参考資料

Application Note

BQ41Z50 の IT-DZT アルゴリズムの概要

Charles Sestok

概要

このアプリケーション ノートでは、テキサス インスツルメンツのバッテリ残量計測アルゴリズムの簡単な略歴を説明し、負荷電流が頻繁に発生する際のバッテリ残量計の動作に関する課題と急速な変動について説明します。また、動的負荷電流アプリケーションに適用される Dynamic Z-Track™（IT-DZT）アルゴリズムの機能と利点についても詳しく説明しています。

目次

1 はじめに....2
2 バッテリ残量計アルゴリズムの背景....2
3 バッテリのモデル化....3
4 バッテリ充電状態の推定と残り容量の予測....5
5 動的負荷電流に対するバッテリ応答のモデル化における課題....6
6 バッテリ ダイナミクスを扱うアプローチ....7
6.1 動的負荷の精度測定に伴う利点....7
6.2 アルゴリズム性能....7
7 まとめ....10
8 参考資料....10

図の一覧

図 2-1. 動的バッテリ電源技術の負荷電流の例....2
図 3-1. 低周波バッテリ モデル....3
図 3-2. バッテリ抵抗と経年劣化の関係....4
図 4-1. 残り容量の予測....5
図 5-1. バッテリ過渡応答....6
図 6-1. 残り容量推定の比較：IT-DZT と抵抗更新なし、1C 負荷....8
図 6-2. 残り容量推定の比較：IT-DZT と抵抗更新なし、1.75 C 負荷....9

表の一覧

表 7-1. IT-DZT と IT の比較....10

商標

Dynamic Z-Track™ and Impedance Track™ are trademarks of Texas Instruments.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

1 はじめに

このアプリケーション ノートは、BQ41z50 やテキサス インスツルメンツの他のバッテリ残量計デバイスで使用されているテキサス インスツルメンツの Dynamic Z-Track™（IT-DZT）アルゴリズムについて説明します。残量計アルゴリズムは、BQ40z50、BQ27z561、BQ27z746、BQ34z100 など、TI の以前の多くのバッテリ残量計デバイスで使用されている Impedance Track™（IT）残量計アルゴリズムの後継版です。IT-DZT アルゴリズムは、バッテリ負荷電流が長期間にわたって頻繁にかつ急速に変化する場合に、アプリケーション環境で正確なバッテリ計測が可能になるように設計されています。

2 バッテリ残量計アルゴリズムの背景

各種バッテリ残量計は、電子システムまたは電気機械システムに電力を供給するバッテリ パックの特性評価に必要な情報を提供します。バッテリ残量計は、バッテリ セルまたはパックの残りの容量、充電状態、健全性の状態を推定します。

バッテリ残量計は、多くの場合、負荷電流の特性を活用した近似値に基づいて、計算負荷と消費電力の少ない、正確なバッテリ パラメータおよび状態推定を実現します。ノート PC、タブレット、携帯電話、その他の個人用電子機器など、従来はバッテリ残量計を使用するシステムでは、負荷電流の変化は緩やかで、アイドル時間が長くなります。このような場合、アイドル期間中のバッテリ電圧を直接測定して、バッテリの充電状態を確認することができます。バッテリ負荷電流が十分に長い時間アイドル状態にある場合、バッテリの開回路電圧（OCV）と充電状態（SoC）、あるいは同等の放電度（DoD）との間には 1 対 1 でマッピングされます。負荷電流が一定または長時間にわたってゆっくりと変化する場合、電圧および電流の測定値を用いて、室温に正規化されたバッテリの抵抗を特徴付ける曲線を推定することができます。

しかし、電子機器の用途の傾向としては、長時間にわたって負荷電流の変動が大きい機器やアプリケーションにバッテリ電源が採用されるようになってきています。以前は有線接続で駆動していたシステムが、顧客に携帯性と柔軟性を提供するために、現在では多くの場合、バッテリ駆動になっています。負荷電流が大きく変動する状況でもバッテリ電源を使用するシステムとして、電動工具、ドローン、清掃ロボットが該当します。さらに、ノート PC のような従来のアプリケーションでは、動的バッテリ パワー テクノロジー（ターボ モード）のような可変負荷電流を使用して、計算スループットとシステムの消費電力のバランスを取ります。これらのアプリケーションでは、負荷電流には、バッテリ C レートの最大 2 倍の高バッテリ電流（SPC）の 10 秒パルス、およびバッテリ C レート（CPC）の最大 4 倍の 10ms パルスが含まれます。DBPT 負荷電流の例を 図 2-1 に示します。ニューラル ネットワークによる分類や大規模言語モデル（LLM）によるコンテンツ生成など、ノート PC や携帯電子機器向けの新興人工知能（AI）アプリケーションも、バッテリから非常に変動の大きい負荷電流を必要とします。このようなアプリケーションでは、残量計のアルゴリズムは、安定で変化の少ない負荷電流用に設計された近似値に依存することはできません。

