

热设计

热阻和热特性参数的使用方法

数据表中记载了封装热阻 θ_{JA} 、 θ_{JC} 以及热特性参数 ψ_{JT} 。此应用说明如何在热设计中使用这些值。

热阻 θ_{JA} 的使用方法

热阻 θ_{JA} 是从器件 PN 结到周围环境温度的热阻。 θ_{JA} 的符号还有 R_{thJA} 、 $R_{\theta JA}$ 、Theta-JA。 θ_{JA} 用图表示的话就像 Figure1 一样。另外，如式 (1) 所示，结温度和周围环境温度的温差除以功率损耗 (热流量)。

数据表中记载 θ_{JA} 是在 JEDEC 标准 JESD51-2A 中定义的环境中测量的值。用于比较在相同环境下测量的其他产品和其他公司产品的散热性能。

在特定的应用下、环境与 JEDEC 不同， θ_{JA} 的值也不一样。因此，在特定应用下不能使用数据表中记载的 θ_{JA} 。将式(1)变形为 T_J 的式子来推定结温度。

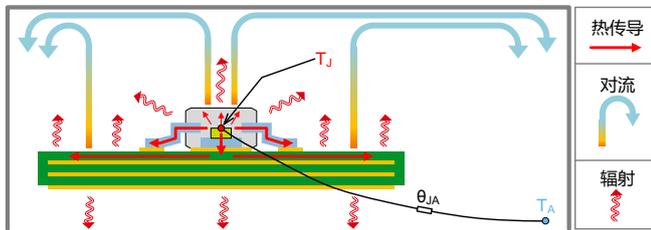


Figure 1. θ_{JA} 的定义

$$\theta_{JA} = \frac{T_J - T_A}{P_D} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (1)$$

- T_J : PN 结温度 [$^{\circ}\text{C}$]
- T_A : 周围环境温度 [$^{\circ}\text{C}$]
- P_D : 功率损耗 [W]

θ_{JA} 的使用例

事例 1:

在不同的产品之间比较 θ_{JA} ，选择散热性能好 (θ_{JA} 低) 的产品来使用。

制品	θ_{JA}	条件
A	40.5 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	JEDEC 4 层基板
B	33.1 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	JEDEC 4 层基板
C	157.2 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	JEDEC 1 层基板

在这个例子中，产品 A 和 B 的基板条件相同，所以可以进行比较，但是产品 C 的条件不同，所以不能进行比较。需要得到相同条件的数据。

事例 2:

预先通过现有应用已判断结温度时，在不同的产品间比较 θ_{JA} ，确定结温度相对变化多少 $^{\circ}\text{C}$ 。即使 JEDEC 下的 θ_{JA} 和现有应用下的 θ_{JA} 不同，是相对比较，也作为依据处理。

$$\Delta T_J = (\theta_{JA2} - \theta_{JA1}) \times P_D \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2)$$

θ_{JA1} : 制品 1 的热阻 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

θ_{JA2} : 制品 2 的热阻 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

P_D : 功率损耗 [W]

在使用产品 A 的当前应用中，结温度为 155 $^{\circ}\text{C}$ 。推测变更为产品 B 的话结温度会达到多少。功率损耗计算为 2W。

制品	θ_{JA}	条件
A	40.5 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	JEDEC 4 层基板
B	33.1 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	JEDEC 4 层基板

$$\Delta T_j = (33.1 - 40.5) \times 2 = -14.8 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$T_j = 155 - 14.8 = 140.2 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

事例 3:

TO 封装等通孔部件由于对 PCB 散热的影响小, 所以 IC 单体 θ_{JA} 记载在数据表中。如果应用中不使用散热器, 可以使用公式(3)估计结温度。应用下的环境温度, 需要考虑包含由于自身发热和其他零件发热导致环境温度上升部分的状态。

$$T_j = \theta_{JA} \times P_D + T_A \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3)$$

P_D : 功率损耗 [W]

T_A : 周围环境温度 [°C]

