

Design Guide: TIDA-020075

車載用、高電圧バッテリー管理システム

2 チャンネルパイロヒューズドライバボードのリファレンス デザイン



概要

ハイブリッド (FHEV、PHEV) および完全電気自動車 (BEV) のバッテリージャンクションボックスには、バッテリーパックを遮断するコア機能が統合されており、過電流、永続的な損傷、または熱暴走からバッテリーを保護します。

このリファレンス デザインでは、車載グレード、機能安全準拠のシングルまたはデュアル スクイブドライバ設計を構築する方法を示します。

ボードのサイズは 44mm × 130mm です。

リソース

TIDA-020075

デザインフォルダ

DRV3901-Q1

プロダクトフォルダ



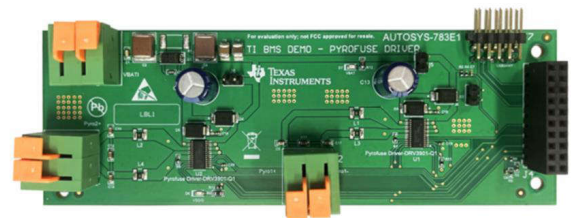
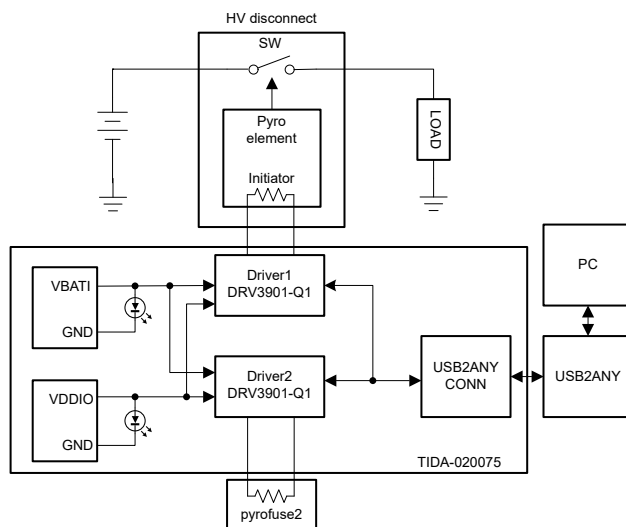
テキサス・インスツルメンツの™ E2E サポート エキスパートにお問い合わせください。

特長

- 完全統合型、シングルまたはデュアル パイロヒューズドライバ デザイン
- テキサス・インスツルメンツの接触器ドライバおよびパック モニタと組み合わせてワイヤ ハーネスの労力を低減
- 構成、診断、展開に SPI を使用
- パック モニタ過電流検出または衝突センサによる、レベルまたはハートビート高速ハードウェア ピントリガ機能
- オプションでエネルギー リザーバ コンデンサを統合
- ASIL-C 安全性目標として、予期しないバッテリーパックの切断を防止、切断機能の提供
- リザーバ ストレージ診断、出力および電源への短絡診断、内蔵セルフ テスト、負荷 (パイロ) 診断

アプリケーション

- HEV/EV のバッテリー管理システム (BMS)
- バッテリージャンクションボックス
- 高電圧バッテリーシステム



1 システムの説明

ハイブリッド (FHEV、PHEV) および完全電気自動車 (BEV) のバッテリー ジャンクション ボックスには、ヒューズを切断するコア機能が統合されており、過電流、永続的な損傷、または熱暴走からバッテリー パックを保護します。主な要件は、高速な応答時間、誤トリガを防止しながら要求に応じて信頼性の高い展開、高い診断範囲です。ブロー ヒューズや溶断ヒューズと比較して、パイロヒューズは展開時間が短く、トリガする電流プロファイルを柔軟に定義できます。また、パイロヒューズは、パック電流が過剰な場合だけでなく、衝突時にもアクティブにトリガできます。

