

USB-C バックブーストバッテリー充電の基礎知識

概要

このホワイトペーパーでは、USB Type-C®の普及に伴って進化してきた電力供給アーキテクチャについて解説します。USB Type-C®は、単一のインターフェースで双方向の電力供給とデータ伝送を可能にします。本稿では、広い入力電圧範囲とバッテリー電圧範囲に対応する充電設計上の課題を整理し、プリブースト方式やバック／ブースト構成などの従来方式を比較したうえで、次世代の **USB-C** 給電システムには、柔軟性、効率、実装のコンパクトさに優れるバックブースト充電トポロジーが最適であることを示します。

目次

概要	1
はじめに	2
以前の電力供給システム	2
USB Type-C®への移行	3
USB-C におけるバッテリー充電に対する各種アプローチ	4
結論	6
参考文献	6
改訂履歴	6

はじめに

USB Implementers Forum^[1]によって標準化された USB Type-C[®]および USB Power Delivery(USB PD)の普及が進むにつれて、ノート PC、タブレット、周辺機器を含む最新のコンピューティングプラットフォームにおける電源インターフェースは、USB-C への集約が急速に進んでいます。

この移行に伴い、双方向の給電対応、USB PD Extended Power Range(EPR)による高出力化、動的なパワー制御など、システムの電源アーキテクチャには新たな要件が生じています。このため、システム設計者は、進化を続けるこれらの規格に対応できるように、従来の電力供給方式を見直すことが求められています。

本稿では、従来の PC 向け電力アーキテクチャを概観したうえで、USB Type-C[®]コネクタと高度な USB PD 機能導入により、どのように進化してきたかを考察します。さらに、複数のバッテリー充電トポロジーを比較し、USB-C 対応のバックブースト充電アーキテクチャが、最新の携帯機器設計に求められる柔軟性、高効率、小型化をどのように実現するかも示します。

以前の電力供給システム

USB-A/B ポート経由の充電は、これまでスマートフォンやタブレットなどの低電力アプリケーションで広く利用されてきましたが、これらの従来インターフェースでは、固定 5V かつ限られた電流しか供給できないため、より大きな電力を必要とする機器には適していません。

これに対して、USB Type-C[®]と USB Power Delivery(USB PD)を組み合わせた方式は、ノート PC、タブレット、スマートフォン、周辺機器を含む幅広い電子機器における最新の電力供給インターフェースとして定着しつつあります。USB-C では、接続機器間の動的ネゴシエーションにより、電圧および電流レベルを柔軟に設定できるようになりました。さらに、USB PD Extended Power Range(EPR)の導入により、供給可能電力は最大 240W まで拡大し、従来は専用 AC アダプターに依存していた高性能コンピューティングプラットフォームにも USB-C を採用できるようになっています。

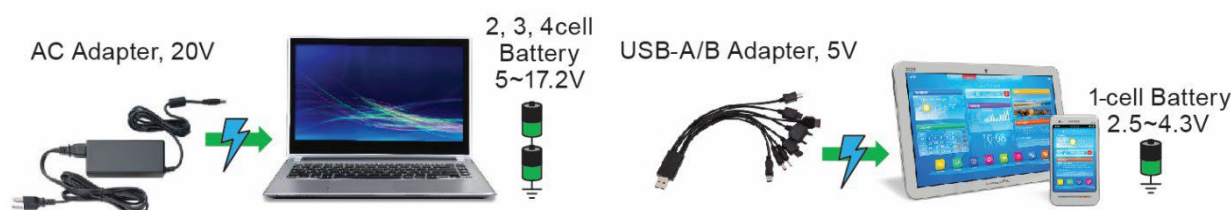


図1. USB PD 登場以前の電力供給アーキテクチャ

USB PD 登場以前のコンピューティング向け電力アーキテクチャでは、一般に AC アダプターが交流電圧を固定の直流出力(多くは 19V~20V 程度)に変換し、ノート PC などの主要機器へ給電すると同時にバッテリーを充電していました。こうしたシステムでは、1セルから4セルのリチウムイオンバッテリーパックが用いられており、各セルの動作電圧は充電状態に応じて通常約 2.5V~4.3V になっています。そのため、バッテリーパック全体の電圧範囲はおよそ 2.5V~17.2V となります。

