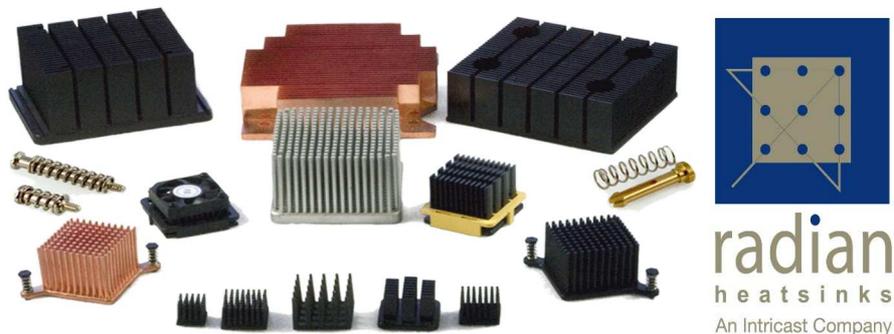


Solutions thermiques pour cartes et systèmes



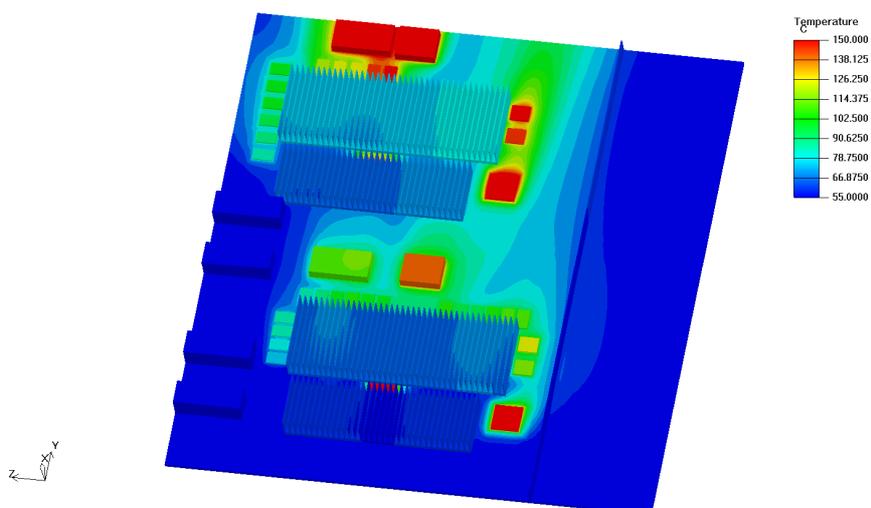
L'intégration de plus en plus poussée de nos cartes électroniques fait que la dissipation thermique commence à être critique dans de nombreuses applications.

Ceci est particulièrement vrai pour les DSP qui voient leur puissance statique augmenter d'environ 30 % à chaque nouvelle génération.

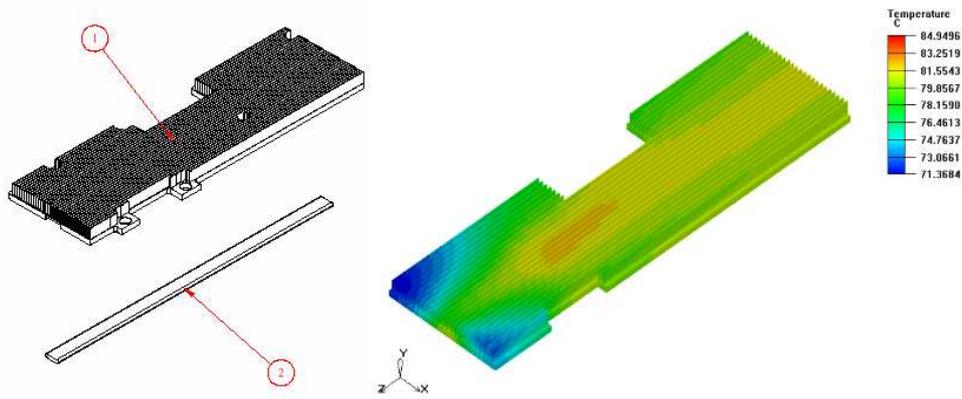
Il est crucial de ne pas dépasser la température de jonction préconisée par le fabricant du semi-conducteur, que l'on limite généralement à + 85°C pour des raisons de fiabilité. Cette température va dépendre de la charge de travail du DSP mais aussi de son environnement.

Un flux d'air, éventuellement généré par un ou des ventilateurs, sera un excellent support de transfert de la chaleur. Il faudra juste rajouter un élément de bonne conductivité thermique.

Avant toute chose, une simulation thermique de la carte est à effectuer. Elle permet de valider de nombreux scénarios en faisant varier le flux d'air, la température ambiante, les dimensions du dissipateur, le profil et la hauteur des ailettes



Exemple de simulation thermique d'une carte avec les différents points chauds



Exemple de simulation thermique d'un dissipateur

Nous acceptons communément une dispersion de +/- 20 % liée à la difficulté de définir précisément la puissance dissipée par le composant en fonction de sa charge de traitement numérique.

