

使用单个 **TPS61170** 生成正负输出电压的简单二极管钳位方法



SW Lee, Yoonjin Kim

摘要

本应用手册介绍了一种简单实用的二极管钳位方法，该方法使用 **TPS61170** 的升压拓扑生成正负输出电压。通过使用两个额外二极管实现负输出电压 (**-9V**)，同时通过典型的升压拓扑应用在 **3V** 至 **8V** 输入电压范围内实现正输出电压 (**9V**)。与并联使用两种不同电路拓扑来生成正负电源轨相比，该方法更简单，并具有成本优势。该方法也是 **TI PMICLOADBOARD EVM** 输入电源电压的极佳选择 ([PMICLOADBOARD EVM 用户指南](#))。本应用手册表明，所建议应用方法性能良好，并通过仿真和实验验证得到了证实。

内容

1 简介.....	2
2 建议的应用原理图.....	3
3 仿真结果.....	5
4 实验结果.....	7
5 总结.....	13
6 参考资料.....	13

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

TPS61170 是一款具有集成式 1.2A、40V 功率 MOSFET 的单片高压开关稳压器。该器件主要配置在升压或 SEPIC 拓扑中，具有 1.2MHz 固定开关频率，外部环路补偿元件为优化性能提供了应用灵活性。

当输出电压高于输入电压时，升压拓扑被广泛使用；图 1-1 展示了使用 TPS61170 从 5V 输入获得 9V 输出的典型应用电路。尽管实现单一输出电压很重要，但本应用手册提出了一种生成双电源电压（9V 和 -9V）的方法。所建议方法可广泛用于运算放大器偏置电路，也可作为 TI PMICLOADBOARDEVM 的有效电源设计。

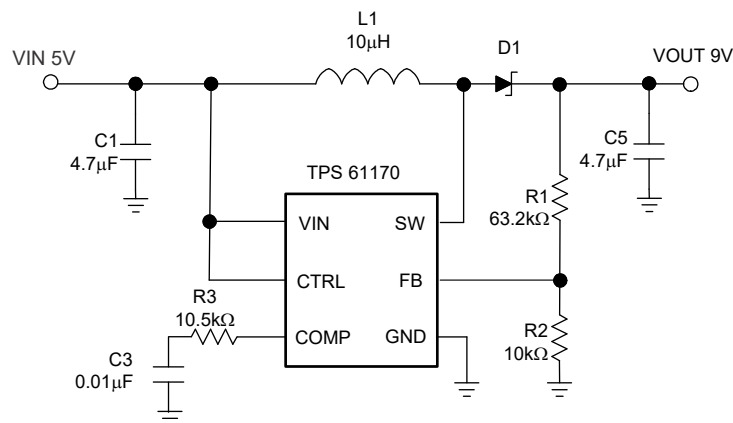


图 1-1. 升压转换器的典型应用电路

2 建议的应用原理图

图 2-1 展示了建议的应用原理图，其中使用 TPS61170 在 3V 至 8V 输入电压范围内同时获得 9V 和 -9V。该方法提出了一种极具成本竞争力的策略，即使用一个 TPS61170 器件在宽输入电压范围内实现两个输出电压。图 2-2 展示了实现正负输出电压的主要波形。

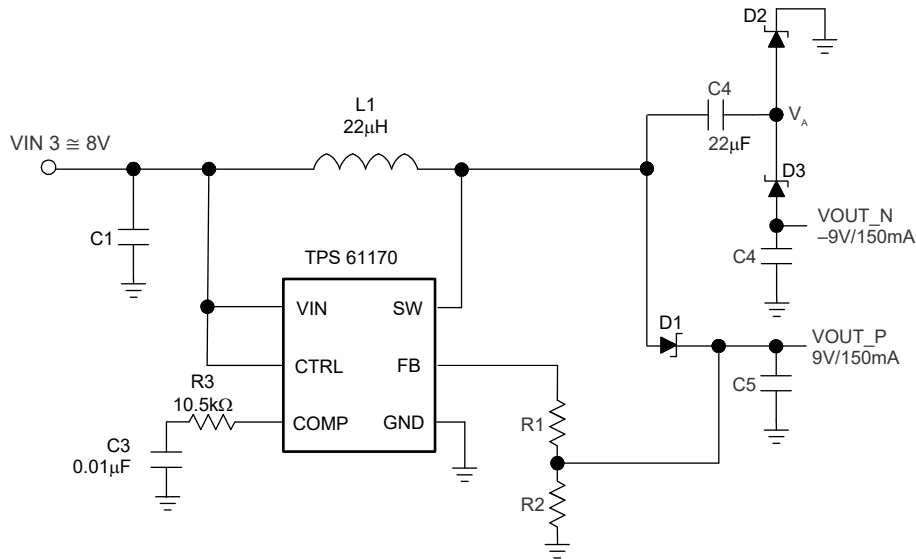


图 2-1. 建议的应用电路

当 TPS61170 的内部开关导通时，能量存储在电感器 L1 中。同时，当内部开关关断时，输入电压 (VIN) 与 L1 两端的电压 (v_{L1}) 相加后施加到 V_{SW} 上。在内部开关关断期间，存储在 L1 中的能量被传递到两个输出端。VOUT_P 以与传统升压转换器相同的方式通过 D1 生成，而 VOUT_N 由 C2、D2 和 D3 生成。此时， V_A 处的最大电压由 D2 限制在约 +0.5V ($V_{F,D2}$)，最小电压由 D3 维持在约 -9V

