

Application Note

デュアル ソースを使用したシングル セル バッテリ チャージャのアプリケーション



Samuel Breslin

概要

多くのアプリケーションでは、テキサス インストルメンツのシングル セル バッテリ チャージャ IC の入力として、2 つの独立した電源が必要です。TI のマルチセル バッテリ チャージャ IC の一部はデュアル入力機能を搭載しており、シングル セル アプリケーションで使用できますが、通常、これらは比較的大型で高額です。このアプリケーション ノートでは、ほとんどのアプリケーションでコスト効率に優れ、フットプリントも小型化する代替設計について説明します。

目次

1 はじめに.....	2
2 実現可能なアーキテクチャ.....	3
2.1 パワー マルチプレクシング.....	3
2.2 マルチセル チャージャ IC.....	8
2.3 デュアル チャージャ.....	9
2.4 eFuse (USB OTG).....	11
3 まとめ.....	12
4 参考資料.....	13

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

デュアル入力バッテリー チャージャ システムの設計に使用できる回路トポロジはいくつか存在しています。このアプリケーション ノートでは、パワー マルチプレクサとシングル セル バッテリー チャージャ IC を組み合わせて使用する方法について詳しく取り上げます。また、本書では、**2** 個の並列チャージャ、デュアル入力機能付きマルチセル チャージャ、**eFuse** の使用など、多数存在する実現可能な他の設計についても説明します。

パワー マルチプレクサの設計は、実装が最もシンプルで、さまざまなアプリケーションに適しています。ただし、下記の各設計は特定のアプリケーションに採用されています。各アーキテクチャの利点と欠点について、それぞれの設計例の価格比較を含めて徹底的に検討します。

2 実現可能なアーキテクチャ

2.1 パワー マルチプレクシング

ここに示す例では、TPS2121 パワーマルチプレクサと BQ25638 バッテリー チャージャ IC を使用しています。2 つのデバイスを接続する回路はシンプルです。パワー マルチプレクサの OUT ピンをバッテリー チャージャ IC の VBUS ピンに接続します。

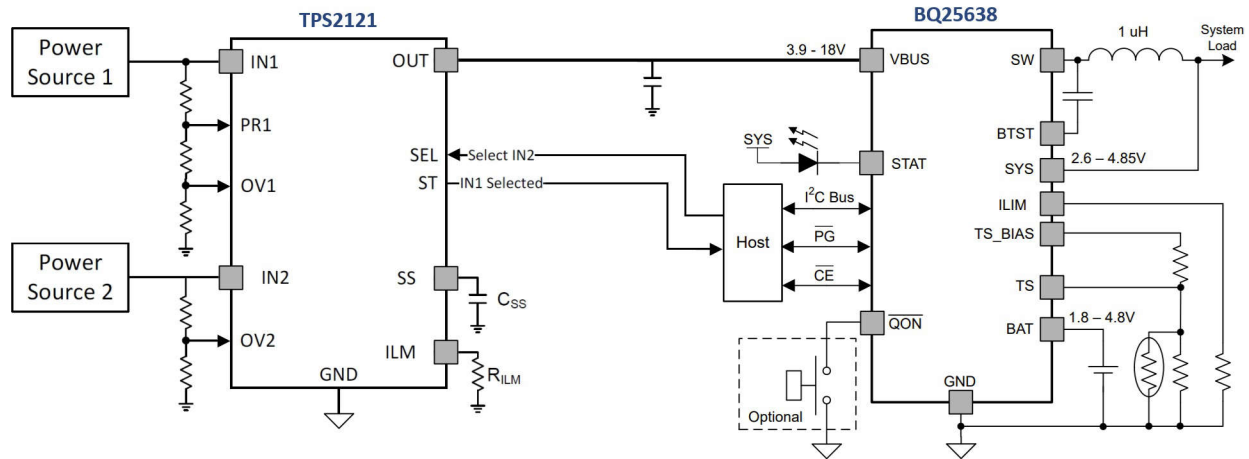


図 2-1. パワー マルチプレクサのシステム図

BQ25638 の入力コンデンサに特に注意してください。このアプリケーションでは、チャージャ IC が電源に直接接続されているときに、通常より大きなコンデンサを選択すると便利です。これにより、パワー マルチプレクサの切り替え時にバッテリー チャージャ IC への入力電圧が維持されます。BQ25638 データシートでは 1uF コンデンサの使用が推奨されており、これは、切り替え時間が高速の 5us である TPS2121 の場合には十分な大きさとなるはずです。一方、切り替え時間が 100μs である TPS2120 など、他のパワー マルチプレクサ IC に対しては、さらに大きなコンデンサを選択する必要があります。特定のアプリケーションの電流消費と電圧ディップに対する感度に基づいて、特定の値を選択する必要があります。電圧降下は 式 1 を使用して求めることができます。

$$V_{DIP} = t_{sw} \times \left(\frac{I_{out}}{C_{out}} \right) \quad (1)$$

2.1.1 パワー マルチプレクサに関する他の検討事項

TPS2121 の最大入力電圧と電流特性は、BQ25638 のものと同等またはそれらを上回っています。つまり、パワー マルチプレクサを内蔵しても BQ25638 の機能は制限されないということです。ただし、BQ25638 の最大 3.2A などのように入力電流が高い場合、パワー マルチプレクサ間の抵抗によって、パワー マルチプレクサ全体で大きな電圧降下が生じます。

