



AN90023

DFN 封装的散热性能

版本 3—2020 年 11 月 23 日

应用笔记

文档信息

信息	目录
关键字	双侧扁平无引脚封装、DFN、AOI、ADAS、无引脚散热增强型、可湿锡焊接侧焊盘
摘要	本应用笔记介绍了双侧扁平无引脚封装(DFN)的散热性能

1. 引言

现代汽车中越来越多的电子功能必须在给定（和受限）空间内实现。这导致印刷电路板上的器件密度不断增加。为解决板级器件密度问题，必须缩小所用电子器件的尺寸。与此同时，更小的封装需要在更小的管脚尺寸内耗散相同的热量，从而提高了板上功率密度。

双侧扁平无引脚(DFN)封装是一系列非常小的现代化无引脚表面贴装塑料封装，可替代庞大的有引脚表面贴装封装。本应用笔记介绍了汽车 DFN 封装较之于对等的有引脚封装的散热能力，以及高功率密度封装所需的散热管理。

2. 封装概念

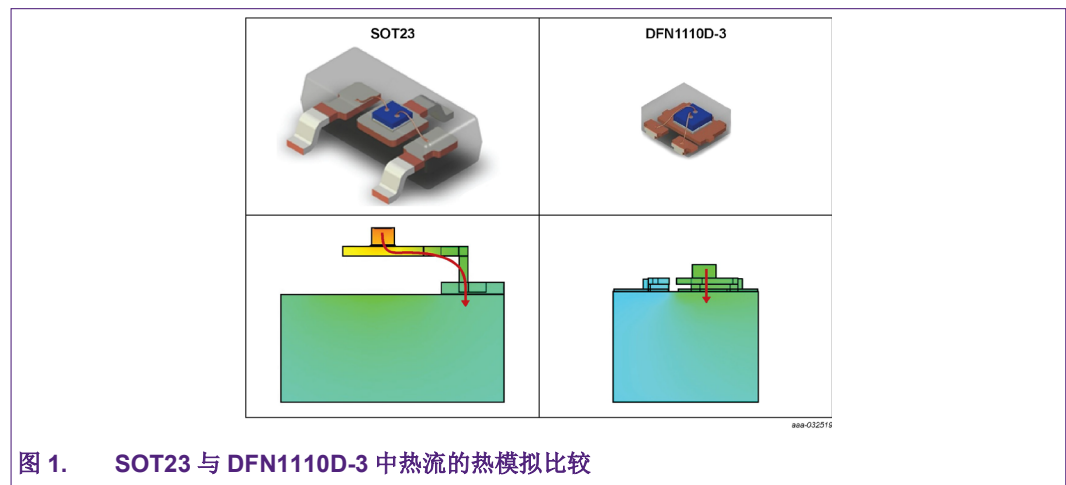


图 1. SOT23 与 DFN1110D-3 中热流的热模拟比较

几十年来，有引脚 SMD 封装一直都是分立式电子器件的行业标准。SOT23 可能是世界上最著名的 SMD 封装，其结构如图 1 所示。图中芯片置于引脚框架上，与金属焊盘一起采用复合模具完全封装。主要的热传输机制为热传导，因为在给定结构和温度范围内，热对流与辐射几乎无关紧要。产生的热量通过芯片贴片层传导至引脚框架中，然后从引脚框架流经长引脚进入 PCB。图 1 中的热模拟显示了 SOT23 封装器件沿引脚框架并穿过封装中间部分的横截面，突出显示了热通道。

作为 Nexperia 用于代替 SOT23 的 DFN 封装，DFN1110D-3 没有引脚。由于没有引脚，且焊线长度更短，DFN 封装的寄生电感比对等的有引脚封装更小。金属焊盘更紧凑，且更靠近引脚框架。这样可以大大减小封装尺寸，同时在芯片下仍采用相同大小的引脚框架。引脚框架可有效地作为封装底部的外露散热器和电触点，从而使热量直接从芯片流向 PCB，如图 1 中的热模拟所示。正因如此，尽管 DFN 封装尺寸非常紧凑，但仍具有出色的功耗能力。

