

USB Type-C バッテリチャージャを小型化する方法

新しいUSB 3.1 Type-C™規格は、電子機器の相互接続と給電の方法を劇的に簡素化しています。この規格では、USB Type-C コネクタを利用して最大100Wまでの2つの機器間でデータと電力の伝送を実現します。これに伴い、バッテリー充電システムにはより多くの機能が求められます。これらの充電システムは、あらゆる新しいポータブル機器向けにますます小型軽量化される傾向にあります。このデザインソリューションでは、標準的なUSB Type-C充電システムについて検討し、より小さなスペースでより多くの電力と機能を提供しつつ設計を簡素化する方法について説明します。



図1. USB-Cコネクタとスマートフォン

USB 3.1 Type-C規格

USB 3.1 Type-C (別名USB-C)は、電子機器間で高データレートとより大きな電力の供給をサポートする新しい規格です。USB 3.1は、標準ケーブルで最大3A、高性能ケーブルで最大5Aまで供給しつつ10Gbpsのスループットを発揮することができます。バス電圧は最大20Vまで調整可能です(標準ケーブルで60W @ 3A、高性能ケーブルで100W @ 5A)。現在、多くのノートPCでは必要な電力は100W未満です。そのため、Type-Cコネクタを採用した新しいモデルは、今や小型機器を充電する場合と同じく、USBポートから充電することができます。

USB 3.1 Type-C規格は複雑であるため、電力の伝送を実現するには、機器が電力供給側(ソース)または電力使用側(シンク)としてネゴシエーションを行う必要があります。Type-Cケーブルの両端のコネクタはまったく同等であるため、両端

を逆にしても接続可能です。また、各コネクタは表裏の区別がないため、どちらの側を上にしても差し込むことができます。Type-C USBは双方向に電力を伝送可能であるため、周辺機器を充電することができるだけでなく、周辺機器でホスト機器を充電することもできます。そのため、各社が提供している多くの電源アダプタや各種のUSBケーブルが不要になり、最終的には、今日のデスクトップの周囲にある複雑な配線が削減されると見込まれます。

コンフィギュレーションチャンネル検出

USB Type-Cの新機能の1つは、コンフィギュレーションチャンネル(CC)検出です。コンフィギュレーションチャンネルロジックは、ケーブルの存在、向き、および通電容量を検出します。ケーブルの検出は、2本のCCラインのうち1本がプルダウンされた時に発生します。どちらのラインがプルダウンされるか(CC1またはCC2)によって、ケーブルの向きが決まります。通電容量は終端抵抗の値によって決まります。USB Type-Cのもう1つの新機能はコールドプラグです。つまり、エンドツーエンドの検出が正常に完了した後にのみ5Vが供給されます。この機能により、USB Type-CアプリケーションではCC検出が必須になります。

標準的なUSB 3.1 Type-Cシステム

図2は、USB Type-Cケーブルへの接続機能を備え、リチウムイオン(Li+)バッテリーによって給電される標準的なポータブルパワーマネージメントフロントエンドを示しています。

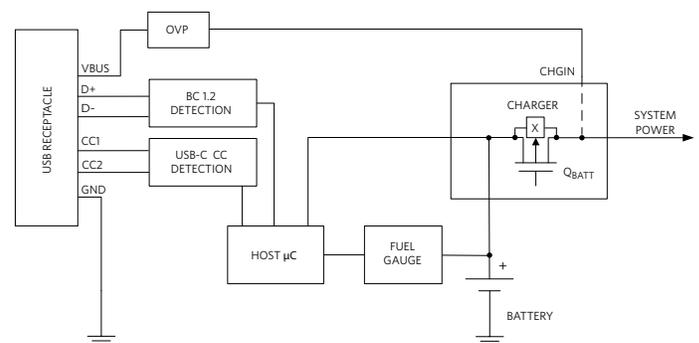


図2. 標準的なUSB 3.1 Type-C/パワーマネージメントシステム

VBUS電圧が存在すれば、これによってチャージャ、システム、およびその他のブロックへの給電が行われます。この段階では、バッテリーは電流ソースとして動作する Q_{BATT} から充電されます。VBUSが切断されると、バッテリーは「オン」スイッチとして動作する Q_{BATT} からシステムに給電します。