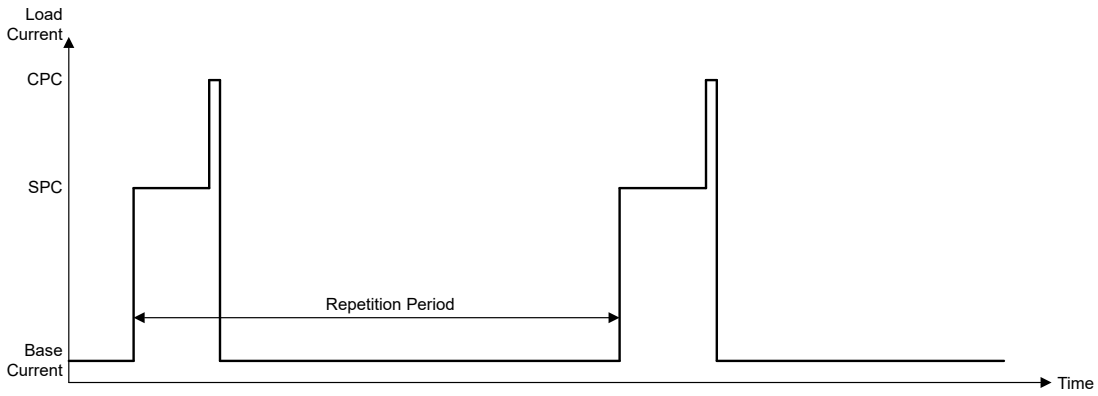

図 2-1. 動的バッテリ電源技術の負荷電流の例

本書の次項では、安定した負荷電流を得るためのバッテリをモデル化するために使用される近似値、動的負荷電流を持つシステムでのこれらのモデルの欠点、動的負荷に対するバッテリ動作をモデル化する技法、動的モデルに基づく残量測定アルゴリズム、残り容量と充電状態の推定精度への影響について説明します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

3 バッテリのモデル化

多くのバッテリ残量計のアルゴリズムは、バッテリに対応する回路モデルを使用し、バッテリ パックに関する必要な情報を提供します。残量計アルゴリズムで使用するバッテリ モデルは、予想負荷電流に対するバッテリ電圧の応答を表現する精度と、パラメータの推定に伴う計算の複雑さのトレードオフを考慮して選択されています。IT ベースの残量計が使用する残量計のアルゴリズムは、安定した負荷電流を持つアプリケーション向けに最適化されています。このような場合、バッテリ負荷が大きく変化しない時間が長くなります。図 3-1 に、バッテリの低周波動作を捕捉するモデルを示します。このモデルは、バッテリ残量計測に十分です。ノードの V_{term} と Gnd は、正電圧のバッテリ端子と、グランドに接続されたバッテリ端子を表します。複数のセルまたはモジュールを直列に接続したバッテリ パックの場合、スタック内の下部バッテリの端子のみがシステム グランドに接続されます。抵抗 R_S は低周波バッテリ抵抗を表します。コンデンサ C_S は、バッテリのトー充電容量を表します。実用的なバッテリ モデルでは、R_S および C_S パラメータは、SoC などのバッテリ条件および温度などの環境条件に依存します。

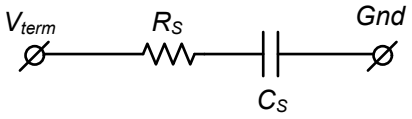

図 3-1. 低周波バッテリ モデル

標準的な低周波バッテリ モデルには、負荷電流がバッテリ電圧に与える影響をモデル化するための抵抗と、放電時のバッテリの OCV の変動をモデル化するための可変コンデンサが含まれています。OCV は、バッテリに負荷電流が流入または流出しない状態で長時間経過した後のバッテリ電圧です。OCV およびバッテリの低周波抵抗は、SoC およびバッテリ セルの温度の関数です。

