

パワー・パス搭載バッテリー充電器の採用でアプリケーションを最適化

Charles Harthan

Product Marketing Engineer

はじめに

バッテリーの選択肢は多く、システム要件も多様なため、バッテリー駆動時間を最大化するとともに最適なシステム性能を実現できるような、最善のバッテリー充電 IC (集積回路) を設計することが困難な場合があります。パワー・パス搭載およびパワー・パスを搭載していない、どちらのバッテリー充電器を選択するかによって、充電 IC の機能に大きな影響を及ぼす可能性があります。

図 1 では、非電力パス・デバイスの充電パスが 1 つあります。このパスにおいて、システムとバッテリーは同じノードに接続されています。したがって、システムの使用とバッテリーの充電を同時に行う必要がない場合は、パワー・パス以外の充電方法も一つの選択肢として有効です。システムへの電力供給とバッテリーへの充電のどちらにどのくらいの電流が向けられるか制御できないからです。シェーバーや電動自転車などのアプリケーションは、パワー・パスを搭載していない充電器に適しています。

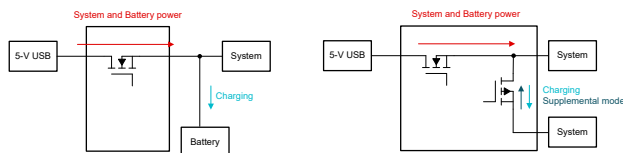


図 1. パワー・パスのブロック図と非パワー・パスのブロック図。

Q2 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) を内蔵したバッテリーでは、システムへの電力供給とバッテリーの充電に使用する電流の量をカスタマイズできます。そのため充電と使用の両方が同時に発生する可能性がある製品では、パワー・パス充電の方が優れた選択肢になります。このカスタマイズは、バッテリーを著しく放電した場合にも有用です。バッテリーを著しく放電した場合、多くの場合は小電流で充電されるため、パワー・パス・デバイスによって、アダプタからシステムとバッテリーへの電流が独立してレギュレートされ、バッテリーに小さ

な電流が供給されます。これにより、システムに引き続き、ターンオンに必要な電力が供給され続けます。

バッテリーの充電中にシステム電流の需要が高くなる場合、Q2 MOSFET をターンオンして入力とバッテリーからの電力を組み合わせ、システム負荷をサポートすることもできます。この機能を補助モードと呼びます。このモードでは、システムによって入力からの供給よりも多くの電流が引き出される場合に、入力からの電流に追加してバッテリーから電流が取られ補充されます。パワー・パス充電器の機能を活用できる代表的なアプリケーションは、スマートフォンです。

以降のセクションでは、パワー・パス・トポロジを使用してシステム性能とバッテリー駆動時間を向上させる方法を示します。

製品保管期間の最大化

配送中の製品は、購入されるまで数か月間保管されていた可能性があります。消費者は一般に、製品をすぐに使い始めたいと考えます。一部の国では、出荷前のバッテリー充電量を一定の量に制限する新しい出荷制限が導入されているため、どんな場合においてもバッテリー容量を節約することが重要になります。

非パワー・パス・トポロジでは、システムがバッテリーに直接接続されるため、システムがローパワー・モードに移行する必要があります。ローパワー・モードでは多くの場合、ロード・スイッチや、バッテリーをシステムから絶縁するための他の方法が要求されます。

パワー・パス・トポロジでは、バッテリー FET は出荷モード (製品が消費するバッテリー電流が最も低い状態) でシステムからバッテリーを切断できます。また、出荷モードでは、バッテリー FET がシャットオフされることにより、バッテリーからシステムに電力が供給されません。パワー・パスと出荷モードを搭載した充電 IC を設計すると、ユーザーがアダプタを接続したり電源ボタンを押したときに、すぐにターンオンさせることができます。

ウォッチドッグ・リセットを使用する

状況によっては、システム・プロセッサまたはホストが応答しない場合、強制的なハードウェア・リセットまたは電源の切断と再投入が必要になることがあります。これは、ウォッチドッグ・リセットを使用して実現できます。たとえば、テキサス・インスツルメンツの BQ25180 充電器デバイスでは、以下のような条件を満たす場合、ハードウェア・リセットが可能です。

