

Application Note

AMC 高侧电源选项



Andrew Cao

摘要

随着电气化程度的提高，对精确且具有成本效益的隔离式电流检测的需求显著增长。本文档介绍了五种最常见的高侧电源选项，适用于德州仪器 (TI) 的隔离式分流电流检测器件：[AMC0300D](#)、[AMC0300R](#)、[AMC0306M05](#)、[AMC0306M25](#)、[AMC3301](#)、[AMC3302](#)、[AMC3306M05](#)、[AMC3306M25](#) 以及 [AMC131M03](#)，均有工业版和汽车版可供选择。

内容

1 简介.....	2
2 详细说明.....	3
2.1 成本优化型电源.....	3
2.2 简化的电源：.....	5
2.3 高压电源转换中的隔离式电流检测位置.....	6
3 总结.....	9
4 参考资料.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

德州仪器 (TI) 的 AMC 器件包含各种隔离式电流和电压感应器件，能够承受高共模电压。集成隔离栅本质上可将给定器件的高压侧和低压侧隔开，因为这两侧均需独立的电源供电。在为 AMC 器件和系统确定最佳的高侧电源时，可能要考虑成本、尺寸、位置、易用性、隔离和功能安全等因素。本应用手册旨在总结五种推荐的高侧电源选项，适用于高压电源转换过程中出现的七个主要的隔离式电流检测位置。高侧电源选项包括三种成本优化型电源设计：变压器绕组、具有齐纳二极管的栅极驱动器电源、具有 LDO 的栅极驱动器电源；以及两种简化型电源设计：集成式 DC/DC 转换器和分立式变压器。然后，本文档概述了整流器、DC/DC 和逆变器中七个主要的隔离式电流检测位置。

表 1-1. 高侧电源选项比较

成本优化型电源			简化型电源		
	变压器绕组	具有齐纳二极管的栅极驱动器电源	具有 LDO 的栅极驱动器电源	集成式直流/直流转换器	分立式变压器
成本	\$\$	\$ ¹	\$ ¹	\$\$	\$\$\$
尺寸	++	++	+	+	+++
易于使用	++	+	++	+++	+++ ¹
隔离	不适用	不适用	不适用	+	++
功能安全	++	+	+	+++	++
系统要求	低成本选项，功能安全性更高。	成本最低的选项，出现过冲的可能性更小。	低成本选项，输出稳定且噪声更小。	尺寸小巧且易于使用。	高度可定制且易于使用。

1. “系统要求”行中包含的其他差异化因素。

2 详细说明

2.1 成本优化型电源

2.1.1 变压器绕组

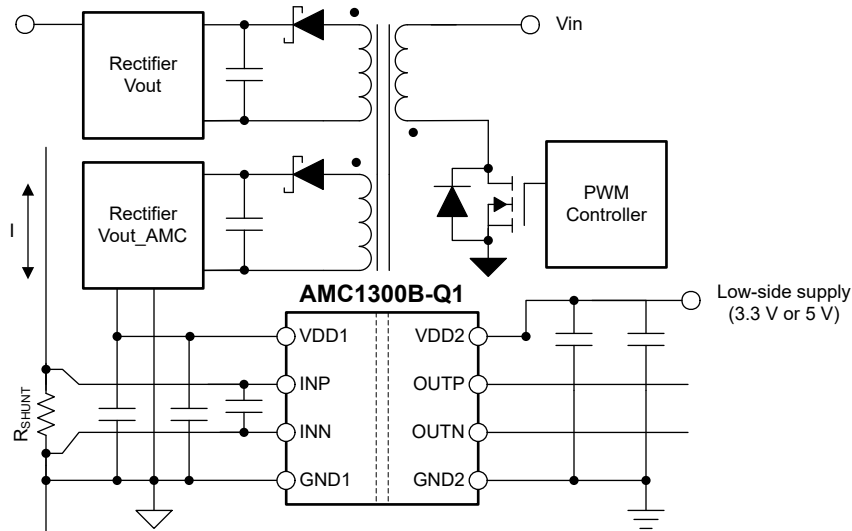


图 2-1. 变压器绕组电源原理图

变压器绕组电源是一种高效、低损耗的设计。该设计由一个原边绕组和一个次级绕组构成。每个绕组由绕在磁芯上的绝缘铜导体构成。电流流经原边绕组会产生磁场。次级线圈感应到磁场，从而产生电压。由于这种架构，该电源选项可提供更高的功能安全性。

