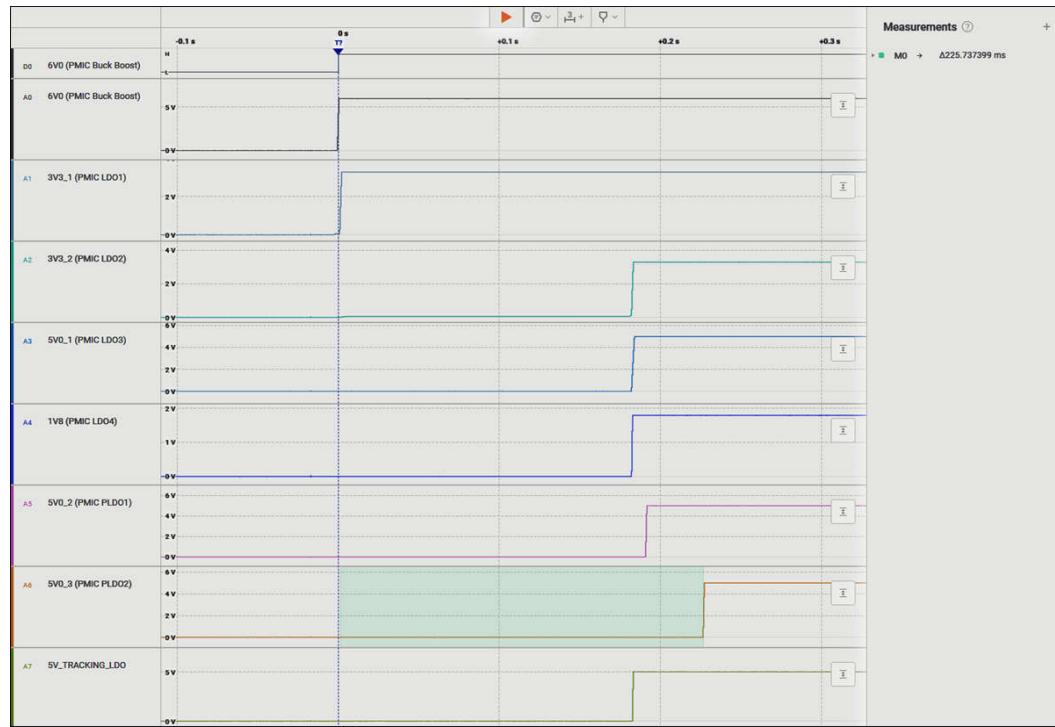


図 3-5. 電源シーケンス 2 (ウェーク シーケンスの終了)

上記のように、ほとんどの PMIC レールは 180ms 後にほぼ同時に High になります。PLDO2 が、ソフトウェアによって有効化される最後のレールであるため、PLDO2 は 225ms の時点で High になります。PLDO2 は、すべての MCU ペリフェラル ドライバのセットアップが完了すると有効になります。

3.4.3 集約のリセット

TPLD1201-Q1 を使用して実現したシステムリセット回路をテストするには、さまざまなリセットソースが回路の差動部分をどのようにリセットするかを分析するテストを実施します。リセットが検討されている主な部品は、IO エクスパンダと CAN FD ライトコマンダです。図 2-4 に、TPLD1201-Q1 のリセット回路を示します。

これらのテストでは、部品のリセット信号がアクティブ High またはアクティブ Low のどちらで動作するかに応じて、さまざまな信号を High または Low にプルするように構成されています。TXE8124-Q1 および TCAL9539-Q1 はアクティブ Low で動作し、TIC12400-Q1 はアクティブ High で動作します。

図 3-6 に示す最初のテストでは、NRST_TXE_MCU は MCU によって Low にプルされます。デジタルロジックで示されているように、TPLD1201-Q1 に適切な遅延が設定された後、TXE8124-Q1 のみがリセットされます。