Cas simple

Nous avons sur une carte un circuit isolé qui chauffe avec une dissipation n'excédant pas 25 Watts.

Dans ce cas, un dissipateur va suffire dans la grande majorité des cas à traiter le problème thermique.

Si la chaleur est fortement concentrée en un point, nous plébisciterons le cuivre qui va permettre une meilleure diffusion de la chaleur sur l'ensemble de la surface du dissipateur.

Le cuivre présente en effet une meilleure conductivité thermique par rapport à l'aluminium AL6063.



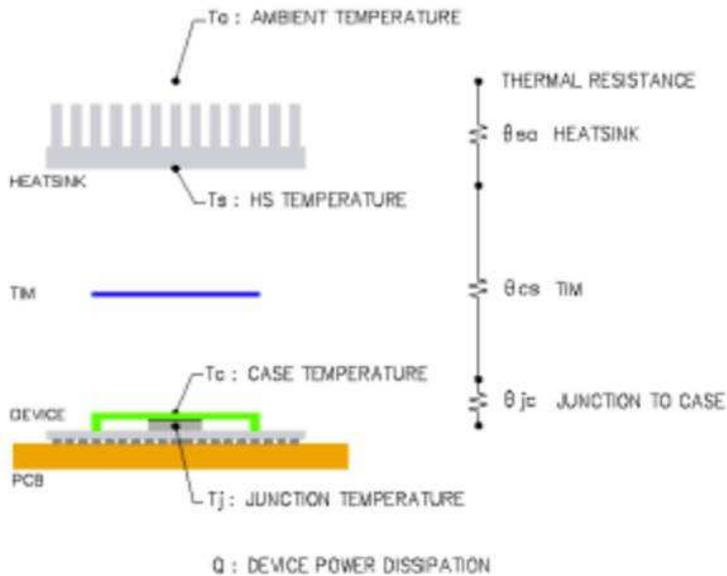
Dissipateurs identiques en aluminium et en cuivre

Si besoin, l'efficacité du dissipateur pourra être renforcée par un ventilateur qui aura l'avantage de créer un flux d'air dispersif, appréciable dans le cas de cartes montées en rack avec peu d'espace entre-elles.



La jonction entre le capot du circuit intégré et la base du dissipateur se fait avec de la graisse ou des pads thermiques (TIM) préalablement découpés et collés sous le dissipateur.

Le calcul d'un radiateur est relativement simple :



BASIC EQUATIONS

$$Q = \frac{T_j - T_a}{\theta_{sa} + \theta_{cs} + \theta_{jc}}$$

$$\theta_{sa} = \frac{T_j - T_a}{Q} - (\theta_{cs} + \theta_{jc})$$

Exemple de calcul d'un dissipateur :

Température maximale jonction		125,00	°C
Température ambiante		85,00	°C
Puissance en watts		21,00	Watt
Résistance thermique TIM	θ cs	0,050	°C / Watt
Résistance thermique boîtier IC	θ jc	0,100	°C / Watt
Résistance max du radiateur	θ sa	1,755	°C / Watt

Exemple de calcul de la puissance dissipée :

Température maximale jonction		125,00	°C
Température ambiante		45,00	°C
Résistance max du radiateur	θ sa	1,350	°C / Watt
Résistance thermique TIM	θ cs	0,050	°C / Watt
Résistance thermique boîtier IC	θ jc	0,100	°C / Watt
Puissance dissipée Q		53,33	Watt

Si l'interface thermique TIM présente une propriété adhésive, elle n'est pas suffisante pour garantir dans le temps le maintien du dissipateur sur la carte.

Plusieurs méthodes sont à disposition pour fixer le dissipateur : clips, brides, vis, push pins ...



La plupart du temps, le routage et la mécanique de la carte sont figés.

Il convient alors de détourner des connecteurs et de réaliser un nivellement de la hauteur des différents composants par l'ajout de cales ou à l'inverse de cavités.

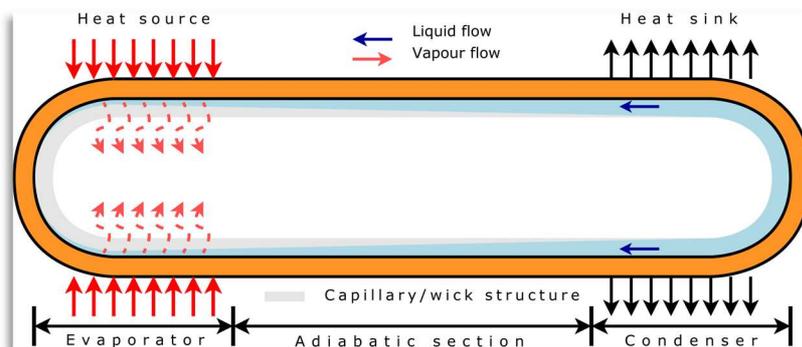
Le dissipateur fixé mécaniquement va contribuer à la rigidité du PCB et apporter un meilleur comportement en chocs et vibrations.

