

Design Guide: TIDA-010253

エネルギー・ストレージ・システム向けバッテリー制御ユニットのリファレンス・デザイン



概要

このリファレンス・デザインは、高電圧リチウムイオン (Li-ion) およびリン酸鉄リチウム (LiFePO4) のバッテリー・ラック向けの中央コントローラです。このデザインは、高電圧リレー、通信インターフェイス (RS-485、CAN (コントローラ・エリア・ネットワーク)、デジター・チェーン、イーサネットなど)、湿度センサへの拡張可能インターフェイス、高電圧 A/D コンバータ (ADC)、電流センサのための駆動回路を提供します。このデザインでは、高性能マイクロコントローラを使用してアプリケーションの開発とテストを行います。このリファレンス・デザインはこれらの機能を通じて、大容量バッテリー・ラック・アプリケーションの中央コントローラへの適応性を実現しています。

リソース


TIDA-010253	デザイン・フォルダ
TMDSCNCD263 , LMR51440 , TPS7A16	プロダクト・フォルダ
TPS7B81 , TPS62913 , TPS4H160-Q1	プロダクト・フォルダ
ULN2803C , ISO1042 , UCC12050 , ISO1410	プロダクト・フォルダ
SN6505B , BQ32002 , HDC3020 , TPS3823	プロダクト・フォルダ
DP83826E , TPS763 , LM74701-Q1 , TSD05C	プロダクト・フォルダ

特長

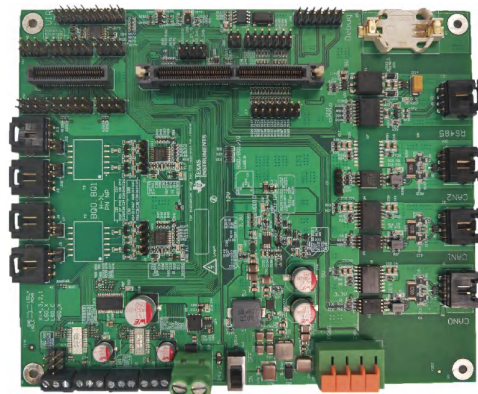
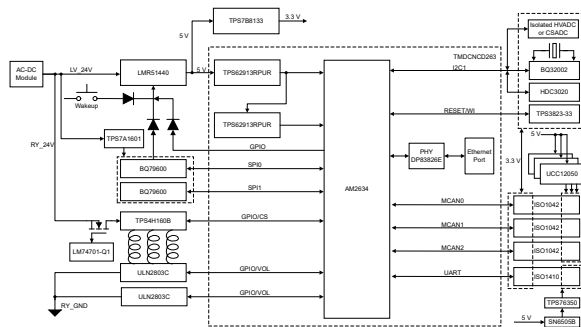
- インターフェイスは Sitara™ MCU controlCARD に準拠
- 絶縁型 CAN、RS-485、イーサネットなどの包括的な通信インターフェイス
- リレー・コイル向けの堅牢な駆動チャネル
- 堅牢なデジター・チェーン通信チャネル
- 湿度センサ、リアルタイム・クロック、ウォッチドッグ、高電圧 ADC を搭載した包括的なインターフェイス
- 電源の逆極性保護

アプリケーション

- [バッテリー・エネルギー・ストレージ・システム](#)



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



1 システムの説明

現在、バッテリー・エネルギー・ストレージ・システム (BESS) は、住宅、商業、産業、グリッド・エネルギーの蓄積および管理において重要な役割を果たしています。BESS は、各種の高電圧システム構造を採用しています。商業、産業およびグリッド BESS には、複数のラックがあり、それぞれがスタックされたパックで構成されています。住宅用 BESS には、ラックが 1 つあります。

ラックは、BESS を構成する統合モジュールです。ラックは、並列接続されたパックで構成されています。バッテリー・セルには、寿命および安全のために、適切な動作温度、保存温度、電圧範囲、電流範囲が求められるので、ラック・レベルでバッテリー・セルを監視および保護することが重要です。

バッテリー制御ユニット (BCU) は、ラックまたはシングルパックのエネルギーを管理するためにラックに取り付けるように設計されたコントローラです。BCU は以下を実行します。

- バッテリー・システム管理ユニット (BSMU)、バッテリー電力変換システム (PCS)、高電圧モニタ・ユニット (HMU)、バッテリー・モニタ・ユニット (BMU) との通信
- パックまたはラックの充電状態 (SOC) および健全性 (SOH) の推定
- バッテリー・クラスタ・バランシング、熱管理、電源 (リレー) のオン/オフ
- 充電および放電電流の制限
- 他のシステムへの電源供給

HMU は、ラック内に設置されるコントローラであり、ラックとシングルパックの状態、たとえばラックの電圧、電流、単一または累積の充放電、サイクル時間、絶縁などを継続的に監視します。BCU は HMU と組み合わせて使用され、ラック・レベルでの保護およびエネルギー管理の全機能を実現します。BMU は、パックに取り付けるように設計されたコントローラであり、ライフサイクル全体にわたって各バッテリー・セルの電圧と温度を監視し続けます。

HMU と BMU が収集した情報は、安全とエネルギー管理のために BCU に送信されます。BMU と BCU の間または HMU と BCU の間で、堅牢かつ高速な通信も求められます。CAN は、通信の堅牢性を高めるために今まで広く使用されてきました。CAN 構造のコントローラでは、CAN 通信機能を動作させるために、MCU、デジタル・アイソレータ、絶縁型電源モジュールが必要です。CAN では、パック側の絶縁型インターフェイスと MCU に対する効率的な消費電力管理が不可欠です。

CAN を置き換える選択肢として、デジタイズ・チェーンが提供されています。CAN インターフェイスの場合と比較すると、BMU、HMU、BCU で必要なものは数個のトランスのみです。したがって、特に大容量バッテリー・パック・アプリケーションにおいて、デジタイズ・チェーンは CAN よりもコストの面で有利です。大容量 BESS での CAN は、多くの BMU ノードと CAN インターフェイス・デバイスで構成されており、コストが問題となるからです。絶縁要件もコストの上昇につながります。BMU、HMU、BCU の各通信インターフェイス間で強化絶縁を使用すると、デジタル・アイソレータと絶縁型パワー・モジュールのコストが増加します。

BCU は、エネルギー・ストレージ機能全体を動作させるために、SOC、SOH、ラックのステータスを PCS および BSMU に送信する必要があります。CAN、RS-485、イーサネットは、通信インターフェイスで広く使用されています。

BCU は、SOC、SOH、およびラック電流、電圧、温度、絶縁状態などのラックステータスに基づいてリレーのオン/オフを切り替えて、ラックが安全に動作するようにします。SOC および SOH は、パックおよびラックの正確な情報から推定します。

この設計は、大容量バッテリー・ラック・アプリケーションと、住宅、商業および産業、グリッド BESS などに適用できるアプリケーションを想定しています。この設計は、TMDSCNCD263 (AM263x 汎用 controlCARD 開発キット Arm® ベース MCU) に接続するコネクタ・インターフェイスを使用して、すべての機能をテストします。外部ウォッチドッグ TPS3823 を採用して、MCU 動作の信頼性を確保しています。この設計は、1 個の TPS4H160 デバイスと 2 個の ULN2803 デバイスを搭載しており、リレー・コイルの電源をオンまたはオフに切り替えるとともに、リレー・コイルの全般的な診断および高精度の電流センスを行います。このデザインには、通信インターフェイスのために、3 個の ISO1042 デバイス、1 個の ISO1410、1 個の DP83826E、2 個の BQ79600 デバイスを使用しています。UCC12050 および SN6505 デバイスは、絶縁型電源に使用されます。また、この設計は、リアルタイム・クロック BQ32002 を接続してデータを記録し、湿度センサ HDC3020 を接続してラックまたはパックの結露状態を監視します。

2 システム概要

2.1 ブロック図

図 2-1 に、システム図を示します。

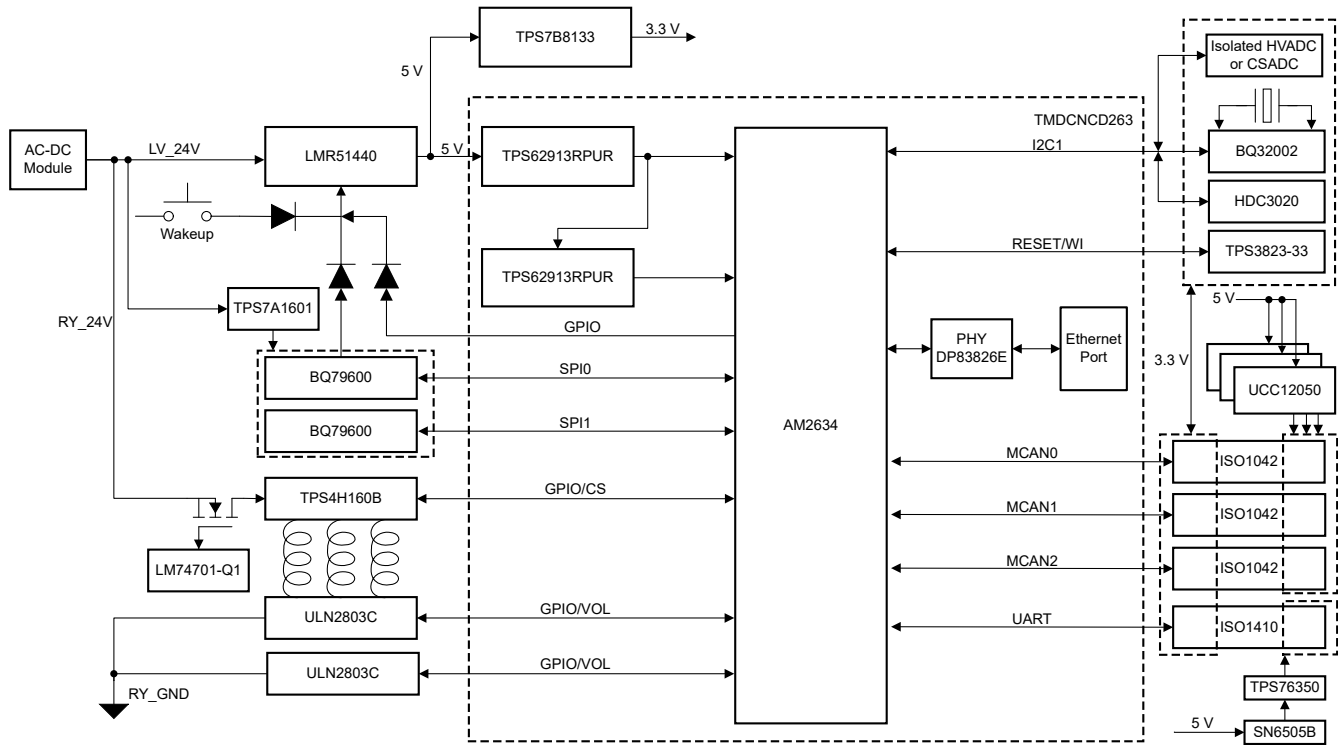


図 2-1. TIDA-010271 のブロック図

このデザインは、汎用 MCU として TMDSCNCD263 を使用し、電源レール・モニタ、ウェークアップ、リレー・スイッチ、ウォッチドッグ (WTD)、リアルタイム・クロック (RTC)、湿度センサ、絶縁型 CAN、絶縁型 RS-485、イーサネット、デジチーチェーン通信などさまざまな機能の動作およびテストを実行します。

