

Application Note

プリブーストの使用による、グローバル調光 LED ドライバを搭載した車載用ディスプレイモジュールのより信頼性の高い設計



Justin Kim

概要

このアプリケーションノートでは、システムの堅牢性を高めることができる、車載ディスプレイアプリケーション向けの事前昇圧設計を紹介します。車両の OEM (Original Equipment Manufacturer) の要件に応じて、一般的な 12V カーバッテリを使用してクランキングおよびオートスタート条件により、6V などの低バッテリ電圧状態で通常動作を確認する必要があります。システムレベルの課題を考慮しながら、実際の設計で低電圧条件の下で通常動作を実現できるように注意してください。設計者は事前昇圧を使用すると、システムの堅牢性をいつそう高めることができます。LM5152-Q1 は同期整流昇圧コントローラで、バッテリ電圧が低い場合に事前昇圧コントローラとして機能できます。このアプリケーションノートでは、ディスプレイ市場のトレンドに応じて TI の車載グローバル調光 LED ドライバである LP8866(S)-Q1 を使用した設計例を使用しています。

目次

1はじめに	2
2事前昇圧を使用せずに想定されるシステムの課題	4
2.1ハイサイドスイッチの低電圧保護.....	4
2.2システムバイアス電源の切断.....	4
2.3LED ドライバで予期しない低い入力電圧.....	5
2.4システムで予期しない大きな入力電流状態が発生します.....	5
3事前昇圧を使用してシステムの課題を解決するための設計の推奨事項	6
3.1ブロック図とテスト結果.....	6
3.2主な設計上の検討事項.....	8
4まとめ	10
5参考資料	10

図の一覧

図 1-1. GM 30 インチ オートモーティブ ディスプレイ.....	2
図 1-2. ディスプレイモジュールの従来のブロック図.....	2
図 2-1. VIN 過渡 (12V ~ 6V への変換) 時の LED_VIN、LED_VDD、および I_L	4
図 2-2. VIN 過渡時の 12V ~ 6V (拡大図) の LED_VIN および LED_VDD および I_L	4
図 3-1. 事前昇圧を使用したディスプレイモジュールの推奨ブロック図.....	6
図 3-2. 車載用事前昇圧アプリケーションでの LM5152-Q1.....	6
図 3-3. 事前昇圧ありの VIN 過渡時の LM5152-Q1 の VBAT と VOUT、およびシステム入力電流 (12V ~ 6V).....	7
図 3-4. 事前昇圧を実行した状態での VIN 過渡 (12V ~ 6V) 時の LED_VIN、LED_VDD、 I_L の波形.....	7
図 3-5. LM5152-Q1EVM の回路図.....	8
図 3-6. クロック ディザリングとバイパス動作の両方を有効化します.....	9

表の一覧

表 1-1. 各 LED ドライバの LED 仕様.....	3
表 3-1. LM5152-Q1EVM の特性.....	8

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

市場では、大型の車載ディスプレイがますます普及しています。図 1-1 に、統合クラスタと CID を備えた GM の 30 インチ ディスプレイを例として示します。一部の OEM は、車両のダッシュボードの幅全体に広がる超ワイドな自動車用ディスプレイであるピラーツーピラー ディスプレイを使用しています。車載パネルのサイズが大型化するにつれて、バックライトでより多くの LED を使用します。つまり、電力要件が増加し、必要な LED ドライバ数が増加します。PCB サイズが大きくなるため、長い PCB パターンでの損失が増加します。



図 1-1. GM 30 インチ オートモーティブ ディスプレイ

この傾向により、ティア 1 およびパネル メーカーは、バッテリー プロファイルに応じてバッテリー残量が少ない状況に対処する必要に迫られる可能性があります。OEM の要件に応じて、LED ドライバは 6V 未満でも通常どおりに点灯する必要があります。ディスプレイ モジュールの従来のブロック図を、ペリフェラルを除く LED ドライバの電源設計に注目した例として図 1-2 に示します。表 1-1 に、LED 仕様を考慮した LED ドライバの 1 つの設計要件を示します。