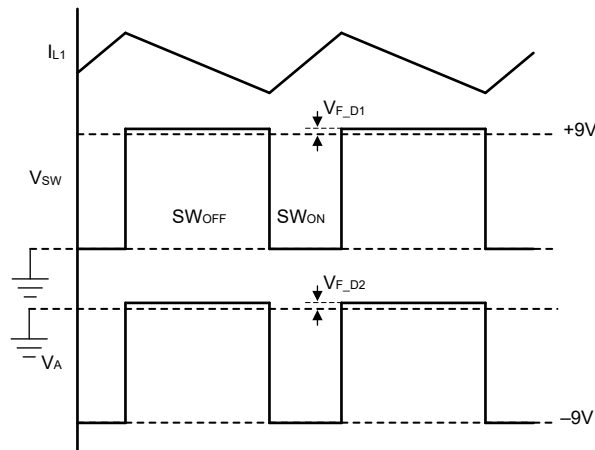


图 2-2. 建议方法的主要波形

为了实现精确的输出电压调节，需要对 VOUT_P 的电压进行检测，并且该电压必须受到严格调节。但在开关工作期间，VOUT_P 由 V_{SW} 节点经过 D1 的正向压降后确定，而 VOUT_N 则天然会经过 D2、D3 的两级正向压降。结果，会产生约 0.5V 的固有压差，导致本例中 VOUT_N 维持在大约 -8.5V，而不是精确的 -9V。

如果这一微小压差无关紧要，则可以使用图 2-1 所示设计。但是，如果这一电压偏差不可接受，则可通过添加 D4 来解决该问题（如图 2-3 所示），从而在正输出侧引入相同的正向压降。在这种情况下，输出电压精度得到了提高，但由于 D4 引入了额外压降，效率会降低。

图 2-4 展示了通过添加 D4 实现更精确 VOUT_N 的主要波形。这里的核心要点在于，为了将 VOUT_P 维持在 9V， V_{SW} 由 D1 和 D4 决定为 $9V + (V_{F_D1} + V_{F_D4})$ 。由于这两个二极管 (D1 和 D4) 产生与建立 VOUT_N 时相同的正向压降，因此可以实现更精确的 VOUT_N。

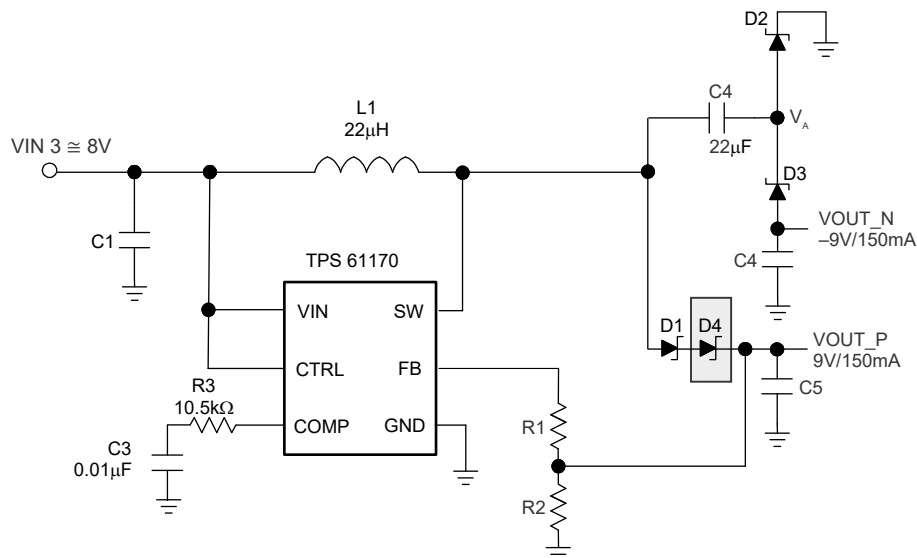


图 2-3. 通过添加 D4 改善负输出电压的建议方法

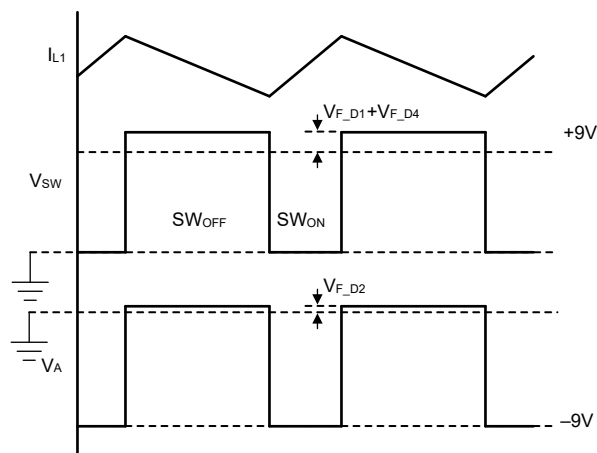


图 2-4. 提高负输出电压精度的主要波形

3 仿真结果

图 3-1 展示了仅使用 D1 时基于图 2-1 所示原理图的初始启动期间仿真结果。当输入电压为 7V 且 TPS61170 的 CTRL 引脚从低电平切换为高电平时，结果表明 VOUT_P 和 VOUT_N 输出均得到适当调节并正常稳定。

