

Stefan Schimonsky, Hassan Jamal

引言

LM5177 降压/升压控制器使用两个级联控制环路来将转换器的输出电压和电流调节到所需的值。外部环路是电压调节环路，而内部环路是电流调节环路。图 1 展示了降压/升压控制器的控制环路。

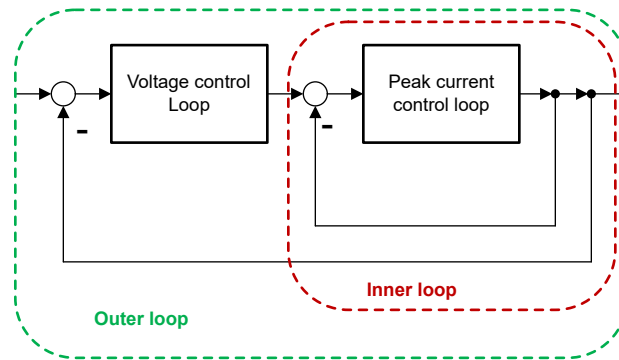


图 1. 级联控制环路概述

电感电流在电压调节环路中具有重要作用，用于产生功率级所需的 PWM 信号。因此，使用了分流电阻 (R_{CS}) 来测量电感峰值电流。 R_{CS} 两端的差分电压被馈送到差分放大器，以产生相应的电压斜坡 (V_{sense})。每个降压/升压控制器的差分峰值电压都有一个默认的最大阈值。如果差分峰值电压超过此电压阈值，电感电流将限制为相应的峰值电流值。可以通过为 R_{CS} 电阻选择不同的值来更改峰值电流限值。图 2 展示了峰值电流限制功能对应的方框图。

