

Application Note

使用单个 **TPS61170** 获得正负输出电压的实用应用示例

SW Lee, Yoonjin Kim

Power Management

摘要

本报告介绍了一个使用 **TPS61170** 实现正负双路输出电压的实用应用示例。该设计通过一个 **TPS61170** 并联两种不同的拓扑结构来实现。采用反相降压/升压拓扑和 **SEPIC** 拓扑，在 **3V** 至 **18V** 的输入电压范围内获得 $\pm 9V$ 的输出电压。该方法的核心概念在宽输入电压范围内，使用反相降压升压拓扑产生 **-9V** 输出，使用 **SEPIC** 拓扑产生 **+9V** 输出。该方法也是 **TI PMICLOADBOARD EVM (SLUUC92)** 输入电源电压的优异设计。本应用报告表明，所提议的应用方法性能良好，并通过仿真和实验验证得到了证实。

内容

1 简介.....	2
2 提议的应用原理图.....	3
3 仿真结果.....	5
4 实验结果.....	6
5 总结.....	10
6 参考资料.....	10

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。

升压拓扑广泛用于输入电压低于输出电压的场景，而 SEPIC 拓扑则提供宽工作电压范围，输入电压可以高于或低于输出电压。然而，这些方法并不总能满足系统设计中各种不同的输入和输出要求。

例如，如果需要从 12V 输入产生 9V 输出，使用简单的降压转换器即可实现高效设计，无需采用 SEPIC 拓扑。但是，当输出电压固定在 9V，而输入电压在 3V 至 18V 的宽范围内变化，并且需要同时产生 +9V 和 -9V 双路输出时，满足这些系统要求可能需要更复杂的电路和额外的控制电路。

本应用手册介绍了一种高效且具有成本优势的设计方案，使用单个 TPS61170 器件在 3V 至 18V 的宽输入电压范围内实现两路输出电压。图 1-1 展示了该应用的简要概念。

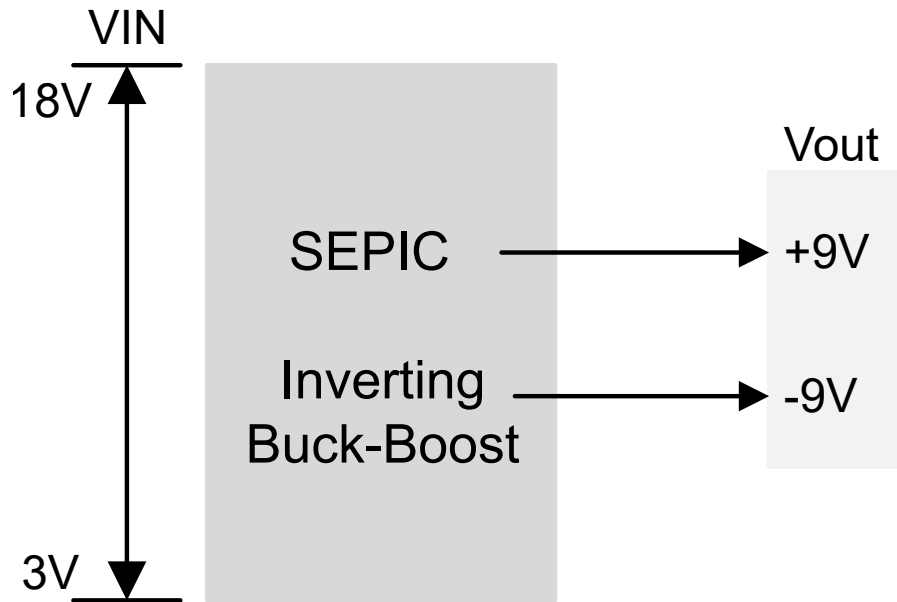


图 1-1. 建议的概念

2 提议的应用原理图

图 2-1 展示了提议的应用原理图，使用 TPS61170 在宽输入电压范围内同时产生 +9V 和 -9V 电压。通过增加 C4 实现反相降压-升压拓扑以产生负输出电压 (-9V)，而 SEPIC 用于产生 9V 正输出。主反馈信号来自 SEPIC 转换器的输出，图 2-2 显示了实现正负输出电压的主要波形。