このデザインは、LMR51440 降圧コンバータを使用して 24V から 5V の電源レールに変換し、TMDSCNCD263、絶縁型電源モジュール UCC12050、トランス・ドライバ SN6505B に最大 4A の電流を供給します。ウェークアップ・トリガ回路は、LMR51440 をシャットダウン・モードからイネーブルにするように設計されています。BQ79600 は、TPS7A1601 から 12V 電源を供給されて、リバース・ウェークアップをサポートします。TPS7B8813 は、5V を 3.3V 電源レールに変換し、VIO およびペリフェラル・デバイスの電源を供給するために使用されます。

このデザインは、I2C バスを使って、湿度センサ、RTC、オプションの絶縁型高電圧 ADC または電流 ADC などのペリフェラル・デバイスを接続します。HDC3020 は、湿度を測定し、IP67 BESS コンテナ内の結露の可能性を評価します。コイン・セル・バッテリーでバックアップした BQ32002 を使用して、MCU に対してローカル時間を生成します。

CAN および RS-485 には基本絶縁が必要です。UCC12050 および ISO1042 デバイスを使って、絶縁型 CAN 通信機能を実装します。SN6505B および ISO1410 デバイスを使って、絶縁型 RS-485 通信機能を実装します。ISO1410 は、最大 500Kbps のデータ・レートをサポートできます。

このデザインでは TPS3823-33 を使用してタイミング監視を行います。ウォッチドッグのタイムアウトは 1.6 秒です。

2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 パワー・ツリーおよびウェークアップ

図 2-2 に、BCU パワー・ツリーを示します。

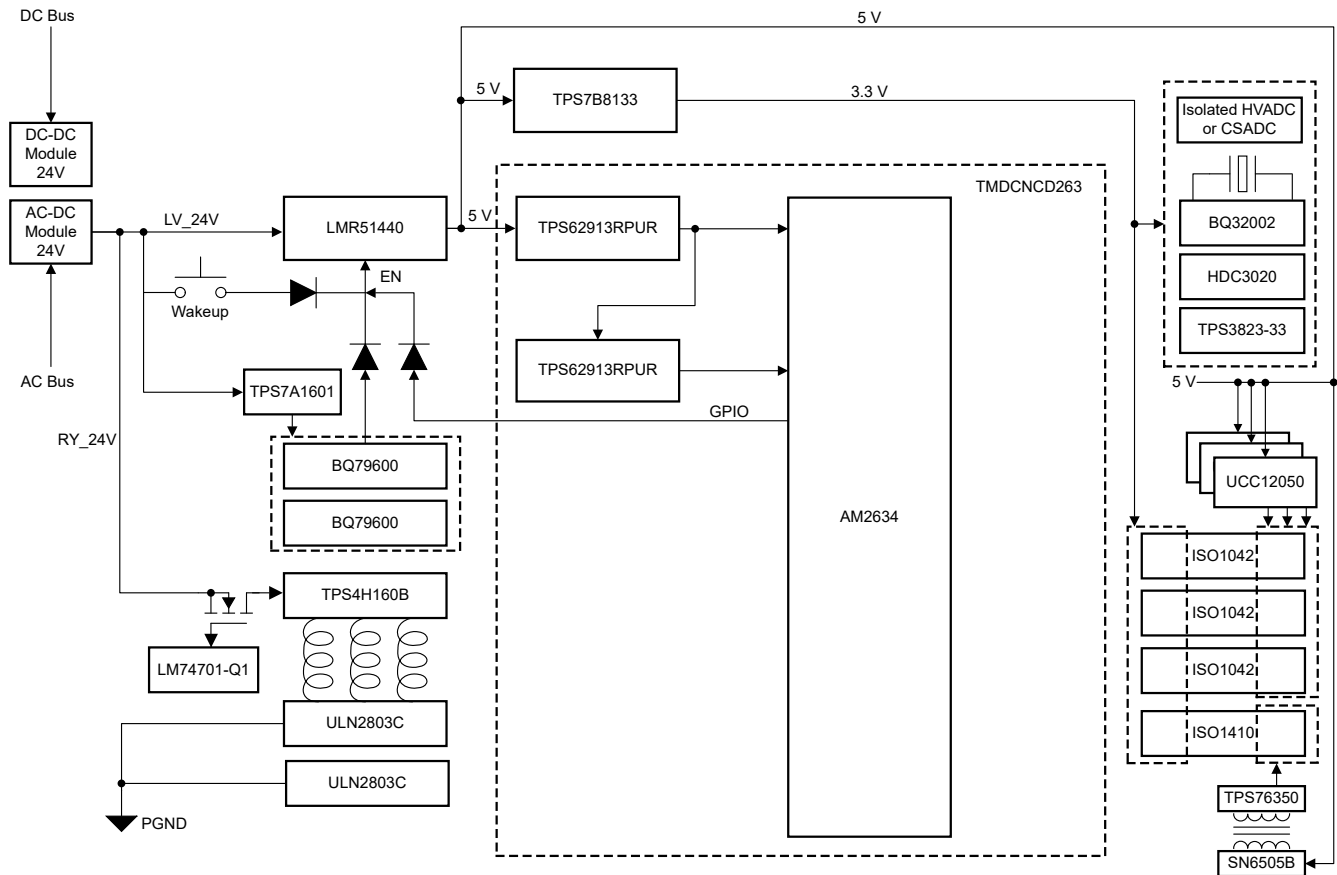


図 2-2. BCU パワー・ツリー

BCU は 18V~32V の範囲で、定格 24V で供給されます。24V 電源は、最小電力が 70W の AC-DC モジュールまたは DC-DC モジュールから供給できます。

2 つの 24V 入力電源パス (LV_24V および RY_24V) があります。LV_24V は、デバイスのすべての制御機能に電力を供給するために使用されます。LM51440 を使って、LV_24V を 5V に変換しています。最大電流は 4A です。5V 電源レールは、TMDCNCD263、UCC12050、SN6505B に電源電圧を供給するために使用されます。UCC12050 は、絶縁型 CAN のトランシーバ側 5V 電源電圧を供給します。SN6505B、トランス、TPS76350 は、絶縁型 RS-485 のトランシーバ側 5V 電源電圧を供給します。低ドロップアウト (LDO) TPS7A1601 は、LV_24V を 12V に変換します。この 12V 電源レールを使って、BQ79600 のリバース・ウェークアップ機能を実現できます。LDO TPS7B8133 は、5V を 3.3V に変換します。この 3.3V 電源レールを使って、絶縁型 CAN または絶縁型 RS-485、BQ32002、HDC3020、TPS3823 のデジタル側電源電圧を供給します。RY_24V は、LV_24V とは独立にリレー・コイルに電力を供給するために使用します。

EN ピンを経由して LMR51440 をウェークアップするには、2 つのウェークアップ・パスがあります。1 つは LV_24V を使用したボタン・トリガで、もう 1 つは BQ79600-Q1 からのリバース・ウェークアップです。BQ79600-Q1 は、バッテリー・パックでアンマスク・フォルトが検出された場合、INH ピンによる自動ホスト・ウェークアップをサポートしています。MCU は LMR51440 に IO 電圧を供給し、ウェークアップ・トリガ電圧が変動したとき、EN ピンを通じて LMR51440 を保持します。

2.2.2 絶縁型インターフェイスの絶縁要件

表 2-1 に、IEC 60664-1-2020 による 1500V BESS の絶縁要件を示します。

表 2-1. IEC 60664-1-2020 1500V BESS 絶縁要件

パラメータ	空間距離		沿面距離	
	基本	強化	基本	強化
高度 ≤ 4000m	7.1mm	10.4mm	8mm	16mm
5000m	8.14mm	11.84mm	8mm	16mm

BCU と PCS の間、または BCU と BSMU の間には、基本絶縁が必要です。高度が 4000m の場合、最小空間距離は 7.1mm、沿面距離は 8mm です。高度が 5000m の場合、最小空間距離は 8.14mm、沿面距離は 8mm です。この設計では、高度 4000m の要件に従います。CAN については、UCC12050 と ISO1042DWV を使用します。RS-485 については、トランス 750315371 および ISO1410DWR を使用します。

BCU と BMU の間には、強化絶縁が必要です。最小空間距離は 10.4mm、沿面距離は 16mm です。空間距離と沿面距離の最小要件を満たすためには、デジタイズ・チェーン用のトランス、または CAN 用のデジタル・アイソレータが必要です。

高度が 4000m を超える場合には、より適切なデバイスを使用するか、またはデバイスを直列接続することを検討してください。

2.2.3 堅牢なリレー・ドライバ

コイルは、接点を閉じる駆動力を提供するものであり、高電圧リレーの重要な部品です。コイルを流れる電流が磁界を生成し、可動鉄心を引き付けて接点を閉じたり、反対に接点を開いたりします。高電圧リレーのメーカーは、TE、Panasonic、GIGAVIC、HF など複数ありますが、すべてのリレー・コイルの駆動電流要件は類似しています。図 2-3 に示すように、電流プロファイルは 3 つのフェーズに分けることができます。最初のフェーズはピックアップ・フェーズと呼ばれます。このフェーズ中はリレーが確実に閉じられるようにするため、電流を十分に大きくし、十分長い時間にわたって維持する必要があります。2 番目のフェーズはホールド・フェーズであり、より小さい電流を継続してリレーを効率的に閉じ、リレーを閉じた状態で維持します。最後のフェーズは電流高速減衰です。このフェーズでは、電流が非常に急速に低下し、磁力が消失して接点を開きます。図 2-3 に、電流曲線における 3 つのフェーズの要件を示します。ピックアップ・フェーズとホールド・フェーズの実際の電流は、最大値と最小値を持つ PWM 信号にすることもできます。

