

Lucas Burnette

## 摘要

本文档介绍了与典型封装相比，使用 HVSSOP 等热增强型封装的精度优势。热耗散是高精度运算放大器的一个重要因素，因为温度变化会导致热漂移和误差，特别是输入失调电压和偏置电流。器件上的功率耗散会导致内部芯片温度（通常称为结温）升高，进而对应用的精度产生负面影响。大多数精密放大器采用引线式封装，没有任何外露散热焊盘。这通常不会对总体性能产生重大影响，因为许多精密电路没有显著的功耗。但是，在高电源电压（例如  $\pm 15V$ ）和高负载电流 ( $>10mA$ ) 的情况下，需要考虑放大器的功率耗散。

OPA2828 是 TI 近期推出的一款功率运算放大器，配有散热焊盘，可使用高达 36V 的电源。该放大器采用  $3mm \times 4.9mm$  8 引脚 HVSSOP PowerPAD™ 封装，输出电流可达 30mA。本应用手册介绍了 OPA2828 运算放大器电路，并使用 DAC8811EVM 探讨了在各种功率和不同环境温度下使用散热焊盘的精度优势。此电路设计成功展示了 PowerPAD™ 散热焊盘在高功率应用中对 OPA2828 结温的影响。我们发现，对于每瓦功率耗散，HVSSOP 比典型封装的温度平均低  $48.1^\circ C$ 。

## 内容

1 引言.....	2
2 设计方法.....	4
3 基准测试结果.....	5
4 结论.....	8
5 参考文献.....	9

## 插图清单

图 1-1. 测试电路原理图.....	2
图 1-2. 从 PCB 上去掉散热焊盘.....	3
图 3-1. $\pm 5V$ 电源下电源电流与温度间的仿真.....	5
图 3-2. $\pm 15V$ 电源下电源电流与温度间的仿真.....	5
图 3-3. $\pm 5V$ 电源下结温与环境温度间的关系.....	6
图 3-4. $\pm 15V$ 电源下结温与环境温度间的关系.....	6
图 3-5. HVSSOP 与典型封装之间的温度差值.....	7

## 表格清单

表 2-1. 电源电流 - 测试用例.....	4
表 2-2. 估算的温度差.....	4
表 3-1. HVSSOP 与典型封装之间的误差增幅.....	7

## 商标

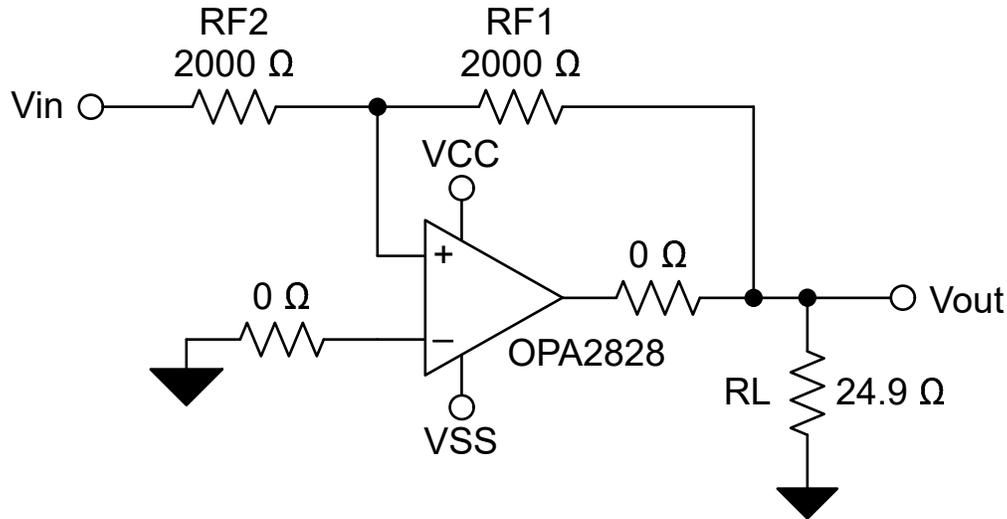
PowerPAD™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

