

# 适用于 HEV 和 EV 中的 BMS 应用且基于分流器的 电流 感应 解决方案

Guang Zhou



## 简介

混合动力电动汽车 (HEV) 和电动汽车 (EV) 继续在全球汽车市场中获得份额。这些车辆的电池管理系统 (BMS) 承担着重要的任务，即保持电池在安全工作范围 (SOA) 内运行，监测配电情况以及跟踪充电状态 (SoC)。

在典型的 HEV 和 EV 中，同时存在高电压子系统和低电压子系统。高电压子系统具有几百伏的工作电压，直接与公用电网或高电压直流电源相连。低电压子系统通常在 48V 和 12V 电压下运行。

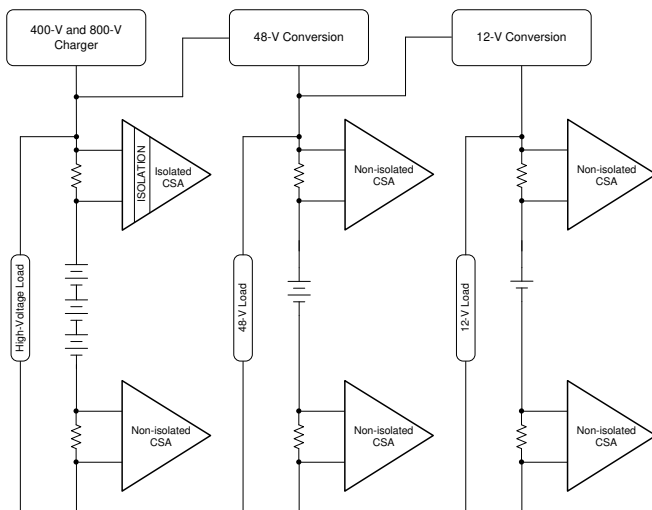


图 1. BMS 中的电流感应拓扑

TI 提供了各种可用于高电压 BMS 系统的隔离式电流感应器件。这些器件包括基于磁通门技术的 [DRV425](#)。

[TIPD205 《使用开环磁通门传感器的 ±100A 汇流条电流传感器参考设计》](#) 说明了如何实现该设计。

[《HEV/EV 中基于分流器和基于霍尔传感器的隔离式电流感应解决方案比较》应用手册](#) 中提供了其他隔离式电流感应技术示例摘要。不过，这里的重点仅在于 12V 至 48V BMS 子系统中基于分流器的非隔离式高侧电流感应放大器 (CSA)，也称为电流分流监控器 (CSM)。

## 低电压 (12V 至 48V) BMS 电流感应

基于非隔离式分流器的电流感应的优点包括简单、低成本、出色的线性度和精度。另一方面，有限的共模范围可能会限制采用高侧电流感应配置的应用。

基于分流器的电流感应的另一个缺点是，在高电流水平下，分流器的功率耗散可能非常大。

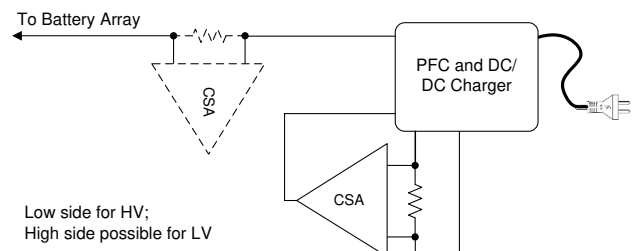


图 2. HEV 或 EV 充电器中的电流感应放大器

电池组是任何 HEV 或 EV 的重要组成部分。可充电电池主要有两种类型：已有 100 多年历史的铅酸电池和自 20 世纪 80 年代才投入实际使用的锂离子电池。在本文档发布时，人们正不断地付出巨大的努力进行研究，以推出新型电池，例如铝空气电池和锌空气电池。最终目标是实现下一个颠覆性电池技术（即更安全、更持久、维护更少且具有更高功率密度的电池）的商业化。就电池管理而言，铅酸电池和锂离子电池之间存在许多差异。不过，它们也有许多相似之处。两种类型都遵循特定的恒压-恒流 (CV-CI) 充电曲线。CSA 在确保电池保持在 SOA 内方面起着重要的作用。充电电流可能会很高，可能达到数百安培。过去，使用基于分流器的拓扑来测量该电流一直富有挑战性。不过，由于有了超低电阻分流器，该选项现已可行。

另一方面，BMS 系统必须在正常运行期间尽可能精确地监测配电情况，以提供总体系统运行状况和安全信息。充电状态 (SoC) 与 HEV 或 EV 中电池组的电量计等效，与行驶里程相关。电流感应和积分是确定 SoC 的重要方法之一。即使在发动机关闭时，也并非所有车载电子设备都会完全关闭。这些关闭状态电流会导致总泄漏电流，因此强烈希望对泄漏电流进行监测并加以考虑。