IC 单体的 θ_{JA} 为 70°C/W 、功率损耗为 1W、筐体内周围环境温度的最大值为 65°C 时, 可按以下公式进行推测。

$$T_j = 70 \times 1 + 65 = 135 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

事例 4:

「 θ_{JA} 的使用方法」项中, 虽然写了「不能使用数据表中记载的 θ_{JA} 。将式(1)变形为 T_j 的式子来推定结温度。」在电路设计阶段估计结温时, 理解根据 PCB 的不同 θ_{JA} 变化的基础上可以使用。SMD(Surface Mount Device)使用此方法进行粗略估计。

T_j 的推定使用式(3), θ_{JA} 使用哪个值变得重要了。 θ_{JA} 使用数据表中记载的值, 如果比起将来完成的 PCB 的 θ_{JA} , 数据表的 θ_{JA} 低的情况下余量为负了, 结温度超过绝对最大额定值的可能性变大。

为了防止这种情况, 使用热阻比设计的 PCB 还高的条件下的 θ_{JA} 。例如, 如果设计的 PCB 为 4 层, 则使用数据表中记载的 1 层 PCB 的 θ_{JA} 的方法。

JEDEC PCB	θ_{JA} ($^\circ\text{C/W}$)
1 层 (1s)	139.0
4 层 (2s2p)	35.6

Figure 2. HTSOP-J8 封装的 θ_{JA}

因为 1 层和 4 层 PCB 的铜箔面积有很大的不同 θ_{JA} 也有很大的差别 (Figure3)。如果余量取得过大, 结温明显超过时, 则可取得铜箔面积可变时的 θ_{JA} , 选择合适余量的 θ_{JA} (Figure4)。

