

# **Refroidissement avancé et technologie de semiconducteurs efficaces forment une combinaison gagnante.**

***par : Dongsup Eom, Ingénieur Applications, et Dennis Kim, Ingénieur Applications, ON Semiconductor.***

Les concepteurs de circuits de puissance sont souvent confrontés à des situations conflictuelles et à des défis quasi-insolubles. Alors que les concepteurs rajoutent des caractéristiques et des fonctionnalités aux nouvelles générations de produits, les systèmes ont besoin de plus de puissance, mais disposent de moins d'espace pour la générer. S'il existe plusieurs techniques pour gérer l'échauffement, le refroidissement par air pulsé s'avère souvent peu fiable et il attire une poussière qui peut entraîner des défaillances prématurées. Le refroidissement passif à l'aide de radiateurs est fiable, mais nécessite de l'espace et ajoute un poids qui n'est souvent pas acceptable dans les appareils modernes à vocation portable. Par conséquent, résoudre le défi thermique constitue souvent un challenge majeur pour les nouveaux projets.

La meilleure approche de gestion thermique ne consiste pas tant à traiter la chaleur générée, qu'à trouver des approches efficaces pour éviter en premier lieu que la chaleur ne soit générée. Le choix de la bonne topologie et, plus important encore, des bons composants de commutation, est essentiel pour y parvenir, même si tous les circuits de puissance génèrent de la chaleur, quel que soit leur rendement.

Alors que les produits sont de plus en plus petits, les possibilités de refroidissement passif par convection diminuent, et les concepteurs doivent trouver de nouveaux moyens de connecter thermiquement les surfaces dissipatrices de chaleur aux jonctions de semiconducteurs et, au bout du compte, à l'environnement ambiant dans lequel la chaleur peut se dissiper.

Cependant, l'impact du choix de boîtier n'est pas limité à la seule performance thermique ; les boîtiers à connexions plus longues introduisent des composants parasites dans le circuit, qui peuvent affecter à la fois la vitesse de fonctionnement et le rendement.

### **Une nouvelle approche pour le refroidissement des petits boîtiers**

ON Semiconductor a développé une technologie de boîtier de puissance spécifique pour répondre aux besoins d'amélioration des performances thermiques dans les nouveaux projets électroniques. La technologie Dual Cool s'appuie sur un boîtier PQFN (Power Quad Flat No-lead) et crée un chemin thermique direct partant des zones drain et source de la structure de puce MOSFET verticale. Cette structure facilite l'ajout d'un radiateur en plus de la conduction thermique directe vers le circuit imprimé.

Le boîtier Dual Cool est une évolution du boîtier PQFN bien connu. Lors de la mise en œuvre des nouvelles caractéristiques, les dimensions et le brochage des Power33 et Power56 ont été conservés, ce qui permet aux concepteurs d'améliorer les performances thermiques, sans revoir l'implantation du circuits imprimé, ce qui facilite la transition.

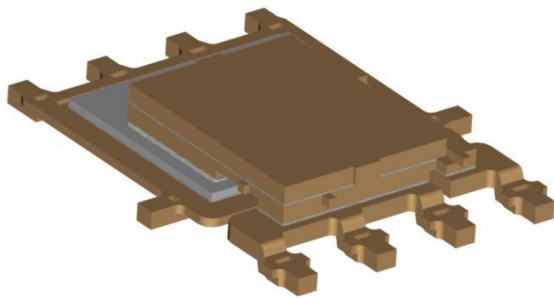


**Figure 1 : modèle 3D décrivant la technologie Dual Cool**

En remplaçant les liaisons filaires par des clips cuivre similaires aux lead frames, le boîtier Dual Cool augmente la conductivité thermique et la capacité en courant du boîtier. De ce fait, on peut obtenir des densités de puissance plus élevées.

Un boîtier PQFN standard à technologie clips offre une amélioration de 13,9% par rapport à un boîtier PQFN traditionnel à liaisons filaires. L'ajout de la technologie Dual Cool porte le gain de performance à 57,5%.

Le Dual Cool s'utilise avec une puce silicium amincie à 100μ, soit la moitié de l'épaisseur d'un MOSFET classique. On améliore ainsi les performances thermiques et électriques. Les surfaces supérieures et inférieures de la puce sont métallisées pour permettre le brasage du lead frame de drain au dessous, et des clips de source et de grille sur le dessus. Pour améliorer le transfert thermique de la puce vers le dessus du boîtier, un dissipateur de chaleur est soudé au clip de source. Les connexions du silicium aux lead frames, à l'aide de clips en cuivre optimisés, réduisent par ailleurs les parasites électriques et thermiques.