このリファレンス デザインでは、車載グレード、機能安全準拠のシングルまたはデュアル スクイブドライブ設計を構築する方法を示します。

このデザインは、標準的な 12V 電源レールで動作するハイブリッド車または完全電気自動車の車載アプリケーション向け、シングルまたはデュアル パイロヒューズドライブを示します。TIDA-020075 には、車載用 EV パイロヒューズ アプリケーション用のシングルチャネル、高集積スクラブ ドライバである DRV3901 デバイスが採用されています。スクイブ負荷の駆動に必要な電源、電流センシングおよびレギュレーション、診断および保護機能を備えています。このデザインには、従来のスクイブドライブとは異なる、デバイス固有の重要な機能もいくつか組み込まれています。これらの機能には、ハードウェア ピントリガ インターフェイス、エネルギー リザーバ コンデンサ診断、アドレス指定可能な SPI、チャージ ポンプを内蔵した最適化されたドライブ段、追加の展開電流オプションが含まれます。

システムのエネルギー リザーバ コンデンサの診断をサポートするため、DRV3901-Q1 はリザーバ コンデンサの放電電圧をバイアスおよび監視できるようにスイッチと監視回路を内蔵しています。これにより、デバイスと外部 MCU は、通常動作でのリザーバ コンデンサの損失や障害、またはその近似値を検出できます。

電力段は保護されたハイサイドおよびローサイド スイッチを利用して、さまざまなフォルト条件による意図しない駆動に対する堅牢性を提供します。内蔵チャージ ポンプにより、展開時のスイッチ両端でのドロップアウト電圧が最小限に抑えられ、低い電源電圧までの動作が可能になります。さまざまな種類のスクイブ負荷や特定のアプリケーション要件に合わせて最適化するために、幅広い展開オプションが利用できます。

パイロヒューズドライブは、アドレス指定可能な SPI バスを使用して、構成、安全監視、採用できます。これにより、MCU リソースの要件が削減され、テキサス・インスツルメンツの接触器ドライバ (DRV3946) と SPI バスを共有することで、この設計の配線をさらに削減できます。また、テキサス・インスツルメンツのバッテリー パック モニタ (BQ79731) には SPI ハブが搭載されており、配線の労力をさらに削減し、絶縁型垂直インターフェイス (VIF) を介して通信をトンネリングできます。

SPI には、CRC、アドレス読み戻し機能、各種バス フォルト検出メカニズムなど、複数の堅牢性機能が組み込まれています。

別のトリガ方法としてハードウェア ピントリガ (TRGx) インターフェイスを使用すると、展開コマンドをハードウェアで DRV3901-Q1 に直接発行できます。これにより、MCU のハードウェア ピンを使用して展開をトリガする、バック モニタ (BQ79731) の過電流センサを使用して直接トリガする、エアバッグの衝突検出などの他の外部ハードウェアを使用してトリガするという柔軟性があります。ハードウェアのトリガ ピンは、スレッショルドまたは PWM ベースの両方のオプションを持つ 2 ピン インターフェイスをサポートしているため、誤展開に対する堅牢性を提供すると同時に、各種のインターフェイス オプションを柔軟に実現します。

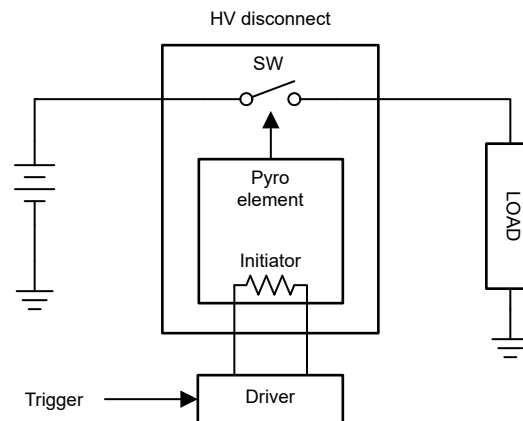


図 1-1. 一般的なパイロヒューズドライブシステム

1.1 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

項目	説明	標準値	単位
VBATI	電源電圧	5~28	V
VDDIO	ロジック電源電圧	4.5~5.5	V
TA	動作時の周囲温度	-40~125	°C

2 システム概要

2.1 ブロック図

図 2-1 に、パイロヒューズドライバとして DRV3901 が採用されたシステムレベルの機能ブロック図を示します。デュアルパイロヒューズ設計を実装した場合、この機能が 2 回繰り返されます。

