

## HU3PAK 封装的安装和热性能

### 简介

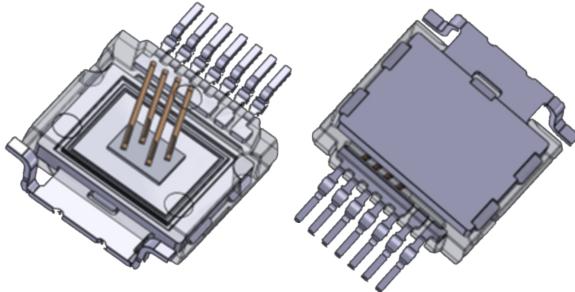
HU3PAK 是意法半导体为汽车和工业高性能应用准备的封装。此封装为顶面冷却封装。它可以安装在 PCB（印刷电路板）上方，并且半导体芯片直接连接到引线框架。

半导体器件的性能取决于器件硅片的温度。因此，电气参数是在指定温度下给出的。为了维持元件性能和避免失效，必须通过管理芯片与环境空气之间的热传输来限制温度。本技术笔记旨在提供关于封装的安装、处理和焊接的指南，以及与散热器类型和组装方法相关的热注意事项。

HU3PAK 采用表贴式设计，它贴装在印刷电路板表面，顶面连接到外部散热器，以便优化热性能并使尽可能多的功率流经器件。



图 1. HU3PAK 软件包概述



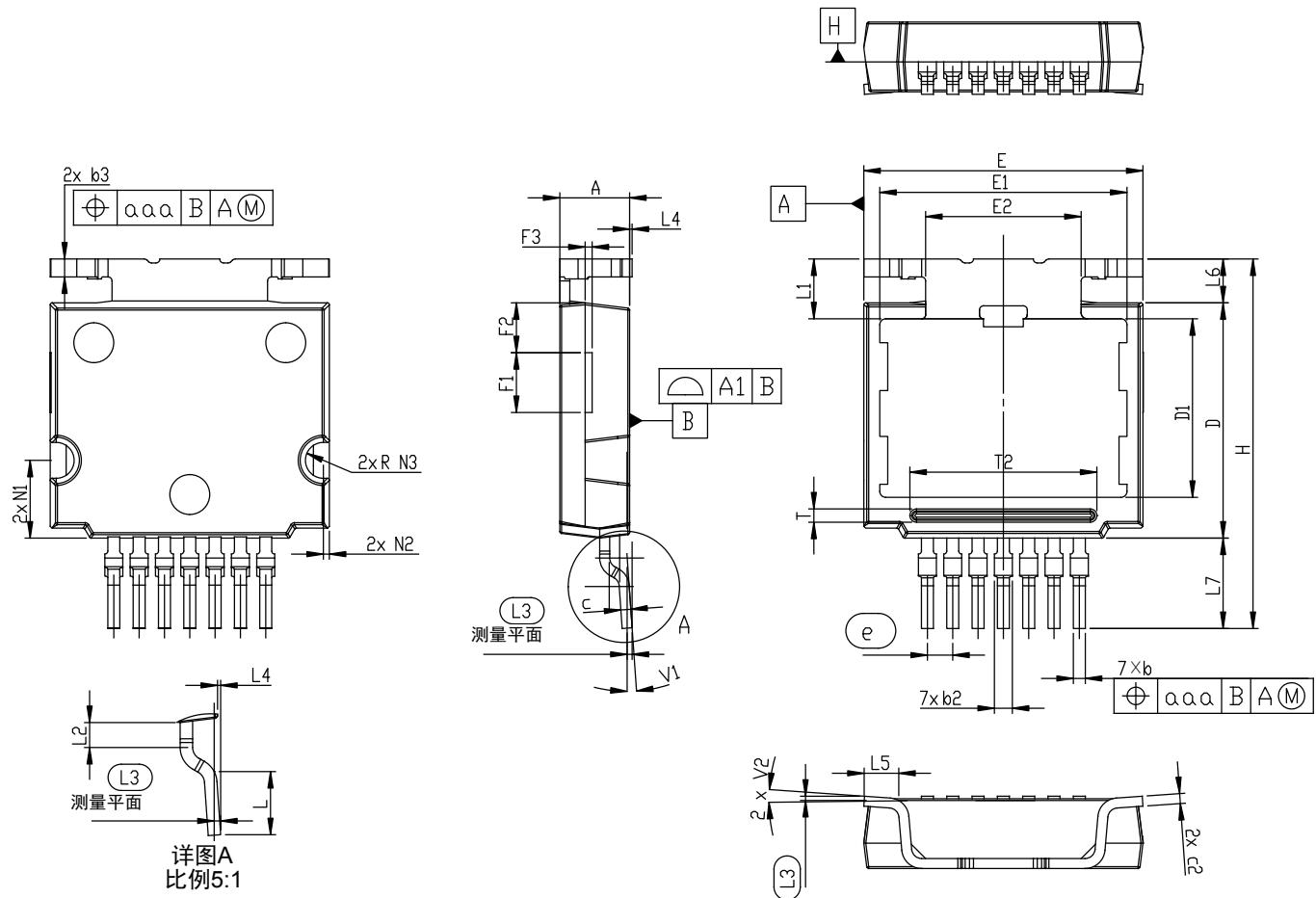
GADG070920211323SA

## 1 封装信息

### 1.1 封装尺寸和包装

HU3PAK 具有以下尺寸:

图 2. HU3PAK 封装图



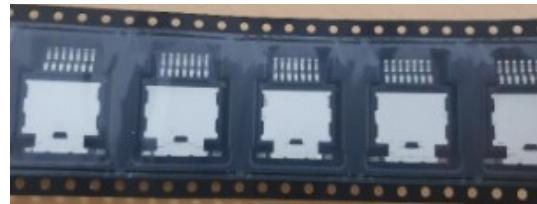
DM00674007\_2

表 1. HU3PAK 封装机械数据

参考	尺寸		
	mm		
	最小值	典型值	最大值
A	3.40	3.50	3.60
A1		0.05	
b	0.50	0.60	0.70
b2	0.50	0.70	1.00
b3	0.80	0.90	1.00
c	0.40	0.50	0.60
c2	0.40	0.50	0.60
D	11.70	11.80	11.90
D1	8.80	8.955	9.10
E	13.90	14.00	14.10
E1	12.30	12.40	12.50
E2	7.75	7.80	7.85
e		1.27	
H	18.00	18.58	19.00
aaa		0.10	
L	2.40	2.52	2.60
L1		3.05	
L2	0.90	1.00	1.10
L3		0.26	
L4	0.075	0.125	0.175
L5	1.83	1.93	2.03
L6	2.14	2.24	2.34
L7	4.44	4.54	4.64
F1	2.90	3.00	3.10
F2	2.40	2.50	2.60
F3	0.25	0.35	0.45
N1	3.80	3.90	4.00
N2	0.25	0.30	0.45
N3	0.80	0.90	1.00
T	0.50	0.67	0.70
T2	9.18	9.38	9.43
V1		0 °	8 °
V2		0 °	8 °