具有 36V 单电源/±18V 双电源能力、30mA 最大输出驱动电流的 OPA2828 运算放大器可设计用于不同的数据采集、测试和其他精密应用。这些应用通常需要在各种温度和功率需求下实现高精度，以降低热漂移对系统精度的影响。

DAC8811EVM 是一款用于展示 DAC8811 和 OPA2828 性能的评估模块。该电路板具有适用于 OPA2828 的可配置电路，可轻松创建和测试图 1-1 中所示的电路设计。



### 备注

OPA2828 支持隔离式散热焊盘，允许用户选择要连接的网。在这种情况下，器件散热焊盘连接到负电源电压 VSS。

图 1-1. 测试电路原理图

该报告展示了向封装添加散热焊盘如何显著改进 OPA2828 和其他运算放大器的热指标。最常用的热指标是结至环境热阻 ( $\theta_{ja}$ )。 $\theta_{ja}$  是内部器件结温与环境温度之间的温差除以器件的耗散功率。该热指标非常重要，因为它提供了一种比较各公司之间器件热性能的方法。如果已知环境温度、 $\theta_{ja}$  和功率耗散，热指标可轻松用于确定最高结温是多少。

$$T_{junction} = T_{Ambient} + (\theta_{JA} \times Power) \quad (1)$$

$\theta_{ja}$  受其他若干个热阻 (包括板到环境热阻) 的影响。添加散热焊盘可显著降低外壳到电路板的热阻，因为有更多热量散发到 PCB 和环境中，从而降低最高结温。如果器件的内部温度较低，包括精度参数在内的很多电气特性也会受到影响。这包括失调电压 ( $V_{os}$ ) 和输入偏置电流 ( $I_b$ )，它们通常随着温度的升高而变大。添加散热焊盘可以减少这些误差源并提高器件的精度。更多有关热指标的信息，请参阅 [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册。

由于 OPA2828IDGN 采用封闭封装，因此无法手动测量内部结温。OPA2828 设计为具有与结温直接相关的静态电流 ( $I_q$ )。OPAx828 低失调电压、低温漂、低噪声 45MHz 36V JFET 输入运算放大器数据表中包含温度范围内的静态电流图，但仅适用于空载设置。对图 1-1 中的电路进行仿真后，表明当输出对  $24.9\ \Omega$  电阻驱动 1V 电压时，非驱动电源电流与结温具有类似的直接关系。在本文的剩余部分中，该电流将被称为电源电流。

通过测量环境温度范围内的电源电流并计算各自的结温，测得 HVSSOP 的  $\theta_{ja}$  并将其与验证值进行比较。为了仿真没有热增强功能的典型 SOIC 封装，同一个 HVSSOP 运算放大器略高于 PCB 并去掉了其散热焊盘。图 1-2 中直观显示了此过程。针对仿真的 SOIC 封装，重复了  $\theta_{ja}$  的相同表征流程。观察到的差异用于比较两种封装类型之间的精度。

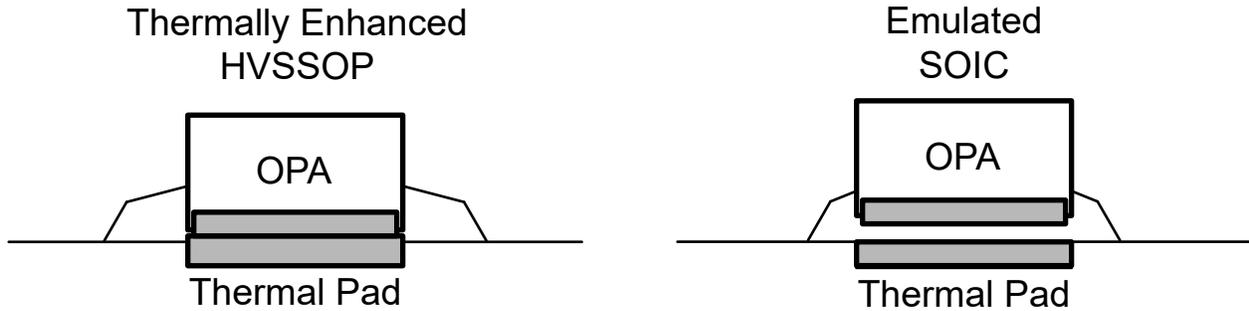


图 1-2. 从 PCB 上去掉散热焊盘

仿真 SOIC 封装的热特性与非热增强型典型封装相似。在本文档的剩余部分中，仿真封装将被称为 *典型封装*。

## 2 设计方法

图 1-1 中的电路旨在实现在  $24.9\ \Omega$  上驱动 1V 的输出 (40.16mA)。高精度电阻器和电容器以及可靠的电源电压用于减少电路的误差源。为了量化 HVSSOP 和仿真 SOIC 封装的结至环境热阻 ( $\theta_{ja}$ ) 差值，鉴定了四个测试用例：