バッテリ OCV は、バッテリ SoC、または同等の DoD の関数として説明されます。SoC は、バッテリ内の残り充電容量と総化学充電容量（Qmax）との比率です。Qmax の値は、非常に低い放電電流の限界においてバッテリが供給できる使用可能電荷です。一般的なリチウムイオン、NMC、および LFP バッテリの化学的性質における OCV 対 SOC 曲線は、バッテリの経年変化によって大きく変化することはありません。したがって、Qmax パラメータは、非常に低い負荷電流におけるバッテリの経年劣化の影響を反映しています。バッテリの経年劣化が進むと、推定 Qmax 値は低下し、充電容量の損失を表します。

バッテリ抵抗は、大電流がバッテリ端子の電圧に及ぼす影響を捕捉します。負荷電流が安定しているか、または変化が少ない場合、バッテリの OCV と測定されたバッテリ電圧の差は、負荷電流に比例します。バッテリ残量計は、SoC および DoD の関数として、バッテリの抵抗推定値と温度感度を維持します。安定した負荷電流、既知の温度、および SoC の場合、バッテリ モデルはバッテリ端子の電圧を予測します。

バッテリ モデルの初期パラメータは、新しいバッテリの特性を評価することによって決定されます。OCV は SoC に対してわずかに変動するため、これはバッテリ モデルの固定パラメータとして扱います。残量計は、バッテリの経年劣化に伴って大きく変化するため、Qmax と固定の温度抵抗パラメータを追跡します。一般的なリチウムイオンおよび関連するバッテリの化学的性質の場合、Qmax が元の値の 80% に低下した時点で、バッテリの耐用年数は終了したとみなされます。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

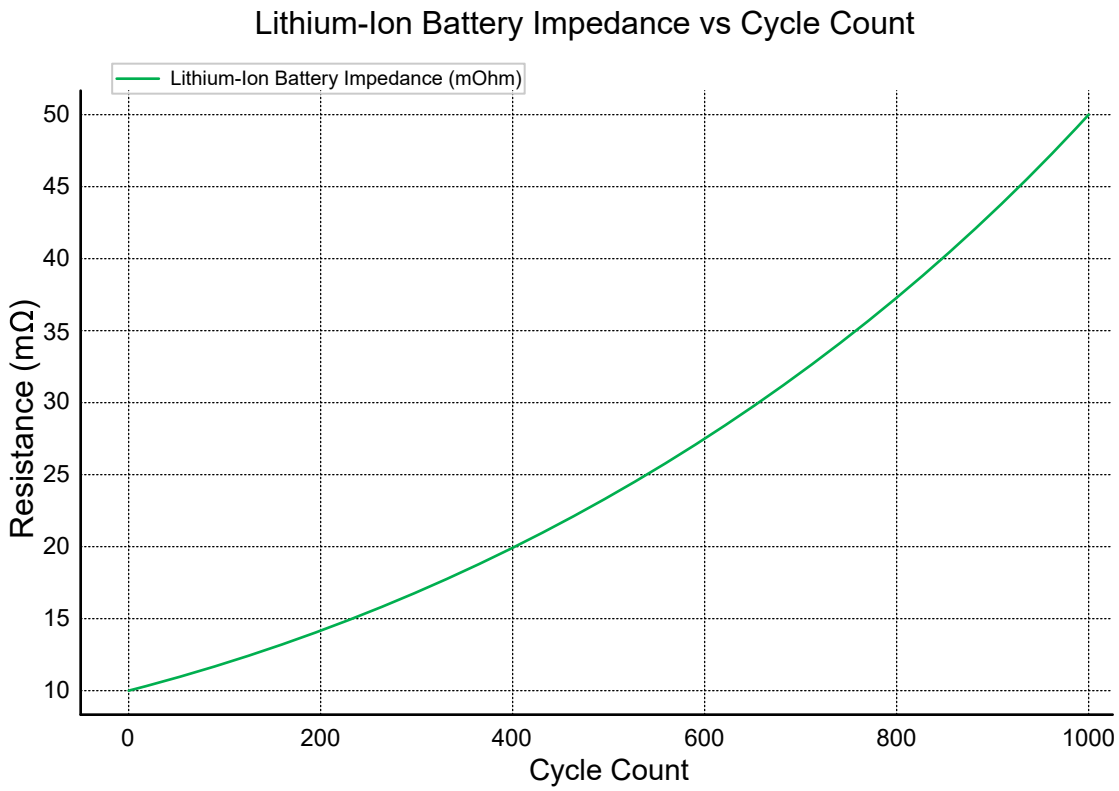

図 3-2. バッテリ抵抗と経年劣化の関係

バッテリの低周波抵抗は、バッテリの化学的性質や使用状況により、経年劣化とともに大幅に増加します（図 3-2 を参照）。100 サイクル以上使用すると、バッテリの化学的性質や使用パターンによっては、バッテリの低周波耐性の標準値が 60% 増加する場合があります。