在反激式转换器中，选择变压器绕组可最大限度地减少能量损耗并提供具有成本效益的设计。在 DC/DC 转换器（本应用手册稍后会对此进行介绍）中，由于能够存储和隔离电源，因此可以选择变压器绕组。该电源也可以扩展到 AMC 器件的高侧电源。但是，如果实施不当，变压器绕组可能会引发 EMI 问题。因此，在选择此电源时，必须仔细考虑和进行细致的设计。设计注意事项可能包括线规选择、绕组方法和铁氧体材料。如需更多信息，不妨考虑访问[反激式变压器设计在效率和 EMI 方面的注意事项 | 视频 | TI.com](#)。

2.1.2 具有齐纳二极管的栅极驱动器电源

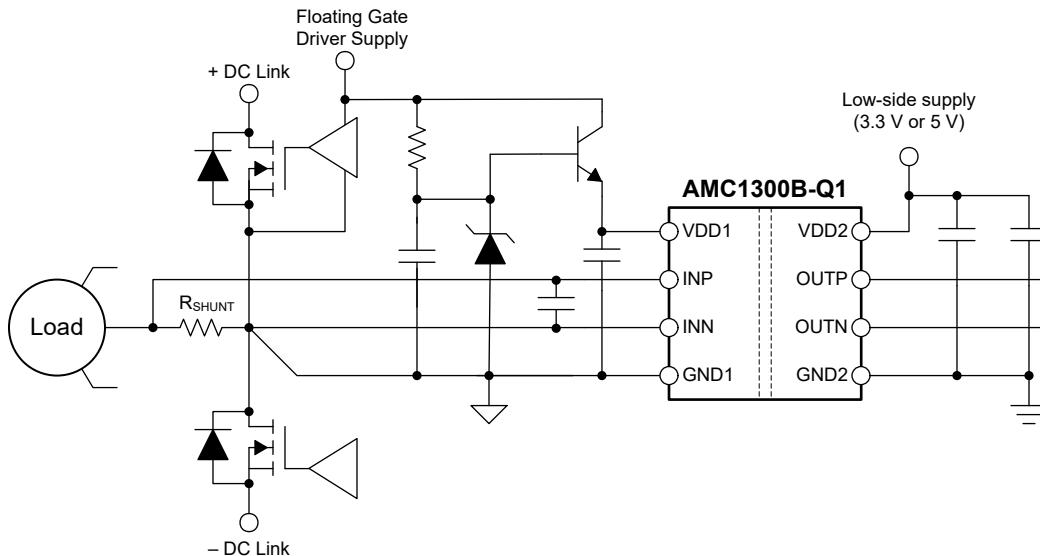


图 2-2. 具有齐纳二极管的栅极驱动器电源原理图

栅极驱动器电源旨在控制电源器件的开关，并用作低功率器件和大功率器件之间的接口。这可实现更快的开关时间并最大限度地降低系统的功率损耗，从而提高整体效率。隔离式栅极驱动器还通过隔离低压和高压电路来提高安全性。不过，如果系统优先考虑低成本时，则主要使用栅极驱动器电源选项。本应用手册讨论了两个选项，第一个是使用齐纳二极管，第二个是使用 LDO。将栅极驱动器电源与齐纳二极管配对使用通常可实现本应用手册所述的最低电源成本。

与上述的替代栅极驱动器电源选项相比，除了能降低设计成本之外，齐纳二极管发生过冲的可能性还更小。设计时需要注意的事项包括，了解齐纳二极管会在特定电压下进行钳位，从而降低发生过冲的可能性。**LDO** 在启动期间会因转换率较慢而出现过冲。此设计需要了解高侧栅极驱动器电流检测位置。这涉及进行仿真和微调，以调整检测电阻器和电容器的大小，从而验证操作。此设计过程通常在给定的 **LDO** 数据表或文档中进行了概述。

