

热设计

热评估判定标准

在半导体器件的热设计中，结温必须在绝对最大额定值以下。由于没有直接测量结温的方法，所以需要某些方法估算结温。结温估算的实现方法因元器件的形状和应用的结构而异，且很多公司也有基于各自经验和知识技术的独有方法。所有这些方法中没有所谓的唯一正解。本应用笔记本将介绍并验证几种估算结温的方法，请将其作为热评估判定标准来参考。

结温的估算方法

由于电路设计时没有 PCB，因此通常会通过计算机计算来估算结温（以下简称 T_J ），试制完成 PCB 时则使用实机估算 T_J 。为了更准确地估算 T_J ，最理想的是让实机处于最终工作状态（如果壳体是密闭结构的话就让其密闭，如果有其他发热源的话，就让其工作发热，外部气温设定为预计的最大温度等）。

下面介绍 3 种 T_J 的估算方法。

1. 测量壳体内温度，将测量结果作为环境温度 T_A ，使用规格书中记述的 θ_{JA} 估算 T_J 。
2. 测量元器件引脚的焊料部位的温度来估算 T_J 。
3. 测量封装上表面中央部位的温度 T_T ，使用规格书中记述的 Ψ_{JT} 估算 T_J 。

接下来依次介绍验证结果，通过热流体仿真验证以下特定的应用结构。

Figure1 为基板布局。基板的左半部分配置有 3 个 DC-DC 转换器系统发热。基板的右半部分没有发热部件。

基板的规格如下所示。

- 厚度: 1.6mm
- 外形尺寸: 100mm × 80mm
- 材质: FR-4
- 铜箔厚度: Top 70 μ m, Middle-1 35 μ m,
Middle-2 35 μ m, Bottom 70 μ m
- 热通孔: 无