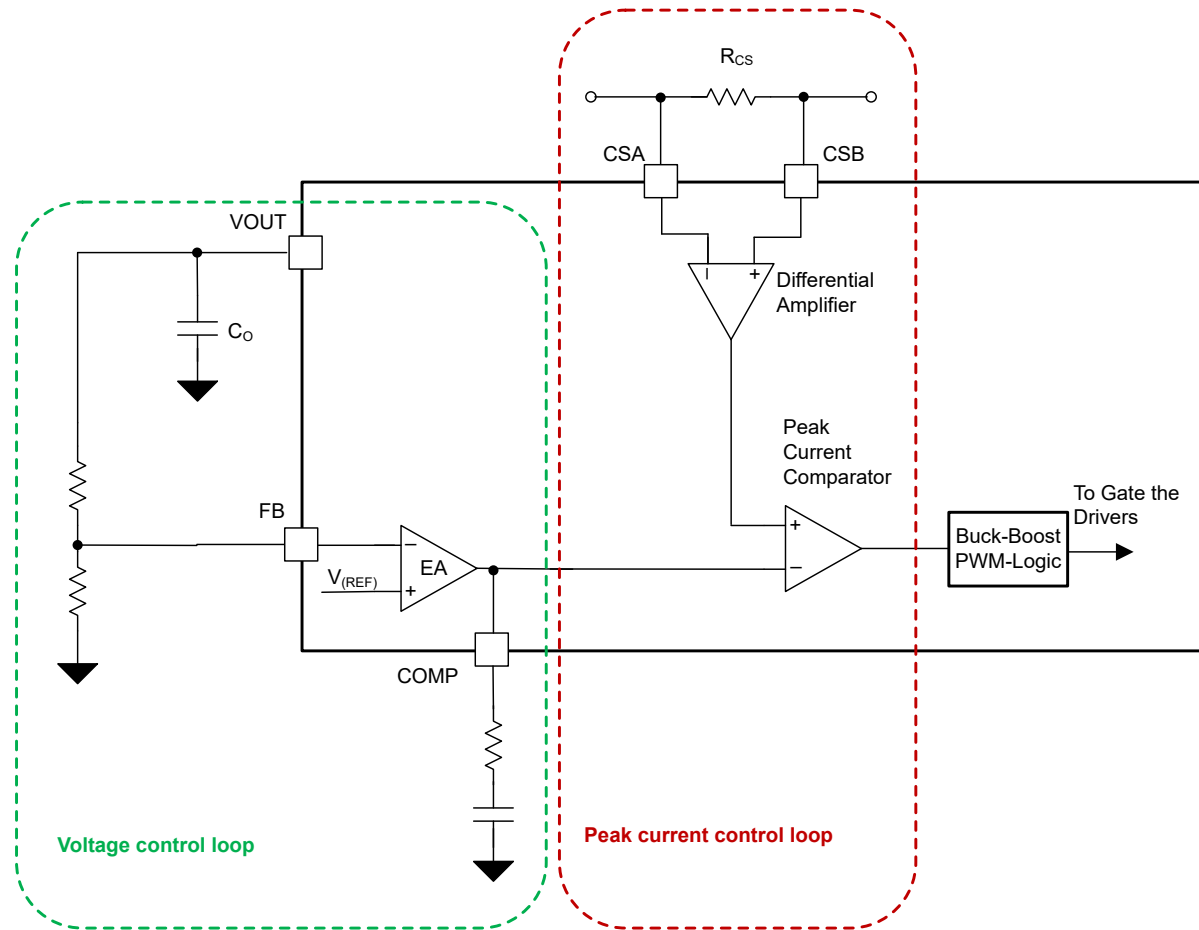


图 2. 电感峰值电流环路方框图

峰值电流限制功能使用电感峰值电流来调节电源的输出负载电流。因此，与平均电流限制功能相比，它具有许多限制。在控制器中，峰值电流限制比较器的带宽是最高的，超过所有其他控制环路的带宽，但由于电压环路的补偿限制，电压调节环路的整体带宽较小。除此之外，它还受到许多应用参数的影响，例如开关频率、电感值、模式（降压、升压和降压/升压）等等。这些相关性会限制峰值电流限制功能的工作范围并导致其电流保护阈值不准确，因此平均电流限制功能将扩展为仅峰值电流限制功能的有益替代方案。

平均电流限制功能在降压/升压控制器中有一个控制环路，它的默认优先级高于其他控制环路。如果平均电流限制环路处于活动状态，则用于实现平均电流限制的电流检测放大器会监测检测电阻器 R_{ISNS} 两端的差分电压，并将该值与内部基准电压进行比较。如果 R_{ISNS} 上的压降大于基准阈值，则平均电流限制环路将覆盖电压环路中 g_m 级的输出值。这是通过调节电感峰值电流的峰值电流钳位值，直到差分电压等于基准电压来实现的。通过这种方式，平均电流限制环路可以调节并降低直流/直流转换器的峰值电流能力。平均电流限制环路的原理图如图 3 所示。