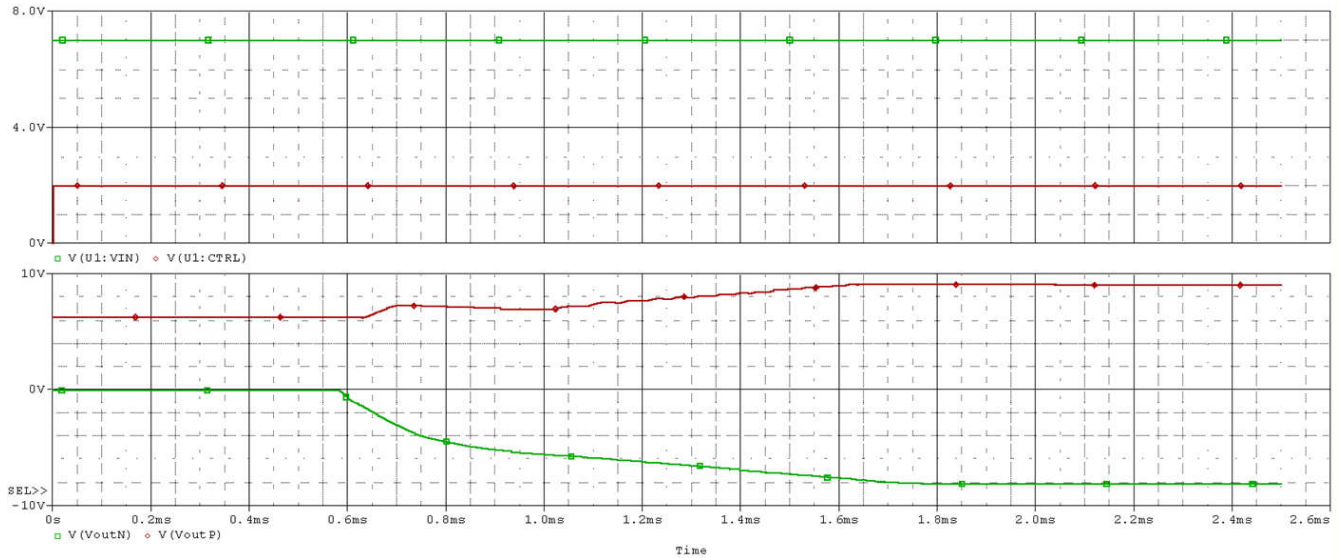


图 3-1. VOUT_P 和 VOUT_N 的初始启动

图 3-2 展示了稳态工作下的主要电流和电压波形。VOUT_P 和 VOUT_N 输出均得到正确调节，VSW 和 VA 的电压波形在 1.2MHz 的开关频率下也正常工作。此外，观察到 L1 的电感器电流工作在 CCM 模式下。

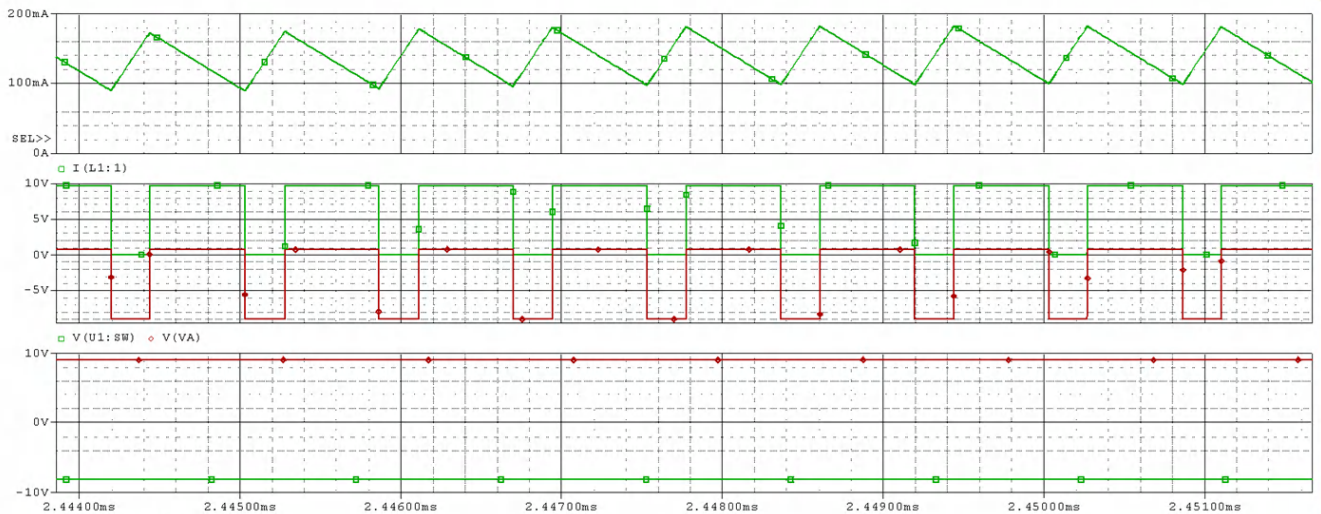


图 3-2. 稳态工作下的主要波形

图 3-3 展示了结合使用 D1 和 D4 时基于图 2-3 所示原理图的初始启动期间仿真结果。当输入电压为 7V 且 TPS61170 的 CTRL 引脚以相同方式从低电平切换为高电平时，结果表明 VOUT_P 和 VOUT_N 输出均得到适当调节并稳定，且 VOUT_N 输出更精确，如下方仿真结果所示。

