

Alexander Smolyakov and Mihail Gurevich

### 摘要

本应用手册介绍了使用 REF50xx 的其他方法。本手册中所述的应用创建了一个具有独特特性的可靠器件，允许串行连接电压基准。

### 内容

1 说明.....	2
2 1000V 基准电压源特性.....	7
2.1 结语.....	9
3 修订历史记录.....	9

### 插图清单

图 1-1. 齐纳二极管模式下的 REF5010.....	2
图 1-2. REF5010 像常见齐纳二极管一样串联.....	3
图 1-3. 1000V 基准电压源原理图.....	5
图 1-4. 1000V 基准电压源，内部视图.....	6
图 2-1. 使用 REF5010 作为基准元件的 100kV 基准电压.....	7
图 2-2. 100kV 基准电压源的公共视图.....	8

## 1 说明

其中一位作者在 Mars-EnergO 高压测量实验室工作，该实验室对精密电压源（例如 1000V、5000V 和 10000V）的需求很高。构建此类电压源的一种方法是使用串联的齐纳二极管。但是，齐纳二极管的精度和稳定性较低。REF50xx 基准源具有高稳定性，但[官方数据表](#)中没有关于如何串行连接器件的建议。

REF5010 的精度和稳定性特性非常有趣，因此作者进行了一些实验。结果发现，通过将 Vin 和 Vout 引脚连接在一起，REF50xx 会转换为理想的齐纳二极管，而不会产生任何负面影响，如图 1-1 的原理图所示。