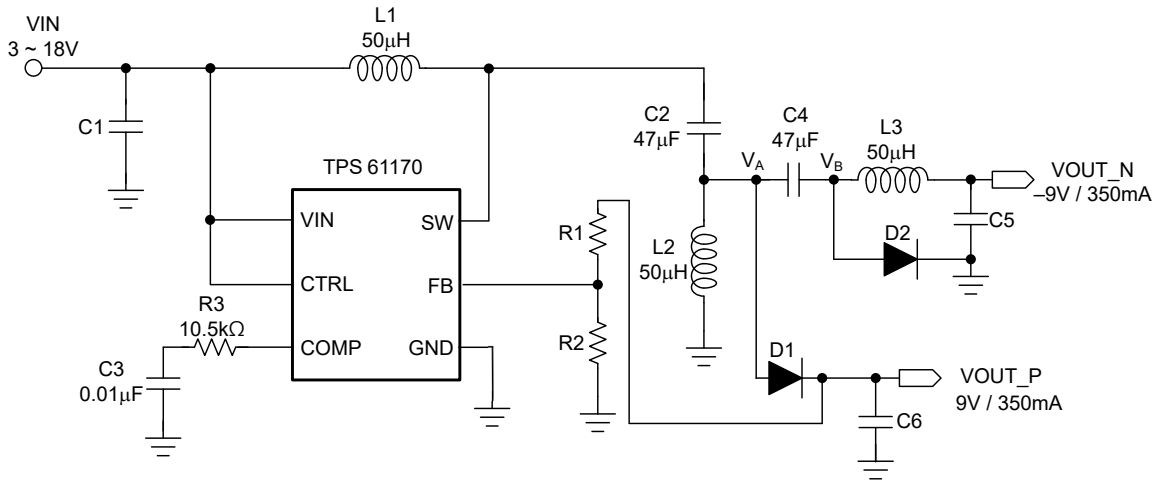


图 2-1. 提议的应用电路

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_L) 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。

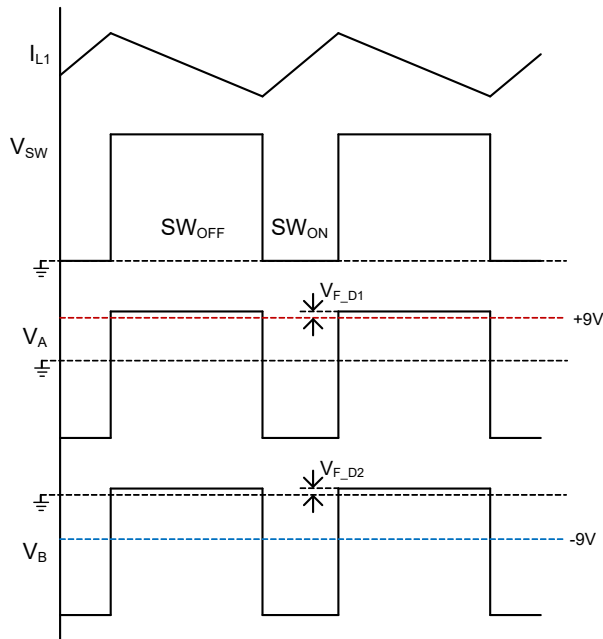


图 2-2. 提议方法的主要波形

SW 引脚上的电压 (V_{SW}) 由方程式 1 给出：

$$V_{SW} = VIN + v_L \quad (1)$$

其中：

$$v_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

在输入电压为 18V 时的导通占空比按**方程式 3** 计算。

$$D_{on} = \frac{V_{out}}{V_{IN} + V_{out}} = 0.333 \quad (3)$$

L1 所需的电感量由**方程式 4** 确定：

$$L1 = \frac{V_{IN} \cdot D_{on}}{\Delta I_{pk.to.pk} \cdot f_s} = 47.62\mu H \quad (4)$$