ON-RESISTANCE (INx to OUT)					
R _{ON}	ON-State Resistance (TPS2120)	I _{OUT} = -200 mA V _{PRI} > V _{REF} V _{INx} ≥ 5.0 V	25°C	62	75 mΩ
			-40°C to 85°C	90	mΩ
			-40°C to 105°C	100	mΩ
			-40°C to 125°C	120	mΩ
	ON-State Resistance (TPS2121)	I _{OUT} = -200 mA V _{PRI} > V _{REF} V _{INx} ≥ 5.0 V	25°C	56	70 mΩ
			-40°C to 85°C	85	mΩ
			-40°C to 105°C	90	mΩ
			-40°C to 125°C	100	mΩ

図 2-2. TPS2121 と TPS2120 の標準抵抗値と最大抵抗値

リニアまたはバックのみの充電 IC (BQ25638 を含む) を使用するアプリケーションでは、バッテリーレギュレーション電圧が入力電圧に近くなるため、この電圧降下が問題になる可能性があります。例えば、4.2V のリチウム イオン セルと 5V の USB 電源という一般的なケースでは、電源のインピーダンスと、充電デバイスに必要なドロップアウト電圧を考慮する前であっても、ヘッドルームは 0.8V しかありません。

より低い抵抗が必要な場合、TI の幅広い eFuse 製品カタログに収録されているデュアル eFuse を使用すれば類似の機能を実現できます。ただし、チャージャ IC の電圧範囲全体が必要というわけではない場合には、電圧制限が 5.5V、電流制限が 4A の TPS2117 パワー マルチプレクサを使用できます。このデバイスは、オン抵抗がわずか 20mΩ の標準値であり、低コストです。

2.1.2 パワー マルチプレクサの過電圧および優先度設定

TPS2121 と TPS2120 には数多くのさまざまな機能モードがあり、システム設計者はさまざまなソース選択操作を構成できます。これらの各種機能モードは異なる抵抗値を使用して設定できます。詳細については、TPS212x データシートのセクション 9.4 を参照してください。これは、異なる電圧レベル間で切り替える場合に特に重要になります。また、USB-PD ソースを使用する場合はこの点を慎重に考慮する必要があります。このソースでは、さまざまな電圧レベルの要求に応じて電圧が変化する可能性があるためです。

2.1.3 パワー マルチプレクサのテスト

BQ25638 と TPS2121 の評価基板を使用してこのメソッド方法をテストしました。これらのモジュールは、TPS2121 評価基板の出力ネジ端子と BQ25638 評価基板の VBUS 入力を使用して接続しました。ICHG レジスタを使用し、1.04A の充電電流を生成するように BQ25638 を設定し、バッテリーをシミュレートするため、電位 3.7V で設定されたソースメータにこのチャージャを接続しました。さらに、追加で 0.5A を消費するように設定した電子負荷セットにシステム出力を接続しました。出力 12V に設定した DC 電源に、2 個の TPS2121 入力を接続しました。

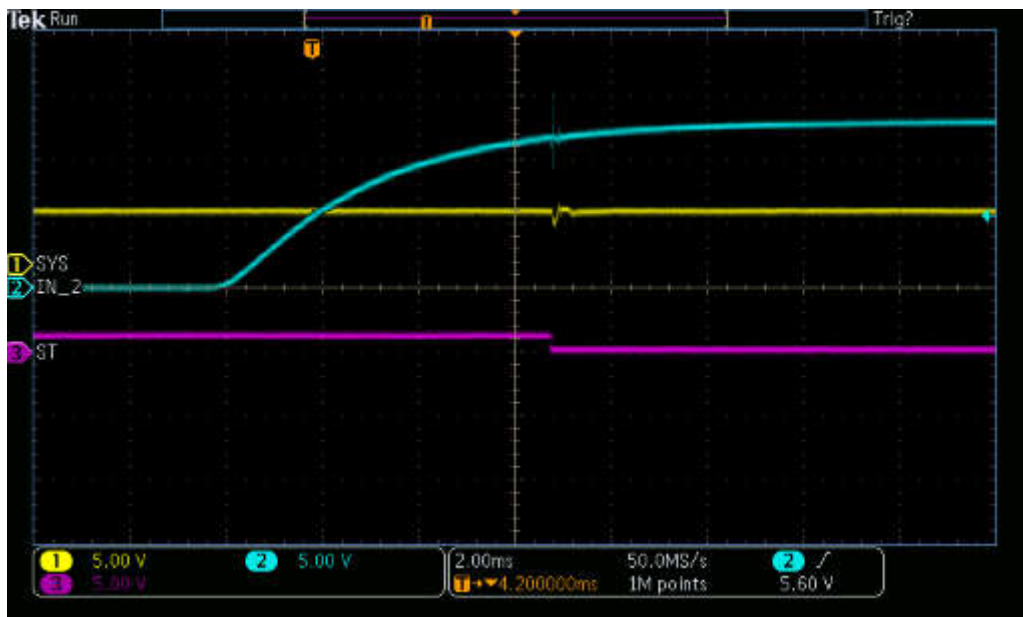


図 2-3. テスト 1: 追加容量 0uF、公称負荷

この最初のテストでは、パワー マルチプレクサとチャージャ IC の間のノードに追加容量はありません。入力 1 (非表示) は 12V に設定されて BQ25638 にアクティブに電力を供給し始めると、優先入力である入力 2 (IN_2) の DC 電源がオンになります。波形の約 4ms の時点で、TPS2121 が切り替わり、システムの電圧が 3V に大きく降下しています。加えて、入力電圧に 15V 近くまで達した大きなスパイクが発生しています。