このようなシステムでは、バッテリーチャージャーは通常、アダプター電圧を降圧してバッテリーを充電するバック方式を採用しています。また、従来の USB-A ポート向けには、スマートフォンやタブレットなどから外部機器へ給電するための 5V 出力は、多くはシステムバッテリーまたはアダプターからバックコンバーターで生成され、1 セルバッテリーシステムではブーストコンバーターが用いられます。

USB Type-C®への移行

USB Type-C®は、電子機器における電力供給と電力管理のあり方を大きく変えつつあります。USB Type-C®は、高速データ通信と双方向電力供給を両立し、汎用的でリバーシブルなコネクタになっています。従来のインターフェースとは異なり、USB-C では動的な電力ネゴシエーションが可能であり、システム要件に応じて機器が給電側にも受電側にもなることができます。

USB-C ポートは、USB Power Delivery により、電圧と電流を動的にネゴシエートでき、幅広い動作条件に対応できます。Standard Power Range (SPR、最大 100W)に加えて、Extended Power Range (EPR)ではさらに高い電力供給が可能となり、ノート PC、ゲーミングシステム、ドッキングソリューションなどの高性能機器にも対応できるようになりました。



図2. USB Type-C ベースの電力供給アーキテクチャ

USB-C 導入により、電力アーキテクチャは大きく変化しています。USB-C ポートは、広い電圧範囲(たとえば EPR 対応システムでは 5V~28V)の入力電力を受け入れ、1 セルから 4 セルなどのさまざまなバッテリー構成の機器を高効率に充電できます。最新システムでは、USB-C ポートは自身への受電だけでなく、対向となるスマートフォン、タブレット、そのほかの周辺機器への給電も担います。この双方向機能により、電力共有やマルチポート構成を含む柔軟なシステム設計が可能になりました。

その結果、電源管理システムには、より広い入力電圧範囲への対応、双方向電力フロー、動的な電力ネゴシエーション、そして多様な動作条件にわたる高効率動作が求められます。こうした要求を満たすうえで、高度なバックブースト充電アーキテクチャは不可欠であり、今日のコンピューティングプラットフォームに必要な柔軟性、高効率、コンパクトなシステム設計を実現します。

USB-C におけるバッテリー充電に対する各種アプローチ

USB Type-C®電力供給アーキテクチャにおける重要な課題のひとつは、広い入力電圧範囲(例えば、USB Power Delivery Extended Power Range : EPR 対応で 5V~28V)を、バッテリー電圧範囲(1~4 セルのリチウムイオンバッテリーで約 2.5V~17.2V)へ高効率に変換することです。入力電圧とバッテリー電圧の関係は動作条件に応じて変化するため、単純なバック方式やブースト方式だけでは、すべての条件での最適解とはなりません。

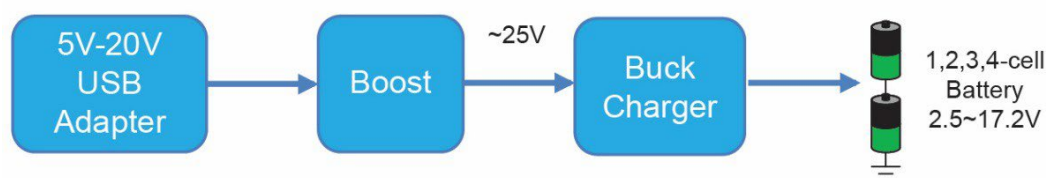


図3. プリブースト方式

図3は、プリブーストに基づくアプローチを示しています。この構成では、まず USB-C アダプター電圧を最大入力電圧より高いレベル（たとえば約 25V 以上）まで昇圧し、その後段のバックチャージャーでバッテリー充電電圧を制御します。この方式では、チャージャーを常に降圧動作で利用できる一方、追加のブーストコンバーター段が必要になります。そのため、システムコストと実装面積が増え、プリブースト段で生じる追加損失によって全体効率も低下します。