其中：

$$\Delta I_{pk.to.pk} = I_{OUT} \cdot Ripple_{rate}(\%) \quad (5)$$

$$f_s = 1.2MHz(SwitchingFrequency) \quad (6)$$

本应用中 L1 采用 50 μ H 的电感值，L2 和 L3 也选择与 L1 相同的电感值。SEPIC 转换器是一个四阶系统，包含两个电感器 (L1 和 L2) 和一个耦合电容器 (C2)。在 CCM (连续导通模式) 下，转换器存在一个右半平面零点 (RHPZ)。因此，必须选择远低于 RHPZ 频率的交叉频率，以确保稳定运行。

图 2-3 展示了导通占空比和 V_{SW} 随 V_{IN} 电压变化的特性。由于 TPS61170 的 SW 引脚最大绝对电压额定值为 40V，因此必须考虑足够的裕度，结合开关引起的过冲和 PCB 布局条件等，确保 V_{SW} 电压远低于 40V。

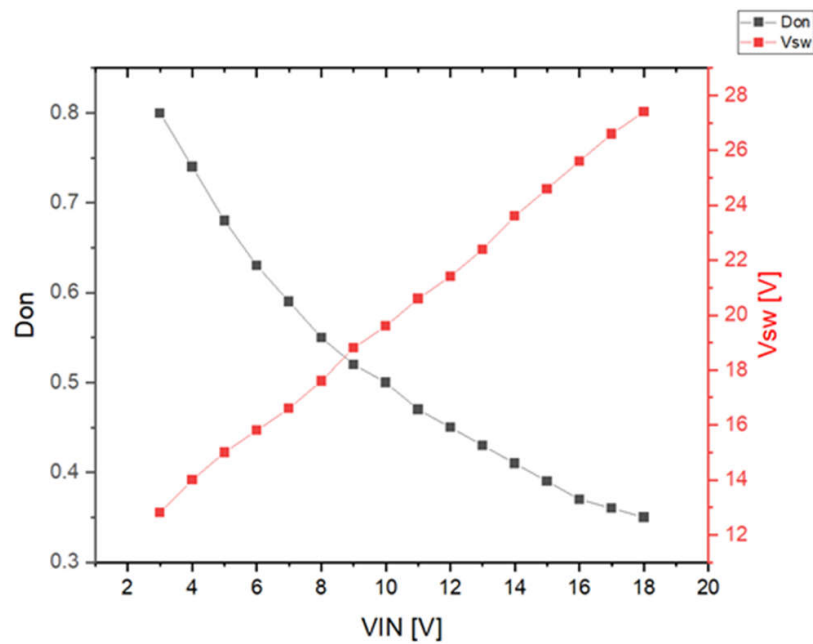


图 2-3. D_{ON} 和 V_{SW} 随 V_{IN} 的变化曲线

3 仿真结果

图 3-1 显示了初始启动期间的仿真结果。当输入电压为 12V 且 TPS61170 的 CTRL 引脚从低电平转换为高电平时，结果表明 9V 和 -9V 两路输出均得到正常调节并正常稳定。

