

Application Note

调节固定输出电压 **DC/DC** 转换器的输出电压



Juergen Neuhaeusler, Tanvee Pandya, Ricardo Nunes

摘要

TPS6287x 等固定输出电压转换器可生成具有严格容差和温度漂移的精确输出电压。借助通过电阻分压器设置可调节输出电压的 **DC/DC** 转换器，这几乎无法实现。反馈分压器电阻器的容差和电阻器的温度漂移会显著影响精度。对于具有固定输出电压的转换器，除非有可用的数字接口且支持该功能，否则输出电压通常无法改变。而借助 **TPS6287x** 系列的器件，如果在需要时可以使用接口来调节电压，则这是可以实现的。如果在需要改变电压时没有可用接口，本应用手册中详细介绍了一种可行的解决方法。

内容

1 简介.....	2
2 配置.....	2
3 测量.....	4
3.1 PWM 模式下的直流调节和省电模式运行.....	4
3.2 瞬态性能.....	5
3.3 控制环路增益.....	6
4 总结.....	7
5 参考资料.....	8

插图清单

图 2-1. 电阻分压器.....	2
图 3-1. 12A 输出电流条件下 I2C 和电阻分压器版本的直流调节.....	4
图 3-2. 100mA 输出电流条件下 I2C 和电阻分压器版本的直流调节.....	4
图 3-3. I2C 版本和电阻分压器版本的负载瞬态.....	5
图 3-4. I2C 版本的波德图.....	6
图 3-5. 电阻分压器版本的波德图.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

在具有固定输出电压的转换器中，通常无法通过简单的方式配置输出电压。TPS6287x 系列器件支持使用 VSEL 引脚上的适当配置来选择预定义的输出电压。如果无法使用 VSEL 选择所需的输出电压，则在器件正常供电后，仍然可以使用数字接口对输出电压进行编程。此更改可在启用器件之前完成。启用后，该器件开始使用新编程的输出电压。如需其他详情，请参阅 [TPS6287x-Q1 具有快速瞬态响应功能的 2.7V 至 6V 输入、6A/9A/12A/15A 汽车级可堆叠同步降压转换器](#) 数据表。

如果无法完成此过程，例如接口的主机在启动之前或启动期间未处于活动状态，因此无法进行接口通信，则需要使用其他寻址方法。本应用手册介绍了如何使用电阻分压器解决此问题。本应用手册介绍了每种方法的限制。

2 配置

图 2-1 展示了如何连接此电阻分压器。已在 TPS62873EVM-143 和 TPS62873EVM-144 封装布局中为这些电阻器提供了封装选项。

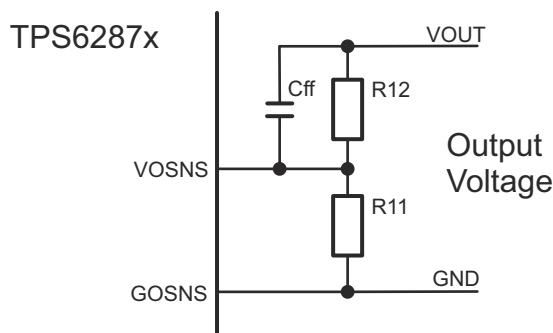


图 2-1. 电阻分压器

然后，输出电压由通过 VSEL 所选的固定输出电压，以及此分压器中所用电阻器的阻值共同决定。[方程式 1](#) 显示了如何计算输出电压。

$$V_{OUT} = V_{OUTfixed} \cdot \left(\frac{R_{12} + R_{11}}{R_{11}} \right) \quad (1)$$