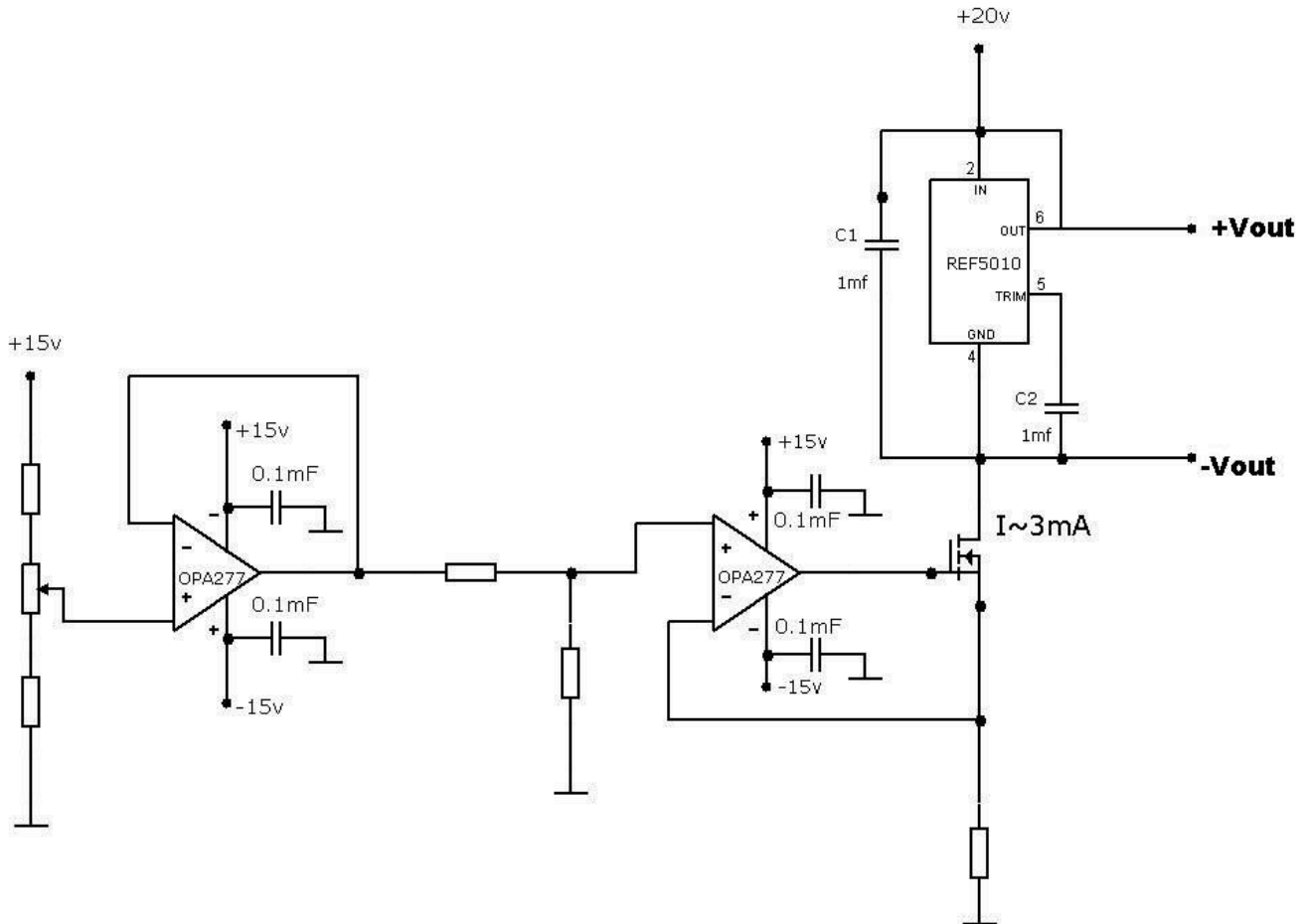


图 1-1. 齐纳二极管模式下的 REF5010

图 1-1 中只有一个数据表运行条件违规。只有当 Vin 至少比 +Vout 电压大 200mV 时，REF50xx 性能才能得到保证。REF50xx 接地引脚电流在图 1-1 中设置为 3mA，其中 0.8mA（根据数据表）是器件静态电流，而 2.2mA 是 +Vout 引脚灌电流。同样，Vout 引脚具有稳定在额定  $+I_{out} \pm 10mA$  范围内的输入电流。使用该原理图进行的实验表明，如果器件接地引脚电流在 3mA 至 8mA 的范围内，则 +Vout 和 -Vout 引脚之间的电压差非常精确且稳定。但是，标准器件应用和图 1-1 之间存在一个显著区别，那就是图 1-1 中有一个双端子精密器件，该器件可以轻松地串行连接（请参阅图 1-2）。

