



Anthony Fagnani

Battery Power Products

摘要

电阻分压器通常在比较器输入端使用，用于为电源电压监控器 (SVS) 上的感测输入端和电源故障输入端 (PFI) 或者开关稳压器器件上的低电池输入端 (LBI) 设置阈值电压。阈值电压通过分压器中两个电阻的比率设置。保持这一比率恒定，选择实际电阻值时需要考虑一些权衡因素。当电阻较高时，比较器输入端的泄漏电流会影响阈值电压的精度。另一方面，在电阻较低时，流经分压器的电流会增加。在由电池供电的应用中，此电流会大大降低电池寿命和运行时间。本应用报告考虑了这些限制条件，探讨了选择小尺寸电阻器时所涉及的若干关键因素。

内容

1 引言.....	2
2 使用 TPS3808G01 进行设计.....	3
3 计算示例.....	5
4 其他不准确因素.....	7
5 结论.....	8
6 参考文献.....	9

插图清单

图 2-1. 感应引脚比较器 (TPS3808G01 可调版本) 中的电阻分压器示例.....	3
图 3-1. 精度和通过分压器的电流变化与电阻 R_2	6

表格清单

表 3-1. 计算值.....	5
-----------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

SVS 监测关键系统电压，并在此电压过低时产生复位。同样，LBI 引脚监测电压（通常为电池），并在电池电压低于设置电压时，将低电池输出 (LBO) 引脚驱动至低电平。PFI 引脚监测系统电压电平，并在 PFI 电压过低时驱动电源故障输出 (PFO)。这三种引脚类型实际上是监测电压的比较器和基准电压，用于确保处理器的正常运行 (SVS)、警告用户必须更换电池或重新充电 (LBI)，或向某些系统电压过低且需采取操作 (PFI) 的主机发送信号。在每种情况中，受监测的所有电压对于确保整个系统的正常运行非常重要。

理想情况下，比较器具有无限输入阻抗，不会在输入端产生电流。不过在实践中，真正的比较器具有可测量输入阻抗和一定程度的泄漏电流。这些现象会影响输入端电阻分压器设置的跳闸点精度，因为这种泄漏电流无法精确确定，而且因器件而异。在选择电阻时，需考虑两种极端情况：无限电阻或超低电阻。对于无限电阻，跳闸点由泄漏电流主导，泄漏电流通常会发生变化，并导致精度大大降低。对于超低电阻，许多电流会通过分压器消耗，这也是不可接受的。在比较器输入端使用电阻分压器的 IC 必须具有准确的跳闸点，并且不会消耗大量电流。

若要在精度与电流消耗之间做出权衡决策，着手点是使通过分压器的电流比泄漏电流大 100 倍，这绝对是经验之谈。不过，特定应用可能需要更高的精度，或需要以降低精度为代价来减少电流。本报告使用低静态电流、可编程延迟 [TPS3808G01](#) SVS 分析了分压器电路示例，但这些方程适用于在比较器输入端使用分压器的任何 IC 或电路。

2 使用 TPS3808G01 进行设计

如图 2-1 所示，TPS3808G01 的感应引脚输入与 0.405V 内部基准电压 (V_{REF}) 进行比较。分压器用于将受监测的电压 (V_I) 降至感应引脚电平。分压器比率基于所需的 V_{IT} 跳闸点选择，SVS 应在此点生成复位。此跳闸点是阈值电压 V_{IT} 。必须提供准确的跳闸点，才能防止系统过早或过晚复位。

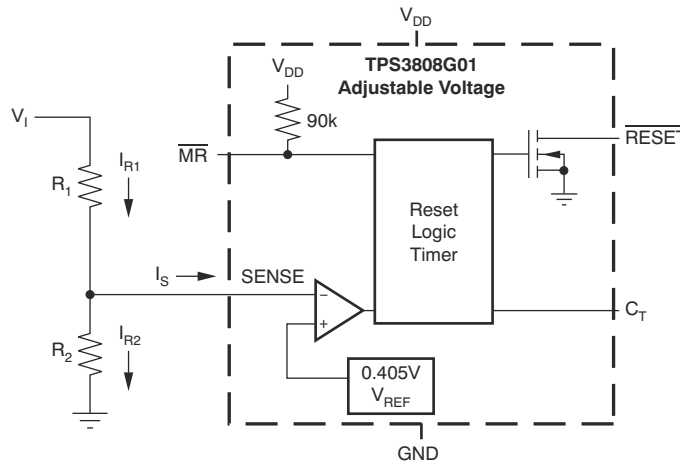


图 2-1. 感应引脚比较器 (TPS3808G01 可调版本) 中的电阻分压器示例

选择要使用的电阻时，应先选择 R_2 ；然后求解 R_1 以达到所需 V_{IT} 。方程式 1 展示了 R_1 的计算（给定 R_2 ），方程式 2 基于 R_1 和 R_2 的选定值计算了 V_{IT} 的实际值。

$$R_1 = R_2 \left(\frac{V_{IT}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad (1)$$

$$V_{IT} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) V_{REF} \quad (2)$$