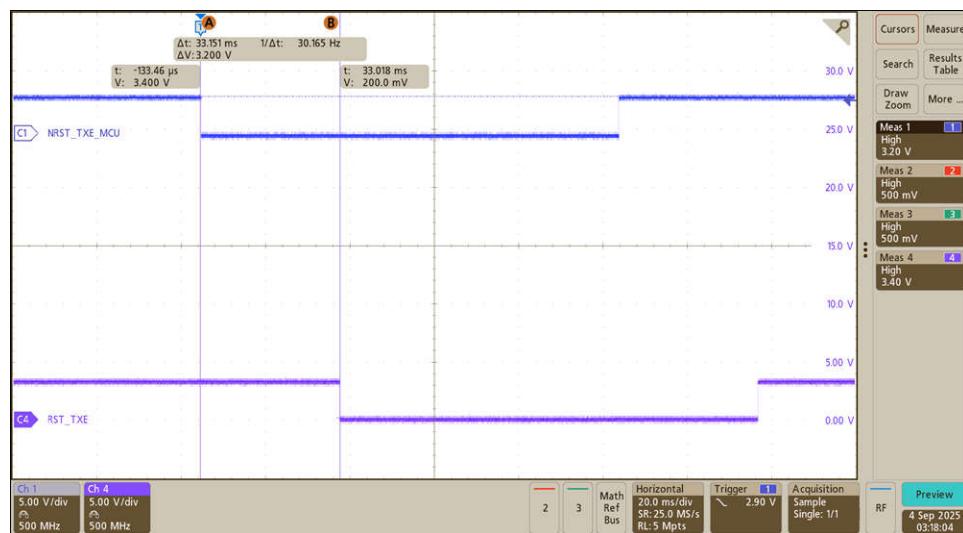


図 3-6. TXE のリセット

図 3-7 に示す 2 番目のテストでは、PORZ が Low にプルされ、MCU と IO エクスパンダでリセットがトリガされます。このスコープショットでは、具体的には TIC12400-Q1 のみがリセットされていることを示しています。

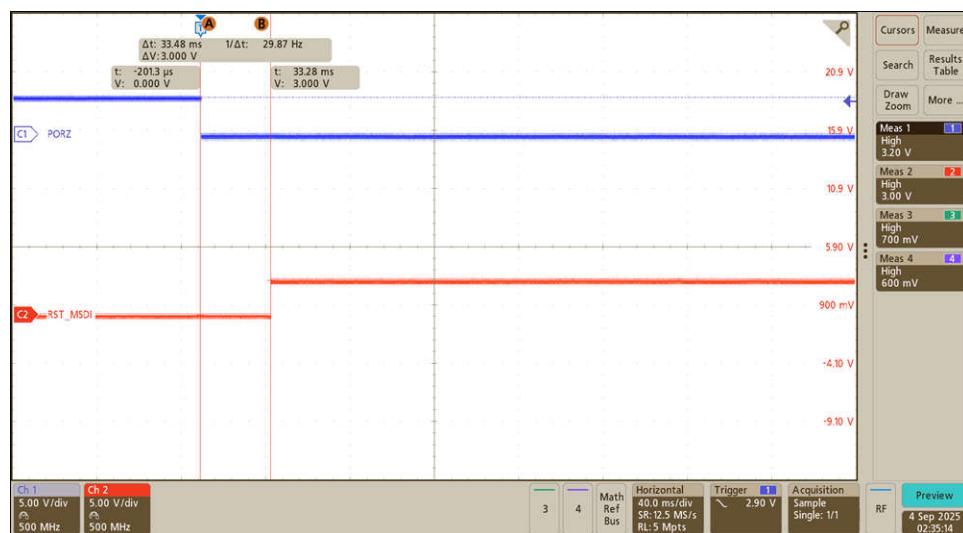


図 3-7. PORZ のリセット

図 3-8 に示す最後のテストでは、MCU でウォームリセットイベントがトリガされ、TPLD1201-Q1 で設定された遅延の後で WARMRST 入力が Low にプルされます。これも同様に、すべての部品のリセットがトリガされ、すべての IO エクスパンダがデフォルト状態にリセットされますが、PORZ と WARMRST の間には違いがあります。PORZ はすべてのレジスタ内容を完全にクリアし、基板が電源損失から回復すると基板の状態をエミュレートします。反対に、WARMRST は MCU 上の一部のレジスタをリセットし、IO エクスパンダのすべてのレジスタをリセットします。