HU3PAK 产品采用卷带盘装，每盘 600 件（13 英寸盘，卷带宽 32 mm，器件孔间距  $20\pm0.1$  mm）。

图 3. 载带中的 HU3PAK



GADG070920211327SA

## 1.2

### 湿度灵敏度

HU3PAK 封装对湿度不敏感。因此无需干燥包装。

通常应用的标准 IPC/JEDEC J-STD-020E 定义了 MSL 等级，如下表所示。

图 4. 湿度灵敏度等级

级别	车间寿命 <sup>4</sup>	浸湿要求 <sup>5</sup>					
		标准		加速当量 <sup>1</sup>			
		时间	条件	时间 (小时)	条件	eV 0.40-0.48	eV 0.30-0.39
1	无限制	$\leq 30^{\circ}\text{C}/85\%$ RH	168 +5/-0	85 °C/85% RH	NA	NA	NA
2	1年	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	168 +5/-0	85 °C/60% RH	NA	NA	NA
2a	4周	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	696 <sup>2</sup> +5/-0	30 °C/60% RH	120 +1/-0	168 +1/-0	60 °C/60% RH
3	168小时	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	192 <sup>2</sup> +5/-0	30 °C/60% RH	40 +1/-0	52 +1/-0	60 °C/60% RH
4	72小时	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	96 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	20 +0.5/-0	24 +0.5/-0	60 °C/60% RH
5	48小时	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	72 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	15 +0.5/-0	20 +0.5/-0	60 °C/60% RH
5a	24小时	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	48 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	10 +0.5/-0	13 +0.5/-0	60 °C/60% RH
6	标签所示时间 (TOL)	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ RH	TOL	30 °C/60% RH	NA	NA	NA

GADG070920211424SA

HU3PAK 产品被划分为 MSL 1 级，因此没有存放时间限制。请参考 IPC/JEDEC J-STD-033 了解详情。请注意，若过于频繁地烘烤封装，金属间化合物的增长可能导致可焊性问题。

## 1.3

### 元件可焊性

HU3PAK 的引线镀有纯锡（镀锡厚度至少 10  $\mu\text{m}$ ），以此确保 PCB 焊盘开孔即使在长时间存放后依然具备良好的可焊性。

执行的镀锡工艺与含铅和无铅焊接工艺兼容。

## 2 印刷电路板的组装

HU3PAK 是一种表贴式封装。在 PCB 上进行的组装包含以下工艺步骤：

1. 焊膏印刷。
2. 在 PCB 上放置元件。
3. 回流焊。
4. 清洁（可选）。
5. 最终的焊点质量检查。

### 2.1 关于印刷电路板 (PCB) 的建议

#### 2.1.1 材料

对于 HU3PAK 封装的 PCB 材料，没有与之相关的特定要求。FR4 是一种常用材料，因此意法半导体用 FR4 对 PCB 执行了评估。关于 PCB 厚度，就热注意事项（详见本文档后续章节）而言，必须将散热器固定在封装顶面。当 PCB 厚度 $\geq 1.6\text{ mm}$  时，PCB 刚度更高，将有助于散热器的固定。

#### 2.1.2 铜

意法半导体以 PCB 两侧  $70\text{ }\mu\text{m}$  ( $2\text{Oz}/\text{ft}^2$ ) 的基铜厚度执行评估，以便适应应用所需的高电流。这通常可提供约  $75\text{ }\mu\text{m}$  的最终铜层厚度。

#### 2.1.3 PCB 焊盘设计

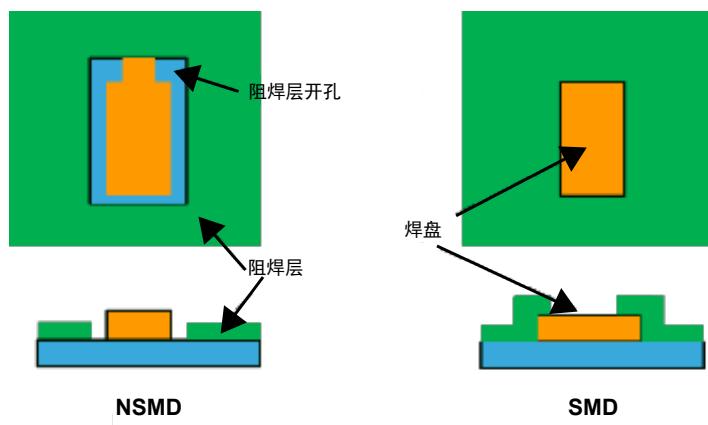
表贴式封装有两种不同类型的常用 PCB 焊盘配置：

- 非阻焊层限定 (NSMD)
- 阻焊层限定 (SMD)

顾名思义，NSMD 接触焊盘的阻焊层脱离了可焊接金属化层，而 SMD 焊盘的阻焊层覆盖了金属化层的边缘，如下图所示。

使用 SMD 焊盘时，阻焊层会阻止焊料沿金属焊盘向下流，从而将焊膏的流动限制在金属化层的顶面。与之不同的是，NSMD 焊盘上的焊料沿金属化层的顶面和侧面流动。

图 5. 阻焊层设计



GADG021120211323SA

通常首选 NSMD 焊盘，这是因为与阻焊层相比，铜焊盘的位置和尺寸定义更容易控制。这是因为，铜蚀刻工艺比阻焊工艺更适合容差更严格的应用。

对于 NSMD，阻焊层开孔通常应比铜焊盘大  $80\text{ }\mu\text{m}$  (半径)。

#### 2.1.4 PCB 可焊接金属化层

焊盘必须便于焊膏进行湿润。总的来说，所有表面已被充分证实可以进行表贴式组装。

从封装的角度来看，并不存在可以同时满足所有要求的特定 PCB 焊盘表面。表面的选择还取决于：

- 板的设计
- 焊盘的几何形状
- 板上安装的各种元件
- 工艺条件

应根据客户的具体需求进行选择。

意法半导体通常推荐两种 PCB 表面类型。在两种情况下，为确保一致的可焊性，镀层都必须均匀、合格且无杂质。

第一种金属化表面包含铜焊盘顶面的有机防腐 (OSP) 涂层。有机涂层有助于减少氧化，保护铜金属化层以便进行焊接。

第二种金属化表面是 NiAu（通常在铜焊盘上无电镀镍，然后浸金）。镍层的厚度取决于允许的内部材料应力和板在其整个生命周期内遭受的温度漂移。对于浸金工艺，金层厚度具有自限性，但在任何情况下，金层都应达到足以防止 Ni 氧化的厚度（通常大于  $0.05 \mu\text{m}$ ），同时达到总焊料量的 5% 以上。焊点的金层过厚可能导致金脆化，从而影响焊点的可靠性。