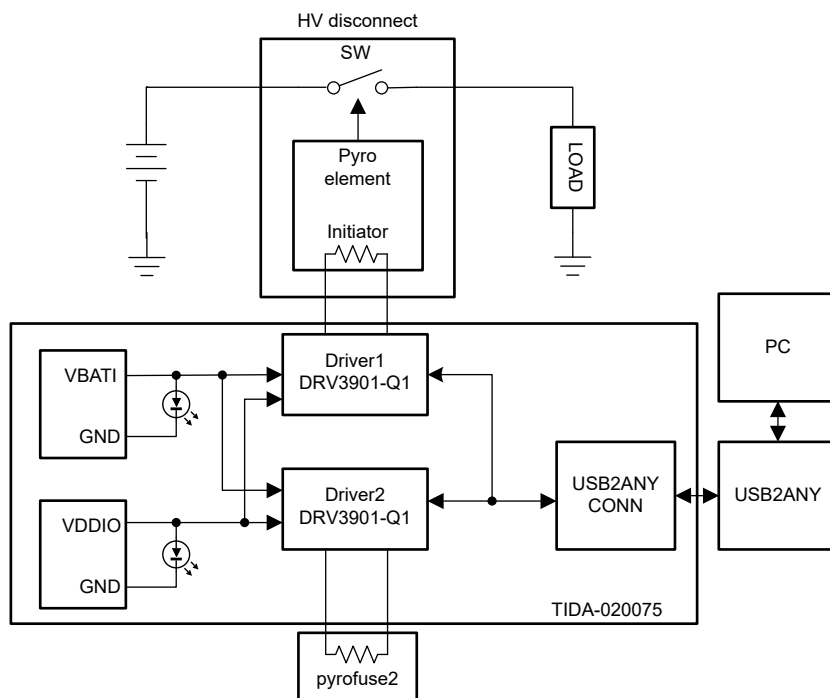


図 2-1. TIDA-020075 のシステムレベルの機能ブロック図

図 2-2 は、TIDA-020075 デザインの回路図です。

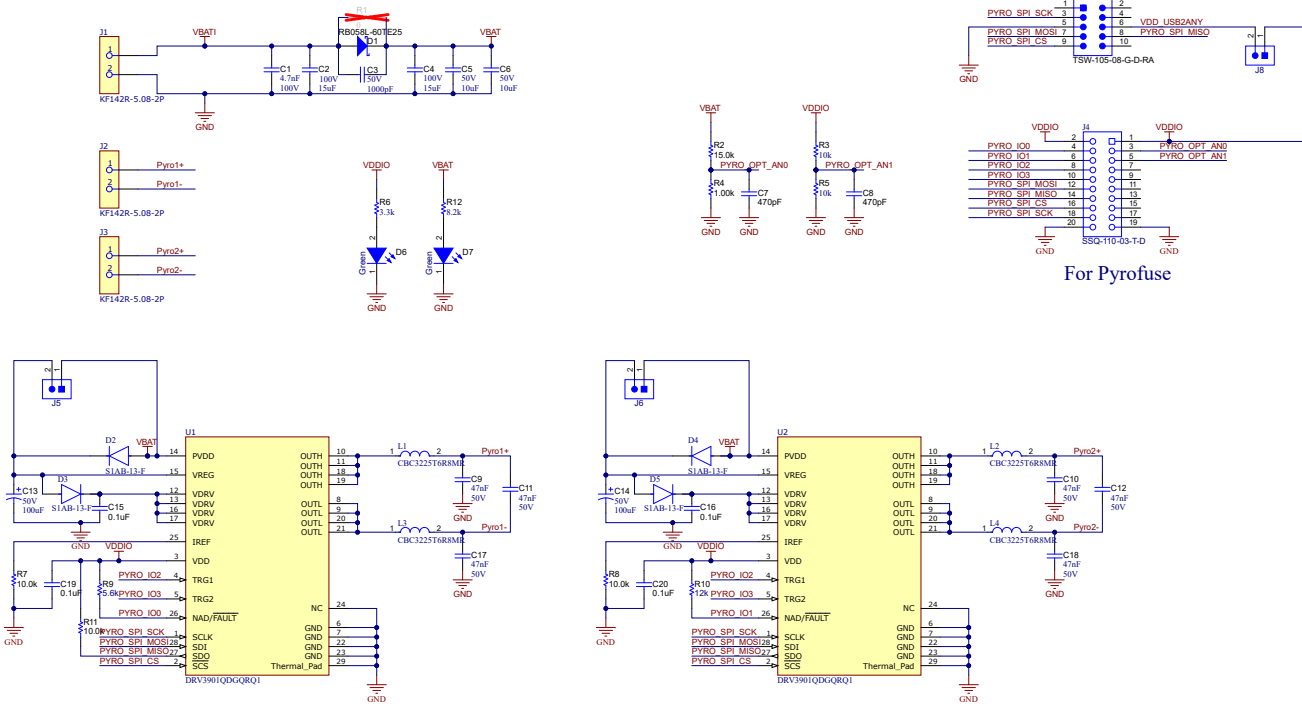


図 2-2. TIDA-020075 デザインの回路図

2.2 設計上の考慮事項

このリファレンス デザインには、車載用切り離しユニットが使用されています。このデザインは、車載用 BMS 評価プラットフォームの一部であり、関心をお持ちのお客様が、後の産業化に向けて評価を迅速に開始できるようにします。

2.3 主な使用製品

2.3.1 DRV3901-Q1

DRV3901-Q1 は、車載用 EV パイロヒューズ アプリケーションを対象とした高集積スクイブドライバです。スクイブ負荷の駆動に必要な電源、電流センシングおよびレギュレーション、診断および保護機能を備えています。DRV3901-Q1 には、従来のスクイブドライバとは異なる、デバイス固有の重要な機能がいくつか組み込まれています。これらの機能には、ハードウェア ピントリガ インターフェイス、エネルギー リザーバ コンデンサ診断、アドレス指定可能な SPI、チャージ ポンプを内蔵した最適化されたドライバ段、追加の展開電流オプションが含まれます。

DRV3901-Q1 の主な特長:

- 車載アプリケーション向けに AEC-Q100 認証済み
 - 温度グレード 1: -40°C ~ +125°C、T_A
- **機能安全準拠**
 - 機能安全アプリケーション向けに開発
 - ASIL C までの ISO 26262 システム設計を支援するドキュメント