正如 [方程式 1](#) 所示，必须选择低于所需最终输出电压的固定输出电压 $V_{OUTfixed}$ 。

这种方法的第一个明显权衡是电阻值的容差及其温度漂移所导致的精度损失。通过选择输出电压尽可能接近目标最终输出电压的固定输出版本，可将此影响降至最低。此配置的最低和最高输出电压的附加误差可使用 [方程式 2](#) 和 [方程式 3](#) 计算得出。流入 VOSNS 引脚的偏置电流会产生额外误差。该偏置电流必须流经 R12，从而导致输出电压升高。通过对 R12 使用低电阻值，可将由此产生的误差忽略不计。对于 TPS6287x 器件而言，若电阻值在 1kΩ 范围内，此误差可忽略不计。

$$V_{OUTmin} = V_{OUTfixed} \cdot \left(1 - \Delta V_{OUT} \right) \cdot \left(\frac{R_{12} \cdot (1 - \Delta R_{12}) + R_{11} \cdot (1 + \Delta R_{11})}{R_{11} \cdot (1 + \Delta R_{11})} \right) \quad (2)$$

$$V_{OUTmax} = V_{OUTfixed} \cdot \left(1 + \Delta V_{OUT} \right) \cdot \left(\frac{R_{12} \cdot (1 + \Delta R_{12}) + R_{11} \cdot (1 - \Delta R_{11})}{R_{11} \cdot (1 - \Delta R_{11})} \right) \quad (3)$$

另一个重要的考量因素是维持交流控制性能。电阻分压器的电阻器，尤其是 VOSNS 路径中的上电阻器 R12，会在 VOSNS 和 GOSNS 引脚上与寄生电容一同形成低通滤波器。为缓解此效应，可以添加一个与 R12 并联的前馈电容器 Cff。[方程式 4](#) 展示了如何为此电容器估算适当取值。该公式中的 f_{CO} 是控制环路的预期交越频率。

$$C_{ff} = \frac{2}{\pi \cdot f_{CO} \cdot R_{12}} \quad (4)$$

对于 TPS6287x 器件，若电阻分压器的总电阻在 10kΩ 范围内，并且输出电压的升幅上限控制在最高 20%，这是让控制性能影响可忽略不计的良好选择。

例如，如果需要 1.2V 的电压，可以按照 [TPS6287x-Q1 具有快速瞬态响应功能的 2.7V 至 6V 输入、6A/9A/12A/15A、汽车级可堆叠同步降压转换器](#) 数据表中的描述，将 TPS6287x-Q1 器件配置为 1V 的固定输出电压。根据上述建议和公式，可以使用电阻分压器配置 1.2V 的输出电压，其中 R12 为 2kΩ、R11 为 10kΩ。假设两个电阻器的电阻精度均为 1%，则输出电压精度从为 1V 固定输出电压规定的初始 ±1% 变为 ±1.3%，这在大多数情况下是可以接受的。假设交越频率为 300kHz，1nF 是经计算后 Cff 在此配置中的适当取值。

使用反馈分压器后，可通过接口设置的电压也会发生变化。在寄存器中定义的默认值会随反馈分频器的增益而变化。[方程式 5](#) 展示了如何针对 VSET 寄存器中的专用电压设置 V_{OUT_Reg} 计算新的稳压输出电压。

$$V_{OUT} = V_{OUT_Reg} \cdot \left(\frac{R_{12} + R_{11}}{R_{11}} \right) \quad (5)$$

举例来说，如果反馈分压器设计为将输出电压提升 20%，则 VSET 寄存器中已编程的 0.4V 输出电压会产生 0.48V 的稳压输出电压。

3 测量

下方所示的测量结果旨在将 I2C 编程型固定输出电压转换器的性能与采用电阻分压器提高输出电压的配置进行对比。在测量过程中，我们使用了 [TPS62873 降压转换器评估模块用户指南](#)。两款转换器均按照 [配置](#) 部分中的配置示例所述，配置为 1V 的默认启动电压。为在 [TPS62873 降压转换器评估模块用户指南](#) 上实现此修改，我们针对 R5 使用了 47k Ω 电阻器并移除了 R6。I2C 版本在启动前被重新编程为 1.2V 的输出电压，而可调节版本中的输出电压变化则可通过电阻分压器实现，其中 R11 为 10k Ω 、R12 为 2k Ω 且 Cff 为 1nF。对于更高的输出电压，补偿网络中的元件已更改为 R1 为 1.5k Ω 且 C1 的 3.9nF。所有其他元件保持不变。