安定した負荷電流を得るためには、バッテリ インピーダンスを単一の抵抗でモデル化することで、モデル パラメータの推定値を計算する複雑さと、SoC の残量計の予測精度およびバッテリの残り容量との妥当なトレードオフを得ることができます。

IT ベースの残量計内のバッテリ SoC は、最近の負荷電流の動作に応じて、電圧測定または電流測定から推定されます。負荷電流が十分に長い時間ゼロに近い状態になると、バッテリ電圧は OCV と一致します。OCV 対 SoC 曲線は単調であるため、電圧測定値を SoC の推定値にマッピングすることができます。バッテリの充電または放電中は、バッテリのインピーダンスの影響により、バッテリ電圧が正しい SOC 値にマッピングされません。残量計アルゴリズムの計算の複雑さを低減するために、電流が流れているときの内蔵電流とバッテリ Qmax の比を使用して SoC を推定します

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 バッテリ充電状態の推定と残り容量の予測

Qmax とバッテリのインピーダンス パラメータを適切に推定した値を使用して、図 4-1 に示すように、さまざまな負荷電流でバッテリ パックの残り容量を予測できます。この予測の課題は、負荷電流とバッテリ インピーダンスに起因する、バッテリ端子両端間の出力電圧と、バッテリ OCV との差を推定することです。この予測のため、残量計は、バッテリ パックに接続された電子システム全体を正常に動作させるために必要な最低電圧があることを想定しています。バッテリ容量の予測値は、最新の SoC 推定値と、バッテリ端子電圧がシステム動作の最小電圧に達すると予測される時点での SoC の差です。Qmax の値は、IR 電圧降下がごくわずかである、非常に小さな放電電流の限界におけるバッテリ容量と同じです。バッテリの残り容量は、図 4-1 に示す総容量推定値とバッテリ DoD の推定値との差です。

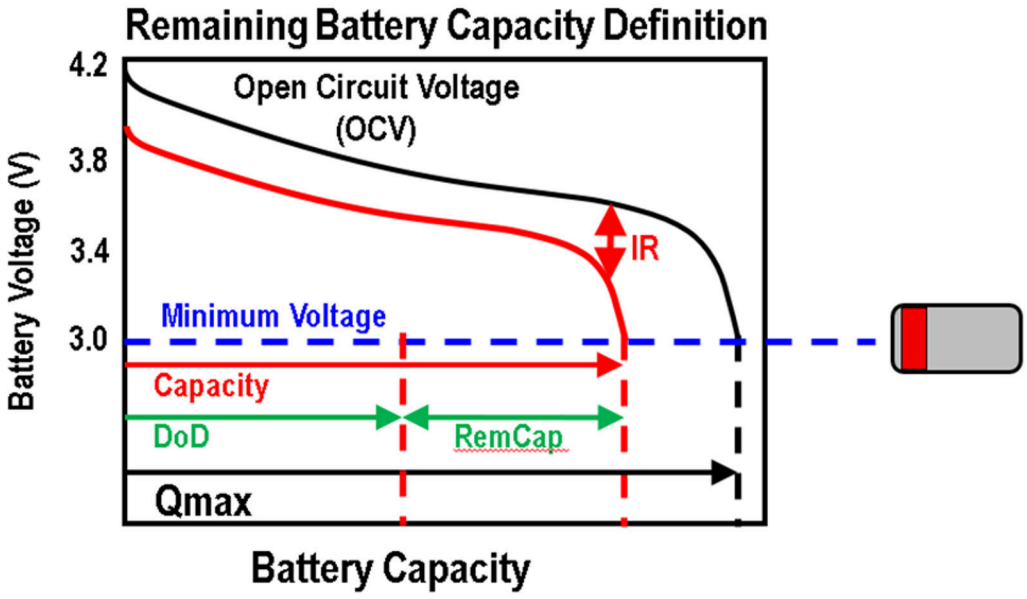

図 4-1. 残り容量の予測

残り容量の予測値は、負荷電流と抵抗に大きく依存します。内部バッテリ抵抗の両端の IR 電圧降下により、バッテリが供給できる電荷量は負荷電流の関数となります。電流が大きい場合、バッテリ端子の電圧はすぐに最小値に達します。