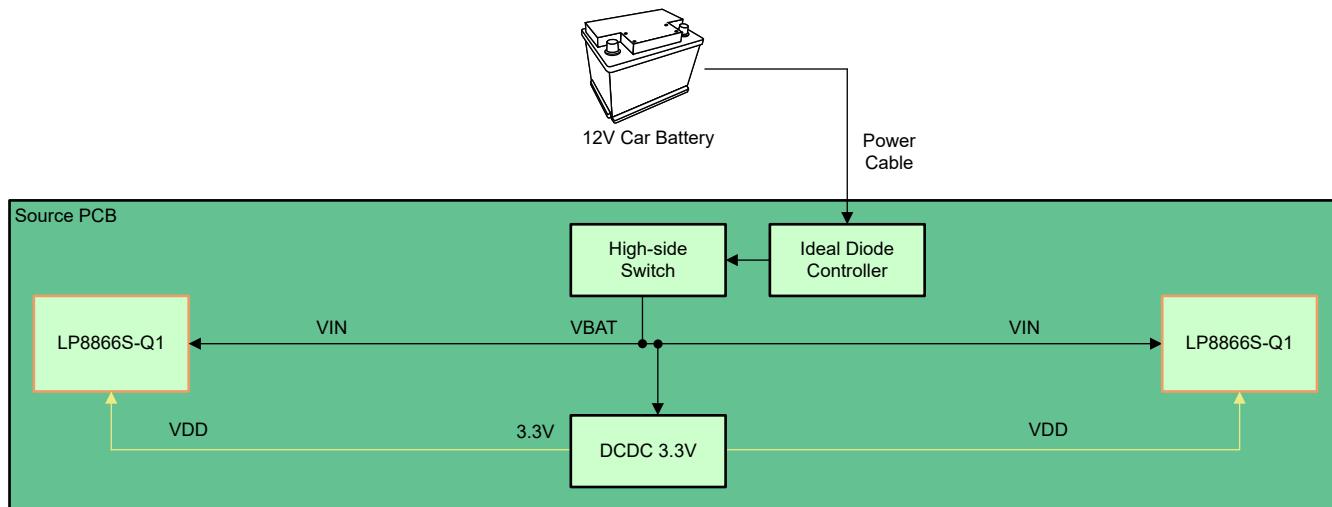


図 1-2. ディスプレイ モジュールの従来のブロック図

表 1-1. 各 LED ドライバの LED 仕様

パラメータ	値	単位	注
$V_{IN(MIN)}$	6	V	
$V_{IN(MAX)}$	26.5	V	
最大順方向電圧、 $V_F(MAX)$	3.6	V	LED の特性
1 つの LED ストリング グループの順方向電流、 $I_F(MAX)$	80	mA	
1 つのストリング内の LED 数	10	S	
使用されている LED シンク チャネルの合計数	6	Ch	
必要な最大 V_{OUT} 、 $V_{OUT(MAX)}$	37	V	ヘッドルーム電圧による 1V マージンを考慮する
最大出力電力、 P_{OUT_MAX}	17.76	W	
最大入力電流、 I_{IN_MAX}	3.48	A	
最大入力電力、 P_{IN_Max}	20.9	W	システムで最大の効率を考慮する必要があります
システムの最大効率	85	%	

このシステム例では、LED ドライバが昇圧コンバータとして動作するため、低電圧条件下で入力電流が大幅に増加します。入力電流が大きいため、損失に起因して、電源ケーブル、ハイサイドスイッチ、理想ダイオードの両端で大きな電圧降下が発生します。最終的に、PCB の入力電圧が小さくなるため、さらに多くの電流が必要になります。この有害なサイクルにより、LED ドライバが低入力電圧状態にも対応できても、UVLO などの予期しない保護機能へシステムが脆弱になる可能性があります。設計者がシステムレベルでこの課題に対処するのに、事前昇圧を活用することができます。

2 事前昇圧を使用せずに想定されるシステムの課題

2.1 ハイサイドスイッチの低電圧保護

図 1-2 に示すように、LED ドライバを含むシステム電源に電力を供給するハイサイドスイッチがあります。大半のハイサイドスイッチ IC は、UVLO 保護機能を搭載しています。これは通常、6V または 4.5V などのクランキング電圧を考慮して電圧範囲に対応します。ただし、PCB パターンが長い、電源ケーブル、理想ダイオードなどが原因で電圧降下が発生するため、ハイサイドスイッチの実際の電圧レベルは許容される電圧レベルよりも低い可能性があります。

