

## Design Guide: TIDA-020027

## 車載用フル機能サイドミラー モジュール リファレンス デザイン

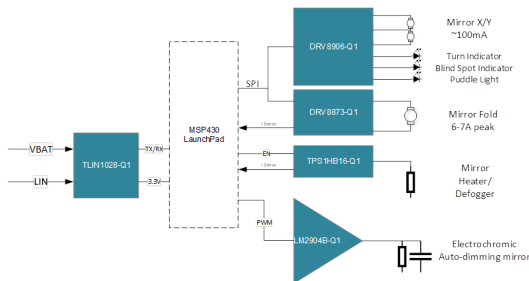


## 説明

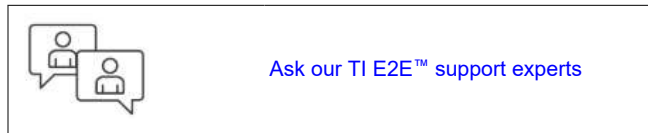
最新の高級車のサイドミラーは、利便性の高い機能を多数搭載しており、ミラーの X-Y 方向の単純な制御を上回る、より適切でより安全な運転環境に貢献しています。以下の機能が該当します。ぎらつきを低減する自動調光型ミラー、狭い駐車場所で破損を防止するミラー アセンブリ格納機能、死角にある物体検出とパドル ライト (フット ライト) と方向指示器 (ウィンカー) 向けの LED インジケータ、寒冷条件下でのミラーの曇り防止と霜取り用のヒーター。これらの各機能を追加するには、より多くのエレクトロニクスが必須です。したがって、車載エレクトロニクス設計者の皆様が希望するのは、負荷要件の変化に合わせてスケラビリティを実現できる、マルチファンクションの統合型ソリューションです。このリファレンス デザインは、エレクトロニクスの設計に関するこの種の検討事項に関する出発点を、小型フォーム ファクタ ソリューションで実現しています。

## リソース

TIDA-020027	デザインフォルダ
DRV8906-Q1	プロダクトフォルダ
DRV8873-Q1	プロダクトフォルダ
TPS1HB16-Q1	プロダクトフォルダ



LM2904B-Q1	プロダクトフォルダ
TLIN1028-Q1	プロダクトフォルダ



## 特長

- ミラーの X-Y 方向での角度制御向けの 300mA モータードライバ
- ミラー アッセンブリ格納機能向けの 8A モータードライバ
- ミラー ヒーター向けの 16mΩ パワー スイッチ
- エレクトロクロミック ミラー ドライバ
- 3 個の 300mA LED ドライバ
- 通信向けの LIN インターフェイス

## アプリケーション

- サイドミラー モジュール
- ドア モジュール



## 1 システムの説明

このリファレンス デザインは、マルチチャネル モータードライバ (DRV8906-Q1 および DRV8873-Q1)、パワー スイッチ (TPS1HB16-Q1)、およびオペアンプ ベース (LM2904B-Q1) バッファ回路を使用して、3 つのモーター、3 つの LED、エレクトロクロミック負荷、抵抗性加熱素子を駆動します。これらの各デバイスは、複数の負荷に対する高集積と、ミラー アセンブリの特定のニーズに合わせて設計をスケールリングできる優れた柔軟性を兼ね備えるよう選択されています。

DRV8906-Q1 および TPS1HB16-Q1 はどちらもピン互換の代替品が利用できるため、各種の電流要件や追加負荷に合わせて簡単に調整できます。

さらに、このリファレンス デザインのデバイスには、以下を組み合わせた包括的な診断機能と障害保護機能が搭載されています。

- 統合型の電流センス機能
- 過電圧および過電流保護
- 電流制限
- 貫通電流保護

これらの機能はそれぞれ、サイド ミラーの負荷保護要件に基づいて構成可能です。

### 1.1 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

パラメータ	仕様
入力電圧範囲 (耐久条件)	-20V ~ 40V
入力電源電圧 (動作時)	6V ~ 18V
X/Y 調整モーターの最大電流、各モーター	150mA
格納モーターの最大電流	7A
ヒーターの最大電流	8A
エレクトロクロミック ミラー電流	150mA
基板層	2
基板フォーム ファクタ	60.75mm × 60.05mm

## 2 システム概要

### 2.1 ブロック図

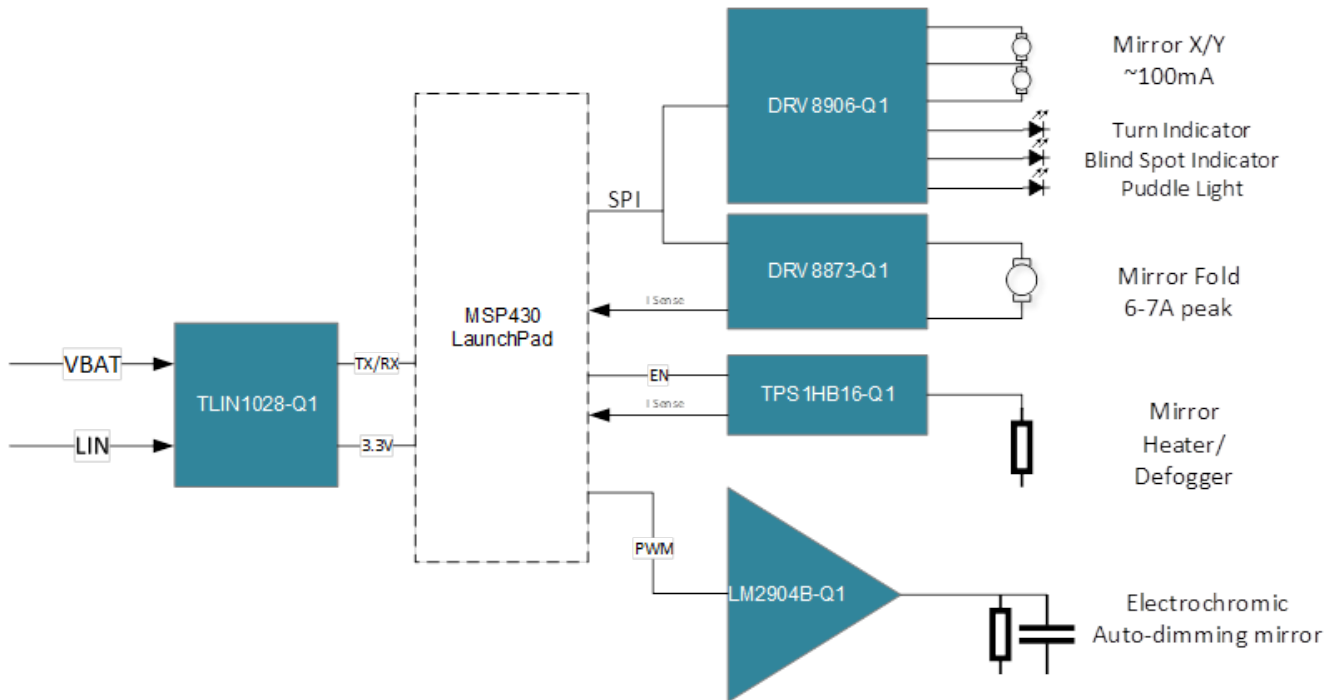


図 2-1. TIDA-020027 のブロック図

### 2.2 設計上の考慮事項

ミラー モジュールの設計に関する主な考慮事項の 1 つは、フォーム ファクタです。さまざまな負荷構成に合わせてこの設計を柔軟に維持することが主な目的でしたが、それには全体的なフットプリントとサイズを考慮する必要があります。このデザインのトータル ソリューション サイズは 3.2 平方インチで、ミラー モジュールの標準的な設計フォーム ファクタ内に収まる必要があります。

さらに、柔軟性も重要でした。車両によってミラーのサイズや機能が異なったり、コントローラが車両内の異なる位置にありたりするためです。手元のミラーに基づいて設計の負荷駆動能力を柔軟に調整できることは重要です。これにより設計者は、複数のサイズと種類にまたがって機能するミラー モジュールを作成することができます。

フォーム ファクタと柔軟性は時として相反しますが、本設計では部品の選定により、両方の考慮事項を満たすちょうど良い中間点を目指しています。

### 2.3 主な使用製品

#### 2.3.1 DRV8906-Q1

DRV89xx-Q1 は、4 ~ 12 のハーフブリッジを備えた統合マルチチャネル ハーフブリッジドライバのピン互換ファミリで、主にエアコン (HVAC) フラップ DC モーターの制御などの車載用アプリケーションを対象としています。また、このデバイスはサイドミラーや LED などの車両ボディ向けアプリケーションにも関連性があります。具体的には、DRV8906-Q1 は 6 つのハーフブリッジ出力を備えています。

