

Etude thermique des composants électroniques

Dans certains cas de l'électronique de puissance, certains composants doivent dissiper une certaine puissance. Cette puissance à dissiper est sous forme de chaleur. Si elle est trop importante, cela entraîne la destruction du composant. Pour ce fait, il est nécessaire de faire une étude thermique.

Loi d'ohm thermique :

$$\Delta T = P * R$$

Avec :

ΔT : la différence de température (en °C ou K)

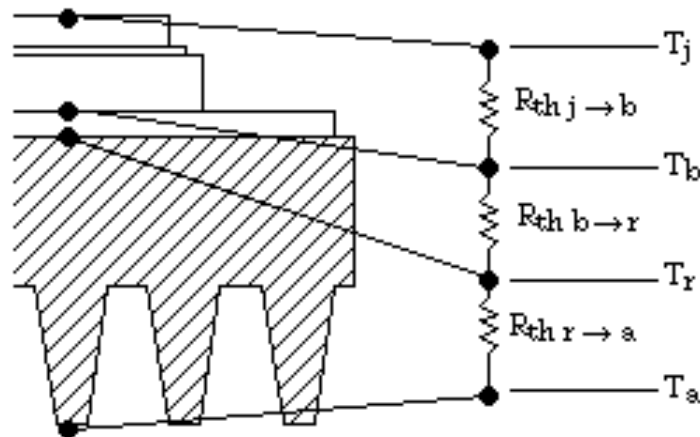
P : La puissance à dissiper (en W)

R : La résistance thermique (en °C/W ou K/W) au plus elle est faible, au meilleur elle est de qualité.

Rappel : **K = C + 273,15**

Voici un schéma expliquant cette loi d'ohm

(source : <http://www.bedwani.ch/electro/ch24/index.htm#P05>)



Avec :

La puce est à la température T_j , et le boîtier du transistor à la température T_b . Le transistor a une résistance thermique $R_{th\ j \rightarrow b}$ qui va déterminer son aptitude à évacuer les calories produites dans la jonction. On peut écrire la loi d'Ohm thermique pour ce composant :

$$R_{th\ j \rightarrow b} = \frac{T_j - T_b}{P} \quad [11]$$

Ensuite, on rencontre la fixation / isolation du transistor sur le radiateur : on va la caractériser par la résistance thermique boîtier / radiateur $R_{th\ b \rightarrow r}$:

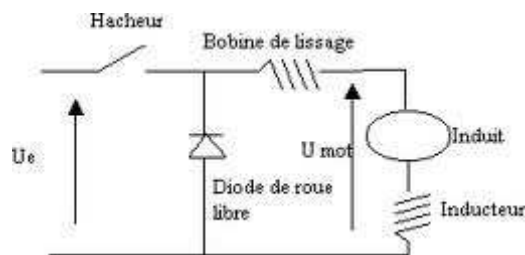
$$R_{th\ b \rightarrow r} = \frac{T_b - T_r}{P} \quad [12]$$

Enfin, il y a la liaison entre le radiateur et l'air ambiant, définie par la résistance thermique du radiateur $R_{th\ r \rightarrow a}$:

$$R_{th\ r \rightarrow a} = \frac{T_r - T_a}{P} \quad [13]$$

Application :

On a 2 MOSFET en parallèle dans un hacheur série sous 12V qui commute un courant de 10 Ampère chacun à la fréquence de 20 Khertz :



VNP10N07

ABSOLUTE MAXIMUM RATING

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DS}	Drain-source Voltage ($V_{in} = 0$)	Internally Clamped	V
V_{in}	Input Voltage	18	V
I_D	Drain Current	Internally Limited	A
I_R	Reverse DC Output Current	-14	A
V_{esd}	Electrostatic Discharge ($C = 100\text{ pF}$, $R = 1.5\text{ K}\Omega$)	2000	V
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c = 25\text{ }^\circ\text{C}$	50	W
T_j	Operating Junction Temperature	Internally Limited	$^\circ\text{C}$
T_c	Case Operating Temperature	Internally Limited	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	2.5	$^\circ\text{C/W}$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	$^\circ\text{C/W}$

ON (*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{IN(th)}$	Input Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{in}$ $I_D + I_{in} = 1\text{ mA}$	0.8		3	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{in} = 10\text{ V}$ $I_D = 5\text{ A}$ $V_{in} = 5\text{ V}$ $I_D = 5\text{ A}$			0.1 0.14	Ω Ω

