

Eletrônica Aplicada (EAP60807)

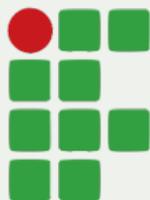
Curso Técnico Integrado em Telecomunicações

Cálculo térmico

Prof. Roberto Wanderley da Nóbrega

roberto.nobrega@ifsc.edu.br

docente.ifsc.edu.br/roberto.nobrega

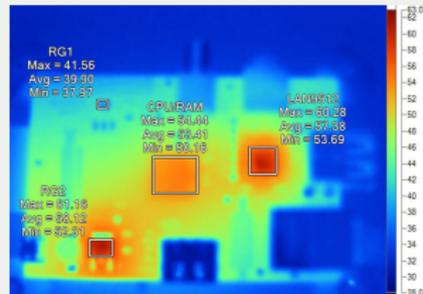


**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

Câmpus
São José

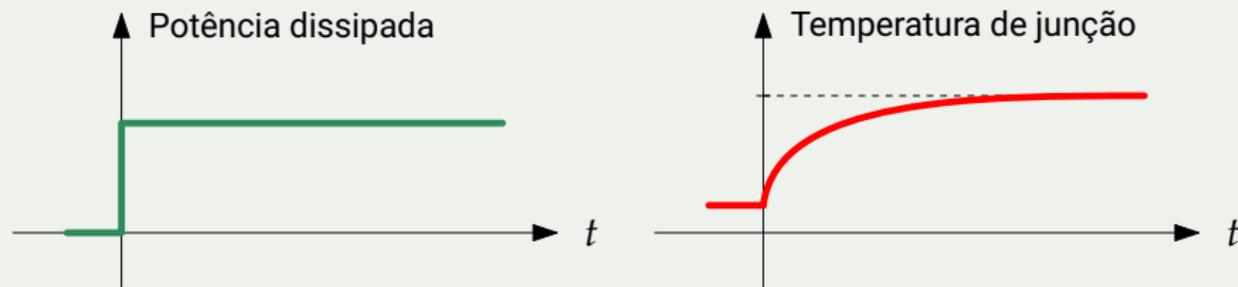
Introdução ao cálculo térmico

- As correntes que circulam nos componentes geram calor.
- O calor deve ser transferido do componente para o ambiente.
- Em muitos casos, é necessário o uso de um **dissipador térmico**.



Transitório e regime permanente térmicos

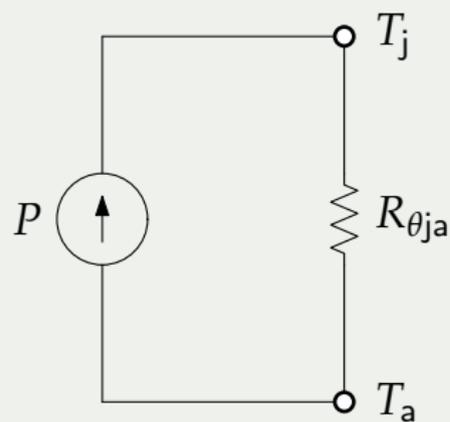
A **temperatura de junção** é a temperatura no interior do componente.



Iremos focar apenas no regime permanente térmico.



Circuito térmico equivalente (em regime permanente térmico):



Potência dissipada P W

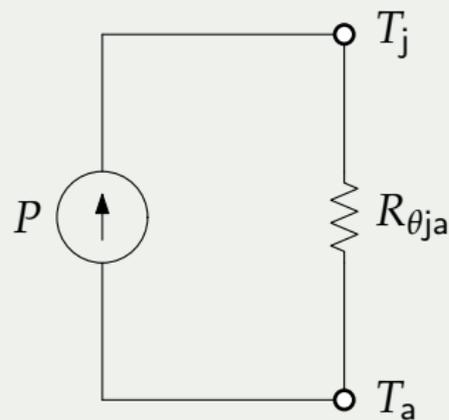
Temperatura de junção T_j °C

Temperatura ambiente T_a °C

Resistência térmica
junção-ambiente $R_{\theta_{ja}}$ °C/W



Circuito térmico equivalente (em regime permanente térmico):



Potência dissipada P W

Temperatura de junção T_j °C

Temperatura ambiente T_a °C

Resistência térmica
junção-ambiente $R_{\theta_{ja}}$ °C/W

Pela “Lei de Ohm”:

$$T_j = R_{\theta_{ja}} P + T_a.$$



Exemplo: Cálculo térmico sem dissipador

Exemplo

Considere o BJT TIP120. Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de 2,8 W e que o ambiente se encontra a 25 °C.