各ハイサイドおよびローサイドドライバは、最大 1A の RMS 電流を駆動できます。このデバイスは、独立、シーケンシャル、並列モードでブラシ付き DC (BDC) モーターまたはステッピング モーターを駆動可能です。ハーフブリッジは完全に制御可能であり、順方向、逆方向、惰性、ブレーキのモーター動作を実現できます。デバイスの電圧範囲が広いいため、クランク スタートおよびロード ダンプ状態で発生するバッテリー電圧の大きな変動にも対応が可能です。

デジタイズ機能を備えた標準的な 16bit、5MHz シリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) により、外部コントローラからデバイスの各種設定や故障診断情報の読み取りが可能です。内部 PWM ジェネレータのサポートによりモータ

一動作中の電流制限が可能であるため、LED の調光制御にも使用できます。このデバイスに搭載された 4 つの PWM ジェネレータをプログラムすることで、4 つの異なる PWM 周波数と個別の 8 ビット デューティを制御できます。どのハーフブリッジも、いずれかの内部 PWM ジェネレータにマップすることで、並列動作を実現できます。

このデバイスは、多くの保護および診断機能をサポートしています。開放負荷検出 (OLD) 機能により、ハーフブリッジに接続されている負荷を簡単に監視できます。本デバイスは、OCP 保護機能により短絡状態 (OUTx、電源、およびグラウンドへの短絡) から完全に保護されています。さらに、OTW および OTSD が過熱時でもデバイスの熱保護を確実にします。

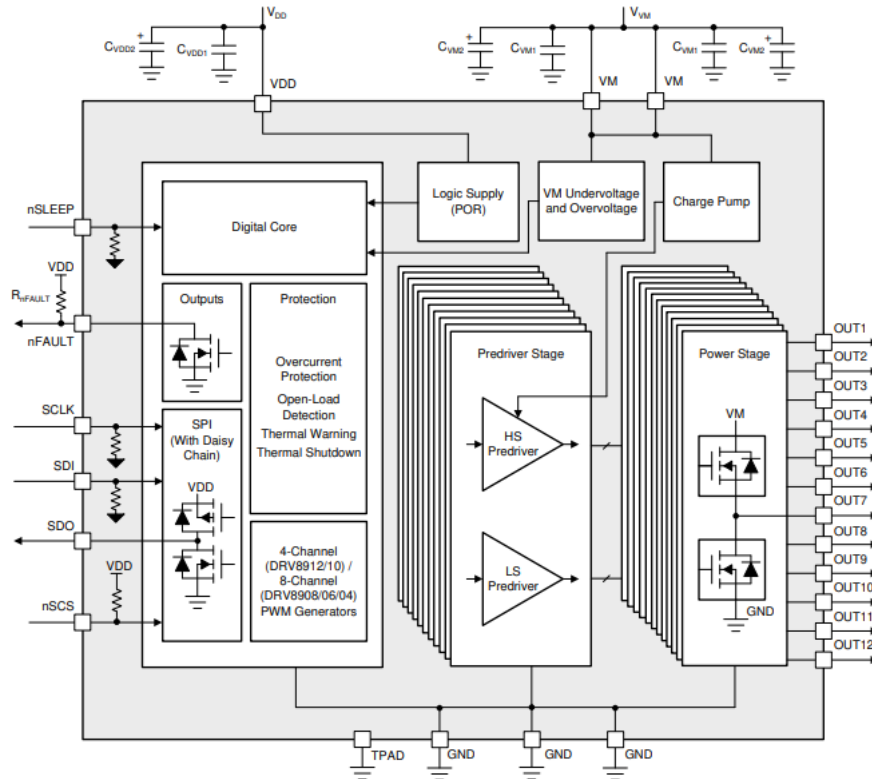


図 2-2. DRV8906-Q1 のブロック図

### 2.3.2 DRV8873-Q1

DRV8873-Q1 デバイスは車載アプリケーション用ブラシ付き DC モーターを駆動する統合型ドライバ IC です。2 つのロジック入力が H ブリッジドライバを制御し、ドライバを構成する 4 つの N チャネル MOSFET により、最大 10A のピーク電流でモータを双方向制御できます。また単一電源で動作し、4.5V~38V の広い入力電源電圧範囲に対応します。

PH/EN または PWM インターフェイスにより、制御回路に容易に接続できる一方、独立したハーフブリッジ制御を利用して 2 つのソレノイド負荷を駆動することも可能です。

電流ミラーにより、コントローラは負荷電流を監視できます。このミラーはハイサイド FET を流れる電流を近似したもので、電流センシングに大電力パワー抵抗は不要です。

低消費電力のスリープモードにより、内部回路の多くをシャットダウンして、静止電流を極めて小さく抑制できます。内蔵する保護機能には、低電圧誤動作防止、チャージポンプ異常検出、過電流保護、短絡保護、開放負荷検出、過熱保護があります。フォルト状態は nFAULT ピンおよび SPI レジスタにより通知されます。

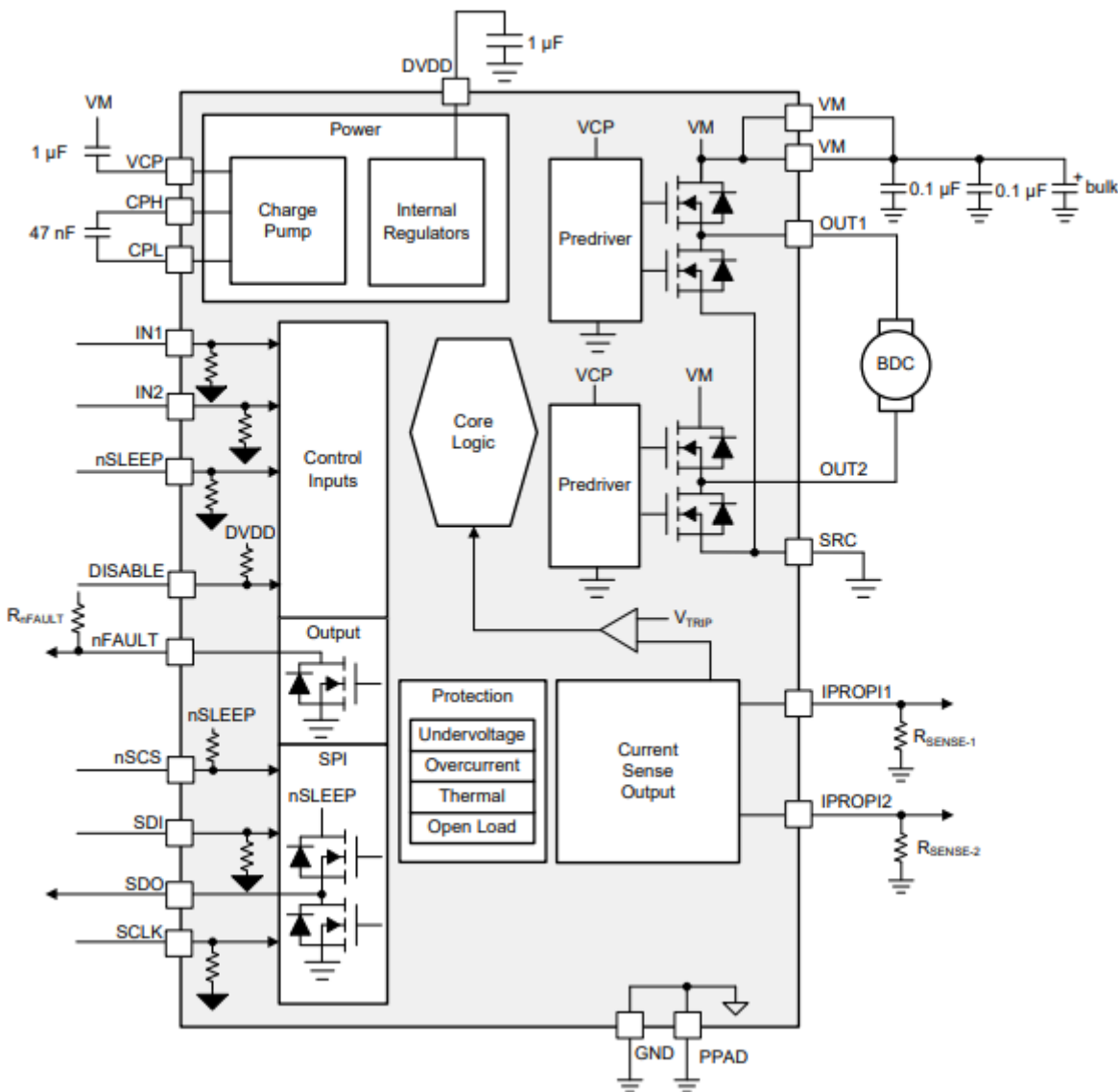


図 2-3. DRV8873-Q1 のブロック図

### 2.3.3 TPS1HB16-Q1

TPS1HB16-Q1 デバイスは、12V 車載システムでの使用を目的としたスマートハイサイドスイッチです。堅牢な保護診断機能を内蔵しているため、車載システムで短絡などの有害な事象が発生しても、出力ポートを確実に保護できます。デバイスの種類に応じて信頼性の高い電流制限を行い、障害から保護します。電流制限は、**4.4A ~ 49A** の範囲で調整可能です。電流制限範囲を小さくすると、大きなピーク電流を必要としない負荷で保護を強化でき、電流制限範囲を大きくすると、大きな過渡電流を必要とする負荷でも使用できます。このデバイスは、広い範囲の負荷プロファイルを高い信頼性で駆動できます。

