

Application Brief

バッテリー・テスト装置の電圧および電流測定 of 簡素化



Kevin Zhang, Maka Luo, Raphael Puzio

はじめに

バッテリー試験装置は、バッテリー・パックの機能と性能を出荷前に検証するために使用されます。本書では、レギュレートされた電流と電圧の目標誤差レベルを達成する方法を説明すると同時に、バッテリー・テスタが実行する 3 つの主要な機能試験について説明します。

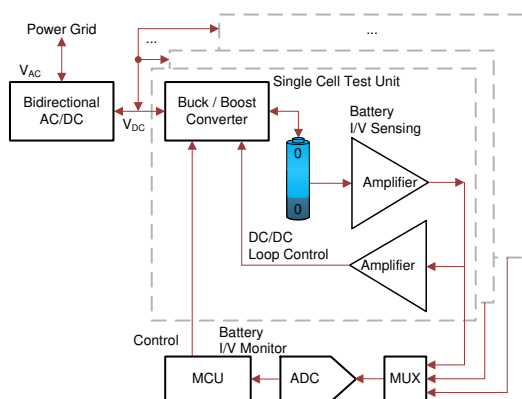


図 1. 従来型のバッテリー試験装置のブロック図

バッテリーの構成と等級付け

バッテリー・セルまたはバッテリー・パックは、組み立て後、完全に制御した充放電サイクルを各ユニットで最低 1 回実行することで、電力貯蔵デバイスとして機能するように初期化する必要があります。バッテリー・ベンダは、このプロセスを利用してバッテリー・セルの等級付けも行います。これは、目標仕様に基づいて各種性能グループにセルを分類する作業です。バッテリー初期化回路の詳細については、[双方向バッテリー初期化システム電源ボードのリファレンス・デザイン](#)を参照してください。

ループ特性試験

ループ特性試験は、充放電シーケンスを繰り返すことでバッテリー・セルまたはバッテリー・パックのサイクル特性を評価します。これにより、そのバッテリー固有の寿命および信頼性パラメータを検証し、それらが規定の許容誤差の範囲内にあることを確認します。

機能試験

機能試験では、バッテリー・パックが機能することを出荷前に検証します。これにより、各バッテリー・セルおよびバッテリー・パックが正常に動作することを確認します。

バッテリー試験装置でのアンプの使い方

一般的なシステムでは、降圧コンバータをバッテリー充電用電源として使用し、昇圧コンバータをバッテリー放電に使用します。従来型の演算増幅器（オペアンプ）と計測アンプ（INA）はどちらも、充放電電圧および電流を制御するために帰還ループで使用します。

バッテリーを充電する場合、初段の電圧オペアンプと電流センス INA を使用してバッテリー・セルまたはバッテリー・パックのバッテリー電圧および充電電流を測定しながら降圧コンバータを有効にします。電流センス・オペアンプとセンス抵抗を切り替えることで、センス抵抗を流れる電流の向きに関係なく電流センス・オペアンプへの入力为正になります。電圧ループと電流ループのそれぞれで、これらの前処理した信号が 2 段目のエラー・オペアンプへの入力となります。

各エラー・オペアンプで増幅された出力は、3 段目のバッファ・オペアンプへの入力となります。バッファ・オペアンプの出力は降圧コンバータの帰還ピンに入力され、出力電圧または電流を制御します。昇降圧機能は、出力電流要件に応じて複数の方法で実現できますが、以下の 2 つの手法が最も一般的です。

大電流要件の場合、内蔵の充電コントローラと外部 FET を使用できます。しかし、低コスト・システムで一般的な低電流要件の場合、この機能はディスクリートで実装できます（[図 2](#) 参照）。設計に際しては、エラー・オペアンプの正入力ピンの V_{V_ref} と V_{I_ref} を調整することで、降圧コンバータの目標出力電圧および電流を最適値に調整できます。

一般的なバッテリー充電用途では、電流ループ・エラー・オペアンプの出力電圧は **HIGH** で起動し、降圧コンバータは定電流出力になります。

次の段階では、電圧ループ・エラー・オペアンプの出力電圧が **HIGH** になり、降圧コンバータは定電圧出力になります。バッテリーを放電する場合、昇圧コンバータが有効になります。オペアンプはバッテリー放電電流および電圧を制御し、バッテリー充電時と同様に機能します。昇圧コンバータはバッテリー電圧を V_{DC} (通常 12V) まで昇圧します。