- 車載用 EV パイロヒューズ アプリケーション向け、高集積スクイブドライバ設計
 - 電源、電流レギュレーション、診断、安全機能の統合
 - SPI またはハードウェア ピン ベースのトリガにより柔軟性あるインターフェイス オプションと迅速な発火反応を実現
 - システムのエネルギー リザーバ コンデンサとスクイブの状態監視向け診断機能
 - 電源、インターフェイス、ドライバ、モニタの内蔵セルフ テストおよび診断機能
 - 冗長電源、ローサイドおよびハイドライバドライバ、2 次側監視ロジックにより信頼性の高い動作を実現するアーキテクチャ
- 動作範囲: 最大 28V (絶対最大電圧 40V)
- 小型 HVSSOP-28 (DGQ) リード付きパッケージ
- 保護された電流制御ハイサイド スイッチと保護された 2 次側ローサイド スイッチを搭載した 2 線式負荷インターフェイス
- 内蔵チャージ ポンプにより MOSFET のドロップアウト電圧を最小化
- CRC 保護機能搭載 4 線式アドレス指定可能 24 ビット SPI
 - 同じ SPI 上で複数のデバイスを動作可能
 - 複数のデバイスへのブロードキャスト コマンドが可能。
- 構成可能な展開電流 (1.2A / 2ms、1.75A / 0.5ms、最大 3.4A / 0.5ms)
- 構成可能な展開インターフェイス オプション
 - PWM またはレベル信号付き 2 ピン ハードウェア トリガ
 - CRC による保護された SPI コマンド
- 包括的なオフ状態診断
 - デバイス内蔵セルフ テスト
 - ドライバ出力およびスイッチのテスト
 - インターフェイス テスト
 - エネルギー リザーバ コンデンサ テスト
 - スクイブ抵抗テスト
- 構成可能なフォルト インジケータ (nFAULT)