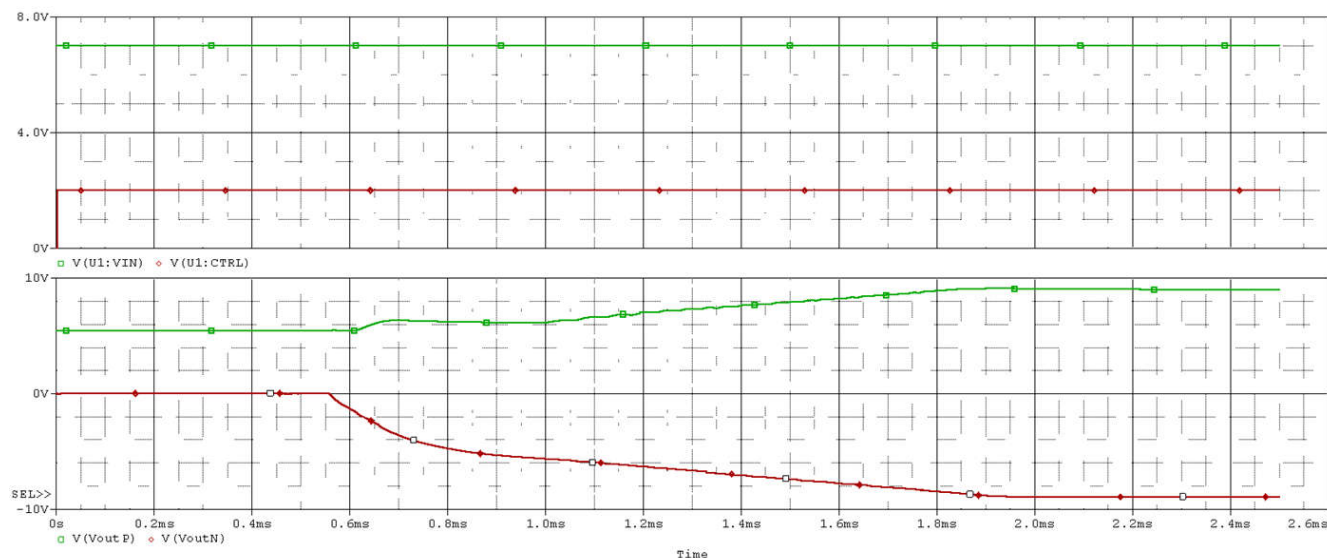


图 3-3. 同时使用 D1 和 D4 时 VOUT_P 和 VOUT_N 的初始启动

图 3-4 展示了使用 D1 和 D4 时稳态工作下的主要电流和电压波形。VOUT_P 和 VOUT_N 输出均得到适当调节，从而可获得更精确的 VOUT_N 输出，如图 3-4 所示。

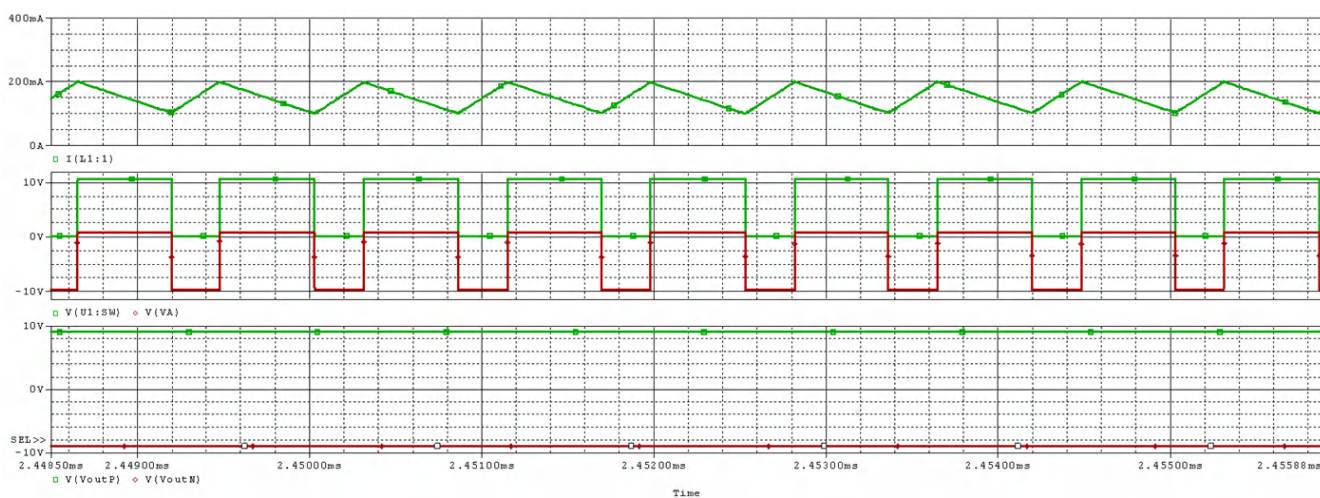


图 3-4. 使用 D1 和 D4 时稳态工作下的主要波形

4 实验结果

图 4-1 显示了实验结果 (V_{IN} : 通道 4, 绿色, 5V/div, $V_{OUT(+9V)}$: 通道 2, 浅蓝色, 5V/div, $V_{OUT(-9V)}$: 通道 3, 紫色, 5V/div), 表明在 5V 输入电压下使用 D1 时, 两个输出电压 (9V 和 -9V) 均得到了适当调节。由于 TPS61170 的内部 MOSFET 电流限制最小为 0.96A, 因此必须仔细考虑输出负载, 确认其不超过此限制。

