

統合型で拡張性に優れた USB Type-C バッテリー充電アーキテクチャ

概要

本ホワイトペーパーでは、RAA489800 や RAA489110/RAA489118 などの Renesas デバイスを用いた USB Type-C®電源アーキテクチャを紹介します。このアーキテクチャでは、双方向電力制御とバッテリー充電機能を統合し、システムの複雑さと BOM コストを抑えながら、性能の向上、効率的なマルチポートでの電力共有、そして高い拡張性を実現しています。さらに、USB Power Delivery 3.1 (PPS を含む)に完全対応し、動的電圧/電流制御により、次世代アプリケーションの電力供給を最適化します。

目次

概要	1
はじめに	2
USB Type-C®バッテリー充電の次世代アーキテクチャ	2
Programmable Power Supply(PPS)ソリューション	5
結論	6
参考文献	6
改訂履歴	6

はじめに

USB Type-C®インターフェースは、電子機器への給電や充電のあり方を大きく変えつつあります。リバーシブルコネクタの採用により、向きを気にせず簡単に挿入できるだけでなく、ケーブルの両端をいずれの機器にも接続できる真の双方向接続を実現できるようになりました。さらに、システムレベルのネゴシエーションによって接続構成や電力の向きが自動的に決まるため、シームレスな動作が可能です。

USB Type-C®では高速データ転送に加え、双方向電力供給機能も大幅に拡張されています。従来は最大 100W (20V、5A)サポートでしたが、USB Power Delivery 3.1(USB PD 3.1)以降では Extended Power Range(EPR: 28V、36V、48V)の導入に伴い、最大 240W までサポートできるようになりました。この進化により、USB-C は高性能ノート PC やタブレット、さらに高電力を必要とするさまざまな機器における主要な電源インターフェースとなってきました。

USB PD と USB Type-C®の普及に伴い、システム設計者には電源管理や電圧制御に対して、これまで以上に高度な対応が求められています。固定で動作する従来の USB Type-A や Type-B インターフェースは電圧レベルが固定されているのに対して、USB Type-C®は、双方向電力供給ポートとして機能し、電圧と電流を動的に調整できます。この柔軟性により、最新システムでは従来の AC/DC アダプターや複数のレガシーポートを、単一の USB-C インターフェースで置き換えられるようになっていきます。その結果、多くの設計で、より高い電力処理能力と優れた柔軟性を実現するために、2 ポート以上の USB Type-C®構成が採用されるようになってきています。

一方で、複数の USB Type-C®ポートを搭載する従来のシステムアーキテクチャは複雑であることが多く、外付けのバックブーストレギュレーターや個別のバッテリーチャージャ IC など、複数のディスクリット部品を必要とするのが一般的でした。これらのアプローチは、システムコストや基板面積、設計の複雑さが増すだけでなく、拡張性も制約されることになります。

本ホワイトペーパーでは、RAA489110^[1]/RAA489118^[2]バックブースト・バッテリーチャージャーおよび RAA489800^[3]ファミリーをはじめとする Renesas の高集積電源管理デバイスを用いたシステムアーキテクチャを提案します。これらのデバイスは、充電、システム電源制御、双方向電力経路制御を単一ソリューションとして統合し、設計を大幅に簡素化しながら、PPS やマルチポート動作を含む USB PD 3.1 機能に幅広く対応しています。さらに、このアーキテクチャにより、Programmable Power Supply(PPS)を効率的に実装できるようにし、広い動作範囲にわたって電圧と電流をきめ細かく制御しながら、最適な電力供給を実現できます。

USB Type-C®バッテリー充電の次世代アーキテクチャ

図 1 は、RAA489800 双方向バックブースト(BB)電圧レギュレーターと、RAA489110 または RAA489118 バックブースト・バッテリーチャージャーで構成される USB Type-C®アーキテクチャを示しています。この構成により、システムは USB Type-C®ポート経由でバッテリーを充電でき、USB-C_1 および USB-C_2 に 2 台の PD 充電器が接続された場合には高速充電にも対応します。また、複雑な追加のポート制御ロジックを必要とせず、両ポートで完全な USB 3.1 機能を実現できます。

