

Application Note

GB42295 新国家標準対応 eBike 用電源設計



Joyce Chen, Aurora Tie, Bella He

概要

2024 年 1 月、中国は電動自転車 (eBike) 向けの新しい国家標準「GB42295」の施行を開始しました。この規格により、車両の主回路と二次回路の最大電圧が変更されました。その結果、eBike バッテリーパックシステムの DCDC 電源回路に新たな電源レールを追加する必要があります。図 1-1 に、eBike システムのバッテリーパック部分のブロック図を示します。新たに追加された部品は赤でマークされています。本アプリケーション ノートでは、新国家規格と eBike アプリケーション要件を組み合わせ、DCDC 電源回路の設計方法を提供します。また、本資料には、eBike アプリケーションにおける設計サイズと性能の要件も考慮した具体的な設計例が掲載されています。また、各設計例の設計プロセスと実験結果も示しています。お客様は、本アプリケーション レポートから効率や熱特性などのデータを入手できます。

目次

1 はじめに.....	2
2 TI リファレンスデザイン.....	3
2.1 設計 1: $V_o = 12V$, $I_o = 8 \sim 10A$	3
2.2 設計 2: $V_o = 33V$, $I_o < 1.5A$	3
2.3 設計 3: $V_o = 33V$, $I_o = 1A$ および $V_o = 12V$, $I_o = 6A$	8
3 テスト結果と性能カーブ.....	8
4 まとめ.....	10
5 参考資料.....	10

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

2022 年 12 月 29 日、中国は電動自転車の電気的安全要件 (GB42295) を公表しました。電気使用の安全性を考慮し、eBike の主回路電圧は 60V (DC) 以下、2 次回路電圧は 35V (DC) 以下にする必要があります。通常、電動自転車はバッテリーパック、ABS コントローラ、計器パネル、モーターコントローラ、ヘッドライトなどで構成されています。バッテリー電圧は一般的に 48V であるため、旧規格下ではコントローラ、ダッシュボード、モーターコントローラが降圧製品を用いて 48V から 12V/5V へ直接変換していました。しかし、新国家標準では ABS コントローラおよび計器パネルの電源電圧は 35V を超えることはできません。したがって、バッテリーパックを設計する際には、モーターコントローラ以外の部品は 48V 電圧を 35V 未満 (33V や 12V など) に変換してから後段に接続する必要があります。

現在、一般的な設計には 2 通りあります。ひとつは、コントローラで直接バッテリー電圧を 12V に変換する設計です。もうひとつは、2 つの降圧部品を使用して、バッテリーパックから同時に 12V と 33V を生成する設計です。業界標準によると、この部品の総電力は約 100W です。さらに、一次電源のこの部分はバッテリーパックに組み込まれるため、チップの温度は室温 (25°C) から 55°C を超えてはならず、全体の体積をできるだけ小さくする必要があります。特に、2 つ目の設計における 33V 電源レールの電流は、お客様の要件に応じて 1A から 3A まで対応できるように設計されています。出力電流が 1.5A 未満の場合、降圧コンバータを使用して設計を簡略化します。出力電流が 1.5A 以上の場合、熱要件を確保するために降圧コントローラが必要です。

本アプリケーション ノートでは、この用途に対応した TI 製降圧製品を使用した設計例を紹介しています。お客様は公式 EVM ボードを改造して、直接性能を評価できます。本アプリケーション ノートには、効率、熱特性、出力電圧リップルなど、実測データも掲載されています。