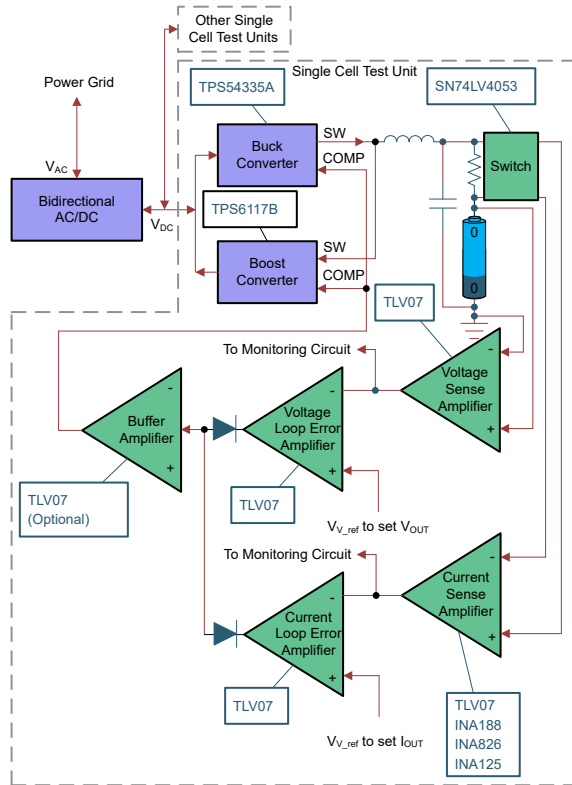


図 2. バッテリー試験装置の一般的なアンプ構成

システムおよびアンプ要件

一般的なシステム要件:

- レギュレートされた電流の誤差 $ERR_{I_{out}} = 0.1\%$
- レギュレートされた電圧の誤差 $ERR_{V_{out}} = 0.5\%$

上記の要件を満たすには、オフセット電圧 (V_{OS}) と V_{OS} 温度ドリフトが小さく、**CMRR** が高い **TLV07** などのオペアンプが必要です。

これらのオペアンプは閉ループと電力段を構成し、エラー・オペアンプの反転入力の電圧を基準電圧 $V_{V_{ref}}$ および $V_{I_{ref}}$ にぴったり近付けることで、大きなループ・ゲインによる誤差を最小限に抑えます。

主要な誤差は電圧および電流センス・アンプに起因するため、高精度アンプを選定することが重要です。

例えば、レギュレートされた出力電流の目標値 I_{SET} が 10A、電流センス抵抗 R_{SENSE} が 20mΩ の場合、アンプの入力誤差は次のようになります。

$$V_{I_ERR_RTI} < ERR_{I_{out}} \times I_{SET} \times R_{SENSE} = 200 \mu V \quad (1)$$

$$V_{V_ERR_RTI} < ERR_{V_{out}} \times V_{SET} = 21 mV \quad (2)$$

レギュレートされた出力電圧の目標値 V_{SET} を 4.2V に設定した場合、アンプの入力誤差は次のようになります。

温度は 25°C から 85°C まで上昇し、バッテリー電圧は 4V であると仮定した場合、弊社の低オフセット / 低オフセット・ドリフト・オペアンプの 1 つである **TLV07** の実際の誤差を簡単に計算できます。

$$INA125 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} V_{TLV07_ERR_RTI} &= V_{OS_max} + dV_{OS} / dT_{max} \times 60^\circ C + 4 V / CMRR_{DC} \\ &= 100 \mu V + 0.9 \mu V / ^\circ C \times 60^\circ C + 4 V / 158489 \\ &= 154 \mu V < V_{I_ERR_RTI} \text{ and } V_{V_ERR_RTI} \end{aligned}$$

上記の計算値から、**TLV07** と同等の高精度オペアンプが、システムの出力電流および電圧誤差要件を満たすのに理想的であることは明らかです。

次の例では、すべての帰還抵抗を内蔵しており、 $V_{OS_max} = 150 \mu V$ かつ $dV_{OS} / dT_{max} = 0.5 \mu V / ^\circ C$ を達成しており、シンプルな設計のシステムで電流シャント・アンプ機能を実行するのに適した **INA** を使っています。