LED ドライバは昇圧コンバータとして動作するため、入力電圧が低いほど入力電流は大きくなります。このシステム例では、セクション 1 で説明したように、ドライバが消費する電流がはるかに大きなものになるため、これはさらに悪化してしまいます。このような場合、ハイサイドスイッチは通常保護状態でシャットダウンするので、予期しない UVLO 保護をトリガすることがあり、電源に問題が発生する可能性があります。図 2-1 と図 2-2 に、クランキングイベントを考慮した 12V から 6V への VIN 過渡条件における波形を示します。プロットでは、LED ドライバの VIN は赤いライン、インダクタ電流はピンク色、LED ドライバの VDD は緑色のラインです。VIN が 6V に低下すると、IL が大幅に増加し、LED ドライバの VIN (入力電圧) が 6V を大幅に下回るようになります。

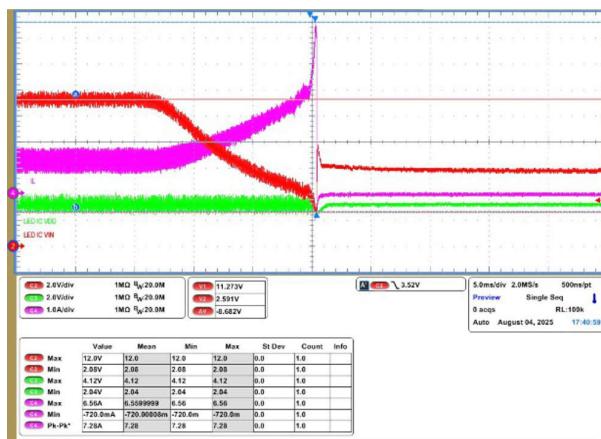


図 2-1. VIN 過渡 (12V ~ 6V への変換) 時の LED_VIN、LED_VDD、および IL

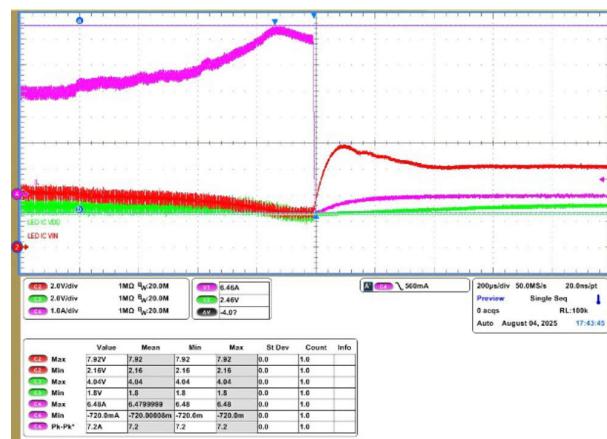


図 2-2. VIN 過渡時の 12V ~ 6V (拡大図) の LED_VIN および LED_VDD および IL

予想どおり、ハイサイドスイッチの電圧は損失が原因で、すでに 6V よりもはるかに低くなっています。ハイサイドスイッチにより UVLO がトリガされ、シャットダウンが発生します。このため、図 2-2 に示すように LED ドライバが入力電圧が低くても、インダクタ電流は減少します。実際のシステムでこの問題が発生した場合、ユーザーはクランキング状態の間にディスプレイのシャットダウンが発生します。この予期しないリスクを回避するには、UVLO などの保護に対してはるかに大きなマージンを持つハイサイドスイッチを使用する必要があります。ただし、この場合はコストが増加し、高精度の保護を実現するのが困難になります。

2.2 システムバイアス電源の切断

ハイサイドスイッチが予期せずにシャットダウンされると、LED ドライバ、マイコン、FPD-Linkなどを供給するすべての DC/DC コンバータもシャットダウンします。これにより、LED ドライバが低電圧条件をサポートしていても、VDD に電力を供給する DC/DC がシャットダウンされるため、LED ドライバ IC LP8866(S)-Q1 の VDD 低電圧保護がトリガされます。デバイスの動作中に VDD が VDDUVLO 立ち下がりレベルを下回ると、IC はスイッチングを停止し、LED 出力はオフになり、デバイスはスタンバイモードに移行します。VDDUVLO_STATUS 故障ビットが SUPPLY_FAULT_STATUS レジスターに設定され、INT ピンがトリガされます。VDD が VDDUVLO 立ち上がりスレッショルドを上回ると、LP8866S-Q1 は自動的にアクティブモードに再起動します。