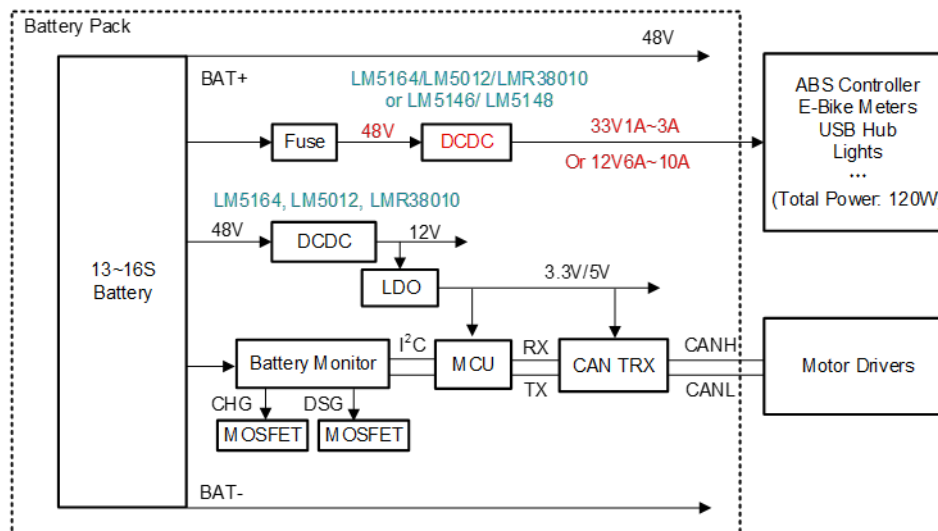


図 1-1. eBike ブロック図

2 TI リファレンスデザイン

2.1 設計 1: $V_o = 12V$ 、 $I_o = 8 \sim 10A$

入力電圧が 48V であるため、マージンを考慮して、耐圧が約 80 ~ 100V の降圧コントローラを選択する必要があります。LM5148 (最大入力電圧 80V) および LM5146 (最大入力電圧 100V) のどちらも選択肢となります。

LM5148 と LM5149 はピン互換品であるため、LM5149EVM を使用すると、EVM ボードを改造することなく 12V/8A 出力設計を評価できます。評価時は、ジャンパキャップで CNFG ピンを GND に短絡し、LM5149 の AEF 機能を無効化することで、LM5148 の動作をシミュレートできます。必要に応じて、EVM ボード上で LM5149 を LM5148 に差し替えて評価することもできます。100V 耐圧品の場合は、LM5146EVM を使用して 12V/8A 出力の設計評価を直接行うことができます。テスト結果と EVM 基板設計の詳細については、「[LM5149-Q1 降圧コントローラ評価基板ユーザーガイド](#)」および「[LM5146-Q1EVM ユーザーガイド](#)」を参照してください。

2.2 設計 2: $V_o = 33V$ 、 $I_o < 1.5A$

出力電圧 33V の場合、出力電流が大きいほど、室温における製品の温度上昇も大きくなります。一般的に、実際のアプリケーションにおける熱性能要件を考慮し、出力電流が 1.5A 未満の場合は同期および非同期コンバータ、1.5A 以上の場合はコントローラなど、さまざまな DCDC 電源設計が用意されています。

2.2.1 $V_o = 33V$ 、 $I_o = 1A$ (LMR38010)、 $I_o = 0.8A$ (LM5164)

LMR38010 は、80V 対応のピーク電流モード同期整流型降圧コンバータ、LM5164 は 100V 対応のコンスタント オンタイム (COT) モード同期整流型降圧コンバータです。LMR38010 と LM5164 は、ほぼピン互換であり、小型化の要求を考慮して、LMR38020 と LM5164 の両方で高温動作可能な 2 層 PCB 基板 (1.7cm×1.9cm) を設計できます。回路図と PCB 3D 画像は、[図 2-1](#) と [図 2-2](#) に示されています。LMR38010 および LM5164 の設計パラメータは [表 2-1](#) に記載されています。

表 2-1. LM5164 および LMR38010 の設計パラメータ

項目	LM5164	LMR38010
R7	274kohm	88.7kohm
L1	Wurth-7447709680 68uH (3.2A、89mΩ)	Wurth-7447709680 68uH (3.2A、89mΩ)
R9	30.9kohm	25.5kohm
R4	523kohm	NC
C4	3.3nF、100V	NC
C16	56pF、50V	NC