3.1 PWM 模式下的直流调节和省电模式运行

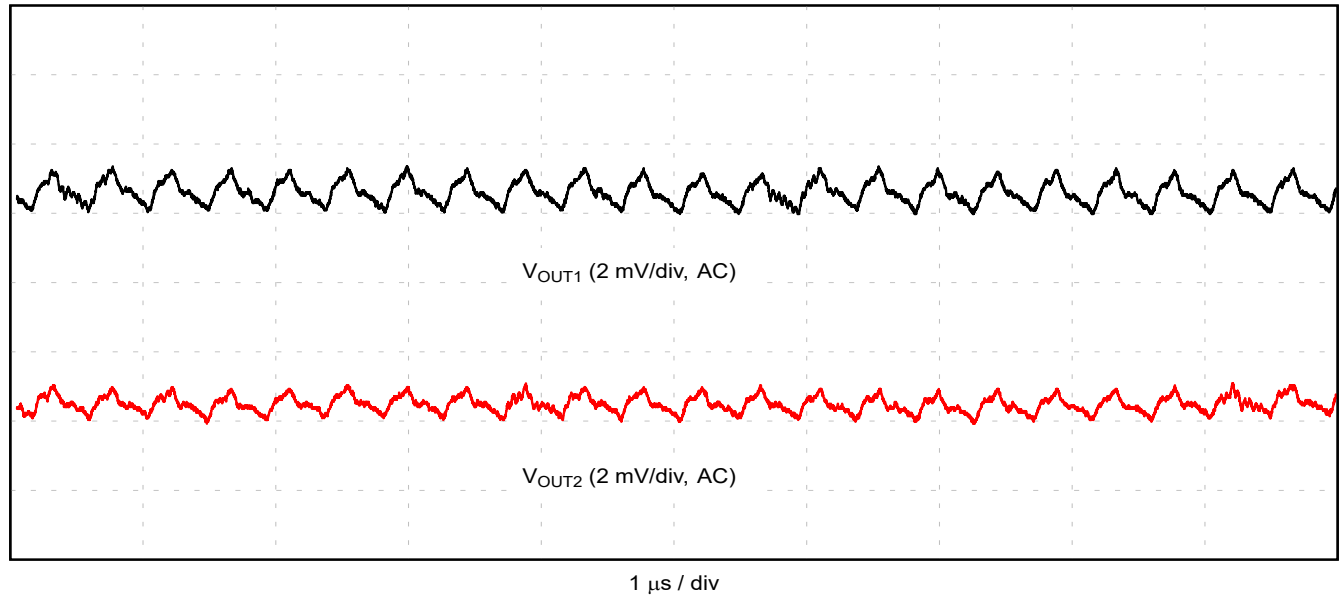


图 3-1. 12A 输出电流条件下 I2C 和电阻分压器版本的直流调节

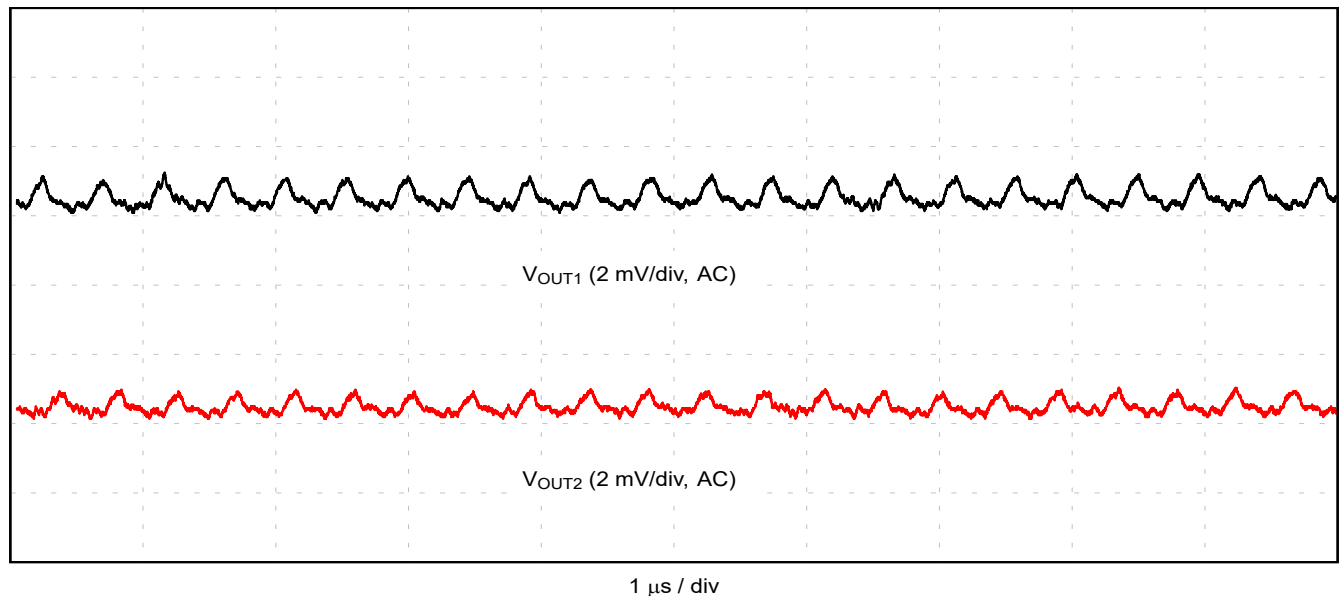


图 3-2. 100mA 输出电流条件下 I2C 和电阻分压器版本的直流调节

图 3-1 和 图 3-2 展示了不同负载条件下的输出电压纹波波形。图 3-1 显示了 12A 负载下的输出电压，图 3-2 显示了 100mA 负载下的输出电压。V_{OUT1} 是 I2C 版本的波形，V_{OUT2} 是电阻分压器版本的波形。这两个图表都表明在不同负载条件下，输出电压纹波没有显著差异。