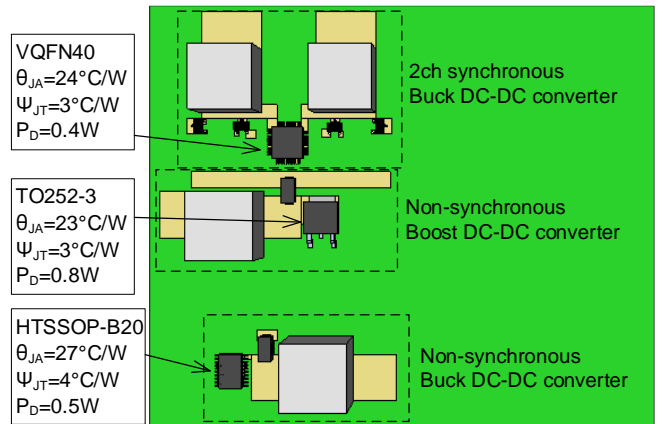


Figure 1. 基板布局

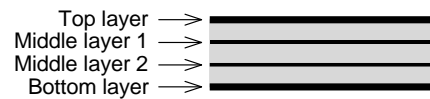


Figure 2. 4 层基板剖面图

如 Figure3 基板处于放入密闭树脂壳体中的状态。

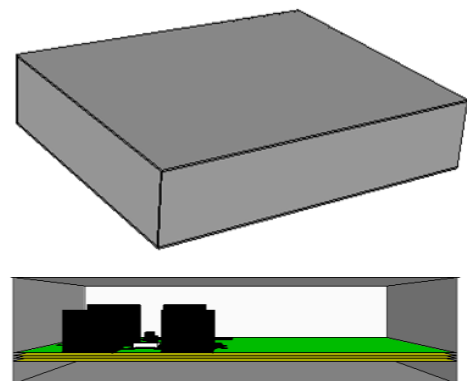


Figure 3. 壳体外观和剖面图
101mm × 81mm × 21mm

各 DC-DC 转换器 IC 的外观图如 Figure4 所示。



Figure 4. DC-DC 转换器 IC 的外观图

在以上条件下仿真的 T_J 结果如 Figure5 所示。下面将对仿真结果与后面实施的 3 种 T_J 估算结果的差异。

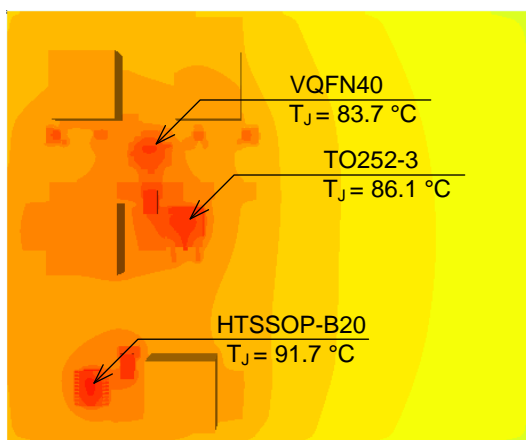


Figure 5. T_J 仿真结果

1. 测量壳体内温度，将测量结果作为环境温度 T_A ，使用规格书中记述的 θ_{JA} 估算 T_J

在壳体内的 2 点读取 T_A 的结果如 Figure6 所示。A 点位于受热源影响的 VQFN40 上方 5mm 的位置，B 点位于远离热源的壳体边缘部位。

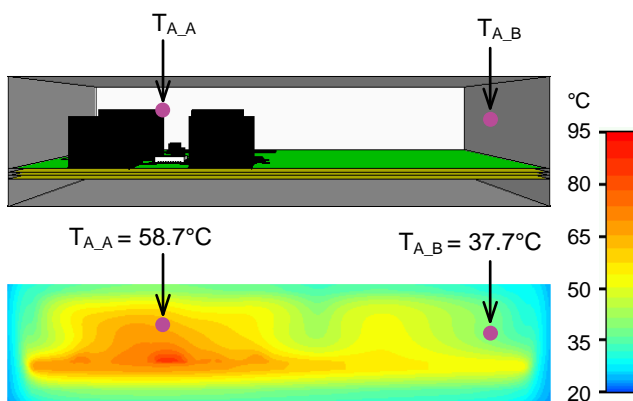


Figure 6. 在壳体内 2 点读取的 T_A 结果

使用公式 1 求得各 IC 的 T_J 。

$$T_J = \theta_{JA} \times P_D + T_A \quad [^\circ\text{C}] \quad (1)$$

θ_{JA} : 结温到环境的热阻 [$^\circ\text{C}/\text{W}$]

P_D : 功率损耗 [W]

T_A : 环境温度 [$^\circ\text{C}$]

VQFN40

A 点: $T_J = 24[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.4[\text{W}] + 58.7[^\circ\text{C}] = 68.3 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-15.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (-18.4%)

B 点: $T_J = 24[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.4[\text{W}] + 37.7[^\circ\text{C}] = 47.3 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-36.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (-43.5%)

TO252-3

A 点: $T_J = 23[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.8[\text{W}] + 58.7[^\circ\text{C}] = 77.1 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-9.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (-10.5%)

B 点: $T_J = 23[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.8[\text{W}] + 37.7[^\circ\text{C}] = 56.1 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-30.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (-34.8%)

HTSSOP-B20

A 点: $T_J = 27[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.5[\text{W}] + 58.7[^\circ\text{C}] = 72.2 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-19.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (-21.3%)

B 点: $T_J = 27[^\circ\text{C}/\text{W}] \times 0.5[\text{W}] + 37.7[^\circ\text{C}] = 51.2 \text{ }^\circ\text{C}$

与真值的差: $-40.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (-44.2%)

与 Figure5 的真值相比， T_J 被低估了。该方法的问题点如下。

1. 由于 T_A 因检测位置不同而不同，所以很难将 T_A 设为常数。
2. θ_{JA} 因基板条件而变化，所以在实机基板上不能使用规格书上的 θ_{JA}

综上所述，我们不能用这种方法来估算 T_J 。

2. 测量元器件引脚的焊料部位的温度来估算 T_J

测量元器件引脚的焊料部位的温度，例如，如果焊料部位的温度在 140°C 以下的话，则判定 T_J 不超过 150°C 的方法。

各 IC 的引脚温度如 Figure 7 所示。

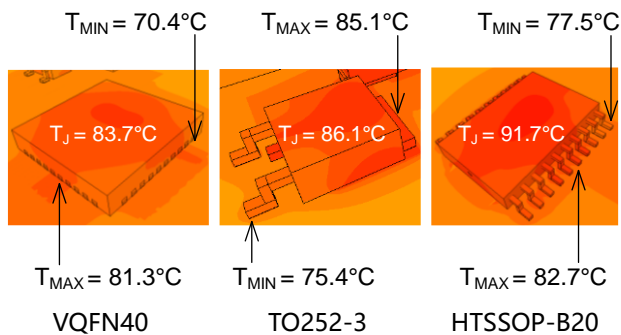


Figure 7. 各 IC 的引脚温度

下面计算各封装的 T_J 和引脚温度的差。

VQFN40

$$T_J - T_{MAX} = 83.7[^{\circ}\text{C}] - 81.3[^{\circ}\text{C}] = 2.4^{\circ}\text{C}$$

$$T_J - T_{MIN} = 83.7[^{\circ}\text{C}] - 70.4[^{\circ}\text{C}] = 13.3^{\circ}\text{C}$$