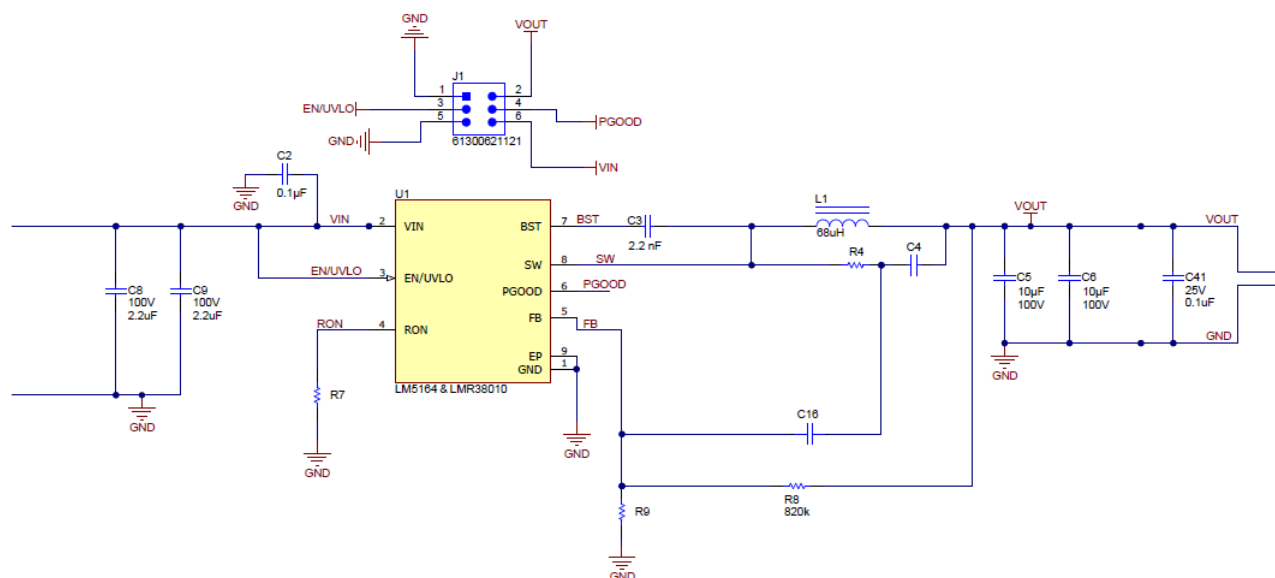


図 2-1. LMR38010 および LM5164 の回路図

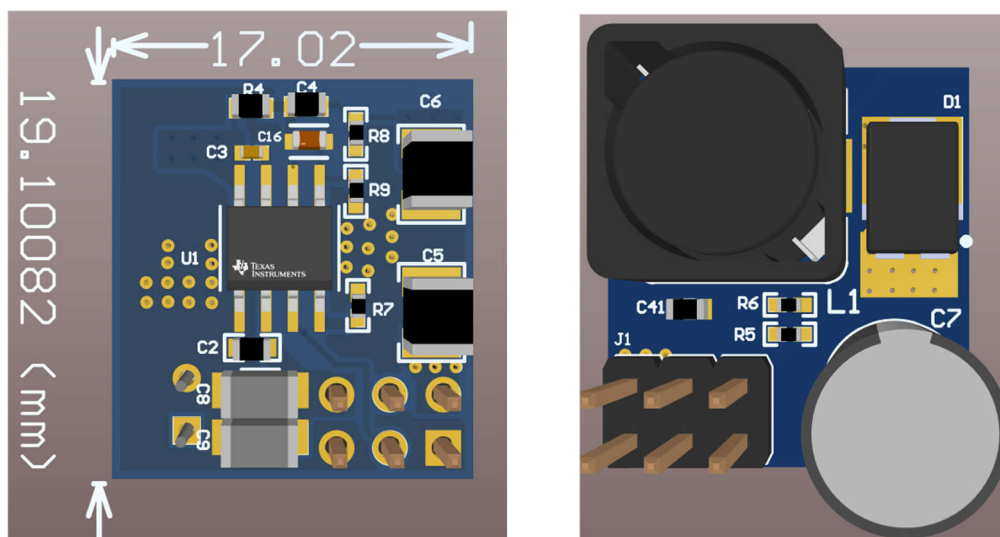


図 2-2. 3D の PCB ボード

以下のセクションで詳細な設計方法を紹介します。

2.2.1.1 スイッチング周波数 (RON)