TPS1HB16-Q1 は、負荷診断機能を強化できる高精度アナログ電流検出機能も備えています。負荷電流とデバイス温度をシステムの MCU に報告することで、予知保全と負荷診断を可能にし、システムの寿命を向上させます。

TPS1HB16-Q1 は、PCB の実装面積を削減できる HTSSOP パッケージで提供されています。

図 2-4 に、TPS1HB16-Q1 のブロック図を示します。

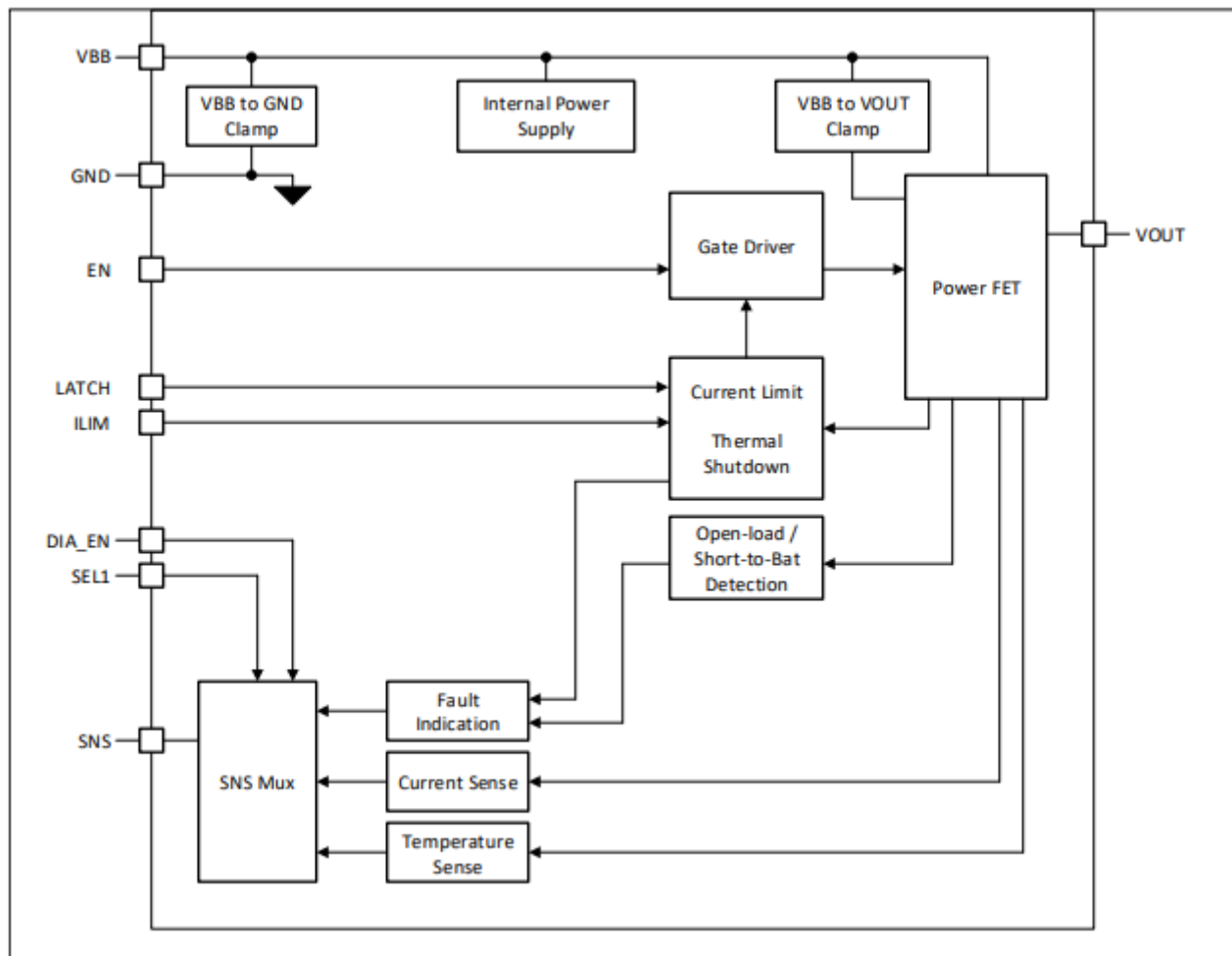


図 2-4. TPS1HB16-Q1 のブロック図

### 2.3.4 LM2904B-Q1

LM2904-Q1 および LM2904B-Q1 は、AEC-Q100 仕様に準拠して車載用に認定済みの業界標準のオペアンプです。LM2904B-Q1 は LM2904-Q1 の次世代バージョンで、高電圧 (36V) オペアンプを 2 個内蔵しています。LM2904B-Q1 は、小さいオフセット (標準値 1mV)、グランドまでの同相入力範囲、大きい差動入力電圧耐量などの特長を備えており、コストの制約が厳しい用途で大きな価値を提供します。

LM2904B-Q1 は、ユニティゲイン安定、1mV の低いオフセット電圧 (標準値)、300 $\mu$ A の低い静止電流 (標準値) などの機能が強化されており、回路設計を簡素化できます。高い ESD 耐性 (2kV、HBM) と、EMI および RF フィルタの内蔵により、LM2904B-Q1 は車載市場における最も過酷で厳しい環境の用途にも使用可能です。

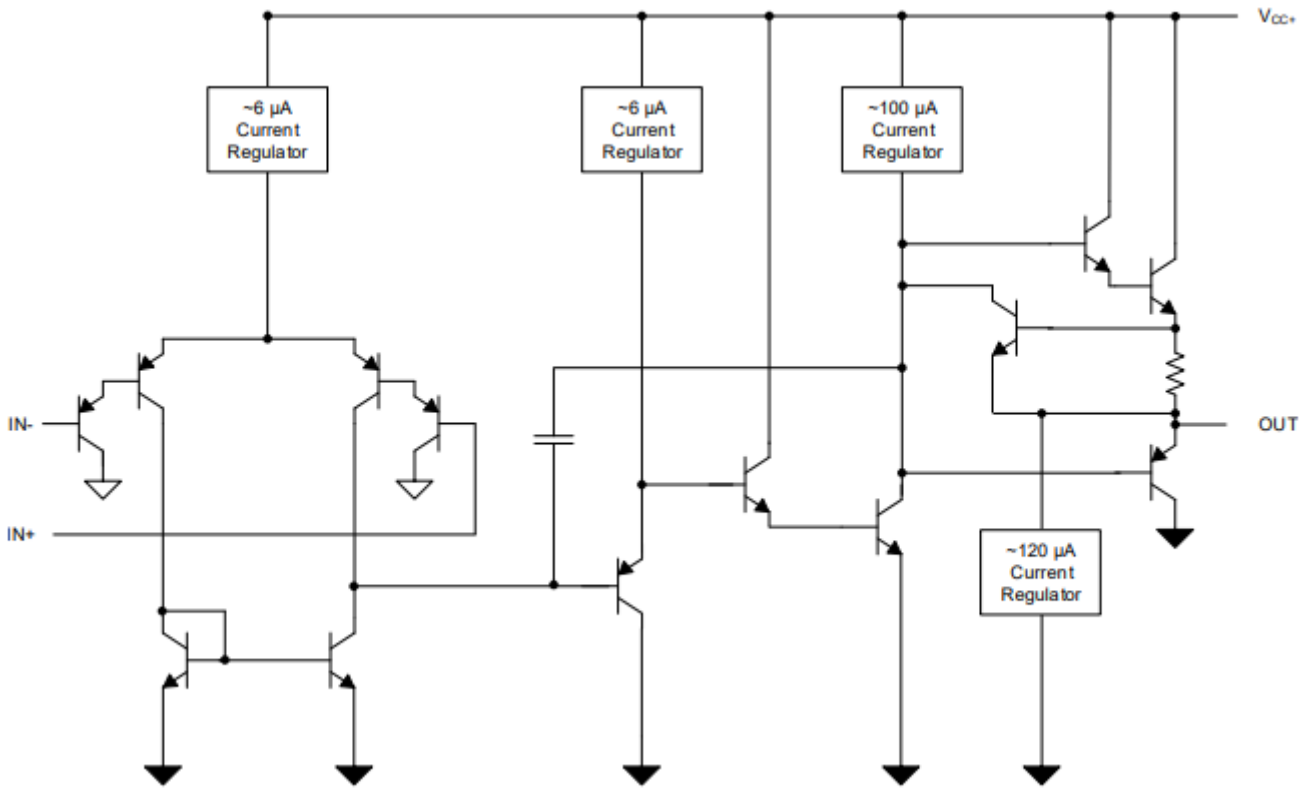


図 2-5. LM2904B-Q1 のブロック図

### 2.3.5 TLIN1028-Q1

TLIN1028-Q1 は、LIN 2.2A および ISO/DIS 17987-4.2 規格に準拠し、低ドロップアウト (LDO) 電圧レギュレータを内蔵した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あり、データレートが最大 20kbps の低速車載ネットワークで一般に使用されています。本 LIN レシーバは、エンドオブライン 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。TLIN1028-Q1 は、TXD 入力の LIN プロトコルのデータストリームを、LIN バス信号に変換します。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。TLIN1028-Q1 は、マイクロプロセッサ、センサ、その他のデバイスに最大 70mA (D) および 100mA (DRB) の電流供給能力を備えた 3.3V または 5V レールを提供することで、システムの複雑さを軽減します。TLIN1028-Q1 は最適化された電流制限付き波形整形ドライバを備え、電磁放射 (EME) の低減に寄与します。