此外, 在初始启动期间, 输出电流不仅需要为输出负载供电, 还需要为输出电容器充电, 导致电感器电流高于正常稳态工作时的电流。

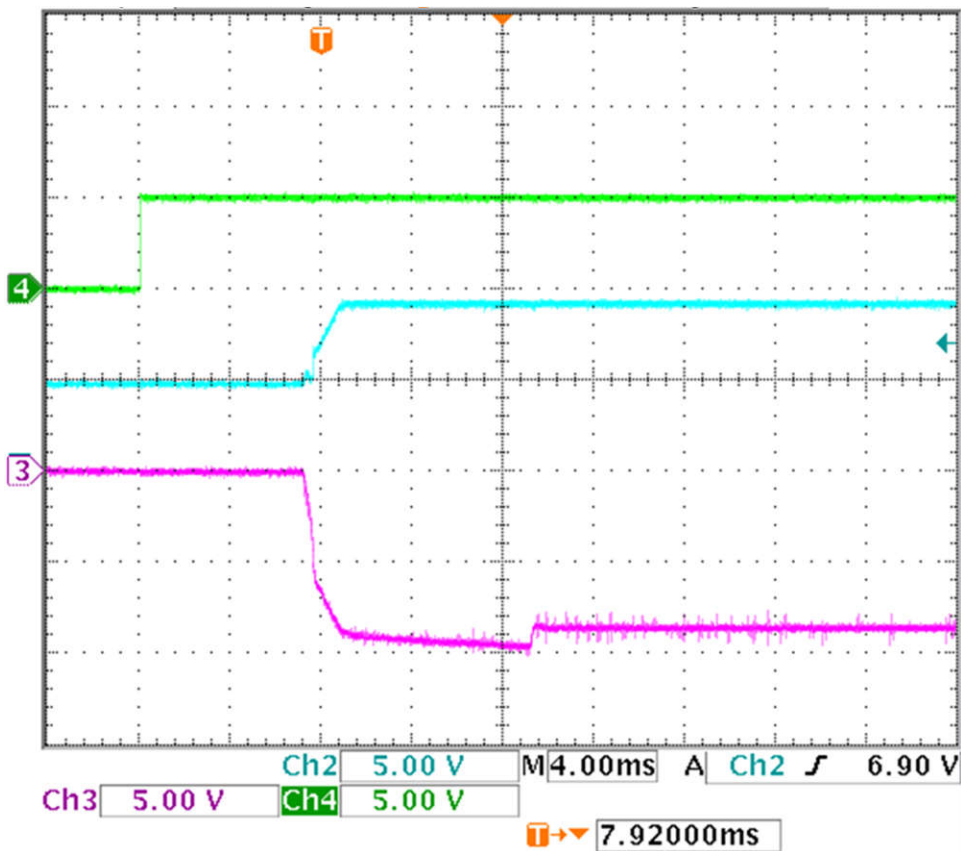


图 4-1. 使用 D1 时 5V 输入的启动波形

图 4-2 显示了稳态工作下的关键电压和电流波形 (V_{SW} : 通道 4, 绿色, 5V/div, $V_{OUT(9V)}$: 通道 2, 浅蓝色, 5V/div, $V_{OUT(-9V)}$: 通道 3, 紫色, 5V/div, I_{L1} : 通道 1, 蓝色, 250mA/div)。9V 和 -9V 输出均得到适当调节, V_{SW} 和 L1 电感器电流的波形在 1.2MHz 开关频率下也工作正常。

图 4-3 展示了 TPS61170 禁用时的波形, 该实验波形表明, 随着输入电压下降并达到约 2.2V (即 TPS61170 的 UVLO 阈值电压), 正负输出电压均关断。