LMR38020 のスイッチング周波数は、RT/SYNC ピンと GND ピンの間の R_T 抵抗によってプログラム可能です。RT / SYNC ピンは、フローティングのままにしたり、グランドに短絡したりすることはできません。所定のスイッチング周波数に対するタイミング抵抗値を決定するには、式 1 を使用します。

$$R_T(\text{k}\Omega) = 30970 \times f_{SW}(\text{kHz})^{-1.027} = 30970 \times 300^{-1.027} = 88.49\text{k}\Omega \quad (1)$$

R_T は 88.7k Ω を選択します。

2.2.1.2 可変出力用 FB

LMR38020 の出力電圧は、外部抵抗分圧回路で外部から調整可能です。LMR38020 の V_{REF} は公称 1V です。 R_{FBB} を 10k Ω に設定し、それを基準に R_{FBT} を選択します。

$$R_{FBT}(\text{k}\Omega) = R_{FBB}(\text{k}\Omega) \times \left[\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right] = 10 \times \left[\frac{33}{1} - 1 \right] = 320\text{k}\Omega \quad (2)$$

R_{FBT} は 324k Ω を選択します。

2.2.1.3 インダクタの選択

式 3 を使用して、インダクタンスの値を決定することができます。定数 K はインダクタ電流リップルのパーセンテージです。この例では、 $K = 0.35$ を選択し、インダクタンス $L = 98\mu\text{H}$ を求めます。次の標準値として $L = 100\mu\text{H}$ を選択します。

$$L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{f_{SW} \times K \times I_{OUTMAX}} \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{(48 - 33)}{300 \times 0.3 \times 1} \times \frac{33}{48} = 98\mu\text{H} \quad (3)$$

選択したインダクタの飽和電流定格は 2.4A であり、ハイサイド スイッチの電流制限値 I_{SC} より大きくなっています。

2.2.1.4 出力コンデンサの選択

eBike アプリケーション向けのその他の設計については、33V 出力設計では 68 μF の電解コンデンサと 1 μF のセラミックコンデンサを使用します。また、これらのコンデンサの定格電圧は 50V 以上である必要があります。

2.2.1.5 入力コンデンサの選択

セラミック入力コンデンサは、レギュレータに低インピーダンスソースを供給するだけでなく、リップル電流を供給して、他の回路からスイッチング ノイズを絶縁します。

入力コンデンサは、少なくともアプリケーションで要求される最大入力電圧、可能であればその 2 倍の耐圧に定格されている必要があります。

入力部には、小型の 100nF ~ 220nF のセラミックコンデンサを可能な限りレギュレータの近くに配置する必要があります。これにより、デバイス内部に制御回路のための高周波バイパスができます。

さらに、入力部にセラミックコンデンサと並列に配置した電解コンデンサの適度な ESR は、長い電源リードにより発生する入力電源のリングングの抑制に役立ちます。この追加コンデンサの使用は、インピーダンスの非常に高い入力電源によって生じる電圧低下の防止にも有効です。

eBike アプリケーション向けには、2 個並列の 2.2 μF 、100V、X7R セラミックコンデンサと、33 μF 、100V、0.7 Ω 、X7R 電解コンデンサを選択しています。また、100nF コンデンサも、X7R 誘電体を使用した 100V 定格品とする必要があります。

2.2.1.6 CBOOT の選択

LMR38020 では、BOOT ピンと SW ピンの間にブートストラップコンデンサを接続する必要があります。このコンデンサは、パワー MOSFET のゲートドライバに電力を供給するために使用するエネルギーを蓄積します。100nF、50V の高品質セラミックコンデンサを選択しています。