3.2 瞬态性能

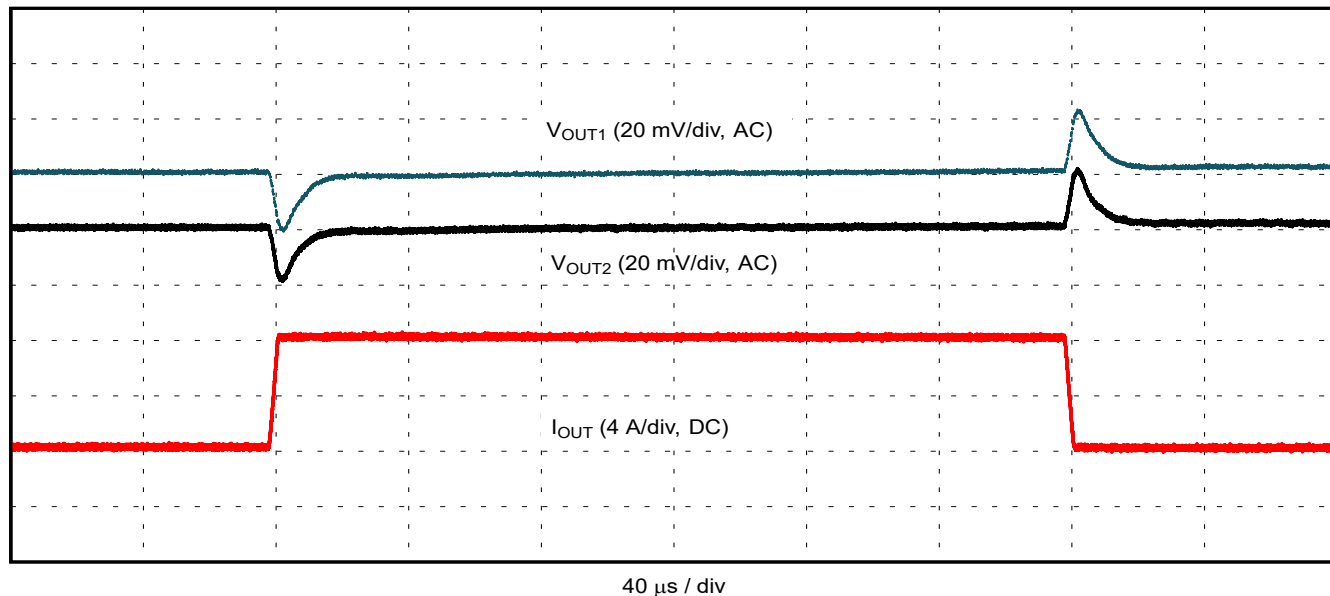


图 3-3. I2C 版本和电阻分压器版本的负载瞬态

图 3-3 显示了对负载从 4A 增加到 12A 并再次降至 4A 的阶跃响应的波形。电流波形标记为 I_{OUT} ，I2C 版本的输出电压波形为 V_{OUT1} ，电阻分压器版本的输出电压波形为 V_{OUT2} 。两个输出电压波形没有任何差异。