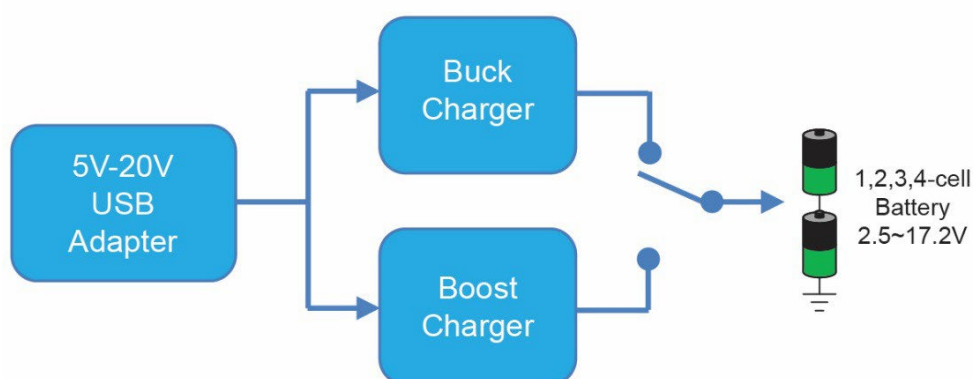


図4. バックチャージャーまたはブーストチャージャー方式

図4は、入力電圧とバッテリー電圧の関係に応じて、バックチャージャーまたはブーストチャージャーを使い分けるアプローチを示しています。この方法では専用のプリブースト段が不要になるため、前述の方式に比べて効率は向上します。しかし、降圧条件と昇圧条件の両方に対応するには、依然として複数の電力変換経路や追加回路が必要であり、システムの複雑さ、実装面積、コストは増加します。



図5. バックブーストチャージャー方式

図5に示すバックブーストトポロジは、より高い集積度と効率を備えたソリューションです。入力電圧がバッテリー電圧より高い場合はバック動作、低い場合はブースト動作、両者が近い場合はバックブースト動作へとシームレスに移行できます。

この柔軟性により、部品点数を抑え、システムサイズを小型化し、全動作範囲にわたって総合効率を高める単段電力ソリューションが実現できます。バックブーストチャージャーアーキテクチャは、広い入力電圧範囲への対応、双方向動作、あらゆる動作条件での最適化性能といった、USB-C 電力システムに求められる主要要件を満たしています。

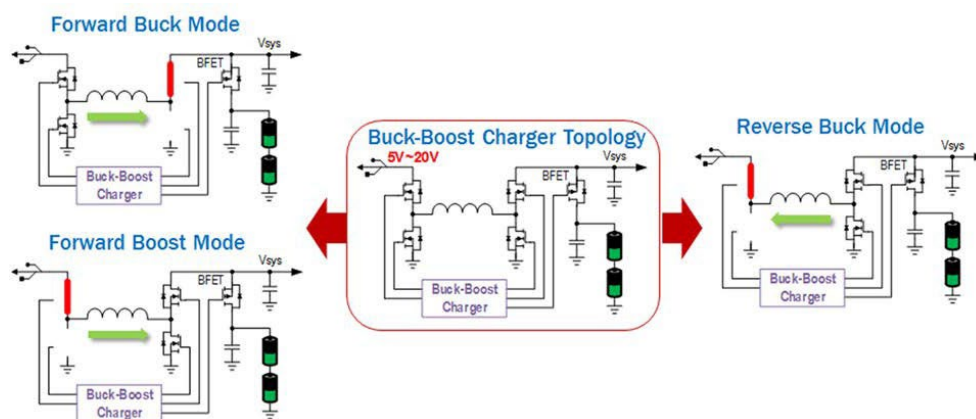


図6. バックブーストチャージャーのトポロジ

USB Type-C®バックブースト型バッテリー充電ソリューションの代表例が、Renesas の RAA489110^[2]です。図6は、このアーキテクチャに基づく典型的なバックブーストチャージャーのトポロジを示しています。