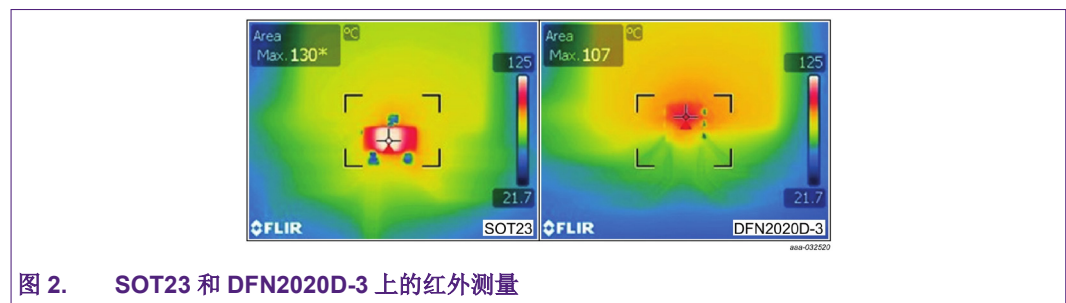


图 2. SOT23 和 DFN2020D-3 上的红外测量

为充分利用 DFN 封装，必须使用具有低热阻和足够导热性的 PCB，以实现适当的横向散热。热量直接通过外露散热器进入 PCB，并通过 PCB 上的更小面积传输。高功率密度如图 2 中的红外图所示，显示了功耗相同(250 mW)的 SOT23 和 DFN2020D-3 之间的比较。显然，DFN2020D-3 具有较高的功率密度和良好的散热性能，尤其是封装上没有白点。

3. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列概览

表 1 概述了供应的 DFN 封装及其对等的有引脚封装。此外，它还列出了转为使用 DFN 封装后可能节省的空间。节省的空间是根据建议用于回流焊的管脚尺寸计算得出的。该表并不意味着在无深入热传导的情况下使用 DFN 封装一对一替代有引脚封装。DFN 封装的散热性能以及一些精选的 DFN 封装与其对等的有引脚封装的散热性能比较将在下一段进行讨论。

表 1. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列

DFN 封装类型尺寸 (mm)	对等的有引脚封装尺寸 (mm)	节省的 PCB 空间 (%)
DFN1006BD-2 1.0 x 0.6 x 0.5	SOD323 1.70 x 1.25 x 0.95	78
	SOD523 1.2 x 0.8 x 0.6	57
DFN1110D-3 1.1 x 1.0 x 0.48	SOT23 2.9 x 1.3 x 1.0	75
DFN1412D-3 1.4 x 1.2 x 0.5		66
DFN1608D-2 1.6 x 0.8 x 0.37	SOD123 2.7 x 1.6 x 1.15	81
	SOD123F 2.7 x 1.6 x 1.1	81
DFN2020D-3 2.0 x 2.0 x 0.6	SOT89 4.5 x 2.5 x 1.5	77
	SOT223 6.5 x 3.5 x 1.65	90

4. 散热性能

表 2 总结了针对不同的 PCB 类型和设置，在结温与作为热接地的环境温度之间测得的典型热阻。用于计算 P_{tot} 值的 ΔT 为 125 K（环境温度为 25°C，最大结温为 150°C）。在下面的段落中，我们将讨论一些封装的散热性能，并与对等的有引脚封装进行比较。在以下比较中，有引脚封装和 DFN 封装的芯片尺寸相同，因此可以排除芯片尺寸对散热性能差异的影响。

表 2. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列

DFN 封装	PCB 类型 尺寸(mm)	$R_{th(j-a)}$ 典型值 (K/W)	P_{tot} 典型值 $T_j = 150\text{ °C}$ $T_{amb} = 25\text{ °C}$ (mW)
DFN1006BD-2	FR4, 70 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	315	400
	FR4, 70 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	160	780
DFN1110D-3	FR4, 35 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	310	400
	FR4, 70 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	230 - 260[1]	480 - 540[1]
	FR4, 35 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	175 - 200[1]	625 - 715[1]
	FR4, 70 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	155	800
DFN1412D-3	FR4, 35 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	285	440
	FR4, 70 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	220 - 240[1]	520 - 570[1]
	FR4, 70 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	125 - 150[1]	830 - 1000[1]
DFN1608D-2	FR4, 70 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	270	460
	FR4, 70 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	125	1000
	陶瓷(Al_2O_3), 标准管脚尺寸	78	1600
DFN2020D-3	FR4, 70 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	210 - 250[1]	500 - 595[1]
	FR4, 70 μm 单端铜, 1 cm^2 阴极贴装焊盘	110 - 130[1]	960 - 1140[1]
	陶瓷(Al_2O_3), 标准管脚尺寸	60	2080