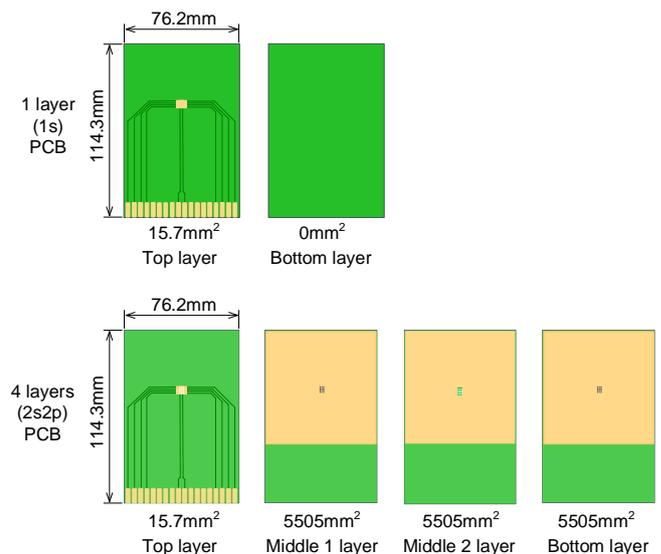


Figure 3. 1 层和 4 层 PCB 的铜箔面积差异

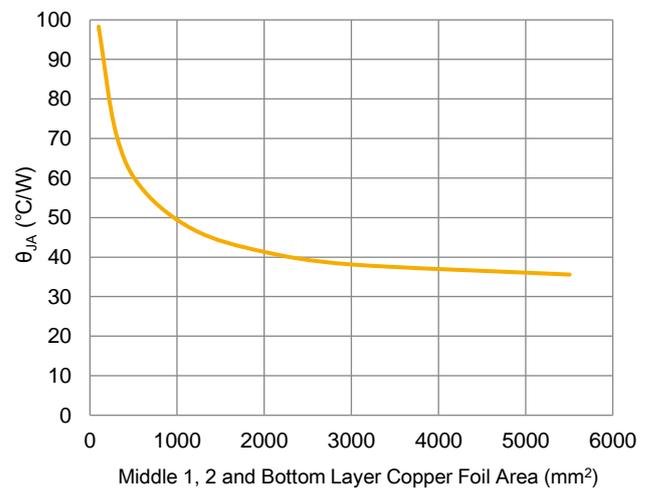


Figure 4. 改变铜箔面积时 θ_{JA} 的变化

热阻 θ_{JC} 的使用方法

热阻 θ_{JC} 是从器件 PN 结到壳体表面的热阻。 θ_{JC} 的符号还有 R_{thJC} 、 $R_{\theta JC}$ 、 Θ_{JC} 。数据表中记载 θ_{JC} 测量采用 JEDEC 标准 JESD51-14 中定义的 Transient Dual Interface (TDI) 测试方法。

θ_{JC} 用图表示的话,就像 Figure5 一样。 θ_{JC} 的测量环境是将封装表面与散热器接触,并对其他表面进行绝热测量,因此设想在非常好的冷却环境下使用,结产生的热量全部移动。因此,可以用于使用散热器的功率半导体应用的热设计。壳体的表面温度 T_C 是封装和 TIM (Thermal Interface Material) 界面的温度,不存在物理测量点。因此,不能用热电偶测定 T_C ,使用式(4)推定结温度。

$$T_J = \theta_{JC} \times P_D + T_C \quad [^\circ\text{C}] \quad (4)$$

P_D : 功率损耗 [W]

T_C : 壳体表面温度 [°C]

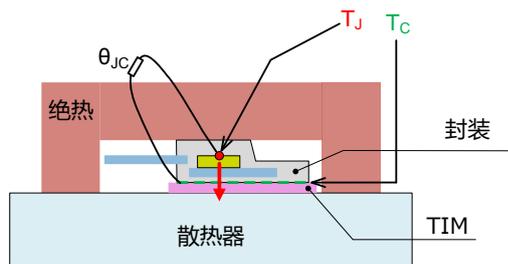


Figure 5. θ_{JC} の的定义
 T_C 是封装和 TIM 界面的温度

θ_{JC} 的使用例

事例 1:

预先通过现有应用已判断结温度时,在不同的产品间比较 θ_{JC} ,确定结温度相对变化多少 $^\circ\text{C}$ 。即使 JEDEC 下的 θ_{JC} 和特定的应用(实机)下 θ_{JC} 不同,是相对比较,也作为依据处理。

$$\Delta T_J = (\theta_{JC2} - \theta_{JC1}) \times P_D \quad [^\circ\text{C}] \quad (5)$$

θ_{JC1} : 制品 1 的热阻 [°C/W]

θ_{JC2} : 制品 2 的热阻 [°C/W]

P_D : 功率损耗 [W]

在使用产品 A 的当前应用中,结温度为 150°C 。推测变更为产品 B 的话结温度会达到多少。功率损耗计算为 5W。

制品	θ_{JC}	条件
A	2.6 $^\circ\text{C/W}$	JESD51-14
B	1.3 $^\circ\text{C/W}$	JESD51-14

$$\Delta T_J = (1.3 - 2.6) \times 5 = -6.5 \quad [^\circ\text{C}]$$

$$T_J = 150 - 6.5 = 143.5 \quad [^\circ\text{C}]$$

事例 2:

使用散热器进行热设计时。结温度如式(6)所示,从结到环境温度的热阻乘以设备的功率损耗,再加上环境温度求出。对于从结到周围环境温度的热阻,如 Figure6 所示,从结到壳体的热阻 θ_{JC} 、包含 TIM 的壳体到散热器的接触热阻 θ_{CH} 、从散热器到环境温度的热阻 θ_{HA} 。应用下的环境温度,需要考虑包含由于自身发热和其他零件发热导致环境温度上升的部分的状态。

$$T_J = (\theta_{JC} + \theta_{CH} + \theta_{HA}) \times P_D + T_A \quad [^\circ\text{C}] \quad (6)$$

θ_{JC} : 从结到壳体的热阻 [°C/W]

θ_{CH} : 从壳体到散热器的热阻 [°C/W]