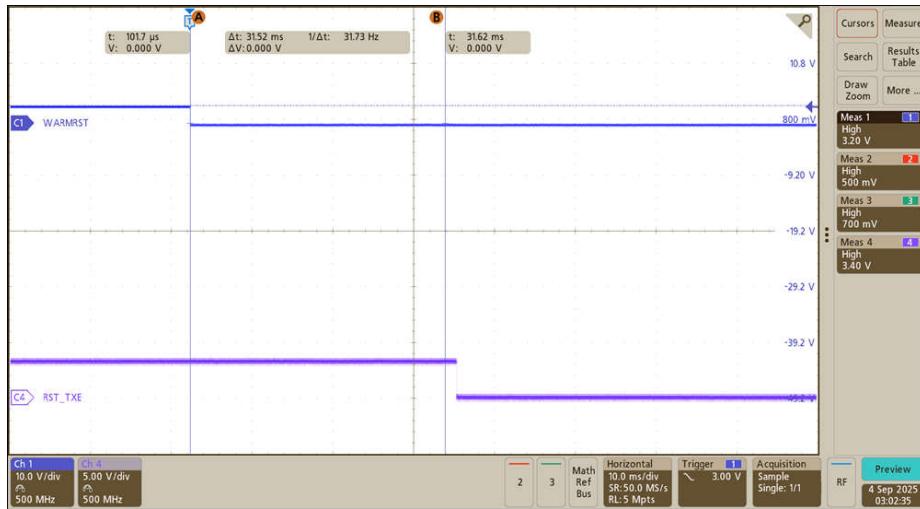


図 3-8. WARM RST

3.4.4 低消費電力モードのテスト

低消費電力モードは、特に電気自動車のキーオフ状態または駐車状態で電力を節減するために不可欠です。システムは、ECU への電力供給の増加、包括的なソフトウェアアルゴリズムの実行、最大出力を要するあらゆる応答のいずれかに応答するため、特定のイベントによりゾーンが一時的にウェークアップするまで、この低静止電流状態に維持されます。以下に、システムをメイン電源状態に遷移させるゾーン制御モジュールの一般的なイベントを示します。

- CAN ウェークアップ
- LIN ウェークアップ
- イーサネット ウェークアップ
- ハイサイドスイッチ、スマート eFuse ウェークアップ
- IO エクスパンダのウェークアップ
- スーパーバイザまたはシステム診断のウェークアップ

AM263P-Q1 には利用可能な低消費電力モードはありませんが、システムは PMIC レールおよび 12V 負荷接続解除レールから電力を供給されるすべての部品を遮断して I_Q を最小限に抑えることで、この要件を満たしています。これは、低消費電力モードで MCU がオフになることを意味します。12V および 3.3V の常時オンレールから電力供給される特定の部品からのウェークアップ信号は、TPLD 低消費電力モード回路によって監視され、さまざまなウェークアップイベントを判断します。

3.4.4.1 低消費電力モードの静止電流

表 3-1 に、低消費電力モードにおけるさまざまな常時オン部品全体の総消費電流の概要を示します。

表 3-1. 低消費電力モードにおける I_Q の分布

デバイス	サブシステム	基板上の個数	電源レール	I_Q (μA)
LM74704-Q1	電源 (理想ダイオード コントローラ)	1	VBAT	80
TPS653860-Q1	電力 (PMIC)	1	VBAT	45
TPS7B81-Q1	電源 (3.3V 常時オン LDO)	1	VBAT	2.7
TCAN1043-Q1	CAN	1	VBAT	15
TLIN1021A-Q1	LIN	1	VBAT	9
DP83TG721-Q1	イーサネット	2	VSLEEP	16
TPS2HCSxx-Q1	負荷ドライバ	2	VBAT	4.5
			VDD	14
TPS1214-Q1	負荷ドライバ	1	VBAT	20
TPS4HC120-Q1	負荷ドライバ	1	VBAT	チャネルあたり $20\mu A$ (全チャネルで $80\mu A$)
TIC12400-Q1	IO 拡張	1	VBAT	7.5
			VDD	1.5
想定合計				460.7 μA

