



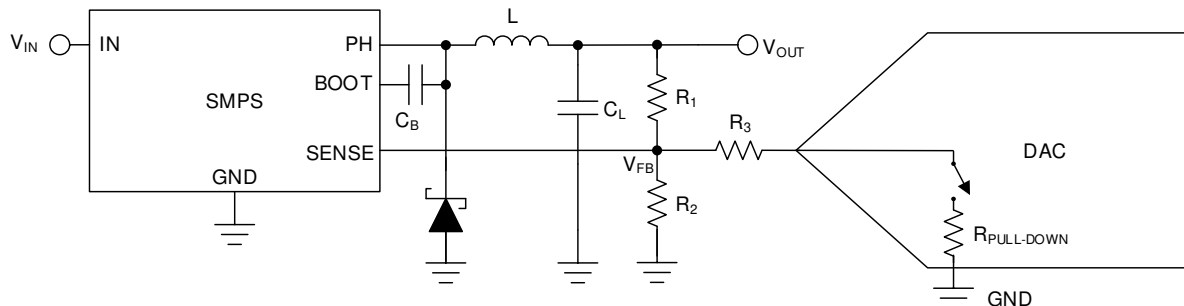
Uttama Kumar Sahu

设计目标

电源 (DAC VDD)	标称输出	裕度高	裕度低
5V	5V	5V + 10%	5V - 10%

设计说明

电源裕度电路用于调节电源转换器的输出。这样做可以调整电源输出的失调电压和温漂，或者对所需的输出端值进行编程。LDO 和直流/直流转换器等可调节电源可提供反馈或调节输入，用于设置所需的输出。精密电压输出 DAC 旨在以线性方式控制电源输出。下图显示了一个示例电源裕度调节电路。电源裕度调节的典型应用是 [测试和测量](#)、[通信设备](#) 和 [通用电源模块](#)。



设计说明

1. 选择具有所需分辨率、下拉电阻器值和输出范围的 DAC
2. 推导出 DAC 输出与 V_{OUT} 之间的关系
3. 根据流经反馈电路的典型电流选择 R_1
4. 考虑 DAC 的断电和加电条件，计算 V_{DAC} 的启动或标称值
5. 选择 R_2 和 R_3 ，以满足所需的启动输出电压，并使 DAC 输出电压范围符合所需的调谐范围
6. 计算裕度低和裕度高 DAC 输出
7. 选择补偿电容器，以实现所需的阶跃响应

设计步骤

1. 选择开关直流/直流转换器 TPS5450 进行计算。DAC53608 器件是一款针对此类应用设计且具有超低成本的 10 位、8 通道、单极输出 DAC
2. 电源的输出电压计算公式为

$$V_{OUT} = V_{REF} + I_1 R_1 = V_{REF} + (I_2 + I_3) R_1$$

其中

- I_1 是流经 R_1 的电流

- I_2 是流经 R_2 的电流
- I_3 是流经 R_3 的电流

该应用中的 DAC 通常包括断电模式，此时电压输出端具有一个内部下拉电阻器。因此，替换前一个公式中的电流值会得到：

- 当 DAC 处于断电模式时：

$$V_{OUT} = V_{REF} + \left(\left(\frac{V_{REF}}{R_2} \right) + \left(\frac{V_{REF}}{R_3 + R_{PULL-DOWN}} \right) \right) R_1$$

- 当 DAC 输出加电时：

$$V_{OUT} = V_{REF} + \left(\left(\frac{V_{REF}}{R_2} \right) + \left(\frac{V_{REF} - V_{DAC}}{R_3} \right) \right) R_1$$

对于 DAC53608， $R_{PULLDOWN}$ 为 $10k\Omega$ 。对于 LDO 器件 TPS5450， V_{REF} 的值为 $1.221V$ 。

3. 可以通过以下方法来计算 R_1 ：

流经 TPS5450 器件的 FB 引脚的电流可以忽略不计。将 I_1 选择为 $50\mu A$ 。因此， R_1 的计算公式如下：

$$R_1 = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{I_1} = 75.6 k\Omega$$

可以通过以下公式计算 I_1 的标称值：

- 当 DAC 处于断电模式时：

$$I_{1-Nom} = \left(\frac{V_{REF}}{R_2} \right) + \left(\frac{V_{REF}}{R_3 + 10 k\Omega} \right)$$

- 当 DAC 输出加电时：

$$I_{1-Nom} = \left(\frac{V_{REF}}{R_2} \right) + \left(\frac{V_{REF} - V_{DAC}}{R_3} \right)$$