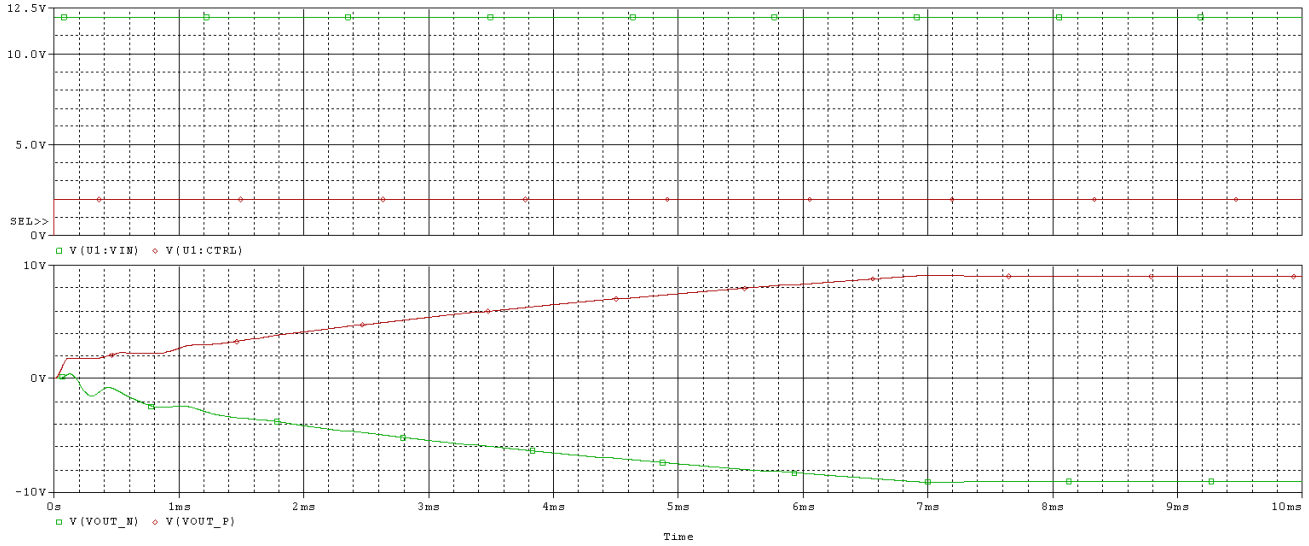


图 3-1. 9V 和 -9V 的初始启动

图 3-2 展示了稳态工作下的主要电流和电压波形。9V 和 -9V 输出均得到正确调节，VSW、VA 和 VB 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。

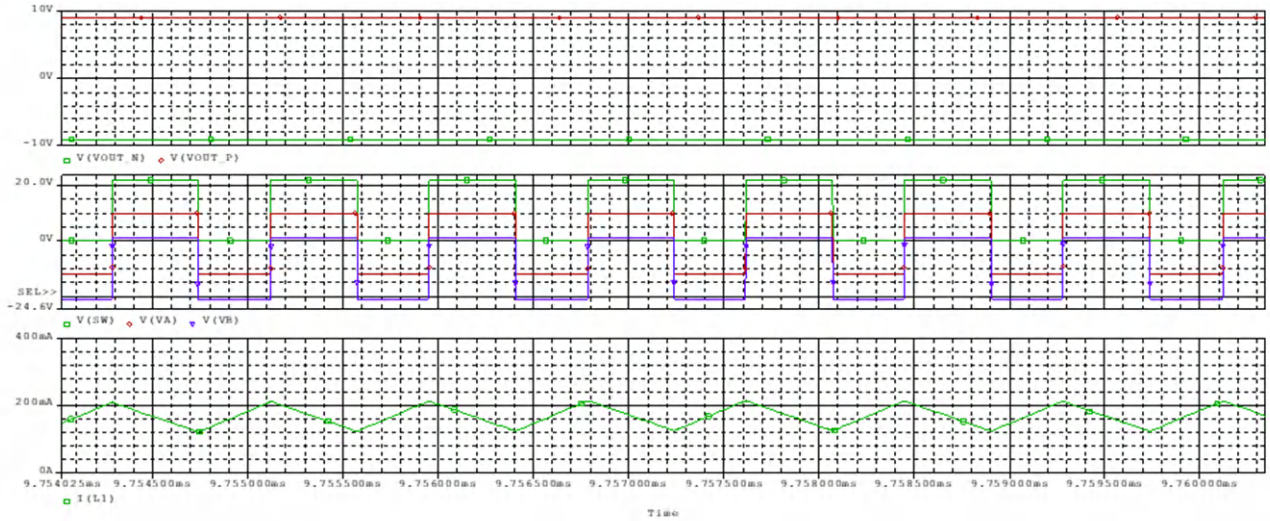


图 3-2. 稳态工作下的主要波形

4 实验结果

图 4-1 显示了实验结果 (V_{IN} : 通道 1, 蓝色, 2V/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 4, 绿色, 0.5A/div), 表明在输入电压为 3V 时, 两路输出电压 (9V 和 -9V) 均得到正确调节。通道 4 表示流经 L1 的电流。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, 确保不超过此限制。