2.1.3 具有LDO的栅极驱动器电源

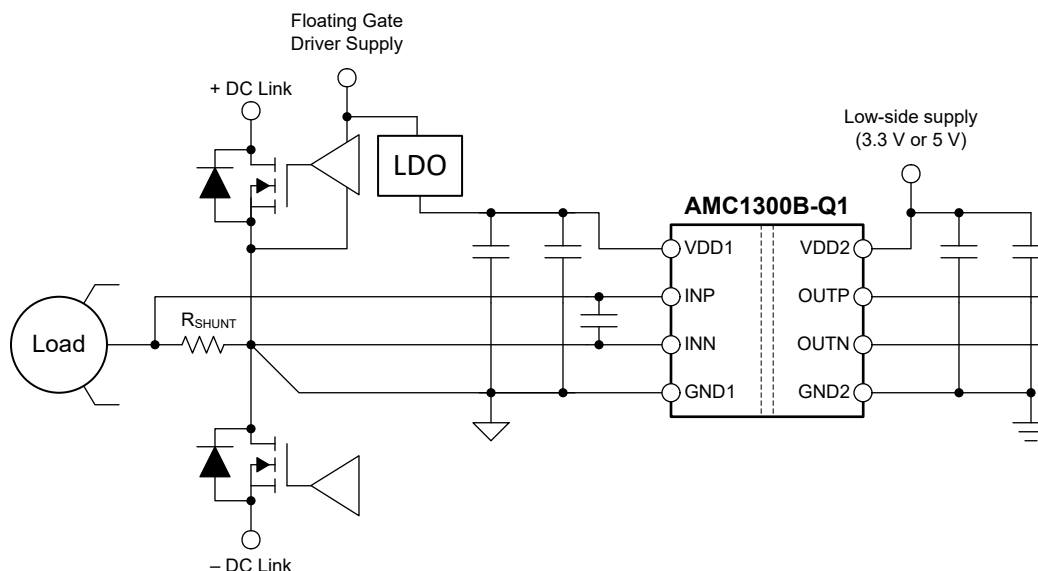


图 2-3. 具有 LDO 的栅极驱动器电源方框图

与前面讨论的电源选项相对应，具有 LDO 电源设计的栅极驱动器电源也包含一个栅极驱动器电源，但采用的是 LDO 而不是齐纳二极管。对于那些成本同样较低且需要向栅极驱动器提供具有低噪声且稳定的电压的应用，使用 LDO 来调节电压可能是更理想的选择。在系统出现预期电压尖峰或过热等情况时，LDO 有助于稳定电源。

与二极管相比，LDO 不仅具有更好的调节能力，还能够在负载或输入电流波动的情况下提供更稳定的输出电压。对于输入电压和输出电压仅有细微差异的情况，也建议使用 LDO。使用 LDO 进行设计时，还需要考虑 LDO 的额外压降。这涉及到选择电阻值，以便在 AMC 的必要电源电压下建立输出电压。在这个使用 LDO 的设计过程中，必须包含电容器来抵消电抗性输入源并改善瞬态响应。如图 2-3 中的原理图所示，隔离式栅极驱动器电源在直流链路之后建立。该电源选项可用于整流器或逆变器应用，相关内容将在应用手册的后续部分进行介绍。这两种应用都包含有源开关，这些开关可从栅极驱动器电源的稳定输出中受益。带有 LDO 的栅极驱动器进一步降低了电源的噪声，有助于提高该电源的稳定性，因而适用于多种应用。

TLV709 是出色的 LDO 选项, 适用于许多应用。该 LDO 可在输入端电压为 2.5V 至 30V 的情况下电运行, 因此非常适合许多可为栅极驱动器供电的电源轨。该器件还具有可调节的输出, 这意味着通过使用简单的电阻分压器, 用户可以将输出电压建立为高侧电源的输出电压, 例如对于大多数 **AMC** 器件而言, 输出电压为 3.3V 或 5V。这一点在 [AMC-MOD-50A-EVM 评估板](#) 上得到了体现。有关更多信息, 请参阅用户指南的 *模拟输入* 部分。