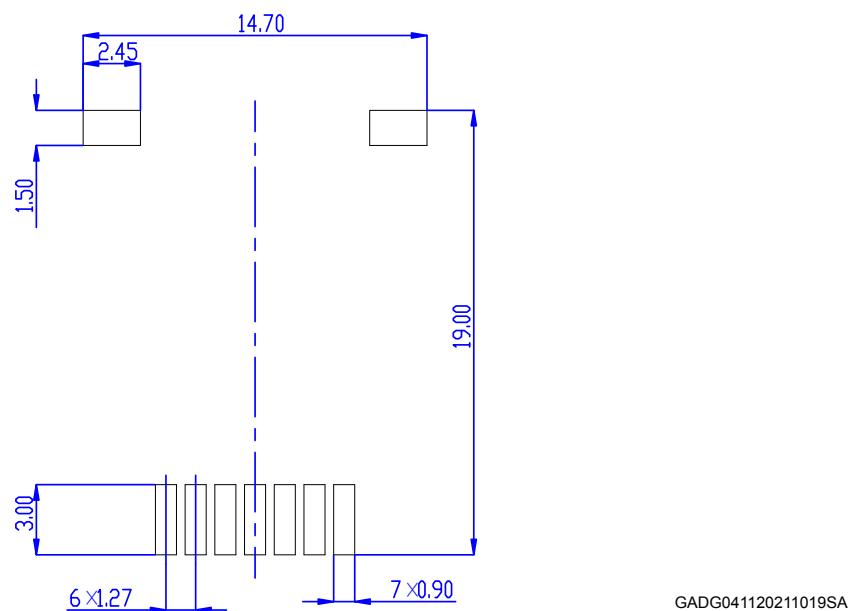
## 2.1.5 封装

意法半导体推荐了实现正确焊接所需的封装（参见图 6. HU3PAK 推荐封装（尺寸单位：mm））。

如可能（类似 PCB 设计），建议使顶层和底层的铜层厚度比保持良好平衡，以便尽可能地减少 PCB 翘曲，防止在焊点中形成应力。

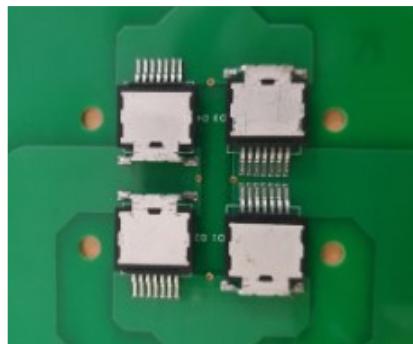
应注意的是，不同于在 PCB 上焊接了散热焊盘的其他 SMD 功率器件封装，HU3PAK 具有朝上的用于接受散热器的散热焊盘。因此，PCB 走线设计几乎不影响应用的热性能，这是因为与流经散热器的热量相比，经元件引线传输的热量可忽略不计。

图 6. HU3PAK 推荐封装（尺寸单位：mm）



GADG041120211019SA

图 7. 测试 PCB 上安装的 HU3PAK 实例



GADG080920210745SA

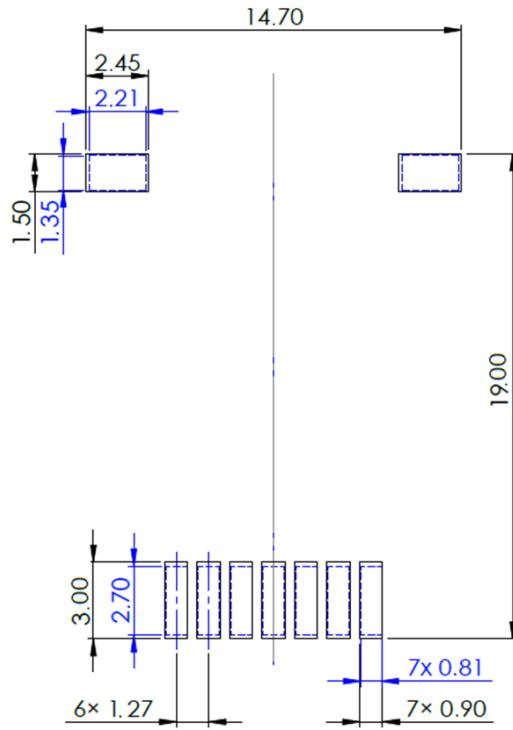
## 2.2

### 丝网印刷模板

行业中常使用模板筛分 PCB 上的焊料。为得到足量的焊膏，应使用厚度为  $150 \mu\text{m}$  的不锈钢模板。为确保模板印刷工艺的安全性和可重复性，应遵守模板设计的一些通用设计规则（开孔的高宽比，模板厚度应 $>1.5 \mu\text{m}$ （例举的值）），由于重要的焊盘尺寸预期不会出现相关问题，此处不赘叙。

我们推荐使用的模板开孔与封装比是 90%，推荐封装如下图所示（模板开孔用蓝色虚线绘制，而 PCB 焊盘用黑线绘制）。

图 8. 推荐的模板开孔



GADG041120211240SA

模板开孔的侧壁可逐渐收窄约  $5^\circ$ ，以便在从 PCB 上移除模板屏蔽时释放焊膏。

## 2.3

### 焊膏

建议使用细颗粒焊膏（3 或 4 型，即颗粒尺寸为  $20\text{-}45 \mu\text{m}$ ），以及含无卤助焊剂 ROL0（依据 ANSI/J-STD-004）的焊膏。

如需在相同 PCB 上安装小得多的封装，可使用更高焊膏类型（更细）。

对于无铅焊料 Sn-Ag-Cu，建议使用含 1-4% Ag 和<1% Cu 的 Sn-Ag-Cu 合金。

意法半导体使用了 Sn-Ag-Cu 0.5 进行评估（LOCTITE LF318 97SCAG88.5 BU，免清洗，无铅焊膏）。

## 2.4

### 放置

为了不挤压一面的焊膏，器件必须平行放置于 PCB 表面，因此应避免手动放置。

器件本身的重量足以确保与焊膏的良好接触。因此，放置时无最小力量要求。

取放机的典型定位精度为 $\pm 50 \mu\text{m}$ ，足够用于这类封装（此外，液态焊料的表面张力产生的自对准效应将确保封装的自校准）。

若必须在 PCB 的两面放置元件，由于在第二次回流期间润湿力无法固定住 HU3PAK 封装，因此有 HU3PAK 的一面必须最后加工。

## 2.5 回流焊温度曲线

对于回流焊，首选方法是使用强制对流炉。

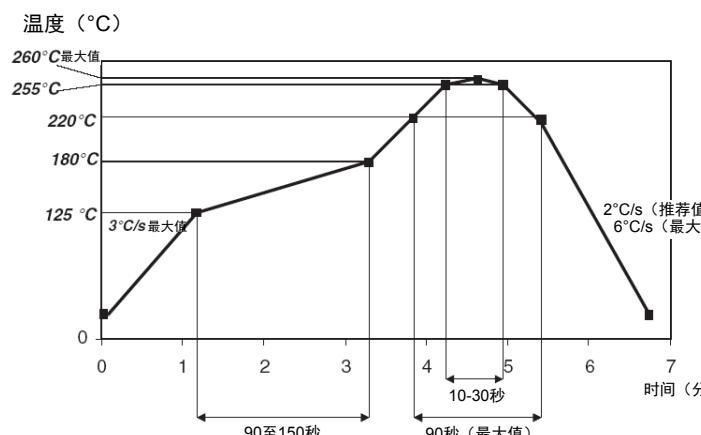
焊接工艺对半导体元件会造成较大的热应力。为确保器件的可靠性并延长其使用寿命，必须尽可能减少热应力。

封装符合 IPC/JEDEC J-STD-020E 的要求，因此可在 245°C 的最高温度下暴露约 10 秒钟。在回流焊加工过程中，温度过高可能会损坏器件，因此任何焊料温度曲线都应处于这些限值以下。由于回流技术常用于表贴式安装，下图给出了安装在 FR4 PCB 上时典型的无铅焊料加热温度曲线 (ST ECOPACK)。