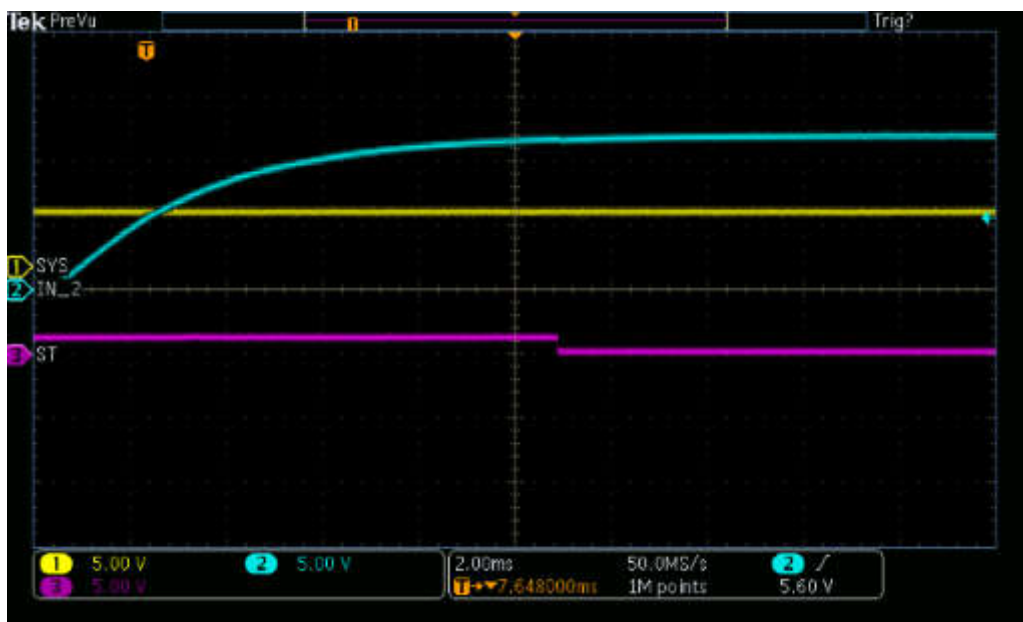


図 2-4. テスト 2: 追加容量 10uF、公称負荷

この波形では、2 つのデバイスを接続するノードに 10uF コンデンサを 1 個追加して同じテストを実施しています。これにより、システム電圧のドロップインと、入力電圧のスパイクが除去されます。