2.2 简化的电源：

2.2.1 集成式 DC/DC 转换器电源

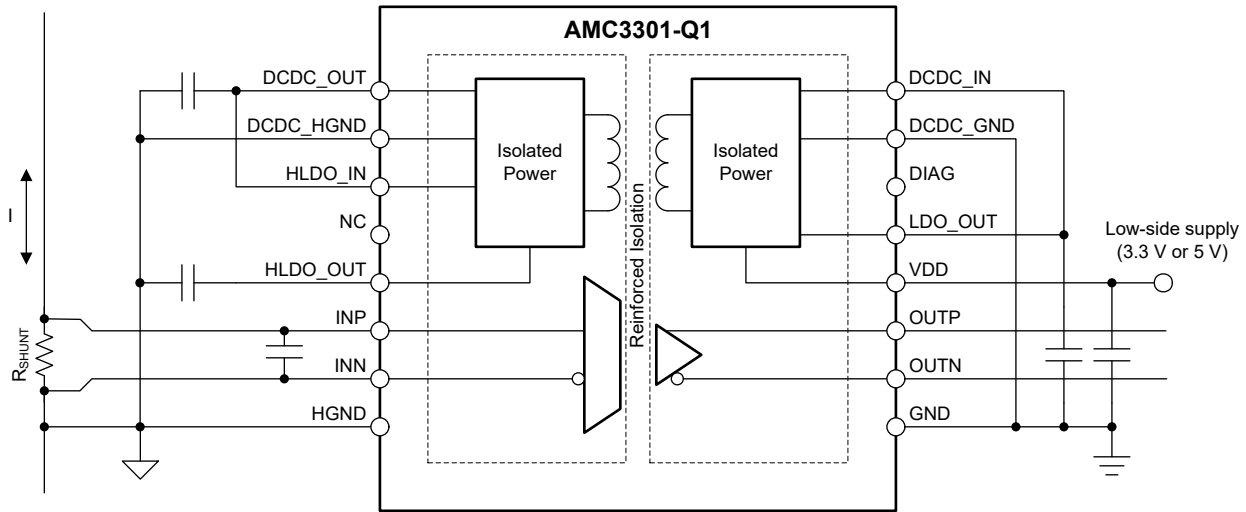


图 2-4. 集成 DC/DC 转换器电源原理图

在本应用手册提供的五个电源选项中，集成式 DC/DC 转换器电源具有最高的易用性，并且尺寸较小。AMC33xx 器件系列具有该电源选项，并采用了全面的电流或电压检测设计。该系列具有完全集成式、隔离式 DC/DC 转换器，能实现器件低侧电源到器件高侧电源的单个电源操作。由于对外部电路的需求有限，因此这在空间受限的应用中具有优势。此外，集成式 DC/DC 转换器提供诊断输出，以帮助监控器件是否正常运行以及输出电压是否有效。诊断 DIAG 引脚保持低电平，直到高侧电源可用。这有助于验证每个电源是否正常运行。集成式 DC/DC 转换器适用于需要优先考虑电源效率且仅一个电源可用的应用。

图 2-4 演示了采用 AMC3301-Q1 隔离式放大器的典型应用原理图。该器件仅需要非常简单的外部电路。也就是说，在初级侧和次级侧的电源引脚上配备去耦电容器，还需要配备一个分流或检测电阻器，用于将输入信号限定在器件的满量程输入范围内。根据给定的系统和输入源，建议（而不是强制要求）进行输入滤波。AMC3301EVM 评估板 EVM 更详细地概述了建议的设计注意事项和典型电路。