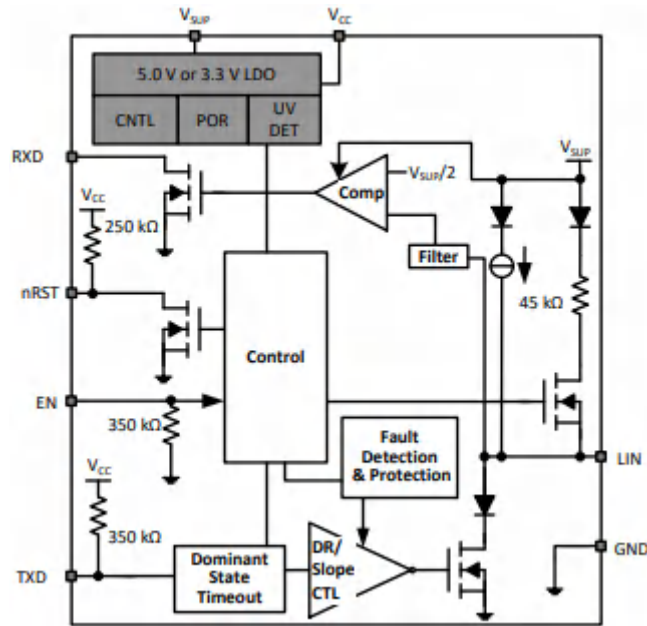


図 2-6. TLIN10283-Q1 のブロック図

## 2.4 システム設計理論

### 2.4.1 ミラー XY および LED ドライバ

ミラーの X&Y 角度調整モーターと LED は、DRV8906-Q1 で駆動します。DRV8906-Q1 には合計 6 個のハーフブリッジがあります。6 個のハーフブリッジのうち 3 個が 3 個の LED を駆動し、残りのハーフブリッジは X&Y 角度調整に使用する 2 個のブラシ付き DC モーターを駆動します。

図 2-7 に、TI DRV8906-Q1 の構成回路図を示します。1 つのハーフブリッジを節約するために、2 つのブラシ付き DC モーターを逐次構成で接続します。この構成では、2 台のモーターが同時に駆動されることはないため、1 個のハーフブリッジを共有できます。

デカップリング コンデンサ (C1、C2、C3、C4) の値は、データシートの推奨値に基づいて選択されています。nFAULT ピンはオープンドレインであるため、10kΩ プルアップ抵抗により nFAULT が VDD にプルされます。電流を制限するために、3 個の LED にはそれぞれ 200Ω の抵抗が直列に接続されています。



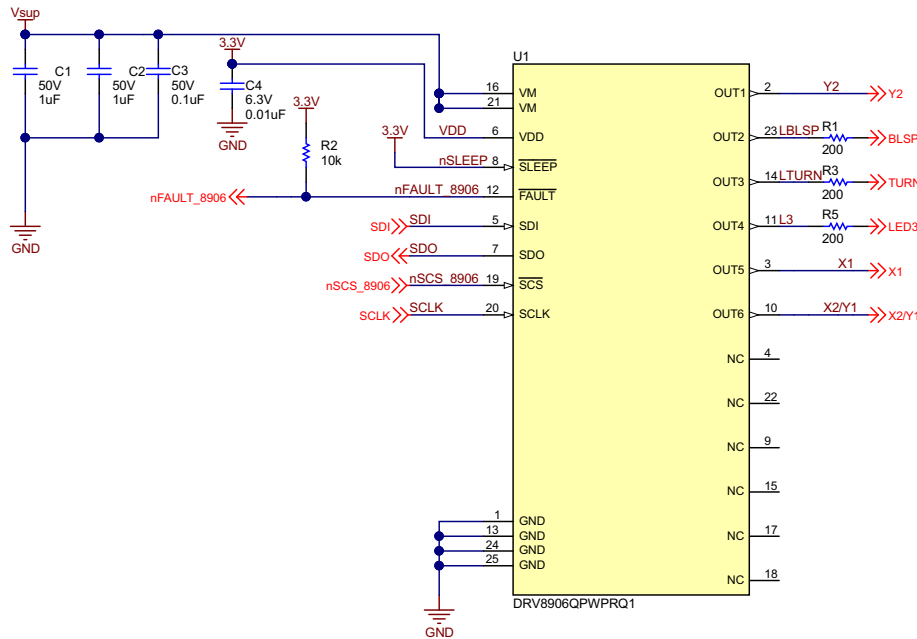


図 2-7. DRV8906-Q1 の構成回路図

### 2.4.2 ミラー格納ドライバ

ミラー格納ドライバは、10A 統合型モータードライバである DRV8873-Q1 によって処理されます。このドライバは、ミラー格納モーターの駆動に必要な最大 8A のピーク電流を供給できます。

図 2-8 に構成回路図を示します。コンデンサ (C6、C7、C8、C9) は、DRV8873-Q1 データシートに記載された推奨事項に基づいて選択します。同様に、データシートでは、nFAULT ピンに 10kΩ よりも高いプルアップ抵抗を推奨しています。最大駆動電流がモーターの最大電流定格である 8A に設定されるように、2 つの IPROPI 抵抗を選択します。SRC ピンは GND に短絡されているため、パワー FET のソースと GND の間に低インピーダンスのパスを作成します。

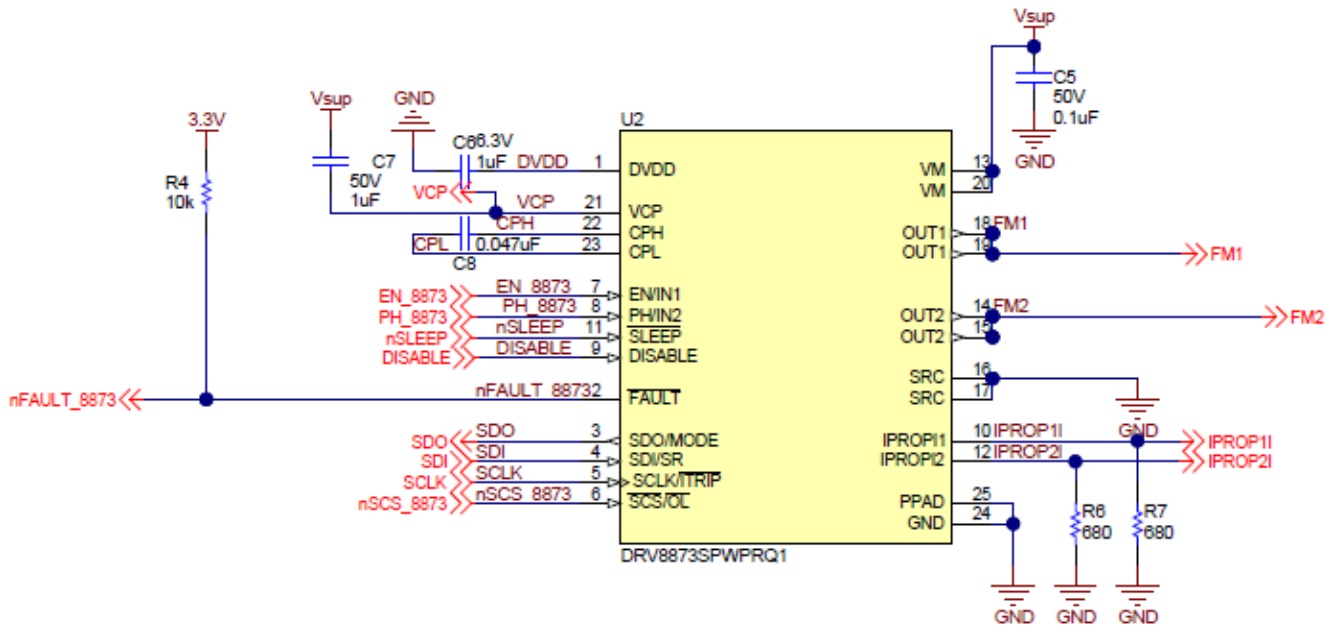


図 2-8. DRV8873-Q1 の構成回路図

### 2.4.3 曇り防止 / 霜取り用ミラーヒータードライバ

ミラーヒーターの負荷は、スマートハイサイドパワースイッチである TPS1HB16-Q1 で駆動します。ハイサイドスイッチには 2 つのバリエーションがあります。この設計にはバリエーション B が使用されており、電流制限範囲は 9.8A ~ 49A です。