理想情况下，单个电流感应放大器必须对整个电流范围（从几百安培到几安培，甚至可能到几毫安）进行监测。在如此宽的动态范围内保持精度通常是 BMS 电流感应设计中的最大挑战之一。

### 确定分流电阻器的大小

分流电阻器的最大电流和功率额定值通常决定了可以使用的最高分流器值。分流电阻越高，分流电压就越大，由于系统非理想因素（例如放大器失调电压、增益误差和漂移）而导致的相对误差也越小。不过，分流电压越高，功率耗散就越大。过多的功率耗散会导致温度升高，这不仅会降低系统性能，而且可能会在控制不当时造成破坏性影响。另一方面，电流感应放大器的最小电流和精度决定了最低分流器值。

例如，假设 CSA 失调电压为  $10\mu\text{V}$ ，而所有其他误差源均可以忽略不计，并且分流电阻为  $100\mu\Omega$ 。如果不进行校准，则对于  $100\text{mA}$  电流，报告的电流可能是  $0\text{mA}$  至  $200\text{mA}$  之间的任何值。如果将分流器更改为  $1\text{m}\Omega$ ，则会将相同的电流报告为  $90\text{mA}$  至  $110\text{mA}$  之间的任何值。实际上，通常将分流电阻器选择为这两个极值之间的值。

### 选择正确的电流感应放大器

TI 的精密非隔离式电流感应放大器在关键参数（例如共模电压、带宽、失调电压、漂移和功耗）方面提供了广泛的选择。在宽动态范围内精确地感应电流是一个巨大的挑战。该问题在低端尤为严重，因为此时系统误差很容易淹没有用的信号。为了能够从测量中减去系统误差，必须进行系统校准。

零漂移电流感应放大器可实现单点校准，并通过在整个温度范围内提供稳定的性能使该具有挑战性的设计成为可能。

由于其  $80\text{V}$  共模规格，**INA240-Q1** 成为  $48\text{V}$  系统的绝佳选择。**INA226-Q1** 是一款专为高达  $36\text{V}$  的共模电压设计的数字输出电流感应放大器。

该器件在同一个芯片内集成了高性能 ADC，从而提供出色的  $10\mu\text{V}$  最大失调电压规格。这两款器件都采用 TI 专有零漂移技术进行制造，从而使单点温度校准成为可能。

表 1. **INA240A1** 和 **INA226** 之间的比较

主要规格	<b>INA240A1</b>	<b>INA226</b>
输出	模拟输出	I <sup>2</sup> C
最大 $V_{\text{CM}}$	$80\text{V}$	$36\text{V}$
最小 $V_{\text{CM}}$	$-4\text{V}$	$0\text{V}$
电源电压 ( $V_{\text{S}}$ )	$2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$	$2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$
分流电压 ( $V_{\text{S}}=5\text{V}$ )	$\pm 125\text{mV}$	$\pm 81.9175\text{mV}$
12V 时的 $V_{\text{OS}}$	$\pm 25\mu\text{V}$ (最大值)	$\pm 10\mu\text{V}$ (最大值)
$V_{\text{OS}}$ 漂移	$0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	$0.1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
增益误差	$0.20\%$	$0.10\%$
噪声密度	$40\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	不适用

### 汽车数字输出 CSA 建议

除 **INA226-Q1** 之外，TI 还提供其他数字输出电流、电压和功率监控器。表 2 和表 3 汇总了一些示例产品和相关技术文档。

表 2. 备选器件建议

器件	数字接口	说明
<b>INA220-Q1</b>	I <sup>2</sup> C、SMBUS	$26\text{V}$ 、双向、零漂移、低侧或高侧、I <sup>2</sup> C 电流/功率监控器
<b>INA3221-Q1</b>	I <sup>2</sup> C、SMBUS	$26\text{V}$ 、三通道、双向、零漂移、低侧或高侧、I <sup>2</sup> C、具有警报功能的电流和电压监控器

表 3. 相关技术手册

文献编号	文献标题
<b>SBAA325</b>	《在 HEV/EV 低电压 BMS 子系统中使用 <b>INA226-Q1</b> 进行电流感应》
<b>SBOA295</b>	《采用电流输出电流感应放大器的高电压、高侧浮动电流感应电路》

### 结论

对于 HEV 和 EV 低电压 BMS 子系统内的电流感应，除低侧之外，基于高侧分流器的解决方案也是可行的选择。零漂移技术可实现一次性校准，从而使低电流测量成为可能。数字输出设备可以利用现有的通信总线进一步简化设计。

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司