3 システム設計理論

パイロヒューズドライバシステムの設計は、OEM (Original Equipment Manufacturer) の要件に基づいています。このリファレンス デザインは、既定のトポロジおよび診断要件を使って、ほとんどの設計要件に対応できます。

- 従来のヒューズとの違い：
 - はるかに高速な切断プロセスにより、アーク形成を最小限に抑えます。
 - 特殊なドライバが必要です。点火高電圧遮断には、特定の電流とタイミングの設定が必要です。
 - アクティブトリガにより、制御された一貫した遮断が可能になります。

4 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

4.1 ハードウェア要件

TIDA-020075 は、アプリケーションの観点からデザインを説明するため、次の 2 つの部分に分類されています。

- ドライバ
- 電源とコネクタ

TRG1 と TRG2 は DRV3901-Q1 のハードウェアトリガです。本デバイスは、SPI を使用してトリガすることもできます。J5 と J6 はデフォルトで接続されていないため、最終の顧客設計では必要ありません。デバイスは、D2 と D4 の接続が切断されたときのみ接続する必要があります。PVDD 電源喪失のフォルト状況でドライバに電力を供給するには、VREG にローカル エネルギー リザーバ コンデンサが必要です。

図 4-3 に、PCB 上の各種ピン ヘッダー、LED、コネクタの位置を示します。

電源の状態を示す 2 個の LED があります。VOOIO の電源がオンの場合は D6 が点灯し、VBATI の電源がオンの場合は D7 が点灯します。

コネクタについては、J1 は VBATTI の入力、J2 と J3 はパイロヒューズドライバの出力です。J7 は USB2ANY ポートであり、DRV3901-Q1 の構成とトリガを行う目的で使用できます。J4 は、別のデモ ボード (BMS システムのコントローラ ボードであるバス コントローラ ユニット (BCU) ボード) とのポート接続です。

