

开关电源电流测量

Greg Hupp, 电流感应产品



可以用来满足系统电源要求的开关电源拓扑有许多种。直流/直流开关转换器可以将较高电压的直流轨降低为较低电压的直流轨。这些转换器架构包括降压、升压、降压/升压和反激式拓扑。直流/交流开关转换器可以将直流输入电压转换为交流输出电压。

顾名思义，开关转换器采用各种开关、晶体管/FET 和/或二极管，在高系统效率级别将输入电压转换为所需的输出电压。这些转换器的开关性质为尝试精确测量电流波形带来了挑战。在选择电流感应放大器时，需要考虑电压节点要求、系统控制要求和测量漂移方面。

电压节点要求

电路架构中的每个节点具有不同的共模电压和行为。在其中的每个位置测量电流时，需要在测量电路中考虑的特征各不相同。图 1 展示了降压转换器的不同节点。该电路显示了包含半 H 桥输出级以及由电感器和电容器构成的低通滤波器的基本电路。未显示控制电路、输出级驱动器和负载。

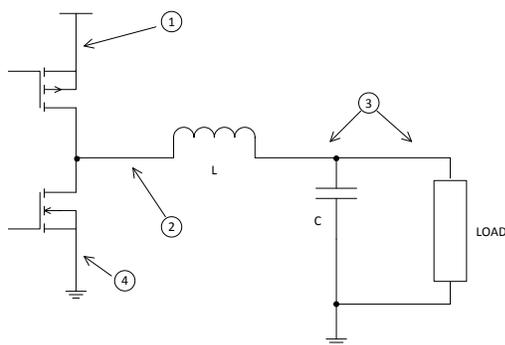


图 1. 直流/直流开关电源 - 降压架构

节点 1 电压取决于转换器的输入电源。这是转换器用以“降压”到较低输出电压的高电压。在该节点进行的电流测量将测量流过半 H 桥的高侧器件的电流，主要用于使用比较器进行过流/短路检测。在该节点进行测量时，需要具有高共模电路且该电路的性能要能满足测量小差分电压的要求。

节点 2 是半 H 桥的中点，它显示开关电源所基于的脉宽调制 (PWM) 信号。在该位置进行的电流测量可提供电感器电流，用于系统控制和过流/短路检测。电压以能够生成正确输出电压的 PWM 占空比在高电压和接地（或负电源）之间进行转换。节点 2 电压将具有急剧的共模转换，因此在此处进行的测量需要能够在幅度上处理转换电压，并且能够抑制输出波形中的瞬态。

节点 3 电压是转换器输出电压，在示波器上观察时，它是具有小电压纹波的直流电压电平。在该位置进行的测量具有与节点 1 类似的要求，可提供电感器电流以用于系统控制和过流/短路检测。虽然节点 3 电压低于节点 1，但所需的输出电压电平可能仍需要测量电路来处理高共模电压。

节点 4 电压与电路的接地端有关。该节点将看到较低的、接近于接地的共模电平，因此，与前面提到的位置相比，在该位置进行的测量具有一系列更低的要求。

其他直流/直流开关架构具有与上述节点类似的行为，不过它们可能处于转换器电路中的不同位置。

测量漂移要求

开关电源是用于实现电压电平转换的高效电路，但转换中仍存在功率损耗。这些功率损耗是表现为发热的系统效率损失。根据转换器的功率级别，这可能会成为相当大的热源。

INA240 具有低热漂移规格，这意味着电流测量不会由于发热而显著变化。为了进一步降低发热，INA240 提供了不同的增益版本，从而减小电流感应电阻器的值。传统放大器的性能可能会随着放大器增益的增大而显著下降。相比之下，INA240 的所有增益版本均具有出色的电气规格，可以在不同的增益型号上实现高性能水平。表 1 提供了不同增益之间的功率耗散差异比较。

表 1. 功率耗散摘要(1)

参数	增益		
	20V/V	100V/V	200V/V
输入电压 (mV)	150	30	15
R _{SENSE} (mΩ)	15	3	1.5
耗散的功率 (W)	1.5	0.30	0.15

(1) 满量程输出电压 = 3V, 电流测量 = 10A

系统控制和监控要求

大多数开关电源采用闭环反馈系统来提供稳定、经过良好调节的电源。为了提供优化的反馈控制，需要进行精密测量。放大器规格（如偏移和增益误差等）可以显著影响控制系统的调节功能。根据系统要求和所需的电路复杂性，人们会使用不同的反馈方法。此外，系统电源监控是一项不断增长的需求，因为设计会优化并报告终端设备不同工作模式期间的功耗。

电压模式反馈将调节版本的输出电压与基准电压进行比较，以获取误差电压。该反馈方法相对简单，但提供的反馈较慢，因为系统必须允许输出电压变化才能进行调节。针对电压模式反馈的电流测量通常监控负载电流，并且确定是否存在任何短路。电压模式反馈转换器的最重要的电流放大器标准是转换器的共模输出电压。这些转换器上的输出电压范围广泛，涵盖了从用于微处理器和低电压数字电路（1.8V 至 5V）的低电压到用于 48V 或更高电压系统的高电压。经过滤波器之后的输出波形可能仍包含可能会干扰测量或导致测量出现误差的噪声/瞬态。

电流模式反馈向利用系统电流的控制系统添加了反馈回路。通常使用的电流是转换器中的电感器电流（请参阅图 2）。这可以提供与电压反馈回路并行运行且快得多的内部环路。一般而言，电流模式反馈的一个缺点是容易受信号上噪声/瞬态的影响。

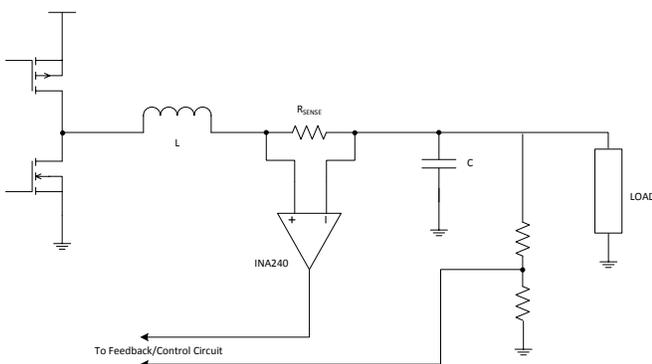


图 2. 用于电源控制反馈的电流感应

电流模式反馈通常分为峰值电流模式控制和平均电流模式控制。峰值电流模式控制直接利用电感器电流，因此信号上的任何噪声或瞬态都会在反馈环路中产生干扰。INA240 具有高 CMRR，这有助于减弱由于输入信号而导致的任何潜在干扰或噪声。

备选器件建议

根据系统要求，我们还可提供具有所需性能和功能的其他器件。对于要求的性能水平低于 INA240 的应用，请使用 LMP8601 系列。LMP8481 是一款双向电流感应放大器，适用于不要求放大器的输入电压范围中包含接地的高共模电压。

表 2. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
LMP8601	宽共模输入范围，小型封装	无增强型 PWM 抑制功能，共模输入范围更低，增益选项更低
LMP8481	宽共模输入范围，低功耗	无增强型 PWM 抑制功能，增益选项更低，共模范围不包含接地

表 3. 相关技术手册

SBOA160	《具有增强型 PWM 抑制功能的低漂移、精密直列式电机电流测量》
SBOA165	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA169	《高精度低侧电流测量》
SBOA170	《集成电流感应电阻器》

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

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 © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司