表 2-1. 电源电流 - 测试用例

封装	电源电压	输出电压
HVSSOP	$\pm 5V$	1V
HVSSOP	$\pm 15V$	1V
典型值	$\pm 5V$	1V
典型值	$\pm 15V$	1V

在其中每个测试用例中，扫描的环境温度范围为  $20^{\circ}\text{C}$  到  $80^{\circ}\text{C}$ ，并记录了电源电流。由于电源电流和内部结温之间的关系是通过仿真结果计算的，因此测得的电源电流可立即转换为相应的结温。接下来，使用计算出的温度来确定两种封装类型的估算  $\theta_{ja}$ 。

为了演示如何使用热阻指标，可以使用 OPA2828 数据表中的验证值进行估算。需要计算电路的功率耗散，以便将热阻转换为温度变化。以下公式显示了放大器在表 2-1 中所列情况下的功率耗散计算，其中  $V_s$  是输出所使用的相应电源。

$$PoWer = (V_S - V_{out}) \times \frac{V_{out}}{R_L} + (V_+ - V_-) \times I_q \quad (2)$$

对于  $\pm 5V$  和  $\pm 15V$  电源，在使用 11mA 的高温静态电流时，计算出的放大器功率耗散估算值分别为 0.275W 和 0.9W。使用这些功率值，可以通过将  $\theta_{ja}$  ( $49.9^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ) 乘以功率值来确定 HVSSOP 封装的估算发热。

这可以直接与不包含散热焊盘的封装进行比较。SOIC 封装在单个 OPA828 ( $121.5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ) 的数据表中具有  $\theta_{ja}$  值，可以将其乘以相同的功率计算结果。

表 2-2. 估算的温度差

封装	电源电压	放大器功率耗散	温度差 ( $\Delta$ )
HVSSOP	$\pm 5V$	0.275W	+13.72 $^{\circ}\text{C}$
HVSSOP	$\pm 15V$	0.9W	+44.91 $^{\circ}\text{C}$
SOIC	$\pm 5V$	0.275W	+33.41 $^{\circ}\text{C}$
SOIC	$\pm 15V$	0.9W	+109.35 $^{\circ}\text{C}$

此估算显示了使用散热焊盘的好处，因为在  $\pm 5V$  和  $\pm 15V$  电源电压情况下，SOIC 封装的温度分别比 HVSSOP 封装高  $19.69^{\circ}\text{C}$  和  $64.44^{\circ}\text{C}$ 。

### 3 基准测试结果

通过对该电路进行仿真，确立了电源电流与内部结温之间的典型关系，输出是在  $24.9\ \Omega$  电阻上驱动  $1\text{V}$  电压。对于  $\pm 5\text{V}$  和  $\pm 15\text{V}$  电源，仿真关系是线性的。

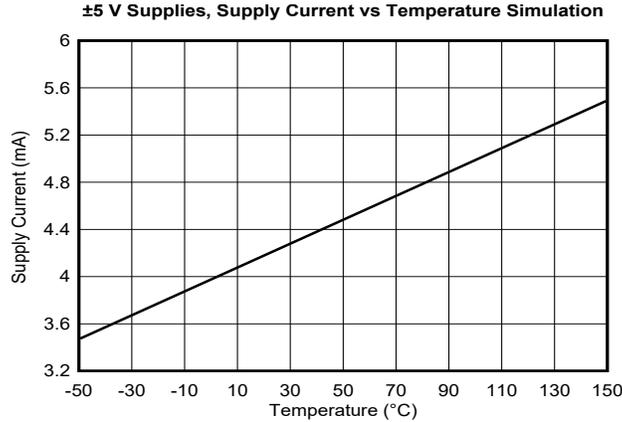


图 3-1.  $\pm 5\text{V}$  电源下电源电流与温度间的仿真

$$\text{Current (mA)} = 0.01012 \times \text{Temperature (}^\circ\text{C)} + 3.97564 \quad (3)$$