図 2-9 に、ミラーヒータードライバの構成回路図を示します。抵抗 (R10 ~ R13, R15, R23) とコンデンサ (C14, C15, C21) の値は、データシートの推奨事項に基づいて選択されています。出力での電圧過渡のフィルタ処理に、コンデンサ C16 が使用されています。出力電流制限を 12.3A に設定するために、抵抗 R14 が選択されています。

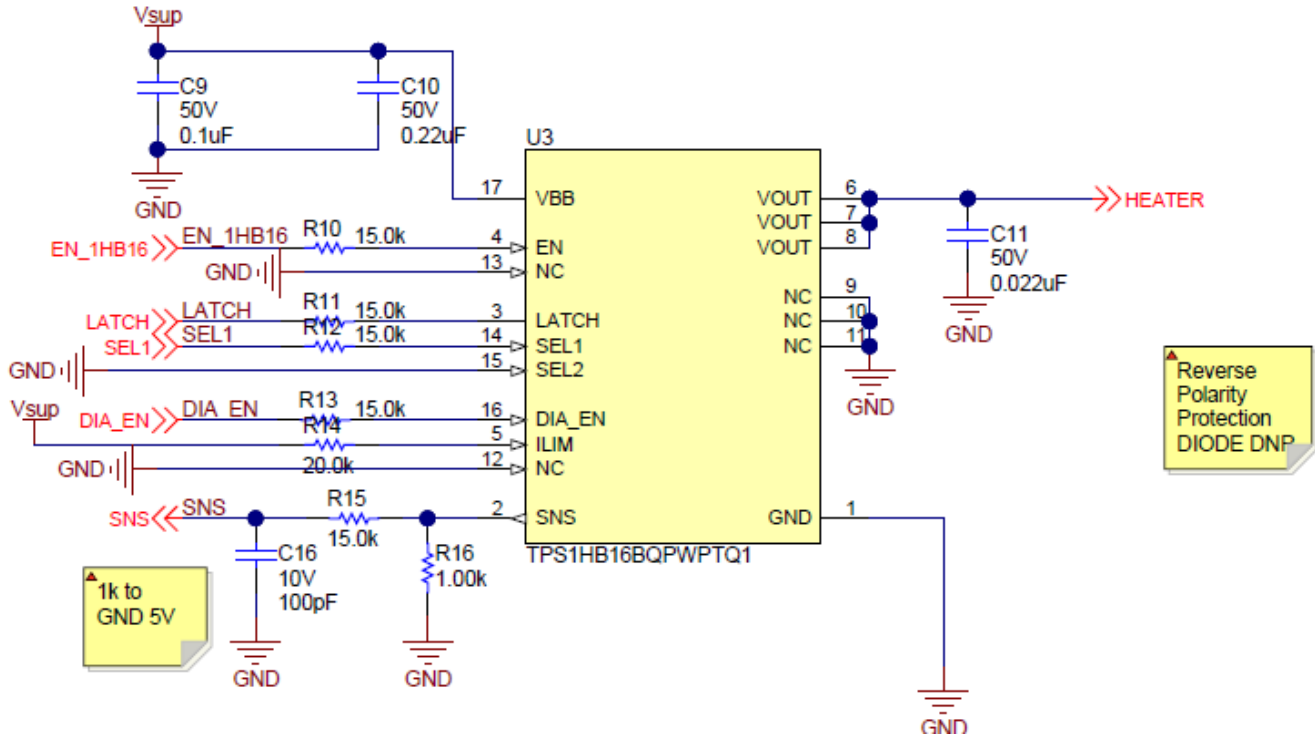


図 2-9. TPS1HB16-Q1 の構成回路図

### 2.4.4 エレクトロクロミックミラードライバ

エレクトロクロミック (EC) ミラーは、2 つの導電層とガラスパネルの間に配置された独自のエレクトロクロミック化合物を利用しています。これらの導電性要素に電圧を印加すると、化学物質を流れる電流によって色が変化し、暗くなります。電気的には、エレクトロクロミックミラーは通常 1F を超える非常に大きなコンデンサのように、また小さなシャント抵抗のようにも動作します。測定される合計容量は、ミラーの合計面積に大きく依存します。

図 2-10 に EC ミラードライバの回路図を示します。

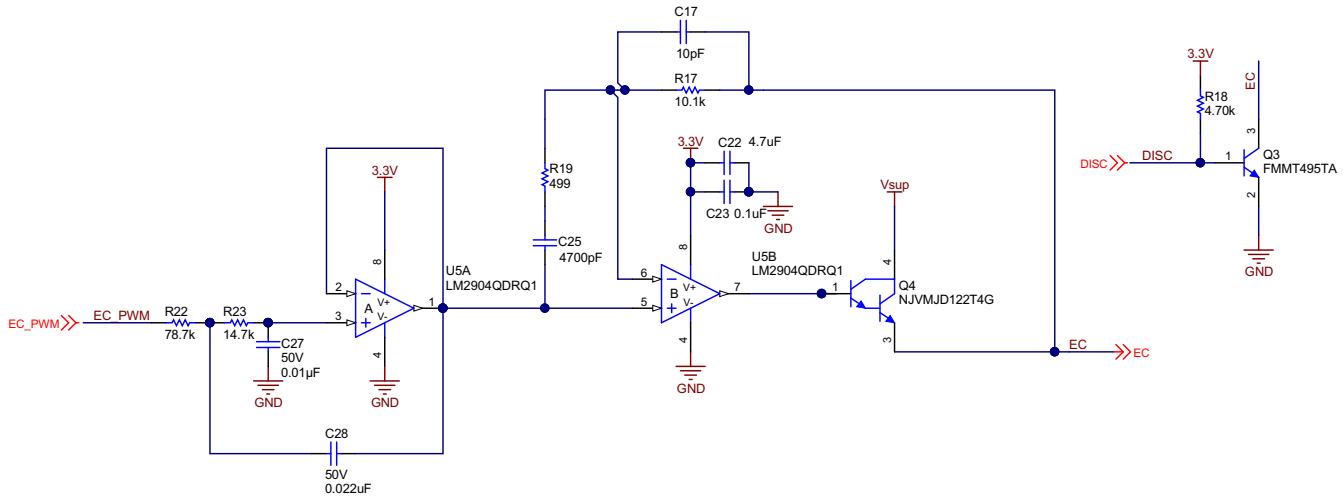


図 2-10. エレクトロクロミック ミラー ドライバ回路

#### 2.4.4.1 サレンキー型ローパス フィルタ

ユニティゲインの2次サレンキー型ローパスフィルタを使用して、MSP430™ LaunchPad™ からの PWM 信号をフィルタリングし、安定的なアナログ電圧の値を得ることができます。電圧値は、PWM 信号のデューティサイクルに応じて、0V ~ 3.3V の範囲です。このローパスフィルタの出力電圧は大電流のバッファアンプ回路に送られ、エレクトロクロミックミラーを駆動します。

抵抗とコンデンサは、カットオフ周波数が約 315Hz、Q 値が約 1/2 に設定されるように選択されています。カットオフ周波数が低いため、PWM 信号の DC 成分のみがフィルタを通過できます。Q 値が 1/2 に近くなると、システムは臨界減衰状態に設定され、出力での発振が制限され、最小限のオーバーシュートでより高速な応答が得られます。

#### 2.4.4.2 大電流バッファアンプ

このミラーの駆動にあたって、最大減光時に必要な電圧出力は 2V 未満です。この容量性負荷のサイズに起因して、充電に必要な電流は最大 400mA に達する可能性があります。また、適切な調光を維持するには、約 150mA の定常状態も必要です。これらの仕様を満たすために、オペアンプとダーリントン接続のバイポーラ接合トランジスタ (BJT) を使用してサレンキーフィルタの出力をバッファし、エレクトロクロミック負荷を駆動します。BJT が負荷に対して電流をソースし、さらにオペアンプ帰還を用いることで、BJT の温度やプロセスのバラツキに関係なく、安定性と直線性を実現できます。