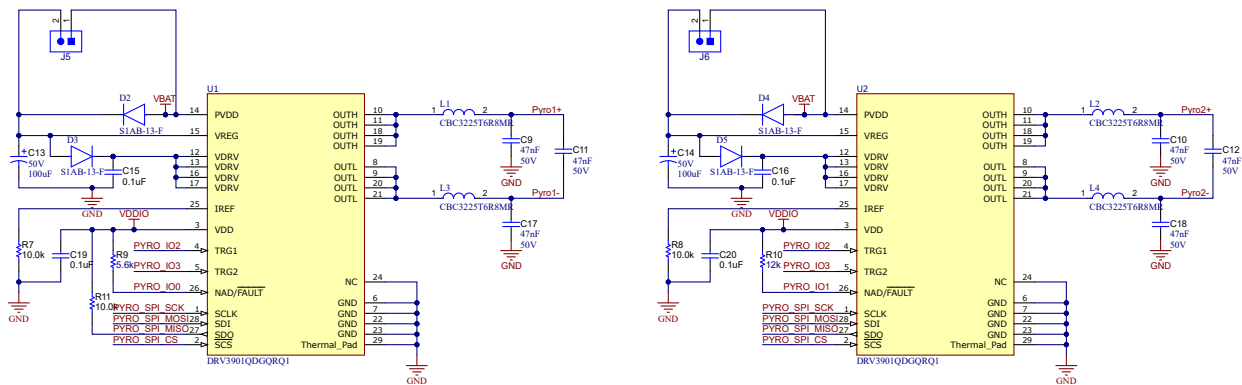


図 4-1. TIDA-020075 の回路図: ドライバ

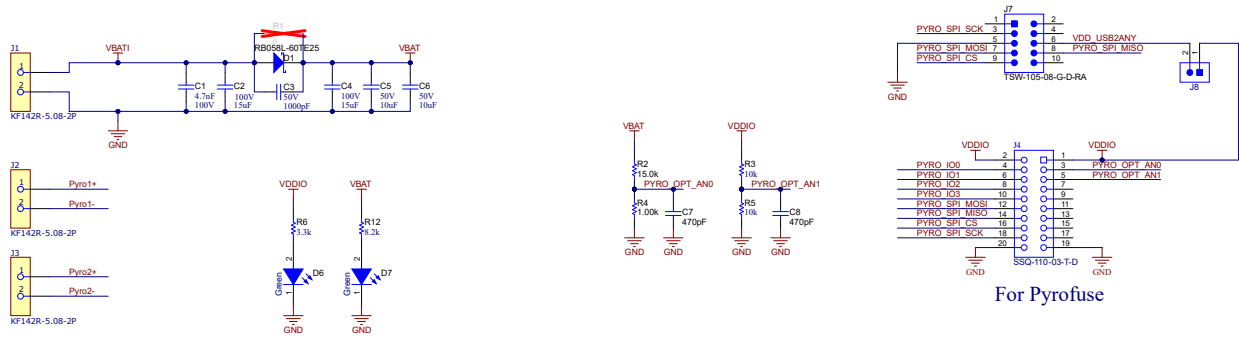


図 4-2. TIDA-020075 の回路図: 電源とコネクタ

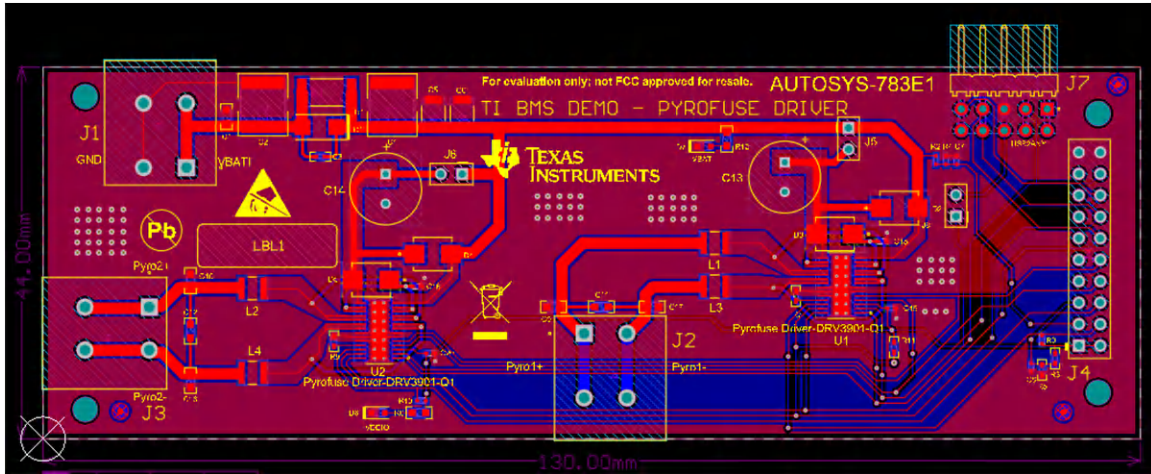


図 4-3. TIDA-020075 の PCB レイアウト (上面図)

4.2 ソフトウェア要件

このリファレンスデザインでは、PC に [USB2ANY Explorer](#) がインストールされていることが必要です。この USB2ANY Explorer を使用して、パイロヒューズのトリガを構成できます。

4.3 テスト構成

[セクション 4.3.1](#) および [セクション 4.3.2](#) に、テスト構成の詳細を示します。

4.3.1 ハードウェア設定

次の手順を使用し、[図 4-4](#) を参照して、ハードウェアを設定します。

- 12V を電源入力 (J1) に、5V を J4 に、2 つのパイロヒューズまたは 2Ω 抵抗を J2 と J3 に接続します。
- USB2ANY を J7 に接続し、コンピュータにエクスポートします。
- オシロスコープを使用して J2 と J3 の出力を監視します。