请参考 IPC/JEDEC J-STD-020E 标准了解关于“大型”元件定义的更多信息。

注意：使用 IPC/JEDEC J-STD-020E 标准中定义的焊接温度曲线进行可靠性评估，它通常描述了用于元件安装的最高温度曲线，而不是获得良好焊接效果的必要温度。

图 9. 推荐的回流焊温度曲线



GADG041120210925SA

这里提供的曲线只是一个起点，必需根据 PCB 尺寸和厚度、总重、周围封装的位置以及回焊炉的规格进行调整。

必须考虑以下注意事项：

- 务必预热器件。该步骤旨在将升温速率降至小于 3°C/s，从而尽可能减少对元件的热冲击。
- 预热后，烘干焊接区域以确保焊膏完全干燥，然后再开始回流步骤。该步骤还能平滑 PCB 的温度梯度。
- 为确保回流焊质量，峰值温度应比焊料合金的熔点高至少 30°C。在任何情况下，峰值温度都不应超过 260°C。

## 2.6 波峰焊

不建议对 HU3PAK 封装使用波峰焊。此封装为表贴式封装，因此波峰焊并非焊接整个引线尖端表面的合适工艺（若引线尖端与 PCB 之间的区域焊接不完全，则可能影响引线与 PCB 之间的电流）。

但主要原因与封装顶面有关：由于 DBC 暴露了铜层，在波峰焊期间，一些锡会湿润铜层表面，由于表面张力会在封装的中心形成比边缘厚得多的锡层，这必然会在封装表面形成拓扑结构。

此拓扑结构会在封装上表面与散热器之间产生额外的热阻（需使用更厚的导热膏或散热焊盘层）。

## 3 将散热器固定到封装

### 3.1 热阻

半导体组件的热阻是一个参数，描述了组件对结点在工作中生成的热流的阻止能力。温度超过最高结温会限制电气性能并可能损坏器件。

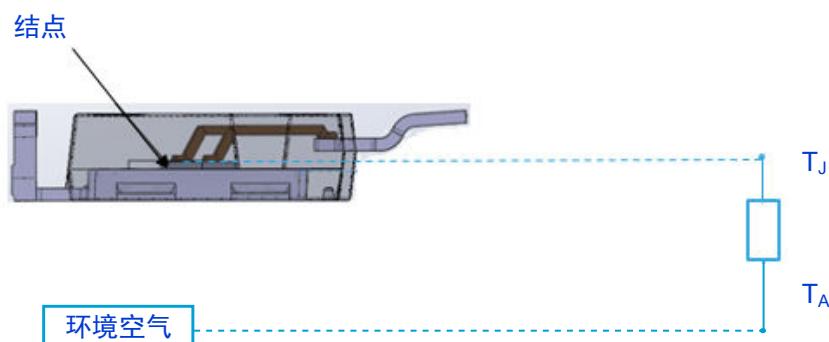
最大耗散功率为：

$$P = \frac{T_J \max}{R_{thJA} \max}$$

其中：

- $T_J \max$  是半导体的最高结温 ( $^{\circ}\text{C}$ )， $T_A$  是环境空气温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。
- $R_{thJA}$  是结点与环境空气/冷却介质之间的热阻 ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )。
- $R_{thJA}$  考虑了结点与环境空气之间的所有材料。

图 10. 等效热传导图



GADG041120210928SA

### 3.2 热路径

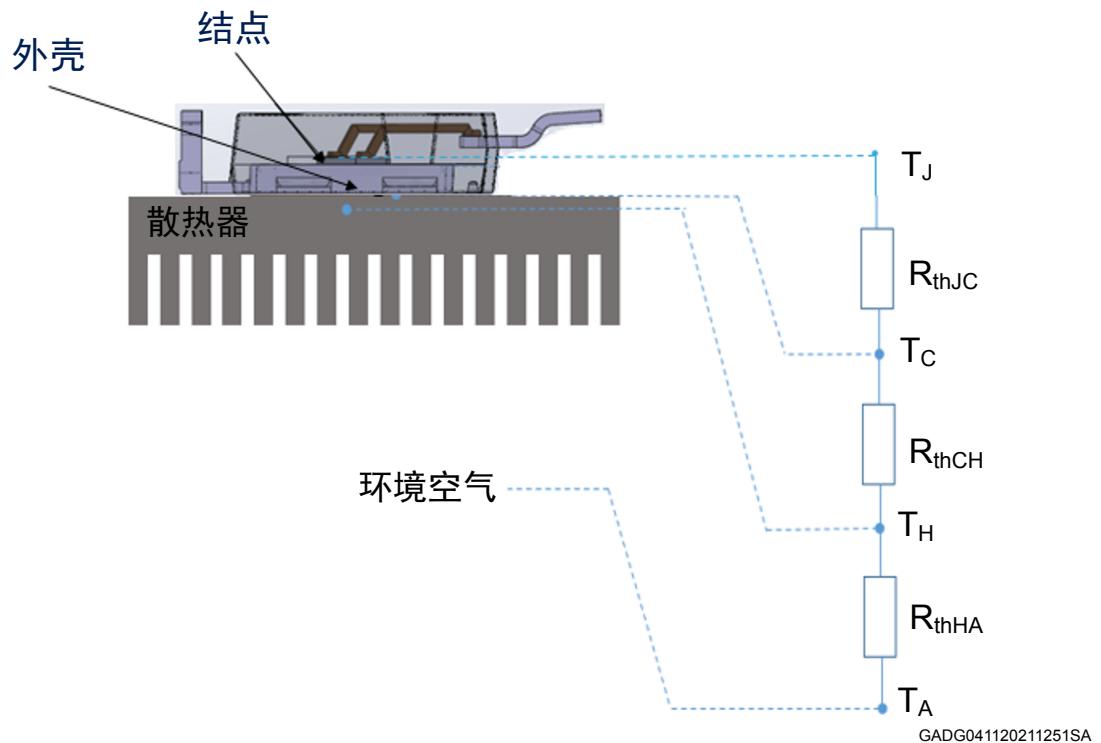
HU3PAK 封装在器件顶部设计有散热器盘，用于连接散热器。

HU3PAK 封装从设计上确保从晶片结点（发热位置）到散热焊盘的热路径的热导度尽可能高。散热器的用途是确保从器件到接收这些热量的周围环境（无论是水还是空气）的热路径热阻尽可能低。

因此，从结点到周围环境的总热阻为以下热阻之和：

- 结点到封装的热阻，取决于封装设计 ( $R_{thJC}$ )。
- 器件与散热器之间使用的散热焊盘或导热膏的热阻 ( $R_{thCH}$ )
- 散热焊盘/导热膏与周围环境之间的散热器的热阻 ( $R_{thHA}$ )。

图 11. 使用外部散热器时的等效热传导图



### 3.3 导热膏

为了降低此材料的热阻，理想解决方案理论上不会使用导热膏。导热膏的作用在于确保器件表面与散热器之间的良好接触。在许多情况下，它也提供晶片/封装与散热器之间的电气绝缘。