システムがさらに高い性能仕様を要求する場合、電流誤差と電圧誤差をそれぞれ 0.05% と 0.1% に変更できます。この場合、**ゼロドリフト** の **INA188** などの高精度 **INA** を使用できます。上記の例と同じ条件 (60°C の温度上昇、4V の V_{BAT}) を仮定した場合、**INA188** による実際の誤差は $V_{I_ERR_RTI} = 67 \mu V$ 、 $V_{V_ERR_RTI} \leq 4.2 mV$ です。

各段のアンプの参考回路

図 3 に示す電圧および電流センスの参考回路から判断すると、**I+** と **I-** の寄与が電流センス抵抗に表れます。**B+** と **B-** の成分はバッテリーの正および負端子によるものです。実際のバッテリー電圧は 5V を上回る可能性があるため、オペアンプの電源電圧は通常 12V です。**TLV07**、**INA188**、**INA125** はすべて最大 36V ($\pm 18V$) の電源電圧に対応しており、システム要件を満たしています。

充放電サイクル中にバッテリー電流がほぼゼロになる可能性があるため、初段の電流センス・オペアンプにバイポーラ電源を実装して電流センス信号のクリッピングを回避します。エラー・オペアンプの各段で **R12**、**C3**、**C4** と **R6**、**C1**、**C2** にそれぞれタイプ III 補償を適用します。ループの安定性を確保するには、実際の電源設計に基づいてこれらの値を微調整する必要があります。

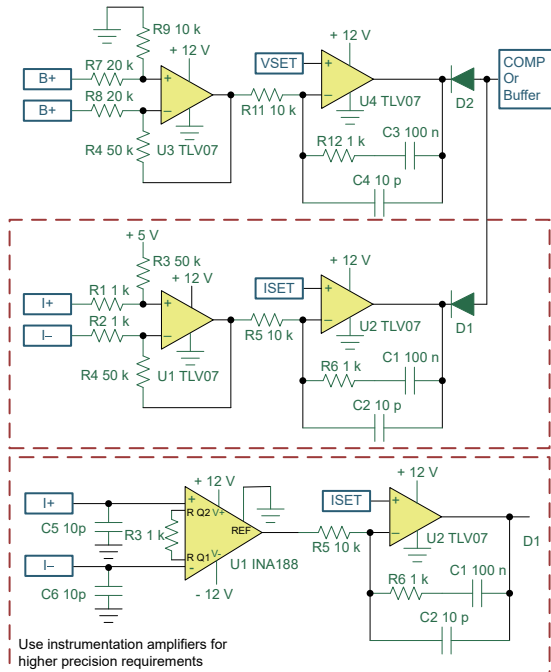


図 3. ハイエンド・アプリケーションでの TLV07 と INA188 による電圧および電流センス回路

まとめ

電圧および電流センシングは、バッテリー試験装置システムで最も重要な 2 つの測定です。さらに、この用途での最も重要なパラメータ特性は、高精度のオペアンプまたは INA の小さな電圧オフセットおよびドリフトです。これらのパラメータは、システムの誤差に対する初段アンプの寄与を最小限に抑えると同時に高性能センシングを確保する上で重要です。

表 1. バッテリー試験装置に適した 3 種類のオペアンプ

デバイス	システムの利点
TLV07 (オペアンプ) デバイス	オフセット電圧およびドリフトが小さいため、レギュレートされた電流と電圧の誤差を低コスト・システムでも十分に調整可能
INA125 (計測アンプ)	100dB 以上の高い CMR (同相信号除去比) が出力のダイナミック・レンジを拡大 (オフセット電圧およびドリフトが小さいためコストと時間のかかる較正が不要)
INA188 (計測アンプ)	低オフセット電圧とゼロドリフトにより、高い CMR (104dB 以上) で同相干渉を低減させると同時に、レギュレートされた電流と電圧の誤差を低減

重要なお知らせと免責事項

TI 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、TI 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 TI 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、

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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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、TI 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 © 2022, Texas Instruments Incorporated