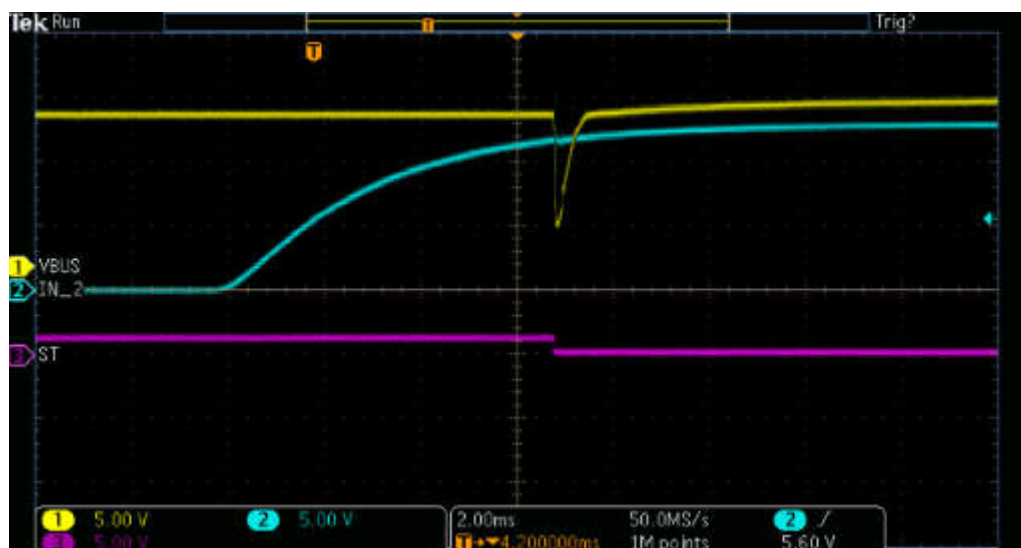


図 2-5. テスト 3: 追加容量 0uF、公称負荷

ここでは同じテストを行います (容量追加なし)。黄色の波形は接続ノード圧 (VBUS) を示しています。接続ノード電圧は 2.5V 近くまで低下しています。

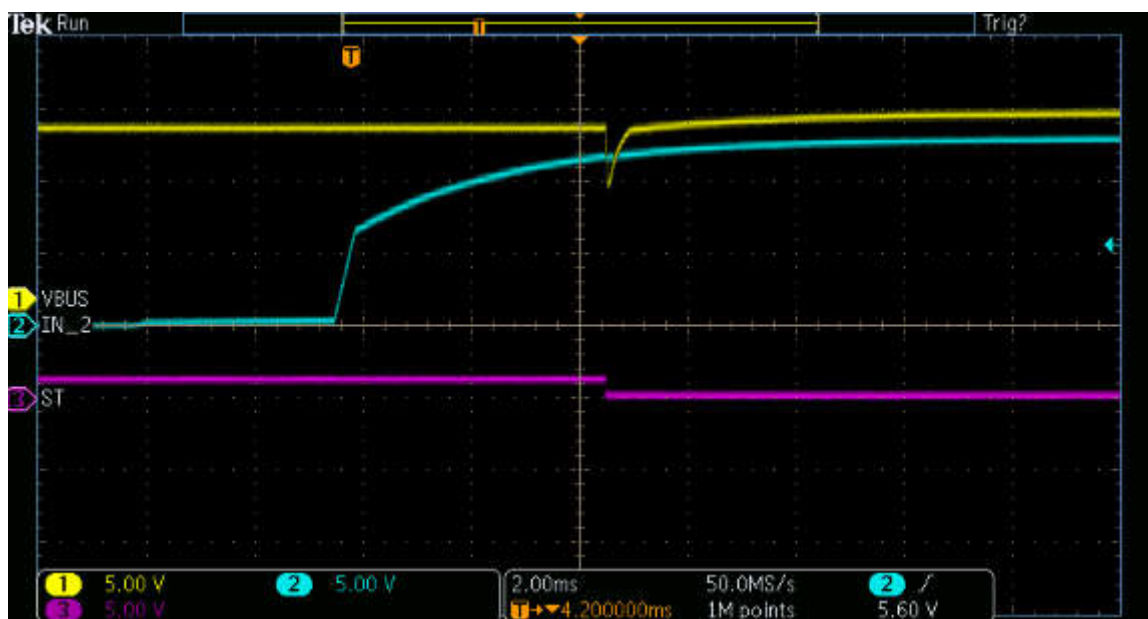


図 2-6. テスト 4: 追加容量 10uF、公称負荷

ここでは 10uF コンデンサを使用して同じテストを行います。黄色の波形は接続ノード電圧 (TPS2121 出力と BQ25638 VBUS の接続) を示しています。接続ノードは、電圧をはるかに妥当な 7.5V まで低下させます。これは、より大きなコンデンサを使用してさらに改善することができ、デバイスからの電流を増やす際に必要になる場合があります。