Exemplo: Cálculo térmico sem dissipador

Exemplo

Considere o BJT TIP120. Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de 2,8 W e que o ambiente se encontra a 25 °C.

Do enunciado: $P = 2,8\text{ W}$ e $T_a = 25\text{ °C}$.



Exemplo

Considere o BJT TIP120. Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de 2,8 W e que o ambiente se encontra a 25 °C.

Do enunciado: $P = 2,8 \text{ W}$ e $T_a = 25 \text{ °C}$.

Do datasheet: $R_{\theta ja} = 62,5 \text{ °C/W}$, $T_j^{\text{max}} = 150 \text{ °C}$.



Exemplo

Considere o BJT TIP120. Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de 2,8 W e que o ambiente se encontra a 25 °C.

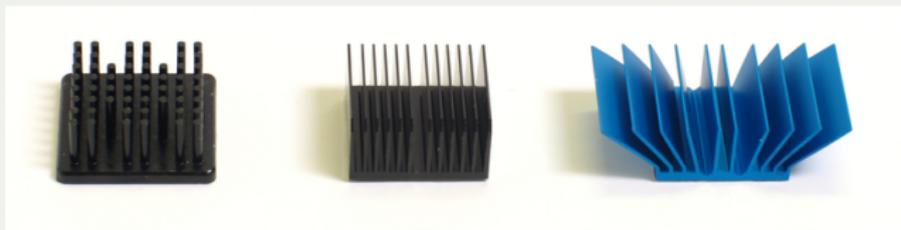
Do enunciado: $P = 2,8 \text{ W}$ e $T_a = 25 \text{ °C}$.

Do datasheet: $R_{\theta ja} = 62,5 \text{ °C/W}$, $T_j^{\text{max}} = 150 \text{ °C}$.

Portanto:

$$\begin{aligned} T_j &= R_{\theta ja} P + T_a \\ &= (62,5 \text{ °C/W})(2,8 \text{ W}) + 25 \text{ °C} \\ &= 175 \text{ °C} + 25 \text{ °C} \\ &= 200 \text{ °C. } \quad \times \end{aligned}$$

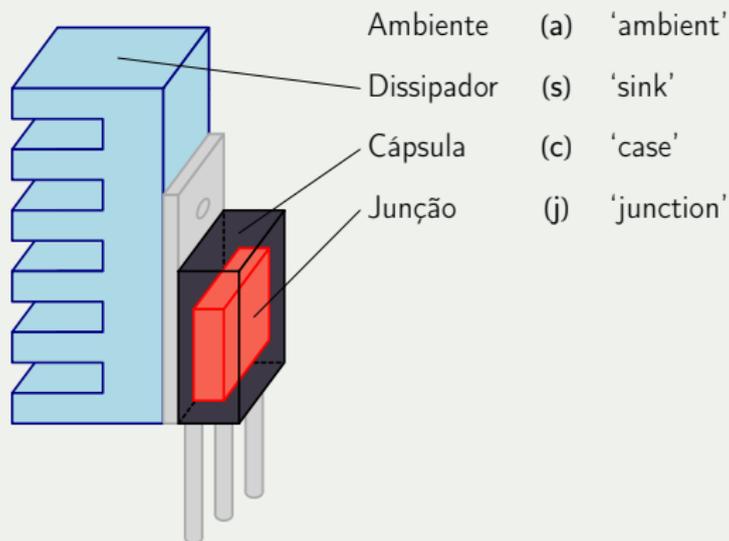




- Facilitam a transferência de calor do componente para o ambiente.
- Geralmente construídos de alumínio ou cobre.
- Anexados à cápsula através de pasta ou adesivo térmico.
- Pode ou não haver ventilação forçada.