測定される低消費電力モード電流は $512.6\mu A$ です。受動部品と抵抗デバイダが追加されているため、測定値は想定値よりもわずかに高くなっています。

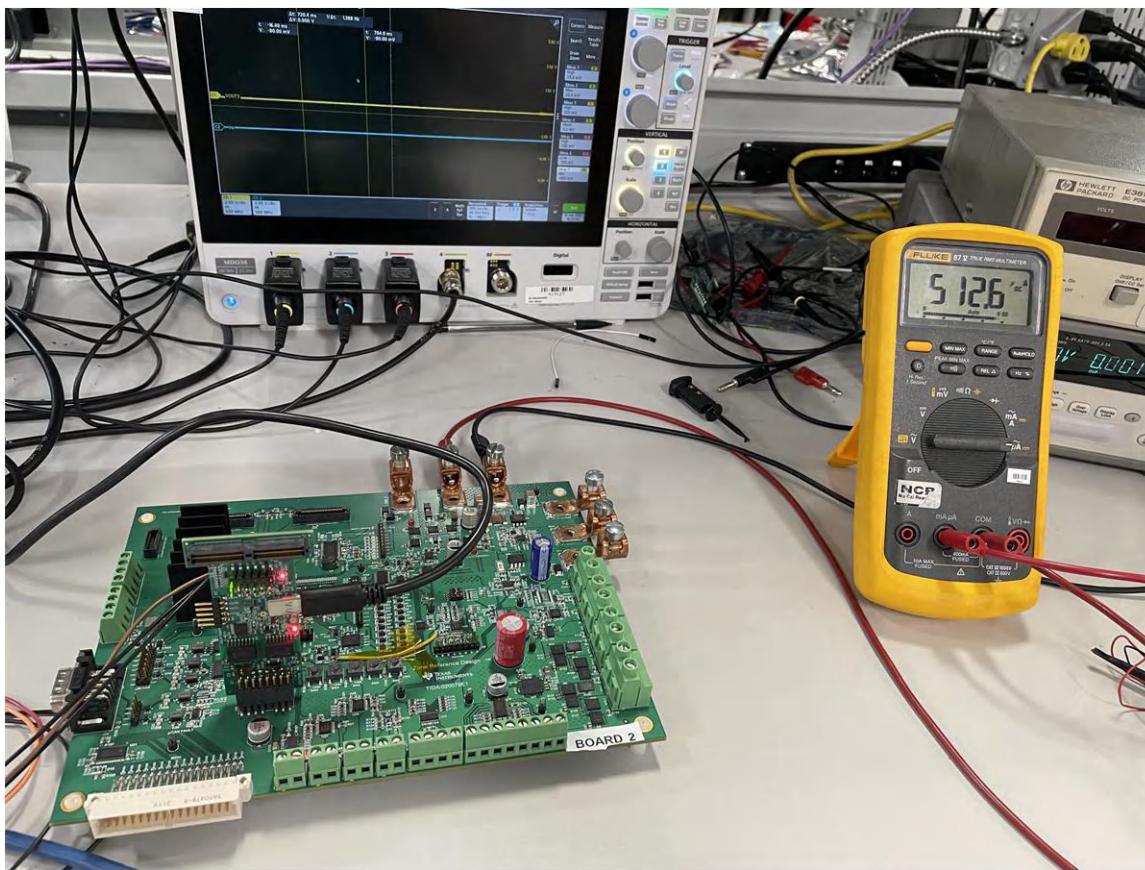


図 3-9. TIDA-020079 の低消費電力モード静止電流

3.4.4.2 ウエークアップ測定結果

このセクションでは、表 3-2 に記載されているいくつかの異なるウェークアップイベントについて測定されたシステムウェークアップ時間の詳細を示します。これらのウェークアップ時間は主に PMIC の影響を受けることに注意してください。ウェークアップ時のグリッチ除去時間に対して 2 種類の設定があります。WAKE1 は、16ms のグリッチ除去時間用に構成され、WAKE2 は 2ms のグリッチ除去時間用に構成されます。

これらすべての測定のウェークアップ時間は、ウェークソースのアサートから PMIC 昇降圧コンバータがオンになるまでの時間を測定することでキャプチャされます。

表 3-2. ウエークアップ測定の概要

デバイス	ウェーク信号	最小ウェーク時間 (PMIC ウェーク時のグリッチ除去時間)	システム ウェークア時間
TCAN1043-Q1	WAKE 1	16ms	18ms
TLIN1021-Q1	WAKE 1	16ms	17.6ms
TPS1214-Q1	WAKE 2	2ms	3.6ms
DP83TG721-Q1	WAKE 2	2ms	約 3.6ms (テストなし)
TPSxHCSxx-Q1	WAKE 2	2ms	3.637ms
TPS4HC120-Q1	WAKE 2	2ms	3.561ms
TIC12400-Q1	WAKE 2	2ms	約 3.6ms (テストなし)
TPS3762-Q1	WAKE 2	2ms	約 3.6ms (テストなし)

3.4.4.3 CAN ウエーク

最初のウェークアップソース テストでは CAN ウェークアップを使用します。低消費電力モードでは、すべてのノードが低消費電力モードで動作するため、CAN バスはリセッショブ状態を維持します。エッジノードは、ゾーン制御モジュールの TCAN1043-Q1 にメッセージを送信して、ウェークアップシーケンスを開始できます。



図 3-10. CAN ウエークアップ

3.4.4.4 LIN ウエーク

図 3-11 に、TLIN1021A-Q1 を使用した LIN ウェークアップの例を示します。低消費電力モード中、LIN バスはリセッショブ状態 (High) に維持されますが、接続されている LIN ノードは、LIN バスをドミナント状態 (Low) にプルできます。LIN バスを 50μs の間 Low にプルすることで、TLIN1021A-Q1 がアクティブモードに遷移します。これにより、Wake 1 が High にプルされ、約 18ms 後に PMIC がウェークアップされます。この場合、すべての LIN ノードとゾーン制御モジュールは、18ms 後に通信可能な状態になっていることが想定されています。