図 2-1 および図 2-2 では、VDD UVLO 障害が原因で LED ドライバがシャットダウンします。これにより、IC がリセットされて POR (パワー オン リセット) が発生します。したがって、VDD 電圧低下につながるクランキング状態でシステムが安定しない場合、LED ドライバは予想されるシナリオで点灯しません。システムに書き込まれない場合は、I2C コマンドを再度実行します。このリスクにより、ソフトウェア設計がより複雑になる可能性もあります。

2.3 LED ドライバで予期しない低い入力電圧

セクション 2 で説明しているように、長い PCB パターン、電源ケーブル、理想ダイオード、ハイサイド スイッチなどでの損失が原因で入力電圧が低下すると、LED ドライバの実際の入力電圧ははるかに小さくなります。このシステム例で 2 つの LED ドライバを使用する場合、この動作は悪化します。LED ドライバは最大 3V の入力電圧をサポートできますが、システムの課題が原因で LED ドライバが 3V を下回ることがあり、VIN UVLO 保護をトリガすることができます。

低電圧スレッショルドは、UVLO ピンの外付け分割抵抗によりプログラム可能です。LP8866(S)-Q1 デバイスの通常動作中に UVLO ピンの電圧が UVLO 立ち下がりレベル (標準値 0.787V) を下回ると、IC はスイッチングを停止し、LED 出力はオフになり、デバイスはスタンバイ モードに移行します。VINUVLO_STATUS ビットは SUPPLY_FAULT_STATUS レジスタにも設定され、INT ピンがトリガされます。UVLO 電圧が立ち上がりスレッショルド レベルを上回ると、LP8866(S)-Q1 はスタンバイを終了し、スタートアップ シーケンスを開始します。

したがって、VIN が 3V を下回るクランキング状態でもシステムが安定しない場合、LED ドライバは期待されるシナリオで点灯しません。UVLO 保護設定には、リスクを軽減するためにはるかに大きなマージンを設定する必要がありますが、UVLO 保護は効率的ではない正確な保護を実現できません。

2.4 システムで予期しない大きな入力電流状態が発生します

図 2-1 および 図 2-2 に示すように、入力電圧が低下すると、入力電流が大幅に増加します。その結果、予想される入力電圧よりもはるかに低い場合、引き込む入力電流ははるかに大きなものになります。これにより、LED ドライバが十分な OCP 制限スレッショルドを設定できても、LED ドライバの予期しない過電流保護がトリガされる可能性もあります。

VIN OCP 電流制限は、システムの重要な危険 (インダクタの短絡、スイッチング MOSFET の短絡など) からシステムを保護するためのものです。これにより、デバイスはすべての LED チャネルをシャットダウンし、フォルト回復状態に移行します。LP8866(S)-Q1 デバイスの通常動作中に RISENSE 抵抗の両端の電圧が 220mV を超えると、IC はスイッチングを停止し、LED 出力がオフになり、デバイスはフォルト回復モードに移行して、フォルトが発生した後で 100ms の再起動を試みます。VINOCP_STATUS 故障ビットが SUPPLY_FAULT_STATUS レジスタに設定され、INT ピンがトリガされます

したがって、システムが安定せず、実際の入力電圧がはるかに低い場合、設計者は予期しない過電流状態に対処する必要があります。これは、インダクタの飽和電流を大きくし、OCP トリガ ポイントを大きくする必要があることを意味します。これにより、システムの課題が発生して、保護機能の精度が低下することになります。

3 事前昇圧を使用してシステムの課題を解決するための設計の推奨事項

3.1 ブロック図とテスト結果

バッテリが低電圧状態でも、システムの実際の入力電圧が安定した状態に維持されている場合は、[セクション 2](#) のすべての課題を解決できます。事前昇圧が推奨される設計で、[図 3-1](#) に示すように、システムの最小電圧 8.5V が確実になります。