但是，为了尽可能减少热阻，必须确保器件和散热器的两个表面接触良好。由于表面粗糙度和平整度缺陷，两层之间需要一层稀薄的导热膏，用于填充两个表面之间的间隙。

封装顶面有连接到 MOSFET 漏极的电气连接（连接到二极管的阴极、晶闸管的阳极），只有在能够电气连接散热器（例如，一个连接了散热器的产品）时，才能使用导热膏。

但通常我们不建议这样做，因此意法半导体未对 HU3PAK 进行导热膏评估。对于其他类似情况，意法半导体则采用了 Electrolube 供应的 HTCP20S。

### 3.4 散热焊盘

若多个 HU3PAK 器件共享同一散热器表面，则由于封装之间的高度差和平行度问题，封装上表面与散热器表面之间会不可避免地存在一些间隙。

这些小间隙显著增加了与散热器的接触热阻，如果只是简单地使用导热膏则可能无法充分地填充。

在这种情况下，建议使用厚度足以补偿几何学问题的软散热焊盘，以提高安全性。

封装顶面有连接到 MOSFET 漏极的电气连接（连接到二极管的阴极、晶闸管的阳极），意法半导体主要评估了绝缘导热膏（用于散热器与产品之间的绝缘）。

市场上出售的许多导热膏都可以提供良好的导热效果，意法半导体成功地评估了硅基材料（参考 Fischer Elektronik 供应的 WGT36）和基于 Kapton 的材料（参考 Fischer 供应的 KAP 1 P）。

### 3.5 散热器

不同类型的散热器提供不同  $R_{thJA}$  值，该值决定了固定的环境/冷却介质温度下晶片中的最大允许功率耗散。

可使用的散热器主要有两类：

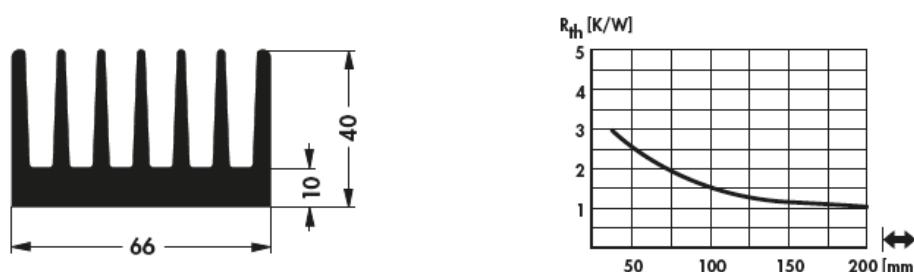
- **自然对流空冷式散热器：**该解决方案提供最低散热性能，但具有简便性和成本方面的优势。这种散热器通常是一个简单的挤压铝零件，固定在器件的背面。其性能与封装温度和用于冷却的空气温度之间的差值成正比，并与热交换表面（铝至空气）的面积成正比，挤压型材越长/越大，热阻越低。应注意的是，散热器上方必须有足够空间，以便于环境空气的充分更新。

散热器估算示例：

假定从结点到器件外壳的热阻 ( $R_{thJC}$ ) 为  $0.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，若使用以下类型的  $50 \text{ mm}$  长散热器（参考 Fischer Elektronik 供应的 SK100 50），我们从图中可知，从外壳到环境空气的预期热阻 ( $R_{thCA}$ ) 为  $2.5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，因此从结点到空气的总热阻为  $3.2^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

若最高结温为  $120^{\circ}\text{C}$  且空气温度为  $40^{\circ}\text{C}$ ，则允许的最大耗散功率为  $(T_J-T_A)/R = 80/3.2 = 25 \text{ W}$ （不考虑散热焊盘）。

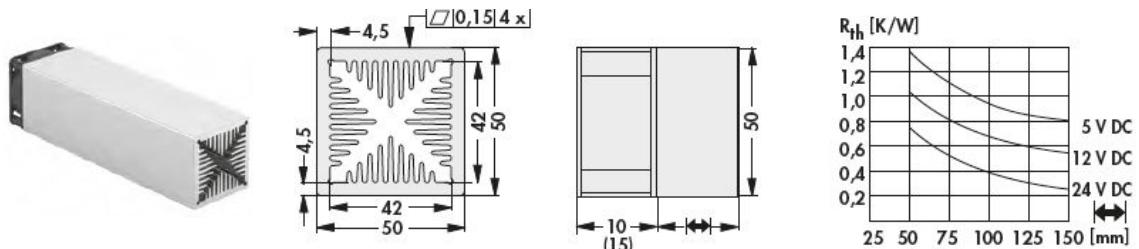
图 12. 被动式散热器 Fischer Elektronik SK100 50 数据手册



GADG041120211030SA

- **强制空气对流：**强制空气在散热器上方环绕流动将显著提高热交换速率，最多可达数倍，具体取决于气流速度。使用管式散热器可进一步提高热交换速率，引导气流流经大面积热交换区。  
以以下型号的散热器（参考 Fischer Elektronik 供应的 LAM5 100 24）为例，其长度为  $100\text{mm}$  且风扇电压为  $24\text{V}$ ，我们读出热阻为  $0.4^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，得出同等条件下理论上允许的最大耗散功率为  $80/0.4=200\text{W}$ 。