2.2.2 分立式变压器

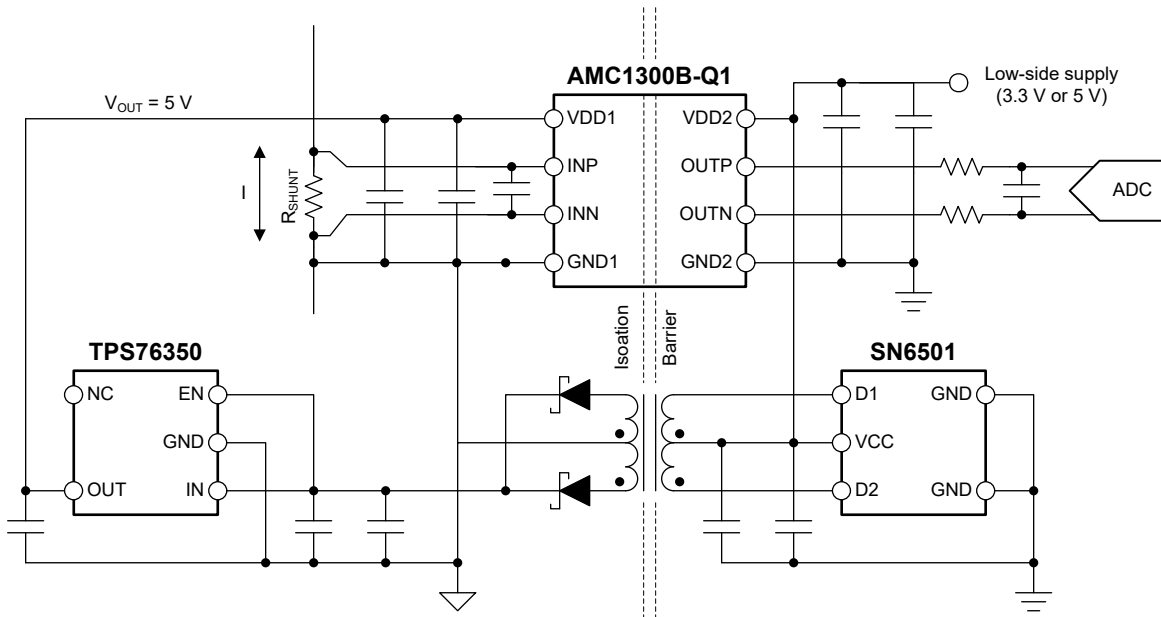


图 2-5. 分立式变压器电源原理图

与成本优化型设计相比，分立式变压器电源选项的设计还更加简洁。分立式变压器电源涉及利用隔离式变压器和其他单独元件从同一低侧电源获取高侧电源。该电源选项通常与无集成式 DC/DC 转换器的器件搭配使用，因为这些设计的功能相似。分立式变压器具有高度可定制性，因此与本应用手册中介绍的其他选项相比，其 BOM 更高、PCB 尺寸更大。然而，设计分立式变压器比前面所述的其他设计过程更简单，并且这种设计方法常用于需要非常干净信号的应用。

图 2-5 示例原理图包括 AMC1300B-Q1 (隔离式放大器)、SN6501 (变压器驱动器) 和 TPS76350 (LDO) 以及附加的无源元件。此设计通过隔离变压器和变压器驱动器使用放大器的低侧电压电源为高侧电源供电。LDO 可再次稳定高侧的电源。建议遵循所选元件的典型原理图建议。其中包括去耦电容器和二极管。该原理图示例十分明了且易于遵循，但占用了很大的 PCB 面积。

此外，AMC1300EVM 评估板中还包含一个分立式变压器电源示例。SN6501 变压器驱动器可以利用振荡器和栅极驱动电路来驱动电源开关，以此维持隔离栅。SN6501 的逻辑可在两个开关之间安全地转换此电源。为输出端提供尽可能多的电压需要用到二极管。SN6501 用户指南提供了有关这些选择的更多信息。