USB Type-Cプロトコルでは、CC1およびCC2端子(図2)によって、ポート接続、ケーブルの向き、ロール検出、およびポート制御を決定します。図2のチャージャは、旧式プロトコルのバッテリーチャージャ1.2 (BC1.2)もサポートしています。

標準的なソリューション

バッテリーシステムの標準的な実装は、部品数やPCBスペースの面で非常に高コストになる場合があります。図3は、2つのICによって実装したチャージャおよび検出セクションのPCBサイズを示しています。1つのICはチャージャで、もう1つのICは図2の2つの検出ブロックです。この2チップソリューションと受動部品の占有面積は61mm²です。

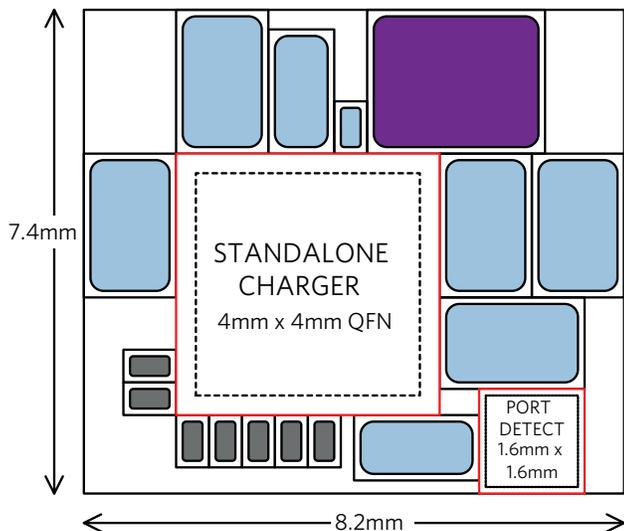


図3. 一般的な集積化ソリューションのPCBサイズ(61mm²)

高集積ソリューション

部品構成のさらなる簡素化は、高集積化によって実現することができます。図4の青色の線で示したボックス内にあるブロックは、すべて理論上、1つのパワーマネージメントIC (PMIC)に集積することができます。