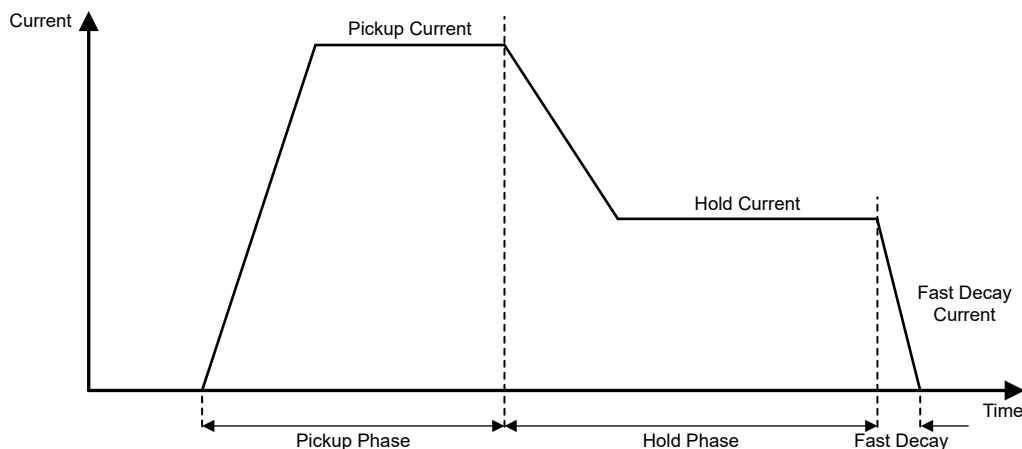


図 2-3. リレー電流曲線の 3 つのフェーズ

一般的に、リレー・ベンダは 2 種類のリレー・コイルを提供しています。1 つは内部エコノマイザ付きのエコノマイズ・コイルで、もう 1 つは外部エコノマイザを必要とする非エコノマイズ・コイルです。エコノマイズ・コイルには、2 コイル・エコノマイザ、電圧フィードバックによるパルス幅変調、電流フィードバックによるパルス幅変調など、いくつかの方式の中から、いずれかの内蔵エコノマイザを装備しています。この内蔵エコノマイザがあれば、コイルの 2 つの端子に電力を供給するだけで、必要な電流波形を生成できます。非エコノマイズ・コイルとは、内部回路を持たないコイルであり、必要な電流波形を生成するための外部回路を必要とします。

安全上の理由により、リレー・コイルを駆動するためには、ハイサイドとローサイドの両方にスイッチを使用することをシステムの観点から推奨します。ハイサイドまたはローサイドの一方だけにスイッチを使用している場合、短絡障害が発生した際に、コイルは常に励磁されたままになり、遮断できません。この障害は、ハイサイド・スイッチが入力に短絡した場合、およびローサイド・スイッチがグラウンドに短絡した場合に発生します。大きな電流がコイルに流れ、スイッチをオフにできないため、消費電力が大きくなってコイルが損傷する可能性があります。

この電流プロファイルを実現するには、複雑な設計を実装することが不可欠です。そうでなければ、コイルを流れる電流は、印加電圧をコイル抵抗で割った値で決まる最大値に達します。一般に、リレーの適切な動作を実現するために、ピックアップ・フェーズおよびホールド・フェーズについて、最大電流と最小電流がそれぞれの仕様に規定されています。一部のベンダは、各フェーズでの最小実効電流を規定しています。これらの電流は、電源電圧とコイル抵抗で決定される電流よりもはるかに小さくなります。これは、エネルギー消費を節約するだけでなく、リレーの動作寿命も延長します。

図 2-4 に、リレー・ドライバ回路を示します。

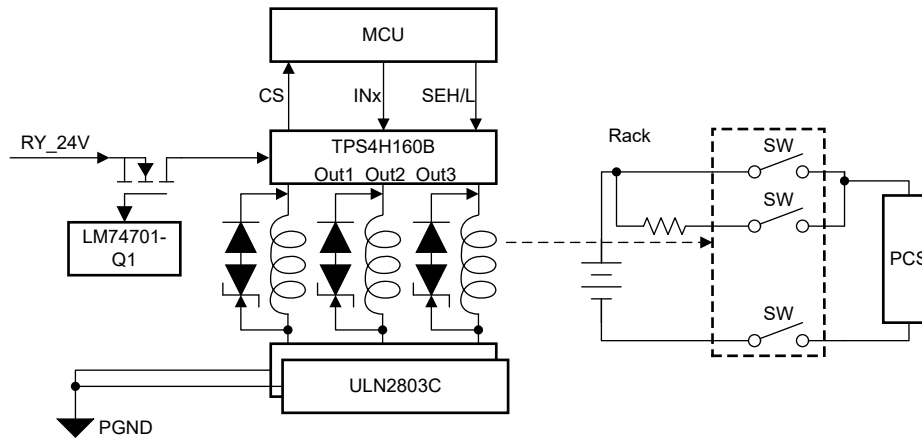


図 2-4. リレー・ドライバ回路

RY_24V は、リレー・コイルに電力を供給します。このデザインでは、LM74701-Q1 を使って、逆極性保護および順方向電圧降下の小さいレギュレーションを実現しています。TPS4H160-Q1 は、コイルの正端子に対して RY_24V をオン・オフするために使用しています。TPS4H160-Q1 は、8A の電流制限を備えています。この制限値は、十分な余裕をもってピックアップ・フェーズの電流に対応できる大きさです。TPS4H160-Q1 のバージョン B は、負荷電流監視機能に使用されます。バージョン B では、SEL、SEH の 2 本のピンを使用して、共有の電流センス機能を 4 つのチャンネル間で多重化します。ULN2803C は、コイルの負端子に対して GND をオン・オフするのに使用しています。ULN2803C は、誘導性負荷スイッチング用の共通カソード・クランプ・ダイオード付きで高電圧出力が可能な、8 つの NPN ダーリントン・ペアで構成されます。各ダーリントン・ペアのコレクタ電流定格は 500mA です。ダーリントン・ペアを並列接続することで、最大 4A の大電流を供給できます。

ローサイド端子で短絡障害が発生した場合には、ハイサイド・スイッチ TPS4H160-Q1 がオン・オフ制御として機能し、コイルを保護します。TPS4H160-Q1 に対して、フリーホイール回路を付けることもできます。ハイサイド・スイッチをオフにしたとき、コイルを流れる電流が突然遮断されないようにするためです。これがなければ、コイルのインダクタンスに起因する非常に大きな電圧スパイクが発生し、部品が損傷する可能性があります。なお、ハイサイド端子とローサイド端子の両方に診断機能があると、BESS アプリケーションでは役に立ちます。

2.2.4 スタックブル・デジジー・チェーン通信

図 2-5 に、BMU および BMU リング通信を示します。

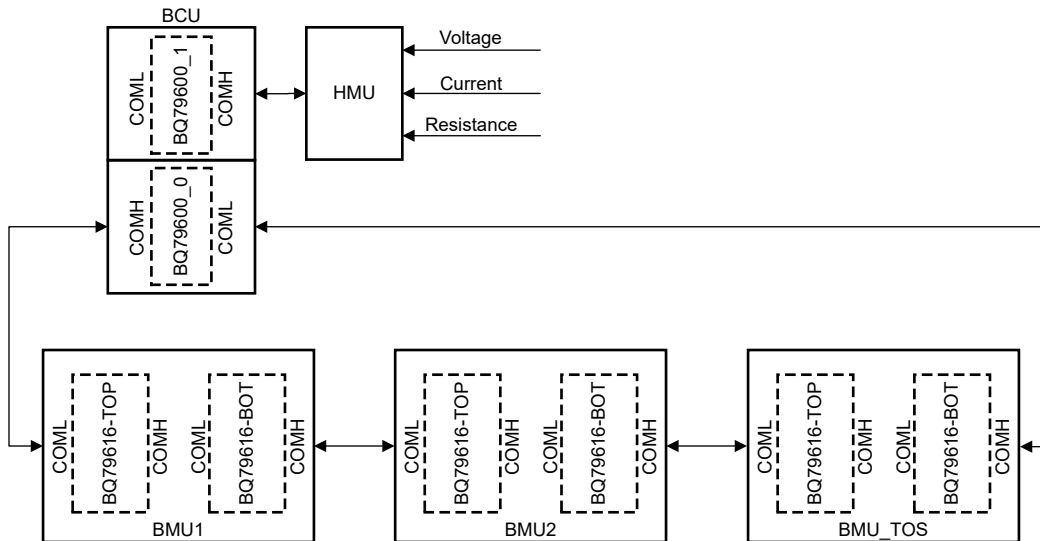


図 2-5. リング通信構造

BCU は、HMU または高電圧側 ADC から、デューティ・サイクルごとに電圧、電流、絶縁抵抗などのラック情報を収集し、システムを過電流から保護し、正確な SOC を推定します。一部のフィルタリング・アルゴリズムでは、このデューティ・サイクルを 1ms まで短くすることができます。BCU は、100ms のデューティ・サイクルで、セル電圧、セル温度などのセル情報を BMU から収集します。信頼性の高い通信構造を実現するには、双方向通信が必要です。通信周期が異なることを考慮すると、BMU と共有のデジジー・チェーンを使用するよりも、HMU には単独のデジジー・チェーンを使用することが望ましいです。

2.3 主な使用製品

2.3.1 TMDSCNCD263

TMDSCNCD263 は、HSEC180 controlCARD をベースとする、Sitara™ 高性能マイクロコントローラ AM263x シリーズ向けの評価および開発ツールです。このボードは、将来のアプリケーションを開発するための標準化された使いやすいプラットフォームを実現できるので、初期評価とプロトタイプ製作に最適です。AM263 controlCARD は、Sitara AM2634 プロセッサおよび付加的なコンポーネントを装備しています。ユーザーは、産業用イーサネット、標準イーサネット、FSI (高速シリアル・インターフェイス) などの各種デバイス・インターフェイスを使用して、アプリケーションの開発とテストを容易に実行できます。AM2634 は、EtherCAT、EtherNet/IP、PROFINET などのさまざまな産業用イーサネット・プロトコルをサポートしています。

TMDSCNCD263 はスタンドアロンで使用することも、controlCARD ベースボード・ドッキング・ステーションと組み合わせて使用することもできます。

特長:

- 標準 180 ピン HSEC インターフェイス
- オンボードの XDS110 デバッガとテスト自動化ヘッダ
- オンボードの 128MB QSPI フラッシュと電流監視機能
- CAN トランシーバ、FSI ヘッダ、3 個の RJ-45 イーサネット・コネクタ

2.3.2 LMR51440

LMR514x0 は、最大 4A または 5A の負荷電流を駆動できる、 V_{IN} が広く使いやすい同期整流降圧コンバータです。このデバイスは、4V~36V の広い入力電圧範囲で動作し、レギュレートされていない電源からの電源調整を行うさまざまな産業用アプリケーションに適しています。

LMR514x0 は外付け抵抗により 200kHz~1.1MHz の可変スイッチング周波数を実現し、効率または外付け部品サイズを最適化する柔軟性があります。このデバイスには、軽負荷時に高効率を実現する PFM (パルス周波数変調) バージョンと、一定の周波数を維持しながら、全負荷範囲にわたって出力電圧リップルが小さい FPWM (強制パルス幅変調) バージョンがあります。ソフトスタートと補償回路が内部に実装されており、最小限の外付け部品のみでデバイスを使用できます。

このデバイスには、サイクル単位の電流制限、ヒカップ・モード短絡保護、過剰な電力消費時のサーマル・シャットダウンなどの保護機能が組み込まれています。LMR514x0 は、WSO-12 パッケージで供給されます。