可以通过以下公式来计算裕度高和裕度低输出下的 I_1 值：

$$I_{1-HIGH} = \frac{V_{OUT-HIGH} - V_{REF}}{R_1} = 56.6\mu A$$

$$I_{1-LOW} = \frac{V_{OUT-LOW} - V_{REF}}{R_1} = 43.4$$

$$I_{1-LOW} = \frac{V_{OUT-LOW} - V_{REF}}{R_1} = 43.4$$

4. 可以使用以下方法计算 V_{DAC} 的标称或启动值：

为了确保在 DAC 从断电转换为加电时 $10k\Omega$ 电阻器不产生影响，可以使用以下公式计算 DAC 电压的加电值：

$$\frac{V_{REF}}{R_3 + 10 k\Omega} = \frac{V_{REF} - V_{DAC}}{R_3}$$

前一个公式可以进一步简化为：

$$V_{\text{DAC}} = V_{\text{REF}} \left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{R_3 + 10 \text{ k}\Omega} \right)$$

5. 可以使用以下方法计算 R_2 和 R_3 的值：

如果 V_{DAC} 的加电或标称值保持在 V_{REF} 的 1/3 (即 407mV)，则 R_3 为 $2 \times 10\text{k}\Omega = 20\text{k}\Omega$ 。此外，可以使用以下公式计算 R_2 ：

$$\frac{V_{\text{REF}}}{R_2} + \frac{V_{\text{REF}}}{R_3 + 10\text{k}\Omega} = 50\mu\text{A}$$

替换 R_3 值，可以计算出 $R_2 = 131.3\text{k}\Omega$ 。

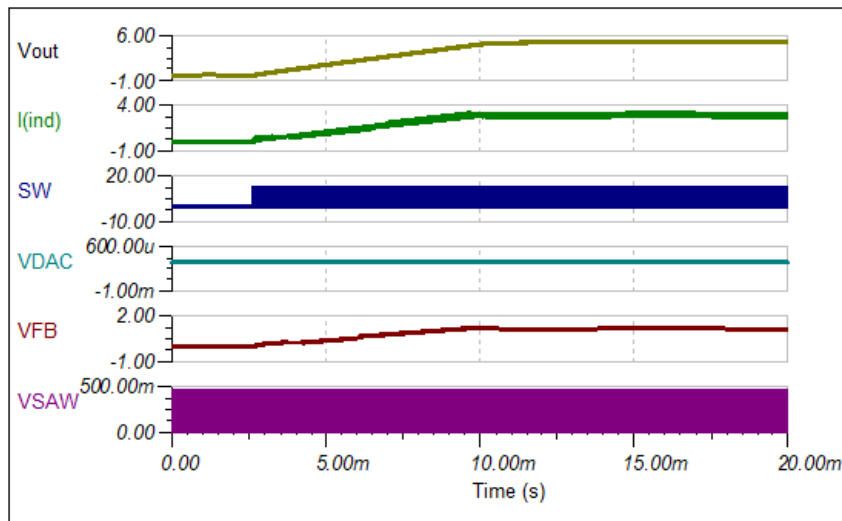
6. 减去 I_1 的裕度高和标称值，相应的公式可以得出：

$$\frac{V_{\text{REF}} - V_{\text{DAC}}}{R_3} - \frac{V_{\text{REF}}}{R_3 + 10 \text{ k}\Omega} = 6.6\mu\text{A}$$

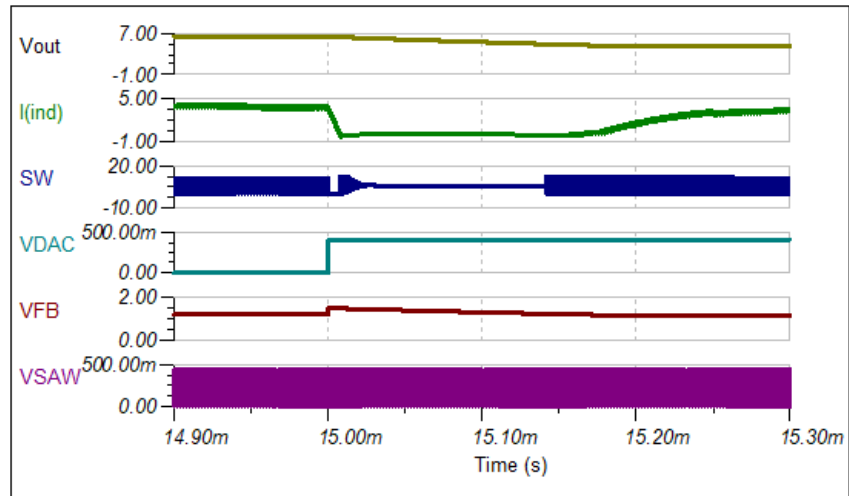
V_{DAC} 的裕度高值为 275mV，类似地，可以使用以下公式计算出裕度低值为 539mV：

$$\frac{V_{\text{REF}}}{R_3 + 10 \text{ k}\Omega} - \frac{V_{\text{REF}} - V_{\text{DAC}}}{R_3} = 6.6\mu\text{A}$$