图 13. 强制对流散热器 Fischer Elektronik LAM5 100 数据手册



GADG04112021123SA

以上散热器设计仅为部分示例，另有其他多款设计可供使用。客户也可使用其他类型的散热器，如液冷式散热器，这类散热器可提供明显更为优越的热性能。

### 3.6 散热器的固定

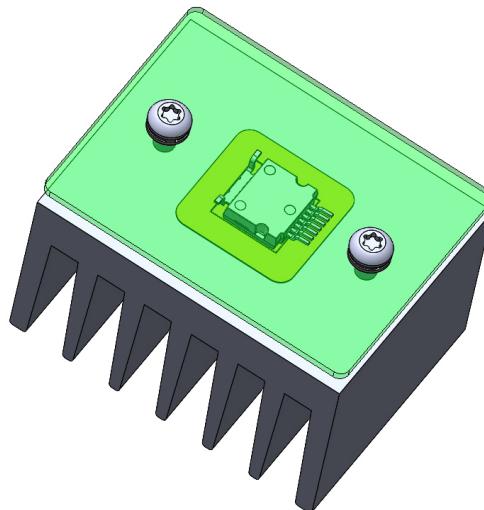
对于 PCB 上安装的器件，较为容易的固定方式是使用螺钉。

可以使用 M4 螺钉，并布置在  $44\times24 \text{ mm}$  的方形区域内。

但是，这种方法可能在 PCB 上生成应力并使之弯曲，即使只对螺钉施加有限力矩也不例外。

各种参数都有可能影响 PCB 的刚度（PCB 设计、材料等），我们建议只在 PCB 非常厚（4mm 以上）时使用此安装方法。

图 14. 简单的散热器固定示例



GADG080920210801SA

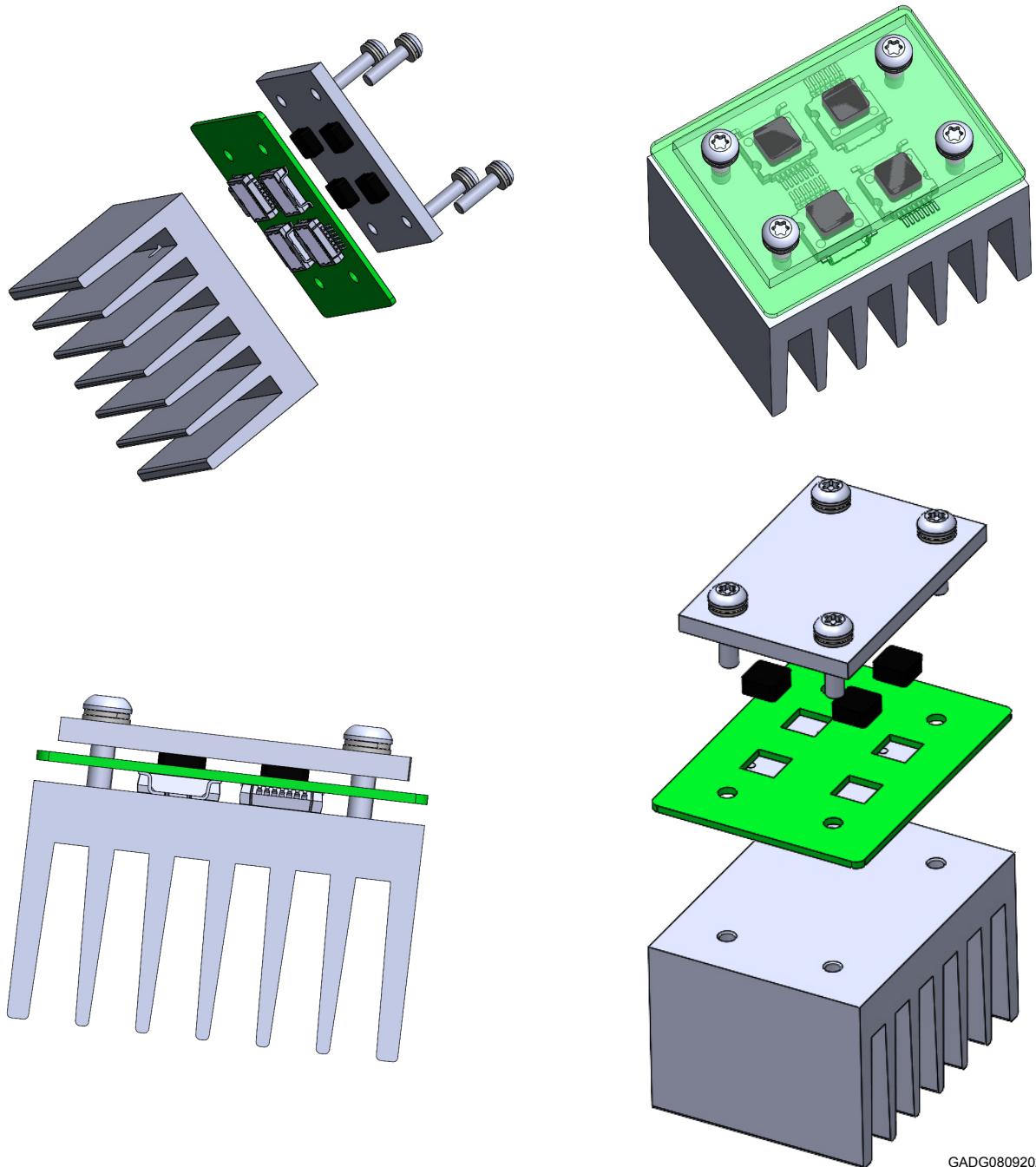
为了限制 PCB 翘曲，可将一块补强板固定在 PCB 背面。补强板可以是任何材质，但使用金属会妨碍补强板下方的走线。

为确保没有对 PCB 施加应力，建议使用以下组装方式：对 PCB 上 HU3PAK 器件下方的方孔使用一个稍厚于 PCB 的垫片（如对 1.6 mm PCB 使用 2 mm 垫片）。补强板会直接在封装背面施加压力，而不会挤压 PCB 本身。

根据客户要求，通过使用足够厚的垫片，此解决方案可使 PCB 背面的受影响区域显著缩小，从而允许在 PCB 底面放置元件。

此外，还可使用许多其他方法来确保散热器与封装顶面的良好接触。应评估施加在 PCB 上的应力（以及焊点），从而确保最终产品可靠性不受影响（焊点中的裂缝等）。

图 15. 使用补强板的散热器组装示例



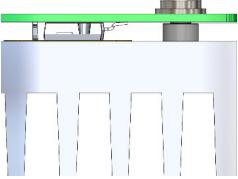
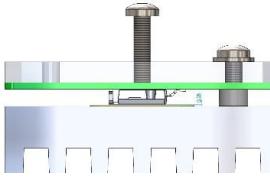
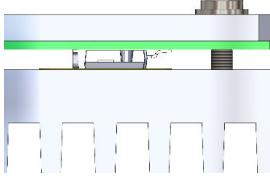
GADG080920210803SA

### 3.7 组装可靠性

为确保 PCB 上焊接的 HU3PAK 封装的焊点可靠性，我们执行了实验，并评估了 PCB 变形的最坏情况。当间隙为 0.3 mm 时，达到了 PCB 弯曲的最坏情况。

我们研究了三种情况，如下面的表 2. PCB 安装选项所示。在第一种情况下，使用短隔圈使 PCB 弯曲。拧紧螺钉导致 PCB 弯曲。间隙约为 0.3 mm。在第二种情况下，使用的隔圈过长且压力螺钉使封装顶着散热器。此组装方式迫使 PCB 向下弯曲，间隙约为 0.3 mm。第三种情况的压力较小，组装后的 PCB 的弯曲度最小。

表 2. PCB 安装选项

第 1 种情况	第 2 种情况	第 3 种情况
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>使用短隔圈将 PCB 安装在散热器上。</li> <li>拧紧螺钉使 PCB 弯曲并顶着垫圈。</li> <li>初始间隙：约 0.3 mm。</li> <li>螺钉与封装中心之间的距离：22 mm。</li> <li>PCB：1.6 mm FR4。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用垫圈（过长）、补强板和压力螺钉安装 PCB。</li> <li>拧紧压力螺钉使封装顶着散热器，PCB 向下弯曲。</li> <li>初始间隙：约 0.3 mm。</li> <li>螺钉与封装中心之间的距离：22 mm。</li> <li>PCB：1.6 mm FR4。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>只使用补强板对焊点施加纯垂直压力。</li> <li>螺钉与封装中心之间的距离：22 mm。</li> <li>PCB：1.6 mm FR4。</li> </ul>

以每小时两次循环的频率执行了三种情况下-55°C 至 150°C 温度范围内的可靠性评估。设备被放置于循环的温度范围，即空气中的热室和冷室。在全部三种情况下，3000 次循环后均未记录到电气故障或漂移。

### 3.8 螺钉拧紧力矩

过度拧紧螺钉可能导致螺钉损坏。为确保良好的热接触，必须确保最小拧紧力，但过度拧紧螺钉（超过给定力矩）并不会提升热阻。

施加的力矩必须克服螺纹的摩擦力，以及螺钉头在支承面上的摩擦力。剩余力矩用于延伸螺钉从而产生力。

有用力矩只占拧紧力矩的 10-15%。摩擦系数中的误差会极大地改变给定力矩的计算力值。

力矩与力成正比，它取决于螺钉头摩擦力、螺纹摩擦力和延伸率。可使用以下公式计算：

$$C = (p/2\pi + 0.583 d \mu_f + (D/2) \mu_t) \cdot F$$

其中：

- C = 力偶
- F = 力
- p = 螺距
- d = 螺钉直径
- D = 螺钉头以下的平均直径 = (螺钉直径 + 螺钉头直径) / 2
- $\mu_f$ : 螺纹摩擦系数
- $\mu_t$ : 螺钉头摩擦系数。