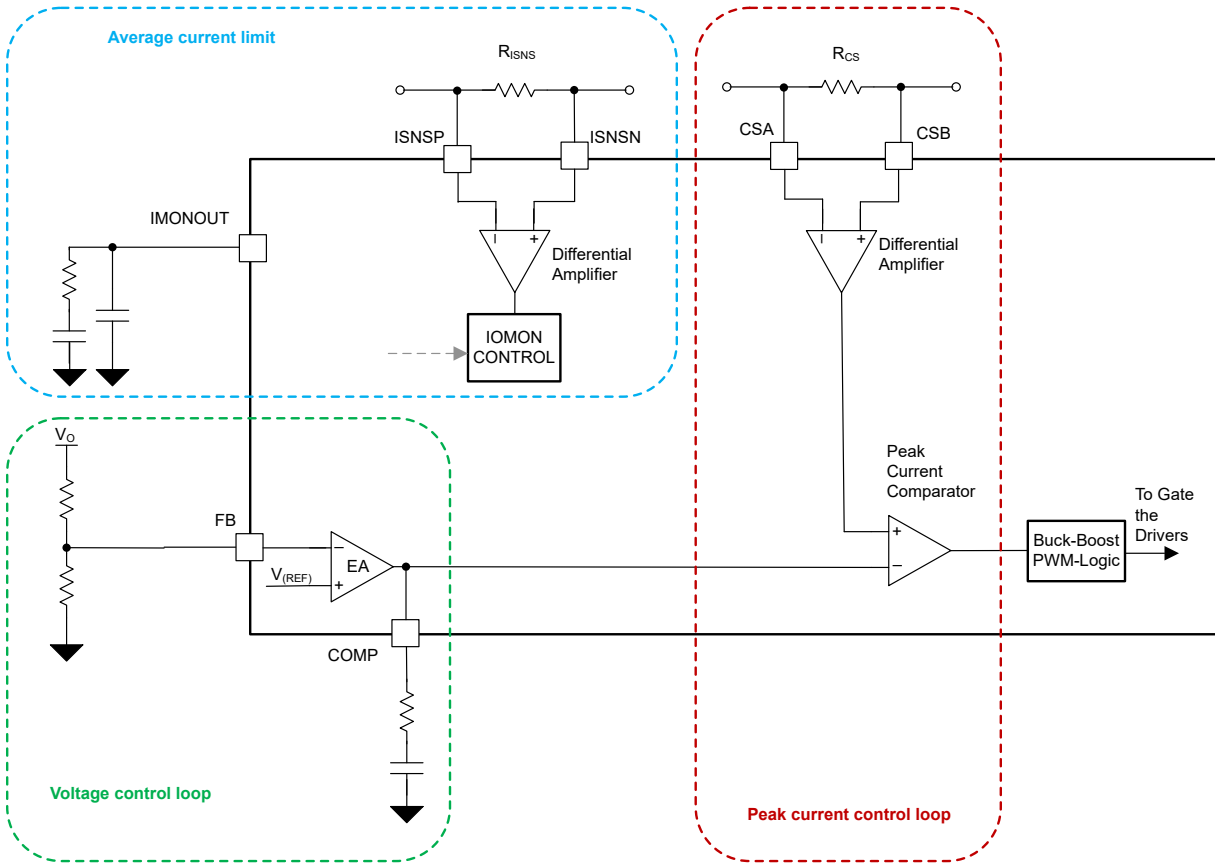


图 3. 平均电流限制环路方框图

为了实现电源的宽平均电流限制范围，平均电流限制环路使用了外部分流电阻器 R_{ISNS} 。除此之外，还在 **IOMONOUT**- 引脚上添加了补偿，以增强平均电流限制环路的稳定性，并为各种应用或工作点提供最佳性能。对于大多数应用，补偿带宽比输出电压环路补偿快 3 到 5 倍时会达到不错的效果。

应用演示

为了验证平均电流限制的运行情况，我们在 [LM5177 降压/升压控制器评估模块](#) 上进行了硬件测试。在此测试中，降压/升压控制器设置为在升压模式下工作，其中输出电压为 12V，而施加的输入电源电压为 6V。要设置所需的输出电压值，需要相应地更改 [LM5177 降压/升压控制器](#) 反馈引脚处的分压比。第一个测试在没有平均电流限制功能的情况下运行，这是控制器的正常运行情况。图 4 中的结果表明，电感峰值电流随着负载电流的增加而增加，但输出电压稳定在 12V 左右。

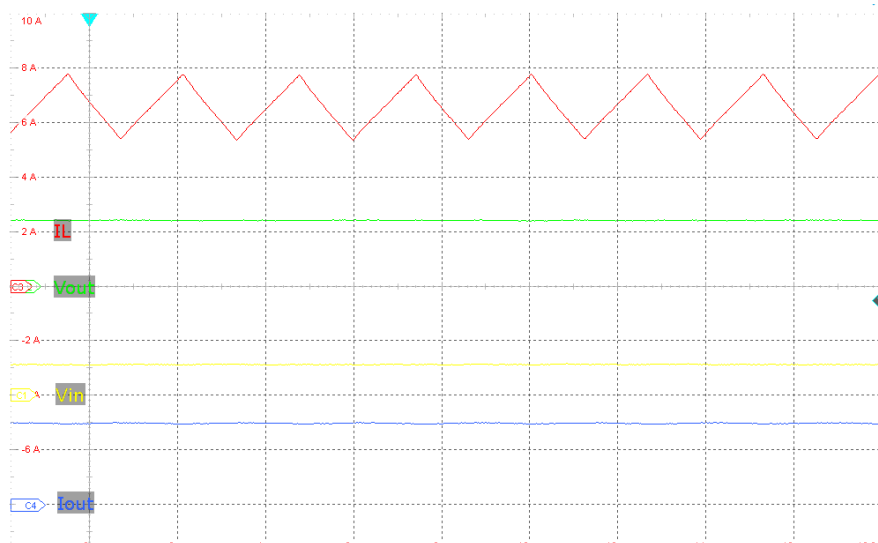


图 4. 无 ILIM 操作的升压模式

相反，图 5 中的测试结果描述了平均电流限制操作。为平均电流限制器设置的值为 3A。因此，结果证实电感峰值电流被钳制在 3A 左右，并且电源具有 3A 的恒定输出电流。为了调节电源输出电流，电源输出电压可以随着负载电流的进一步增加而降至 0V。

