

Le GaN prend le relais du silicium pour les circuits de puissance haute fréquence et à haut rendement

par : Yong Ang, Directeur Marketing Stratégique, ON Semiconductor

La densité de puissance est un des critères clés de toutes les applications d'électronique de puissance, et progresse en grande partie grâce à des rendements supérieurs et des fréquences de commutation plus élevées. Alors que la technologie silicium atteint ses limites d'évolution, les concepteurs se tournent désormais vers les technologies nécessitant plus d'énergie pour permettre à un électron de passer de la bande de valence à la bande de conduction, comme le nitrure de gallium (GaN), pour trouver des solutions.

Fait inhabituel pour une nouvelle technologie, le GaN coûte intrinsèquement moins cher que la technologie qu'il va remplacer, en l'occurrence le silicium. Les dispositifs GaN sont produits dans les mêmes usines que les dispositifs silicium, en utilisant les mêmes procédés de fabrication. Ainsi, étant donné que les dispositifs GaN sont plus petits que leurs équivalents silicium, il est possible d'en produire davantage par wafer, et ainsi réduire le coût unitaire de ces dispositifs.

Le GaN présente de nombreux avantages au niveau performances, notamment une mobilité des électrons bien supérieure à celle du silicium (3,4 eV contre 1,1 eV), ce qui lui permet de conduire les électrons plus de 1000 fois plus efficacement que le silicium. Il faut noter que la charge de grille (Q_G) est plus faible dans le cas du GaN et, étant donné que cette charge doit être reconstituée à chaque cycle de commutation, le GaN peut fonctionner à des fréquences jusqu'à 1 MHz sans dégradation du rendement, alors que le silicium est à la peine au-dessus de 100 kHz. De plus, contrairement au silicium, le GaN ne présente pas de diode intrinsèque et son 2DEG (2-Dimensional Electron Gas, ou gaz d'électrons bi-dimensionnel) au niveau de la surface frontière AlGaN - GaN

peut conduire le courant en sens inverse (fonctionnement dans le "troisième quadrant"). Par conséquent, la charge de récupération inverse (Q_{RR}) n'existe pas dans le cas du GaN, ce qui le rend idéal pour les applications à commutations dures.



Figure1 : GaN optimisé pour la commutation rapide

Le GaN a une capacité d'avalanche limitée. Il est plus sensible aux surtensions que le silicium. Il est donc idéal pour les topologies demi-pont dans lesquelles la tension drain-source (V_{DS}) est limitée à la tension d'alimentation du pont.

L'absence de diode intrinsèque fait du GaN un bon choix pour la commutation dure des circuits PFC (Power Factor Correction, ou correcteur du facteur de puissance) en demi-pont ou pont complet, et aussi pour les applications ZVS (Zero Voltage Switching, ou commutation à tension nulle), notamment les convertisseurs résonants type LLC et les convertisseurs à stockage inductif ayant écrêtage actif (Active Clamp Flyback).

Les chargeurs rapides d'une puissance de 45 à 65 W tireront parti d'une topologie à stockage inductif avec écrêtage actif à base GaN, tandis qu'un convertisseur LLC à base GaN conviendra aux adaptateurs secteur de 150 à 300 W destinés aux ordinateurs portables haut de gamme ayant une grande puissance de calcul. Avec ce type d'applications, l'utilisation de la technologie

GaN permet de doubler la densité de puissance, ce qui rend les adaptateurs à la fois plus petits et plus légers. Les composants magnétiques, en particulier, auront une taille plus réduite. Par exemple, le noyau du transformateur de puissance peut être miniaturisé en passant d'un RM10 à un RM8 bas profil. Dans de nombreux cas, la densité de puissance peut ainsi être doublée, voire triplée, pour atteindre des valeurs proches de 2 W/cm³.

Dans le cas d'applications de plus forte puissance, comme les alimentations destinées aux serveurs de fichiers ou internet, ou aux systèmes de télécommunication, notamment celles à base de PFC en demi-pont ou pont complet, le GaN permet d'obtenir des rendements supérieurs à 99%. Cela permet à ces systèmes de répondre aux normes de rendement les plus récentes (et les plus rigoureuses) comme "80+ Titanium".

La méthode utilisée pour piloter les dispositifs GaN est essentielle pour protéger l'oxyde de la grille, qui est relativement sensible. Il est particulièrement important de prévoir une amplitude de commande de grille régulée avec grande précision pendant tout le temps où le dispositif est actif (ou passant). Un moyen d'y parvenir est d'ajouter un LDO (régulateur à faible chute de tension) au circuit de commande de la grille MOSFET silicium existant. Cependant, cela peut compromettre les performances de la commande de grille, c'est pourquoi il vaut mieux utiliser un driver demi-pont spécialement conçu pour l'alimentation de dispositifs GaN.

Plus précisément, le temps de propagation typique d'un circuit de commande d'un MOSFET silicium est d'environ 100 ns, ce qui ne convient pas au pilotage de dispositifs GaN à des fréquences comprises entre 500 kHz et 1 MHz. A de telles fréquences, le délai de propagation ne doit idéalement pas dépasser 50 ns.

Comme la valeur de la capacité de grille est plus faibles, la rampe de la tension drain-source présente une pente beaucoup plus rapide dans le cas des

dispositifs GaN. Cela peut entraîner une défaillance prématurée, voire catastrophique, du dispositif, notamment dans le cas d'applications de puissance élevée. Pour éviter cela, une bonne immunité aux variations de tension (dv/dt) élevées (de l'ordre de 100 V/ns) est indispensable.

Le matériau du circuit imprimé hôte peut avoir un impact sur les performances des applications utilisant du GaN, c'est pourquoi il est souvent nécessaire d'avoir recours aux techniques utilisées pour les conceptions de type RF (radiofréquence). Il est également conseillé d'opter pour des boîtiers à faible inductance intrinsèque (comme le PQFN) pour le circuit de commande de grille.

Le NCP51820 d'ON Semiconductor est le premier circuit de commande demi-pont du marché, spécialement conçu pour être utilisé avec la technologie GaN. Il est doté d'une commande de grille de 5,2 V régulée avec un temps de propagation typique de seulement 25 ns. Son immunité aux variations rapides de tension (dv/dt) atteint 200 V/ns et il est disponible en boîtier PQFN à faible inductance.



Figure2 : driver de grille demi-pont 650 V hautes-performances NCP51820 pour commutateurs de puissance GaN

La croissance et l'adoption de la technologie GaN viendront d'abord d'applications comme les chargeurs rapides USB PD (Power Delivery) de faible puissance et ceux de puissance supérieure destinés aux ordinateurs portables

de haut de gamme. Le facteur déterminant est la disponibilité de contrôleurs et de circuit de commande capables de supporter ces applications à fréquences de commutation élevées, et ainsi de réduire les temps de conception. Au fur et à mesure que des circuits de commande, des contrôleurs et des modules complets seront disponibles pour les applications de puissance supérieure comme les serveurs, le Cloud et les télécommunications, le GaN s'imposera également dans ces secteurs.