2.3 高压电源转换中的隔离式电流检测位置

2.3.1 简介

在高压电源转换中，主要有三种系统：整流器（交流转直流转换器）、DC/DC 转换器和逆变器（直流转交流转换器）。在这三个系统中，有七个隔离式电流检测位置。本节讨论了每个检测位置的最佳高侧电源选项以及隔离式转换器器件系列中的推荐器件。表 2-1 将高侧电源分为两部分：有栅极驱动器和无栅极驱动器。如果可以使用栅极驱动器电源，德州仪器 (TI) 建议使用栅极驱动器设计以实现低成本的目的。通过利用栅极驱动器电源，隔离式电流检测设计的总体成本能够低于霍尔、CT 和 Rogowski 等竞争技术的成本，即使使用外部分流电阻器也是如此。如果无法使用栅极驱动器电源，德州仪器 (TI) 建议使用集成式 DC/DC 电源选项 (AMC33xx 器件) 以实现简单的设计。

表 2-1. 高侧电源和隔离式转换器器件选择

高侧电源设计	有栅极驱动器	无栅极驱动器	
	具有 LDO 的栅极驱动器或具有齐纳二极管的栅极驱动器	内部 DC/DC 电源	变压器绕组或分立式变压器
推荐的隔离式转换器器件	AMC0300D (-Q1)、AMC0300R (-Q1)、AMC0302D (-Q1)、AMC0302R (-Q1)、AMC0306M05 (-Q1) 或 AMC0306M25 (-Q1)	AMC3301 (-Q1)、AMC3302 (-Q1)、AMC3306M05 (-Q1)、AMC3306M25 (-Q1) 或 AMC131M03 (-Q1)	AMC0300D (-Q1)、AMC0300R (-Q1)、AMC0302D (-Q1)、AMC0302R (-Q1)、AMC0306M05 (-Q1) 或 AMC0306M25 (-Q1)

2.3.2 整流器 (交流/直流转换器)

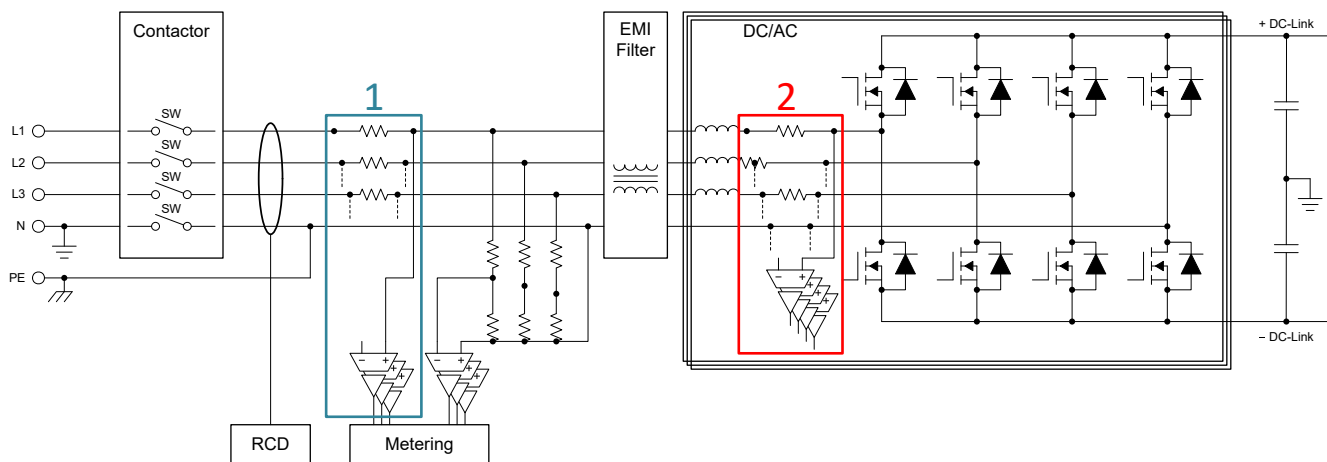


图 2-6. 整流器方框图 (交流/直流转换器)