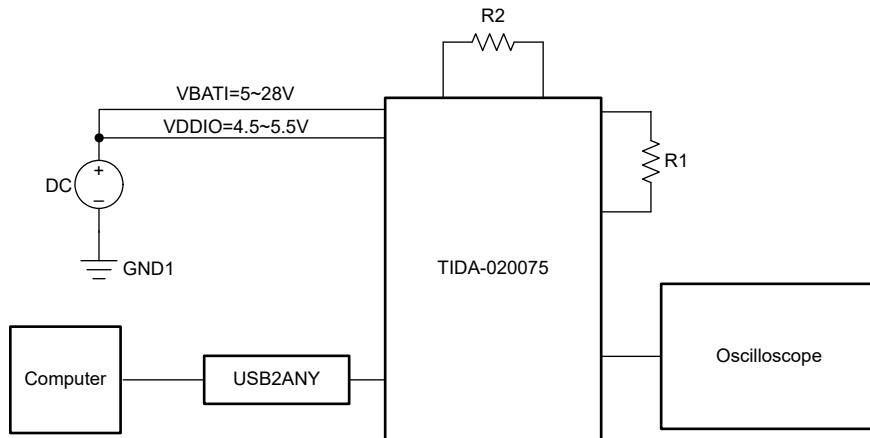


図 4-4. TIDA-020075 のハードウェアのテスト構成

4.3.2 USB2ANY Explorer の設定

USB2ANY を接続する前に、デバイスが正しく接続されていることを確認してください。図 4-5 に、USB2ANY ポートの詳細を示します。

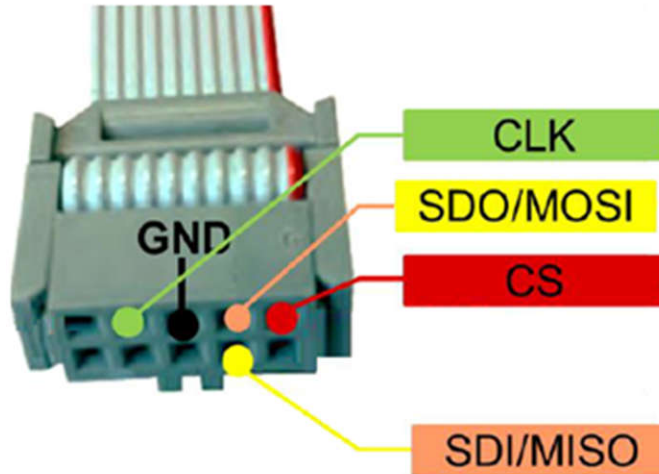


図 4-5. TIDA-020075 USB2ANY のテスト構成

製品ページから [USB2ANY Explorer](#) ソフトウェアをインストールした後、USB2ANY デバイスをコンピュータに接続して、USB2ANY Explorer を開きます。ソフトウェアは自動的にデバイスを検出し、接続を行います。接続に失敗した場合は、左上にある [Open Device] ボタンを押します。ソフトウェアがデバイス ファームウェアの更新を要求した場合は、画面の指示に従ってすぐにファームウェアをアップデートしてください。

DRV3901 と使用するための SPI 通信を設定するには、次の手順に従います。

1. [Select Interfaces] をクリックし、SPI を選択してメニューを閉じます。
2. デバッグの横にある [SPI] ボタンをクリックします。ソフトウェアがグリッチして [SPI] ボタンが表示されない場合は、[図 4-6](#) に示すように [Activity logging] の間の領域をクリックします。

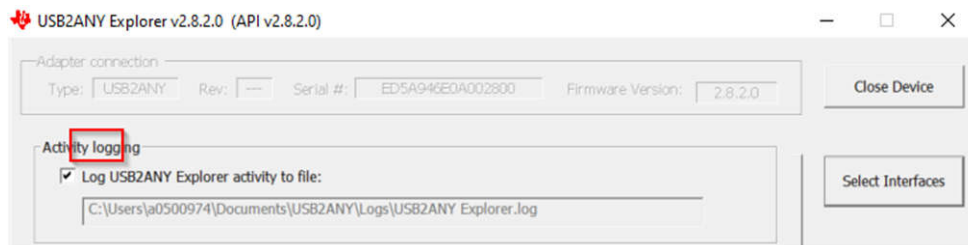


図 4-6. TIDA-020075 USB2ANY Explorer のテスト構成 1

3. 次のように設定します。
 - Clock Polarity: Inactive Low
 - Clock Phase: Trailing Edge
 - CS Polarity: アクティブ LOW
 - Bit Direction: MSB First
 - 長さ: 8 ビット
 - Bit Rate: 1000KHz
 - CS Type: Per Packet
 - [Write data] ボックスに 3 バイトを入力し、右側のボックスに [3] と入力して [Auto-set] をオンにします。