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

SWITCHING (**)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$ t_r $t_{d(off)}$ t_f	Turn-on Delay Time Rise Time Turn-off Delay Time Fall Time	$V_{DD} = 15\text{ V}$ $I_d = 5\text{ A}$ $V_{gen} = 10\text{ V}$ $R_{gen} = 10\ \Omega$ (see figure 3)		50 80 230 100	100 160 400 180	ns ns ns ns
$t_{d(on)}$ t_r $t_{d(off)}$ t_f	Turn-on Delay Time Rise Time Turn-off Delay Time Fall Time	$V_{DD} = 15\text{ V}$ $I_d = 5\text{ A}$ $V_{gen} = 10\text{ V}$ $R_{gen} = 1000\ \Omega$ (see figure 3)		600 0.9 3.8 1.7	900 2 6 2.5	ns μs μs μs
$(di/dt)_{on}$	Turn-on Current Slope	$V_{DD} = 15\text{ V}$ $I_D = 5\text{ A}$ $V_{in} = 10\text{ V}$ $R_{gen} = 10\ \Omega$		60		A/ μs
Q_i	Total Input Charge	$V_{DD} = 12\text{ V}$ $I_D = 5\text{ A}$ $V_{in} = 10\text{ V}$		30		nC

Etude par MOSFET :

Il peut dissiper une puissance maximum de 50 Watt. Dans un MOSFET il y a les pertes par conduction, et les pertes par commutation.

Calcul de la puissance à dissiper par le composant :

Perte par conduction : $P_c = R_{dson} \cdot I_{eff}^2 \rightarrow 0,1 \cdot 10^2 = 10\text{W}$

R_{dson} : résistance interne du composant.

I_{eff} : courant traversant le MOSFET

Perte par commutation : $P_f = \frac{1}{2} \cdot V_{ds} \cdot I_{eff} \cdot (t_r + t_f) \cdot f$
 $\rightarrow \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 10^{-6}) \cdot 20000 = 2,4\text{W}$

J'ai pris 1 us pour temps de montée et 1 us de descente, car peu de MOSFET ont un temps supérieur à cette durée, puis sa fait prendre un peu de marge

V_{ds} : Tension Drain-source

I_d : courant traversant le MOSFET

t_r et t_f : temps de montée et de descente du composant

f : sa fréquence de commutation

$$\begin{aligned} P_{tot} &= P_c + P_f \\ \rightarrow P_{tot} &= 10 + 2,4 = 12,4\text{W} \end{aligned}$$

D'après la datasheet, le composant à une résistance thermique total (sans dissipateur) de $62,5\text{ }^\circ\text{C/W}$. Avec une température de jonction maximal de $150\text{ }^\circ\text{C}$ (en général tous les composants ont cette température)

Donc $12,4 \cdot 62,5 = 775\text{ }^\circ\text{C}$

Les résultats parlent d'eux même.

Un dissipateur est donc obligatoire si l'on veut que le composant dissipe toute cette puissance thermique sans cramer. On remarque dans la datasheet que le constructeur indique une résistance thermique entre la puce, et le boîtier de $2,5\text{ }^\circ\text{C/W}$. On ne veut pas que la température dépasse $100\text{ }^\circ\text{C}$ (on prends une marge de sécurité pour le composant et on néglige

la fixation isolation du transistor qui est en général de $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (ici c'est une grosse erreur de négligé car sa y joue beaucoup)), et le composant est dans un milieu à 40°C .

Donc la différence de température nous donne un ΔT de 60°C ($100-40$) avec un P de $12,4\text{W}$

On applique bêtement la loi d'ohm :

$$R = \Delta T / P$$

$$\rightarrow R = 60 / 12,4 = 4,83^{\circ}\text{C} / \text{W}$$

Ce résultat de R , comprends la résistance thermique total, avec le dissipateur. Sachant que le constructeur nous donne la résistance thermique de la puce au boîtier, de $2,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$, le dissipateur doit donc dissiper $\rightarrow 4,83-2,5=2,33^{\circ}\text{C}/\text{W}$

Cette exemple est extrême car le dissipateur va être énorme comparer au composant. De plus on a négligé, la fixation isolation avec le radiateur. La vrai solution ici est de mettre en parallèle, suffisamment de MOSFET, pour pouvoir répartir cette puissance thermique sur chaque composant de manière à avoir, une puissance très faible par composant, car le courant va se répartir sur les n composants en parallèle. Puis éventuellement mettre un dissipateur sur chacun d'entre eux si on est limité en nombre de composant, mais les radiateurs seront beaucoup plus petit en taille car une puissance à dissiper beaucoup plus faible. Il faut trouver le juste milieu suivant le cahier des charges.