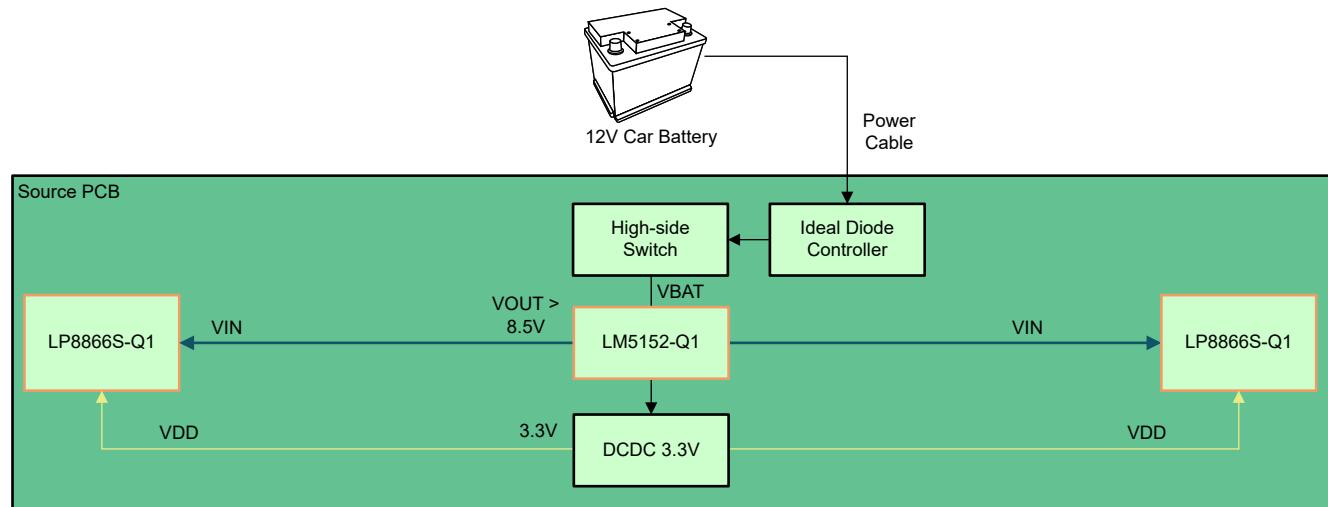


図 3-1. 事前昇圧を使用したディスプレイ モジュールの推奨ブロック図

LM5152-Q1 デバイスは、広い入力電圧範囲に対応した同期整流昇圧コントローラであり、ピーク電流モード制御を採用しています。図 3-2 に示すように、デバイスは事前昇圧コントローラとして動作し、スタートアップ時にバッテリ電圧が低い場合に特定の電圧まで昇圧できます。さらに、このデバイスは、IQ が非常に低いディープ スリープ モードでのバイパス動作にも対応しているため、電源電圧が昇圧出力レギュレーション目標よりも高い場合の外部バイパススイッチが不要です。