2.3.3 TPS7A16

TPS7A16 ファミリの超低消費電力、低ドロップアウト (LDO) 電圧レギュレータは、非常に低い静止電流、高い入力電圧、および熱特性の優れた小型パッケージが特長です。

TPS7A16 ファミリーは、連続的または散発的 (電源バックアップ) に使用するバッテリー駆動アプリケーション向けに設計されています。こうした用途では、システムのバッテリー駆動時間を伸ばすために超低静止電流が不可欠です。

TPS7A16 ファミリーは、標準 CMOS ロジック互換のイネーブル・ピン (EN) と、遅延時間をユーザーがプログラム可能なオープンドレインのアクティブ High パワー・グッド出力 (PG) を備えています。これらのピンは、電源レールのシーケンシングを必要とするマイクロコントローラ・ベースのバッテリー駆動アプリケーションで使うことを目的としています。

さらに TPS7A16 は、セル数の多い電動工具パックから車載アプリケーションに至るまで、各種のマルチセル・ソリューションで低電圧電源を生成する用途に最適です。安定した電圧レールを提供できるだけでなく、電圧過渡時にもレギュレーションを維持できます。これらの機能により、よりシンプルでコスト効率の優れた電氣的サージ保護回路が実現できます。

2.3.4 TPS7B81

TPS7B81 は、最高 40V の入力電圧で動作し、最大 150mA の電流を供給できる低ドロップアウト (LDO) リニア・レギュレータです。軽負荷時の静止電流がわずか 2.7 μ A であるため、入力電源電圧範囲の広い設計や、スタンバイ時消費電力が非常に小さいことが要求される多セル・バッテリー駆動アプリケーションに最適です。45V の過渡電圧に耐えられるので、誘導性キックバックが発生する可能性のあるアプリケーションでヘッドルームが増え、電圧抑制のための外付け回路を減らすことができます。

TPS7B81 には短絡および過電流制限機能が内蔵されているため、フォルト状態でもシステムを保護できます。スタンバイ時の消費電力が小さいことに加えて、軽負荷時のドロップアウト電圧が非常に小さいため、消耗したバッテリーで動作する場合でもレギュレーションを維持できます。

TPS7B81 は、熱的に強化された 8 ピンの HVSSOP および 6 ピンの WSON パッケージで供給されます。どちらのパッケージも熱伝導性が高くサイズが小さいため、小型の設計が可能であり、電動工具、モーター・ドライブ・モジュール、バッテリー・バックなど、スペースの制約が厳しいアプリケーションに適しています。

2.3.5 TPS62913

TPS6291x デバイスは、高効率、低ノイズ、低リップルの電流モード同期整流降圧コンバータのファミリーです。これらのデバイスは、通常はポスト・レギュレーションに LDO を使用するような、ノイズの影響を受けやすいアプリケーション (たとえば、高速 ADC、クロックおよびジッタ・クリーナ、シリアライザ、デシリアライザ、レーダー) に最適です。

本デバイスは、2.2MHz または 1MHz の固定スイッチング周波数で動作し、外部クロックにも同期できます。

出力電圧リップルをさらに低減するため、本デバイスは、オプションの 2 段階フェライト・ビーズ L-C フィルタを使用して動作するループ補償機能を内蔵しています。これにより、10 μ V_{RMS} 未満の出力電圧リップルを達成できます。

NR/SS ピンに接続されたコンデンサで内部基準電圧をフィルタ処理することで、低ノイズ LDO と同様の、低い周波数ノイズ・レベルを達成しています。

オプションのスペクトラム拡散変調方式を使用すると、DC/DC スwitching 周波数をより広い範囲にわたって拡散できるため、ミキシング・スプリアスを低減できます。

2.3.6 TPS4H160-Q1

TPS4H160-Q1 デバイスは、完全に保護されたクワッド・チャネルのスマート・ハイサイド・スイッチであり、160m Ω NMOS パワー FET が 4 つ組み込まれています。

包括的な診断機能と高精度の電流検出によって、インテリジェントな負荷制御が可能です。

電流制限を外部で変更可能なため、突入電流や過負荷電流を制限し、システム全体の信頼性を向上できます。

2.3.7 ULN2803C

ULN2803C デバイスは、50V、500mA のダーリントン・トランジスタ・アレイです。このデバイスは、誘導性負荷スイッチング用の共通カソード・クランプ・ダイオード付きで高電圧出力が可能な、8 つの NPN ダーリントン・ペアで構成されます。各ダーリントン・ペアのコレクタ電流定格は 500mA です。ダーリントン・ペアを並列接続すると、より大きな電流能力が得られます。

アプリケーションには、リレー・ドライバ、ハンマー・ドライバ、ランプ・ドライバ、ディスプレイ・ドライバ (LED、ガス放電)、ライン・ドライバ、ロジック・バッファなどがあります。ULN2803C デバイスは、TTL または 5V CMOS デバイスで直接駆動できるように、各ダーリントン・ペアにつき 1 つの 2.7kΩ 直列ベース抵抗を内蔵しています。

2.3.8 ISO1042

ISO1042 デバイスは、ISO11898-2 (2016) 規格に準拠したガルバニック絶縁 CAN (コントローラ・エリア・ネットワーク) トランシーバです。±70V の DC バス障害保護機能を搭載し、±30V の同相電圧範囲に対応しています。CAN FD モードで最高 5Mbps のデータレートに対応しており、Classic CAN よりはるかに高速にペイロードを伝送できます。耐圧 5000V_{RMS} の二酸化ケイ素 (SiO₂) 絶縁バリアを採用しており、1060V_{RMS} の動作電圧を実現しています。電磁両立性が大幅に強化されているため、システム・レベルの ESD、EFT、サージ、放射の規格に準拠できます。絶縁型電源と組み合わせると、高電圧に対して保護するとともに、バスからのノイズ電流がローカル・グランドに入り込むことを防止できます。ISO1042 デバイスは、基本絶縁型と強化絶縁型の両方で供給されます (「強化絶縁型と基本絶縁型のオプション」を参照)。ISO1042 デバイスは、-40°C~+125°Cの広い周囲温度範囲をサポートしています。このデバイスは、SOIC-16 (DW) パッケージと小型の SOIC-8 (DWV) パッケージで供給されます。

2.3.9 UCC12050

UCC12050 は、5kV_{RMS} の強化絶縁を備えた DC/DC パワー・モジュールであり、安定した出力電圧のバイアス電源を必要とする絶縁回路に、高効率の絶縁電力を供給するよう設計されています。このデバイスは、独自のアーキテクチャによってトランスと DC/DC コントローラを統合しており、500mW (標準値) の絶縁電力を低 EMI で供給できます。

UCC12050 は、システムの堅牢性を向上させるための保護機能を内蔵しています。このデバイスはイネーブル・ピン、同期機能、5V または 3.3V 安定化出力選択機能 (ヘッドルームを選択可能) も備えています。UCC12050 は、高さ 2.65mm (標準値) の幅広 SOIC パッケージで供給される薄型の小型ソリューションです。

2.3.10 ISO1410

ISO14xx デバイスは、TIA/EIA RS-485 および RS-422 アプリケーション用のガルバニック絶縁差動ライン・トランシーバです。これらのトランシーバはノイズ耐性があり、過酷な産業用環境で動作するよう設計されています。これらのデバイスのバス用ピンは、高レベルの IEC 静電放電 (ESD) および IEC 電気的高速過渡 (EFT) 事象に耐えられるので、システムレベルの保護のためにバス上に部品を追加する必要はありません。ISO1410 デバイスは、基本絶縁型と強化絶縁型の両方で供給されます (「強化絶縁型と基本絶縁型のオプション」を参照)。

これらのデバイスは、長距離通信に使用されます。絶縁により通信ノード間のグランド・ループが遮断されるため、より広い同相電圧範囲に対応できます。各デバイスの対称型絶縁バリアは、バスライン・トランシーバとロジックレベル・インターフェイスとの間で、UL 1577 に従って 5000V_{RMS} で 1 分間の絶縁が得られることをテスト済みです。

ISO14xx デバイスは、サイド 1 において 1.71V~5.5V の電圧で動作できるため、デバイスを低電圧の FPGA や ASIC と接続できます。サイド 2 は 3V~5.5V の広い電源電圧に対応しているため、絶縁側にレギュレートされた電源電圧を必要としません。これらのデバイスは、-40°C~+125°Cの広い周囲温度範囲で動作します。

2.3.11 SN6505B

SN6505x は低ノイズ、低 EMI のプッシュプル・トランス・ドライバで、小型の絶縁電源に特化して設計されています。2.25V~5V の DC 電源から、低背のセンター・タップ付きトランスの 1 次側を駆動します。出力スイッチ電圧のスルーレート制御と、スペクトラム拡散クロック (SSC) により、非常に低いノイズと EMI を実現しています。SN6505x は、発振器と、それに続くゲート・ドライブ回路とで構成され、ゲート・ドライブ回路はグランドを基準とする N チャネル・パワー・スイッチを駆動するための相補出力信号を供給します。このデバイスには、重負荷時のスタートアップを確保するため、2 つの 1A パワ

— MOSFET スイッチが内蔵されています。スイッチャの高調波を正確に配置するため、または複数の変圧器ドライバを使用して動作する場合に、スイッチング・クロックを外部から供給することもできます。内部保護機能として、1.7A の電流制限、低電圧誤動作防止、サーマル・シャットダウン、ブレイク・ビフォー・メイク回路が搭載されています。SN6505x は、ソフトスタート機能を備えており、大きい負荷コンデンサでの電源オン時に大きい突入電流を防止します。SN6505A には、電磁放射を最小化する必要のあるアプリケーション向けに 160kHz の内部発振器が搭載されています。これに対して、SN6505B には、高効率とサイズの小さい変圧器を必要とするアプリケーション向けに 420kHz の内部発振器が搭載されています。SN6505x は、小型の 6 ピン SOT23 または DBV パッケージで供給されます。このデバイスは、 -55°C ~ 125°C の温度範囲で動作が規定されています。

2.3.12 BQ32002

BQ32002 デバイスは、業界標準のリアルタイム・クロックの互換代替品です。

BQ32002 には自動バックアップ電源が搭載されており、コンデンサまたは非充電式バッテリーを使用して実装できます。BQ32002 は、 -63ppm ~ $+126\text{ppm}$ の範囲でプログラム可能な較正調整を備えています。BQ32002 のレジスタには、RTC 発振器のステータスを示す OF (発振器障害) フラグと、ホスト・プロセッサが発振器をディセーブルにできるストップ・ビットが含まれています。時間レジスタは通常 1 秒に 1 回更新され、時間管理のグリッチを防ぐため、すべてのレジスタが同時に更新されます。BQ32002 には、うるう年自動調整機能が搭載されています。

