

HEV/EV BMS アプリケーション向けシャント・ベース電流センシング・ソリューション

Guang Zhou



概要

ハイブリッド車 (HEV) と電気自動車 (EV) は、世界中の自動車市場でシェアを拡大し続けています。こうした自動車のバッテリー管理システム (BMS) は、安全動作領域 (SOA) 内でのバッテリー動作の維持、電力分配の監視、充電状態 (SoC) の記録といった重要なタスクを実行しています。

一般的な HEV と EV には、高電圧と低電圧のサブシステムが存在します。高電圧サブシステムは数 100 ボルトで動作し、送配電網または高電圧 DC 電源と直接インターフェイスします。低電圧サブシステムは、通常 48V と 12V で動作します。

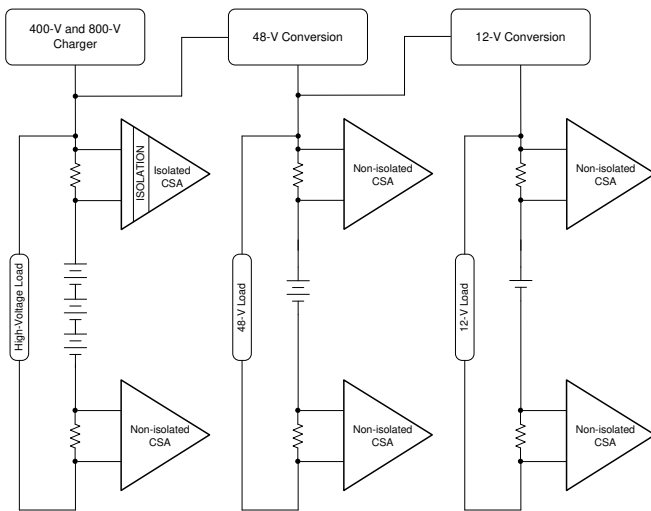


図 1. BMS の電流センシング方式

TI は、高電圧 BMS システムで使用できる各種絶縁型電流センシング・デバイスを提供しています。その中で [DRV425](#) はフラックスゲート技術を採用しています。[TIPD205](#)、「オープン・ループ Fluxgate センサ使用 ±100A バス・バー電流センサのリファレンス・デザイン」に、設計の詳細を示しています。その他の絶縁型電流センシング技術の例については、『[Comparing shunt- and hall-based isolated current-sensing solutions in HEV/EV](#)』ア

[アプリケーション・ノート \(英語\)](#) を参照してください。本書では 12V~48V BMS サブシステムにおける非絶縁型ハイサイド、シャント・ベース電流センシング・アンプ (CSA) (電流シャント・モニタ (CSM) とも呼びます) のみを取り上げます。

低電圧 (12V~48V) BMS 電流センシング

非絶縁型シャント・ベース電流センシングの主な利点には分かりやすさ、低コスト、優れた線形性、高い精度が含まれます。その一方で、同相範囲が限られているため、ハイサイド電流センシング構成の場合、用途が限定される場合があります。

シャント・ベース電流センシングのもう 1 つの欠点は、シャント抵抗による消費電力が大電流時に大きくなる可能性があることです。

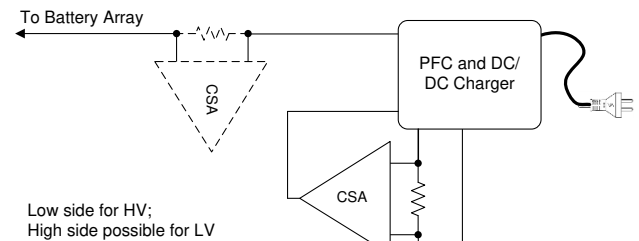


図 2. HEV/EV 充電器の電流センシング・アンプ

バッテリー・アレイは、あらゆる HEV/EV の重要な部品です。充電式バッテリーには主に次の 2 種類があります。鉛バッテリーは 100 年以上前から使用されており、リチウムイオン・バッテリーは 1980 年代に実用化されたばかりです。現在、アルミ空気バッテリー、亜鉛空気バッテリーなどの新しい種類のバッテリーを開発するために継続的かつ膨大な研究努力がなされています。その最終目標は次世代の革新的技術、すなわちより安全、長寿命、メンテナンス・フリー、高電力密度のバッテリーを商品化することです。バッテリー管理に関しては、鉛バッテリーとリチウムイオン・バッテリーでは多くの違いがありますが、類似点も多くあります。どちらも何らかの定電圧定電流 (CV-CI) 充電プロファイルに従います。CSA は、バッテリーを確実に SOA 内に維持する上で重要な役割を果たします。充電

電流は非常に大きくなることもあり、数 100 アンペアに達することさえあります。従来、シャント抵抗を使用した方式による充電電流の測定には課題がありました。しかしながら、超低抵抗シャントが利用できるようになったため、現在ではこの方法を採用できます。