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。

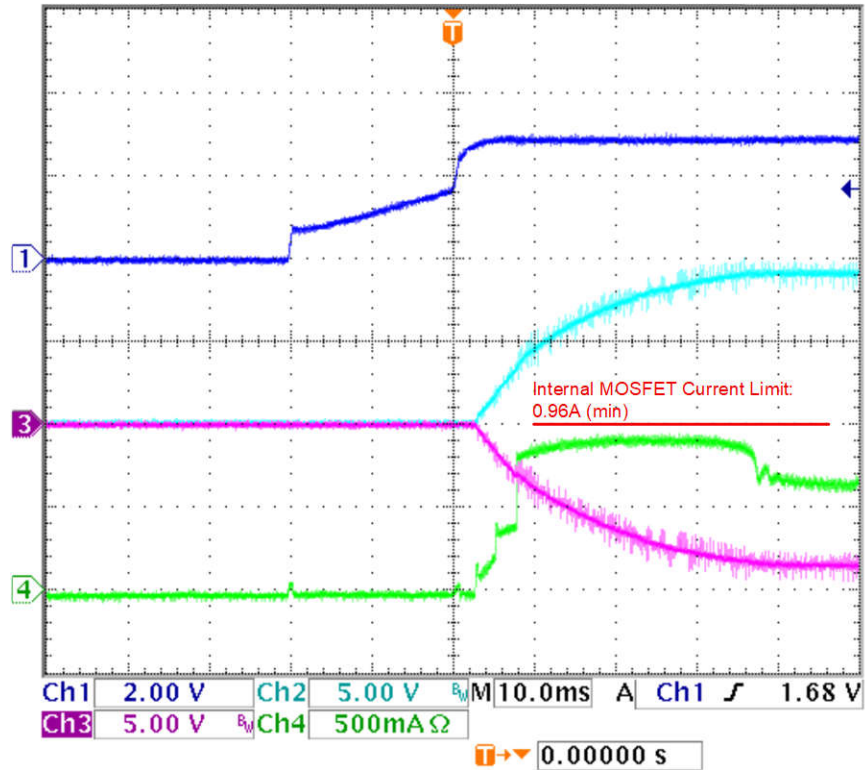


图 4-1. 3V 输入时的启动波形

图 4-2 显示了输入电压为 18V 时的初始启动结果, 表明 9V 和 -9V 两路输出均正常工作和调节 (V_{IN} : 通道 1, 蓝色, 10V/div, $V_{OUT(9V)}$: 通道 2, 浅蓝色, 5V/div, $V_{OUT(-9V)}$: 通道 3, 紫色, 5V/div)。