3.3 控制环路增益

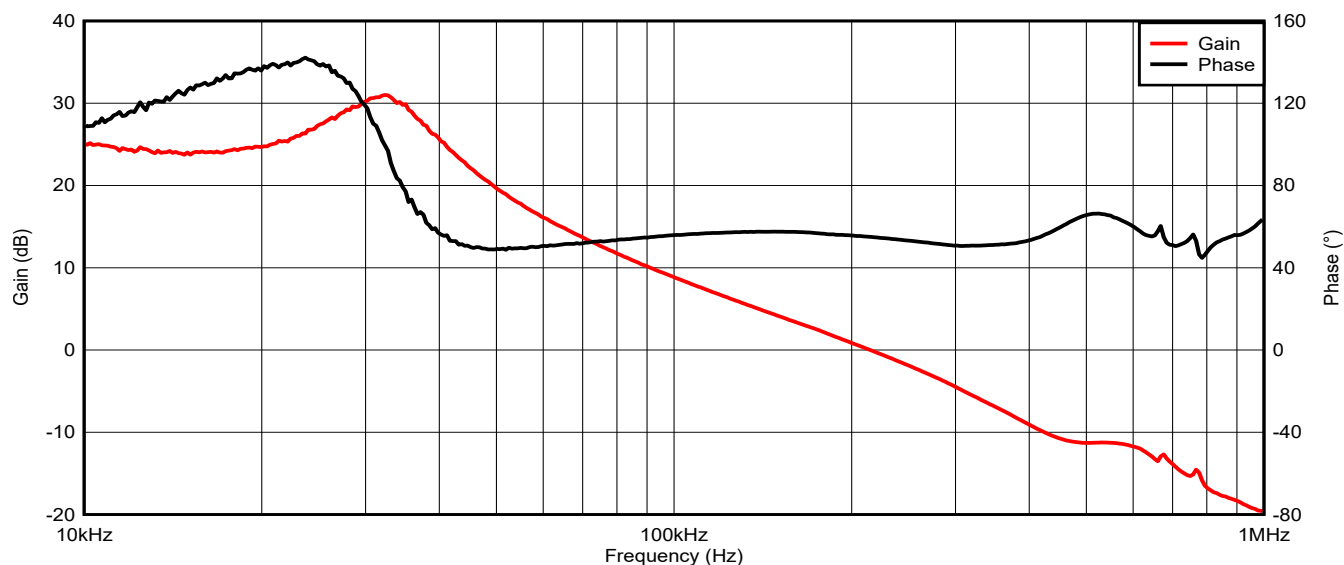


图 3-4. I2C 版本的波德图

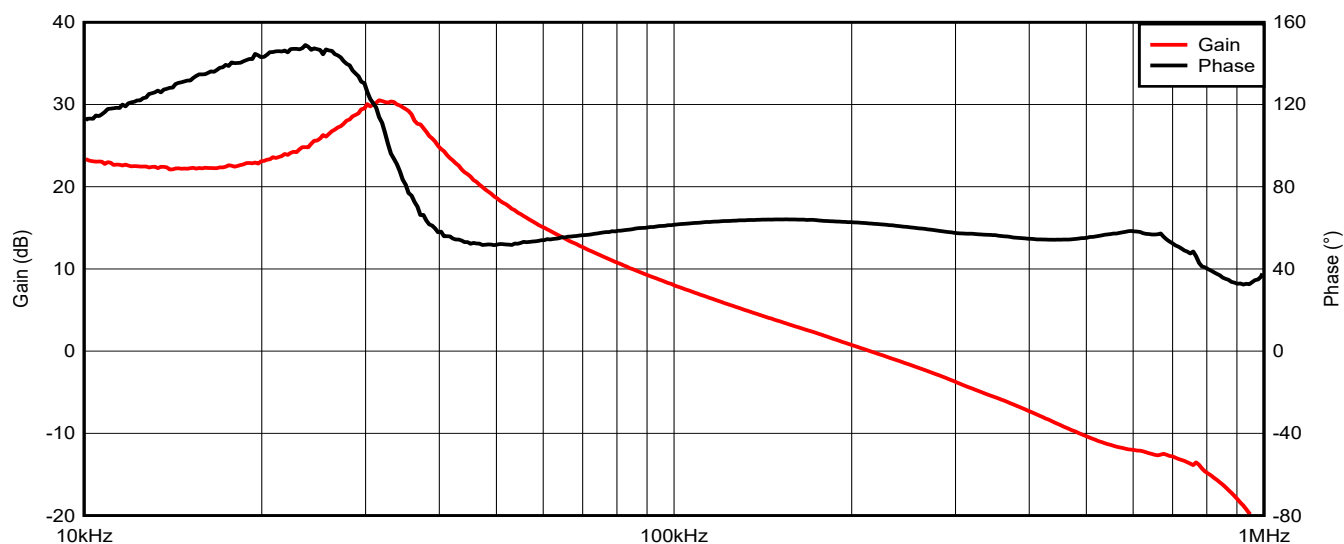


图 3-5. 电阻分压器版本的波德图

图 3-4 中所示 I2C 版本的增益和相位图，以及 图 3-5 中所示电阻分压器版本的增益和相位图，在其增益和相位特性方面没有差异。

4 总结

如因任何原因而无法使用数字接口，则在本应用手册所述的限制范围内使用低阻抗电阻分压器，不失为一种在启动和运行期间配置非标准输出电压的好方法。电阻分压器的增益十分有限，因此其对精度的影响很小。流经电阻分压器的电流会影响效率，但由于 **TPS6287x** 器件的输出电压较低，这种影响可以忽略不计。修改此设计所需的工作量极少，只需额外添加三个小型无源元件即可，具体操作与任何其他典型的可调节输出电压转换器配置类似。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TPS62873 降压控制器评估模块用户指南](#)。
- 德州仪器 (TI) [TPS62873 双路降压转换器评估模块用户指南](#)。
- 德州仪器 (TI), [TPS6287x-Q1 具有快速瞬态响应功能的 2.7V 至 6V 输入、6A/9A/12A/15A 汽车级可堆叠同步降压转换器数据表](#)。

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