他方、BMS システムは、システム全体の健全性と安全に関する情報を提供するため、通常動作中可能な限り正確に電力分配を監視する必要があります。HEV/EV のバッテリー・パックの残量計に相当する充電状態 (SoC) は、走行距離と相互関係があります。電流センシングおよび積算は、SoC を判断する重要な方法の 1 つです。エンジンを止めても、すべての車載電子装置の電源が完全にオフになることはありません。このオフ状態での電流は総リーク電流の一因となるため、リーク電流を監視および報告することが強く求められています。

理想的には、1 つの電流センス・アンプで全電流範囲 (数 100 アンペアから数アンペア、場合によってはミリアンペアまで) を監視する必要があります。多くの場合、BMS 電流センシングの設計の際にこのような広いダイナミック・レンジで精度を維持することは最大級の課題の 1 つです。

シャント抵抗値の決定

シャント抵抗の最大電流および電力定格は、多くの場合、使用可能な最大シャント値を決定します。シャント抵抗値が大きいほどシャント電圧は高くなり、システムの非理想因子 (例: アンプ・オフセット、ゲイン誤差、ドリフト) による相対誤差は小さくなります。しかし、シャント電圧が高いほど、消費電力は大きくなります。過剰な消費電力は温度上昇を引き起こし、システム性能を低下させるだけでなく、適切に制御しないと破壊をもたらすことがあります。一方、最小シャント値は電流センス・アンプの最小電流と精度で決まります。

例えば、CSA オフセットが 10 μ V、その他のすべての誤差原因は無視できるほど小さく、シャント抵抗が 100 $\mu\Omega$ であると仮定します。較正を行わない場合、100mA の電流に対して、報告される電流は 0mA と 200mA の間のいずれかの値になります。シャントを 1m Ω に変更すると、同じ電流は 90mA と 110mA の間のいずれかの値として報告されます。現実的には、シャント抵抗は多くの場合これらの 2 つの極値の間の値になるように選択されます。

適切な電流センス・アンプの選定

TI の高精度、非絶縁型電流センス・アンプは、同相電圧、帯域幅、オフセット、ドリフト、消費電力などの主要なパラメータに関して幅広い選択肢を提供しています。広いダイナミック・レンジにわたる高精度の電流センシングは大きな課題です。この問題は最小値側で特に深刻であり、システム誤差が有効な信号を簡単に上回る場合があります。測定値からシステム誤差を差し引くことができるようにするため、システム較正が必要になります。

ゼロドリフト電流センス・アンプは全温度範囲にわたって安定した性能を備えているため 1 点較正が可能であり、そのような困難な設計も可能です。

INA240-Q1 は、同相電圧の仕様が 80V であるため、48V システムに最適です。INA226-Q1 は最大 36V の同相電圧に対応するように設計されたデジタル出力の電流センス・アンプです。

同じチップ内に高性能 ADC を内蔵することで、最大 10 μ V という優れたオフセット仕様を実現しています。どちらのデバイスも TI 独自のゼロドリフト技術で製造されているため、1 点温度較正が可能です。

表 1. INA240A1 と INA226 の比較

主な仕様	INA240A1	INA226
出力	アナログ出力	I ² C
最大 V _{CM}	80V	36V
最小 V _{CM}	-4V	0V
電源電圧 (V _S)	2.7V~5.5V	2.7V~5.5V
シャント電圧 (V _S = 5V)	±125mV	±81.9175mV
12V 時の V _{OS}	±25 μ V (最大値)	±10 μ V (最大値)
V _{OS} ドリフト	0.25 μ V/°C	0.1 μ V/°C
ゲイン誤差	0.20%	0.10%
ノイズ密度	40nV/ \sqrt Hz	非該当

推奨する車載用デジタル出力 CSA

INA226-Q1 の他にも、TI は各種デジタル出力電流 / 電圧 / 電力モニタを提供しています。表 2 と表 3 に、その製品例と関連する技術資料を示します。

表 2. その他の推奨デバイス

デバイス	デジタル・インターフェイス	概要
INA220-Q1	I ² C、SMBUS	26V、双方向、ゼロドリフト、ローサイドまたはハイサイド、I ² C 電流 / 電力モニタ
INA3221-Q1	I ² C、SMBUS	26V、トリプルチャネル、双方向、ゼロドリフト、ローサイドまたはハイサイド、I ² C、電流 / 電圧モニタ、アラート機能付き

表 3. 関連する Tech Note

資料番号	資料タイトル
------	--------

表 3. 関連する Tech Note (continued)

SBAA325	『Current sensing with INA226-Q1 in HEV and EV BMS subsystems』(英語)
SBOA295	『High-voltage, high-side floating current sensing circuit using current output, current sense amplifier』(英語)

まとめ

HEV/EV の低電圧 BMS サブシステムの電流センシングでは、ローサイドに加えてハイサイドのシャント・ベース・ソリューションも実行可能な選択肢です。1 点較正が可能なゼロドリフト技術により、微小電流を測定できます。デジタル出力デバイスの場合、既存の通信バスを利用することで設計をさらに簡素化できます。

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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または 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。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または 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。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社