

バッテリーのアクティブ・セル・バランス

著者: Kevin Scott、Sam Nork
Analog Devices, Inc.

バッテリー・スタックの各セルを健全な充電状態 (SoC: State of Charge) で維持するには、各セルの監視を行う必要があります。そのために使われるのが、セル・バランスという機能です。この機能には、パッシブ方式とアクティブ方式があります。これらのうち、本稿の主題として取り上げるのは、後者のアクティブ・セル・バランスです。

セル・バランスの機能を適用すれば、バッテリーのサイクル寿命を延伸することができます。また、過充電が原因で生じる過放電によってバッテリー・セルが損傷するのを防ぐことが可能になります。つまり、バッテリー向けの新たな保護の仕組みが得られるということです。パッシブ・セル・バランスでは、ブレード抵抗による単純な放電によって過充電の影響を抑え、すべてのバッテリー・セルを同等のSoCに維持します。しかし、この方法は、システムの稼働時間を延ばすことにはつながりません¹。一方のアクティブ・セル・バランスでは、充電サイクル/放電サイクルにおいてバッテリー・セル間で電荷を再分配するという複雑な処理を行います。それにより、バッテリー・スタックにおいて使用できる総電荷量を増やし、システムの稼働時間を延伸します。また、パッシブ・セル・バランスと比べて充電時間を短縮することができます。更に、バランスの際に発生する熱を少なく抑えることが可能になります。

放電時のアクティブ・セル・バランス

図1は、標準的なバッテリー・スタックにおいて、すべてのセルが満充電になっている状態を表しています。この例では、90%充電された状態を満充電と定義しています。長時間にわたり、バッテリーを100%かそれに近いレベルまで充電した状態で維持すると、セルの劣化が早まり、寿命が短くなるからです。また、この例では、セルの過放電を防ぐために、残量が30%になった時点で完全に放電された状態になったと見なすこととしています。

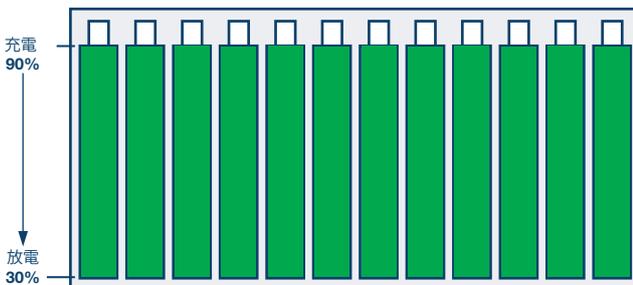


図1. 満充電の状態

経時変化により、一部のセルは他のセルと比べて早く劣化します (セルごとに、劣化速度にばらつきがあるということです)。その結果、放電プロファイルは図2に示したようなものになります。

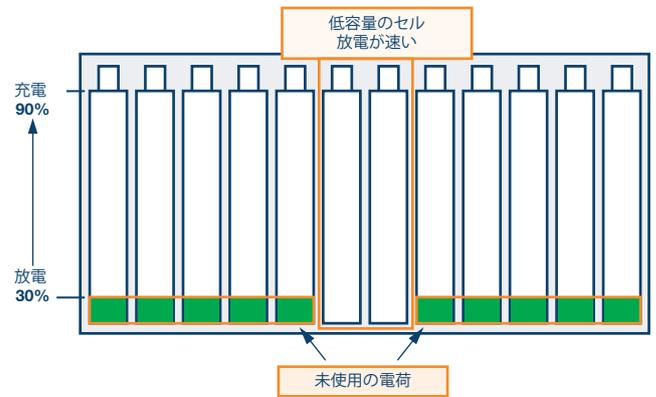


図2. 不均一に放電が行われた結果

複数のセルにかなりの残量があったとしても、バッテリー全体として見た場合、システムを稼働できる時間が制限されてしまうことがわかります。セル間の容量に5%の差があると、5%の残量が未使用の状態になってしまいます。大規模なバッテリーでは、大量のエネルギーが未使用のままになってしまうということです。このことは、リモート・システムやアクセスが難しいシステムにおいては重大な問題になります。結果的に、一部のエネルギーが使用できないままになり、バッテリーの充電/放電サイクルの回数が増えることになるからです。また、その未使用のエネルギーによってバッテリーの寿命が短くなるため、バッテリーの交換頻度が高まりコストの上昇につながります。