整流器负责将交流电压转换为直流电压。整流器中需要进行隔离式电流检测，以了解系统进出的功率情况。应用包括汽车、电机驱动器和计量应用中的车载充电器 (OBC)。隔离式电流检测位置有两个。第一个位置 (在图 2-6 中如蓝色框所示) 位于公共耦合点 (PCC) 中, 即 EMI 滤波器之前和接触器之后。最佳选择是使用无栅极驱动器的设计。第二个位置 (在图 2-6 中如红色框所示) 处于功率因数校正 (PFC) 阶段, 即 EMI 滤波器之后。理想选择是使用存在的栅极驱动器设计, 通过每个相位的高侧栅极驱动器电源为相应的器件供电。通常, 整流器中只需要有一个隔离式电流检测位置, 但鉴于车联网 (V2X) 等趋势及双向功能原因, 德州仪器 (TI) 建议在这两个位置都进行隔离式电流检测。

2.3.3 直流/直流

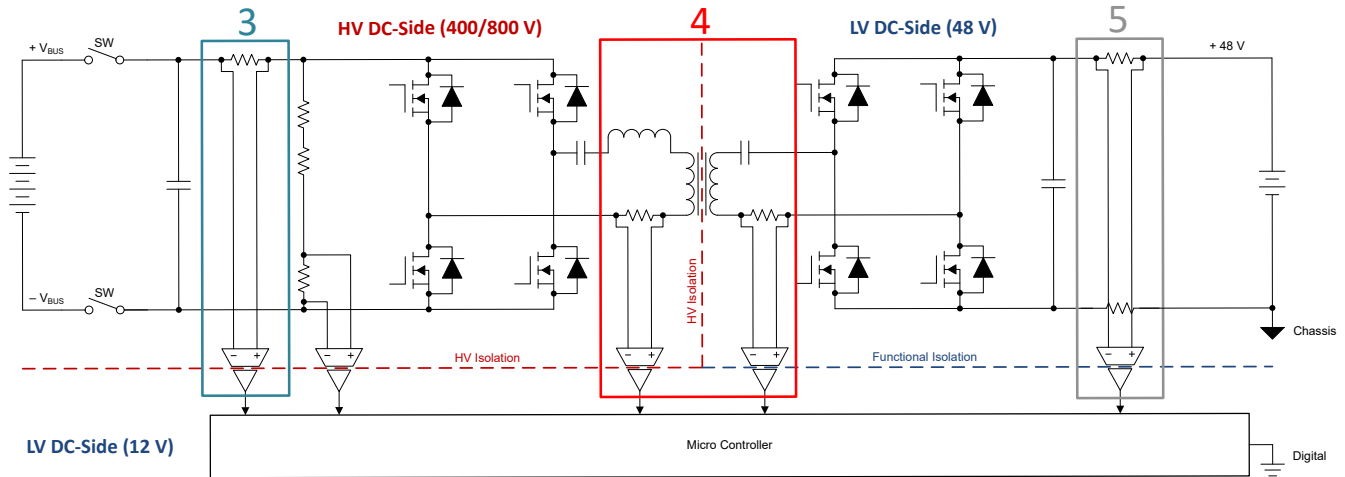


图 2-7. DC/DC 转换器方框图

DC/DC 转换器负责在高压系统中降低或升高电压。最常见的情况是, 转换器从电池获取 400V 或 800V 的电压, 然后其降压至 48V, 以供低压设备使用。应用包括汽车的 HVDC/HVDC 或 HVDC/LVDC 转换器、太阳能优化器以及电网中的最大功率点跟踪 (MPPT)。隔离式电流检测位置有三个。第一个位置 (在图 2-7 中如蓝色框所示) 是 DC 链路。最佳选择是使用无栅极驱动器的设计。由于可以准确测量电池的电量, 因此该位置的精度并不总是首要考虑的因素。在这种情况下, 通常需要用隔离式比较器 (如用于工业应用的 AMC23C12 和用于汽车应用的 AMC23C12-Q1) 来检测是否有电源。第二个位置 (在图 2-7 中如红色框所示) 是直流电池组。最佳选择是使用无栅极驱动器的设计。在该位置进行的隔离式电流检测最常用于过流保护或过零检测。同样, 德州仪器 (TI) 建议在工业应用中使用 AMC23C12, 在汽车应用中使用 AMC23C12-Q1。第三个位置 (在图 2-7 中用灰色框表示) 是 HV/LV DC/DC。最佳选择是使用无栅极驱动器的设计。其中一项绝佳的资源是 AMC-AMP-50A-EVM, 设计简单, 可用于评估 50A 应用中的隔离分流电流检测情况。