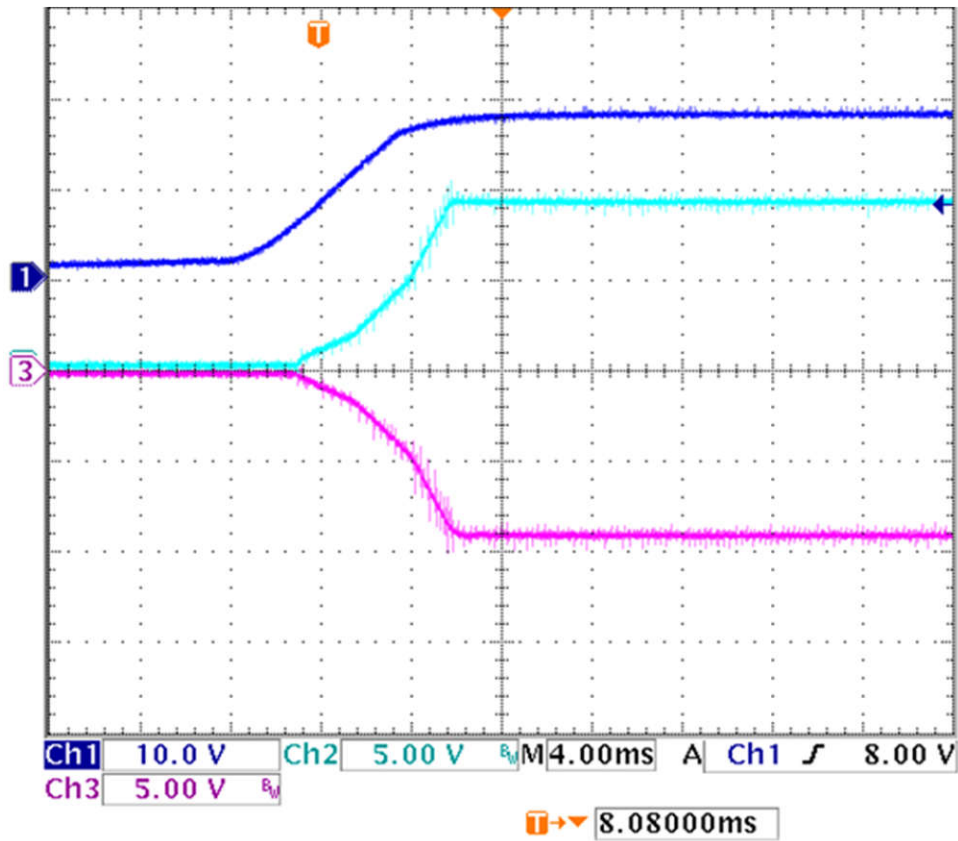


图 4-2. 18V 输入时的启动波形

图 4-3 显示了稳态工作下的关键电压和电流波形 (V_{SW} : 通道 1, 蓝色, 10V/div, $V_{OUT(+9V)}$: 通道 2, 浅蓝色, 10V/div, $V_{OUT(-9V)}$: 通道 3, 紫色, 10V/div, I_{L1} : 通道 4, 绿色, 0.5A/div)。9V 和 -9V 输出均得到正确调节, V_{SW} 和 L1 电感器电流的波形在 1.2MHz 开关频率下也正常工作。

随着输入电压升高, TPS61170 的 SW 引脚电压也会升高。因此, 考虑到 SW 引脚开关期间的电压过冲, 必须保持足够的电压裕度, 以确保 SW 引脚电压始终保持在 40V 以下, 这是 TPS61170 的绝对最大额定电压。