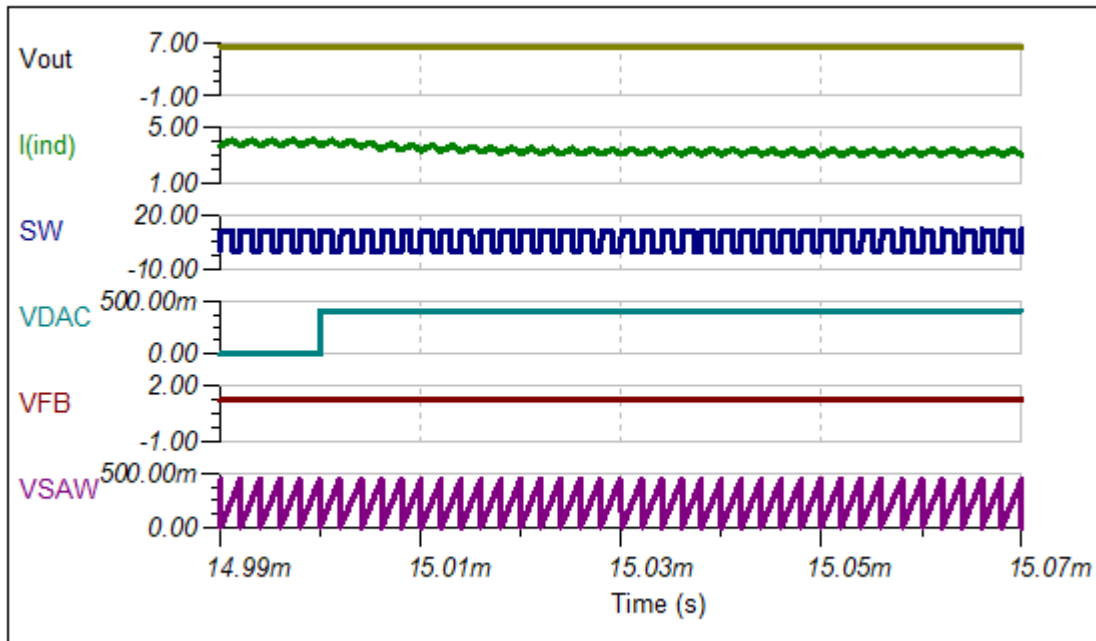
7. 该不包含补偿电容器的电路的阶跃响应会使电感器电流达到其限值，如下图所示。这种浪涌可以使电感器达到饱和状态。为了更大程度地减小该浪涌，使用了补偿电容器 C_1 ，如电路图所示。通常可以通过仿真来获取该电容的值。比较输出显示了采用 10nF 补偿电容器时的波形。



DAC 处于断电模式时的输出



无补偿时的小信号阶跃响应



$C_1 = 10\text{nF}$ 时的小信号阶跃响应

设计采用的器件和备选器件

器件	主要特性	链路
DAC53608	8 通道 10 位、I2C 接口、缓冲电压输出数模转换器 (DAC)	采用微型 QFN 封装的 10 位、8 通道、I2C、电压输出 DAC
DAC60508	具有精密内部基准电压的 8 通道、真正 12 位、SPI、电压输出 DAC	采用微型 WCSP 封装、具有精密内部基准电压的真正 12 位、8 通道、SPI、电压输出 DAC
DAC60501	具有精密内部基准电压的 12 位、1LSB INL 数模转换器 (DAC)	采用 WSON 封装、具有精密内部基准的真正 12 位、单通道、SPI/I2C、电压输出 DAC
DAC8831	16 位、超低功耗、电压输出数模转换器	16 位、超低功耗、电压输出数模转换器
TPS5450	5.5V 至 36V 输入、5A、500kHz 同步降压转换器	5.5V 至 36V 输入 5A 500kHz 降压转换器

主要文件链接

德州仪器 (TI), [SBAM416 源文件](#), 支持软件

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (September 2019) to Revision B (September 2024)	Page
• 通篇更新了表格、图和交叉参考的格式.....	1

Changes from Revision * (January 2019) to Revision A (September 2019)	Page
• 更新了电路图像.....	1

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司