[1] $R_{th(j-a)}$ 和 P_{tot} 的给定范围强调了封装中芯片尺寸对热阻的影响

5. DFN1110D-3 与 SOT23 比较

如表 2 所示，根据 310 K/W 的 $R_{th(j-a)}$ 典型值计算得出，在采用标准管脚尺寸和 70 μm 铜厚的单侧 FR4 板上，DFN1110D-3 的功耗为 400 mW。其对等的有引脚封装 SOT23（主体尺寸大 3.4 倍）的 $R_{th(j-a)}$ 典型值为 350 K/W，计算得出的功耗为 360 mW，比 DFN1110D-3 低 10%。测得的数据与热模拟结果比较一致，如图 3 所示。

在模拟中，假设功耗为 250 mW，这样 SOT23 的结温则为 130°C，DFN1110D-3 为 115°C。在功耗给定的情况下，DFN 封装中较低的芯片结温还可作为额外的余量，以防由于特定应用的可靠性标准而要求降低最大结温。因此，器件的运行温度低很多，同时还可以节省大量的 PCB 空间。由于前面提到的外露散热器可以将热功率直接传入 PCB 中，因此 DFN1110D-3 具有出色的散热性能。

如表 2 中所示，增加的 1 cm^2 贴装焊盘一侧可能会使功耗翻倍。无引脚 DFN1110D-3 封装可直接替代有引脚 SOT23 封装，散热能力不会有任何损失，并且可获得更高的 P_{tot} 和 75% 的巨大 PCB 空间节省量。

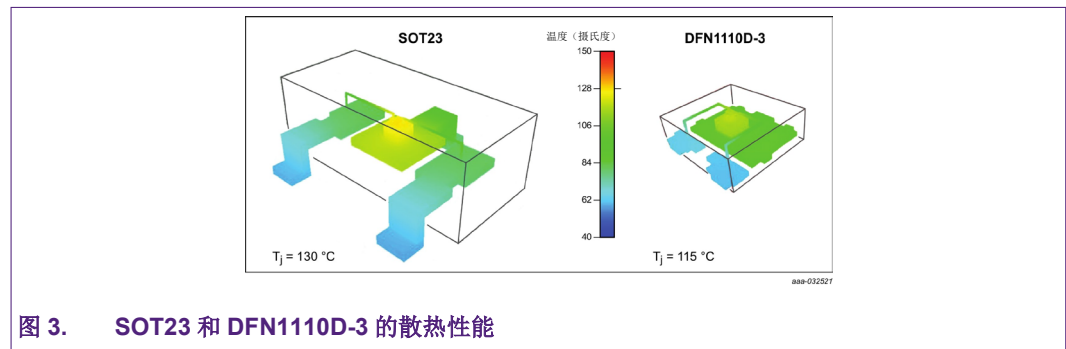


图 3: DFN1110D-3（右）与 SOT23（左）的散热性能模拟。模拟设置：FR4 PCB，采用 35 μm 厚铜线路，标准管脚尺寸， $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ 。在模拟中，假设功耗为 250 mW，这样 SOT23 的结温则为 130°C，DFN1110D-3 为 115°C。

6. DFN1608D-2 与 SOD123 比较

双引脚 DFN1608D-2 封装的主体尺寸为 1.28 mm^2 ，而对等的有引脚封装 SOD123 的主体尺寸为 4.32 mm^2 ，前者明显更小。DFN1608D-2 可实现 81% 的大幅 PCB 空间节省量，并且对散热性能不会有任何负面影响。通过比较 $R_{\text{th(j-a)}}$ 值可以发现，即使是在采用标准管脚尺寸的单侧铜层 FR4 板上，DFN1608D-2 的 $R_{\text{th(j-a)}}$ 值也已经明显低于 SOD123（为 270 K/W，而 SOD123 为 300 K/W）。再次强调一下，由于采用外露散热器，热量可通过直接路径传入 PCB 中，因此管脚尺寸明显更小的 DFN 封装具有出色的散热性能。在陶瓷 PCB 上，DFN1608D-2 的功耗可增加至高达 1600 mW，这表明该封装可实现极高的功率密度。