2.2.2 $V_o = 33V$, $I_o = 2.5A$ (LM5148)

LM5148 および LM5149 は、80V 対応の電流モード同期整流型降圧コントローラです。LM5149 は、オンボードのアクティブ EMI フィルタ (AEF) を搭載しています。AEF の利点は、EMI 対策に一般的に使用される差動モードフィルタのサイズを削減できることです。この 2 つのデバイスは、AEF 機能以外は同じです。そのため、お客様は、[図 2-3](#) を使用して LM5149EVM を改造し、評価を行うことができます。

LM5148 の効率は、[LM5148 計算ツール](#) で確認できます。

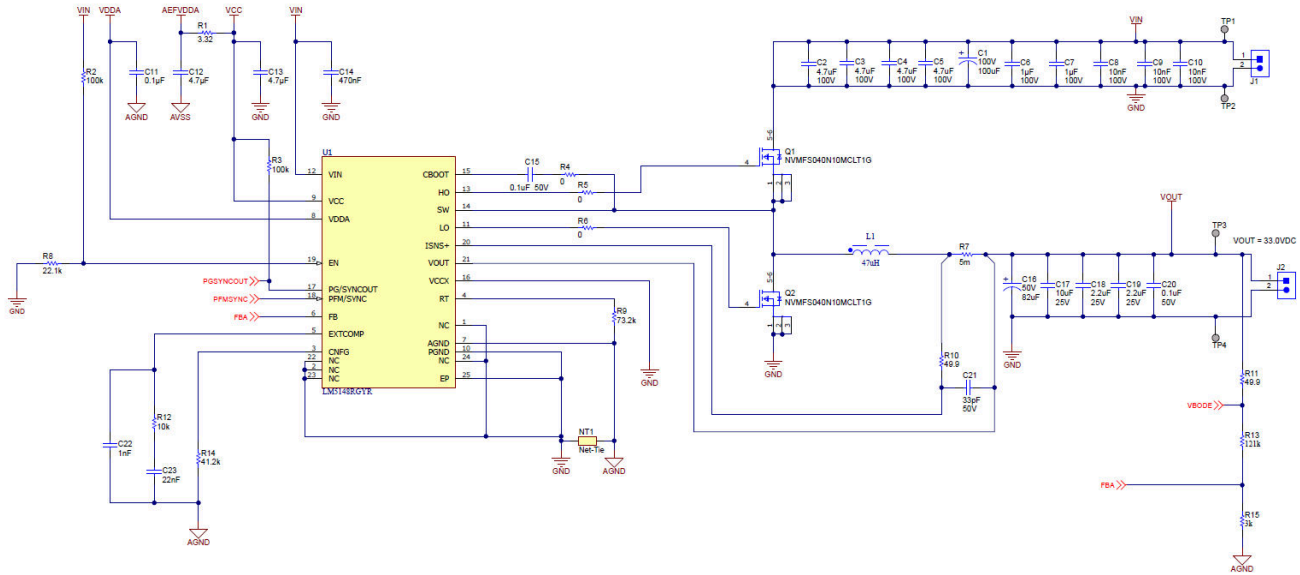


図 2-3. LM5148 の回路図

以下のセクションで詳細な設計方法を紹介します。

2.2.2.1 インダクタの選択

多くのアプリケーションでは、公称入力電圧におけるインダクタのリプル電流 ΔI_L が最大 DC 出力電流の 30%~50% の間になるように降圧インダクタンスを選択します。[式 4](#) および [式 5](#) で示されるピーク インダクタ電流に基づき、インダクタンスを選択します。

$$L_O = \frac{V_{OUT}}{\Delta I_L F_{SW}} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (4)$$

$$I_{L(PEAK)} = I_{OUT} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (5)$$