不过，由于存在泄漏电流 (I_S)，感应引脚的电压 (V_S) 不是预计的所需 V_{IT} 。实际 V_S 可使用方程式 3 确定。实际输入阈值电压会由于泄漏电流而变化，可通过方程式 4 计算。可使用方程式 5 确定分压器的结果精度。

$$V_S = R_2 \frac{(V_I - I_S R_1)}{(R_1 + R_2)} \quad (3)$$

$$V_{IT_Actual} = V_{REF} + R_1 \left(\frac{V_{REF}}{R_2} + I_S \right) \quad (4)$$

$$\% \text{ ACC} = \left(1 - \frac{V_{IT_Actual}}{V_{IT}} \right) \cdot 100\% = \frac{R_2 I_S \left(\frac{V_{IT}}{V_{REF}} - 1 \right)}{V_{IT}} \cdot 100\% \quad (5)$$

分压器消耗的电流 I_{R1} 是经过分压器中顶部电阻的电流（包括泄漏电流的影响）。该值可使用 [方程式 6](#) 确定。当 I_S 为正值时，进入分压器的电流达到最大（流入引脚；请参阅 [图 2-1](#)）。[方程式 6](#) 展示了分压器消耗的电流随输入电压呈近似线性变化。当泄漏电流很小并且/或者分压器中的电阻较小时，[方程式 6](#) 简化为欧姆定律。

$$I_{R1} = \frac{V_I - V_S}{R_1} = \frac{(V_I + I_S R_2)}{(R_1 + R_2)} \quad (6)$$

通过变换 [方程式 5](#) 并求解 R_2 ，我们可以得到 [方程式 7](#)。此公式可用于设计符合所需精度要求的分压器。请注意，负精度等同于使用负泄漏电流，并生成当精度和泄漏电流均为正值时存在的相同电阻 (R_2)。换言之，如果泄漏电流为负值（即流出引脚），阈值电压将低于预计电压，这相当于负精度。

$$R_2 = \frac{V_{IT} \frac{|\% \text{ ACC}|}{100}}{|I_S| \left(\frac{V_{IT}}{V_{REF}} - 1 \right)} \quad (7)$$

通过变换 [方程式 4](#) 并求解 R_2 ，我们可以得到 [方程式 8](#)。通过此公式，我们现在可以设计分压器以达到所需电流 I_{R1} 。

$$R_2 = \frac{V_I}{I_{R1} \frac{V_{IT}}{V_{REF}} - I_S} \quad (8)$$

3 计算示例

表 3-1 列出了系统要求，其中必须使用具有 1% 精度阈值电压的 SVS。当电源电压低于其标称值 (3.3V 到 2.97V) 的 10% 时，处理器应复位。V_{REF} 和 I_S 可直接从器件数据表中找到。

表 3-1. 计算值

字段	值
IC	TPS3808G01
V _{REF}	0.405V
I _S	±25nA
V _I	3.3V
V _{IT}	2.97 V
所需 % ACC	1%

首先，使用方程式 9 计算 R₂ 的最接近标准值。

$$R_2 = \frac{V_{IT} \frac{|\% \text{ ACC}|}{100}}{|I_S| \left(\frac{V_{IT}}{V_{REF}} - 1 \right)} = \frac{2.97 \text{ V} \frac{1}{100}}{25 \text{ nA} \left(\frac{2.97 \text{ V}}{0.405 \text{ V}} - 1 \right)} = 187 \text{ k}\Omega \quad (9)$$

已知 R₂ 后，使用方程式 10 计算 R₁ 的最接近标准值。

$$R_1 = R_2 \left(\frac{V_{IT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 187 \text{ k}\Omega \cdot \left(\frac{2.97 \text{ V}}{0.405 \text{ V}} - 1 \right) = 1.18 \text{ M}\Omega \quad (10)$$

使用标准值电阻的作用是，预期阈值电压可通过方程式 11 找到。

$$V_{IT} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) V_{REF} = \left(1 + \frac{1.18 \text{ M}\Omega}{187 \text{ k}\Omega} \right) 0.405 \text{ V} = 2.974 \text{ V} \quad (11)$$

然后，使用方程式 6 确定输入电流。I_S 作为正值使用，以确定通过分器的最大电流量。

$$I_{R1} = \frac{(V_I - I_S R_1)}{(R_1 + R_2)} = \frac{(3.3 \text{ V} - 25 \text{ nA} \cdot 187 \text{ k}\Omega)}{(1.18 \text{ m}\Omega + 187 \text{ k}\Omega)} = 2.41 \text{ }\mu\text{A} \quad (12)$$

还可以发现，此电流约为泄漏电流的 100 倍，这验证了之前说明的经验法则。

最后，使用方程式 5 和方程式 6，图 3-1 展示了当 R_2 范围为 $1k\Omega$ 到 $1M\Omega$ 时，最坏情况精度和分压器输入电流的变化。请注意，精度基于新计算出的 V_{IT} ：2.974V。