TO252-3

$$T_J - T_{MAX} = 86.1[^{\circ}\text{C}] - 85.1[^{\circ}\text{C}] = 1.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_J - T_{MIN} = 86.1[^{\circ}\text{C}] - 75.4[^{\circ}\text{C}] = 10.7^{\circ}\text{C}$$

HTSSOP-B20

$$T_J - T_{MAX} = 91.7[^{\circ}\text{C}] - 82.7[^{\circ}\text{C}] = 9.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_J - T_{MIN} = 91.7[^{\circ}\text{C}] - 77.5[^{\circ}\text{C}] = 14.2^{\circ}\text{C}$$

各封装的结果各不相同。该方法需注意以下内容。

1. 各封装的 T_J 与引脚温度之间的温度差各不相同
2. 引脚温度因测量点而异。

此方法仅适用于在特定应用下，正确把握 T_J 与特定引脚温度之间的差时。

3. 测量封装上表面中央部位的温度 T_T ，使用规格书中记述的 Ψ_{JT} 估算 T_J 。

各 IC 的上表面中央部位的温度读取结果如 Figure 8 所示。

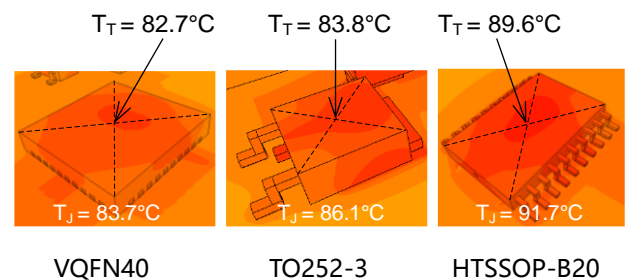


Figure 8. 各 IC 的 T_T

使用公式 2 求得各 IC 的 T_J 。

$$T_J = \Psi_{JT} \times P_D + T_T \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2)$$

Ψ_{JT} : 结温到封装上表面的热特性参数 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

P_D : 功率损耗 [W]

T_T : 封装上表面中央部位的温度 [$^{\circ}\text{C}$]

VQFN40

$$T_J = 3[^{\circ}\text{C}/\text{W}] \times 0.4[\text{W}] + 82.7[^{\circ}\text{C}] = 83.9^{\circ}\text{C}$$

与真值的差: 0.2°C (0.24 %)

TO252-3

$$T_J = 3[^{\circ}\text{C}/\text{W}] \times 0.8[\text{W}] + 83.8[^{\circ}\text{C}] = 86.2^{\circ}\text{C}$$

与真值的差: 0.1°C (0.12 %)

HTSSOP-B20

$$T_J = 4[^{\circ}\text{C}/\text{W}] \times 0.5[\text{W}] + 89.6[^{\circ}\text{C}] = 91.6^{\circ}\text{C}$$

与真值的差: -0.1°C (-0.11 %)

测量 T_T 并使用 Ψ_{JT} ，可以估算出精度较高的 T_J 。但是，如果不能正确测量 T_T ，则这种方法估算出的 T_J 误差也会变大。可以使用热电偶测量 T_T ，测量时的注意事项请参照以下应用笔记。

应用笔记 [[Notes for Temperature Measurement Using Thermocouples](#)]

总结

| | 方法 1 测量壳体内温度，将测量结果作为环境温度 T_A ，使用规格书中记述的 θ_{JA} 估算 T_J 。 | 方法 2 测量元器件引脚的焊料部位的温度来估算 T_J 。 | 方法 3 测量封装上表面中央部位的温度 T_T ，使用规格书中记述的 Ψ_{JT} 估算 T_J 。 |
|-------------|--|--|---|
| 问题点或注意事项 | <p>问题点</p> <ul style="list-style-type: none"> - 由于 T_A 因检测位置不同而不同，所以很难将 T_A 设为常数。 - θ_{JA} 因基板条件而变化，所以在实机基板上不能使用规格书上的 θ_{JA} | <p>注意事项</p> <ul style="list-style-type: none"> - 各封装的 T_J 与引脚温度之间的温度差各不相同 - 引脚温度因测量点而异。 | <p>注意事项</p> <ul style="list-style-type: none"> - 需要使用热电偶精确测量 T_T 的技能。 - 为了更准确地估算 T_J，需要在特定应用基板上测得 Ψ_{JT}。 |
| T_J 估算的精度 | 无法估算 T_J 。 | 仅适用于在特定应用下，正确把握 T_J 与特定引脚温度之间的差时。 | 用热电偶精确测量 T_T 并使用 Ψ_{JT} ，可以估算出高精度的 T_J 。 |

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>