この問題を解消するのがアクティブ・セル・バランスングです。この手法を適用すれば、劣化のないセルから劣化したセルへの電荷の再分配が行われます。その結果、バッテリー・スタックの放電プロファイルは、図3のように完全に放電した状態になります。

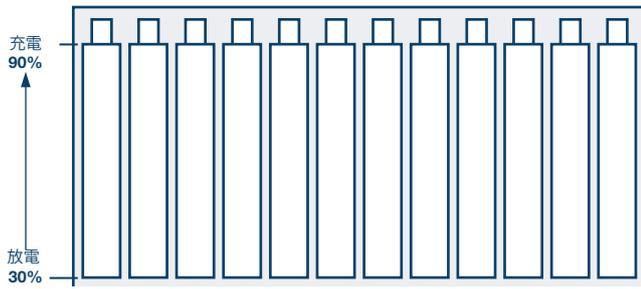


図3. アクティブ・セル・バランスングを適用して完全な放電を行った結果

なお、ここでは詳しく触れませんが、バランスングに必要な時間や、選択したバランスング電流がその時間に及ばず影響については、十分に検討する必要があります。

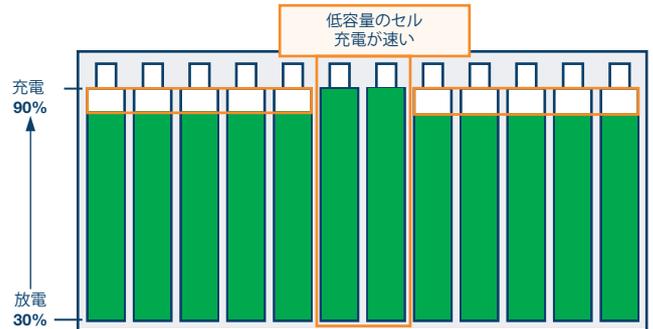


図4. セル・バランスングを適用しないで充電を行った結果

充電時のアクティブ・セル・バランスング

セル・バランスングを適用することなくバッテリー・スタックを充電すると、劣化したセルは劣化のないセルよりも先にフル充電に達します。そうすると、システムが保持できる全体の総電荷量が、劣化したセルによって制限されることになります。充電時にも、劣化したセルが原因で問題が生じるということです。図4は、このような問題が生じた状態を表しています。

充電サイクルにおいて、アクティブ・セル・バランスングによる電荷の再分配を実施することで、スタックは満充電に達することができます。

アナログ・デバイセズのアクティブ・セル・バランス

アナログ・デバイセズは、アクティブ・セル・バランスングを実現するための製品ファミリを提供しています。様々なシステムの要件に対応可能な多くのアクティブ・セル・バランス製品を用意しています。「LT8584」は、2.5Aの放電電流に対応するモノリシック型のフライバック・コンバータです。同ICは、マルチケミストリ・バッテリーに対応するセル・モニタIC「LTC680xファミリ」と共に使用します。それらのICを使用することにより、1つのセルからバッテリー・スタックの最上部、スタック内の別のセル、複数のセルの組み合わせに対して、電荷を再分配できます。この場合、1つのセルにつき1個のLT8584を使用します（図5）。

