

Equivalenza modello termico ed elettrico (1/3)

**Si suppone di studiare i componenti a regime termico
In tale situazione la struttura del componente generico
può essere descritta con una *rete termica* analoga a una
rete elettrica se:**

- la differenza di potenziale della rete elettrica si sostituisce con una differenza di temperatura ($\Delta V \leftrightarrow \Delta T$),**
- la corrente elettrica si sostituisce con il flusso di potenza termica ($I \leftrightarrow Pd$)**
- la resistenza elettrica si sostituisce con la resistenza termica ($R \leftrightarrow \theta_{th} \text{ o } R_{th}$)**

**Con queste sostituzioni si può riscrivere la legge di Ohm
per la rete termica: $\Delta T = R_{th} \cdot Pd$**

149

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Equivalenza modello termico ed elettrico (2/3)

**Ovviamente la temperatura è in gradi centigradi (°C) – se
facciamo sempre riferimento a differenze di temperatura
gradi centigradi o Kelvin (°K) è lo stesso -**

**La potenza termica è espressa in [W] e la resistenza
termica è in [°C / W o °K / W]**

**N.B.-: Se siamo in regime transitorio, si devono considerare
anche le inerzie termiche (capacità termiche) delle varie
parti della rete, questo si traduce nell'introduzione di
capacità nella rete elettrica equivalente**

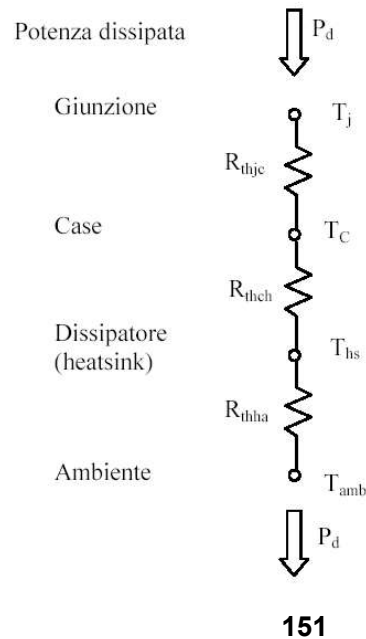
150

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Equivalenza modello termico ed elettrico (3/3)

Alla luce dell'analogia modello termico ed elettrico, a regime, si può rappresentare la struttura termica di un componente elettronico con sistema di raffreddamento in questo modo →

(in assenza del dissipatore la serie delle resistenze termiche case-dissipatore e dissipatore-ambiente deve essere sostituita con una, di valore molto maggiore, case-ambiente propria del componente)



S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esempio 2: analisi modello termico per l'FPGA AX2000 operating range $T_j = -55$ to 125 C, $T_{jmax} = 150$ C

Table 2-8 • Package Thermal Characteristics

Package Type	Pin Count	θ_{jc}	θ_{ja} Still Air	θ_{ja} 1.0m/s	θ_{ja} 2.5m/s	Units
Ceramic Quad Flat Pack (CQFP) ₁	208	2.0	22.0	19.8	18.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Ceramic Quad Flat Pack (CQFP) ₁	352	2.0	17.9	16.1	14.7	$^{\circ}\text{C/W}$
Ceramic Column Grid Array (CCGA) _{2,3}	624	6.5	8.9	8.5	8.0	$^{\circ}\text{C/W}$

Notes:

1. θ_{jc} for CQFP packages refers to the thermal resistance between the junction and the bottom of the package.
2. θ_{jc} for CCGA packages refers to the thermal resistance between the junction and the top of the package.

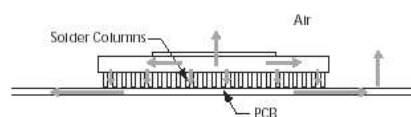


Figure 2-2 • Heat Flow when Air is Present

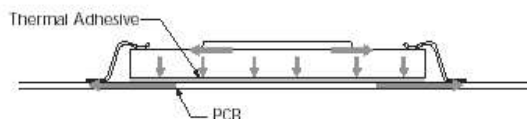


Figure 2-3 • Heat Flow in a Vacuum

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

152

Esercizio 1

Senza dissipatore, con ventola a 2.5 m/s calcolare max potenza dissipabile in funzione di T_A per garantire range di funzionamento

Soluzione

Se uso package CQFP $\rightarrow 14.7 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A) / 14.7 = 8.5 - (T_A / 14.7)$$

6.8 W a $T_{A=25C}$, 3.74 W a $T_{A=70C}$, 0 W a $T_{A=125C}$

Se uso package CGA $\rightarrow 8 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A) / 8 = 15.625 - (T_A / 8)$$

12.5 W a $T_{A=25C}$, 6.875 W a $T_{A=70C}$, 0 W a $T_{A=125C}$

Esercizio 2

Senza dissipatore nè ventola calcolare max potenza dissipabile in funzione di T_A per garantire range di funzionamento

Soluzione

Se uso package CQFP $\rightarrow 17.9 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A) / 17.9 = 6.98 - (T_A / 17.9)$$

5.58 W a $T_{A=25C}$, 3 W a $T_{A=70C}$, 0 W a $T_{A=125C}$

Se uso package CGA $\rightarrow 8.9 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A) / 8.9 = 14 - (T_A / 8.9)$$

