

Cálculo Térmico

1. Objetivos

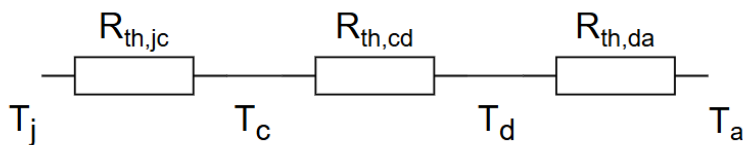
- **Determinar** a resistência térmica total permitida para o sistema.
- **Estimar** a resistência térmica interna (da junção ao encapsulamento e interface) do componente.
- **Calcular** o valor máximo aceitável para a resistência térmica do dissipador ($R_{th,sa}$).
- **Selecionar** um dissipador comercial que atenda aos requisitos de desempenho.
- **Determinar** a temperatura final do dissipador a partir da potência dissipada e da resistência térmica do dissipador.

2. Conceitos Básicos

2.1. Modelo Elétrico-Térmico

O fluxo de calor do componente até o ambiente pode ser modelado por um circuito térmico equivalente, onde se encontram:

- $R_{th,jc}$: Resistência térmica da junção até o case.
- $R_{th,cd}$: Resistência térmica da interface entre o case e o dissipador (influenciada pela pasta ou pad térmico).
- $R_{th,da}$: Resistência térmica do dissipador para o ambiente.



A elevação de temperatura total é dada por:

$$T_j - T_a = P_{diss} \times (R_{th,jc} + R_{th,cd} + R_{th,da})$$

onde:

- T_j é a temperatura da junção;
- T_c é a temperatura do case;
- T_d é a temperatura do dissipador;
- T_a é a temperatura ambiente;
- P_{diss} é a potência dissipada pelo componente.

2.2. Cálculo da Resistência Térmica

O primeiro passo é definir a **resistência térmica total permitida** com base na margem térmica disponível:

$$R_{th,total} = (T_{j,max} - T_a) / P_{diss}$$

Sabendo que as resistências térmicas se encontram em série, a parcela de dissipação para o dissipador é:

$$R_{th,da} = R_{th,total} - (R_{th,jc} + R_{th,cd})$$

Este valor define o alvo para a seleção do dissipador comercial.

3. Exemplo Prático de Seleção

Exemplo 1

Dados do Problema:

- Temperatura máxima da junção, $T_{j,max} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura ambiente, $T_a = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Potência dissipada, $P_{diss} = 50\text{ W}$
- $R_{th,jc} = 0,5\text{ }^{\circ}\text{C/W}$
- $R_{th,cd} = 0,5\text{ }^{\circ}\text{C/W}$

Passo 1: Calcular a Resistência Térmica Total

$$R_{th,total} = \frac{150^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}}{50\text{W}} = \frac{110^{\circ}\text{C}}{50\text{W}} = 2,2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

Passo 2: Determinar a Resistência Térmica Disponível para o Dissipador

$$R_{th,da} = 2,2\text{ }^{\circ}\text{C/W} - (0,5\text{ }^{\circ}\text{C/W} + 0,5\text{ }^{\circ}\text{C/W}) = 1,2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

Passo 3: Seleção do Dissipador Comercial

Procure um dissipador que, conforme seu datasheet, apresente:

- $R_{th,da} \leq 1,2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$
- Validação das condições de montagem e de fluxo de ar (seja convecção natural ou forçada).

Observação: A qualidade do contato térmico (utilização de pasta de alta condutividade ou pads eficientes) é crucial para que o valor real de $R_{th,cd}$ se mantenha dentro do esperado.

4. Determinação da Temperatura Final do Dissipador

Após selecionar o dissipador comercial e garantir que sua resistência térmica ($R_{th,da}$) seja compatível com a dissipação térmica, é importante saber qual será a temperatura final do dissipador quando o componente dissipar P_{diss} watts de potência.

4.1. Conceito

O dissipador, ao conduzir e convectar o calor, terá sua temperatura de superfície (T_d) elevada acima da temperatura ambiente devido à potência convertida em calor. Essa elevação é dada pelo produto da potência dissipada e a resistência térmica do dissipador para o ambiente.

4.2. Formulação

A temperatura final do dissipador pode ser calculada como:

$$T_d = T_a + P_{diss} \times R_{th,da}$$

onde:

- T_d é a temperatura de superfície do dissipador,
- T_a é a temperatura ambiente,
- P_{diss} é a potência dissipada pelo componente,
- $R_{th,da}$ é a resistência térmica do dissipador para o ambiente.

4.3. Exemplo Prático

Considerando os dados do Exemplo 1 e utilizando o dissipador comercial com $R_{th,da}$ calculado de $1,2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$:

$$T_d = 40^\circ\text{C} + 50\text{W} \times 1,2 \text{ } ^\circ\text{C/W} = 40^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$$

Portanto, a temperatura de superfície do dissipador será de aproximadamente $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ sob a condição de 50 W de dissipação.

Pontos Importantes:

- Essa análise é uma estimativa e assume condições estáveis e uniformes de dissipação.
 - Fatores como a orientação do dissipador, fluxo de ar e condições reais de montagem podem influenciar esse valor.
 - Em casos de ventilação forçada, o coeficiente de convecção aumenta, podendo reduzir a temperatura final do dissipador.
-

5. Considerações Adicionais

- **Validação Experimental:**

Realize medições, por exemplo com termopares ou câmeras termográficas, para confirmar a elevação de temperatura observada no dissipador em condições operacionais reais.

- **Condições de Operação:**

Verifique se os valores de $R_{th,sa}$ e as condições de convecção informadas no datasheet correspondem às condições ambientais de uso do projeto.

- **Interface Térmica:**

A eficiência do contato entre o componente e o dissipador é crucial para que os cálculos sejam precisos. Use pastas ou pads térmicos indicados para minimizar $R_{th,cs}$.

6. Conclusão

Ao trabalhar com dissipadores comerciais, o foco é determinar a dissipação térmica e assegurar que a combinação das resistências térmicas internas e do dissipador mantenha a temperatura da junção dentro dos limites seguros. Complementarmente, a determinação da temperatura final do dissipador (T_s) é fundamental para entender o comportamento térmico real do sistema e validar o desempenho do dissipador escolhido. Essa abordagem é essencial para garantir a confiabilidade dos componentes eletrônicos de potência em aplicações reais.