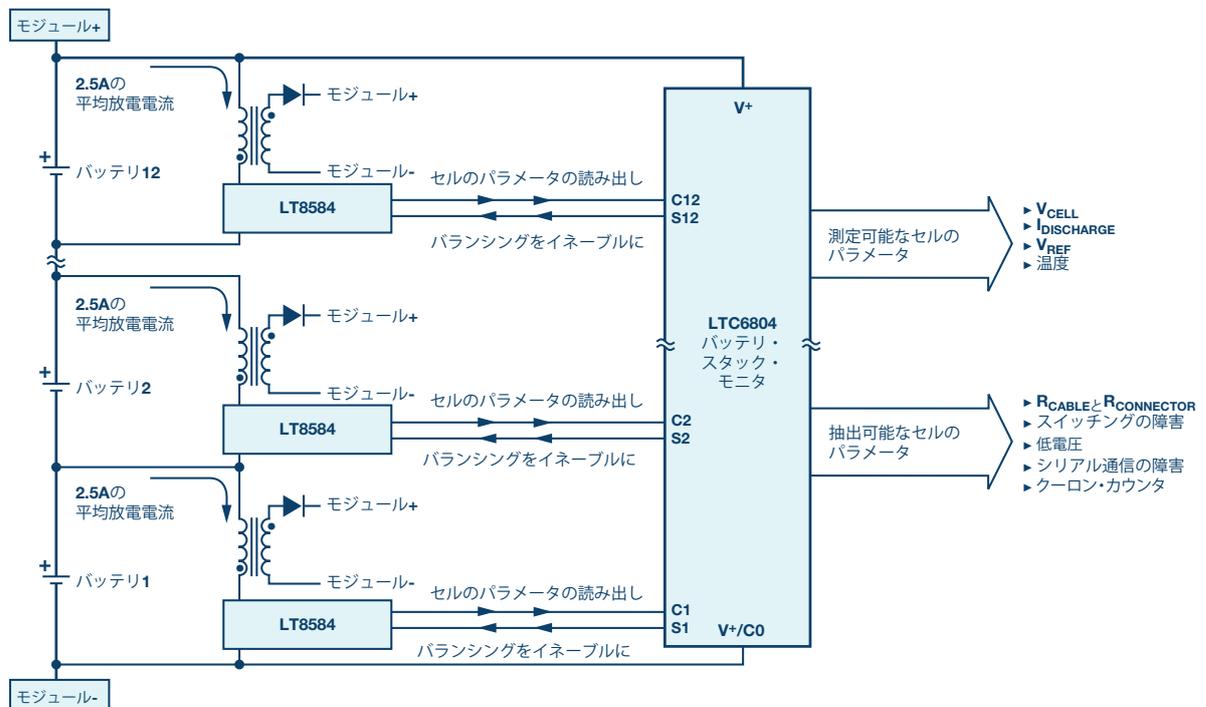


図5. アクティブ・セル・バランスングを適用した12セルのバッテリー・スタック・モジュール

「LTC3300」は、最大10Aのバランス電流を供給可能なスタンダードアロン型の双方向フライバック・コントローラです。このICは、リチウム・バッテリーとLiFePO4（リン酸鉄リチウム）バッテリー向けの製品です。双方向に対応するので、選択したどのセルからでも、12個以上の隣接したセルとの間で、高い効率で電荷を相互に分配できます。1個のLTC3300によって、最大6個のセルを対象とすることが可能です（図6）。

