

## Application Brief

# 通过堆叠 TPS546E25 和 TPS546C25 DC/DC 转换器实现更高的输出电流



Richard Nowakowski

### 简介

TPS546E25 和 TPS546C25 同步降压转换器能够链接多个器件来共享公共的输出。以这种方式堆叠时，这些器件可以共享电流、同步开关频率和相移，以降低输入和输出纹波噪声，同时提供更高水平的输出电流。

通过连接要堆叠在一起的器件的 TRIGGER 和 ISHARE 引脚，实现堆叠。此外，所有器件的 GOSNS 和 VOSNS 引脚都需要连接到负载上的同一个点。

### 对 MSEL1 和 MSEL2 引脚进行编程

其中一个器件需要通过一个电阻器将 MSEL1 引脚连接到 AGND，以便选择按器件的所需电流限制、反馈选择（内部与外部）、故障响应和软启动时间。该器件是主器件——每个栈只能有 1 个主器件。每个附加器件都需要使 MSEL1 引脚悬空（>412kΩ 至 AGND）以选择辅助器件。

主器件使用 MSEL2 为  $V_{RAMP}$  和增益选择开关频率和补偿选项。与单相运行一样，开关频率是每相的，因此在 800kHz 下运行的三相栈可以有  $3 \times 800\text{kHz} = 2.4\text{MHz}$  的输入纹波和输出纹波频率。

辅助器件使用 MSEL2 引脚来选择开关频率和相电流限制。由于每个器件都在运行恒定导通时间的发生器，因此栈中的所有器件选择相同的开关频率很重要。选择不同的开关频率会妨碍电流共享工作，并导致较大的相电流不平衡。

### 对 VSEL/FB 引脚进行编程

主器件使用 VSEL/FB 引脚来设置稳压输出电压。使用内部反馈分压器时，从 VSEL/FB 到 AGND 的单个电阻器设置内部分压器分压比 ( $V_{OUT\_SCALE\_LOOP}$ ) 和参考电压 ( $V_{BOOT}$ )，以便设置上电输出电压。使用外部反馈分压器时，从 VOSNS 到 VSEL/FB 放置一个顶部电阻器，从 VSEL/FB 到 AGND 放置一个底部电阻器。这结合参考电压将输出电压设置为：

$$V_{OUT} = V_{REF} \times (1 + R_{TOP}/R_{BOT}) \quad (1)$$

辅助器件使用 VSEL/FB 编程引脚在 VOSNS 上设置导通时间发生器的内部反馈分压器。使用内部分压器时，辅助器件需要使用与主器件相同的 VSEL 电阻器。使用外部分压器时，辅助器件需要使用 VSEL 电阻器，它选择最接近反馈分压器可选择值的可用  $V_{OUT}$ 。

### 对 PBM\_ADDR/VORST# 引脚进行编程

主器件和辅助器件都使用 PBM\_ADDR/VORST# 引脚对器件堆叠配置和 PMBus® 地址进行编程。为确保多相栈正常运行，仅使用建议的 PBM\_ADDR/VORST# 电阻器对。所有器件均使用相同的公共地址进行编程，主器件编程为触发正确数量的辅助器件，每个辅助器件具有不同的唯一 PMBus 地址，该地址还分配了触发顺序。

## 采用 D-CAP4 控制架构的堆叠

D-CAP4 控制环在多相运行，与在单相运行非常相似。每个堆叠转换器都运行导通时间发生器，该发生器根据编程的开关频率、检测到的输入电压和检测到的输出电压来产生导通时间。主器件可以为栈中的所有器件运行环路，向辅助器件发送触发脉冲，以启动器件导通时间发生器。

为了进行调节，主器件在整个环路中运行单个固定振幅纹波仿真斜坡 ( $V_{RAMP}$ )。这在每相开关频率下产生  $N \times V_{RAMP}$  的有效斜坡电压。

由于斜坡电压的此  $N_x$  调整，多相栈的瞬态性能可以类似于具有相同补偿的单相运行。这简化了设计公式，并使设计人员能够更轻松地调整相位数，以适应负载电流和热环境要求，无需重新设计补偿选项。

---

### 备注

理论上，与单相运行相比，多相提供的额外开关频率可实现更高的环路带宽。但在实践中，更高的带宽会减少动态相电流共享，因此虽然这可以降低多相栈的输出电容并保持稳态稳定性，但通常不建议这样做。

---

## 电感器选型

栈内的所有相位必须具有相同的电感器值。ISHARE 环路可以补偿正常器件间电感的变化，但不用于补偿不同的标称电感器值。

## 电感器连接

由于主器件监控单点输出电压并使用输出电压纹波和内部纹波进行相位触发，因此电感器的输出需要在输出电容器之前合并到单个连接中。在合并到共享输出之前，电感器输出与单独的每相电容器保持分离的布局显示了不平衡的相位时序，这增加了输出纹波。

## PVIN 连接

D-CAP4 可堆叠架构旨在采用公共 PVIN 电压运行。建议栈中运行的所有器件共享一个公共输入电压。

## 控制线路

栈中的所有器件需要共享一个公共 CNTRL 线路。如果栈中的任何器件未启用，则不会启用该栈。

## VOSNS 和 GOSNS 引脚

如前所述，栈内的所有器件都需要将 VOSNS 和 GOSNS 引脚连接到同一个点。VOSNS 引脚用于检测每相导通时间发生器的输出电压，而 GOSNS 引脚为 ISHARE 提供虚拟接地。未将 VOSNS 和 GOSNS 连接到同一点会对电流共享产生负面影响。

## 与栈中的器件通信

栈中的每个器件都有一个公共地址和一个唯一地址。可以使用器件唯一地址与堆叠的器件进行正常通信，也可以使用 P2\_PLUS\_READ 和 P2\_PLUS\_WRITE 命令通过通用地址与器件进行通信。使用 P2\_PLUS 命令时，需要将 PAGE 值设置为 FFh (所有页) 或 00h (第 0 页)，不支持其他页。对于主器件，PHASE 值可以是 FFh (所有相位) 或 00h，对于第一、第二或第三辅助器件，PHASE 值可以是 01h - 03h。当从 PHASE = FFh 读取时，主器件对所有相位做出响应，根据相位数调整电流响应。

## 商标

PMBus® is a registered trademark of SMIF Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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、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。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  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司