

用来满足系统电源要求的开关电源拓扑可以有多种。DC-DC 开关转换器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。DC-DC 开关转换器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，在高系统效率水平下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。在选择电流检测放大器时，需要考虑电压节点要求、系统控制要求和测量漂移等因素。

### 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。在每个位置测量电流时，需要考虑到测量电路中的特征各不相同。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。

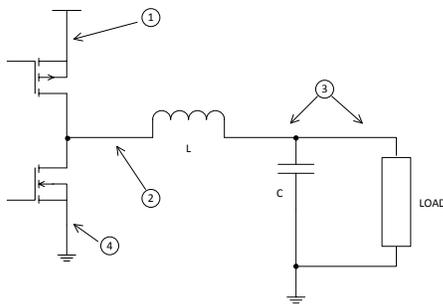


图 1. DC-DC 开关电源 - 降压架构

节点 1 电压与转换器的输入电源连接。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。在该节点进行的测量都需要高共模电路，该电路具有测量小差分电压的性能。

节点 2 是半 H 桥的中点，并显示开关电源所在的脉宽调制 (PWM) 信号。在该位置进行的电流测量提供电感器电流，用于系统控制和过流/短路检测。电压以 PWM 比率在高电压和接地 (或负电源) 之间进行切换，其中 PWM 比率经过平均以产生正确的输出电压。节点 2 电压具有急剧的共模转换，因此在此处进行的测量需要能够处理转换电压的量级，以及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，该电压是具有微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 相类似的要求，并提供电感器电流以用于系统控制和过流和短路检测。虽然节点 3 电压低于节点 1 电压，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连接。在该节点会看到较低的、接近于接地的共模电平，因此，与前面提到的位置相比，对在该位置进行的测量的要求更低。

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

开关电源是一种高效的电压电平转换电路，但在转换中仍存在功率损耗。这些功率损耗是系统效率损失，表现为发热或热能。根据转换器的功率级别，这会成为相当大的热源。

INA240 具有较低的热漂移规格，这意味着电流测量值不会因发热而显著变化。为了进一步减少热量，INA240 提供了不同的增益版本，可减小电流检测电阻器的阻值。传统放大器的性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，因此可在不同的增益选项是实现高性能水平。表 1 提供了不同增益之间的功率耗散差异比较。

表 1. 功率耗散汇总<sup>(1)</sup>

参数	增益		
	20 V/V	100 V/V	200 V/V
输入电压 (mV)	150	30	15
R <sub>SENSE</sub> (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 = 3 V，电流测量 = 10 A

### 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) 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，采用不同的反馈方法。此外，由于设计会优化和报告终端设备在不同操作模式下的功耗，故系统功率监测的需求也越来越大。

电压模式反馈将调节版本的输出电压与参考准电压进行比较，以获取误差电压。该反馈方法相对简单，但反馈速度较慢，因为系统必须允许输出电压发生变化后才能进行调节。电压模式反馈的电流测量通常监控负载电流，并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从用于微处理器和低电压数字电路 (1.8 V 至 5 V) 的低电压到用于 48 V 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或瞬态。

电流模式反馈向利用系统电流的控制系统添加了反馈环路。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环路并行运行且快得多的内部环路。一般而言，电流模式反馈的缺点之一是易受信号上的噪声/瞬态的影响。

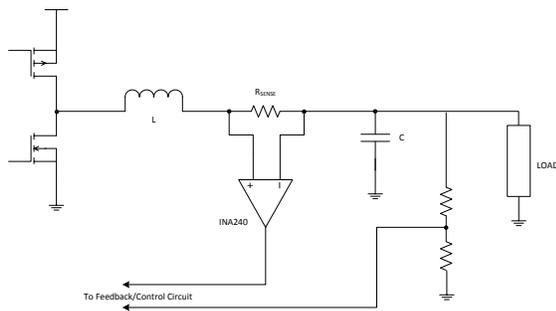


图 2. 用于电源控制反馈的电流检测

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引起干扰。INA240 设计有高 CMRR，这有助于衰减由于输入信号引起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。对于需要比 INA240 性能水平更低的应用，请对不需要双向电流测量的应用使用 INA296B (具有更高共模输入范围) 或 INA290。INA253 和 INA254 集成了分流电阻器，可提供经过调优的系统方法。

表 2. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
INA253	集成式低电感分流器：2mΩ，具有 PWM 抑制	T <sub>A</sub> = 85°C 时电流为 ±15A
INA254	集成式低电感分流器：400μΩ，具有 PWM 抑制	T <sub>A</sub> = 85°C 时电流为 ±50 A
INA296B	更宽的双向共模输入范围，小型 SOT-23	无增强型 PWM 抑制功能
INA290	单向高达 120V	无增强型 PWM 抑制功能

### 相关文档

1. 使用分立式电流检测放大器在 LED 照明中实现精细的亮度和色彩混合

## 重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司