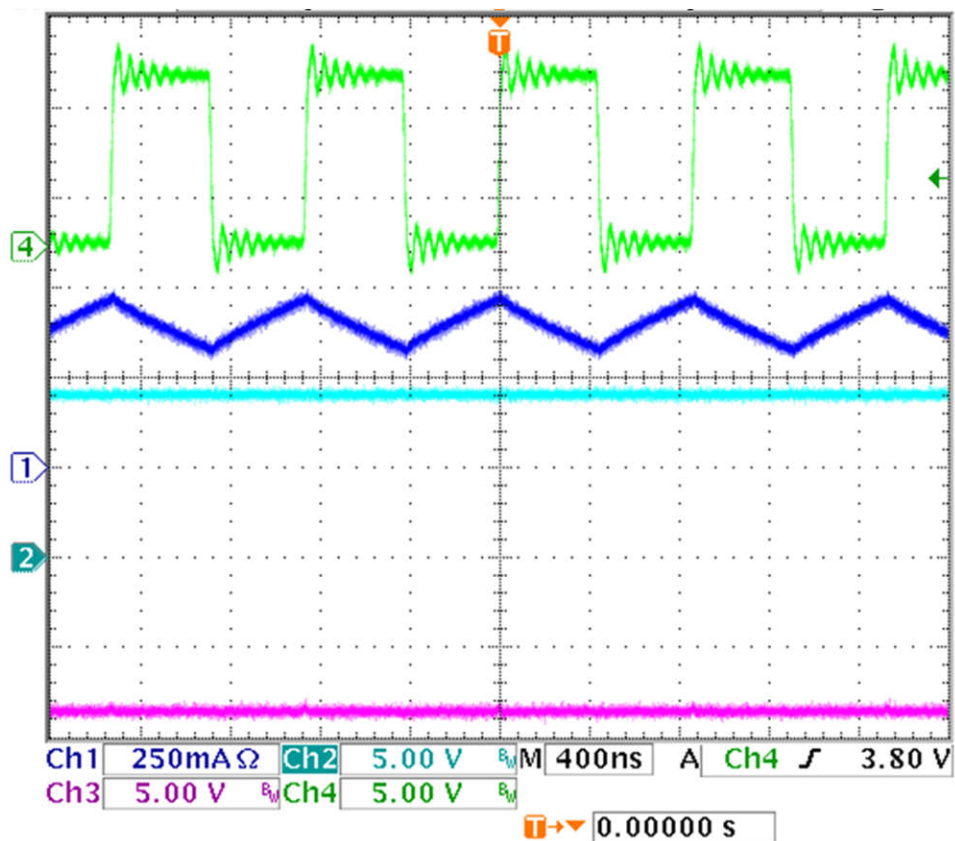


图 4-2. 稳态工作下的关键波形

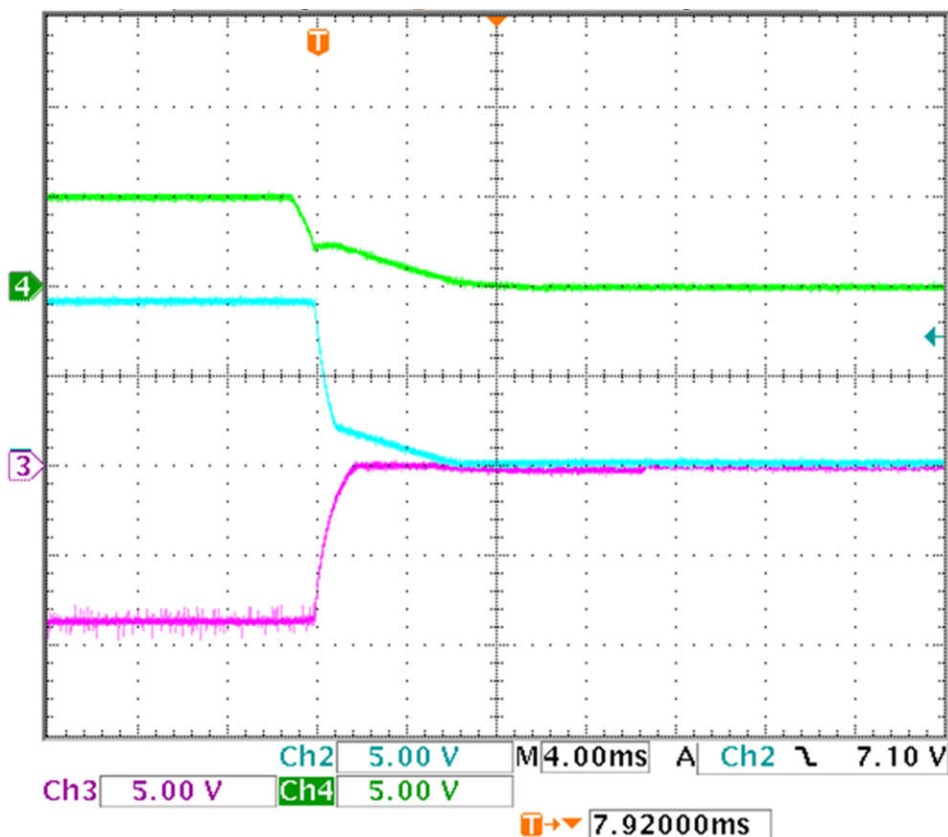


图 4-3. TPS61170 禁用时的波形

图 4-4 显示了实验结果 (V_{IN} : 通道 4, 绿色, 5V/div, $V_{OUT(+9V)}$: 通道 2, 浅蓝色, 5V/div, $V_{OUT(-9V)}$: 通道 3, 紫色, 5V/div), 在此案例中同时使用 D1 和 D2。在 5V 输入电压下, 两个输出电压 (+9V 和 -9V) 均得到适当调节, 且该方法提供了更精确的 V_{OUT_N} , 如下方波形所示。图 4-5 展示了在相同测试条件下 TPS61170 禁用时的关键波形。