インダクタのデータシートを参照し、インダクタの飽和電流が特定の設計のピーク インダクタ電流よりも十分に大きいことを確認します。

2.2.2.2 PCM における特殊スロープ補償

LM5149-Q1 には、ピーク電流モード制御においてデューティ サイクルが 50% を超える場合でも安定した動作を実現する内部スロープ補償を備えています。スロープ補償寄与がインダクタ電流のダウンスロープの 1 倍に等しくなるように、[式 6](#) を用いて降圧コンバータのインダクタンスを算出します。

$$L_O - IDEAL(uH) = \frac{V_{OUT}(V)R_S(mohm)}{24F_{SW}(MHz)} \quad (6)$$

2.2.2.3 MOSFET の選択

ほとんどのアプリケーション向け

1. アプリケーションの要件に応じて、適切な耐圧および電流定格の MOSFET を選択してください。たとえば、LM5148 は 80V 製品であり、MOSFET の $V_{(BR)DSS}$ も 80V を選択できます。 $I_{D\text{MAX}}$ は、要件に応じて選択できます。
2. チップの駆動電圧に応じて、選択した MOSFET の V_{GS} カーブと Q_G カーブを確認します。また、異なる V_{GS} における MOSFET の代表的な出力特性 (I_D 対 V_{DS}) も確認する必要があります。これにより、コントローラが供給する駆動電圧で MOSFET をオンにできることを検証できます。
3. 同一の MOSFET においては、 Q_G 、 Q_{oss} 、 Q_{RR} 、 $R_{DS(on)}$ は互いに反比例の関係にあります。これらのパラメータは電力損失に影響を及ぼします。1 チャネルあたりの MOSFET に関連する電力損失は、表 2-2 に記載する式にまとめられています。この式の添え字の 1 と 2 は、それぞれハイサイドとローサイド MOSFET のパラメータを表します。

表 2-2. 降圧レギュレータ MOSFET の電力損失

電力損失モード	ハイサイド MOSFET	ローサイド MOSFET
MOSFET の導通 ^{(2) (3)}	$P_{\text{cond1}} = D \cdot \left(I_{\text{OUT}}^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12} \right) \cdot R_{DS(on)1}$	$P_{\text{cond2}} = D' \cdot \left(I_{\text{OUT}}^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12} \right) \cdot R_{DS(on)2}$
MOSFET のスイッチング	$P_{\text{sw1}} = \frac{V_{IN} \cdot F_{SW}}{2} \left[\left(I_{\text{OUT}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot t_r + \left(I_{\text{OUT}} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot t_f \right]$	無視できる範囲
MOSFET ゲートドライブ ⁽¹⁾	$P_{\text{Gate1}} = V_{CC} \cdot F_{SW} \cdot Q_{G1}$	$P_{\text{Gate2}} = V_{CC} \cdot F_{SW} \cdot Q_{G2}$
MOSFET の出力電荷 ⁽⁴⁾	$P_{\text{Coss}} = F_{SW} \cdot (V_{IN} \cdot Q_{oss2} + E_{oss1} - E_{oss2})$	
ボディ ダイオード導通	該当なし	$P_{\text{condBD}} = V_F \cdot F_{SW} \left[\left(I_{\text{OUT}} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot t_{d11} + \left(I_{\text{OUT}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot t_{d12} \right]$
ボディ ダイオードの逆回復 ⁽⁵⁾	$P_{RR} = V_{IN} \cdot F_{SW} \cdot Q_{RR2}$	