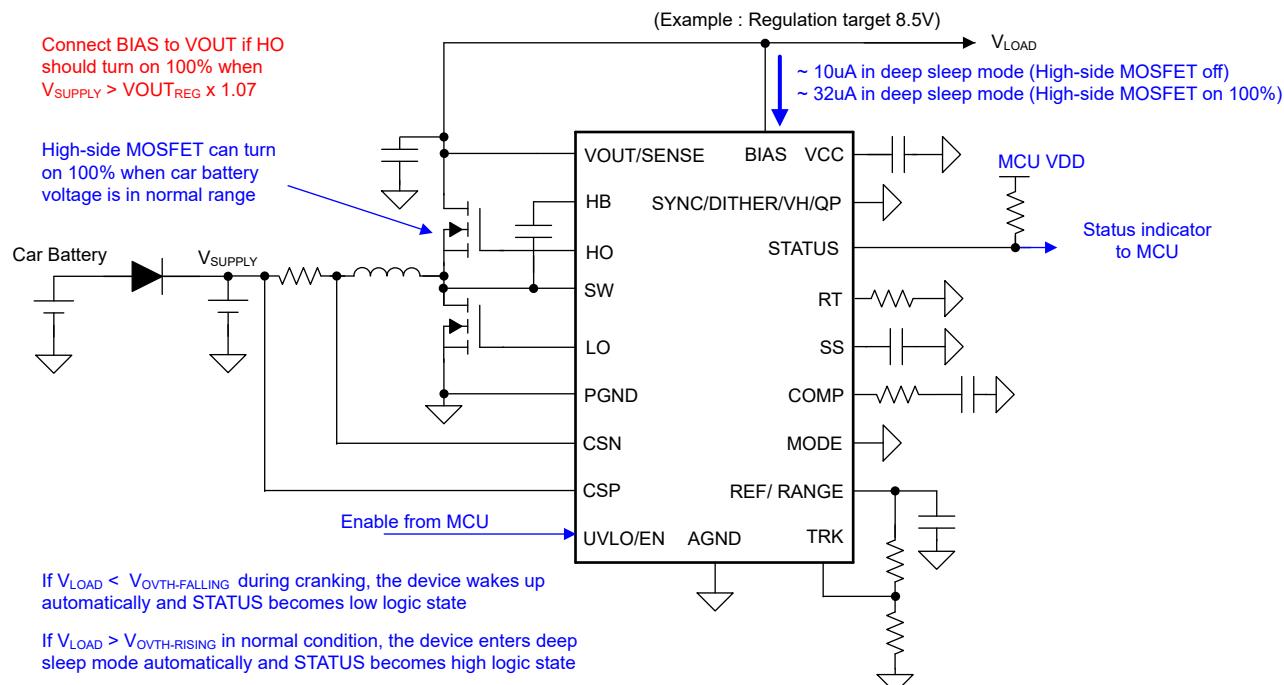


図 3-2. 車載用事前昇圧アプリケーションでの LM5152-Q1

図 3-2 に示すように、設計が推奨されるため、このシステム例では LM5152-Q1 EVM を使用してテストしました。図 3-3 に、VIN 過渡時の 12V から 6V の波形を示します。赤いラインは VIN、緑色のラインは LM5152-Q1 の VOUT です。この製品は、LED ドライバを含むシステムに電力を供給し、ピンクラインはバッテリからの入力電流です。VIN が 12V から 6V に低下すると、LM5152-Q1 は予測どおり最小 VOUT 8.5V を維持し、システムの安定性を維持します。図 3-4 に、LP8866S-Q1 の観点から 図 2-1 との波形を示します。LED ドライバの VIN は赤ライン、インダクタ電流はピンクライン、LED ドライバの VDD は緑色ラインです。VIN が 6V まで低下しても、事前昇圧のため、LP8866S-Q1 の入力電圧は期待どおり 8.5V に維持されます。そのため、LED ドライバは、バッテリのクランシング条件下でも安定した動作を実現できます。

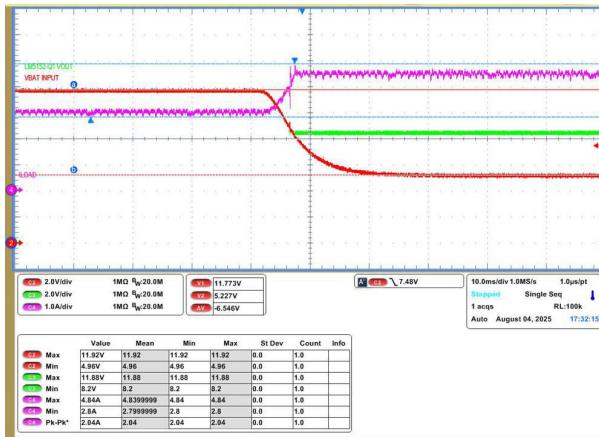


図 3-3. 事前昇圧ありの VIN 過渡時の LM5152-Q1 の VBAT と VOUT、およびシステム入力電流 (12V ~ 6V)