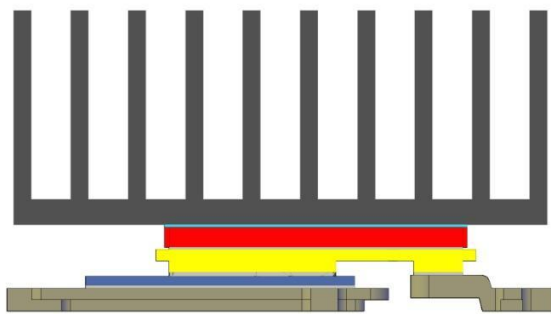


**Figure 2 : le Dual Cool est parfait à utiliser avec un radiateur**

La résistance thermique entre la jonction et le boîtier  $\theta_{JC}$  a deux composantes importantes : la résistance thermique entre la jonction et le boîtier, jusqu'à la languette de drain, ainsi que jusqu'au dissipateur thermique supérieur. La fiche technique contient ces valeurs pour chaque type de produit, ce qui fournit les

valeurs des deux chemins thermiques les plus efficaces en sortie du composant, ce qui permet au concepteur de gérer la chaleur générée par les conceptions à haute densité de puissance.

### Dual Cool et MOSFET PowerTrench

Les MOSFET PowerTrench d'ON Semiconductor présentent d'excellentes propriétés électriques, notamment de très faibles valeurs de  $R_{DS(on)}$ , ce qui en fait de parfaits candidats pour le nouveau concept de boîtier Dual Cool. Leur diode Schottky monolithique intégrée SyncFET est parfaite pour les applications de puissance. La combinaison Dual Cool et PowerTrench présente la même empreinte qu'un composant PQFN-JEDEC standard, tout en permettant un rendement thermique supérieur de plus de 60%, comme le montre la Figure 3.

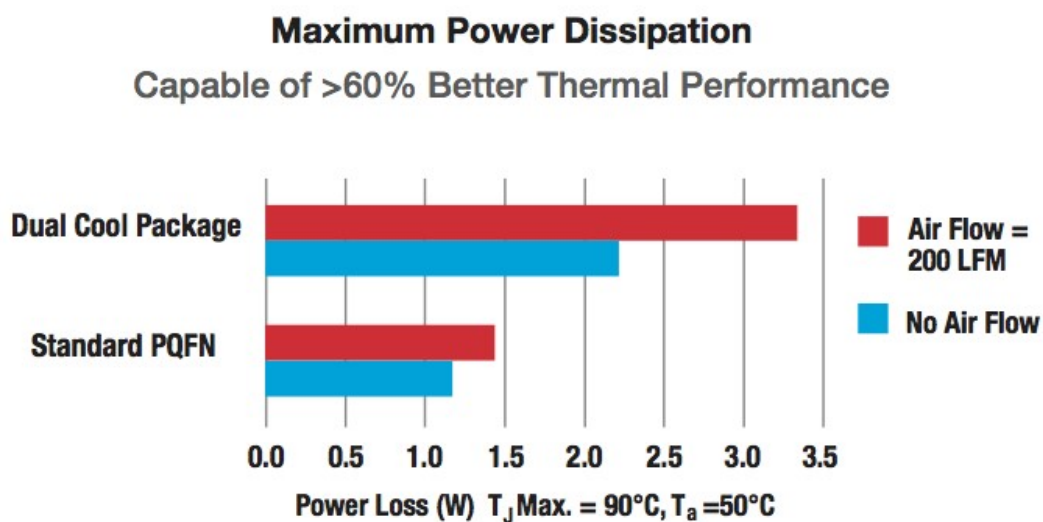


**Figure 3 : les utilisateurs peuvent obtenir un gain de performance de 60%**

Les MOSFET PowerTrench Dual Cool à refroidissement par le dessus assurent un bien meilleur couplage thermique avec le dessus de l'appareil. Très souvent,

ils peuvent être utilisés sans radiateur additionnel, ce qui réduit la taille, le coût et le poids. Avec une meilleure évacuation thermique suivant deux chemins différents, et un niveau de parasites inférieur à celui de ses prédécesseurs à liaisons filaires, l'utilisation d'un dissipateur thermique en plus donne des résultats encore plus impressionnants.

Des tests en laboratoire ont montré qu'en utilisant un radiateur avec un boîtier Dual Cool, les convertisseurs abaisseurs synchrones fournissent un courant de sortie plus élevé et une densité de puissance supérieure. Grâce à la technologie silicium trench d'ON Semiconductor, le boîtier Dual Cool donne d'excellents résultats, à la fois en termes de densité de puissance et de performance thermique.

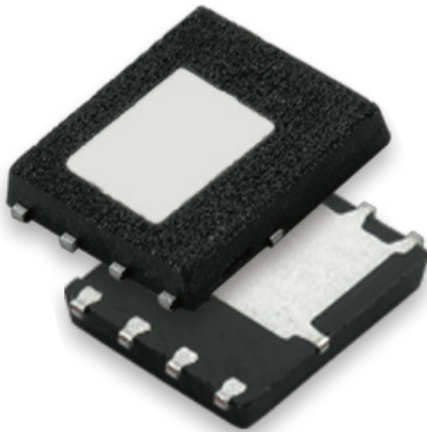


**Figure 4 : technologie Dual Cool intégrée au boîtier PQFN**

L'offre Dual Cool d'ON Semiconductor comprend plus de 20 produits avec des valeurs  $BVD_{SS}$  de 25V à 150V, avec différentes valeurs de  $R_{DS(on)}$  et différentes tailles de boîtiers. Toutes les solutions Dual Cool sont sans-plomb, conformes RoHS et disponibles en boîtiers PQFN de 3,3 x 3,3 mm, 5 x 6 mm, et 8 x 8 mm.