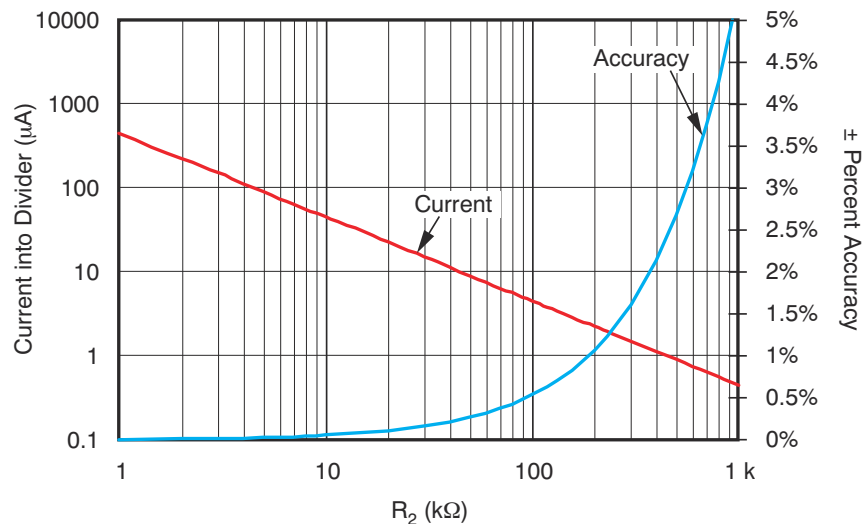


图 3-1. 精度和通过分压器的电流变化与电阻 R_2

图 3-1 还明确表明了精度与 R_2 的线性关系以及电流与它的指数关系（注意对数轴）。这种相关性表明电阻 R_2 的增加和减少都会产生增益递减。在低端，电流显著增加，而精度少量增加。在高端，精度显著减少，而电流少量减少。泄漏电流的精度几乎始终优于图中显示的精度，这是因为泄漏量并非始终处于最坏情况。不过电流的变化不大，这是因为在进入分压器的电流中，泄漏电流几乎始终是其中的一小部分。

4 其他不准确因素

在此处显示的方程、计算和图表中，都没有考虑电阻容差和感测电压容差。这些因素也会对 V_{IT} 产生影响（在下面列为 TOL_{VREF} ），可使用 [方程式 13](#) 估算其容差。

$$\% \text{ ACC} = \% \text{ TOL}_{VREF} + 2 \cdot \left(1 - \frac{V_{REF}}{V_{IT}} \right) \cdot \% \text{ TOL}_R \quad (13)$$

可使用 [产品数据表](#) 中提供的 1% 电阻容差 (TOL_R) 和 2% V_{IT} 容差 (TOL_{VREF}) 来评估 TPS3808G01 的精度。然后将考虑了泄漏电流的分压器精度与其他这些变化源相加，如 [方程式 14](#) 所示。因此，在本示例中，所设计的 1% 分压器的最坏情况精度为 4.73%。

$$\begin{aligned} \% \text{ ACC} &= 2\% + 2 \cdot \left(1 - \frac{0.405 \text{ V}}{2.97 \text{ V}} \right) \cdot 1\% = 3.73\% \\ \% \text{ ACC Total} &= 3.73\% + 1\% = 4.73\% \end{aligned} \quad (14)$$

另一个问题是，电阻值较高的电阻会比电阻值较低的电阻更容易产生噪声。这种额外噪声会进一步降低精度。不过，具有内部分压器的 IC 可解决这些问题，它的电流消耗低于在外部设置的 IC，因此具有更高的精度。电阻集成到 IC 中，因此耦合节点和电容小得多，具有出色的抗噪性。例如 [TPS3808G33](#) 具有 3.07V 的固定 V_{IT} ，总精度（包括感应电压变化、泄漏电流变化和内部电阻容差）为 $\pm 1.25\%$ ，电流消耗为 3.3V V_I 下 0.86 μA 。与所讨论的计算示例（假定了理想感应电压和理想电阻值）相比，电流消耗量是示例的三分之一，精度比示例低 25%。考虑这些值的其他变化，具有可调版本的示例的总精度是增加泄漏电流误差之前固定版本的三分之一。

5 结论

可调 SVS 是一个灵活且简单的元件，它需要设计人员在精度和电流消耗之间进行权衡。如果有效设计可生成跳闸点的电阻分压器，便能确保电路尽可能准确，同时防止系统过载。所有比较器输入端 (SENSE、LBI、PFI 等) 均具有泄漏电流，此泄漏电流是不准确因素。通过适当选择电阻分压器值，能够优化选择精度和电流消耗。本应用手册提供的方程可用于微调分压器，从而更好地满足应用需求。

6 参考文献

这些文档可从 TI 网站 (www.ti.com) 上下载。

- [TPS3808](#) 产品数据表，德州仪器 (TI) 文献编号 [SBVS050J](#)。
- Falin, J. (2006)。《镇流电阻允许在两个并联直流/直流转换器之间分担负载》。德州仪器 (TI) 应用报告，文献编号 [SLVA250](#)。

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司