

大多数开关电源采用闭环反馈电路，以便在各种瞬态和负载条件下提供稳定的电源。反馈方法选项分为两大类：电压模式控制 (VMC) 和电流模式控制 (CMC)。这两种方法各有优缺点，我们可以根据具体情况来确定适合终端设备应用的选项。

控制方法

电压模式控制将经调节的输出电压值用作反馈信号。该方法可为控制路径提供简单直接的反馈架构。使用该方法有几个缺点。最大的缺点是输出电压调节需要感应输出电压的变化并通过整个反馈信号和滤波器进行传播，然后才能对输出进行相应的补偿。对于需要高水平调制的系统而言，这可能会产生慢得无法接受的响应。电源的反馈补偿需要较高级别的分析，以解决输出低通滤波器导致的两个极点。此外，还必须对反馈补偿值进行调节，因为不同的输入电压会影响总体环路增益。

电流模式控制可通过将电感器电流波形用于进行控制来解决电压模式控制的上述不足。该信号包含在输出电压反馈环路中，作为辅助的快速响应控制环路。额外增加的反馈环路很有可能会增加电路/反馈的复杂性，因此需要将这些优点作为设计要求的一部分进行评估。

通过将电感器电流用作反馈控制的一部分：

1. 与仅将输出电压用于反馈控制相比，增加的电流反馈环路以更快的速度响应。此外，利用电感器电流信息，可以将电路设计为提供逐脉冲限流功能，以允许针对限流需求进行快速检测和控制。
2. 电源看起来类似于电压控制型电流源。这允许进行模块化电源设计，以支持在并行配置中的多个电源之间进行负载共享。
3. 可以将控制环路中的电感器影响降至最低，因为电流反馈环路能够有效地降低对单极补偿的要求。

尽管电流模式控制可应对 VMC 的某些缺点，但它也会带来会影响电路性能的种种问题。增加电流反馈环路会增加控制/反馈电路和电路分析的复杂性。选择电流模式控制时，其他需要考虑的因素还包括整个占空比范围内的稳定性和对噪声信号的敏感性。CMC 可以进一步划分为多个不同类型的控制方案：峰值、谷值、仿真、滞环和平均 CMC。以下内容讨论了电路设计中两种常用的方法 — 峰值和平均电流模式控制。

峰值电流模式控制

峰值电流模式控制 (PCMC) 直接将电流波形用作 PWM 生成比较器中的斜坡波形，而不是像 VMC 那样使用外

部生成的锯齿 (或三角) 信号。电感器电流或高侧晶体管电流波形的上升斜坡部分用于在现有电压控制环路之外提供快速响应控制环路。如图 1 所示，将电流信号与电压误差放大器的输出进行比较，以便生成电源的 PWM 控制信号。

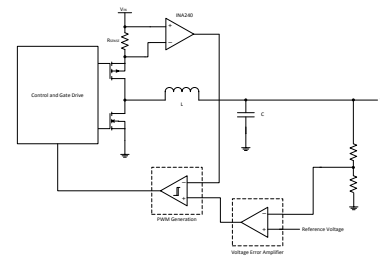


图 1. PCMC 电路方框图

开关电源可在输入和输出电源轨之间实现高效率。为了维持转换器的高效率，理想情况下用于测量电感器电流的检测电阻应尽可能小，以降低测量导致的功率损耗。该小值电阻器可导致小振幅反馈信号。电感器电流波形直接用作比较器输入信号，因此 PCMC 容易受噪声和电压瞬态的影响，这是众所周知的。使用 INA240 等具有高共模抑制比 (CMRR) 的电流检测放大器可提供与脉宽调制 (PWM) 信号和系统相关联的瞬态抑制功能。凭借 INA240 的增益灵活性，可对电感器电流波形进行放大，从而获得更大的信号以便进行比较，而无需额外的增益，也不必牺牲性能。此外，低偏移和低增益误差可减少设计变化和温度变化。为了利用 PCMC，电感器电流需要高共模电压测量。INA240 的共模范围可实现宽电源输入和输出电压范围。

请注意，PCMC 通常会添加斜坡补偿以解决占空比大于 50% 时的稳定性问题。系统会先为电感器电流添加斜坡补偿，然后才将其用作比较器的输入信号。

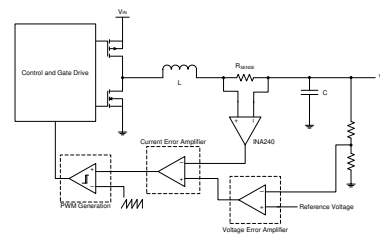


图 2. ACMC 电路方框图

平均电流模式控制

平均电流模式控制 (ACMC) 会先利用电感器电流波形和附加的增益和集成级，然后再将信号与外部提供的斜坡波形进行比较 (与 VMC 相类似)。这可以提高抗噪性能并且无需斜坡补偿。图 2 所示为降压转换器的 ACMC 运行方框图。

通过使用 INA240 的高 CMRR 来额外降低瞬态，可通过 ACMC 将 PCMC 方法的噪声敏感度提高到可接受的性能水平。INA240 的高共模范围，不仅可进行电感器电流测量，而且还能在宽输出电压范围内使用电流放大器。INA240 的高精度和低漂移规格可在整个温度范围和不同的组件上实现一致的测量。

INA240 可为测量精度提供必要的性能和特性，从而保持良好的控制信号完整性。INA240 在室温下具有 25 μ V 的最大输入失调电压和 0.20% 的最大增益误差规格。温度稳定性对维持系统性能而言非常重要，INA240 可提供 250nV/ $^{\circ}$ C 的输入失调电压漂移和 2.5ppm/ $^{\circ}$ C 的放大器增益漂移。INA240 具有增强型 PWM 抑制功能，可在较大的共模瞬态和宽共模输入范围内提高性能，从而尽可能提高设计的电源输出电压范围。

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备选器件。对于电压高达 110V 并具有快速稳定要求的应用，使用具有高带宽的 INA296B 是专用电流检测放大器的理想选择。INA241B 还提供高达 110V 的输入共模电压范围，并采用增强型 PWM 抑制电路，适用于具有大共模输入电压转换的应用，例如电机控制和开关电源。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
INA296B	更宽的双向共模输入范围，小型封装 (SOT-23)	无增强型 PWM 抑制功能
INA241B	更宽的双向共模输入范围，增强型 PWM 抑制，小型封装 (SOT-23)	更高的 I_Q

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](#)
2. [H 桥中的电流检测](#)
3. [开关电源电流测量](#)

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