2.3.13 HDC3020

HDC302x は、統合型で静電容量ベースの、相対湿度 (RH) および温度センサです。このデバイスは、広い電源電圧範囲 (1.62V ~ 5.5V) にわたって高精度の測定が可能であり、非常に低い消費電力で小型の $2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ パッケージで供給されます。温度センサおよび湿度センサは、製造時のセットアップで 100% テストおよび調整済みであり、このセットアップは NIST トレース可能で、ISO/IEC 17025 規格に従って較正済みの機器により検証されています。

オフセット誤差補正は、経年劣化、極端な動作条件への暴露、汚染物質によって発生する RH (相対湿度) センサのオフセットを低減し、デバイスを精度仕様の範囲内に戻します。バッテリーによる IoT アプリケーションの場合、自動測定モードとアラート機能により、MCU のスリープ時間を最大化して、システムの消費電力を低減できます。4 種類の I2C アドレスがあり、最大 1MHz の速度をサポートします。加熱素子を使用して、結露や水分を消失させることができます。

HDC3020 は、保護カバーなしのオープン・キャビティ・パッケージです。2 種類のバリエーションには、オープン・キャビティの RH センサを保護するカバー・オプションがあります。HDC3021 と HDC3022 です。HDC3021 は、取り外し可能な保護テープを備えており、コンフォーマル・コーティングと PCB 洗浄が可能です。HDC3022 は、恒久的な IP67 フィルタ・メンブレンを備えており、ほこり、水、PCB 洗浄から保護します。

2.3.14 TPS3823

TPS382x ファミリの電圧監視 IC は、主に DSP やプロセッサを使用したシステムの初期化および起動タイミングの管理に最適です。電源投入時には、電源電圧 V_{DD} が 1.1V を上回ると $\overline{\text{RESET}}$ がアサートされます。その後、この電圧監視 IC が V_{DD} を監視し、 V_{DD} がスレッシュホールド電圧 V_{IT-} を下回っている間は $\overline{\text{RESET}}$ をアクティブ LOW に維持します。内蔵のタイマは、出力が非アクティブ状態 (HIGH) に戻るのを遅らせて、適正なシステム・リセットを発生させます。この遅延時間 t_d は、 V_{DD} がスレッシュホールド電圧を上回るとスタートします ($V_{IT-} + V_{HYS}$)。電源電圧がスレッシュホールド電圧 V_{IT-} を下回ると、出力は再びアクティブ (LOW) になります。外付け部品は不要です。このファミリの全デバイスでは、検出スレッシュホールド電圧 (V_{IT-}) は、内蔵分圧器で設定される固定値になっています。また TPS382x ファミリーでは、ウォッチドッグのタイムアウトは、200ms (TPS3820) または 1.6s (TPS3823, TPS3824, TPS3828) のいずれかを選択できます。

2.3.15 DP83826E

DP83826 は、小さくて確定的なレイテンシ、低消費電力、10BASE-Te および 100BASE-TX イーサネット・プロトコルのサポートにより、リアルタイム産業用イーサネット・システムの厳格な要件を満たすことができます。このデバイスは、高速なリンクアップ時間を達成するためのハードウェア・ブートストラップ、高速リンク・ドロップ検出モード、システム内の他のモジュールをクロック同期させるための専用基準クロック出力 (CLKOUT) を備えています。

一般的なイーサネット・ピン配置を使用する BASIC 標準イーサネット・モードと、追加機能とハードウェア・ブートストラップ構成によって標準イーサネットと複数の産業用イーサネット・フィールドバス・アプリケーションをサポートする ENHANCED イーサネット・モードという 2 つのモードに構成できます。

2.3.16 TPS763

TPS763xx ファミリの低ドロップアウト (LDO) 電圧レギュレータは、低ドロップアウト電圧、低消費電力動作、小型パッケージという利点を兼ね備えています。これらのレギュレータは、従来型の LDO レギュレータと比べてドロップアウト電圧が低く、静止電流が小さいことが特長です。5 ピンの小型 SOT-23 集積回路パッケージで提供する TPS763xx シリーズのデバイスは、コスト制約の厳しい設計や基板スペースを重視するアプリケーションに最適です。

新しい回路設計と革新的なプロセスの組み合わせにより、通常の PNP パス・トランジスタを PMOS パス素子に置き換えることができました。PMOS パス素子は低抵抗として振る舞うため、ドロップアウト電圧は低く (TPS76333 の場合、負荷電流 150mA で標準値 300mV)、負荷電流に正比例します。PMOS パス素子は電圧駆動デバイスであるため、静止電流は小さく (140 μ A 以下)、出力負荷電流 (0mA~150mA) の全範囲にわたって安定しています。ノート PC や携帯電話などの携帯型システムでの使用を意図した低ドロップアウト電圧特性と低消費電力動作により、システムのバッテリー動作時間を大幅に伸ばすことができます。

TPS763xx は、ロジック制御によるスリープ・モードも備えており、レギュレータをシャットダウンして、静止電流を 1 μ A 以下 ($T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 時) に低減できます。TPS763xx には 1.6V、1.8V、2.5V、2.7V、2.8V、3V、3.3V、3.8V、5V の固定電圧バージョンと可変バージョン (1.5V~6.5V の範囲でプログラム可能) があります。

2.3.17 LM74701-Q1

LM74701-Q1 は、車載用 AEC Q100 認定済み理想ダイオード・コントローラであり、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として動作し、20mV の順方向電圧降下で低損失の逆極性保護を実現します。

LM74701-Q1 は、12V 車載用システムの入力保護に最適です。3.2V の入力電圧をサポートしているため、車載用システムの厳しいコールド・クランク要件に向けた、特に優れた設計になっています。

このデバイスは、MOSFET のゲートを制御し、順方向電圧降下を 20mV にレギュレートします。このレギュレーション方式により、逆電流発生時に MOSFET を穏やかにオフにでき、DC 逆電流をゼロにします。このデバイスは、逆電流遮断に対する高速応答 (0.75 μ s 未満) が可能なため、ISO7637 パルス・テスト時、電源障害時、および入力のマイクロ短絡時における出力電圧のホールドアップ要件を持つシステムに適しています。LM74701-Q1 は独自の VDS クランプ機能を内蔵しています。この機能を使うと、TVS を使わない入力極性保護ソリューションを実現でき、制約の厳しい車載システムの PCB 面積を平均で 60% 節約できます。

LM74701-Q1 コントローラは、外部の N チャネル MOSFET に対してチャージ・ポンプによるゲート駆動を行います。イネーブル・ピンが LOW のとき、コントローラはオフで、消費電流は約 1 μ A です。

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

TIDA-010253 の主な性能はテキサス・インスツルメンツのラボでテストされました。使用した最終機器とテストのプロセスおよび結果について、このセクションで説明します。

表 3-1 に、TIDA-010253 ボードの接続を示します。

表 3-1. LV_24V 入力コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J26-1	PGND	電源の負端子
J26-2	PGND	電源の負端子
J26-3	VBATI	電源の正端子。定格電圧 24V、動作電圧 18V~32V
J26-4	VBATI	電源の正端子。定格電圧 24V、動作電圧 18V~32V

表 3-2. RY_24V 入力コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J16-1	PGND	リレー電源の負端子
J16-2	24V_CONN	リレー電源の正端子。定格電圧 24V、動作電圧 18V~32V

表 3-3. リレーコイルドライバコネクタ 1

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J22-1	LS_OUT1	PGND とコイル間のローサイド・パワー・スイッチ端子 1 (予約済み)
J22-2	LS_OUT_COM	PGND とコイル間の共通ローサイド・パワー・スイッチ端子
J22-3	HS_OUT1	リレー電源とコイル間のハイサイド・パワー・スイッチ端子 1

表 3-4. リレーコイルドライバコネクタ 2

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J21-1	LS_OUT2	PGND とコイル間のローサイド・パワー・スイッチ端子 2 (予約済み)
J21-2	LS_OUT_COM	PGND とコイル間の共通ローサイド・パワー・スイッチ端子
J21-3	HS_OUT2	リレー電源とコイル間のハイサイド・パワー・スイッチ端子 2

表 3-5. リレーコイルドライバコネクタ 3

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J24-1	LS_OUT3	PGND とコイル間のローサイド・パワー・スイッチ端子 3 (予約済み)
J24-2	LS_OUT_COM	PGND とコイル間の共通ローサイド・パワー・スイッチ端子
J24-3	HS_OUT3	リレー電源とコイル間のハイサイド・パワー・スイッチ端子 3

表 3-6. リレーコイルドライバコネクタ 4

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J23-1	LS_OUT4	PGND とコイル間のローサイド・パワー・スイッチ端子 4 (予約済み)
J23-2	LS_OUT_COM	PGND とコイル間の共通ローサイド・パワー・スイッチ端子
J23-3	HS_OUT4	リレー電源とコイル間のハイサイド・パワー・スイッチ端子 4

表 3-7. デイジー・チェーン 0 (COMH) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J4-3	BQ0_COMHP_ISO	COM ハイサイド正
J4-4	BQ0_COMHN_ISO	COM ハイサイド負

表 3-8. デイジー・チェーン 0 (COML) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J8-1	BQ0_COMLN_ISO	COM ローサイド負
J8-2	BQ0_COMLP_ISO	COM ローサイド正

表 3-9. デイジー・チェーン 1 (COMH) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J9-3	BQ1_COMHP_ISO	COM ハイサイド正
J9-4	BQ1_COMHN_ISO	COM ハイサイド負

表 3-10. デイジー・チェーン 1 (COML) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J13-1	BQ1_COMLN_ISO	COM ローサイド負
J13-2	BQ1_COMLP_ISO	COM ローサイド正

表 3-11. I2C ペリフェラル・デバイス・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J19-1	GND	BCU グランド
J19-2	VDDIO	ペリフェラル・デバイスの I/O および電源用 3.3V
J19-3	EXT_I2C2_GPIO	I2C2 制御用 GPIO
J19-4	EXT_I2C1_GPIO	I2C1 制御用 GPIO
J19-5	I2C2_SDA	I2C2 用シリアル・データ・ライン、HDC3020 に接続
J19-6	I2C2_SCL	I2C2 用シリアル・クロック・ライン、HDC3020 に接続
J19-7	I2C1_SDA	I2C1 用シリアル・データ・ライン、BQ32002 に接続
J19-8	I2C1_SCL	I2C1 用シリアル・クロック・ライン、BQ32002 に接続

表 3-12. SPI ペリフェラル・デバイス (HV ADC および電流センサ) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J25-1	VDDIO	ペリフェラル・デバイスの I/O および電源用 3.3V
J25-2	VDDIO	ペリフェラル・デバイスの I/O および電源用 3.3V
J25-3	UIR_OC1	過電流アラーム 1
J25-5	UIR_OC2	過電流アラーム 2
J25-7	UIR_nFAULT	SPI ペリフェラル・デバイスのフォルト・アラーム
J25-8	VCC5V	ペリフェラル・デバイスの 5V 電源
J25-9	VCC5V	ペリフェラル・デバイスの 5V 電源
J25-10	VCC5V	ペリフェラル・デバイスの 5V 電源
J25-11	UIR_SPI_MOSI	SPI マスタ出力、スレーブ入力
J25-13	UIR_SPI_MISO	SPI マスタ入力、スレーブ出力
J25-15	UIR_SPI_CS	SPI チップ・セレクト
J25-17	UIR_SPI_CLK	SPI クロック