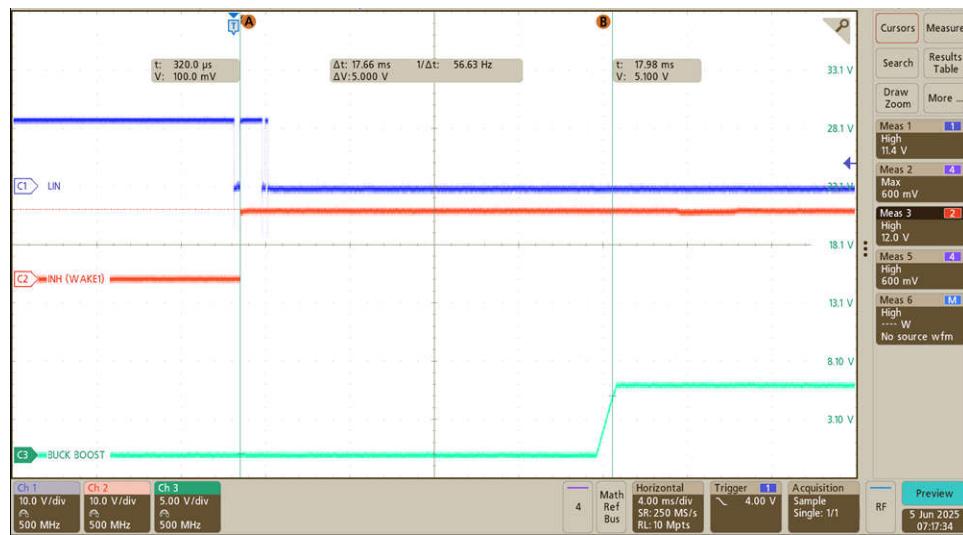


図 3-11. LIN ウェークアップ

3.4.4.5 ハイサイド スイッチ コントローラによるウェークアップ

TPS1214-Q1 は、低消費電力モード中にデバイス出力の負荷電流が増加すると、システムを自動的にウェークアップできます。この負荷ウェークアップ イベントにより、TPS1214-Q1 の WAKE ピンが、TPLD1201-Q1 に組み込まれたロジック回路に接続されます。負荷電流が増加すると、WAKE ピンが Low になり、TPLD 回路がトリガされて PMIC が High になります、MCU が電源オンになります。システム ウェークアップ中、TPS1214-Q1 は自動的にバイパス パスを使用してアクティブ パスに遷移し、全負荷動作をサポートします。

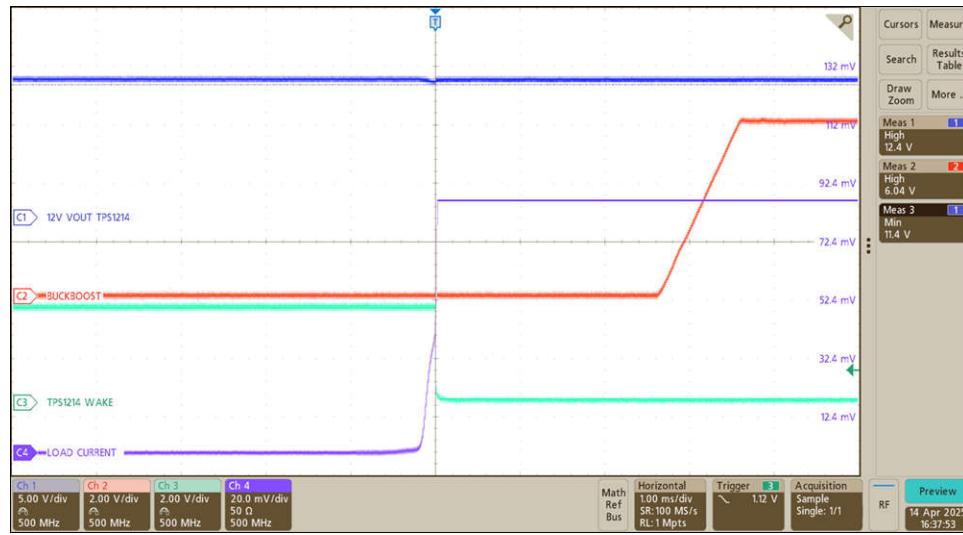


図 3-12. TPS1214-Q1 自動負荷ウェークアップ

3.4.4.6 スマート eFuse ウェークアップ

TPS2HCS10-Q1 は、LPM 中にいずれかのデバイス出力で負荷電流が増加すると、自動的に MCU をウェークアップできます。この負荷ウェークアップ イベントにより、TPS2HCS10-Q1 の nFLT ピンが、TPLD1201-Q1 に内蔵されたロジック回路に接続されます。負荷電流が増加すると、nFLT ピンが Low になり、TPLD 回路がトリガされて PMIC ウェークが High になります。システム ウェークアップ時、TPS2HCS10-Q1 はバイパス パスから負荷に電流を供給する状態から、全負荷動作をサポートするアクティブ パスへと自動的に遷移します。