θ_{HA} : 从散热器到周围温度的热阻 [°C/W]

P_D : 功率损耗 [W]

T_A : 周围环境温度 [°C]

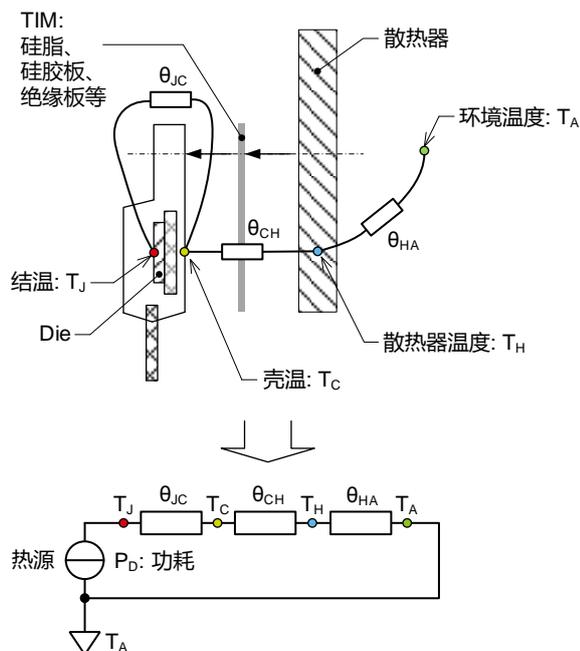


Figure 6. 从热源到周围环境散热等效电路

作为一个例子, 计算 TO-220FM 封装的 T_J 。 θ_{JC} 为 $2.6^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 、 θ_{CH} 从 TIM 的数据表读取热导率, 用式(7)换算为热阻。 θ_{HA} 假定使用 $10.9^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 的散热器。PD 为 3.5W , 框体内环境温度最大值为 60°C 时计算。

首先用公式(7)将 TIM 的热导率换算成热阻。

$$\theta_{CH} = \frac{t}{K \times L \times W} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (7)$$

t : 硅脂厚度 [m]

K : 热传导率 [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]

L : 壳体接触面长度 [m]

W : 壳体接触面宽度 [m]

TIM 的条件 (注意单位)

硅脂厚度 $t = 0.1$ [mm]

热传导率 $K = 1$ [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]

TO-220FM 接触面长度 $L = 14.8$ [mm]

TO-220FM 接触面宽度 $W = 9.9$ [mm]

$$\theta_{CH} = \frac{t}{K \times L \times W} = \frac{0.1}{1 \times \frac{14.8}{1000} \times \frac{9.9}{1000}} = 0.68 \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}]$$

然后将各参数代入式(6)中计算 T_J 。

$$T_J = (2.6 + 0.68 + 10) \times 3.5 + 60 = 106.5 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

热特性参数 Ψ_{JT} 的使用方法

热特性参数 Ψ_{JT} 表示从器件的 PN 结到封装外表面的上部中央的温度差除以施加给零件的功率而得到的值。 Ψ_{JT} 的符号还使用了 Psi-JT。 Ψ_{JT} 如图所示为 Figure 7。另外，用式表示的话，如 (8) 所示，结温度 T_J 和封装上面中心温度 T_T 的温度差除以功率损耗。

数据表中记载 Ψ_{JT} 是在 JEDEC 标准 JESD51-2A 中定义的环境中测量的值。通过在特定的应用下测量设备的封装温度，如果在同样的条件下测量温度特性参数，则可以估计结温度。Figure 7 表示散热路径，但 SMD 会向 PCB 释放大部分热量，因此通过结和封装顶部之间的热量流动非常小。因此， T_J 和 T_T 间温度差变得非常小， Ψ_{JT} 的值也变小。 Ψ_{JT} 值越小，即使 JEDEC 环境与特定应用环境之间存在差异，估计结温的误差也越小。