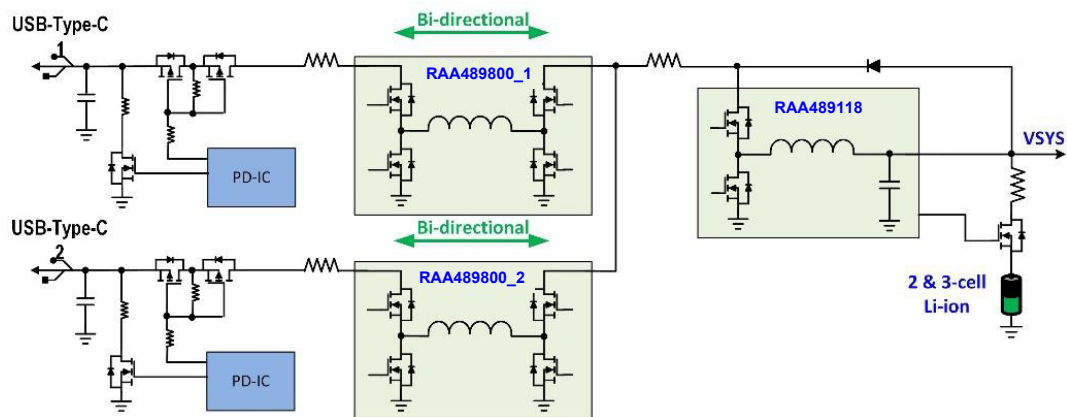


図1. Renesas バッテリーチャージャーアーキテクチャ

デュアル USB Type-C®ポート、2 系統の BB レギュレーター+降圧チャージャー

図1と図2を比較すると、従来のバッテリーチャージャーアーキテクチャでは、Renesas のチャージャーソリューションと同等の機能や性能を実現するために、より多くのデバイスと複雑な外部回路が必要になることが分かります。従来の実装では、充電パスごとに ASGATE 制御や充電機能を管理する専用の USB-PD コントローラが必要になるのが一般的で、システム全体のコストと設計の複雑さが増加することになります。さらに、双方向電力経路制御を実装するには、追加の制御回路が必要になる場合もあります。これに対して、Renesas バッテリーチャージャーアーキテクチャは、これらの機能を効率よく統合し、外付け部品を削減することでシステム設計を簡素化しています。

また、従来の降圧コンバーターをベースとした OTG 実装では、出力電圧は通常 5V 固定に制限されます。このため、USB PD 仕様で求められる 5V~20V 以上のような広範囲で動的に調整可能な出力電圧を必要とする、多くの USB Type-C®アプリケーションの要件を満たすことはできません。