由于该仿真使用单个放大器，因此可对 [方程式 3](#) 进行重组，以将 OPA2828 的双电源电流转换为估算的结温。

$$\text{Temperature (}^\circ\text{C)} = \frac{0.5 \times \text{Current (mA)} - 3.97564}{0.01012} \quad (4)$$

对于  $\pm 15\text{V}$  电源，可以重复同样的过程来仿真结温下的电源电流。

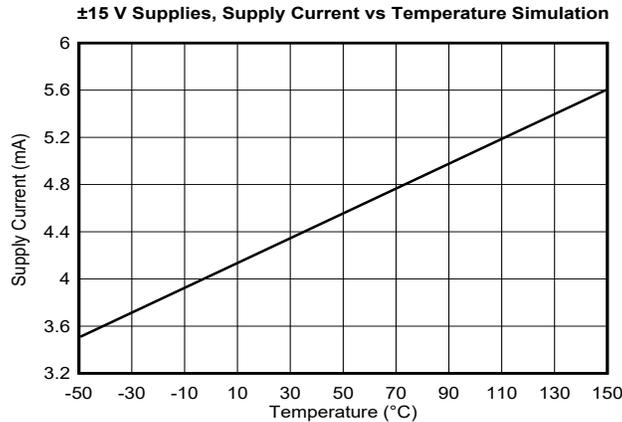


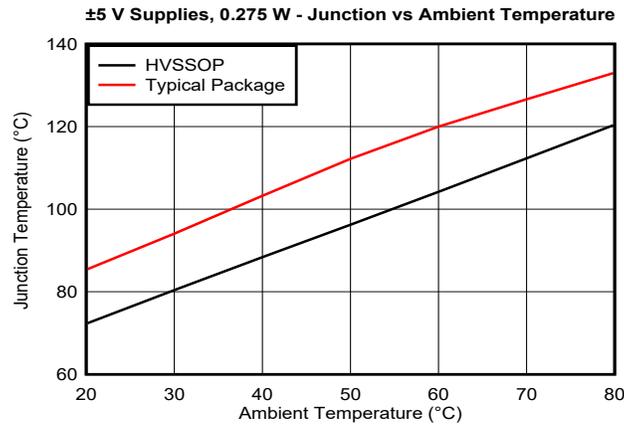
图 3-2.  $\pm 15\text{V}$  电源下电源电流与温度间的仿真

$$\text{Current (mA)} = 0.01052 \times \text{Temperature (}^\circ\text{C)} + 4.02958 \quad (5)$$

[方程式 5](#) 进行了重组，可得出 OPA2828 的电源电流。

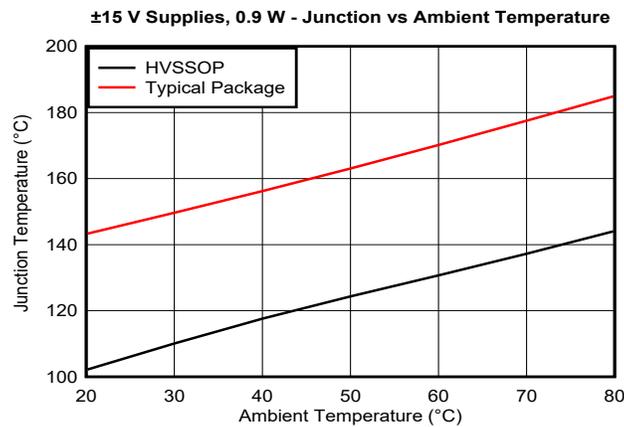
$$\text{Temperature (}^\circ\text{C)} = \frac{0.5 \times \text{Current (mA)} - 4.02958}{0.01052} \quad (6)$$