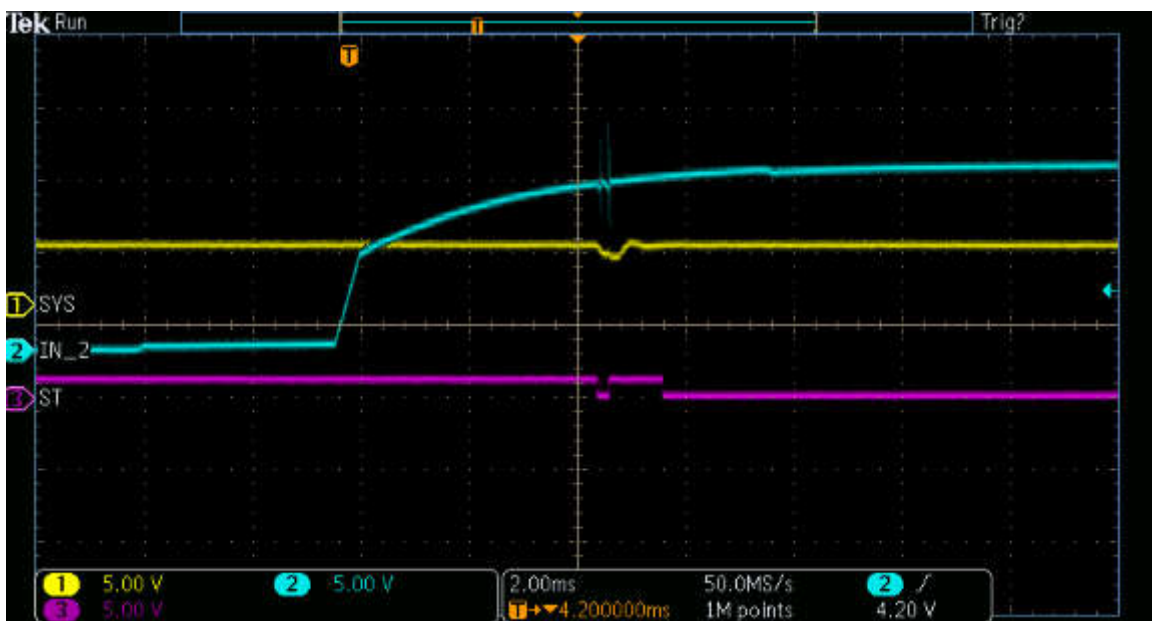


図 2-7. テスト 5: 追加容量 0uF、出力電流 3A

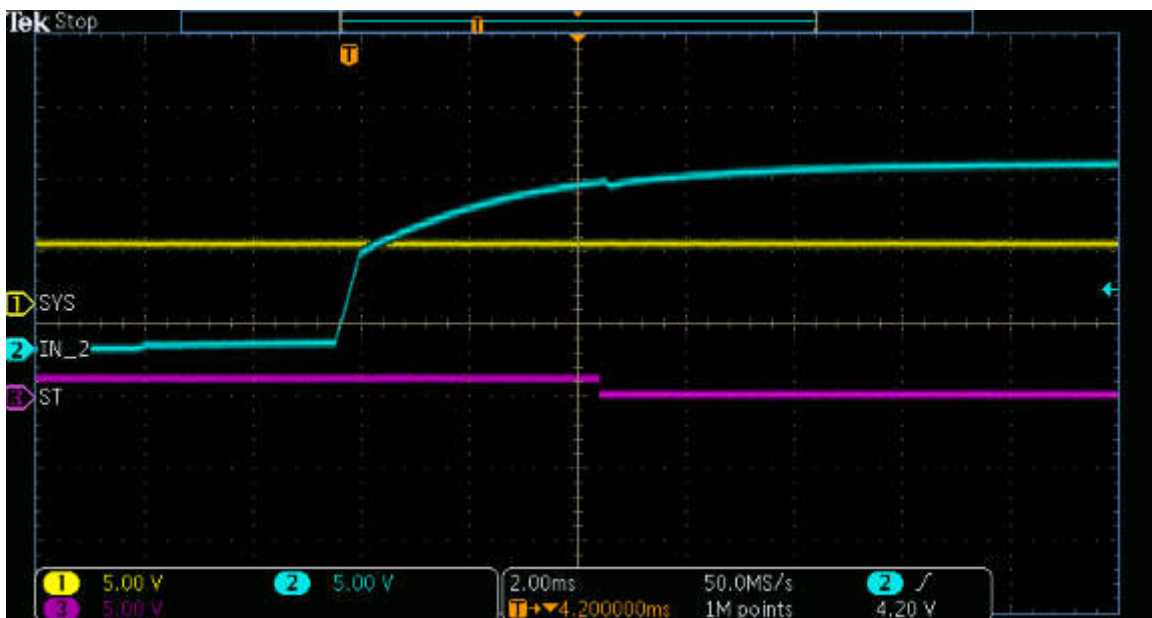


図 2-8. テスト 6: 追加容量 100uF、出力電流 3A

これら 2 つのテストは、はるかに大きな負荷条件で実施し、TPS2121 出力ノードには非常に大きな容量値が必要でした。この波形には、システム電圧の降下に加え、入力波形に大きな振動があります。

また、電子負荷により 12V で TPS2121 から 2A を消費させながら、TPS2121 の両端での電圧降下をテストしました。電圧降下は約 0.11V で、これは抵抗値として記載されている 56mΩ に厳密に追従しています。

2.2 マルチセル チャージャ IC

バッテリー充電アプリケーションでデュアル ソースを使用するもう 1 つの方法は、デュアル入力セクタを搭載した TI のマルチセルバッテリー チャージャ IC (BQ25798、BQ25672、BQ25692) の 1 つを使用する方法です。BQ25692 の最小入力電圧は 6V で、発表されている他の製品の 3.6V ~ 3.9V に比べるとはるかに高いため、多くのシングル セル アプリケーションでは推奨されません。

デュアル入力機能の実装については、それぞれのデバイスのデータシートに明記されており、この機能に必要な外部 FET に関する推奨事項については、IC の EVM ユーザー ガイドを参照してください。

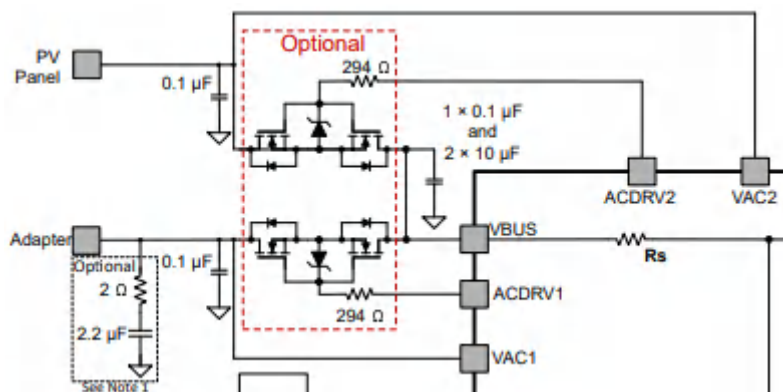


図 2-9. アプリケーション図のセクション

2.3 デュアル チャージャ

この例では、BQ25186 リニア 1A バッテリ チャージャ IC とともに、BQ25638 を使用します。このアプリケーションでは、2 つのソースがそれぞれのチャージャ IC に接続され、各 IC のバッテリ (BAT) ピンが再び相互に短絡し、バッテリに接続されます。また、スイッチング チャージャのシステム出力がシステム負荷に接続されます。