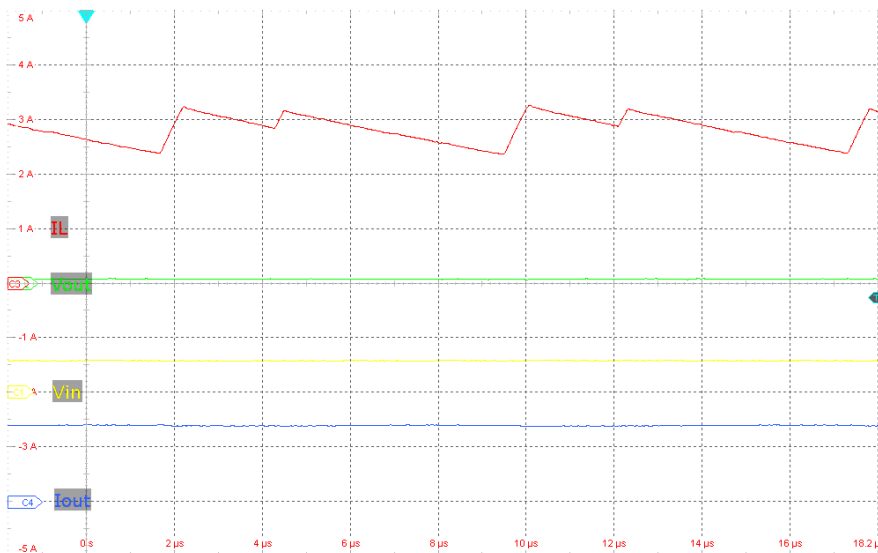


图 5. 含 ILIM 操作的升压模式

我们针对转换器的不同拓扑（降压、升压和降压/升压）执行了峰值和平均电流限制器测试。为平均电流限制器和峰值电流限制器设置的电流调节限值分别为 3A 和 9A。图 6、图 7 和图 8 展示了从这些测试收集的结果。从结果中可以明显看出，在降压和降压/升压模式下，平均电流限制功能能够精确地将输出电源电流调节为 3A，但在升压模式下该值略有不准确。相反，在全部三种拓扑中，可以观察到峰值电流限值与所需的电流调节限值中间存在相当大的偏差。峰值电流限制调节的这些偏差和不准确是因为它依赖于降压/升压控制器的许多控制参数（例如输入电压、开关频率等）。

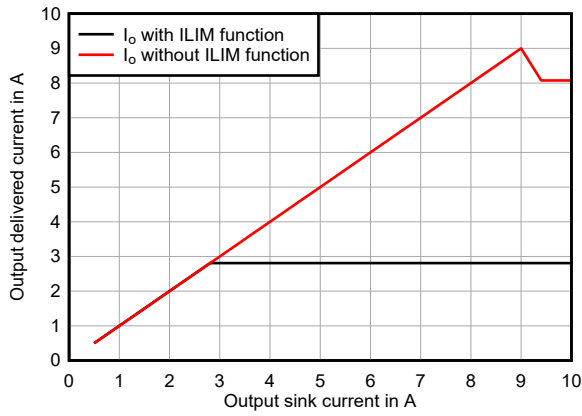


图 6. ILIM 升压模式 $V_{IN} 6V$

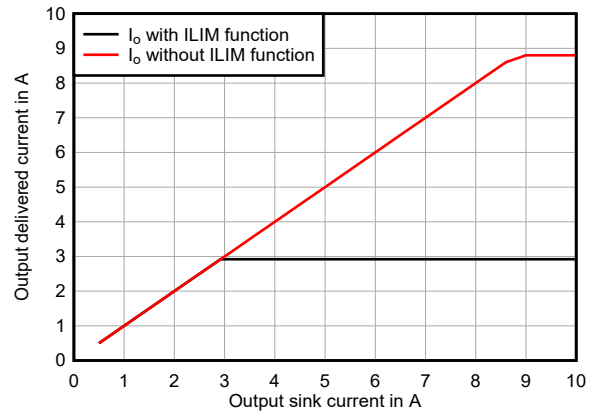


图 7. ILIM 降压模式 $V_{IN} 24V$

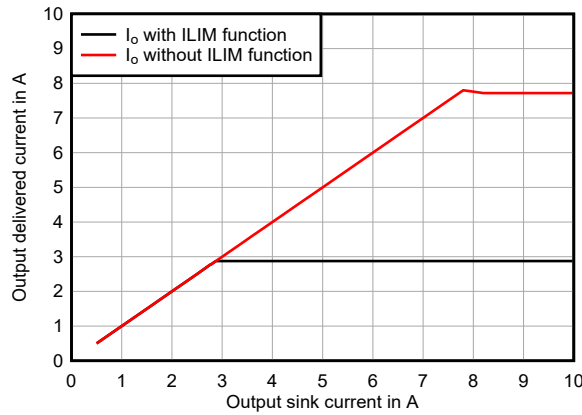


图 8. ILIM 降压/升压模式 $V_{IN} 12V$

总结

从结果可以明显看出，与峰值电流限制功能相比，降压/升压控制器的平均电流限制功能具有更高的响应性能、准确度和精度。因此，建议对过流和短路问题非常敏感的系统使用此功能。此外，降压/升压控制器的各种控制参数不会对平均电流限制器的操作产生影响，使得该功能成为许多应用中可靠的恒流源。

参考文献

- 德州仪器 (TI), [LM5177 80V 宽 \$V_{IN}\$ 双向 4 开关降压/升压控制器](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LM5177 降压/升压控制器评估模块](#), 用户指南。

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