11 W a $T_{A=25C}$, 6 W a $T_{A=70C}$, 0 W a $T_{A=125C}$

Esercizio 3

Con dissipatore ideale (0 C/W) calcolare max potenza dissipabile in funzione di T_A per garantire range di Funzionamento

Soluzione

Se uso package CQFP $\rightarrow 2 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A)/2 = 62.5 - (T_A/2)$$

50 W a $T_{A=25^\circ\text{C}}$, 27.5 W a $T_{A=70^\circ\text{C}}$, 0 W a $T_{A=125^\circ\text{C}}$

Se uso package CGA $\rightarrow 6.5 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} < 125 \rightarrow P = (125 - T_A)/6.5 = 19.2 - (T_A/6.5)$$

15.38 W a $T_{A=25^\circ\text{C}}$, 8.46 W a $T_{A=70^\circ\text{C}}$, 0 W a $T_{A=125^\circ\text{C}}$

155

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esercizio 4

Con package CQFP, determinare sistema di raffreddamento che garantisce $P_{\max}=4 \text{ W}$ fino a $T_A = 100^\circ\text{C}$

Soluzione

Senza dissipatore nè ventola CQFP $\rightarrow 17.9 \text{ C/W}$

$$T_{j\max} \leq 17.9 \times 4 + T_A = 171.6^\circ\text{C} > 125$$

Per dissipare 4W con salto termico $T_j - T_A = 25^\circ\text{C}$ serve resistenza termica totale inferiore a $25/4 = 6.25 \text{ C/W}$

2 C/W sono dovuti a giunzione-case \rightarrow case-ambiente < 4.25

Senza dissipatore è 17.9 e non ce la fa.

Se metto un dissipatore di circa 4 C/W in parallelo a 17.9 C/W si ha sicuramente valore inferiore

156

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esercizio 5

Con package CGA, determinare sistema di raffreddamento che garantisce $P_{max}=4\text{ W}$ fino a $T_A = 100\text{ C}$

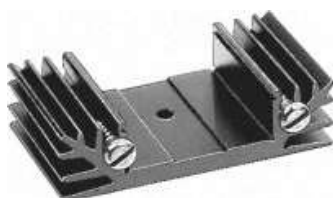
Soluzione

Per dissipare 4W con salto termico $T_j - T_A = 25\text{ C}$ serve resistenza termica totale inferiore a $25/4=6.25\text{ C/W}$ ma giunzione-case ha già $6.5\text{ C/W} \rightarrow$ non è possibile

157

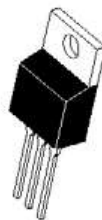
S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esempio: dissipatori per package di transistor di potenza TO220 (catalogo RS)

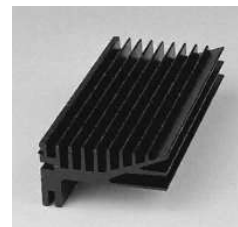


Confezione da: 10 pezzi

Resistenza termica	Codice	Prezzo/conf.	
		1-4	5-19
6,8°C/W	402-995	27,01 €	22,95 €



CASE 221A-09
TO-220AB



Confezione da: 1 pezzo

Modello	Codice	Prezzo cad.	
		1-24	25-99
5,1°C/W	268-127	4,29 €	3,65 €
3,5°C/W	268-111	6,81 €	5,79 €

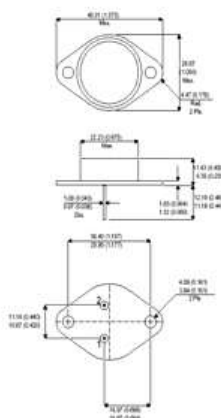
158

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esempio: dissipatori per package di transistor di potenza TO3 (catalogo RS)



Prezzo/confezione da 10 pezzi		
R termica	1-4	5-19
5,1°C/W	10,12 €	8,60 €



TO3 (TO-204AA)

PIN 1 — Base PIN 2 — Emitter Case is Collector.



Prezzo/confezione da 10 pezzi		
R termica	1-4	5-19
7,1°C/W	10,57 €	8,99 €

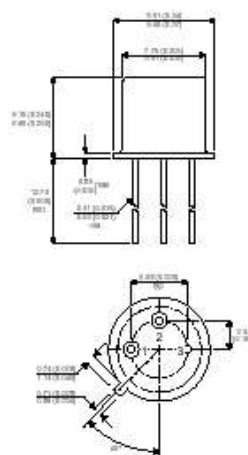
159

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esempio: dissipatori per package di transistor di potenza TO39/TO5 (catalogo RS)



Prezzo/confezione da 50 pezzi		
R termica	1-4	5-19
48°C/W	16,54 €	14,06 €



TO39 PACKAGE (TO-205AD)

Pin 1 = Emitter Pin 2 = Base Pin 3 = Collector

160

S. Saponara- Costruzioni Elettroniche

Esempio: dissipatori a bassa R termica

<http://www.padaengineering.com/>

Superpower P6D 24mmx200mm in aria forzata 6 m/s – 66 m³/h

P_D [W]	T_C [°C]	T_a [°C]	R_{th} [°C/W]
74	36.5	22	0.196
123	44.5	22	0.183
173	53	22.5	0.176
227	62.5	23	0.174
278	71	23	0.173
329	79.5	23	0.172

161