MJD122 ダーリントンペア BJT が選ばれる理由は、100V の大きなコレクタエミッタ電圧により、一般のおよび非一般的な車載用バッテリーの動作電圧範囲の両方に対応でき、また非常に大きな 8A 連続電流で動作可能であることです。DPAK パッケージは、デバイスを流れる標準 2W の電力によって発生する熱を効率的に放散します。

#### 2.4.4.3 非常に大きな容量性負荷でのバッファアンプの安定性

容量性負荷が大きいため、バッファアンプの安定性が問題になります。設計者は、ノイズゲインと容量性帰還補償の両方を使用して、容量性負荷の安定性を向上できます。ROC (Rate Of Closure) 分析を使用すると、修正した開ループゲインと  $1/\beta$  ボード線図との間の勾配の角度に基づいた、アンプの予想される位相マージンに関する指針が示されます。重要なルールは、閉鎖速度が 20dB/decade を超えないにすることです。これにより、設計の位相マージンが 45° を超えていることが保証されます。オペアンプと安定性の詳細については、トレーニングリソース『TI Precision Labs - オペアンプ:安定性 2』を参照してください。

ノイズゲイン補償は、容量性負荷によって生じる極でアンプの  $1/\beta$  を変更された開ループゲインよりも大きくできるように高周波数ゲインを実装したものです。これにより、閉ループの速度は 40dB/decade ではなく 20dB/decade になります。この方法により、DC で望ましい 0dB のゲインが保持され、アンプがバッファとして動作し続けることができます。ノイズゲインは、アンプの帯域幅全体で安定性を維持し、リングングを防止するために、位相マージンに必要なバンプを提供します。

この高周波ゲインは R1、R3、C6 を使用して実装されており、ゼロを生成し、約 1kHz を超える  $1/\beta$  プロットで 20dB/decade の勾配を確保します。交点での閉鎖速度は、 $|-40\text{dB/decade} + 20\text{dB/decade}| = 20\text{dB/decade}$  となります。

ノイズ ゲインによる安定性の向上に加えて、追加のコンデンサ **C1** を使用して、容量性帰還 (Cf、補償) を実装します。この追加の高周波極により、懸念される領域で位相がさらに増加します。

ノイズ ゲインを実装していないボード線図の TINA シミュレーションを **図 2-11** に、ノイズ ゲインの結果を **図 2-12** に示します。

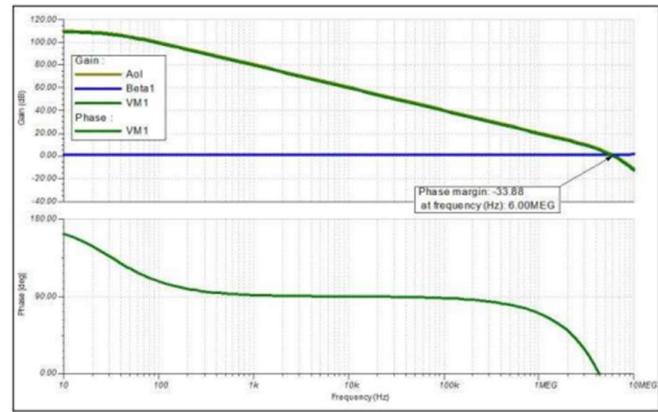
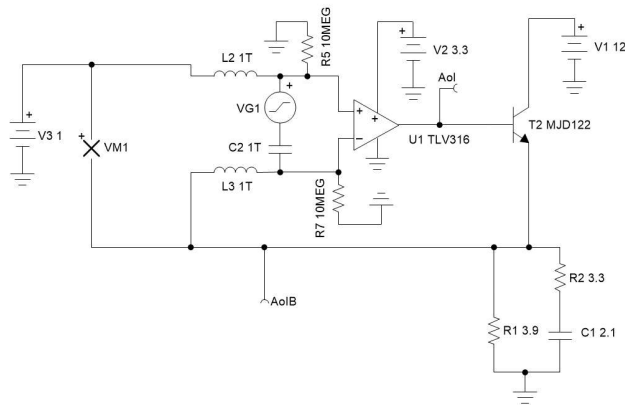


図 2-11. 補償なしの EC ミラードライバの TINA-TI™ 安定性解析

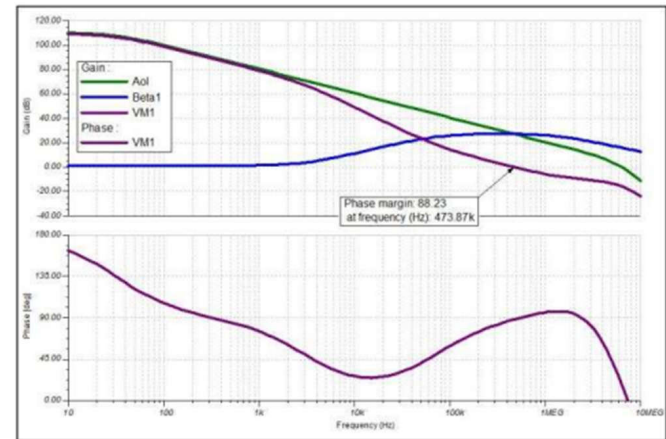
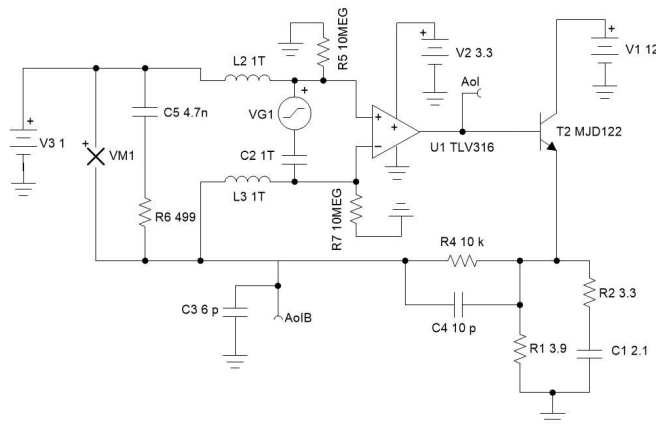


図 2-12. 補償ありの EC ミラードライバの TINA-TI™ 安定性解析

#### 2.4.4.4 大きな容量性負荷の高速放電

ミラーに印加される電圧を **0V** に設定すると、ミラーの容量がゆっくり放電され、エレクトロクロミック素子は透明な色のない状態に戻ります。容量性負荷の放電を加速させ、透過状態に達するまでの時間を短くするには、ローサイドトランジスタを使用します。

このシンプルなオープンドレイントランジスタは、ベースを **High** にすることでオンにでき、ミラーの容量に対してグラウンドへの直接パスを提供します。電圧バッファ出力とこのトランジスタに不要な電流が流れないようにするため、DAC の出力がすでに **0V** に設定されている場合のみ、このトランジスタを有効にするようにしてください。

このトランジスタのベースは、この設計を制御する MCU 上の GPIO に接続されます。**4.7kΩ** のローカルプルアップ抵抗を、MCU GPIO のオープンドレイン出力と組み合わせて使用します。

#### 2.4.5 SBC-LIN 通信インターフェイスおよびシステム電源

TLIN1028-Q1 は、広い動作範囲、ESD 保護、低電圧保護、DTO 保護、熱保護などの保護機能を備えているため、LIN 通信インターフェイスに使用されます。これらすべての保護機能により、LIN トランシーバは自身や他の部品に損傷を与えることなく、通常の動作を保証できます。

ローカル デカップリング コンデンサ (C20 および C21) および LDO 出力コンデンサ (C18 および C19) は、データシートに記載された推奨事項に基づいて選択します。データシートでは、スレーブ アプリケーション用に、LIN ピンとグラウンドの間に 200pF のコンデンサを接続することを推奨しています。LIN 信号からのノイズをフィルタリングするため、C4 には 220pF を選択します。10kΩ 抵抗 (R20) は、RXD ピンから 3.3V へのプルアップ抵抗として使用されます。R21 は、デバイスへの入力電流を制限するために使用され、C26 を使用してノイズをフィルタリングします。