Dissipadores térmicos: Diagrama físico

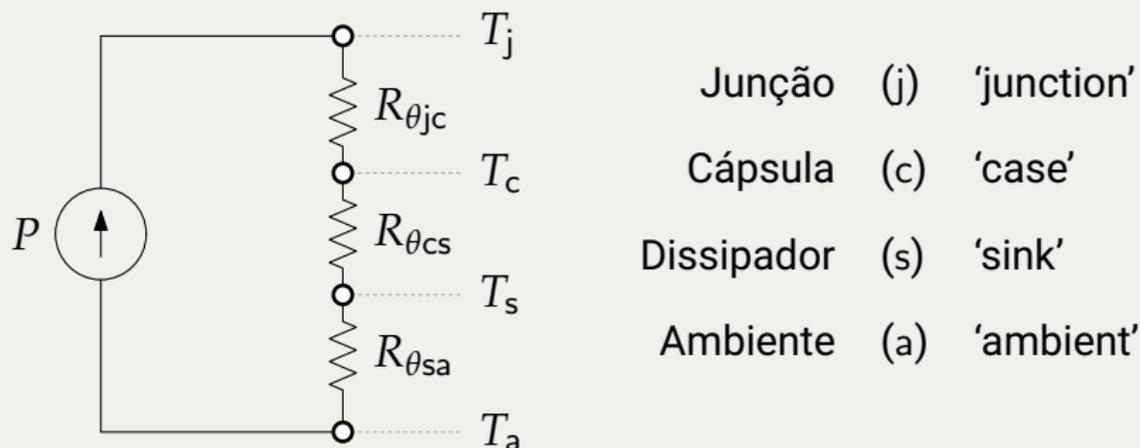


Nesse caso, a resistência térmica junção-ambiente é dada por

$$R_{\theta ja} = R_{\theta jc} + R_{\theta cs} + R_{\theta sa}.$$



Circuito térmico equivalente quando utiliza-se dissipador:



- $R_{\theta_{jc}}$: Datasheet do componente eletrônico.
- $R_{\theta_{cs}}$: Valor típico de $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ou datasheet do componente eletrônico.
- $R_{\theta_{sa}}$: Datasheet do dissipador térmico.



Exemplo: Cálculo térmico com dissipador

Exemplo

Considere o BJT TIP120 anexado a um dissipador de $32,08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de $2,8\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Exemplo

Considere o BJT TIP120 anexado a um dissipador de $32,08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de $2,8\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Do enunciado: $P = 2,8\text{ W}$, $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_{\theta_{sa}} = 32,08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.



Exemplo

Considere o BJT TIP120 anexado a um dissipador de $32,08\text{ °C/W}$.
Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de $2,8\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a 25 °C .

Do enunciado: $P = 2,8\text{ W}$, $T_a = 25\text{ °C}$, $R_{\theta sa} = 32,08\text{ °C/W}$.

Do datasheet: $R_{\theta jc} = 1,92\text{ °C/W}$, $T_j^{\text{max}} = 150\text{ °C}$.



Exemplo

Considere o BJT TIP120 anexado a um dissipador de $32,08\text{ °C/W}$.
Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de $2,8\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a 25 °C .

Do enunciado: $P = 2,8\text{ W}$, $T_a = 25\text{ °C}$, $R_{\theta sa} = 32,08\text{ °C/W}$.

Do datasheet: $R_{\theta jc} = 1,92\text{ °C/W}$, $T_j^{\max} = 150\text{ °C}$.

Portanto:

$$\begin{aligned}R_{\theta ja} &= R_{\theta jc} + R_{\theta cs} + R_{\theta sa} \\ &= 1,92\text{ °C/W} + 1\text{ °C/W} + 32,08\text{ °C/W} \\ &= 35\text{ °C/W}.\end{aligned}$$



Exemplo

Considere o BJT TIP120 anexado a um dissipador de $32,08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
Determine a temperatura de junção do transistor sabendo que a potência dissipada pelo mesmo é de $2,8\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Do enunciado: $P = 2,8\text{ W}$, $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_{\theta_{sa}} = 32,08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

Do datasheet: $R_{\theta_{jc}} = 1,92\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$, $T_j^{\text{max}} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Portanto:

$$\begin{aligned}T_j &= R_{\theta_{ja}} P + T_a \\&= (35\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W})(2,8\text{ W}) + 25\text{ }^{\circ}\text{C} \\&= 98\text{ }^{\circ}\text{C} + 25\text{ }^{\circ}\text{C} \\&= 123\text{ }^{\circ}\text{C}. \quad \checkmark\end{aligned}$$



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ °C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta ja} = 62 \text{ °C/W}$.
- $R_{\theta cs} = 0,5 \text{ °C/W}$.
- $R_{\theta jc} = 3,5 \text{ °C/W}$.
- $T_j^{\max} = 175 \text{ °C}$.