表 3. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列

产品	封装	PCB 类型	$R_{\text{th(j-a)}}$ 典型值 (K/W)	P_{tot} 典型值 $T_j = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{amb}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ (mW)
BCP68	SOT223	FR4, 35 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	150	830
		FR4, 35 μm 单端铜, 1 cm^2 集电极贴装焊盘	110	1140
		FR4, 35 μm 单端铜, 6 cm^2 集电极贴装焊盘	80	1560
BC868	SOT89	FR4, 35 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	200	570
		FR4, 35 μm 单端铜, 1 cm^2 集电极贴装焊盘	125	1090
		FR4, 35 μm 单端铜, 6 cm^2 集电极贴装焊盘	80	1560
BC68PAS	DFN2020D-3	FR4, 35 μm 单端铜, 标准管脚尺寸	260	480
		FR4, 35 μm 单端铜, 1 cm^2 集电极贴装焊盘	130	960
		FR4, 35 μm 单端铜, 6 cm^2 集电极贴装焊盘	100	1250
		FR4, 4 层铜, 1 cm^2 集电极贴装焊盘	65	1920

表 3: 20V 2A NPN BJT 在三种不同封装中的比较: SOT223、SOT89 和 DFN2020D-3。根据不同 PCB 设置下测得的 $R_{\text{th(j-a)}}$ ，比较了封装的散热能力。 P_{tot} 是在最大结温 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 和环境温度 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下计算得出的。

7. 与带有大型散热器的有引脚封装进行比较

尽管与对等的有引脚封装相比节省了大量空间，但两个重点介绍的 DFN 封装都具有出色的散热性能。这是因为外露散热器使得所述热流可直接进入 PCB 中。接下来的问题是，DFN 封装与带有大型散热器的较大有引脚封装（如 SOT223 和 SOT89）比较起来如何。

表 3 显示了 20 V 2A NPN 晶体管在 3 中不同封装中测得的 $R_{th(j-a)}$ 典型值和相应的 P_{tot} 值：SOT223、SOT89 和 DFN2020D-3。在采用标准管脚尺寸的单侧 FR4 PCB 上，SOT223 封装耗散的 P_{tot} 值最高，这是因为该封装采用了大型散热器。然而，通过将集电极贴装焊盘面积增大至 6 cm^2 （该设置模仿陶瓷板，可比较表 2 中的 $R_{th(j-a)}$ 值），DFN 封装中的 P_{tot} 典型值增加至 1250 mW。这相当于 SOT223 的 P_{tot} 值的约 80%，而该封装面积要大 5.7 倍。使用 1 cm^2 集电极贴装焊盘时，可实现 960 mW 的 P_{tot} 典型值，相当于 SOT89 功耗的 88%，而该封装面积要大 2.8 倍。

使用 4 层 FR4 PCB 和 1 cm^2 贴装焊盘面积时， P_{tot} 显著增加至 1920 mW，这说明 DFN2020D-3 封装具有出色的散热能力。DFN2020D-3 的散热能力还体现在其 $R_{th(j-sp)}$ 值上，即结点至焊点间的热阻。表 4 显示了与 SOT223 和 SOT89 的最大热阻比较。DFN2020D-3 的 $R_{th(j-sp)}$ 最大值仅比对等的封装高 25%，而后两者的面积要庞大得多。

表 4. 结点与焊点之间的最大热阻

封装	最大 $R_{th(j-sp)}$ (K/W)
SOT223	16
SOT89	16
DFN2020D-3	20

8. 总结

DFN 封装尺寸紧凑，适用于替代 PCB 上体积庞大的有引脚封装。高密度的 PCB 意味着功率密度也更高，这就要求封装具有出色的散热能力。DFN 封装采用外露散热器，且热通道经过优化，因此可满足这一要求。建议使用导热性更高的 PCB 类型，以充分利用 DFN 封装的优势。

即使是在采用标准管脚尺寸的标准 FR4 板上，小型 DFN 封装（如 DFN1110D-3 和 DFN1412D-3）的 P_{tot} 值也比其对等的有引脚封装更高，同时仍可节省大量 PCB 板空间。然而，就连 SOT223 和 SOT89 这样带有大型散热器的超大有引脚封装，也可以使用 DFN2020D-3 代替。在这种情况下，需要在标准 FR4 PCB 上采用 1 cm^2 贴装焊盘，以便与面积大 5.7 倍的 SOT223 耗散相同的功率。如果改为使用 4 层 PCB 或陶瓷板，可实现高达 1900 mW 的功耗，是 FR4 板上 SOT223 功耗的两倍以上。