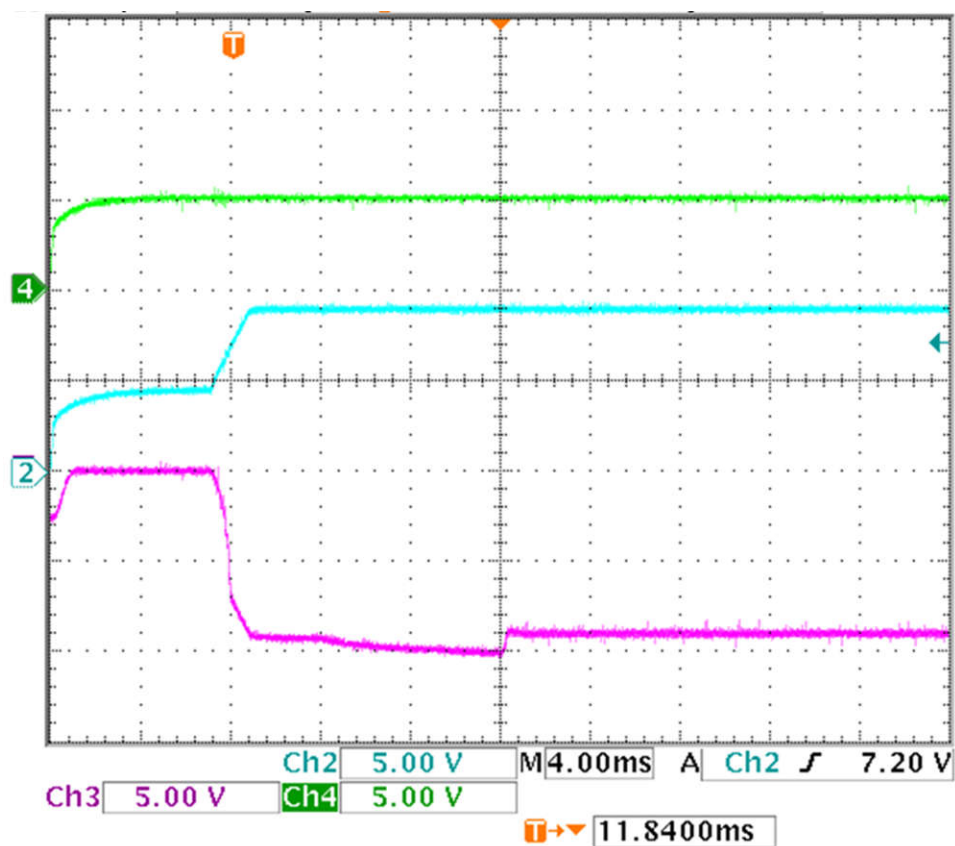


图 4-4. 使用 D1 + D4 时 5V 输入的启动波形

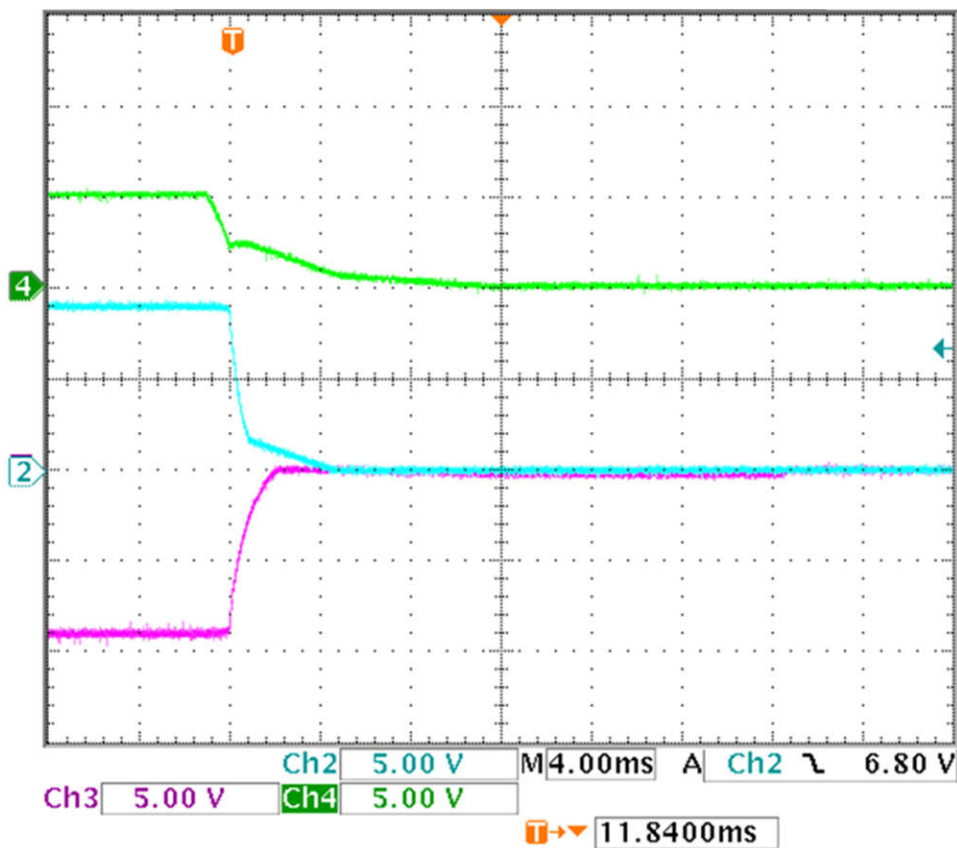


图 4-5. TPS61170 禁用时的波形

图 4-6 展示了 D1 和 D1 + D4 情况的环路增益和相位裕度。如测得的环路增益结果所示，仅使用 D1 时，交越频率为 31kHz，相位裕度约为 53 度。同时使用 D1 和 D4 时，交越频率为 27kHz，相位裕度约为 50 度。在两种情况下，均实现了稳定的频率响应特性。