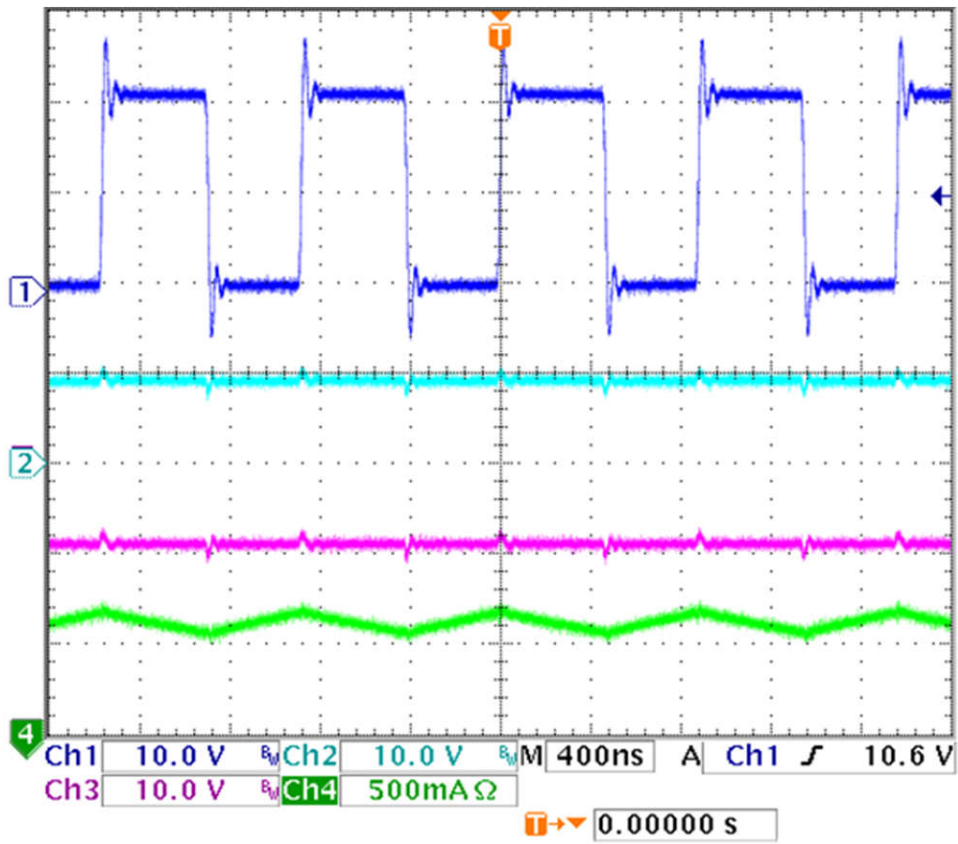


图 4-3. 稳态工作下的关键波形

图 4-4 展示了增益和相位裕度，交叉频率约为 2kHz，相位裕度为 70 度。为了验证足够的相位裕度，选择了相对较低的交叉频率。这是因为 SEPIC 转换器是包含多个储能元件（两个电感器和一个耦合电容器）的四阶系统。

在 CCM 下，SEPIC 转换器的能量传递机制在结构上与升压转换器类似。因此，当占空比增加时，输出电压并不会立即升高，而是在一段延迟后才上升。

这种行为导致存在一个 RHPZ，限制了可实现的控制带宽。因此，交叉频率必须设置为远低于 RHPZ 频率。

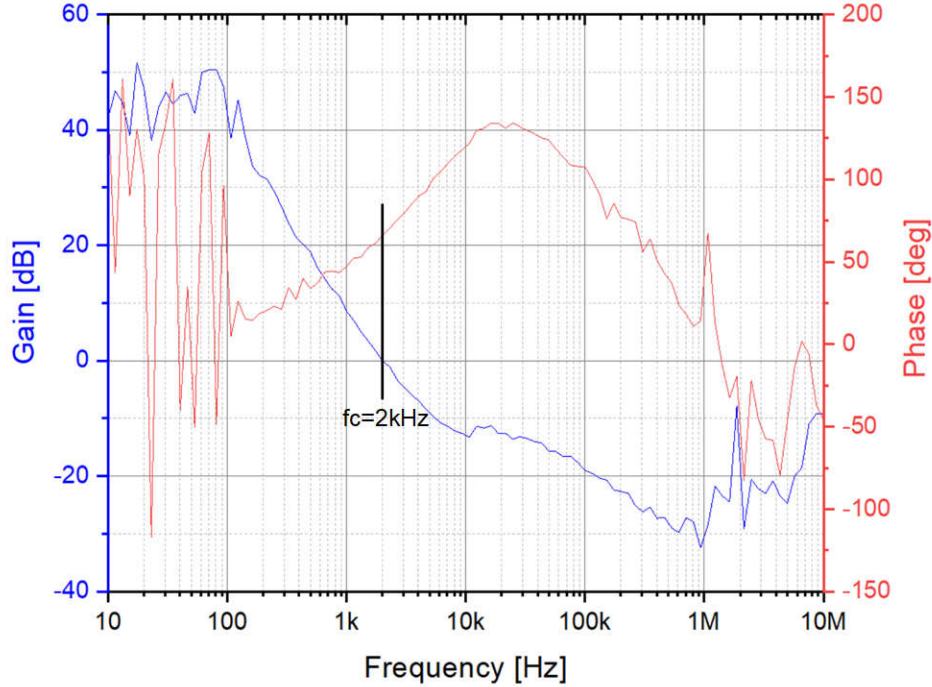


图 4-4. 环路增益与相位裕度

5 总结

本应用报告提出了一种在宽输入电压范围 (3 ~ 18VIN) 内实现正负输出电压 (9V 和 -9V) 的实用方法。通过使用 TI PMICLOADBOARD EVM 进行实际应用案例验证, 该设计工作正常, 并提供了精确的输出电压调节。关键点是采用反相降压/升压拓扑产生 -9V 输出, 同时采用 SEPIC 拓扑产生 9V 输出。为了调节输出电压, 反馈信号取自 9V 输出。所有这些功能均通过单个 TPS61170 实现, 使得该设计在总体成本和整体设计尺寸方面成为一种高效的方法。本应用报告表明, 所提议的应用方法性能良好, 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 x 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](#), 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