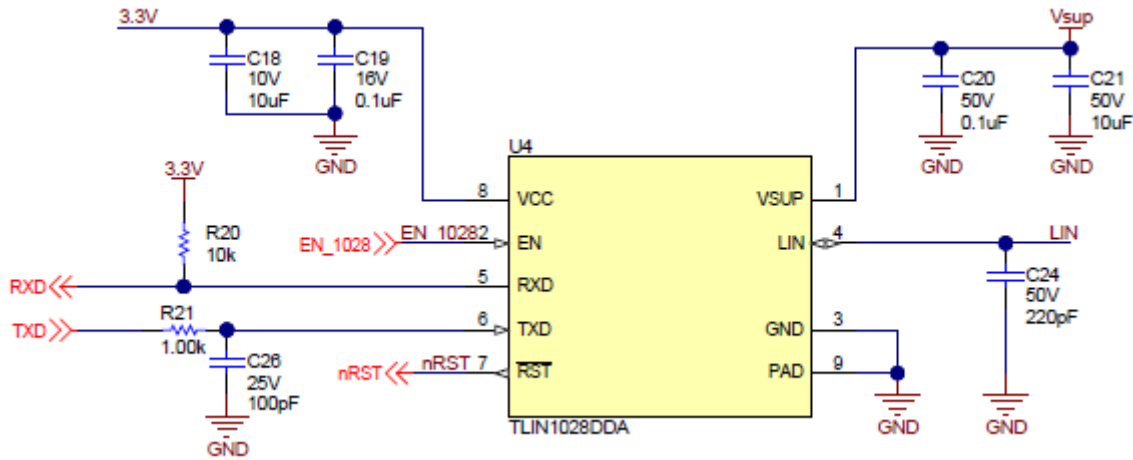


図 2-13. TLIN1028-Q1

### 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 必要なハードウェアとソフトウェア

##### 3.1.1 ハードウェア

TIDA-020027 リファレンス デザインには、全機能を実現するために EXP-MSP430F5529LP LaunchPad の使用が必須です。このデザインには、LaunchPad に接続するための 2 個の 10×2 コネクタが搭載されています。

標準的な車載バッテリー電圧 12V および LIN バス用の入力コネクタは、ジャンパ J4 により提供されます。

リファレンス デザイン ボードは、モーター、LED、ヒーター、自動調光制御信号用のジャンパ J2 を提供します。ピン 1 は TLIN1028-Q1 の内部 LDO 出力の 3.3V 出力で、MSP430 LaunchPad に電力を供給します。ピン 15 および 16 は、サイドミラー ユニットからのホール センサ出力用です。これらのホール センサ出力を使用して、高精度なモーターの位置決定およびストール検出用アルゴリズムを実装できます。

ジャンパ J3 には、追加の制御信号と SPI 通信が含まれています。ジャンパ J1 は、サイドミラー ユニットが接続されている出力コネクタです。

MSP430 マイコン用に開発されたシンプルなソフトウェアにより、基板のテストと検証が可能になりました。ファームウェアは、基板のさまざまなコンポーネントを制御する GPIO を監視、制御します。またこのファームウェアは、SPI を介して DRV8873-Q1 および DRV8906-Q1 モータードライバを構成し、電流センスと診断エラーを監視します。

図 3-1、図 3-2 および 図 3-3 に基板上のジャンパ コネクタの回路図を示し、図 3-4 に MSP430 LaunchPad に接続されたリファレンス デザインの画像を示します。

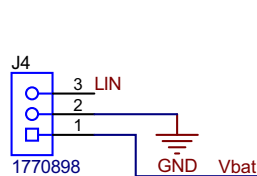


図 3-1. J4 コネクタ

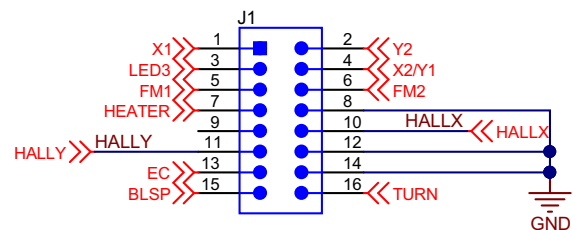


図 3-2. J1 コネクタ



図 3-3. J2 および J3 コネクタ

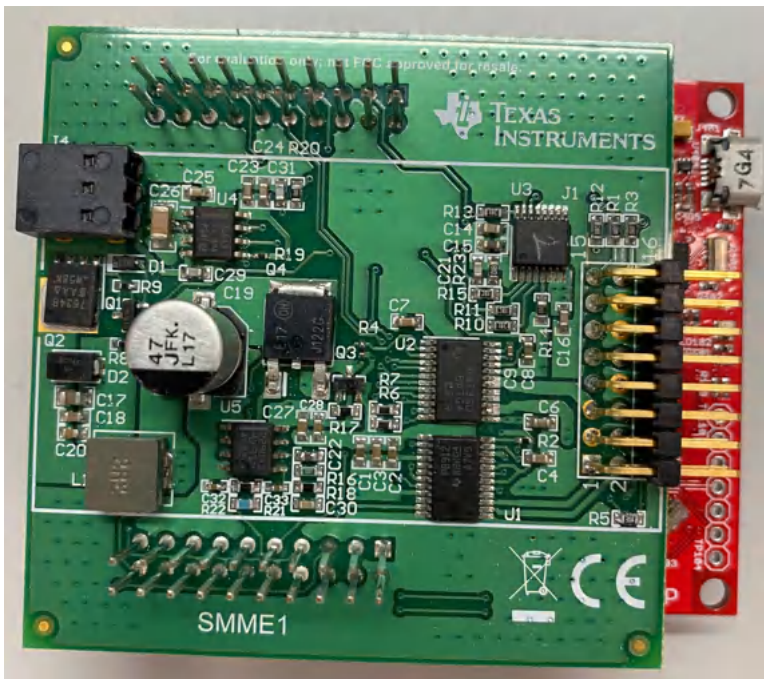


図 3-4. MSP-EXP430F5529LP LaunchPad™ に接続された TIDA-020027 の画像

## 3.2 テストと結果

### 3.2.1 テスト設定

このテストは、TIDA-020027 PCB と EXP-MSP430F5529 LaunchPad を使用して行いました。12V 電源は、コネクタ J4 のピン 1 とピン 2 に接続しました。X&Y 方向モーター、格納モーター、エレクトロクロミック ミラー、曇り防止を搭載したサイドミラー アセンブリが、コネクタ J1 を介して TIDA ボードに接続されています。図 3-5 にテスト設定を示します。



図 3-5. TIDA-020027 テスト設定



### 3.2.2 テスト結果

#### 3.2.2.1 バッテリ逆極性保護

この基板はバッテリ逆極性保護機能を搭載しています。電源が適切に接続されると、電流はバッテリ逆極性保護 FET (Q2) を経由して、基板の他の部分に流れます。DRV8873-Q1 (VCP) のチャージポンプ電圧ピンは、電源が適切に接続されている間に FET に電流を流すために必要な高電圧を供給します。逆に、電源が逆方向に接続されている場合、FET はオフになり、基板に電流は流れません。バッテリ逆極性保護回路を [図 3-6](#) に示します。

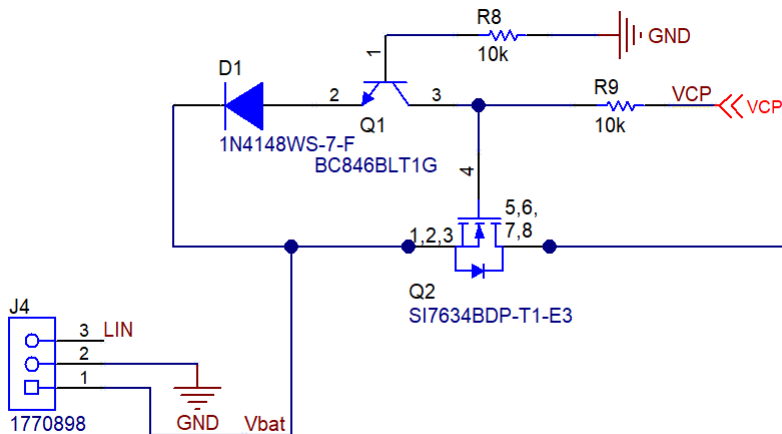


図 3-6. バッテリ逆極性保護回路

バッテリ逆極性保護回路の性能をテストするため、入力電圧を  $-20\text{V}$  から  $40\text{V}$  に変化させ、負荷が駆動されていない間に電流メーターで入力電流を測定しました。[図 3-7](#) に、入力電流を入力電圧の関数として示します。 $-20\text{V}$  では、リーク電流は  $5\text{mA}$  に近く、 $40\text{V}$  では入力電流は約  $11\text{mA}$  です。

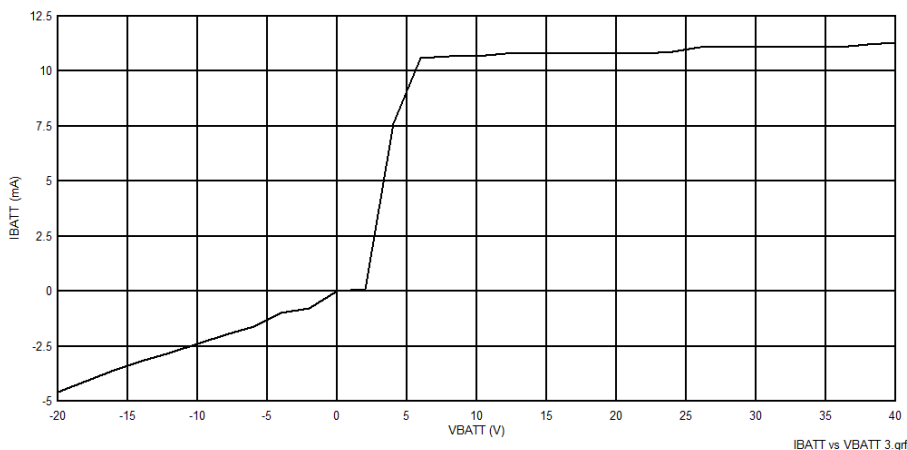


図 3-7. 入力電圧と入力電流との関係のグラフ

### 3.2.2.2 X&Y モーターと LED ドライバ

2 つの X&Y モーターと LED を駆動する DRV8906-Q1 は、入力電圧を 6V から 18V まで変化させながら、各負荷の動作電流を測定することによってテストされています。さらに、X&Y モーターのストール電流と、モーターがミラーを一方の端から別の端へ移動するまでに要する時間の長さを測定します。