IR 降下を補正せずに電圧測定のみを使用する残量計アルゴリズムでは、この影響を捉えることができないため、バッテリの残り容量の推定値が不正確になります。また、経年劣化に伴ってバッテリ抵抗の増加を推定しない残量計アルゴリズムは、IR の電圧降下を過小評価する可能性があります。これにより、残り容量の推定値が不正確になります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 動的負荷電流に対するバッテリ応答のモデル化における課題

抵抗およびコンデンサのバッテリ モデルは、単純な等価回路を使用して、バッテリの経年劣化および負荷電流レベルに対するバッテリの動作の重要な側面を捕捉します。等価回路は、負荷電流が安定し、過渡電圧応答が安定したときのバッテリの動作を十分に捕捉します。実際には、バッテリは負荷電流の変化に応答して非常に持続時間の長い電圧過渡応答を示します。

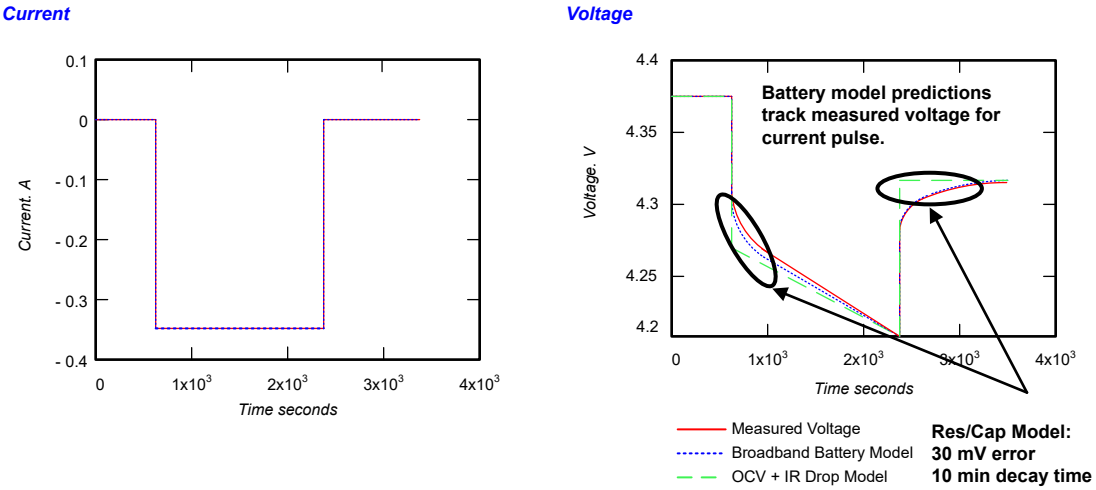

図 5-1. バッテリ過渡応答

図 5-1 に示すように、負荷電流が C/2 ステップ変化した場合、バッテリ電圧の過渡応答が安定するまでに 10 分以上かかる場合があります。緩和時間が経過すると、抵抗およびコンデンサのバッテリ モデルにより、バッテリ端子電圧を正確に予測できます。緩和時間後は、OCV とバッテリ端子電圧の差がモデルで予測された IR 降下に等しいため、バッテリ抵抗モデルを正確に更新できます。IT アルゴリズムなどの従来の残量計アルゴリズムでは、負荷電流が安定してこの安定化が起こらない限り、抵抗モデルは更新されません。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 バッテリ ダイナミクスを扱うアプローチ

バイパス

抵抗とコンデンサの等価回路に基づくバッテリ残量計では、残量計は新しいバッテリについて測定された抵抗モデルに依存するか、またはバッテリ過渡現象が安定するまで負荷電流が十分に長い時間安定している場合に抵抗モデルを更新します。バッテリ負荷が動的な場合、過渡的な安定化を確認するのに十分な長さの安定した電流間隔は、バッテリの経年劣化に伴う抵抗の増加を正確に追跡するには十分ではありません。これらのアプリケーションでは、抵抗とコンデンサの等価回路に基づく残量計がバッテリの抵抗を過小評価します。この状況では、IR 電圧降下が過小評価されるため、残量計がバッテリの残り容量を過大評価します。この状況では、システム全体のシャットダウンが早期に完了する必要があり、端子電圧が残量計の予測値よりも早く最小値に近づくことがあります。

しかし、バッテリ過渡応答を安定させるのに十分な安定した負荷電流の間隔が頻繁に発生するアプリケーションでは、従来の残量計測アルゴリズムでバッテリの抵抗増加を追跡し、バッテリ残量を正確に予測できます。

広帯域バッテリ モデル化

選択的更新を行う抵抗またはコンデンサの等価回路を使用する代わりに、より正確な広帯域バッテリ モデルを使用する方法もあります。図 4-1 に示すように、広帯域バッテリ モデルを使用すると、過渡応答の緩和間隔中にバッテリ端子電圧を正確に予測できます。適切に設計された広帯域バッテリ モデルを使用すると、ステップ応答だけでなく、任意の負荷電流条件に対して正確に過渡応答を生成できます。

Dynamic Z-Track (IT-DZT)

Dynamic Z-Track（IT-DZT）アルゴリズムは、バッテリ応答の広帯域モデルに依存しています。このモデルを使用すると、長時間の動的負荷電流に対して、バッテリ端子電圧の正確な推定値を生成できます。IT-DZT は、この規格に基づく残量計と同じ値にパラメータ設定されています。DoD と最大バッテリ充電容量（Qmax）に対して、バッテリ抵抗を室温に正規化した値です。IT-DZT アルゴリズムは、単純な抵抗とコンデンサのバッテリ等価回路で IR の電圧降下に補正係数を使用して、バッテリ端子の電圧の正確な予測とバッテリ抵抗の推定値を生成します。Qmax パラメータは、IT ベースの残量計と同じ手法を使用して推定します。

6.1 動的負荷の精度測定に伴う利点

広帯域モデルをバッテリ残量計に使用すると、2 つの利点があります。第 1 に、このモデルを使用して、バッテリ端子の電圧が完全に安定していない状況でバッテリ抵抗を推定できます。広帯域モデルでは、動的負荷電流による IR 電圧降下の不正確さを防止できます。負荷電流特性に関係なく、経年劣化による抵抗値の変化を追跡できるため、動的な負荷電流のあるアプリケーションでも、バッテリの残容量を正確に予測できます。第 2 に、このモデルを使用すると、バッテリ端子の電圧をより正確に予測し、過渡応答を考慮することができます。

6.2 アルゴリズム性能

IT-DZT アルゴリズムにより、動的負荷アプリケーションの抵抗推定と残り容量予測の改善が可能になります。残り容量の改善を定量化するための比較アルゴリズムは、補正放電終止電圧（CEDV）残量計アルゴリズムです。このアルゴリズムは、新しいバッテリから推定される IR 電圧降下の補正を使用して、バッテリ端子の電圧が放電終了に達する位置を予測します。IT-DZT アルゴリズムは、小さな誤差許容誤差の範囲内で抵抗値を正確に追跡できます。経年劣化したバッテリでは、放電終了時に抵抗が 50% 以上増加する場合があり、CEDV 残量計は負荷電流による電圧低下を過小評価します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

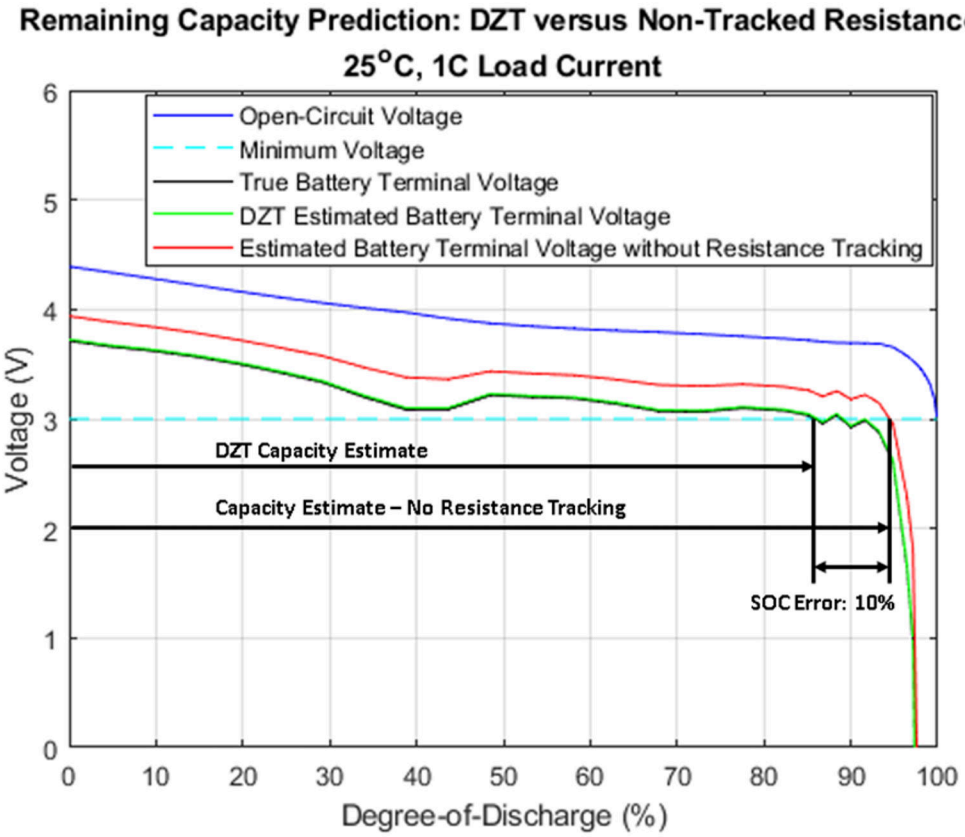

図 6-1. 残り容量推定の比較:IT-DZT と抵抗更新なし、1C 負荷

残量計アルゴリズムが残り容量予測に及ぼす影響を、図 6-1 に示します。IT-DZT アルゴリズムは、バッテリの経年変化に応じて、小さな誤差許容誤差で抵抗を正確に追跡することができます。CEDV アルゴリズムは、経年劣化したバッテリの抵抗を大幅に過小評価します。図 6-1 に示す 1C の負荷の場合、IT-DZT アルゴリズムは、バッテリ電圧が最低 3V のスレッショルドに達したときの SOC を正確に予測します。CEDV アルゴリズムは、電圧が 3V に達したときの SOC を正確に予測できません。このアルゴリズムは、IT-DZT に対してバッテリ残量を 10% 過大評価します。負荷電流が大きいと、IR の電圧降下がより大きくなるため、CEDV の残り容量誤差はより大きくなります。ここに示すテスト ケースでは、1.75 C の平均負荷電流の過大評価誤差は 60% です(図 6-2 を参照)。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