- アダプタに接続した後、15 秒以上 I2C 通信が行われな
- い。
- ユーザーがリセット・ボタンを長時間押した。
- 最後の I2C 通信からの時間が 40 秒を超えた。

ハードウェア・リセット・シーケンス中、充電器 IC ではシステムがバッテリーおよびアダプタ (存在する場合) から切り離され、設定可能な期間待機した後、システムがオンに戻されます。これにより、システムの起動と初期化が可能になります。パワー・パスを搭載していない充電器デバイスの場合は、バッテリーがシステムに物理的に接続されているため、ハードウェア・リセットを実行するために外部ロード・スイッチが必要になることがあります。

バッテリー容量を最大限に活用する

充電器 IC を設計する際の目標は主に、バッテリー容量を最大化することです。それにより、充電を行うまでの間の時間を長くすることができるためです。終了電流 (I_{TERM}) の監視が不正確である場合、**図 2** に示すように、目的の I_{TERM} 値よりも大きい値で充電が終了し、バッテリー容量を使い切ることができない可能性があります。

パワー・パスにより、 I_{TERM} がより正確になり、多くのバッテリー容量を活用できます。リチウムイオン (Li-ion) 充電プロファイルでは、定電圧フェーズ中に充電電流が I_{TERM} に達するまで徐々に弱まり、その後シャットオフされます。バッテリー容量を最大化するには、 I_{TERM} を小さくするとともに、低い I_{TERM} 値を正確に測定して充電を正確に終了できることが重要です。パワー・パスにより、Q2 バッテリー FET を通過する電流を測定することで、低い値における正確な電流監視が可能になります。

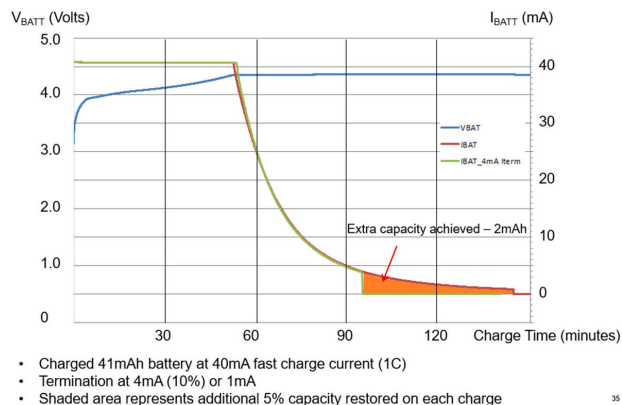


図 2. 低い I_{TERM} により増える容量。

図 2 はまた、不正確な I_{TERM} 監視により 1mA ではなく 4mA で終了する可能性があることも示しています。これは、利用可能な 41mAh のバッテリー容量のうち 5% が使用できなくなることを意味します。パワー・パス搭載の充電器では、充電電流とシステム電流が個別にレギュレートされるため、システム電流の変動は充電電流に影響を与えません。すなわち、充電の終了を一定の事前定義値において発生させることが可能なため、バッテリーの充電状態を最大化できます。

パワー・パスを使用して正確かつ低い I_{TERM} を実現することは、蛇口からコップに水を注ぐことに例えることができます。コップはバッテリー、コップの水はバッテリーの電荷量、蛇口からの水は充電電流です。目的は、水が溢れないようにしながら可能な限りたくさん水をコップに注ぐことです。水がコップの縁に近付いたときに、蛇口から流入する水の量を徐々に減らすことにより、水の総量を容易に制御できるようにすれば、この作業ははるかに簡単になります。蛇口からの水を常に最高の流量にすると、水が溢れる可能性が高くなります。あるいは、コップがいっぱいになる前にコップを蛇口から離すこととなります。これをバッテリー充電器に当てはめると、充電電流 (蛇口からの水) を制御された測定可能な I_{TERM} に制限することによって、バッテリーの過充電や充電不足を発生させずに、充電器によりバッテリー (コップ) にできるだけ大きい電荷量 (コップの水) を充電できるということになります。

バッテリーの消耗を最小限に抑える

再充電可能なバッテリーが複数回の充電と放電サイクルを経ると、システムへの電力供給能力が低下し、その性能と動作時間に悪影響を及ぼす可能性があります。バッテリーとシステム