TPS2HCS10-Q1 は、他の負荷ドライバと比較して MCU をウェークアップするために、TPLD1201-Q1 内に追加ロジックを必要とします。TPS2HCS10-Q1 のいずれかの出力で負荷電流が増加すると、nFLT ピンが 100μs の間 Low になり、TPLD1201-Q1 の出力も 100μs の間 High に維持されます。ただし、設定されたグリッチ時間により、PMIC をウェークア

アップさせるには、WAKE ピンに最低 2ms のパルスが必要です。この課題を解決するため、TPLD1201-Q1 内に追加ロジックを設け、TPS2HCS10-Q1 の nFLT ピンが High から Low へ遷移した際、その値を 3ms の間ラッチすることで立ち下がりエッジをキャプチャします。

TPLD1201-Q1 のウェーク出力を、PMIC が要求するパルス時間よりも十分に長い時間 High にラッチすることで、TPS2HCS10-Q1 でシステムをウェークアップできるようになります。図 3-13 に、TPS2HCS10-Q1 が output 電流の増加を検出した際に nFLT ピンが High から Low に遷移し、TPLD が output を 3ms の間 High に保持して、PMIC WAKE がトリガされる様子を示します。

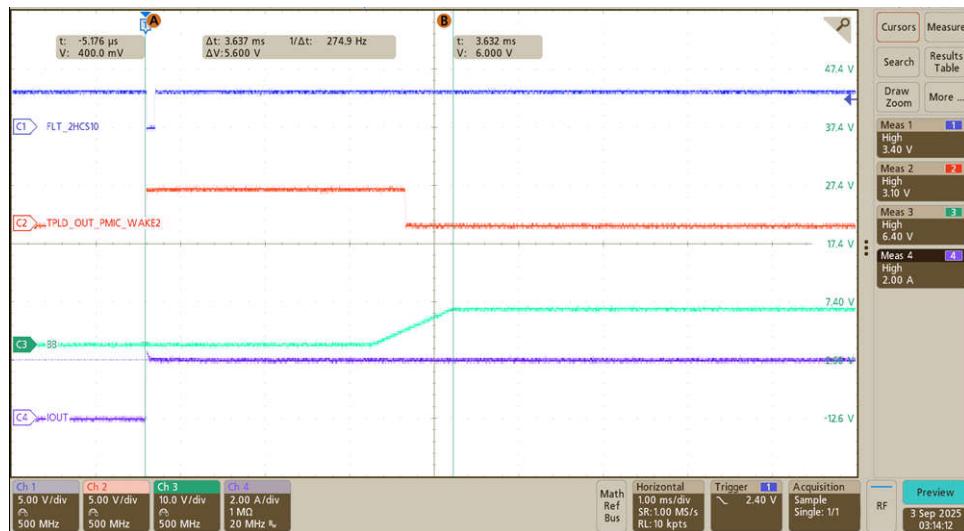


図 3-13. TPS2HCS10-Q1 自動負荷ウェークアップ

3.4.4.7 ハイサイドスイッチによるウェークアップ

よりシンプルなハイサイドスイッチで、システムをウェークアップすることもできます。TPS4HC120-Q1 は、低消費電力モードで 4 つの出力のいずれかで負荷電流が増加すると、システムをウェークアップします。この負荷ウェークアップイベントは、負荷電流が増加した際に、TPS4HC120-Q1 の nLPM ピンを TPLD1201-Q1 に内蔵されたロジック回路に接続することで発生します。nLPM ピンが Low になると、TPLD 回路がトリガされて PMIC ウェークが High になります。システムウェークアップ時、TPS4HC120-Q1 の出力は、バイパスバスから負荷に電流を供給する状態から、全負荷動作をサポートするアクティブバスに自動的に遷移します。