9. 修订记录

表 5. 修订记录

修订编号	日期	描述
3.0	20201123	<ul style="list-style-type: none">更新了表 1：删除了 DFN1412D-6
2.0	20201118	<ul style="list-style-type: none">DFN1110(B)D-3 修订为 DFN1110D-3
1.0	20201102	AN90023 初始版本

10. 法律信息

定义

初稿 — 本文仅为初稿版本。内容仍在内部审查，尚未正式批准，可能会有进一步修改或补充。Nexperia 对此处所含信息的准确性或完整性不做任何说明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。

免责声明

有限保证和责任 — 本文档中的信息据信是准确和可靠的。但是，Nexperia 对此处所含信息的准确性或完整性不做任何明示或暗示的声明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。若文中信息并非来自 Nexperia，则 Nexperia 对该信息的内容概不负责。

在任何情况下，对于任何间接性、意外性、惩罚性、特殊性或后果性损害（包括但不限于利润损失、积蓄损失、业务中断、因拆卸或更换任何产品而产生的开支或返工费用），无论此等损害是否基于侵权行为（包括过失）、保证、违约或任何其他法理，Nexperia 均不承担任何责任。

对于因任何原因给客户带来的任何损害，Nexperia 对本文所述产品的总计责任和累积责任仅限于 Nexperia 商业销售条款和条件所规定的范围。

修改权 — Nexperia 有权随时修改本文档所发布的信息，包括但不限于规格和产品描述，恕不另行通知。本文档将取代并替换之前就此提供的所有信息。

适用性 — Nexperia 产品并非设计、授权或担保适用于生命维持、生命攸关或安全关键型系统或设备，亦非设计、授权或担保适用于在 Nexperia 产品失效或故障时可导致人员受伤、死亡或严重财产损失或环境损害的应用。Nexperia 及其供应商对在此类设备或应用中加入和/或使用 Nexperia 产品不承担任何责任，客户需自行承担因加入和/或使用 Nexperia 产品而带来的风险。

应用 — 本文档所载任何产品的应用只用于例证目的。此类应用若未进一步测试或修改用于特定用途，Nexperia 对其适用性不做任何声明或保证。

客户负责自行使用 Nexperia 产品进行设计和应用，对于应用或客户产品设计，Nexperia 均无义务提供任何协助。客户须自行负责检验 Nexperia 的产品是否适用于客户的规划应用和产品，以及是否适用于其第三方客户的规划应用和使用。客户应提供适当的设计和操作系统安全保障措施，以最大限度降低与应用和产品相关的风险。

对于因客户的应用或产品的任何缺陷或故障，或者客户的第三方客户的应用或使用导致的任何故障、损害、费用或问题，Nexperia 均不承担任何责任。客户负责对使用 Nexperia 产品的应用和产品执行所有必要的测试，以避免这些应用和产品或者客户的第三方客户的应用或使用存在任何缺陷。Nexperia 不承担与此相关的任何责任。

出口管制 — 本文档以及此处所描述的产品可能受出口法规的管制。出口可能需要事先经主管部门批准。

翻译 — 非英文（翻译）版文档仅供参考。如果翻译版与英文版之间存在任何差异，以英文版为准。

商标

注意：所有引用的品牌、产品名称、服务名称以及商标均为其各自所有者的资产。

表目录

表 1. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列	3
表 2. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列	4
表 3. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列	6
表 4. 结点与焊点之间的最大热阻	7
表 5. 修订记录	8

图目录

图 1. SOT23 与 DFN1110D-3 中热流的热模拟比较·····	2
图 2. SOT23 和 DFN2020D-3 上的红外测量·····	2
图 3. SOT23 和 DFN1110D-3 的散热性能·····	5

目录

1. 引言	2
2. 封装概念	2
3. Nexperia 的汽车 DFN 封装系列概览	3
4. 散热性能	4
5. DFN1110D-3 与 SOT23 比较	5
6. DFN1608D-2 与 SOD123 比较	6
7. 与带有大型散热器的有引脚封装进行比较	7
8. 总结	7
9. 修订记录	8
10. 法律信息	9

© Nexperia B.V. 2020 年。保留所有权利

更多详情，请访问：<http://www.nexperia.com>

如需获取销售办事处地址，请发送电子邮件至：salesaddresses@nexperia.com

发布日期：2020 年 11 月 23 日