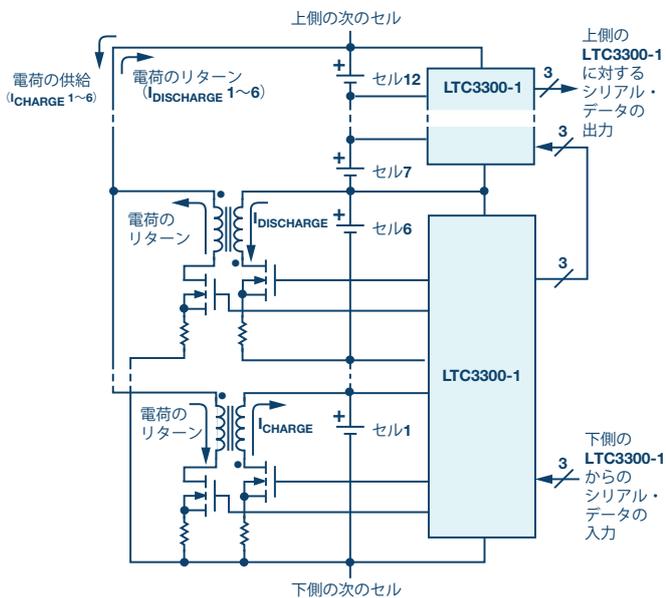


図6. 高い効率を得られる双方向のアクティブ・セル・バランスングの実現方法

「LTC3305」は、最大4セルの鉛蓄電池に対応するスタンダードアロン型のセル・バランスサです。同ICを使用する場合、図7に示すように、セル・バランスングの対象となる4つのセルとは別に、もう1つ蓄電用バッテリー・セル（図中のAux）を用意します。それを各セルと並列に配置して、すべてのセルのバランス調整を行います（鉛蓄電池は丈夫なので、このような使い方が可能です）。

まとめ

アクティブ方式、パッシブ方式のセル・バランスングは、いずれも各セルのSoCを監視して均一化を図ることでシステムの健全性を高める有効な手法です。アクティブ・セル・バランスングは、充電／放電の両サイクルに対応して電荷を再分配することができる点で、充電サイクル中に単純に電荷を放出するパッシブ・セル・バランスングとは異なります。このような特徴を持つことから、アクティブ・セル・バランスングを採用すれば、システムの稼働時間を延伸し、効率的に充電容量を確保することができます。その反面、アクティブ・セル・バランスングは複雑なものであり、実装面積の大きいソリューションとなります。そのため、パッシブ・セル・バランスングの方がコストの面では優れています。どちらの方法が最適であるかは、アプリケーションによって異なります。アナログ・デバイセズは、「LTC6803」、「LTC6804」などのバッテリー・マネージメントICと連動する補完用デバイスを統合したソリューションをアクティブ／パッシブの両方式向けに提供しています。それらを採用することにより、高精度で堅牢なバッテリー・マネージメントを実現することが可能になります。

関連資料

¹ Kevin Scott, Sam Nork 「Passive Battery Cell Balancing（バッテリーのパッシブ・セル・バランスング）」 Analog Devices