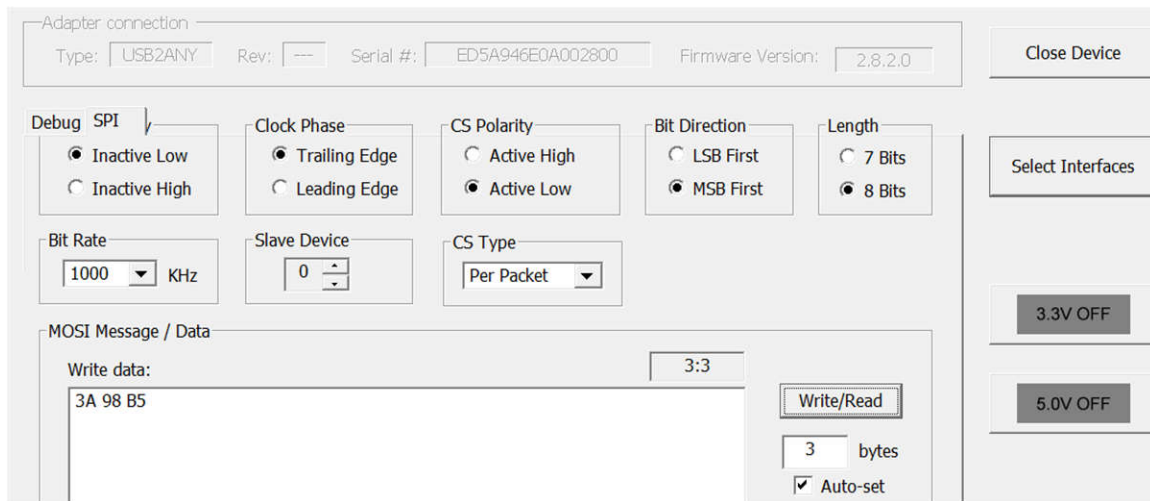


図 4-7. TIDA-020075 USB2ANY Explorer のテスト構成 2

この時点で、USB2ANY デバイスは DRV3901 チップと通信するように構成されています。

4.4 テスト結果

テスト構成の準備ができれば、展開コマンド **3C 84 D8** を書き込みます。パイロヒューズがトリガされ (真のパイロヒューズを使用している場合のみ)、オシロスコープでトリガ波形を取得できます。図 4-8 に、テスト結果を示します。チップは 1.2A に制限された電流で約 2ms 間展開されますが、これは想定どおりです。



図 4-8. TIDA-020075 のテスト結果

5 設計とドキュメントのサポート

5.1 デザイン ファイル

5.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-020075](#) のデザイン ファイルを参照してください。

5.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-020075](#) のデザイン ファイルを参照してください。

5.1.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

パイロヒューズドライバ モジュールの PCB レイアウトは、PCB 全体の配置とフロア プランに基づいて行う必要があります。

1. 部品 R1 は未実装のままにします。
 - 逆方向ダイオード D1 が必要ない場合は、ここに抵抗を実装できます。
2. L1、L2、L3、L4 には代わりに 0Ω 抵抗を使用します。

5.1.3.1 レイアウト プリント

レイヤ プロットをダウンロードするには、[TIDA-020075](#) のデザイン ファイルを参照してください。

5.2 ツールとソフトウェア

ツール

[USB2ANY](#) USB2ANY インターフェイス アダプタ

ソフトウェア

[SLVC695](#) USB2ANY Explorer ソフトウェア

5.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、[『DRV3901-Q1 車載 EV パイロヒューズ向けシングル チャネル スクイブドライバ』データシート](#)

5.4 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。

5.5 商標

テキサス・インスツルメンツの™ 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。

6 著者について

BING ZOU は、中国の上海で勤務するテキサス・インスツルメンツの BMS パーツのシステムエンジニアです。

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