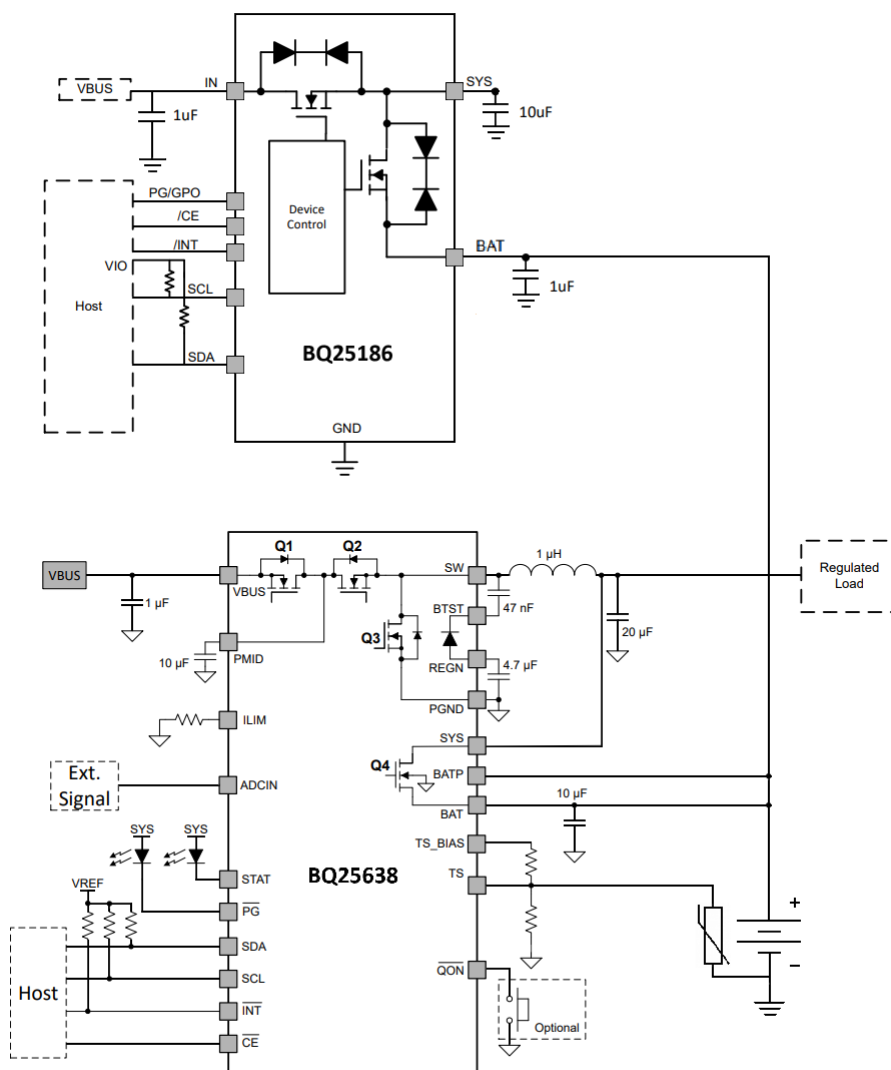


図 2-10. パラレル チャージャのブロック図

システム設計者は両方のデバイスのシステム出力をシステム負荷に接続できますが、これには比較的複雑な制御上の課題が伴うため、図 2-10 に示す構成が推奨されます。この構成でも、両方のデバイスの **BATFET** を通じてリニア チャージャの電流がシステム負荷に寄与します。これには、両方の **BATFET** を通過することで抵抗が増加するという明らかな欠点があります。システム設計者は、**BAT** 出力と **SYS** 出力の両方を並列に接続する際に、非充電デバイスの **BATFET** がアクティブでないことを確認する必要があります。接続方法はいくつかありますが、正しく行わないと、充電 IC の一方または両方が損傷する可能性があります。

システム出力に関する上記の検討事項ほど重要ではありませんが、システムとホストの両方に有効な入力がある場合でもアクティブに充電されるのが 1 つだけになるように、TI ではホスト プロセッサにチャージャを制御させることを推奨しております。チャージャが同時にアクティブになってもシステムを損傷させることはありません。ただし、それぞれの充電電流が相互に追加されるため、システム設計者は、この機能が必要な場合に、充電電流の合計がバッテリーの定格充電電流を超えないようにする必要があります。

アプリケーション図に示されている容量 **20uF** は降圧コンバータ回路において重要な役割を果たすため、特にスイッチング チャージャの場合、適切な出力コンデンサを各 IC の近くに配置してください。さらに、デバイスには異なる **I2C** アドレス (リニア チャージャの場合は **0x6A**、スイッチング チャージャの場合は **0x6B**) があるため、**I2C** ラインを相互に接続することもできます。また、割り込みピンは両方ともオープンドレイン出力であるため、割り込みピンを一緒に配線することもできます。

2.4 eFuse (USB OTG)

TI の大半のパワー マルチプレクサは逆電流を許容しないため、バッテリーチャージャ IC によるバッテリー電圧の上昇と電源としての動作を可能にする USB OTG 機能は利用できません。ただし、これは 2 個の eFuse を使用すれば実現できます。ほとんどのデュアルソースアプリケーションでは、両方のソースが USB OTG ポートではないため、コスト効率を最大限に高めるために、USB OTG 以外のソースに単方向 eFuse を使用し、USB OTG ポートに双方向 eFuse を使用する必要があります。