### **Dual Cool et radiateurs**

Les radiateurs sont un moyen très efficace d'améliorer encore la performance thermique, surtout si un flux d'air passe sur leurs surfaces.

Plusieurs styles et formes de radiateurs sont disponibles et le choix de la solution appropriée dépendra de l'application, de la place disponible et de la chaleur à dissiper. Les méthodes de fixation sont notamment le brasage, l'utilisation de goupille ou de ruban thermique, le vissage ou le collage ; la méthode retenue dépendra des critères d'utilisation finale des produits et des procédés disponibles sur le site de fabrication.

Les matériaux d'interface thermique comme ceux listés ci-dessous peuvent servir à améliorer le contact entre le boîtier Dual Cool et le radiateur, et à éliminer les éventuels jours au niveau de l'interface, qui limiteraient la dissipation thermique.

- Graisse thermique
- "Gap pad"
- Matériaux à changement de phase
- Ruban thermique
- "Gap filler" en feuille ou en gel
- Colle ou adhésif thermoconducteur

Les tests et essais réalisés par On Semiconductor ont montré que la graisse thermique apportait un gain par rapport au gap filler en feuille, surtout du fait de la minceur de l'interface. Les boîtiers à liaisons filaires ont montré un gain de 10% avec un gap pad , et le gain monte à 12% pour les boîtiers à clips. Pour le boîtier Dual Cool, le gain est de 21 % par rapport au gap pad.

Le résultat est qu'un appareil capable de dissiper 5,8 W avec un gap pad thermique, peut dissiper 7,0 W avec de la graisse thermique, sans autres modifications. Cependant, la graisse peut être meilleure en termes de performance, mais elle est plus difficile à appliquer et à re-travailler, et elle n'a

pas les propriétés d'isolement électrique du gap pad. C'est l'application qui dictera si ces compromis présentent un intérêt.

Dans les applications où le serrage d'une vis, l'utilisation d'une goupille ou d'un brasage servant à fixer le dissipateur de chaleur, une charge de compression est appliquée au composant. Le boîtier PQFN Dual Cool 8 x 8 a été testé et simulé pour résister à des charges de compression élevées. Les résultats montrent que ce boîtier peut supporter jusqu'à 1500N de charge, sans provoquer de défaillance électrique ou mécanique.

### **Implantation et production des cartes**

Du fait de leur petite taille et de leur faible épaisseur, les boîtiers PQFN sont une alternative idéale et peu encombrante aux boîtiers à pattes. En outre, le PQFN Dual Cool offre un avantage au niveau taille par rapport au boîtier CMS D2PAK standard du marché.

En y regardant de plus près, les plages d'accueil de source et de grille sont plus grandes que les pattes du boîtier, pour permettre la formation du cône de soudure ("toe fillet" en anglais). Les plages d'accueil sont aussi plus larges que les pattes, afin de tenir compte des variations dans la fabrication des cartes et dans le placement des composants lors de l'assemblage. Cumulées, ces tolérances peuvent atteindre 0,10 mm.

Les plages d'accueil du circuit imprimé correspondant aux plages thermiques exposées sont de la même taille que les plages exposées, ce qui permet à la tension superficielle de l'alliage en fusion de recentrer le composant, afin qu'il soit parfaitement aligné avec les plages d'accueil. Ce processus garantit que les boîtiers Dual Cool soient toujours bien alignés lors de la production des cartes.

Dans le cas d'applications de puissance générant une chaleur importante, les plages d'accueil des circuits imprimés agissent comme des radiateurs locaux en transférant l'énergie thermique vers la carte elle-même.

Lors de la caractérisation thermique des boîtiers Dual Cool PQFN 8 x 8, on a pu montrer une amélioration significative de la résistance thermique entre la jonction et l'air ambiant, si une plage de cuivre du circuit imprimé relativement grande (disons 5 ou 6 cm<sup>2</sup>) est reliée à la plage d'accueil contrainte par le vernis-épargne. Cette approche est recommandée pour la plage d'accueil de drain.

## **Résumé**

En combinant le boîtier innovant Dual Cool et la technologie hautes-performances PowerTrench, les ingénieurs ont désormais accès à des produits qui, d'une part minimisent la chaleur dégagée grâce à un fonctionnement à haut rendement, et d'autre part sont capables d'évacuer la chaleur excessive vers l'extérieur du boîtier.

En fait, dans de nombreuses applications, grâce au rendement qu'autorise les technologies Dual Cool et PowerTrench, les appareils peuvent être utilisés sans radiateur additionnel, ce qui permet de réduire l'encombrement, le poids et le coût du système.