の両方の寿命を最大化するには、バッテリーの総サイクル数を制限するように IC を設計することが重要です。

図 3 から、再充電サイクル数が増加するにつれて、リチウムイオン・バッテリーのセル容量が減少することがわかります。パワー・パス・バッテリー充電 IC を設計すると、バッテリー FET をシャットオフして寿命を最大化できます。システムにアダプタから直接電力を供給し、システムがバッテリーからの電力を使用することを防止すると、バッテリーの放電と再充電の必要がなくなります。パワー・パスを使用すると、アダプタが存在する場合はアダプタのみからシステムに電力を供給することを選択できます。これにより、バッテリーの再充電サイクル数が減り、バッテリー駆動時間が最大化されます。

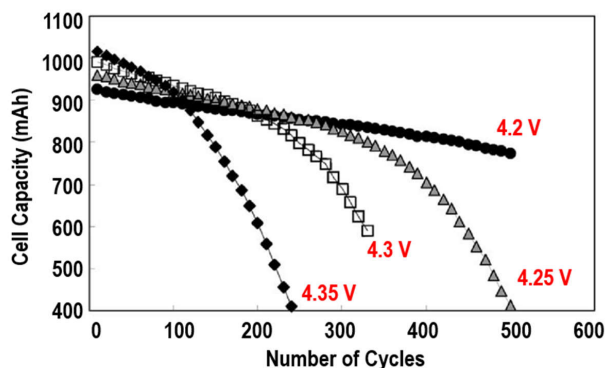


図 3. リチウムイオン・セルの容量と再充電サイクル数の関係。

注

『Factors that affect cycle-life and possible degradation mechanisms of a Li-Ion cell based on LiCoO₂』, Journal of Power Sources 111 (2002) 130~136

テキサス・インスツルメンツのパワー・パス搭載バッテリー充電器

BQ25180 などのリニア充電器は、充電電流が 1A 未満のアプリケーションにおいて有用です。BQ25180 には、バッテリーを節約するための低消費電力のモードを実現する、出荷モードが搭載されています。出荷モードでは、バッテリーの静止電流はわずか 15nA であり、BQ25180 の通常動作時のバッテリー静止電流、3μA よりも大幅に低くなります。BQ25180 の I_{TERM} は 0.5mA と非常に低い値にプログラム可能なため、バッテリーを最大容量まで充電できます。 I_{TERM} は、プログラムされた高速充電電流の 10% に固定されており、I²C 通信を使用して

簡単に変更できるため、簡単に調整できます。また、この充電器は、補助モードではシステム電力を優先します。

BQ25620 は、パワー・パスを搭載したスイッチング降圧型充電器です。スイッチング充電器は、電力が比較的大きいアプリケーションにより適しているため、1A を超える充電電流を必要とするアプリケーションに対して有用です。BQ25620 は最大 3.5A の充電電流を供給できます。また、バッテリーを節約するための出荷モードが搭載されています (バッテリー静止電流は 150nA)。同時に、補助モードを使用することによりシステム性能が最適化されます。BQ25620 では、バッテリー容量を最大化するために、 I_{TERM} が 10mA と低く設定されており、I²C 通信を使用して簡単にカスタマイズ可能です。

まとめ

パワー・パス搭載バッテリー充電器 IC とパワー・パスを搭載していないバッテリー充電器 IC の間にはトレードオフがあります。パワー・パス搭載バッテリー充電器 IC は、バッテリーを節約する「出荷モード」などの追加の電力モード、応答しないホストを回復するための完全なシステム・リセット機能、バッテリー容量を最大化して動作時間を延長するとともにバッテリーの消耗を最小限に抑える機能など、バッテリー FET を活用した追加機能を提供します。この種の充電器 IC は、充電とシステムの使用を同時に行う必要があるアプリケーションにおいて、バッテリーとシステムの性能向上に寄与します。

関連ウェブサイト

- リニア充電器とスイッチング充電器の違いについての概要は、ビデオ「[バッテリー充電器のトポロジとアプリケーションの概要](#)」をご覧ください。
- ビデオ「[シングルセル・バッテリーの高速充電のトレンドと課題](#)」では、充電器のバッテリー安全機能について詳しく説明しています。
- 出荷モードの詳細については、技術資料「[プルタブを開ける: リチウムイオン・バッテリーの設計で出荷モードを実装する方法](#)」をご覧ください。

重要なお知らせ:ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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