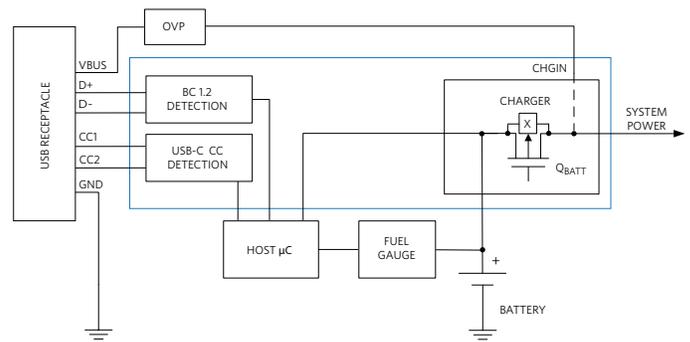


図4. USB 3.1 Type-Cの集積化経路

この集積度では、システムの複雑さは図5に示すとおり大幅に低減されます。

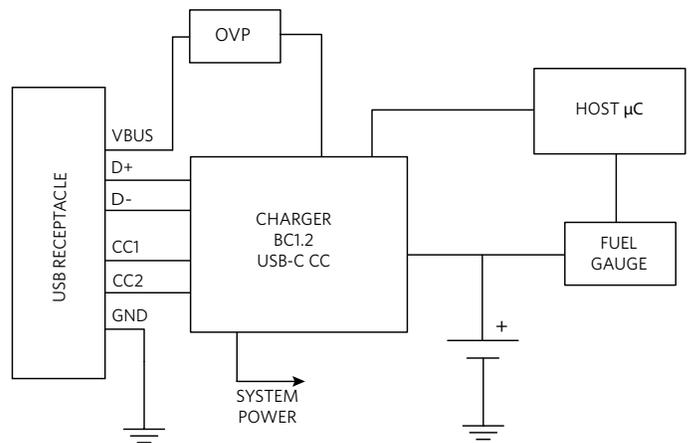


図5. 集積化充電システム

集積化USB Type-Cチャージャ

さらなる高集積化を実現する手段として、高性能シングル入力スイッチモードチャージャのMAX77860が挙げられます。このデバイスは、シングルセルリチウムイオンバッテリーに対応してUSB Type-CのCC検出機能(図6)を備えています。このICは最大15Wのアプリケーションをサポートし、リバースブースト機能、高電圧LDO、および6チャンネルADCを内蔵しています。このスイッチングチャージャは、高性能なCC、CV、ダイ温度レギュレーションアルゴリズムと入力電力レギュレーション、およびプログラム可能なI²C設定を備え、幅広いバッテリーサイズとシステム負荷に対応することができます。このICは、コンパクトなWLPパッケージ(3.9mm x 4.0mm)で提供されています。

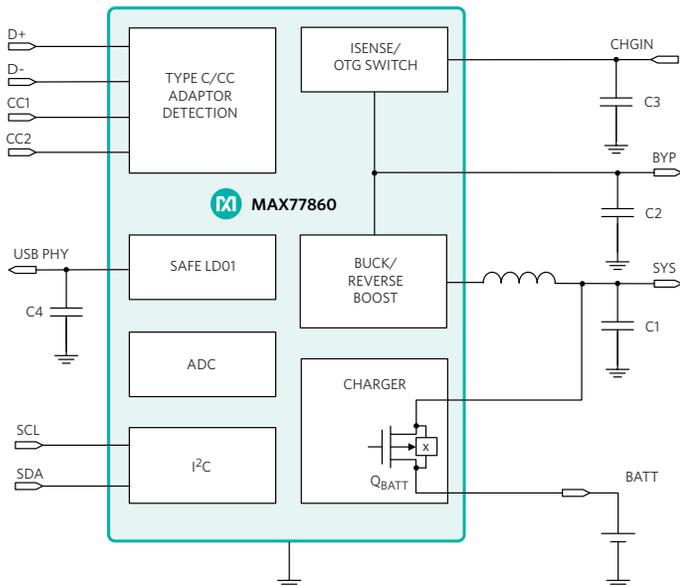


図6. 集積化チャージャPMIC

対応するPCBレイアウトを図7に示しています。この集積化ソリューションと受動部品の占有面積はわずか42mm²で、PCBサイズが30%削減されています。

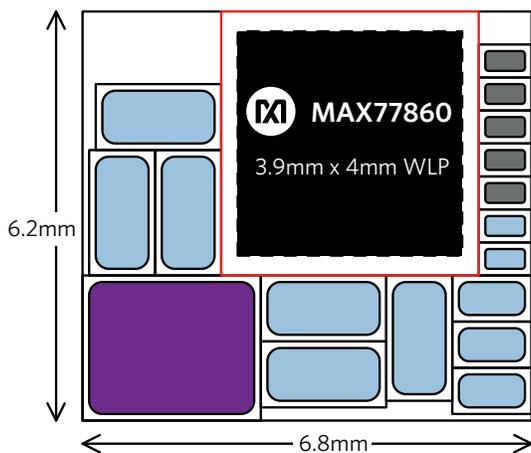


図7. 高集積ソリューションによるPCBサイズの縮小(42mm²)

使いやすさ

標準的なシステムでは、マイクロコントローラまたはホストマイクロプロセッサが、ポートコントローラICによって検出される電流レベルに基づいてチャージャの入力電流制限を設定します。MAX77860はチャージャの入力電流制限を単独で設定し、チャージャが電源の最大能力でバッテリーを充電することができるようにし、充電の高速化を実現します。これによってホストソフトウェアの開発も簡素化されます。

設計の柔軟性

下位互換性が確保されているため、USB Type-Cと旧式アダプタの両方に対応した設計が可能です。内蔵のADCによってマイクロコントローラのリソースが解放される一方、電圧、電流、および温度の正確な測定が可能となり、高度なパワーマネジメントが実現します。

リバースブーストによるOTG給電

USB On-The-Go (OTG)は、ハンドヘルドコンピュータおよび端末、ポータブルゲーム機、バッテリー駆動のヘルスマニタリング機器などのUSB機器をホストとして動作可能にするための仕様です。これによって、それらの機器に、USBフラッシュデバイス、デジタルカメラ、マウス、キーボードなど、他のUSB機器やアクセサリを接続することが可能になります。USB Type-Cの仕様では、リバースブースト機能によって機器から他の機器に給電することも可能です。