この例で選択した部品は双方向 eFuse の TPS25948 と単方向 eFuse の LM7310 です。データシートに掲載されている TPS25948 の代表的なアプリケーション図では、これらの eFuse のうち 2 個がバッテリー充電 IC と組み合わせて使用されています。

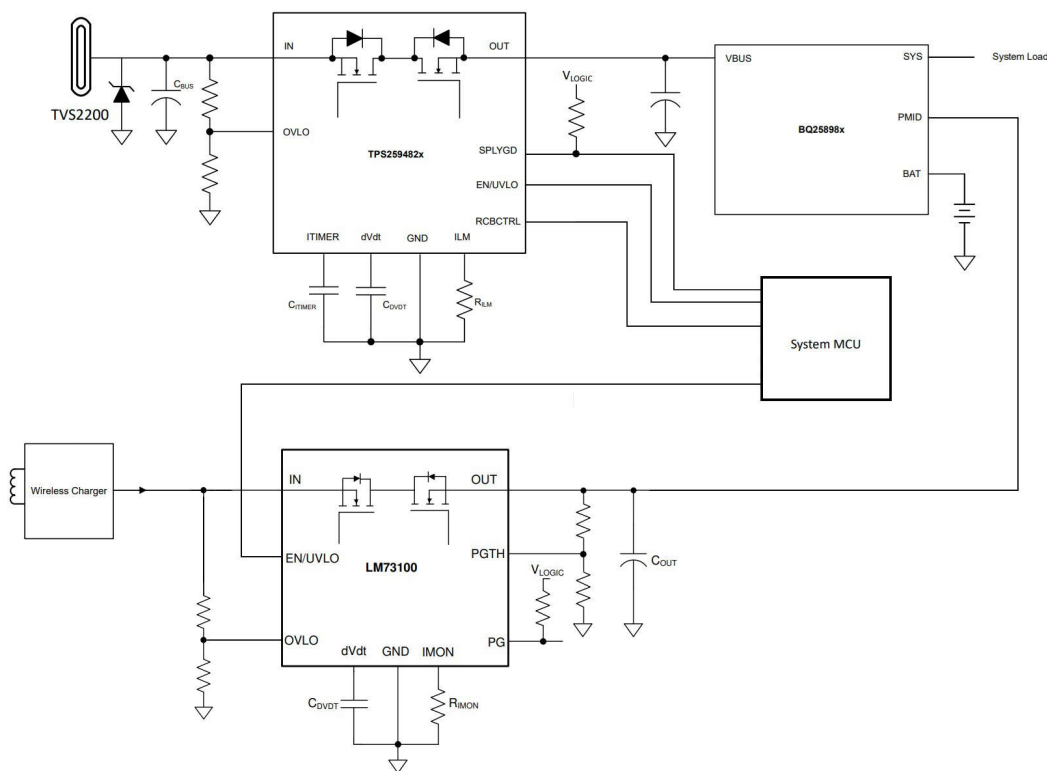


図 2-11. eFuse を使用したデュアルソースのアプリケーション図

注目すべき特徴の一つは、第 2 の eFuse 出力とバッテリーチャージャ IC の PMID ピンとの接続です。PMID ピンは、バッテリーチャージャ IC 内の複数の双方向 FET の間にあるノードへの直接接続として機能し、通常は追加のデカップリングコンデンサに使用します。チャージャによっては、OTG 出力を PMID ピンから取得する必要がある場合 (BQ2589x など) や、OTG 出力を VBUS から取得する必要がある場合 (BQ25638 など) があるので、注意してください。

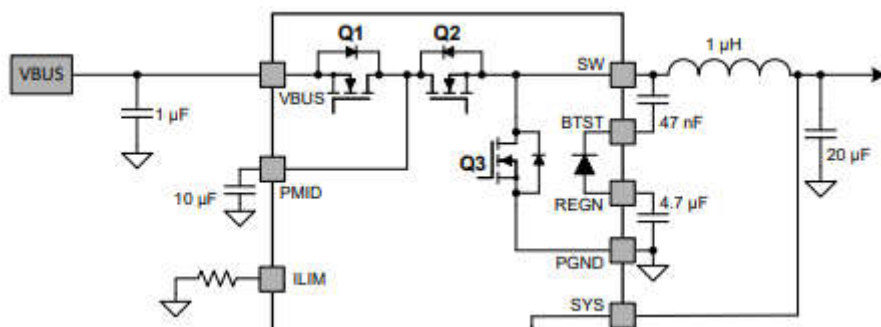


図 2-12. アプリケーション図のセクション

3 まとめ

表 3-1. アーキテクチャの比較

トポロジ	パワー マルチプレクシング	パワー マルチプレクシング	デュアル チャージャ	マルチ セル	E-Fuse
チャージャ	BQ25638	BQ25622E	BQ25638 + BQ25186	BQ25798	BQ25638
入力制御	TPS2121	TPS2116	なし	4x CSD17581	TPS25948+ LM3710
価格	\$2.10	\$1.25	\$2.12	\$2.53/\$2.08	\$2.29
複合フットプリント	9.8mm ²	10.86mm ²	9.8mm ²	136mm ² /20.7mm ²	13.16mm ²
その他の制御	なし	なし	アクティブ	なし	アクティブ