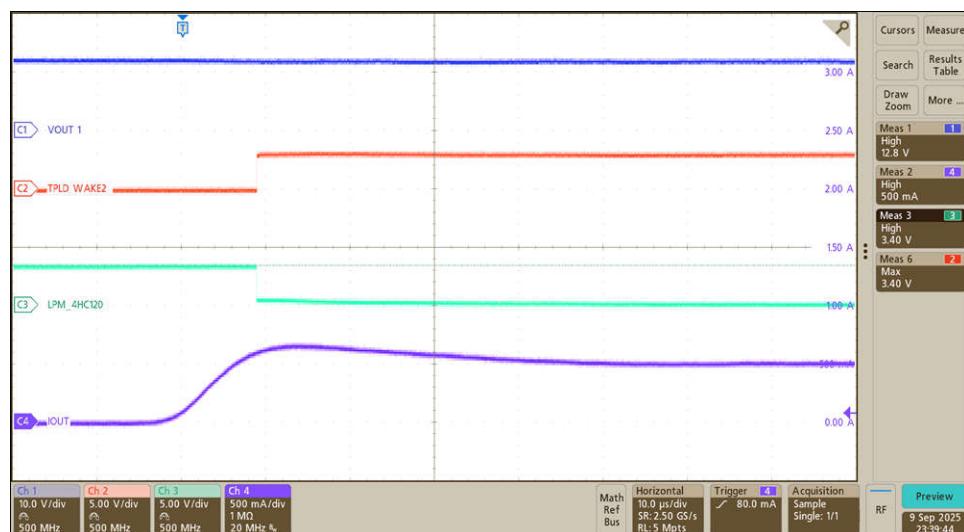


図 3-14. TPS4HC120-Q1 自動負荷ウェークアップ

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-020079](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 レイアウト

レイヤー プロット、ガーバー ファイル、アセンブリ ファイルを含むレイアウトをダウンロードするには、[TIDA-020079](#) の設計 ファイルを参照してください。

4.1.3 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-020079](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

ツール

[Code Composer Studio](#) Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)

[SYS CONFIG](#) システム構成ツール

[TPLD-ICS](#) TI のプログラマブル ロジック デバイス向け、InterConnect Studio

ソフトウェア

TIDA-20079 フームウェアをダウンロードするには、[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。

[AM263P4-Q1 SDK](#) AM263Px Sitara™ マイコン向けソフトウェア開発キット (SDK)

4.3 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がギア 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™ マイコン』データシート
9. テキサス・インスツルメンツ、『DP83TG721x-Q1 高度なTSN および AVB 対応 1000BASE-T1 車載イーサネット PHY』データシート
10. テキサス・インスツルメンツ、『DP83TD555J-Q1 車載用 10BASE-T1S マルチドロップ OA SPI MAC-PHY イーサネットトランシーバ』データシート
11. 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 マネージメント IC』データシート
12. 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
13. テキサス・インスツルメンツ、『TPS2HCS10-Q1 11.3mΩ、車載用デュアル チャネルの SPI 制御ハイサイドスイッチ、I²T ワイヤ保護および低消費電力モード搭載』データシート