- (1) ゲートドライブ損失は、MOSFET の内部ゲート抵抗、外付けの直列ゲート抵抗、およびデバイスの関連するゲートドライブ抵抗に基づき按分されます。
- (2) MOSFET の $R_{DS(on)}$ の正の温度係数は、約 4500ppm/°C です。MOSFET の接合部温度 T_J と、周囲温度と比べて接合部温度がどれだけ上昇するかは、デバイスの総消費電力とその熱インピーダンスに依存します。最小入力電圧またはそれに近い電圧で動作する場合は、MOSFET の $R_{DS(on)}$ が $V_{GS} = 4.5V$ で規定されていることを確認してください。
- (3) $D' = 1-D$ は、デューティサイクルの補数です。
- (4) MOSFET の出力容量 C_{oss1} と C_{oss2} は、電圧に対して高度な非線形となります。これらの容量は、ハイサイド MOSFET ターンオフ時のインダクタ電流によりロスレスで充電されます。しかし、ターンオン時には入力から電流が流れてローサイド MOSFET の C_{oss2} を充電します。 C_{oss1} のエネルギーである E_{oss1} はターンオン時に消費されますが、 C_{oss2} に蓄えられたエネルギー E_{oss2} によって相殺されます。
- (5) MOSFET ボディダイオードの逆回復電荷 Q_{RR} は、さまざまなパラメータ、特に順方向電流、電流遷移速度、温度に依存します。

MOSFET の電力損失を低減するため、実際の動作条件に応じて適切な MOSFET を選択する必要があります。これにより、MOSFET の熱特性とシステム全体の効率も向上します。

このアプリケーションノートで取り扱う 2 つの動作条件のうち、入力電圧が 48V、出力電圧が 12V、出力電流が約 6～10A の場合、ローサイド MOSFET の導通時間はハイサイド MOSFET の導通時間よりもはるかに長く、ローサイド MOSFET の導通損失は大きくなります。さらに、ローサイド MOSFET の逆回復損失を考慮する必要があり、MOSFET の Q_{RR} が過度に大きすぎではありません。したがって、ローサイド MOSFET の $R_{DS(on)}$ が約 10mΩ、 Q_G が約 30nC のものを選択できます。ハイサイド MOSFET は、 $R_{DS(on)}$ が約 20mΩ、 Q_G が約 15nC のものを選択できます。詳細については、LM5149EVM の選択を参照してください。

入力電圧 48V、出力電圧 33V、出力電流 2.5A の場合、ハイサイド MOSFET の導通時間がローサイド MOSFET の導通時間よりもはるかに長くなりますが、出力電流が大きくないため、導通損失の割合は小さくなります。この場合、 $R_{DS(on)}$ が大きく (50mΩ)、 Q_{RR} (10nC) と Q_G (5nC) が小さい MOSFET を選択できます。実際のアプリケーションでは NVMFS040N10MCLT1G が選択されました。

2.3 設計 3: $V_o = 33V$ 、 $I_o = 1A$ および $V_o = 12V$ 、 $I_o = 6A$

異なる出力電流要件に基づき、設計 1 および設計 2 を参照して異なる設計を選択できます。

3 テスト結果と性能カーブ

特記のない限り、次の条件が適用されます。Ta = 25°C、Vin = 48V、Vo = 33V、fsw = 300kHz。

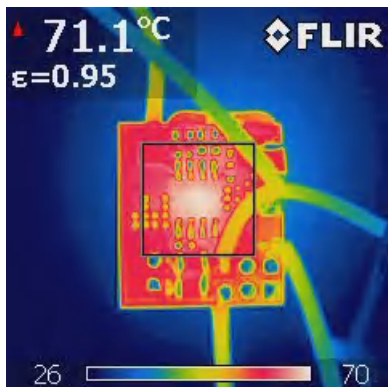


図 3-1. LMR38010 の放熱性能 (1A 負荷時)

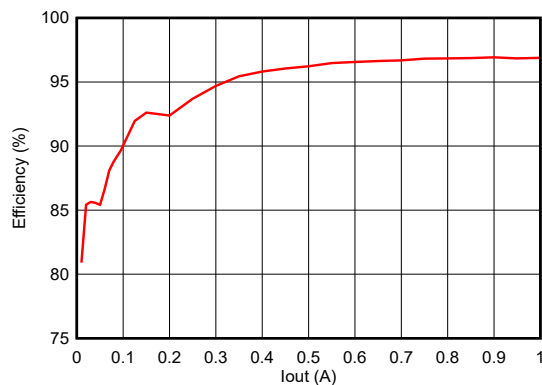


図 3-2. LMR38010 の効率と負荷電流との関係

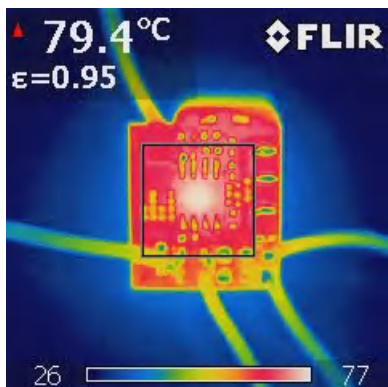


図 3-3. LM5164 の放熱性能 (1A 負荷時)