Cas avec déport de chaleur

Si la puissance dissipée est importante (16 à 85 Watts), ou si nous devons évacuer la chaleur locale vers un autre endroit de la carte ou du système, nous allons utiliser un caloduc.

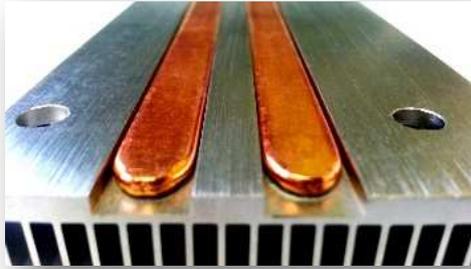
Il se présente sous la forme d'un tube en cuivre hermétique, avec à l'intérieur sous vide, quelques grammes d'eau distillée.

Avec la chaleur, l'eau se transforme en vapeur, suit par capillarité le drain constitué d'un fin maillage réparti autour de la section interne du caloduc, puis revient sous forme liquide.



Il faut veiller à ne pas dépasser la puissance sinon la vapeur ne se transforme plus en eau.

La performance thermique dépend de la technologie du caloduc, de sa section initiale, de sa mise en forme avec un écrasement éventuel pour s'intégrer dans la semelle du dissipateur.



A noter qu'environ 10 à 15 mm à chaque extrémité d'un caloduc ne sont pas fonctionnels.

La section des caloducs est généralement comprise entre 3.0 mm et 8.0 mm.

Le fait de les cintrer à 90°, comme d'aplatir leur section, engendre une perte de 5 à 10 % de la chaleur transportée.

Flattened Thickness	Pipe Diameter				
	φ 3 mm	φ 4 mm	φ 5 mm	φ 6 mm	φ 8 mm
T = 2.0mm	10 W	17 W	21 W	N/A	N/A
T = 2.5mm	14 W	18 W	32 W	46 W	65 W
T = 3.0mm	15 W	18 W	42 W	56 W	75 W
Round	16 W	18 W	46 W	60 W	85 W

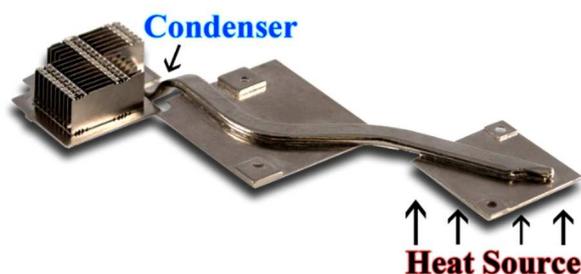
La gamme de température de fonctionnement s'étend 0°C à + 85°C.

On prendra garde à ne pas travailler contre la gravité sous peine de limiter fortement la performance thermique.

Cas sévère

Nous devons traiter plusieurs composants et conduire en série la chaleur vers un point de dissipation extérieur et/ou appréhender une gamme de dissipation comprise entre 40 et 300 Watts.

Dans ce cas, nous allons réaliser l'assemblage de plusieurs plaques froides, reliées au travers d'un caloduc, puis terminer avec un dissipateur.



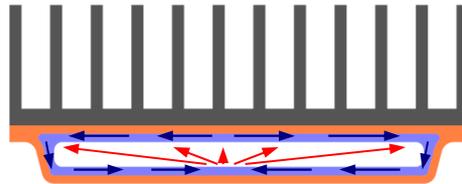
Avec une conductivité 25 fois supérieure à celle du cuivre, une plaque froide reste la solution ultime, en diffusant rapidement la chaleur en surface.

Le principe de fonctionnement est identique à celui du caloduc, mais sur une large surface plane.

Dans les deux cas, la fiabilité est excellente avec un MTBF de 20 ans.

Exemple de plaque froide associée à un dissipateur

En rouge la propagation de la vapeur, en bleu le retour sous forme liquide



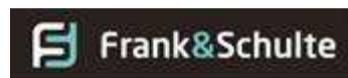
De nombreuses dimensions sont réalisables avec des limites de 50 mm minimum et de 200 mm maximum, l'épaisseur la plus faible étant de 3.0 mm.

Nous avons les mêmes contraintes physiques que les caloducs concernant la gamme de température et l'impact de la gravité.

En conclusion, nous espérons que ce petit article aura démystifié la problématique thermique sur nos cartes et nos équipements, qui va devenir prépondérante dans le futur, le niveau d'intégration augmentant.

Nous autres électroniciens, avons pour habitude de transférer cet aspect technique à nos confrères mécaniciens, il faudra probablement l'appréhender au début de nos prochains designs.

Fabrice VINCENT



Mini Parc du Manet - 3, allée des Aulnes
78190 Trappes - France

Tél : +33 (0)1 39 44 13 42

Fax : +33 (0)1 39 44 13 48

www.frank-schulte.com