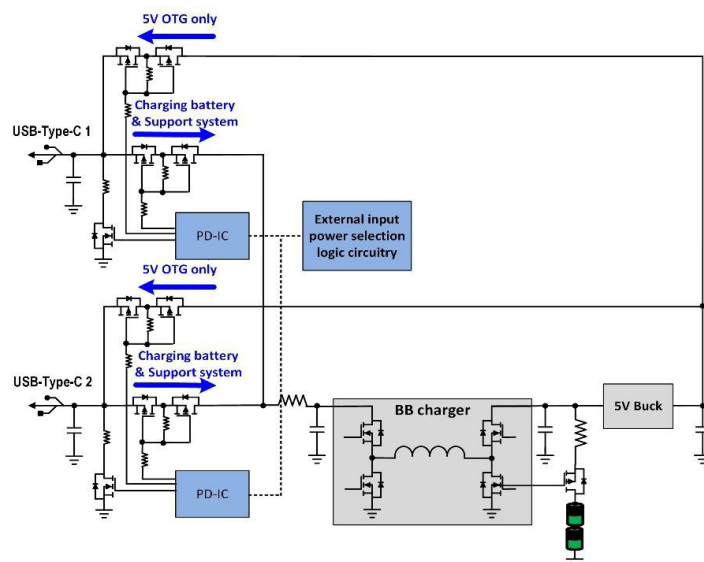


図2. 従来のバッテリーチャージャーアーキテクチャ

1 系統の BB チャージャー+複雑な外部ロジック

Renesas では、高集積かつ拡張性に優れた電源ソリューションにより、従来のチャージャー実装が抱える制約を解消します。図 1 に示すように、RAA489800 のような双方向バックブーストコントローラーを並列接続することで、2 つの USB Type-C®ポートを RAA489118 または RAA489110 のようなシステムバッテリーチャージャーに接続することができるようになります。このアーキテクチャでは、独立した電源経路管理回路や追加の外部制御ロジックを含む複数のディスクリート部品が不要となるため、システム設計を大幅に簡素化し、全体の BOM コストを削減できます。部品点数を減らしながらも、システム性能は十分に維持され、場合によってはさらに向上します。

一般的な動作条件下では、USB Type-C®入力からの電力は、バックブースト段を介してシステムチャージャーへ高効率で直接伝達されます。2 つの RAA489800 コントローラーを並列接続することで、システムは複数の電源を柔軟に利用できます。たとえば、電力能力の異なる 2 つの USB Type-C®アダプターが接続された場合、2 つのデバイスの制御ループが電圧と電流の配分を自動的に管理し、外部の協調回路を追加することなく、利用可能な総入力電力を最大限に引き出します。

たとえば、電力定格の異なる 2 つの USB Type-C®入力を利用することで、シングル USB-C 入力よりも大きい総充電電力を確保し、より高速なバッテリー充電も実現できます。これは、図 1 に示すように RAA489118 システムチャージャーに接続された 2 つの RAA489800 を並列動作させることで実現できます。高出力の USB-C 電源に接続された側の RAA489800 は、RAA489118 向けの安定した入力電圧(V₀)を維持するために電圧制御ループで動作し、低出力電源に接続されたもう一方の側の RAA489800 は電流制御ループで動作して、その電源から取り出せる最大電力を自動的に供給します。この方式では、異なる電力定格の入力電源を管理するための追加外部回路や制御ロジックなしで、2 つの入力電源間で自動的に電力を共有化できます。RAA489800 デバイスは、接続された各電源の特性に基づいて制御モードを動的に切り替え、利用可能な入力電力を最適に活用します。

双方向給電機能は、このアーキテクチャで標準搭載されており、必要に応じてバッテリー エネルギーを RAA489800 経由で USB Type-C®ポートへ効率的に供給もできます。これにより、従来必要だった専用の 5V 降圧コンバーターや追加の OTG ゲート制御回路を省略できます。さらに、RAA489800 デバイス、RAA489118 チャージャー、USB-PD コントローラー間のシステムレベル通信(SMBus または I²C など)により、固定出力設定に依存することなく、柔軟な構成と動的な電圧制御が可能になり、USB Power Delivery 仕様で求められる広範囲かつプログラム可能な電圧レンジに対応できます。

図 3 に示すように、この拡張性の高いアーキテクチャは、単一 RAA489118 チャージャーに複数の RAA489800 デバイスを並列接続することで、より高出力のシステムにも対応できます。各 USB Type-C®ポートは、システム要件に応じて独立した電力シンクまたはソースとして動作でき、さらに、このアーキテクチャでは、システムの複雑さや BOM コストを増やすことなく従来型アダプターも追加電源としてシームレスに取り込むことができ、マルチポート USB Type-C®アプリケーション向けに非常に柔軟で効率的なソリューションを提供します。