对于干净且已润滑的螺纹，钢的典型系数为：

- $\mu_f = 0.1$
- $\mu_t = 0.125$

对具有 7 mm CHC 头的 4 mm 螺钉使用此公式，得到以下等式：

$$F = C/(0.16 \cdot 0.7 + 0.1 \cdot 0.583 \cdot 4 + 0.125 \cdot 5.5/2)$$

$$So, F = C/0.69$$

对于用 1 N·m 力矩拧紧的螺钉， $F=1450N$

根据使用的螺钉质量，可使用大于 1 N·m 的拧紧力矩。

### 3.9 推荐的螺钉

建议使用带常规垫圈和弹簧垫圈的螺钉。

也可使用带螺纹锁紧涂层的螺钉。下图所示为 M4 螺钉。

虽然可以使用各种材质的螺钉，但我们建议您使用不锈钢螺钉。此外，还可能涉及环境和/或应用限制。

图 16. 螺钉设计建议



### 3.10 爬电距离

为保护用电器件免受工作电压的影响，需要有足够的爬电距离。爬电距离是指两种导电材料之间沿中间绝缘体表面测量的必要最小距离。请参考表 3. 避免因漏电起痕而失效的爬电距离，根据污染等级选择爬电距离。爬电距离的测量结果取决于组件配置和胶合/非胶合绝缘箔的使用。

绝缘箔的选择会影响要考虑的爬电距离。若使用非胶合绝缘箔，则存在接触不良的风险，影响要考虑的爬电距离。下一节将介绍两种安装配置的区别。第一种使用非胶合绝缘箔，第二种使用胶合绝缘箔。

表 3. 避免因漏电起痕而失效的爬电距离

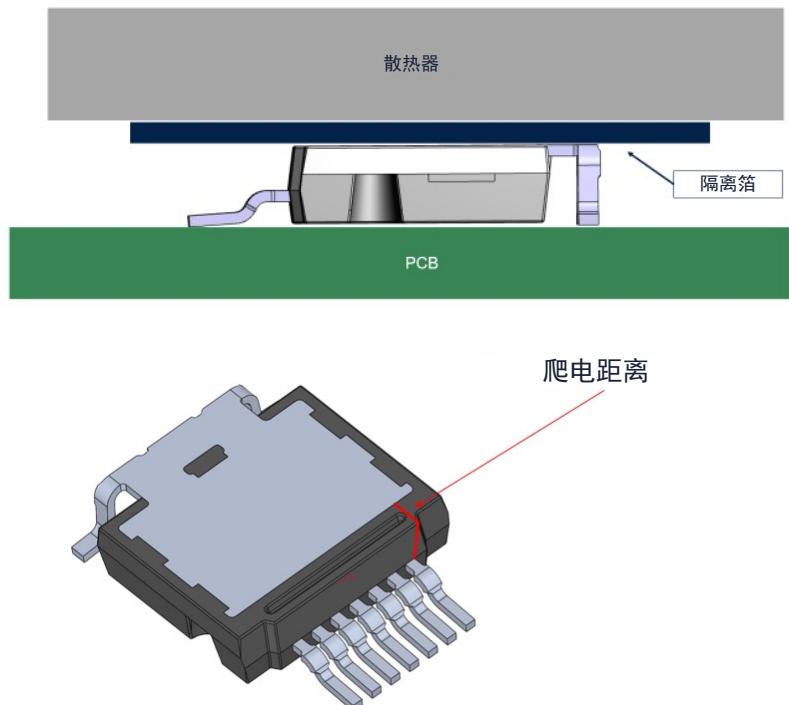
电压	最小爬电距离								
	印刷线路材料								
	污染等级								
	1	2	1	2			3		
	所有材料组 (mm)	除 III 之外的所有材料组 (mm)	所有材料组 (mm)	材料组 I (mm)	材料组 II (mm)	材料组 III (mm)	材料组 I (mm)	材料组 II (mm)	材料组 III (mm)
10	0.025	0.040	0.080	0.400	0.400	0.400	1.000	1.000	1.000
12.5	0.025	0.040	0.090	0.420	0.420	0.420	1.050	1.050	1.050
16	0.025	0.040	0.100	0.450	0.450	0.450	1.100	1.100	1.100
20	0.025	0.040	0.110	0.480	0.480	0.480	1.200	1.200	1.200
25	0.025	0.040	0.125	0.500	0.500	0.500	1.250	1.250	1.250
32	0.025	0.040	0.14	0.53	0.53	0.53	1.30	1.30	1.30
40	0.025	0.040	0.16	0.56	0.80	1.10	1.40	1.60	1.80
50	0.025	0.040	0.18	0.60	0.85	1.20	1.50	1.70	1.90
63	0.040	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.60	1.80	2.00
80	0.063	0.100	0.22	0.67	0.95	1.30	1.70	1.90	2.10
100	0.100	0.160	0.25	0.71	1.00	1.40	1.80	2.00	2.20
125	0.160	0.250	0.28	0.75	1.05	1.50	1.90	2.10	2.40
160	0.250	0.400	0.32	0.80	1.10	1.60	2.00	2.20	2.50
200	0.400	0.630	0.42	1.00	1.40	2.00	2.50	2.80	3.20
250	0.560	1,000	0.56	1.25	1.80	2.50	3.20	3.60	4.00
320	0.75	1.60	0.75	1.60	2.20	3.20	4.00	4.50	5.00
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0 (7.9)
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0 (7.9)	9.0 (8.4)	10.0 (9.0)
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0 (9.0)	11.0 (9.6)	12.5 (10.2)
1000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5 (10.2)	14.0 (11.2)	16.0 (12.8)
1250			4.2	6.3	9.0	12.5	16.0 (12.8)	18.0 (14.4)	20,0 (16.0)
1600			5.6	8.0	11.0	16.0	20.0 (16.0)	22.0 (17.6)	25.0 (200)
2000			7.5	10.0	14.0	20.0	25.0 (20.0)	28.0 (22.4)	32.0 (25.6)
2500			10.0	12.5	18.0	25.0	32.0 (25.6)	36.0 (28.8)	40.0 (320)
3200			12.5	16.0	22.0	32.0	40.0 (32.0)	45.0 (36.0)	50.0 (40.0)

### 1. 非胶合绝缘箔:

一种可能的安装配置涉及非胶合绝缘箔。非胶合绝缘箔是一种非胶合的热界面材料。

若在非胶合绝缘箔上使用封装，则存在箔与封装之间接触不良的风险。此时，间隙可在引线与接线片之间形成路径。在这种情况下，要考虑的爬电距离为从背面接线片到引线之间的距离，如下图所示。测得的最小距离为 3.7 mm。