表 3-12. SPI ペリフェラル・デバイス (HV ADC および電流センサ) コネクタ (続き)

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J25-18	UIR_SN65_EN	ペリフェラル・デバイス用追加電源のイネーブル・ピン
J25-19	GND	BCU グランド
J25-20	GND	BCU グランド

表 3-13. CAN0 コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J1-2	CANH0	CAN0 high
J1-3	CANL0	CAN0 low
J1-4	GND0	CAN0_GND

表 3-14. CAN1 コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J2-2	CAN H1	CAN1 high
J2-3	CANL1	CAN1 low
J2-4	GND1	CAN1_GND

表 3-15. CAN2 コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J30-2	CAN H2	CAN2 high
J30-3	CANL2	CAN2 low
J30-4	GND4	CAN4_GND

表 3-16. RS-485 コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J30-2	RS485_B	RS-485 負
J30-3	RS485_A	RS-485 正
J30-4	GND2	RS485_GND

3.1 ハードウェア要件

表 3-17 に、テストに使用した機器の概要を示します。

表 3-17. テスト機器の概要

機器	モデルまたは説明
マルチメータ	Agilent 34401A
オシロスコープ	RIGOL MISO5152-E
DC 電源	Chroma 6204P-600-8
リレー	EVC500
高電圧差動プローブ	Micsig DP10013
CAN ツール	USBCANFD-200U

3.2 ソフトウェア要件

テストとデモの目的で、HSEC180 controlCARD TMDSCNCD263 を使用して、リレー駆動、CAN メッセージの送信、デューティ・チェーン通信などの比較的シンプルなソフトウェアを実装しています。

3.3 テスト設定

この設計ボードを動作させる前に、以下の手順を行います。この設計は、ラック構成で作成されました。パックをシミュレートするために、32S-BMU (TIDA-010271) を使ってテストしました。USBCANFD-200U を使用して CAN メッセージをデューティ・サイクルで送信し、PCS と BSMU をシミュレートしています。リレーは TE の EVC500 を使用します。DC 電源は、入力 VDC を電源およびリレー・ドライバ回路に供給します。

図 3-1 に、リレー・ドライバ回路を示します。

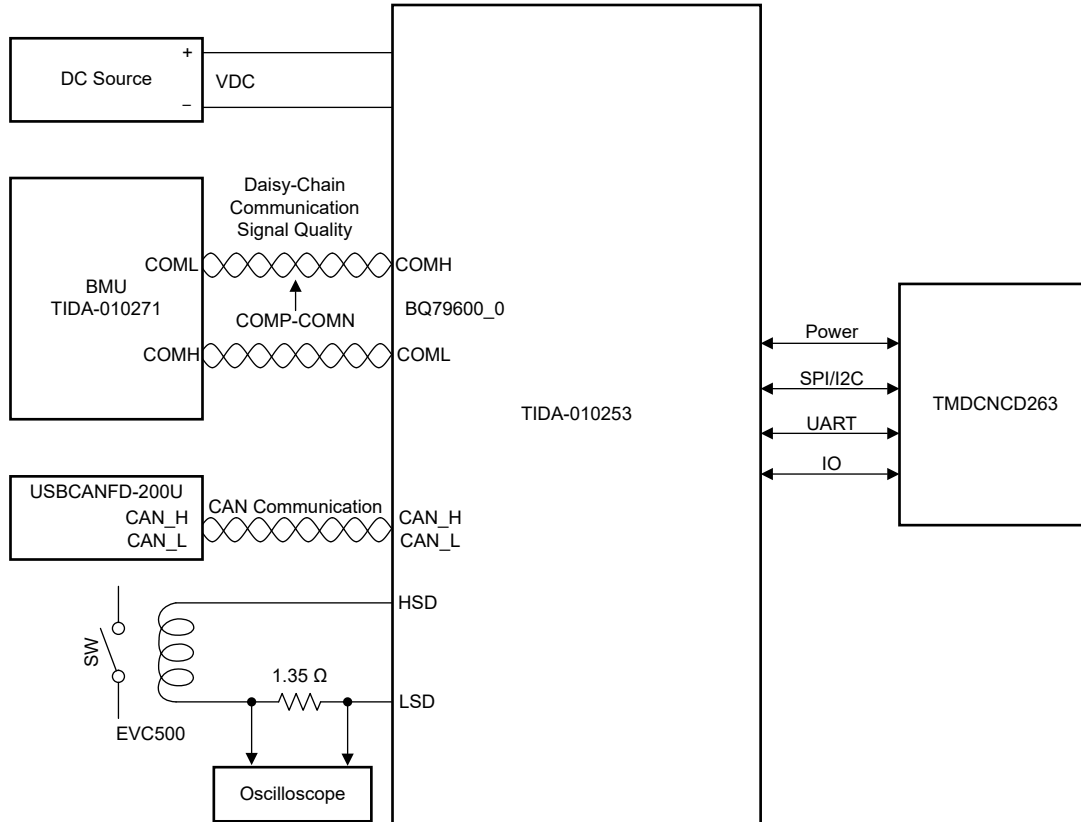


図 3-1. テスト設定

3.4 テスト結果

3.4.1 電源テスト

電源テストとしては、入力電圧 (VDC) が変化したときの 5V 電源の変動を測定するテストと、入力電圧が GND を基準として負になったときの入力電流の測定があります。後者は、逆入力条件を模擬するものです。

図 3-2 は、2V~36V の範囲の VDC 入力電圧に対して、5V 電源がアクティブであり、適切にレギュレートされていることを示しています。これらの測定値は、外部負荷なしで、リファレンス・デザイン基板において記録しています。

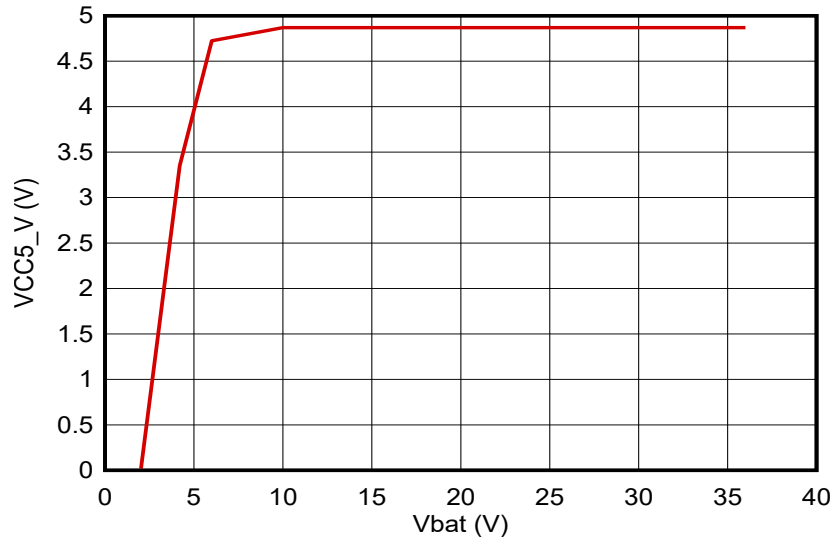


図 3-2. 測定された 5V 電源と印加された入力電圧との関係

図 3-3 は、GND を基準として負の電圧が入力に印加された場合の入力電流を示しています。印加電圧が -5V よりもさらに負になると、電流は直線的に増加します。

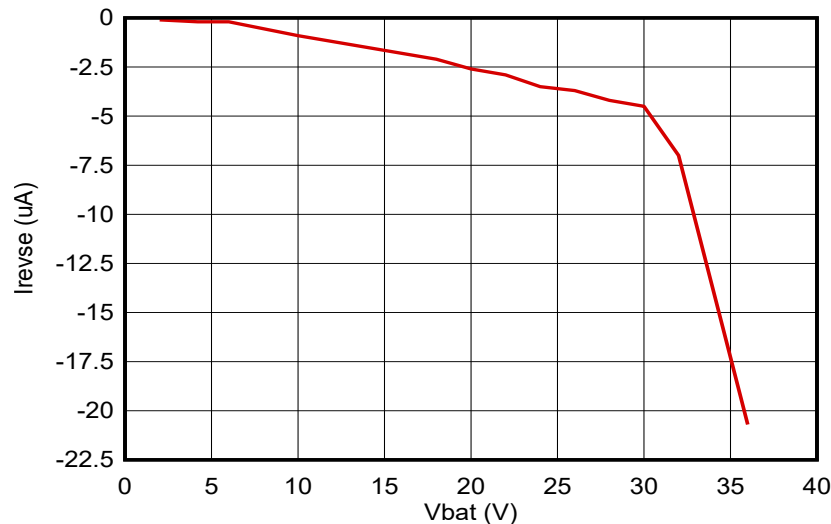


図 3-3. 入力電流と印加された負の入力電圧との関係

正 (通常極性) の入力電圧を印加した場合について、入力端子での入力電流と印加された入力電圧との関係を 図 3-4 に示します。公称 24V 電源レベルの場合、controlCARD マイクロコントローラ・ボードを含めて、このデザインの入力電流は約 120 mA です。これは、リレーがアクティブに駆動されておらず、CAN、RS-485、デジタイズ・チェーン、イーサネット・トランシーバがアイドル状態のときのアイドル電流を表します。印加電圧が 36V に上昇すると、入力電流はわずかに増加しますが、大きな増加はありません。これは、VDC に接続されているどの部品もブレイクダウンしていないことを示して

います。すなわち、このデザインは、最大 36V の定常状態 VDC 電圧による損傷を受けていません。このデザインは、電源システムで発生する可能性のあるロード・ダンプ条件に耐える堅牢性があります。

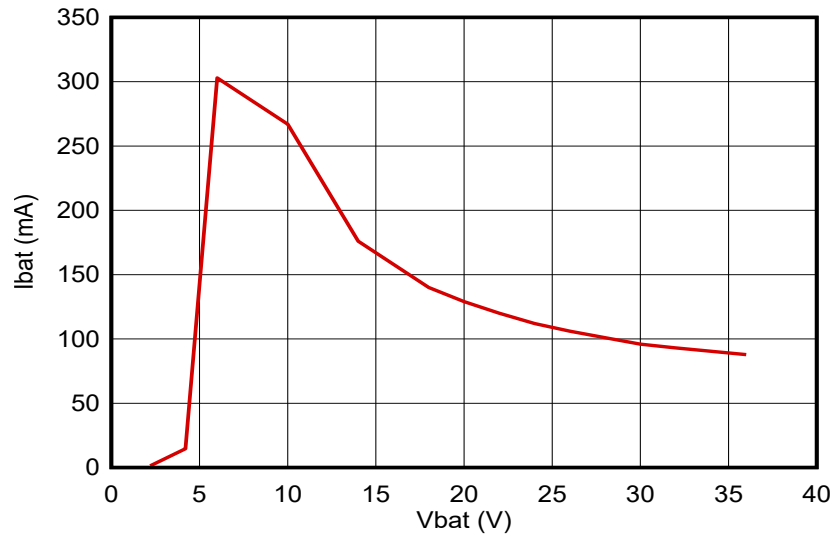


図 3-4. 入力電流と印加された正の入力電圧との関係

3.4.2 デイジー・チェーンの信号品質

このデザインでは、BMU (TIDA-010271) を使用して BCU との通信を行います。テスト・ポイントは BQ79600_0 の BCU COMH ポートです。オシロスコープは COMP-COMN を測定し、正のパルス幅、負のパルス幅、立ち上がりスルーレート、立ち下がりスルーレートをチェックします。