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30\text{ °C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta_{ja}} = 62\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta_{cs}} = 0,5\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta_{jc}} = 3,5\text{ °C/W}$.
- $T_j^{\text{max}} = 175\text{ °C}$.

Sem dissipador:

$$T_j = R_{\theta_{ja}} P + T_a = (62\text{ °C/W})(10\text{ W}) + 30\text{ °C} = 650\text{ °C}. \quad \times$$



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30\text{ °C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta_{ja}} = 62\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta_{cs}} = 0,5\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta_{jc}} = 3,5\text{ °C/W}$.
- $T_j^{\text{max}} = 175\text{ °C}$.

Sem dissipador:

$$T_j = R_{\theta_{ja}} P + T_a = (62\text{ °C/W})(10\text{ W}) + 30\text{ °C} = 650\text{ °C}. \quad \color{red}{\times}$$

\therefore é necessário dissipador.



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta ja} = 62 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta cs} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta jc} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $T_j^{\text{max}} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$.

Com dissipador:



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10\text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30\text{ °C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta ja} = 62\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta cs} = 0,5\text{ °C/W}$.
- $R_{\theta jc} = 3,5\text{ °C/W}$.
- $T_j^{\max} = 175\text{ °C}$.

Com dissipador:

$$T_j = R_{\theta ja} P + T_a \leq T_j^{\max}.$$



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ °C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta ja} = 62 \text{ °C/W}$.
- $R_{\theta cs} = 0,5 \text{ °C/W}$.
- $R_{\theta jc} = 3,5 \text{ °C/W}$.
- $T_j^{\max} = 175 \text{ °C}$.

Com dissipador:

$$T_j = R_{\theta ja} P + T_a \leq T_j^{\max}.$$

$$R_{\theta ja} \leq \frac{T_j^{\max} - T_a}{P} = \frac{175 \text{ °C} - 30 \text{ °C}}{10 \text{ W}} = 14,5 \text{ °C/W}.$$



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta ja} = 62 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta cs} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta jc} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $T_j^{\max} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$.

Com dissipador:

$$R_{\theta ja} = \underbrace{R_{\theta jc}}_{3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}} + \underbrace{R_{\theta cs}}_{0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}} + R_{\theta sa} \leq 14,5 \text{ }^\circ\text{C/W}.$$



Exemplo

Considere o MOSFET IRF510. Determine um dissipador adequado sabendo que a potência dissipada pelo transistor é de $P = 10 \text{ W}$ e que o ambiente se encontra a $T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Do datasheet do transistor:

- $R_{\theta_{ja}} = 62 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta_{cs}} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $R_{\theta_{jc}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$.
- $T_j^{\text{max}} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$.

Com dissipador:

$$R_{\theta_{ja}} = \underbrace{R_{\theta_{jc}}}_{3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}} + \underbrace{R_{\theta_{cs}}}_{0,5 \text{ }^\circ\text{C/W}} + R_{\theta_{sa}} \leq 14,5 \text{ }^\circ\text{C/W}.$$

$$R_{\theta_{sa}} \leq 10,5 \text{ }^\circ\text{C/W}.$$



E Series Heatsinks

For TO-220 devices



FEATURES

- Vertical through-hole PCB mounting
- 0.142 in. diameter mounting holes

SERIES SPECIFICATIONS

Heatsink Part Number	For Package Type	Ohmite Resistor Series	Surface Area (in ²)	Weight	Thermal Resistance* (°C/W)
EV-T220-38E	TO-220	TBH25, TCH35	11.5	0.63 oz/18g	11.4
EA-T220-38E					9.5
EV-T220-51E	TO-220	TBH25, TCH35	15.2	0.85 oz/24g	9.0
EA-T220-51E					7.5
EV-T220-64E	TO-220	TBH25, TCH35	18.8	1.06 oz/30g	7.4
EA-T220-64E					6.2

*Natural convection at 10W dissipation



- 1 Transitório térmico.
- 2 Fluidodinâmica computacional.



Não vimos nem a ponta do iceberg!



Referências

-  IVO BARBI.
ELETRÔNICA DE POTÊNCIA.
Edição do Autor, 4th edition, 2000.