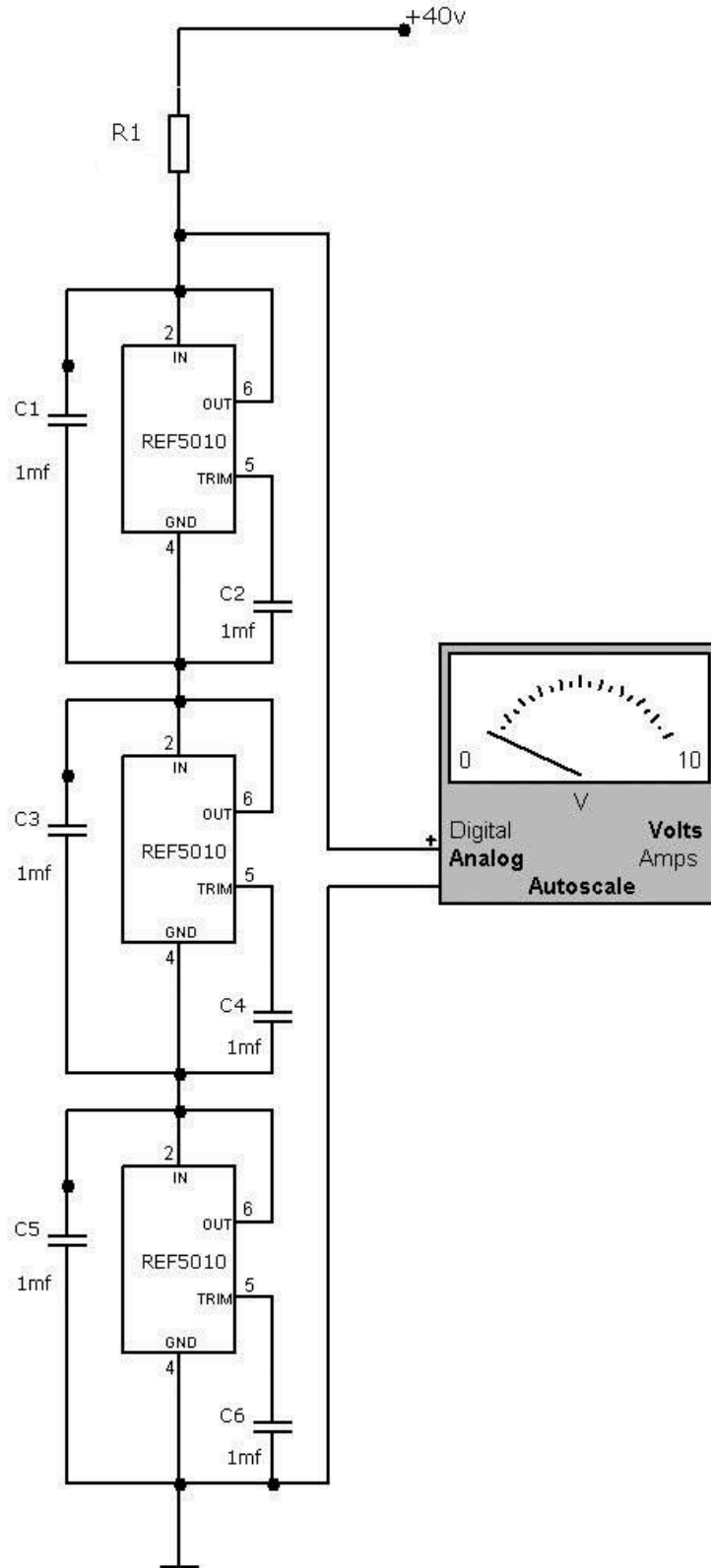
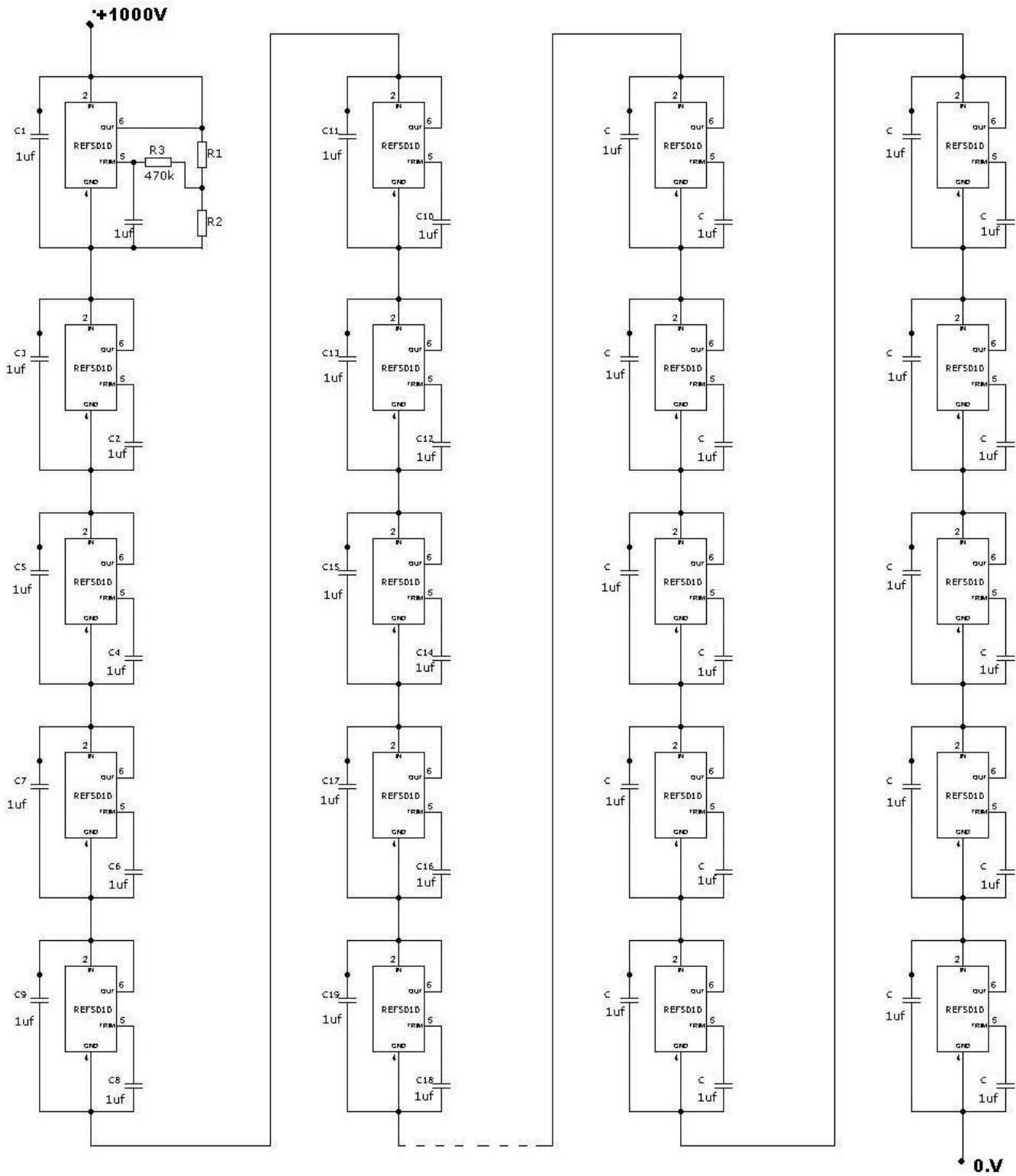