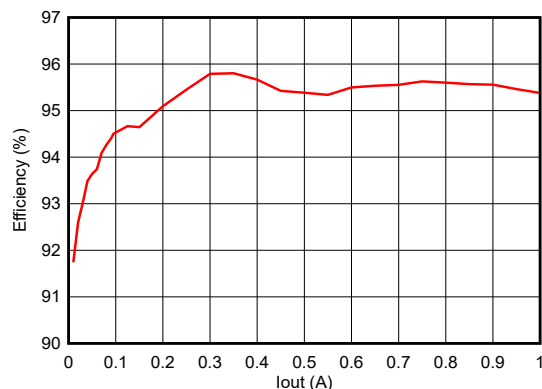


図 3-4. LM5164 の効率と負荷電流との関係

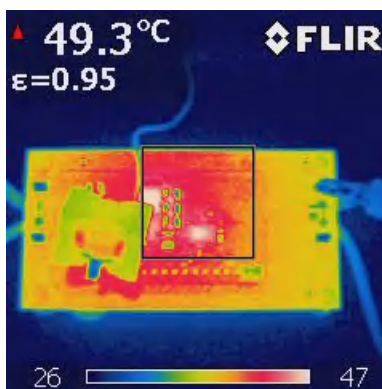


図 3-5. LM5148 の放熱特性

新規格に対応した設計一式を提供するにあたり、表 3-1 に TI 推奨デバイスをリストアップしています。これらのデバイスは、25°C $V_{in} = 48V$ の条件下で温度上昇を 55°C 未満に抑えることを目的としています。お客様はこの選択表を使用して、さまざまな要件に対応できます。

表 3-1. さまざまな V_{out} および I_{out} 要件に基づく選択ガイド

Vout 設計	eBike アプリケーション における I_{outmax}	TI 推奨デバイス	VIN 範囲	タイプ	制御方式
12V	10A	LM5148	3.5V ~ 80V	同期コントローラ	ピーク電流モード
12V	10A	LM5146	5.5V ~ 100V	同期コントローラ	電圧モード
33V	3A	LM5145	6V ~ 75V	同期コントローラ	電圧モード
33V	3A	LM5146	5.5V ~ 100V	同期コントローラ	電圧モード
33V	2.5A	LM5148	3.5V ~ 80V	同期コントローラ	ピーク電流モード
33V	1.3A	LM5012	6V ~ 100V	非同期コントローラ	コンスタント オンタイム (COT)
33V	1A	LMR38010	4.2V ~ 100V	同期コントローラ	ピーク電流モード
33V	0.8A	LM5164	6V ~ 100V	同期コントローラ	コンスタント オンタイム (COT)

4 まとめ

eBike の GB42295 国家標準を満たすためには、追加で 48V 降圧設計が必要になります。eBike アプリケーションにおける重要ポイントは、主にサイズ、放熱性能、効率に重点を置いています。本アプリケーションレポートでは、3 つの従来型出力電圧設計に焦点を当て、各設計の回路図、PCB 設計、テスト結果を記載しています。

5 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、「[LM5149-Q1 降圧コンバータ評価基盤 ユーザー ガイド](#)」、EVM ユーザー ガイド
- テキサス インスツルメンツ、「[LM5146-Q1 EVM ユーザー ガイド](#)」、EVM ユーザー ガイド
- テキサス インスツルメンツ、「[LM5148-LM25148DESIGN-CALC](#)」、計算ツール

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

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