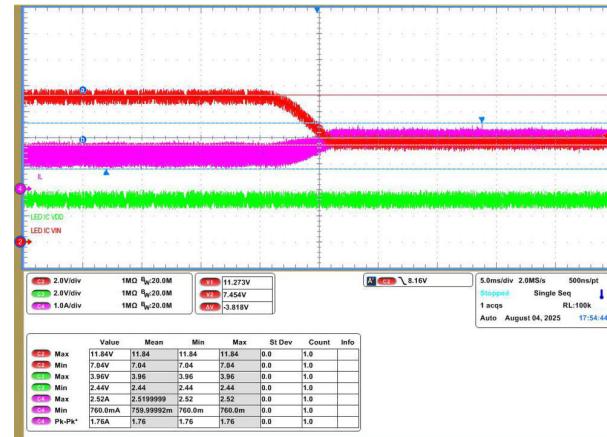


図 3-4. 事前昇圧を実行した状態での VIN 過渡 (12V ~ 6V) 時の LED_VIN、LED_VDD、I_L の波形

3.2 主な設計上の検討事項

システム例では、自動車のクランキングが原因で昇圧対象の入力電圧が 2.5V まで低下した状況を含め、440kHz 動作で最小 8.5V の出力電圧を維持できる LM5152-Q1 EVM を使用しました。LM5152-Q1EVM は、表 3-1 に示すような電力要件を満たすように設計されており、ほとんどの要件を満たすことができます。詳細については、[LM5152EVM-BST 評価基板](#)を参照してください。テキサスインストゥルメンツは、[TI.com](#) で Webench やこのデバイスの Excel 設計カリキュレータなどの設計者を支援するための多くのツールも提供しています。

表 3-1. LM5152-Q1EVM の特性

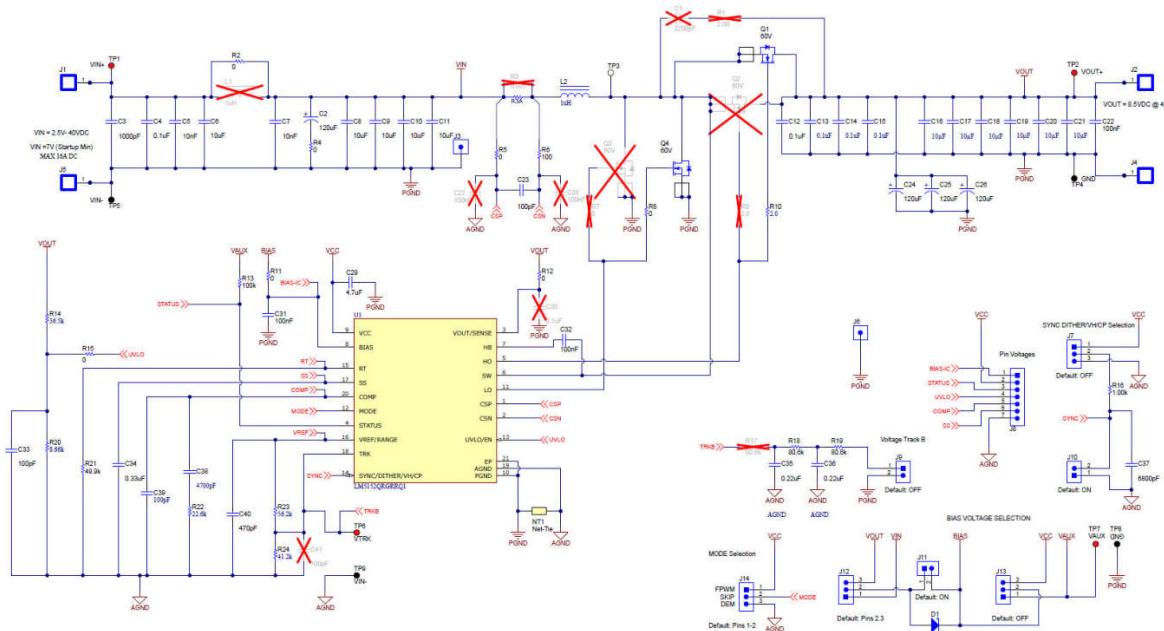
パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
入力電圧範囲	動作	2.5	13.5	36	V
	スタートアップ時の電圧		7		
入力電圧				17	V
出力電圧			8.5		V
出力電流 1	2.5V ≤ V _{SUPPLY} ≤ 4.5V			4	A
出力電流 2	4.5V ≤ V _{SUPPLY} ≤ 36V			6	A
スイッチング周波数		440			kHz