接下来，在环境温度范围内测量电源电流并将其转换为相应的内部结温。



**图 3-3. ±5V 电源下结温与环境温度间的关系**

在 ±5V 电源情形中，两种封装类型都以相当均匀的速率随着环境温度的升高而升温。HVSSOP 封装的温度范围约为 70°C 至 120°C，而典型封装的温度范围为 85°C 至 130°C。



#### 备注

OPA2828 当内部温度达到大约 180°C 时具有热关断模式，这在被测试的器件上进行了测量和验证。输出在内部温度冷却至 160°C 之前一直是禁用状态，在 160°C 时输出恢复启用。仅可保证在不超过 150°C 的温度下，OPA2828 具有可靠输出，上述情形中超出了此范围。更多有关散热注意事项的信息，请参阅数据表的第 8.4.1.1 节。

**图 3-4. ±15V 电源下结温与环境温度间的关系**

在 ±15V 电源情形中，两个封装之间的温差保持一致。HVSSOP 封装的温度范围为 100°C 至 145°C，而典型封装的温度范围为 145°C 至 185°C。图 3-5 绘制了 ±5V 和 ±15V 电源情形的温度差值。

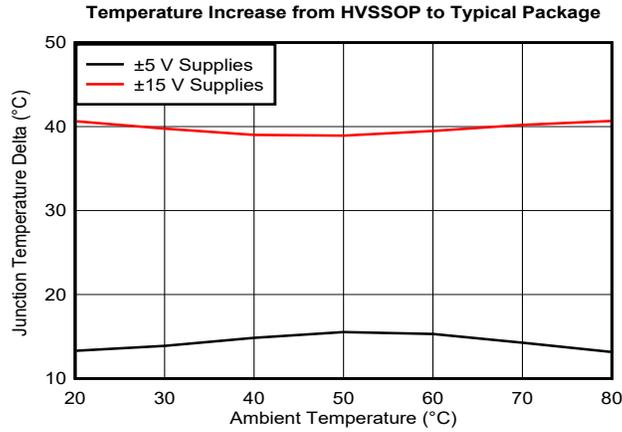


图 3-5. HVSSOP 与典型封装之间的温度差值

如上所述，在  $\pm 5V$  电源情形中，HVSSOP 与典型 SOIC 封装之间的温度升幅平均值为  $14.3^{\circ}\text{C}$ ，而在  $\pm 15V$  电源情形中，温度升幅平均值为  $39.8^{\circ}\text{C}$ 。这可用于估算两种封装之间输入失调电压温漂和输入偏置电流的差值。OPA2828 的典型失调电压温漂为  $\pm 0.3\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ，最大温漂为  $\pm 1.3\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 。比较中使用了  $30\text{pA}/^{\circ}\text{C}$  的理论输入偏置电流温漂。

表 3-1. HVSSOP 与典型封装之间的误差增幅

特性	误差增幅 ( 电源电压 = $\pm 5V$ )	误差增幅 ( 电源电压 = $\pm 15V$ )
典型失调电压	$\pm 4.29\mu\text{V}$	$\pm 11.94\mu\text{V}$
最大失调电压	$\pm 18.59\mu\text{V}$	$\pm 51.74\mu\text{V}$
输入偏置电流	$\pm 429\text{pA}$	$\pm 1194\text{pA}$

通过使用平均温度升幅，HVSSOP 和典型封装之间的估算  $\Theta_{ja}$  差值为  $48.1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。此差值低于先前的估算值，这可归因于修改后的 HVSSOP 和 SOIC 封装之间的物理差异。表 3-1 中所示的精度优势表明了在高精度应用中使用热增强型封装的重要性。

## 4 结论

当功率耗散为 0.9W 时，热增强型封装 HVSSOP 的输入失调电压估计比典型封装低 52uV。在同一测试用例中，HVSSOP 的输入偏置电流降低幅度预计会超过 1000pA。典型封装测得的结至环境热阻比 HVSSOP 封装高 48.1°C/W。高精度应用需要最小误差源来提供精确的结果。选择热增强型器件可显著降低热漂移，从而确保在宽温度范围内实现高精度输出。

## 5 参考文献

- 德州仪器 (TI), [OPAx828 低失调电压、低温漂、低噪声、45MHz、36V JFET 输入运算放大器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [DAC8811 16 位串行输入乘法数模转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册。

## 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