图 1-2. REF5010 像常见齐纳二极管一样串联

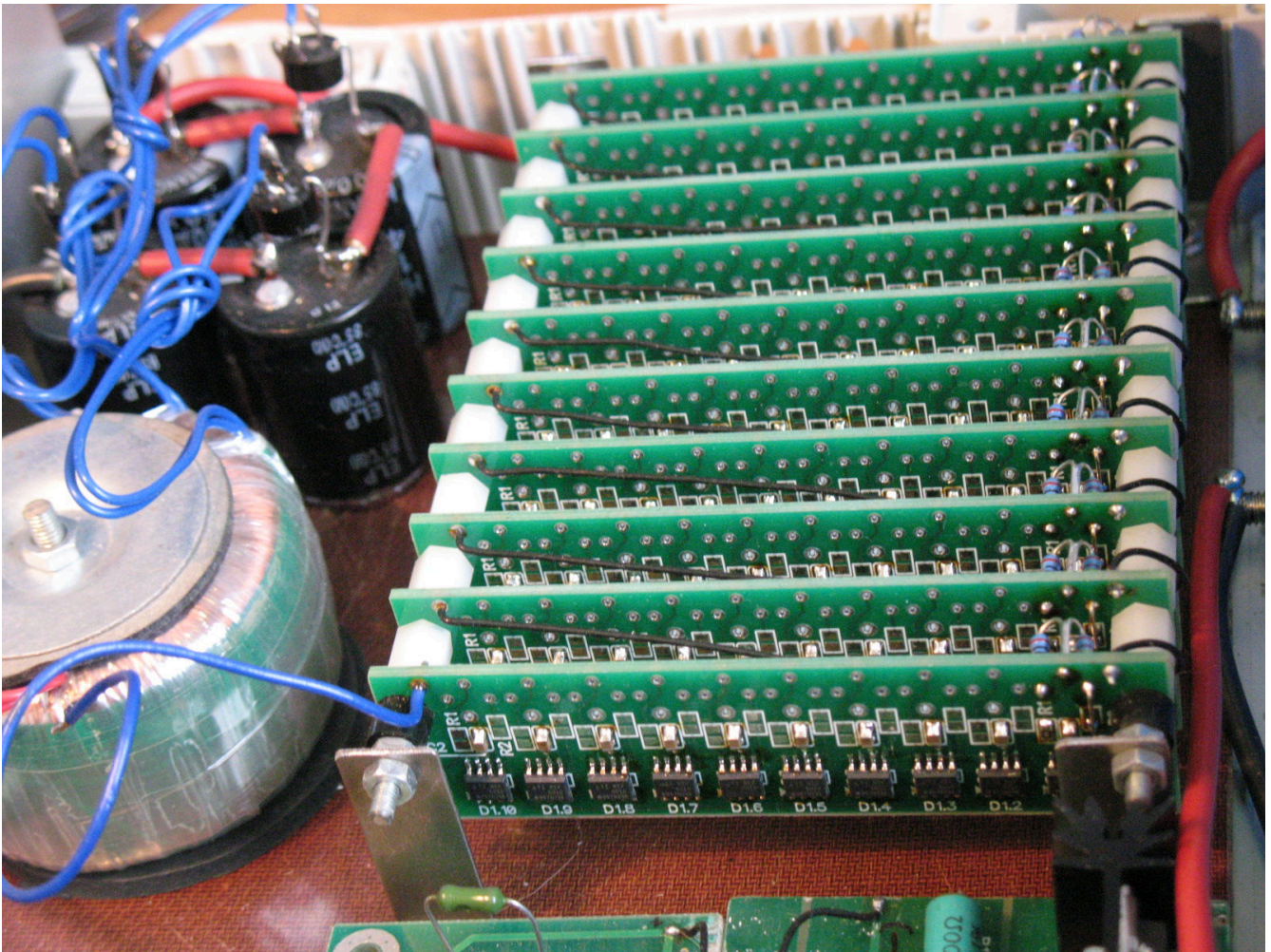
使用图 1-2 中原理图进行的实验与图 1-1 中实验的结果相同。如果由 R1 调节的电流保持在 3mA 至 8mA 的范围内，则输出电压保持稳定并且等于 REF5010 数据表中所指定电压的三倍。其他 REF50xx 器件系列成员也证实了相同的结果。