主な検討事項の 1 つは、最小出力電圧を設定する方法です。VOUT レギュレーションターゲット (VOUT-REG) は、内部エラー アンプの基準電圧である TRK ピン電圧をプログラムすることで調整できます。VOUT-REG の精度は、TRK 電圧が 0.25V ~ 1V の間にある場合に与えられます。高インピーダンスの TRK ピンにより、ユーザーは D/A コンバータを使用して直接、または VREF と AGND の間の抵抗分圧器 (RVREFT、RVREFB) に接続することで、ピン電圧をプログラムできます。

このデバイスは 1V の基準電圧 (VREF) を供給し、分圧抵抗により TRK ピン電圧を設定するために使用できます。RVREFT と RVREFB を使用して TRK ピンの電圧をプログラムする場合、VOUT-REG はのように計算でき 式 1 ます。

$$V_{OUT_REG} = 20 \times \frac{R_VREFB}{R_VREFB + R_VREFT} \quad (1)$$

したがって、図 3-5 に示すように回路図では、R_{VREFT} = 56.2K、R_{VREFB} = 41.2K です。



もう1つの重要な問題は、ディザリング機能です。ほとんどの車載アプリケーションでは、スペクトラム拡散などのディザリング機能が必要です。LM5152-Q1は、図3-6に示すように、STATUSピンをダイオードでDITHERピンに接続することで、ディザリング機能を実現できます。LM5152-Q1が出力電圧を昇圧するには、ディザリングが必要です。昇圧動作中、STATUSピンはグランドにプルダウンされます。ダイオードは逆バイアスされており、ディザリングランプメカニズムは、DITHERピンのコンデンサを充電および放電することで動作できます。ただし、このコンデンサは同じSYNC/DITHER/VH/CPピンに接続する必要があります。

VOUTピンの電圧が過電圧(VOVTH)よりも高い場合、LM5152-Q1はバイパスモードに移行します。バイパスモード中、ハイサイドFETを100%オンにする必要があり、ディザリングは不要です。LM5152-Q1は内部チャージポンプを備えていないため、バイパス動作用の内部チャージポンプを有効にするには、DITHER/CPピンを2Vより大きくする必要があります。デバイスがバイパスモードに移行すると、ステータスピンがプルアップされ、このピンによってチャージポンプがイネーブルになります。そのため、ディザリング機能とバイパスモードの両方を実装するには、ダイオードとプルアップ抵抗を使用する必要があります。

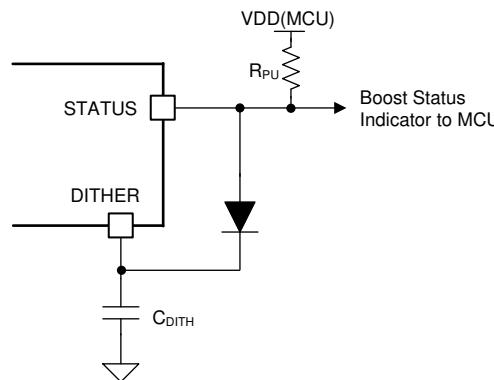


図3-6. クロックディザリングとバイパス動作の両方を有効化します

4 まとめ

このアプリケーション ノートは、LM5152-Q1 を使用して、バッテリの電圧が低い条件下でも、特にクランキング イベント発生時に事前昇圧機能を使用して車載ディスプレイアプリケーションを安定させる方法を解説しています。車載ディスプレイパネルのサイズが大型化するにつれて、電力要件は増大します。これにより、設計者がパワー マネージメントで安定性が高く堅牢なシステムを実現するのは、より困難です。ただし、LM5152-Q1 には信頼性の高い事前昇圧設計があり、EMI 性能のためのディザリング機能を実装することもできます。このリファレンス デザインは、簡素化されたソフトウェア設計であっても、より効率的かつ信頼性の高い車載ディスプレイシステムを実現するのに役立ちます。

5 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[『LP8866S-Q1 車載用ディスプレイ LED バックライト ドライバ、6 つの 150mA チャネル付き』](#)、データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、[『LM5152x-Q1 スタート—ストップ/バックアップバッテリ電源用の車載用低 IQ 同期整流昇圧コントローラ』](#)、データシート。
3. テキサス インスツルメンツ、[『LM5152EVM-BST 評価基板 EVM ユーザー ガイド』](#)。

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 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

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、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 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