图 17. 非胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离



GADG021120211341SA

下表根据污染等级和树脂所属材料组，列出了封装可承受的最大 RMS 电压：

表 4. 爬电距离为 3.7 mm 时的最大 RMS 电压

污染等级	材料组	最大 RMS 电压
1	I 和 II	1070 V
2	II	515 V

### 2. 胶合绝缘箔:

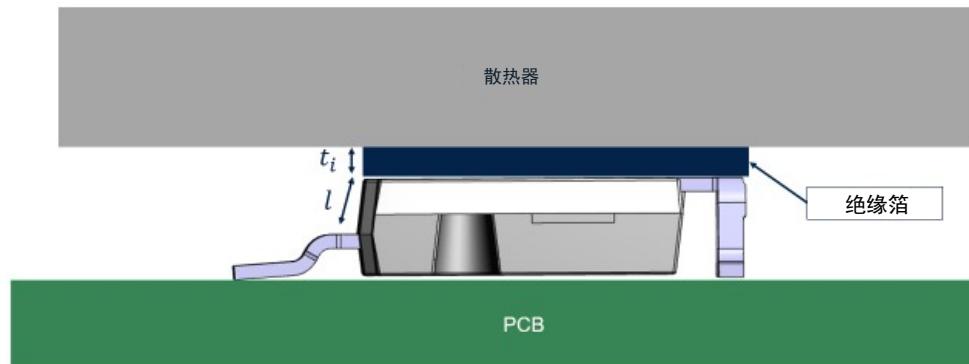
另一种可能的安装配置涉及胶合绝缘箔。

胶合绝缘箔是一种胶合的热界面材料。

若使用胶合绝缘箔，则可确保封装与箔之间无任何间隙。此时，爬电距离即为引线与散热器之间的距离。

爬电距离 =  $t_i + l$

图 18. 胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离



GADG021120211349SA

对于需要更高电压的应用，为了增大爬电距离，可以增加绝缘箔的长度。

图 19. 增大胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离

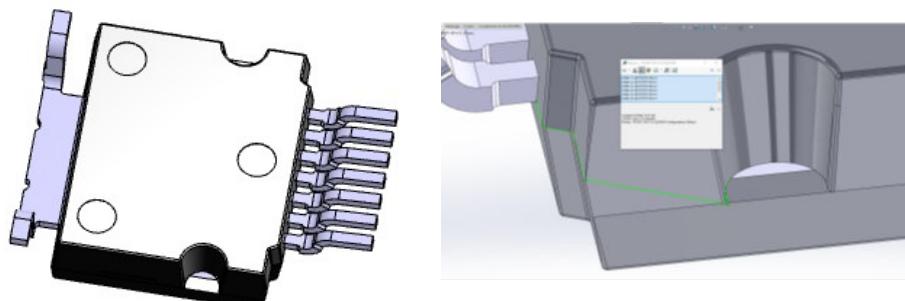


GADG021120211351SA

示例：属于材料组 II 的树脂材料，污染等级 II，假定应用需要的最大 RMS 电压为 850 V。依据标准 IEC 60664-1:2020，避免因漏电起痕而失效的最小爬电距离为 6.02 mm。可使用的最小距离 x:  $x = 6.02 - (t_i + l)$ 。

当绝缘箔厚度  $t_i = 0.1 \text{ mm}$  且  $l = 1.93 \text{ mm}$  时，避免失效的最小长度  $x = 3.99 \text{ mm}$ 。然而，测得的引线与缺口之间的距离为 6.4 mm。若计算距离大于引线与缺口之间的距离 ( $t_i + l + x > 6.47 \text{ mm}$ )，则爬电距离为 6.47 mm，如下图所示：

图 20. HU3PAK 中“引线到缺口”的距离



下表根据污染等级和树脂所属材料组，列出了最大可接受电压：

表 5. 爬电距离为 6.47 mm 时的最大 RMS 电压

污染等级	材料组	最大 RMS 电压
1	I 和 II	1750 V
2	II	910 V

## 4 结论

本技术笔记提供了关于如何使用 HU3PAK 封装的各种信息和建议。

对于其他有热性能要求的应用，即使本技术笔记中没有详细说明，也可使用强制对流散热器（或者也可根据客户应用使用更高效的散热器，如液冷式散热器）。

## 版本历史

表 6. 文档版本历史

日期	版本	变更
2021 年 11 月 19 日	1	首次发布。

## 目录

<b>1</b>	<b>封装信息</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	封装尺寸和包装	2
<b>1.2</b>	湿度灵敏度	4
<b>1.3</b>	元件可焊性	4
<b>2</b>	<b>印刷电路板的组装</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	关于印刷电路板 (PCB) 的建议	5
<b>2.1.1</b>	材料	5
<b>2.1.2</b>	铜	5
<b>2.1.3</b>	PCB 焊盘设计	5
<b>2.1.4</b>	PCB 可焊接金属化层	5
<b>2.1.5</b>	封装	6
<b>2.2</b>	丝网印刷模板	7
<b>2.3</b>	焊膏	7
<b>2.4</b>	放置	8
<b>2.5</b>	回流焊温度曲线	9
<b>2.6</b>	波峰焊	9
<b>3</b>	<b>将散热器固定到封装</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	热阻	10
<b>3.2</b>	热路径	10
<b>3.3</b>	导热膏	11
<b>3.4</b>	散热焊盘	11
<b>3.5</b>	散热器	11
<b>3.6</b>	散热器的固定	12
<b>3.7</b>	组装可靠性	14
<b>3.8</b>	螺钉拧紧力矩	15
<b>3.9</b>	推荐的螺钉	15
<b>3.10</b>	爬电距离	16
<b>4</b>	<b>结论</b>	<b>21</b>
<b>版本历史</b>		<b>22</b>
<b>表一览</b>		<b>24</b>
<b>图一览</b>		<b>25</b>

## 表一览

表 1.	HU3PAK 封装机械数据 . . . . .	3
表 2.	PCB 安装选项 . . . . .	15
表 3.	避免因漏电起痕而失效的爬电距离 . . . . .	17
表 4.	爬电距离为 3.7 mm 时的最大 RMS 电压 . . . . .	18
表 5.	爬电距离为 6.47 mm 时的最大 RMS 电压 . . . . .	20
表 6.	文档版本历史 . . . . .	22

## 图一覽

图 1.	HU3PAK 软件包概述 . . . . .	1
图 2.	HU3PAK 封装图 . . . . .	2
图 3.	载带中的 HU3PAK . . . . .	4
图 4.	湿度灵敏度等级 . . . . .	4
图 5.	阻焊层设计 . . . . .	5
图 6.	HU3PAK 推荐封装 (尺寸单位: mm) . . . . .	6
图 7.	测试 PCB 上安装的 HU3PAK 实例 . . . . .	7
图 8.	推荐的模板开孔 . . . . .	7
图 9.	推荐的回流焊温度曲线 . . . . .	9
图 10.	等效热传导图 . . . . .	10
图 11.	使用外部散热器时的等效热传导图 . . . . .	11
图 12.	被动式散热器 Fischer Elektronik SK100 50 数据手册 . . . . .	12
图 13.	强制对流散热器 Fischer Elektronik LAM5 100 数据手册 . . . . .	12
图 14.	简单的散热器固定示例 . . . . .	13
图 15.	使用补强板的散热器组装示例 . . . . .	14
图 16.	螺钉设计建议 . . . . .	16
图 17.	非胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离 . . . . .	18
图 18.	胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离 . . . . .	19
图 19.	增大胶合绝缘箔上 HU3PAK 的爬电距离 . . . . .	19
图 20.	HU3PAK 中“引线到缺口”的距离 . . . . .	19

**重要通知 - 仔细阅读**

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于意法半导体产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对意法半导体产品的选择和使用，意法半导体概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

意法半导体不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的意法半导体产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致意法半导体针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是意法半导体的商标。关于意法半导体商标的其他信息，访问 [www.st.com/trademarks](http://www.st.com/trademarks)。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2023 STMicroelectronics - 保留所有权利