通过串联 100 个 REF5010 器件来设计精密 1000V 基准电压源。每个 REF5010 均配置为一个双端子器件。这些器件一起创建了一个 1000V 精密基准源。左上方的 REF5010 器件充当电压调节器，可更精确地设置目标 1000V。不过，几乎不需要进行微调，因为尽管器件之间存在一些差异，但 100 个器件的平均值非常接近理想的 10V。所需的小范围调整仅证实了以下说法：如果存在正态分布，则可以在不使用精密元件的情况下构建精密器件。请参阅图 1-3。图 1-4 所示为 1000V 电压源的内部视图。



注：这里使用了 100 个 REF5010 器件。

图 1-3. 1000V 基准电压源原理图



注：每个电路板都产生一个 100V 基准。

图 1-4. 1000V 基准电压源，内部视图

## 2 1000V 基准电压源特性

这里提供了十个 1000V 基准电压源。在将 PC 板安装到最终设备之前，每个电路板均根据 ISO 9000 标准经过 120 小时的热训练和热循环。使用 HP3458A 数字电压表在 3.5 个月内定期检查电压源的精度和稳定性。

结论如下：

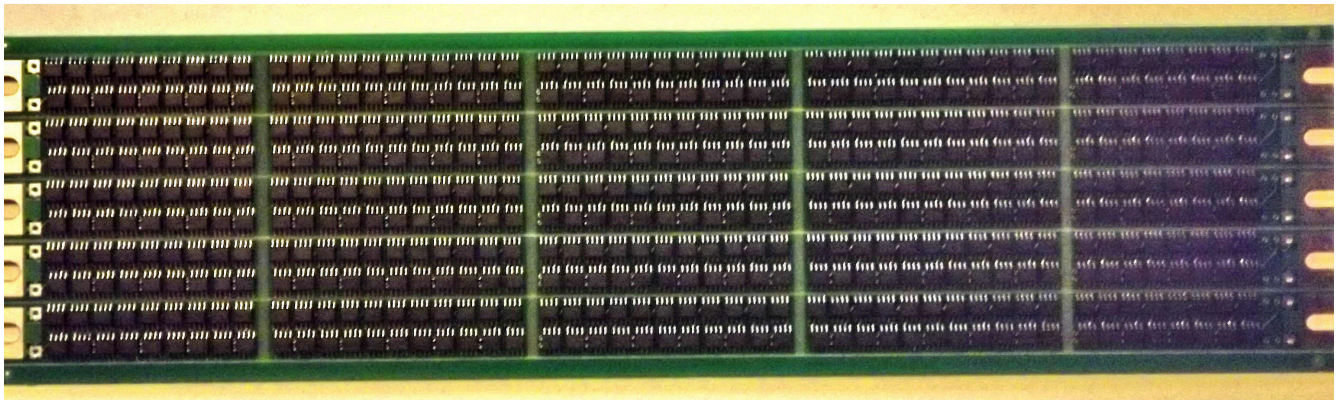
1. 要实现声明的  $\pm 5\text{ppm}$  精密范围，需要两小时。
2. 输出电压需要 24 小时才能稳定在  $\pm 2.5\text{ppm}$  的精密范围中。
3. 稳定后，24 小时变化处于  $\pm 3\text{ppm}$  之内。48 小时后 10 个器件之间最显著的电压差为 7ppm。72 小时后器件之间最显著的电压差为 3ppm 至 4ppm。
4. 3.5 个月后的平均电压源输出值为 1000.022V。

使用 REF50xx 两端方案可以构建任何电压的高电压基准源，包括数十千伏的电源。

目前，100kV 的电压源是使用此方法构建的。10000 REF5010 器件用于构建此器件。此设计可能达到了在单个器件中同时使用 TI 器件的记录。其电气参数处于特征范围内。

图 2-1 显示了包含 500 个串联 REF5010 器件的电路板。该电路板随后切割成五个 100V 电源板，以获得更好的隔离效果。这些电源板一起产生 5kV 电压级。

图 2-2 中图示了一个 100kV 基准电压源。



注：切割成 100V 电源板之前的完整电路板视图。

图 2-1. 使用 REF5010 作为基准元件的 100kV 基准电压



注：电路板位于圆柱体内。

**图 2-2. 100kV 基准电压源的公共视图**



## 2.1 结语

REF50xx 的两端应用方案具有与理想齐纳二极管密切相关的出色特征和特性。这些模块的串行连接可构建任何电压且具有极高精度和稳定性的高电压基准源。遗憾的是，由于器件生产修整期间需要用于封装级修整的额外引脚，因此无法将此理想的两端齐纳二极管作为标准器件提供。

## 3 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

<b>Changes from Revision * (May 2013) to Revision A (April 2023)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	<b>1</b>

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司