図 3-5～図 3-8 に、デイジー・チェーン波形を示します。

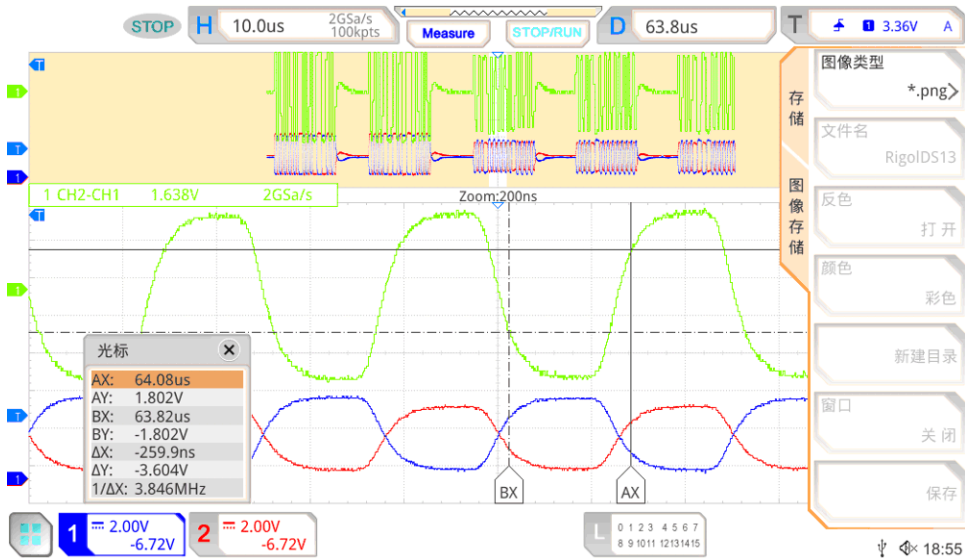


図 3-5. デイジー・チェーンの正のパルス幅

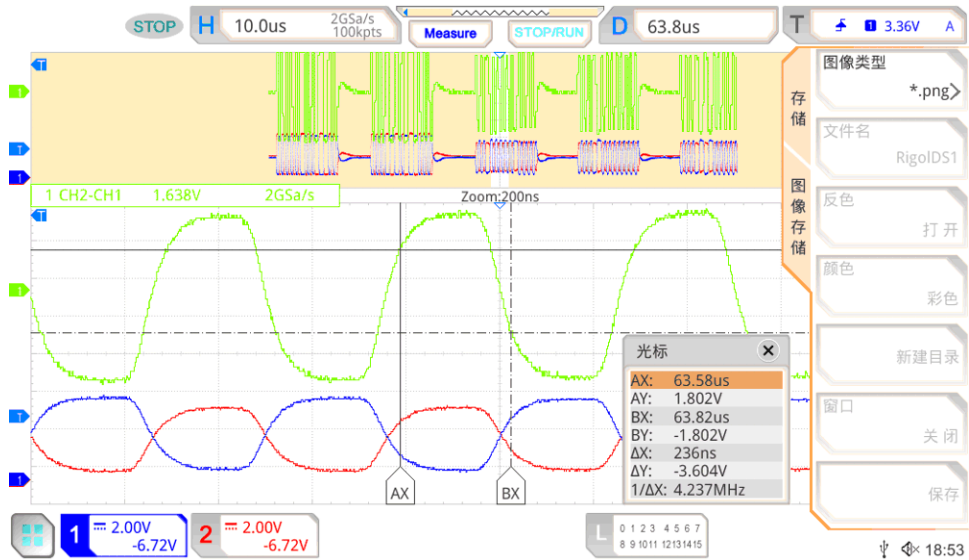


図 3-6. デイジー・チェーンの負のパルス幅

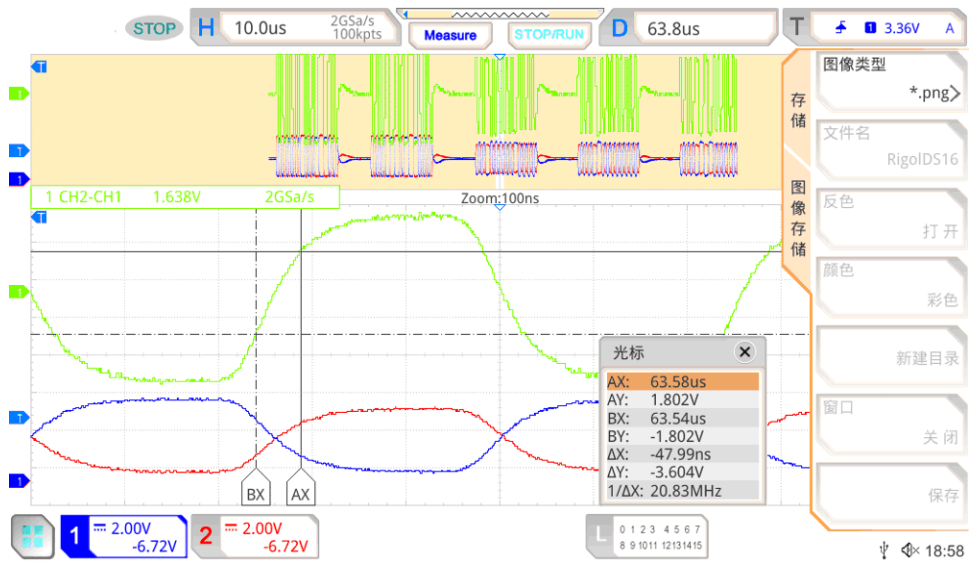


図 3-7. デイジー・チェーンの立ち上がりスループレート

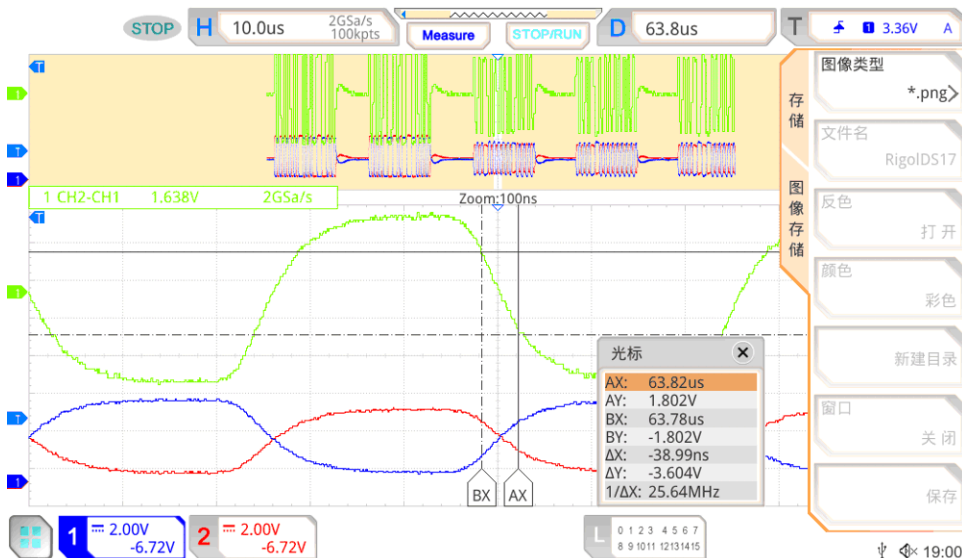


図 3-8. デイジー・チェーンの立ち下がリスルーレート

表 3-18 に、デイジー・チェーンの信号性能データを示します。

表 3-18. デイジー・チェーンの信号性能

パラメータ	条件	最小値	テスト・データ	最大値
正のパルス幅	COMP-COMN において、立ち上がりエッジの +1.8V から次の立ち下がりエッジの -1.8V まで測定	230ns	260ns	270ns
負のパルス幅	COMP-COMN において、立ち下がりエッジの -1.8V から次の立ち上がりエッジの +1.8V まで測定	230ns	236ns	270ns
立ち上がりスルーレート	COMP-COMN において、立ち上がりエッジの -1.8V~+1.8V を測定		50ns	
立ち下がりスルーレート	COMP-COMN において、立ち下がりエッジの +1.8V~-1.8V を測定		39ns	

3.4.3 リレー駆動

コイル駆動回路は、図 2-3 に示すように、スマート・ハイサイド・スイッチ TPS4H160-Q1 および ULN2803 で 1 つのチャンネルを使用して、単方向駆動を実装します。この回路のテストでは、エコマイザ付き高電圧リレーを負荷として使用しています。EVC500 を表 3-19 に示します。

表 3-19. コイルのデータ

動作電圧範囲 / VDC	23°C での突入電流 / A	最大突入時間 / ms	公称周波数 / kHz	公称デューティ・サイクル / %
9~36	3.8	130	19.9	20

図 3-9 に、電流ピックアップ時のオシロスコープの信号プロットを示します。チャンネル 1 はリレー・コイルの電圧を示しています。チャンネル 2 はシャント (1.35Ω) 電圧を示しています。これは、ハイサイド・スイッチを經由してリレー・コイルとエコマイザに流れるシャント電流に対応するものです。まず、エコマイザが 100% のデューティ・サイクルで動作しているときに、電流がピークに達します。そのため、逆起電力の電圧はわずかです。リレー接点が閉じた後、エコマイザは公称デューティ・サイクルで動作します。電流ピックアップ・プロセスでは、シャント電圧信号は約 2.034V のピークに達します。シャント電圧信号のスケール係数はシャント電流に対して約 1.35V/A であるため、この信号はピーク電流が約 1.507A であることを示しています。