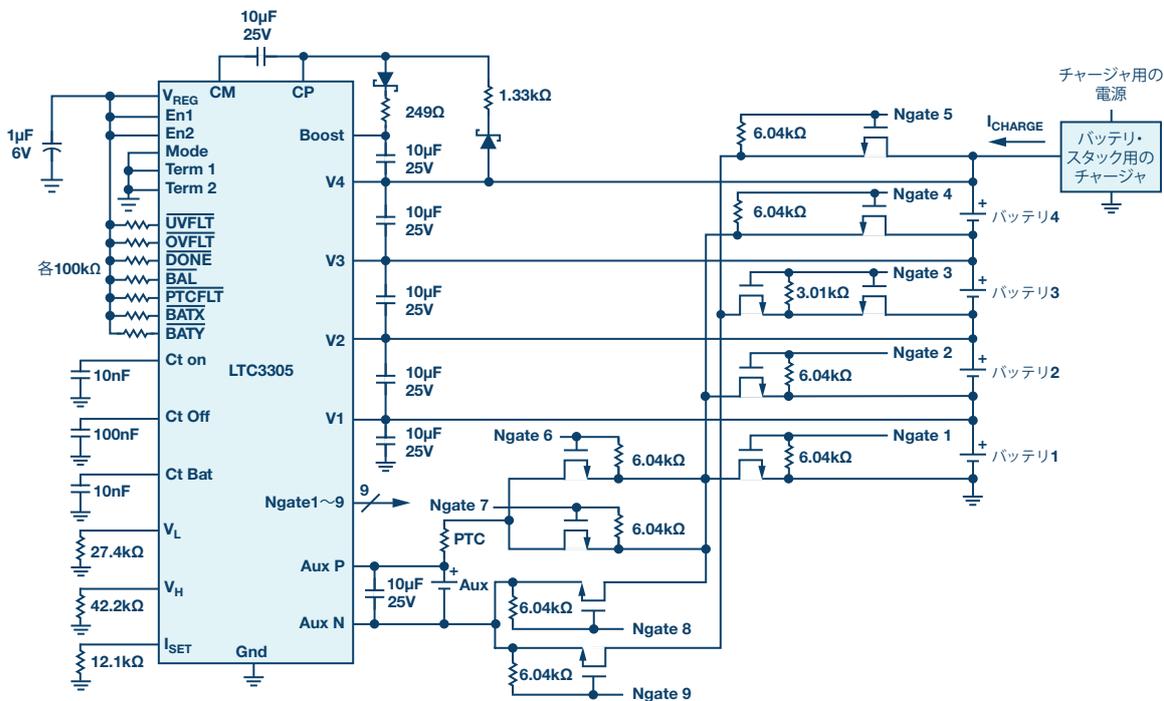


図7. 4個のバッテリー向けのバランスサ。高低のバッテリー電圧フロントがプログラムされています。

著者について

Kevin Scott (kevin.scott@analog.com) は、アナログ・デバイセズのパワー製品グループでプロダクト・マーケティング・マネージャを務めています。昇圧、昇降圧、絶縁型コンバータに加え、LEDドライバとリニア・レギュレータを担当しています。以前は、シニア・ストラテジック・マーケティング・エンジニアとして、技術トレーニング用コンテンツの作成、セールス・エンジニアのトレーニング、各種製品の技術的な優位性を紹介するウェブサイト向け記事の執筆を行っていました。半導体業界で26年間にわたり、アプリケーション、ビジネス・マネージメント、マーケティングの業務に携わってきました。1987年にスタンフォード大学で電気工学の学士号を取得しています。短期間NFLに所属した後、技術者としてのキャリアをスタートさせました。

Sam Nork (sam.nork@analog.com) は、1988年にシニア製品エンジニアとしてLinear Technology（現在は、アナログ・デバイセズに統合）に入社しました。1994年に、アナログICを担当するデザイン・センターの立ち上げ/管理を担当するためにボストン地区に転勤になり、今日に至ります。ポータブル・パワー・マネージメントの分野で多数の集積回路を自ら設計/リリースした経験を持ち、発明者/共同発明者として7件の特許を取得しています。現在はアナログ・デバイセズのボストン・デザイン・センターのディレクタとして、100人近い社員から成るチームを統括しています。対象としているのは、ポータブル・パワー・マネージメント、高速オペアンプ、産業用A/Dコンバータ、システム監視、エナジー・ハーベスティングなどの分野で使用される様々なアナログICです。現職の前は、マサチューセッツ州ウィルミントンにあるアナログ・デバイセズの拠点で、製品/テスト開発技術者として業務に携わっていました。ダートマス大学でA.B.とB.E.の学位を取得しています。

オンライン・サポート・コミュニティ



アナログ・デバイセズのオンライン・サポート・コミュニティに参加すれば、各種の分野を専門とする技術者との連携を図ることができます。難易度の高い設計上の問題について問い合わせを行ったり、FAQを参照したり、ディスカッションに参加したりすることが可能です。

ez.analog.com にアクセス

* 英語版技術記事は [こちら](#) よりご覧いただけます。

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 〒105-6891 東京都港区海岸1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル10F
大阪営業所 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪トラストタワー10F
名古屋営業所 〒451-6040 愛知県名古屋市中区牛島町6-1 名古屋ルーセントタワー38F

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。
Ahead of What's Possible はアナログ・デバイセズの商標です。

TA20729-0-1/19

www.analog.com/jp



想像を超える可能性を
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™