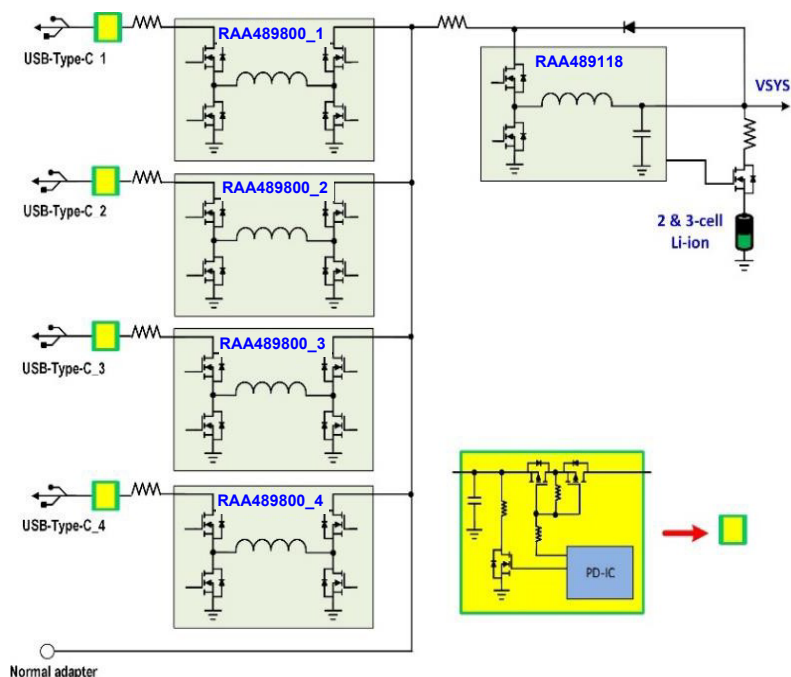


図 3.4 ポート USB Type-C®向け Renesas バッテリーチャージャーアーキテクチャ

4 系統の BB レギュレーター+降圧チャージャー

Programmable Power Supply(PPS)ソリューション

USB Power Delivery 仕様で定義された Programmable Power Supply(PPS)機能では、出力電圧と電流を細かなステップ(例: 20mV / 50mA)で動的に調整でき、電力効率を最適化できます。図 4 に示すように、RAA489800 双方向バックブーストコントローラーは、広範囲で動的に調整可能な電圧レンジと双方向電力フローをサポートしており、PPS 動作に適しています。R9A02G011^[4]のような USB-PD コントローラーと組み合わせ、デジタル通信(SMBus または I²C)を介することで、システムは PPS 要件を満たすように電圧と電流を高精度に制御し、システム全体の効率と性能を最大化できます。

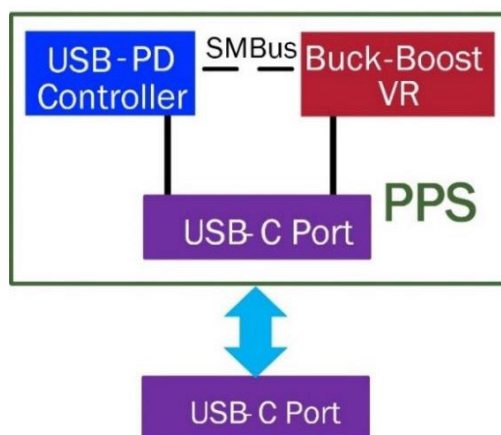


図 4. Renesas PPS アーキテクチャ

結論

マルチポート USB Type-C® バッテリー充電システムに RAA489800 を適用することで、シンプルで高集積な充電アーキテクチャを実現できます。従来の充電方式と比べて、Renesas のアーキテクチャは、システムコストを抑えながら、より高性能で、充電の高速化、そして全体的な効率の向上を実現します。さらに、このソリューションは、次世代アプリケーションにおける電力最適化に重要な Programmable Power Supply(PPS)もサポートも含め、USB Type-C® および USB Power Delivery の要件に完全準拠しています。

参考文献

- [1] Renesas RAA489110 <https://www.renesas.com/ja/products/RAA489110>
- [2] Renesas RAA489118 <https://www.renesas.com/ja/products/RAA489118>
- [3] Renesas RAA489800 <https://www.renesas.com/ja/products/RAA489800>
- [4] Renesas R9A02G011 <https://www.renesas.com/ja/products/R9A02G011>

改訂履歴

版数	日付	説明
2.00	2026年6月18日	USB規格関連と製品情報を更新
1.00	2018年2月	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.