MSO5152-E Wed September 27 11:09:32 2023

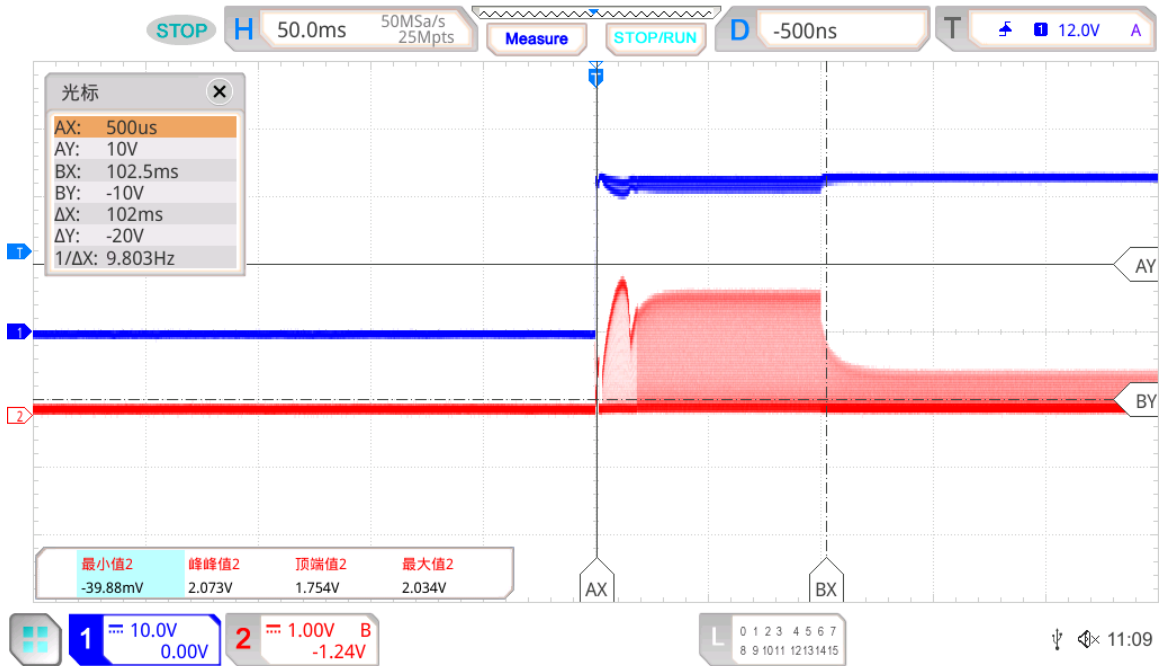


図 3-9. 電流ピックアップ・フェーズ

図 3-9 に、電流信号のオシロスコープ・プロットを示します。チャンネル 1 は TPS4H160B の電流センシング (CS) 信号を示しています。この信号は、ハイサイド・スイッチを通過してリレー・コイルとエコノマイザに流れる電流に対応します。チャンネル 2 にシャント電圧を示します。CS 信号は、シャント電圧信号に対して正確に追従しています。TPS4H160 において、IN の立ち下がりおよび立ち上がりエッジから CS 信号までの設定時間は最大 150 μ s であり、そのため CS 信号は実際のシャント電流の PWM 部分には追従できません。

MSO5152-E Wed September 27 12:41:57 2023

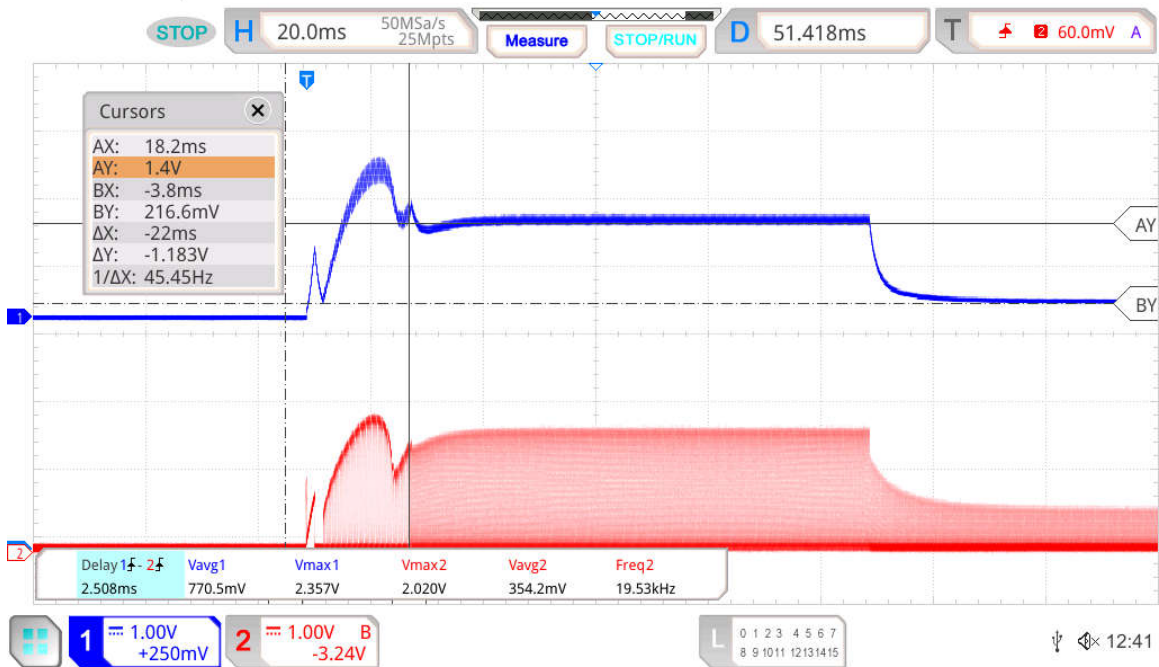


図 3-10. 電流測定性能

リレーにおける電流高速減衰フェーズ時の信号をオシロスコープでプロットしたものを、[図 3-9](#) に示します。チャンネル 1 はリレー・コイルの電圧、チャンネル 2 はシャント電圧を示しています。チャンネル 1 の電圧が低下し、コイル電流が減少し始めます。コイルのインダクタンスにより、コイル電流はすぐにゼロに低下するわけではありませんが、コイルに蓄積されたエネルギーが消散されるにつれて減衰します。高速減衰プロセスの持続時間は **3.14ms** です。

MSO5152-E Wed September 27 12:19:36 2023

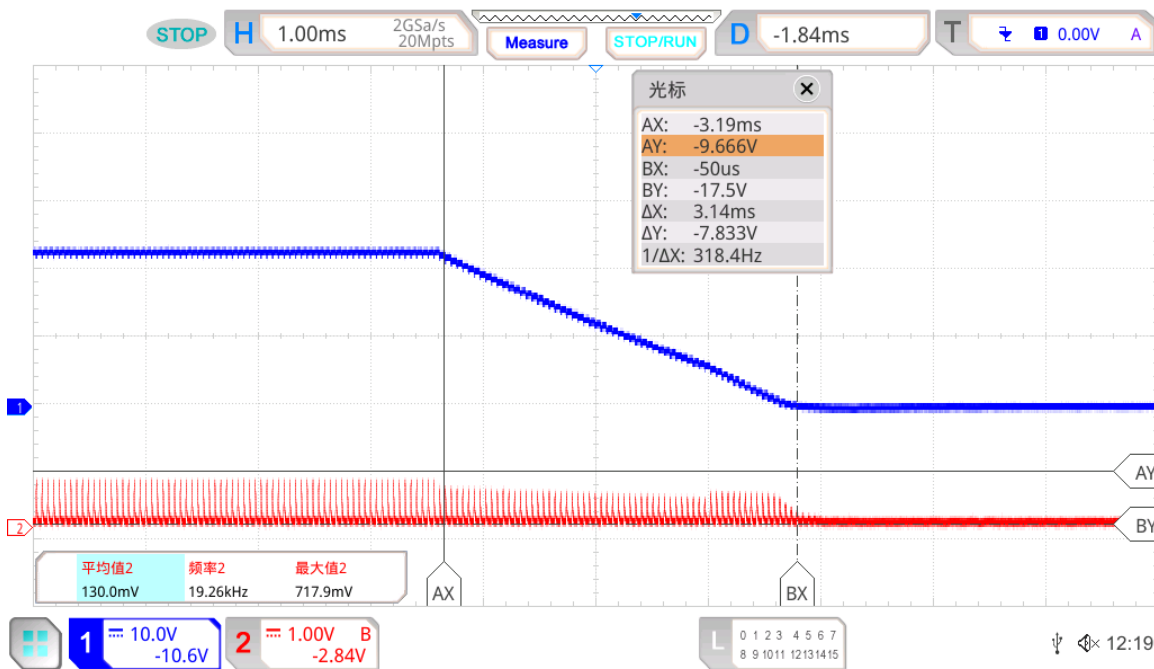


図 3-11. 電流高速減衰フェーズ

TPS4H160-Q1 の絶対最大定格 40mJ という値は、誘導性負荷のスイッチオフ・エネルギー消散、シングル・パルス、シングル・チャンネルに対して規定されたものであり、リレー・コイルをオフにするたびに消散する必要のあるエネルギーは、規定された値よりも大幅に小さくなります。このアプリケーションでは、テストに使用したモデルよりもコイルが著しく大きくない場合には、リレー・コイルと並列に保護ダイオードを接続する必要なしに、TPS4H160-Q1 を使用できます。

3.4.4 絶縁型 CAN トランシーバの動作

図 3-12 に、CAN トランスミッタ動作中の信号を示します。チャンネル 1 は TXD 信号のトランシーバへの入力であり、約 1 μ s (1Mbps) のビット幅で状態が変化します。チャンネル 2 は CAN バス信号 CANH-L で、TXD 信号に応答しています。このスケールでは、TXD ピンの遷移と CANH-L ピンの遷移の間に、観測可能な時間遅延はありません。CAN バス信号のスロープが制御されていることも観測できます。

MSO5152-E Wed September 27 10:55:45 2023



図 3-12. CAN トランシーバの動作信号

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 設計ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010253](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-010253](#) 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

USB2ANY USB2ANY インターフェイス・アダプタは、コンピュータから USB 接続経由で評価基板 (EVM) を制御できるようにするためのツールです。USB2ANY は、複数の一般的なプロトコルとインターフェイスをサポートし、3.3V と 5V の電源電圧を供給します。

ソフトウェア

CCSTUDIO Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)

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、[『AM263x 制御カード・ハードウェア』](#) ユーザー・ガイド
2. テキサス・インスツルメンツ、[『EV および HEV における高電圧接触器の駆動』](#) テクニカル・ホワイト・ペーパー
3. テキサス・インスツルメンツ、[『AN-2162 DC-DC コンバータからの伝導 EMI への簡単な対処方法』](#) アプリケーション・レポート
4. テキサス・インスツルメンツ、[LMR51440-CALC \(LMR51440_Quick_Start_Tool_Rev1.0.xlsm\)](#) 計算ツール

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。

4.5 商標

TI E2E™, Sitara™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

Arm® is a registered trademark of Arm Limited.

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

JUNHUA YAN は、テキサス・インスツルメンツの SEM 産業用グリッド・インフラおよび電力供給チームのシステム・エンジニアです。Junhua は、バッテリー・パックおよびエネルギー・ストレージ・システム・アプリケーションを専門としており、産業用バッテリー・パックの設計課題に対応する複数の設計を開発した経験があります。

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、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、

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](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated