

Technical Article

バッテリー精度の再定義:Dynamic Z-Track™ アルゴリズムでは予測困難なバッテリー負荷をどのように予測するか



高度な技術を搭載する産業用および個人用電子機器が増えるにつれ、バッテリーへの負荷はますます予測が難しくなっており、より高い信頼性とインテリジェンスを備えたバッテリー残量計が求められています。新しいAI(人工知能)強化デバイスであれ、ドローン、電動工具、ロボットなどの既存システムのいずれであれ、バッテリーは非常に動的な負荷プロファイルを受けます。こうした予測困難な負荷は、システムの安全なシャットダウンや予期せぬ電圧降下(ブラウンアウト)の防止に向けて、正確なバッテリー計測に依存する設計者にとって、大きな課題となります。コードレスドリルで予期せぬシャットダウンは、ユーザーをイライラさせるだけですが、ドローンが空から落下すると、深刻な安全上のリスクをもたらします。

バッテリー残量計の機能

バッテリー残量計は、電流と電圧の測定値に基づき、充電状態、健全性の状態、残容量などの重要なパラメータを算出します。従来の Impedance Track™ テクノロジーをベースとするバッテリー残量計は、バッテリー負荷が緩やかに変化すると想定していました。その結果、バッテリーの放電中に抵抗値を高精度で測定できるので、高精度のリアルタイム充電状態の予測を計算できます。図 1 に示すように、このように緩やかに変化するバッテリー負荷に対しては、バッテリーを低周波の抵抗-コンデンサ(RC)モデルとしてモデル化することで十分に対応できます。ただし、可変または高周波数の負荷電流を伴う新しいアプリケーションでは、正確な充電状態推定を維持するために、より包括的なモデルと適応型アルゴリズムが必要となります。

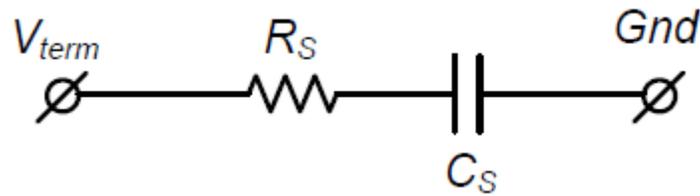


図 1. 低周波バッテリー RC モデル

Dynamic Z-Track アルゴリズムは、BQ41Z90 や BQ41Z50 などのデバイス向けに設計されたバッテリー残量測定方式です。BQ40Z50 や BQ34Z100 のようなデバイスで動作する従来の Impedance Track アルゴリズムの後継として、Dynamic Z-Track アルゴリズムは、動的な負荷電流状態でバッテリーの充電状態、健全性、残容量を高精度に推定します。

不安定な負荷や高周波負荷がバッテリーに影響を及ぼす場合、Impedance Track 残量計の従来型の RC モデルでは、バッテリーの抵抗を更新することで分解能が低下します。Dynamic Z-Track アルゴリズムには、電圧過渡のシミュレーションと動的な電流プロファイルへの適応を行う広帯域過渡モデルが実装されています。このアプローチにより、電流が安定していない場合でも、リアルタイムで抵抗を推定できます。

抵抗が重要なのはなぜか？

バッテリーの寿命全体にわたって充電状態を最高精度で計算するには、トラッキング抵抗が不可欠です。図 2 に示すように、バッテリーセルの抵抗値は、充放電サイクルと経年劣化に伴い直線的に増加し、ある転換点に達すると、寿命末期に向けて指数関数的に増加します。抵抗値は温度とともに大きく変動します。バッテリーセルの抵抗値と温度の間には反比例関係があり、温度が低いほど抵抗が高くなります。したがって、0%の充電状態に達する前に、セルが供給できる容量またはエネルギーが低下します。

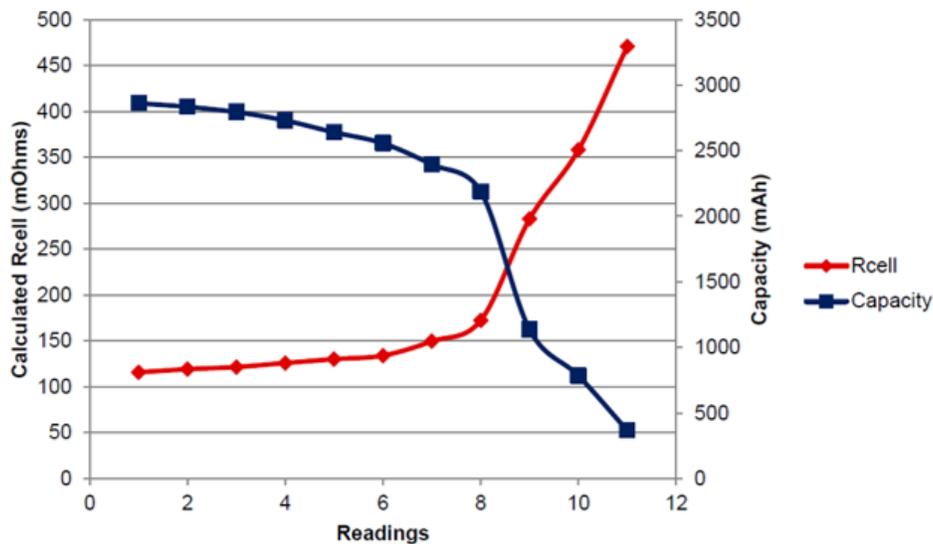


図 2. リチウムイオンバッテリーセルの時間の経過に伴う抵抗の変化

バッテリー残量計が抵抗を更新できない場合、算出される充電状態の誤差は、バッテリーの経年劣化に比例して増加します。充電状態と残容量の推定でのこの誤差は、予測不可能で不安定な負荷で抵抗値を更新せずに最大 60%または最小 10%に達する可能性があります。図 3 に示すように、エンドユーザーは、充電状態の急激な低下を目の当たりにし、容量の過大評価によりデバイスが予期せずシャットダウンする可能性があります。

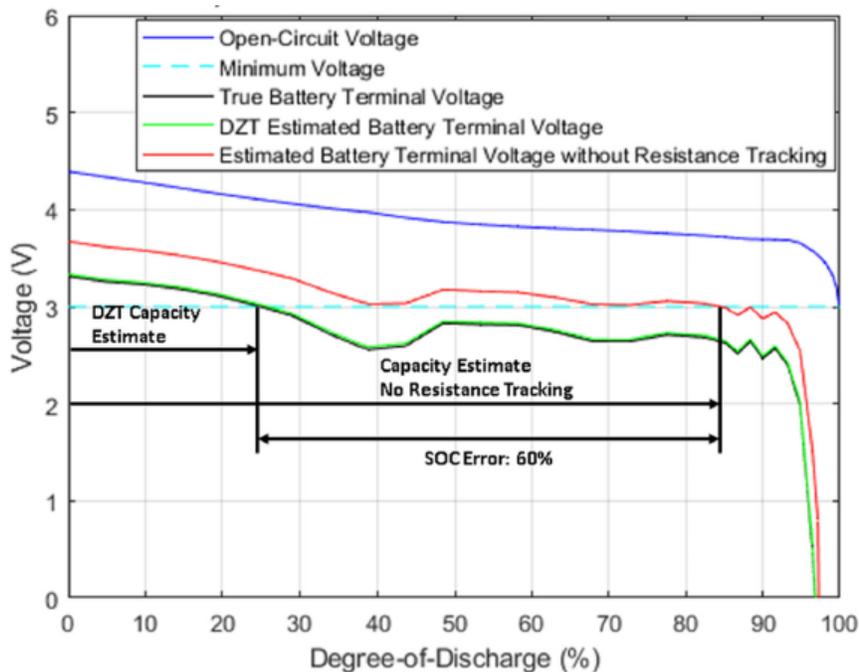


図 3. 残容量推定の比較: Impedance Track テクノロジーとダイナミック Z-Track テクノロジーと、1.75°C 負荷時の抵抗値更新なしの比較

ユースケースの例

ある人が電動自転車で帰宅するとします。充電状態を確認すると、残り 30%だったので、帰宅前に食料品店に寄り道することになりました。店舗に到着すると、充電状態は残り 15%と表示されていますが、帰宅途中に、充電状態が 12%から 0%に低下したため、電動自転車は突然電力の供給を停止します。ライダーは、ペダルを漕いで家に帰るか、配車を呼ぶかの選択を迫られます。

Dynamic Z-Track アルゴリズムは、このような状況を防ぎます。従来のバッテリー残量計とは異なり、TI の Dynamic Z-Track テクノロジーは、予測できない負荷でも最大 99%の充電状態精度を実現し、メーカー各社はバッテリーサイズを最適化し、バッテリー駆動時間を最大 30%延長することができます。これにより、最終的には、ドローン、電動自転車、ノート PC、ポータブル医療機器など、要求の厳しいアプリケーションで、エンドユーザーは信頼性の高い性能を得ることができます。

まとめ

予測困難なバッテリー負荷は設計上の大きな課題ではありますが、システムの信頼性やエンドユーザー体験の限界を決定づける必要はありません。Dynamic Z-Track アルゴリズムなどのツールを使用すると、バッテリー駆動のデバイスが簡単に動作する設計が可能になります。つまり、ドローンが予定せぬ着陸をすることなく飛行を完了し、電動自転車がライダーを必ず家に帰らせるような未来が実現します。

その他の資料

Impedance Track テクノロジーと Dynamic Z-Track テクノロジーの動作方法の詳細については、以下のアプリケーションノートをご覧ください。

- [Dynamic Z-Track™ テクノロジー: 動的負荷アプリケーション向けの高度なバッテリー残量計アルゴリズム。](#)
- [BQ2750x ファミリーにおける Impedance Track バッテリー残量測定アルゴリズムの理論と実装。](#)

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

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](https://www.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](https://www.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