RAA489110は、4つのスイッチング MOSFET、1つのインダクター、そしてバッテリー接続 FET (BFET) で構成される 4 スイッチのバックブーストトポロジを採用しています。スイッチング段はバックレグとブーストレグで構成され、さまざまな電力変換モードをシームレスに切り替えられます。このアーキテクチャにより、入力電圧がバッテリー電圧より高い場合はバック動作、低い場合はブースト動作、両者が近い場合はバックブースト動作が可能です。さらに逆方向動作にも対応しており、バッテリーから USB Type-C ポートへ電力を供給して、スマートフォン、タブレット、ポータブル電源システムなどの外部機器をサポートできます。

RAA489110 は高度な機能を備え、システムホストまたは組み込みコントローラーとの SMBus/I²C 通信をサポートします。Programmable Power Supply(PPS)および Extended Power Range(EPR)にも対応し、PROCHOT#、システム電力監視(PSYS)などの Intel IMVP 準拠機能を含む、最新プラットフォームの要件を満たすよう設計されています。さらに、アダプター過電流、バッテリー過電流、過熱保護、システム電圧レギュレーションなど、複数の保護・監視機能を内蔵、アダプターの電力能力を最大限に活用するためのプログラマブルな多段階アダプター電流制限にも対応しています。標準 AC/DC アダプター、USB PD 電源、トラベルアダプター、モバイルバッテリーなど、幅広い入力電源に対応しており、入力電力能力が可変であったり動的にネゴシエートされたりする場合でも、堅牢な動作を実現できます。

結論

Renesas の RAA489110 のような高度な USB Type-C[®]バックブースト型バッテリーチャージャーの登場により、最新のモバイル PC や携帯機器では、USB Type-C[®]コネクタを用いた高効率の双方向電力供給が可能になりました。USB Type-C[®]は、USB PD により双方向電力フローと動的な電力ネゴシエーションをサポートすることで、電力供給とデータ接続を簡素化します。さらに、Extended Power Range(EPR)の導入により、より大きな電力レベルに対応し、幅広いコンピューティングプラットフォームで利用できるようになりました。このような USB-C エコシステムの進化により、1 本のケーブルで多様な機器やアプリケーションに対応できる統一的な電源インターフェースが実現し、システム設計の簡素化とユーザー体験の向上に貢献します。

参考文献

- [1] USB Implementers Forum www.usb.org
- [2] Renesas RAA489110 <https://www.renesas.com/ja/products/RAA489110>

改訂履歴

版数	日付	説明
2.00	Jun 18, 2026	USB規格関連と製品情報を更新
1.00	Aug 2018	初版

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

RENESAS ELECTRONICS CORPORATION AND ITS SUBSIDIARIES ("RENESAS") PROVIDES TECHNICAL SPECIFICATIONS AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD-PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for developers who are designing with Renesas products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate products for your application, (2) designing, validating, and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. Renesas grants you permission to use these resources only to develop an application that uses Renesas products. Other reproduction or use of these resources is strictly prohibited. No license is granted to any other Renesas intellectual property or to any third-party intellectual property. Renesas disclaims responsibility for, and you will fully indemnify Renesas and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, or liabilities arising from your use of these resources. Renesas' products are provided only subject to Renesas' Terms and Conditions of Sale or other applicable terms agreed to in writing. No use of any Renesas resources expands or otherwise alters any applicable warranties or warranty disclaimers for these products.

(Disclaimer Rev.1.01)

Corporate Headquarters

TOYOSU FORESIA, 3-2-24 Toyosu,
Koto-ku, Tokyo 135-0061, Japan
www.renesas.com

Contact Information

For further information on a product, technology, the most up-to-date version of a document, or your nearest sales office, please visit www.renesas.com/contact-us/.

Trademarks

Renesas and the Renesas logo are trademarks of Renesas Electronics Corporation. All trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.