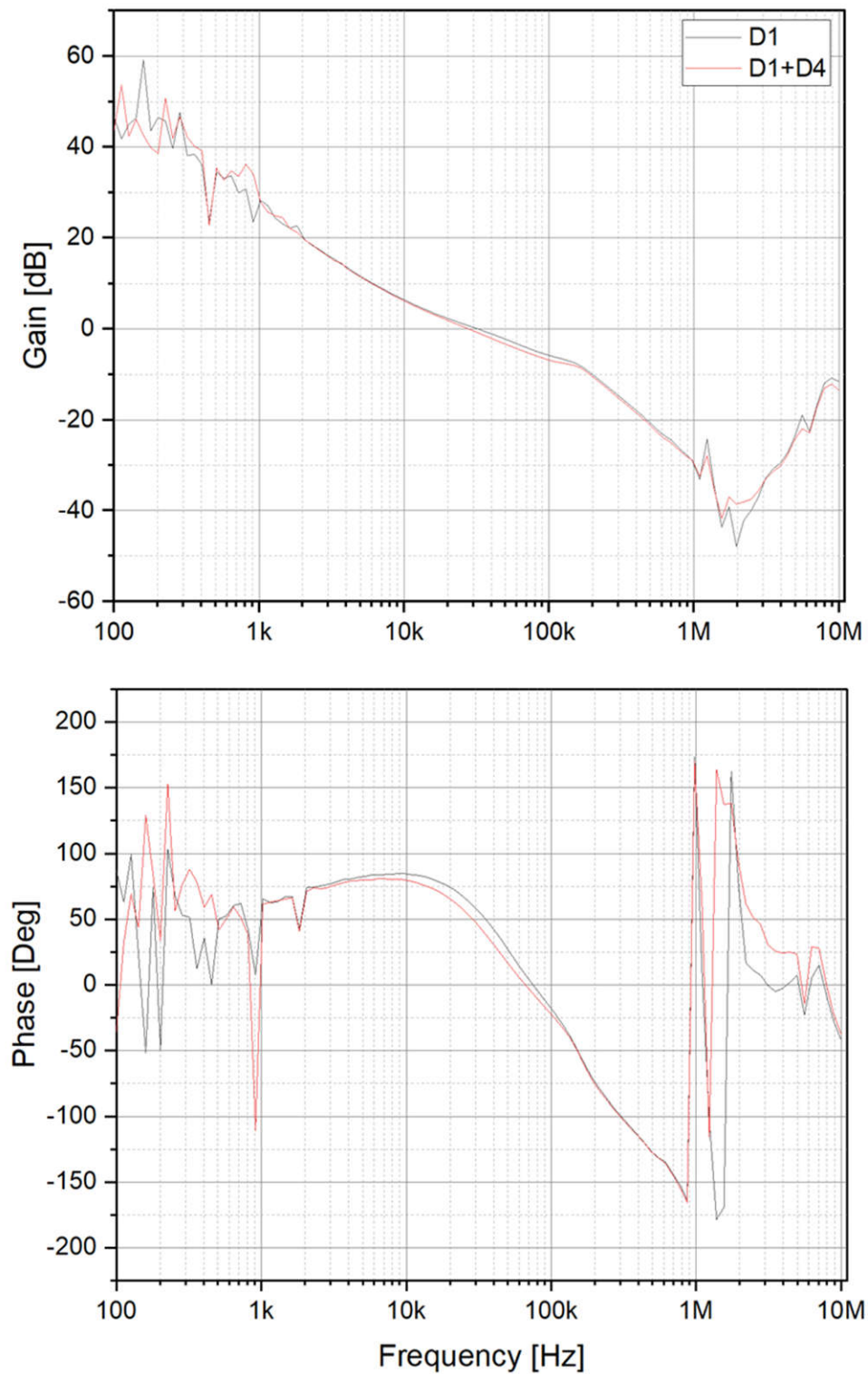


图 4-6. 环路增益与相位裕度

5 总结

本应用手册提出了一种使用升压拓扑实现正负输出电压 (9V 和 -9V) 的实用方法。正如使用 TI PMICLOADBOARD EVM (SLUUC92) 的实际应用案例所证实的那样, 该设计工作正常, 并能提供精确的输出电压调节。核心要点在于: 通过使用两个额外二极管实现负输出电压 (-9V), 同时通过典型的升压拓扑应用在 3V 至 8V 输入电压范围内实现正输出电压 (9V)。与并联使用两种不同电路拓扑来生成正负电源轨相比, 该方法更简单, 并具有成本优势。本应用手册表明, 所建议应用方法性能良好, 并通过仿真和实验验证得到了证实。

6 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [TPS61170 采用 2mm × 2mm² QFN 封装的 1.2A 高压升压转换器](#), 数据表。
2. 德州仪器 (TI), [TPS61170EVM-280 评估模块用户指南](#), 用户指南。
3. 德州仪器 (TI), [PMICLOADBOARD EVM 评估模块用户指南](#), 用户指南。

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月