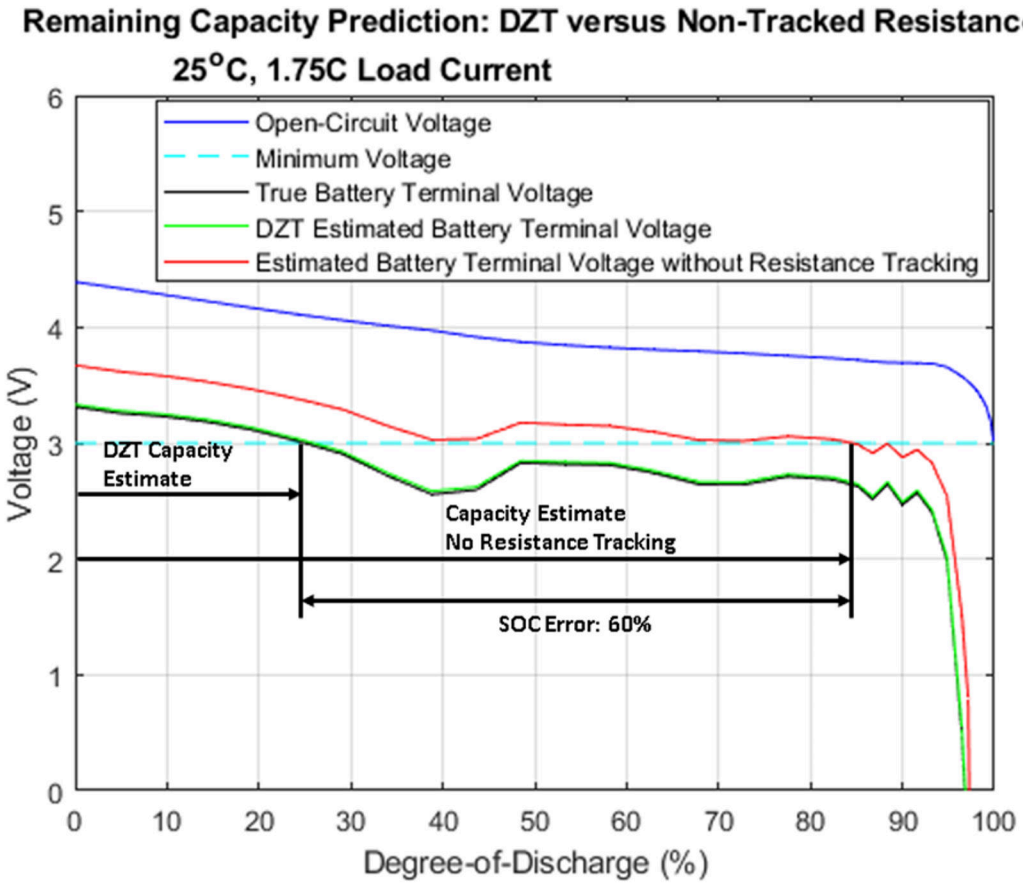

図 6-2. 残り容量推定の比較:IT-DZT と抵抗更新なし、1.75 C 負荷

予想される SOC の精度向上は、バッテリの経年劣化や放電時の負荷電流の詳細によって異なります。一部の負荷電流では、安定した負荷電流が頻繁に、かつ長時間継続するため、IT ベース ゲージ アルゴリズムは IT-DZT と同様の性能を発揮することができます。寿命が長いバッテリの場合、抵抗値が緩やかになることがわかります。IT-DZT と固定抵抗による残り容量推定値の差は、バッテリが十分に経年劣化して抵抗が大幅に増加するまでは小さいままとなります。

抵抗値の急速な増加を示すバッテリは、図 6-2 の例に比べて、動的負荷での SOC 推定の誤差がさらに大きくなる可能性があります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 まとめ

IT-DZT 残量計アルゴリズムを採用すると、動的な負荷電流を使用するアプリケーションでも、バッテリ抵抗と残り容量をより高精度で推定できます。IT-DZT は、残量計アルゴリズムの抵抗推定部分でバッテリの緩和を補正する広帯域バッテリモデルを採用しています。バッテリ寿命期間中のバッテリ抵抗を正確に追跡することで、バッテリ駆動システムの動作に最低限必要なバッテリ端子電圧に達した瞬間の残り容量を正確に予測することができます。IT-DZT は、ドローン、ロボット、電動工具、AI 機能搭載の携帯電子機器など、幅広い用途の残量計の性能を向上させます。

安定的で動的な負荷に対する IT-DZT と IT の性能の比較を 表 7-1 に示します。システムが IT-DZT の利点を享受できるかどうかを判断するには、TI 代表にお問い合わせください。

表 7-1. IT-DZT と IT の比較

負荷	IT-DZT			IT			CEDV		
	抵抗の推定値	健全性の状態	RemCap	抵抗の推定値	健全性の状態	RemCap	抵抗の推定値	健全性の状態	RemCap
安定的	正確	あり	あり	正確	あり	あり	新しいセル値で固定	経年劣化により精度が低下	経年劣化により精度が低下
パルス	SOC 対 T でワーストケース誤差 <10%	あり	あり	SOC 対 T でワーストケース誤差 <100%	制約のある電流パルス形状に対応可能	なし	SOC 対 T でワーストケース誤差 <100%	制約のある電流パルス形状に対応可能	なし

8 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『動的負荷用 Impedance Track™ 残量計構成（EPOS）』アプリケーション ノート
- テキサス インスツルメンツ、『bq2750x ファミリにおける Impedance Track™ バッテリ残量測定アルゴリズムの理論と実装』アプリケーション ノート
- テキサス インスツルメンツ、『初心者向け Impedance Track™ バッテリ残量計』アプリケーション ノート

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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ます。

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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツ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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、 テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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ます。

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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、 テキサス・インスツルメンツ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。 テキサス・インスツルメンツ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、 テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、 テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、 テキサス・インスツルメンツの販売条件、または ti.com やかかる テキサス・インスツルメンツ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。 テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用される テキサス・インスツルメンツ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、 テキサス・インスツルメンツ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 © 2025, Texas Instruments Incorporated