表 3-1 に、6V、12V、18V の入力電圧に対するウィンカー LED を流れる電流を示します。6V のとき LED に流れる電流は、想定どおりはるかに小さくなります。小さな電流でも、LED は点灯します。

**表 3-1. ウィンカー LED を流れる電流**

入力電圧 (V)	電流 (mA)
6	1.30
12	17.0
18	33.3

表 3-2 と表 3-3 に、6V、12V、18V それぞれ入力電圧の Y 方向および X 方向のモーターの、動作電流とストール電流を示します。表には、ミラーが一方の端から別の端まで移動するのにかかる時間も表示されます。どちらのモーターでも、電源電圧が上昇するにつれて、動作電流とストール電流は増加します。

**表 3-2. Y 方向モーターの結果**

入力電圧 (V)	動作電流 (mA)	ストール電流 (mA)	終了までの時間 (秒)
6	28.5	37.7	15.8
12	33.7	44.5	6.45
18	37.6	47.0	4.10

**表 3-3. X 方向モーターの結果**

入力電圧 (V)	動作電流 (mA)	ストール電流 (mA)	終了までの時間 (秒)
6	10.5	10.6	12.64
12	27.5	37.5	5.60
18	33.2	44.0	4.01

### 3.2.2.3 熱性能

TIDA-020027 基板の熱画像は、基板の放熱性能をテストするため、さまざまな動作で撮影しました。テストした動作には、ミラー格納モーター、ミラーヒーター、エレクトロクロミックミラーの動作が含まれます。熱画像には、基板の平均温度と最高温度が表示されます。

図 3-8 に、12.5V の電源に接続された、負荷が駆動されていない基板のリファレンス熱画像を示します。PCB の平均温度は 25.5°C、最高温度は 31.2°C です。

図 3-9 に、ミラーヒーターを駆動しているときの熱画像を示します。ヒーターは熱画像を撮影する前に約 1 分駆動し、ヒーターがピーク温度に達するようにしました。PCB の平均温度は 26.8°C で、最高温度は 32.2°C です。

図 3-10 に、格納モーターの駆動中の熱画像を示します。この熱画像は、格納モーターを一方の端からもう一方の端まで連続的に駆動している間に撮影されました。基板の最高温度は 31.7°C で、平均温度は 26.1°C です。

図 3-11 に、EC 駆動時の PCB の熱画像を示します。この熱画像は、ミラーがプログラムされた調光レベルに達したときに撮影されました。PCB の最高温度は 41.7°C で、熱はダーリントン BJT 付近に集中していました。基板の全体的な平均温度は 28.4°C です。

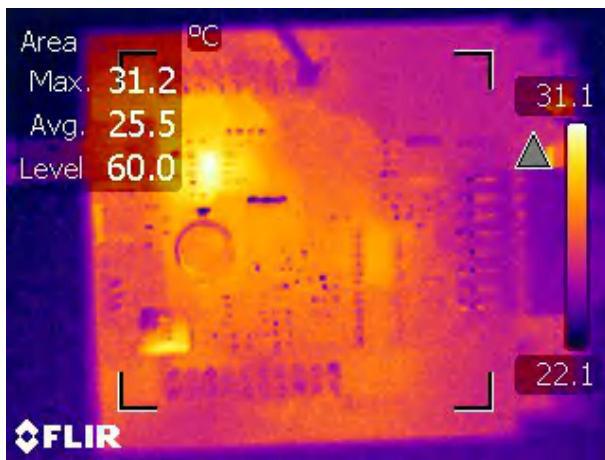


図 3-8. PCB のリファレンス熱画像

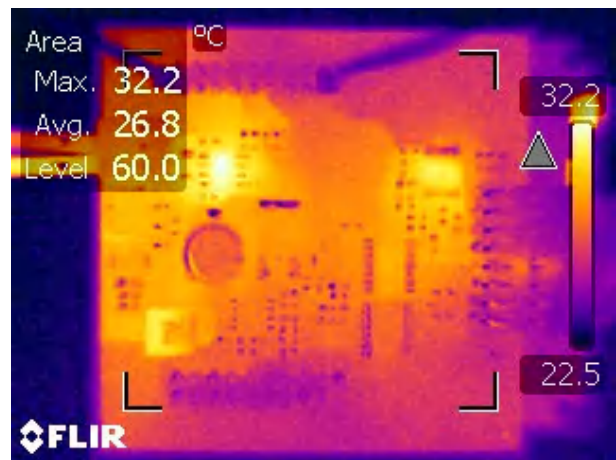


図 3-9. ミラーヒーター駆動時の PCB の熱画像

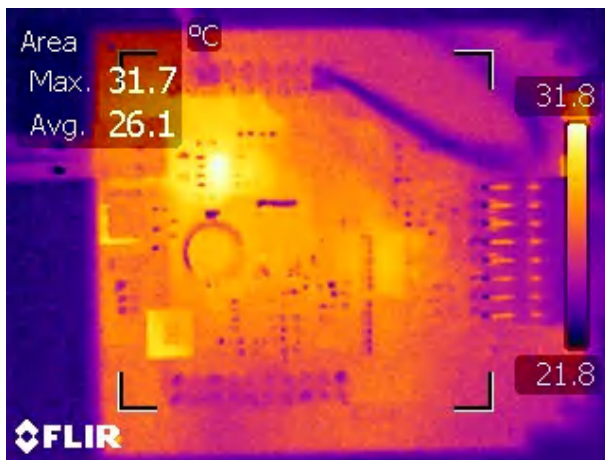


図 3-10. 格納モーター駆動時の PCB の熱画像

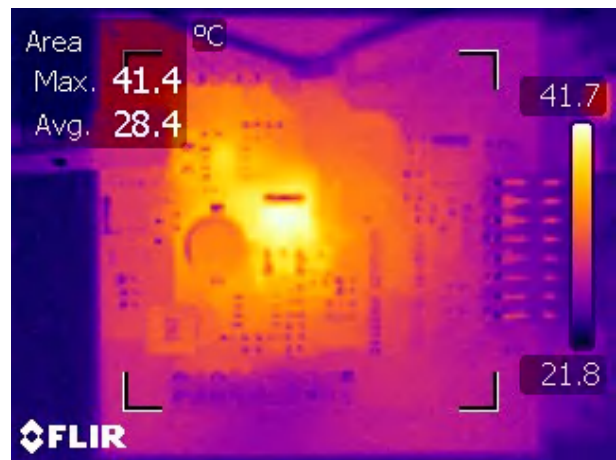


図 3-11. エレクトロクロミックミラー駆動時の PCB の熱画像

## 4 デザイン ファイル

### 4.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照してください。

### 4.2 部品表

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照してください。

### 4.3 Altium プロジェクト

Altium Designer® のプロジェクト ファイルをダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照

### 4.4 ガーバー ファイル

ガーバー ファイルをダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照してください。

### 4.5 アセンブリの図面

アセンブリの図面をダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照してください。

## 5 ソフトウェア ファイル

ソフトウェア ファイルをダウンロードするには、[TIDA-020027](#) のデザイン ファイルを参照してください。

## 6 関連資料

1. テキサス インストルメンツ、[車載エレクトロクロミック ミラー用の自動調光ミラーのリファレンス デザイン](#)

### 6.1 商標

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC or its affiliated companies.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

### 6.2 サード・パーティ製品に関する免責事項

サード・パーティ製品またはサービスに関するテキサス・インストルメンツの出版物は、単独またはテキサス・インストルメンツの製品、サービスと一緒に提供される場合に関係なく、サード・パーティ製品またはサービスの適合性に関する是認、サード・パーティ製品またはサービスの是認の表明を意味するものではありません。

## 7 用語

**BJT-** バイポーラ接合トランジスタ

**EC-** エレクトロクロミック ミラー

**FET-** 電界効果トランジスタ

**GPIO-** 汎用入出力

**LDO-** 低ドロップアウトリニア電圧レギュレータ

**LIN-** ローカル相互接続ネットワーク

**MCU-** マイコン

**SBC-** システム ベーシス チップ

## 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](#)、[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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月