14. テキサス インスツルメンツ、『[TPS2HCS05-Q1 5mΩ、車載用デュアル チャネルの SPI 制御ハイサイドスイッチ、I2T ワイヤ保護および低消費電力モード搭載](#)』データシート
15. テキサス インスツルメンツ、『[DRV8245-Q1 電流センス機能および診断機能搭載、車載用 H ブリッジドライバ](#)』データシート
16. 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
17. テキサス インスツルメンツ、『[サーチットブレーカ、低電圧および過電圧保護機能付き、フォルト出力付き LM749x0-Q1 車載用理想ダイオード](#)』データシート
18. テキサス インスツルメンツ、『[LM74703-Q1、LM74704-Q1 外部 FET の健全性表示機能搭載、車載用理想ダイオード コントローラ](#)』データシート
19. テキサス インスツルメンツ、『[INA186-Q1 AEC-Q100 対応、40V、双方向、高精度電流センスアンプ、ピコアンペア \(pA\) IB、イネーブル付き](#)』データシート
20. テキサス インスツルメンツ、『[TPS7B81-Q1 車載用、150mA、バッテリ直結型、超低 \$I_Q\$ \(3μA\)、低ドロップアウトレギュレータ](#)』データシート
21. テキサス インスツルメンツ、『[TPS3762-Q1 車載用 65V ウィンドウ \(OV & UV\) スーパーバイザ、セルフテストおよびラッチ機能内蔵](#)』データシート
22. テキサス インスツルメンツ、『[TPS62903-Q1 3-V ~ 18-V、3-A、車載用低 \$I_Q\$ 降圧コンバータ、165°C \$T_J\$](#) 』データシート
23. テキサス インスツルメンツ、『[TPS62902-Q1 3-V ~ 18-V、2-A、車載用低 \$I_Q\$ 降圧コンバータ、165°C \$T_J\$](#) 』データシート
24. テキサス インスツルメンツ、『[TPS7B4256-Q1 Automotive、トラッキング許容誤差 6mV の 70mA 40V 電圧トラッキング LDO](#)』データシート
25. テキサス インスツルメンツ、『[TPS1211-Q1 保護機能および診断機能搭載 45V 車載用スマートハイサイドドライバ](#)』データシート
26. テキサス インスツルメンツ、『[TPS1HC30-Q1、30mΩ、5A、シングルチャネル車載用スマートハイサイドスイッチ](#)』データシート
27. テキサス インスツルメンツ、『[TPS4HC120-Q1、120mΩ、2A、クワッドチャネル車載用スマートハイサイドスイッチ](#)』データシート
28. テキサス インスツルメンツ、『[TPS2HC08-Q1、9.5mΩ クワッドチャネル車載用スマートハイサイドスイッチ](#)』データシート
29. テキサス インスツルメンツ、『[TPS1HC04-Q1、4.9mΩ シングルチャネル車載用スマートハイサイドスイッチ](#)』データシート
30. テキサス インスツルメンツ、『[DRV871x-Q1 広い同相入力電圧範囲を持つインライン電流センスアンプを備えた車載用マルチチャネルスマートハーフブリッジドライバ](#)』データシート
31. テキサス インスツルメンツ、『[DRV8145-Q1 電流センス機能および診断機能搭載、車載用ハーフブリッジドライバ](#)』データシート
32. テキサス インスツルメンツ、『[DRV81602-Q1: 車載用リレー、LED、ライティング、モーター制御向けの 8 チャネル、40V、700mΩ、包括的な保護機能と構成可能なローサイドおよびハイサイドドライバ](#)』データシート
33. テキサス インスツルメンツ、『[TCAN1043A-Q1 車載用、低消費電力、フォルト保護、スリープモード付き CAN FD トランシーバ](#)』データシート
34. テキサス インスツルメンツ、『[TCAN1044-Q1 車載用、フォルト保護、1.8V I/O 対応、CAN FD トランシーバ](#)』データシート
35. テキサス インスツルメンツ、『[TCAN1046V-Q1 デュアル車載用、フォルト保護機能搭載 CAN トランシーバ](#)』データシート
36. テキサス インスツルメンツ、『[SN3257-Q1 1.8V ロジック搭載、車載用、5V、低伝搬遅延、2:1 \(SPDT\)、4 チャネルスイッチ](#)』データシート
37. テキサス インスツルメンツ、『[TLIN1021A-Q1 フォルト保護 LIN トランシーバ、インヒビットおよびウェイク付き](#)』データシート
38. テキサス インスツルメンツ、『[TLIN1024A-Q1 ドミナント状態タイムアウト機能搭載、クワッドローカル相互接続ネットワーク \(LIN\) トランシーバ](#)』データシート
39. テキサス インスツルメンツ、『[TAS6754-Q1 1L 変調、2MHz デジタル入力、電流センス機能およびリアルタイム負荷診断機能付き 4 チャネル車載用 Class-D オーディオアンプ](#)』データシート

40. テキサス インスツルメンツ、『[TMUX13xx-Q1 車載用 5V、双方向 8:1、1 チャネルおよび 4:1、2 チャネル・マルチプ レクサ、インジェクション電流制御機能付き](#)』データシート
41. テキサス インスツルメンツ、『[TPLD1201-Q1 8 つの GPIO を備えた車載用プログラマブル ロジック デバイス](#)』データ シート
42. テキサス インスツルメンツ、『[SN74CBTLV3861-Q1 低電圧、10 ビット FET バススイッチ](#)』データシート
43. テキサス インスツルメンツ、『[TXE81XX-Q1 車載用 16 ビットおよび 24 ビット SPI バス I/O エクスパンダ\(割り込み出 力、リセット入力、I/O 構成レジスタ付き\)](#)』データシート
44. テキサス インスツルメンツ、『[TCAL9539-Q1 車載用、低電圧、16 ビット I2C バス / SMBus I/O エクスパンダ、割り込 み出力、リセット、構成レジスタ付き](#)』データシート

4.4 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、設計で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。

4.5 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。

5 著者について

DONOVAN PORTER は、自動車用ボ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。

6 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (December 2024) to Revision A (January 2026)	Page
• TIDA-020079 のテスト設定と複数のテスト結果を追加。	1

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