电路设计时使用 θ_{JA} 或 θ_{JC} 理论计算出结温后，在试制完成 PCB 时建议使用 Ψ_{JT} 实施实机确认。

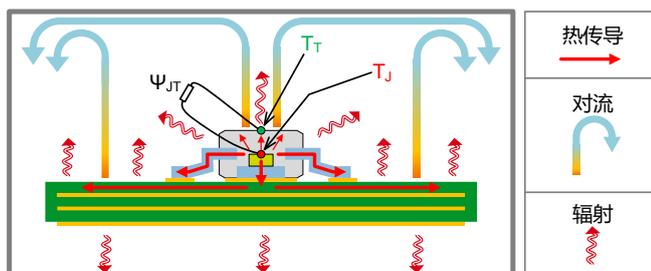


Figure 7. Ψ_{JT} 的定义

$$\psi_{JT} = \frac{T_J - T_T}{P_D} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (8)$$

T_J : 结温度 [$^{\circ}\text{C}$]

T_T : 封装上面中心温度 [$^{\circ}\text{C}$]

P_D : 功率损耗 [W]

Ψ_{JT} 的使用例

测定封装上面温度，使用记载在数据表中 Ψ_{JT} 估计结温度。

结温度用下式求得。

$$T_J = \Psi_{JT} \times P_D + T_T \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (9)$$

Ψ_{JT} : 从结到封装上面的热特性参数 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

P_D : 功率损耗 [W]

T_T : 封装上面中心的温度 [$^{\circ}\text{C}$]

准备计算所需的各个参数。

1. Ψ_{JT} 记载在数据表或热阻应用笔记上，从中选择最接近实际设备的 PCB 条件值。在需要更准确地求出结温度时，请在实机 PCB 中测量 Ψ_{JT} 。
2. P_D 是该设备运行时的功率损耗。通过实测或计算求得。
3. T_T 是将热电偶用导热性环氧粘合剂固定在封装的上面中央进行测定。测量时的注意事项请参照资料[3]。

总结

电路设计阶段使用热阻 θ_{JA} 或 θ_{JC} 估计结温度。 θ_{JA} 和 θ_{JC} 根据使用的封装或散热器的有无分开使用。有关详细信息，请参见下表。

试制的 PCB 完成时请使用热特性参数 Ψ_{JT} 确认结温度。 Ψ_{JT} 的值使用了数据表记载的数值，但需要更准确地求出结温度时，在实机 PCB 中请测量 Ψ_{JT} ，确认结温度。

	θ_{JA}	θ_{JC}	Ψ_{JT}
规格	JEDEC Standard JESD51-2A	JEDEC Standard JESD51-14	JEDEC Standard JESD51-2A
定义	从器件结到环境温度的热阻	从器件结到壳体表面的热阻，为了将该表面整体的温度变化控制在最小限度，必须适当地加散热板在相同的表面	表示结温度和部件封装外表面的上部中央的温度差除以施加给部件的功率而得到的值的热特性参数
使用阶段	电路设计时的理论计算	电路设计时的理论计算	试制时的实机测定
用途	<ol style="list-style-type: none"> 在不同的产品之间比较θ_{JA}，选择散热性能好（θ_{JA}低）产品时使用。 在不同的产品之间比较θ_{JA}，估计结温相对变化多少$^{\circ}\text{C}$。 推定在 TO 封装等通孔部件中不使用散热器时的结温度。 用 SMD 估计结温度（有条件）*1。 	<ol style="list-style-type: none"> 在不同的产品之间比较θ_{JC}，估计结温度相对变化多少$^{\circ}\text{C}$。 在 TO 封装等中使用散热器的应用中估计结温度。 	<ol style="list-style-type: none"> 用 SMD 测量封装上面的温度，推定结温度。 热设计（理论计算）是否正确，用实机确认结温度。
结温度的推定	目标器件：1.TO 封装等通孔部件中不使用散热器的应用。2.有条件的 SMD*1。 $T_J = \theta_{JA} \times P_D + T_A$ $P_D: \text{功率损耗 [W]}$ $T_A: \text{周围环境温度 [}^{\circ}\text{C]}$	目标器件：在 TO 封装等中使用散热器的应用 $T_J = (\theta_{JC} + \theta_{CH} + \theta_{HA}) \times P_D + T_A$ $\theta_{CH}: \text{接触热阻 [}^{\circ}\text{C/W]}$ $\theta_{HA}: \text{散热器热阻 [}^{\circ}\text{C/W]}$ $P_D: \text{功率损耗 [W]}$ $T_A: \text{周围环境温度 [}^{\circ}\text{C]}$	目标器件：SMD $T_J = \Psi_{JT} \times P_D + T_T$ $P_D: \text{功率损耗 [W]}$ $T_T: \text{封装上表面中心温度 [}^{\circ}\text{C]}$