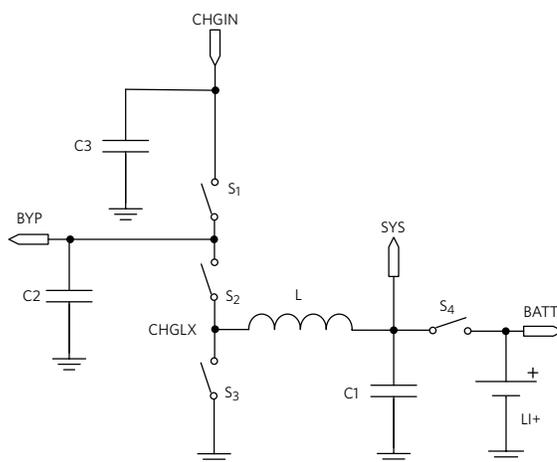
図8は、充電およびリバースブースト機能を簡潔に示しています。

充電モードでは、S₁がオンとなり、スイッチングレギュレータ(S₂およびS₃同期整流スイッチングはステップダウンモード)がCHGIN電圧を降圧してSYS端子に送ります。そこから、パストランジスタS₄を制御するリニアレギュレータがバッテリーを充電します(S₄オン)。

入力電力が存在しないリバースブーストモード(OTG)では、バッテリー電圧(S₄完全オン)がCHGIN端子(S₁オン)で昇圧されます(S₂およびS₃同期整流スイッチングはステップアップモード)。

この実装では、リバースブーストモードに追加的なインダクタは不要です。その後、昇圧されたCHGIN電圧はUSB OTG機能に使用されます。

バッテリー専用モードでは、スイッチS₁はオフです。



	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	OUTPUT
CHARGER	ON	SW	SW/	LINEAR	BATT
OTG	ON	SW	SW/	ON	CHGIN

図8. チャージャおよびリバースブースト動作モード

Safeout LDO

Safeout LDOは、I²Cレジスタによるプログラム可能な出力電圧(3.3V/4.85V/4.9V/4.95V)を供給する保護付きの高電圧入力リアレギュレータです。Safeout LDOは、低電圧定格のUSBシステムへの給電に使用されます。Safeoutリアレギュレータは、CHGIN ≥ 3.2Vの時にオンになり、CHGINが過電圧スレッショルドを超えた時にディセーブルされます。

結論

新しいUSB 3.1 Type-C規格では、バッテリー充電システムにより多くの機能が求められます。それは、ますます小型軽量化される傾向にあるポータブル機器に内蔵する場合でも同様です。

このデザインソリューションでは、集積度が低く、部品数が多いため大きなPCB面積が必要となる標準的な充電ソリューションについて検討しました。

USB Type-C 3AスイッチモードチャージャのMAX77860を使用した実装例を示した高集積ソリューションでは、チャージャ、パワーパス、Safeout LDO、ADC、USB-C CCおよびBC 1.2検出を小型のWLPパッケージ(3.9mm x 4.0mm、0.4mmピッチ)に集積することによって、システムの複雑さが大幅に低減されます。OTG機能はシームレスに集積され、追加のインダクタは不要です。この集積度では、設計が簡素化されるため、より多くの電力とより多くの機能を最小限のPCBスペースで提供することが可能となります。

用語集

BOM: 部品表

CC: コンフィギュレーションチャンネル(検出)

CC: 定電流(充電)

CV: 定電圧

OTG: On-the-Go

さらに詳しく:

[MAX77860: USB Type-C 3Aスイッチモードチャージャ、CC検出、リバースブースト、およびADC内蔵](#)

[USB/バッテリー充電\(BC\)仕様1.2の概要とアダプタエミュレータの重要な役割](#)

[USB 3.1 Type-C 給電の機器に適正なバックコンバータを選択する](#)

デザインソリューション No. 64

Rev 0; June 2018

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

[その他のデザインソリューションを探す](#)

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F maximintegrated.com/jp

© 2019 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. Maxim IntegratedおよびMaxim Integratedのロゴは、米国およびその他の国の管轄域におけるMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。その他、記載されている会社名、製品名は各社の登録商標、または商標です。