上記の比較表には実現可能な設計とそれぞれ長所と短所が示されています。価格は、TI.com に掲載されている 1,000 個単位の価格 (入手可能な場合) を採用しています。最初の 2 つの設計は、アプリケーション ノートの最初の部分で詳細が取り上げられているパワー マルチプレクサトポロジをベースとしています。

最初の設計では BQ25638 と TPS2121 を使用しており、システム設計者は、最大入力電圧 18V と最大入力電流 3.2A を含めた幅広い充電 IC 機能を活用できます。また、パワー マルチプレクサの設計では、必要な機能に応じて、追加の受動部品を非常に少なく抑えることができます。わずかな数個の小さな抵抗のみで済む場合もあります。

2 番目のパワー マルチプレクサ設計は、異なるチャージャ IC を使用してコスト重視の設計を行うことを意図しています。この設計は、充電電流 3.2A など特徴の多くが同じで、主な違いは、パッケージが大きく (QFN タイプ)、最大入力電圧が低く、抵抗が高い BATFET です。さらに、この設計ではコストを削減するために別のパワー マルチプレクサが選択されています。ただし、このパワー マルチプレクサはそのチャージャよりもスペックが低く、入力電流と電圧が 2.5A と 5.5V に制限されます。さらに、回路の残りの部分を高電圧から保護するために、多少の入力保護が必要になる場合があります。

デュアル チャージャ設計は、2 つの入力電源に 2 つの異なるチャージャトポロジを活用するアプリケーションにおいて、独自の利点をもたらします。例えば、小さな太陽電池のように、1 つの入力の消費電力が比較的低い場合、その入力に対して低スペックのリニア チャージャを選択し、もう 1 つの入力に対して別のスイッチング チャージャを選択することができます。これにより、システム設計者は、各入力に対してのみ必要なレベルのスペックを備えたチャージャを選択することで、コストを最小化できます。

4 番目の設計では TI のマルチセル チャージャのうちの 1 つを使用しており、これに 4 つの FET を組み合わせることでデュアル ソース機能を実現しています。この設計では、2 種類のフットプリントと価格が提示されています。それぞれの 1 つ目は、充電チップの EVM で示されている FET を使用する場合のコストとフットプリントを示しています。2 つ目は、TI の FemptoFET ラインの CSD13385F5 FET を使用する場合のコストとフットプリントを示しています。元の FET の定格電流と定格電圧は、ほとんどのシングルセル充電アプリケーションで必要とされる値よりもはるかに大きくなっています。コストとフットプリントに関する競争力が高いシステムを構築するために、TI では、アプリケーション要件に基づいて新しい FET を選定することを推奨しております。

最後の設計は、デバイスを電源として使用する USB OTG アプリケーションに適用できます。さらに、eFuse はパワー マルチプレクサ設計と比較して、オン抵抗が非常に低いという利点があります。主な欠点は、この設計では 3 つの独立した IC を使用するためのフットプリントが必要になることと、ヒューズのアクティブ化を制御するためにホストとインタラクションが増えることです。

4 参考資料

テキサス インストルメンツ、「[TPS212x シームレス切り替え機能付き優先パワー マルチプレクサ \(2.8-V ~ 22V\)](#)」データシート。

テキサス・インストルメンツ、「[BQ25638 NVDC 電源パス管理 / USB OTG ブースト出力機能付きチャージャ \(I2C 制御、5A、最大 18V 入力\)](#)」データシート。

テキサス・インストルメンツ、「[BQ25622E NVDC 電源パス管理機能付き降圧バッテリー チャージャ \(I2C 制御、1 セル、3A、最大 18V 入力\)](#)」、データシート。

テキサス・インストルメンツ、「[TPS2116 手動優先切り換え機能付き低 IQ パワー マルチプレクサ \(1.6V ~ 5.5V、2.5-A\)](#)」データシート。

テキサス インストルメンツ、「[BQ25186 パワー パス、シップ モード、シャットダウン モード、バッテリートラッキング VINDPM 付きリニア バッテリー チャージャ \(1 セル、1A I2C\)](#)」データシート。

テキサス インストルメンツ、「[BQ25798 デュアル入力セクタ、ソーラー パネル用 MPPT 機能、高速バックアップ モード付き昇降圧バッテリー チャージャ \(I2C 制御、1 ~ 4 セル、5A\)](#)」データシート。

テキサス・インストルメンツ、「[CSD17581Q5A N チャンネル NexFET™ パワー MOSFET \(30V\)](#)」データシート

テキサス インストルメンツ、「[LM73100 入力逆極性および過電圧保護機能付き統合型理想ダイオード \(2.7 ~ 23V、5.5A\)](#)」データシート。

テキサス インストルメンツ、「[TPS25948xx 双方向電力供給機能付き eFuse \(3.5V ~ 23V、12.2mΩ、8A\)](#)」データシート。

テキサス・インストルメンツ、「[CSD13385F5 N チャンネル FemtoFET™ MOSFET \(12V\)](#)」データシート

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