TO: Transistor Outline

SMD: Surface Mount Device

*1: 在理解不同 PCB 中 θ_{JA} 有变化的基础上可以使用。选择有适当余量的 θ_{JA} 。

参考資料

- [1] [JESD51-2A](#), Integrated Circuits Thermal Test Method Environmental Conditions - Natural Convection (Still Air), January 2008
- [2] [JESD51-14](#), Transient Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Resistance Junction to Case of Semiconductor Devices with Heat Flow Through a Single Path, November 2010
- [3] 应用笔记 「[Notes for Temperature Measurement Using Thermocouples](#)」, ROHM CO., LTD., 2020

Notes

- 1) The information contained herein is subject to change without notice.
- 2) Before you use our Products, please contact our sales representative and verify the latest specifications :
- 3) Although ROHM is continuously working to improve product reliability and quality, semiconductors can break down and malfunction due to various factors.
Therefore, in order to prevent personal injury or fire arising from failure, please take safety measures such as complying with the derating characteristics, implementing redundant and fire prevention designs, and utilizing backups and fail-safe procedures. ROHM shall have no responsibility for any damages arising out of the use of our Products beyond the rating specified by ROHM.
- 4) Examples of application circuits, circuit constants and any other information contained herein are provided only to illustrate the standard usage and operations of the Products. The peripheral conditions must be taken into account when designing circuits for mass production.
- 5) The technical information specified herein is intended only to show the typical functions of and examples of application circuits for the Products. ROHM does not grant you, explicitly or implicitly, any license to use or exercise intellectual property or other rights held by ROHM or any other parties. ROHM shall have no responsibility whatsoever for any dispute arising out of the use of such technical information.
- 6) The Products specified in this document are not designed to be radiation tolerant.
- 7) For use of our Products in applications requiring a high degree of reliability (as exemplified below), please contact and consult with a ROHM representative : transportation equipment (i.e. cars, ships, trains), primary communication equipment, traffic lights, fire/crime prevention, safety equipment, medical systems, servers, solar cells, and power transmission systems.
- 8) Do not use our Products in applications requiring extremely high reliability, such as aerospace equipment, nuclear power control systems, and submarine repeaters.
- 9) ROHM shall have no responsibility for any damages or injury arising from non-compliance with the recommended usage conditions and specifications contained herein.
- 10) ROHM has used reasonable care to ensure the accuracy of the information contained in this document. However, ROHM does not warrants that such information is error-free, and ROHM shall have no responsibility for any damages arising from any inaccuracy or misprint of such information.
- 11) Please use the Products in accordance with any applicable environmental laws and regulations, such as the RoHS Directive. For more details, including RoHS compatibility, please contact a ROHM sales office. ROHM shall have no responsibility for any damages or losses resulting non-compliance with any applicable laws or regulations.
- 12) When providing our Products and technologies contained in this document to other countries, you must abide by the procedures and provisions stipulated in all applicable export laws and regulations, including without limitation the US Export Administration Regulations and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act.
- 13) This document, in part or in whole, may not be reprinted or reproduced without prior consent of ROHM.



Thank you for your accessing to ROHM product informations.
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.com.cn/contactus>