2.3.4 逆变器 (直流/交流转换器)

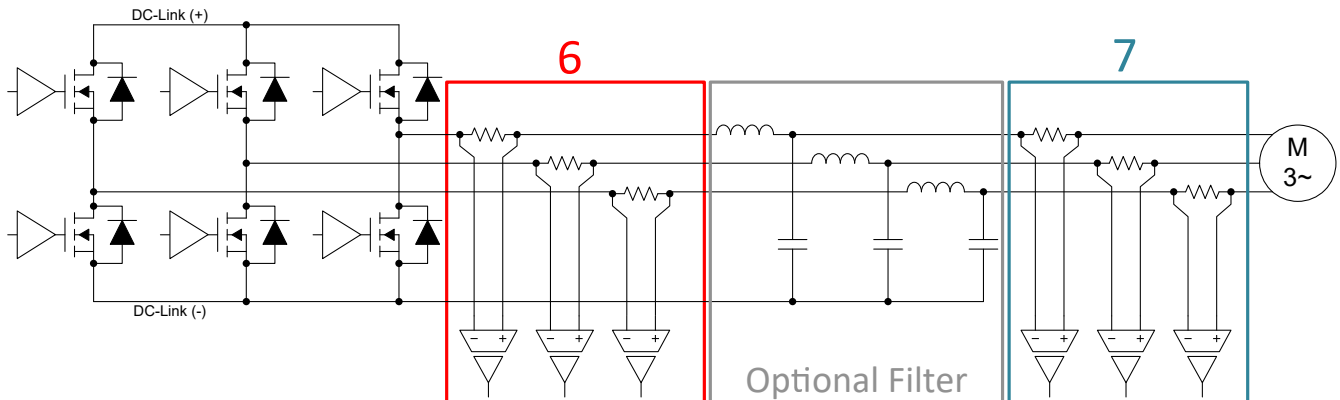


图 2-8. 逆变器方框图 (直流/交流转换器)

逆变器负责将直流电压转换为交流电压。逆变器中需要隔离式电流检测来进行电机控制。应用包括用于汽车的牵引逆变器或 **EESM**，以及用于电机驱动应用的电机控制。第一个位置（在 [图 2-8](#) 中如红色框所示）是传统位置，位于可选滤波器之前。理想选择是使用存在的栅极驱动器设计，通过每个相位的高侧栅极驱动器电源为相应的器件供电。第二个位置（在 [图 2-8](#) 中如蓝色框所示）是正弦位置，位于可选滤波器之后。最佳选择是使用无栅极驱动器的设计。需要使用可选滤波器还有更多其他原因。首先，该设计可用于降低附近系统的噪音，适用于电机和电机控制器并非紧邻放置的场景，比如在工厂自动化中。其次，该设计可用于降低因功率级切换而产生的瞬态过压以及对电机绕组的潜在损坏。

3 总结

对于变压器绕组、具有齐纳二极管的栅极驱动器电源、具有 LDO 的栅极驱动器电源、集成式 DC/DC 和分立式变压器这些电源选项，可以采用模块化的方式来构建高效的系统。在电源转换中，这些不同的高侧电源设计主要体现在七个隔离式电流检测位置中。根据系统和项目要求，可以使用德州仪器 (TI) 的隔离式 AMC 器件来确定和实现最佳电源。

4 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [隔离式电流检测的设计注意事项](#), 模拟设计期刊。
2. 德州仪器 (TI), [避免 LDO 发生启动过冲](#), 应用手册。
3. 德州仪器 (TI), [反激式变压器设计在效率和 EMI 方面的注意事项 | 视频 | TI.com](#), 视频。
4. 德州仪器 (TI), [AMC-MOD-50A-EVM 评估板](#), 评估板。
5. 德州仪器 (TI), [AMC1300EVM 评估板](#), 评估板。
6. 德州仪器 (TI), [AMC3301EVM 评估板](#), 评估板。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月