

Améliorer la conversion d'énergie des watts jusqu'aux mégawatts avec des MOSFET SiC 1 700 V

Dans le monde de l'électronique de puissance, plus gros n'est jamais synonyme de meilleur. C'est particulièrement vrai pour les systèmes de puissance haute tension, pour lesquels les concepteurs réclament une technologie de semi-conducteurs plus performante pour ceux qui veulent des convertisseurs compacts, légers, fiables, efficaces, et peu chers. Avec les MOSFET et les IGBT au silicium, des compromis doivent être faits. Les MOSFET haute tension au carbure de silicium (SiC) sont ici la clé.

Depuis près de deux décennies, des dispositifs de puissance SiC de 650 à 1 200 V sont arrivés sur le marché, permettant enfin aux concepteurs de faire progresser de manière significative les technologies et les équipements finaux, en améliorant à la fois les performances, la fiabilité, la taille, le poids, et même le coût. Le lancement récent d'une famille de produits SiC 1 700 V étend les avantages du SiC en amont de la chaîne de production d'énergie, en faisant évoluer le paradigme de conversion d'énergie dans de nouveaux domaines, tels que les poids lourds électriques, la traction et l'alimentation auxiliaire des trains légers, les énergies renouvelables, et les variateurs de vitesse industriels (photo).

Dans cet article, les avantages des MOSFET SiC 1 700 V par rapport aux solutions silicium, sur une large plage de puissance allant des watts jusqu'aux mégawatts, sont examinés en détail.

Des dizaines jusqu'aux centaines de watts

À des puissances aussi faibles, comment justifier l'utilisation d'un transistor 1 700 V? Même si cela ne présente qu'un seul intérêt, celui-ci est toujours là : Présenté dans tous les systèmes d'électronique de puissance, l'alimentation auxiliaire (AuxPS) est essentielle au fonctionnement quotidien des variateurs de vitesse industriels, des véhicules électriques, des centres de données et de leurs alimentations de secours,

AUTEURS

Xuning Zhang
et Kevin Speer,
Microchip
Technology.

des onduleurs photovoltaïques, des infrastructures de charge, etc. L'AuxPS est un système critique car il alimente les drivers de grille, les circuits de détection et de commande, ainsi que les ventilateurs de refroidissement. Par conséquent, l'AuxPS ne doit pas tomber en panne, et tout risque associé doit être atténué autant que possible.

Étant donné que ces alimentations à découpage isolées et de faible puissance sont utilisées pour diverses applications dans le monde entier, elles doivent accepter des tensions d'entrée CC haute tension très variées (300 à 1 000 V), et générer

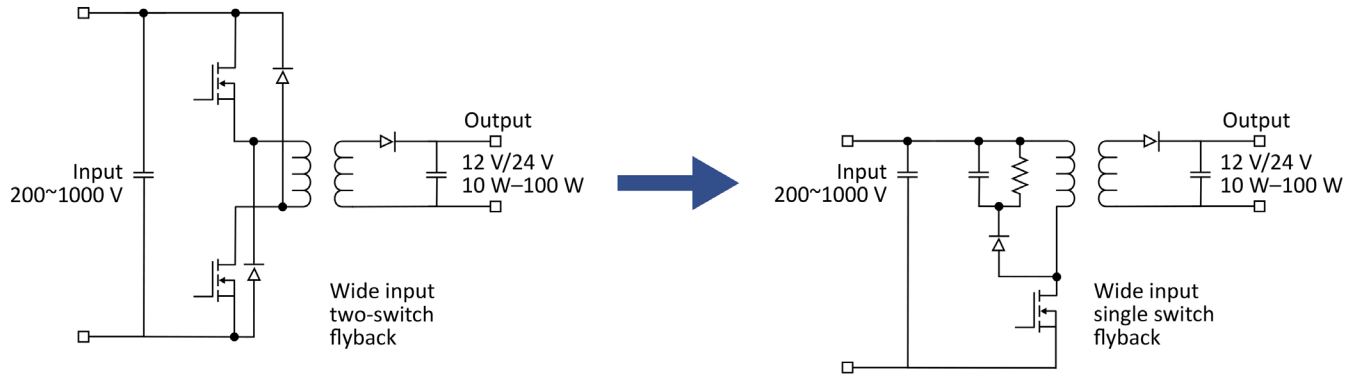
une tension de sortie basse (5 à 48 V). La meilleure méthode pour limiter le risque de panne reste d'utiliser une conception très simple. Comme illustré en figure 1, la conception de circuit la plus fiable est la topologie « flyback » à un seul commutateur (figure 1, à droite), qui est simple et fait appel à un nombre de composants réduit, ce qui constitue également un avantage au niveau du coût global.

L'introduction de MOSFET SiC 1 700 V est une solution idéale pour l'AuxPS. Combinant une tension de claquage élevée, une faible résistance à l'état passant, et une vitesse

● Une flotte entière de véhicules électriques commerciaux va profiter des avantages des MOSFET SiC haute tension.



1 La topologie à deux commutateurs (à gauche) utilisant des transistors au silicium peut être remplacée par un circuit flyback plus simple à un seul commutateur (à droite) utilisant un MOSFET SiC 1700V, plus performant et moins cher.



de commutation rapide, ces dispositifs sont bien adaptés à la topologie flyback à un seul commutateur. En revanche, les solutions à base de silicium présentent soit une tension nominale trop faible, qui nécessite une architecture à deux commutateurs (voir figure 1, à gauche) multipliant par 2 le risque de défaillance, soit une tension nominale adéquate mais des performances médiocres, un nombre limité de fournisseurs, et un prix plus élevé que le SiC.

Outre l'amélioration de la fiabilité, la simplification du schéma de commande, la réduction du nombre de composants, et la diminution du coût, une AuxPS utilisant des MOSFET SiC 1700V est également plus compacte. La résistance à l'état passant normalisée par unité de surface, également appelée résistance à l'état passant spécifique ($R_{on,sp}$), des MOSFET SiC n'est qu'une fraction de celle des MOSFET au silicium. Cela signifie que des boîtiers plus petits

peuvent être utilisés pour la puce plus petite, et que les pertes par conduction sont réduites, ce se traduit par des dissipateurs thermiques plus petits (voire absents). En outre, les MOSFET SiC ont des pertes de commutation plus faibles, ce qui permet de réduire la taille, le poids et le coût des transformateurs en augmentant la fréquence de commutation.

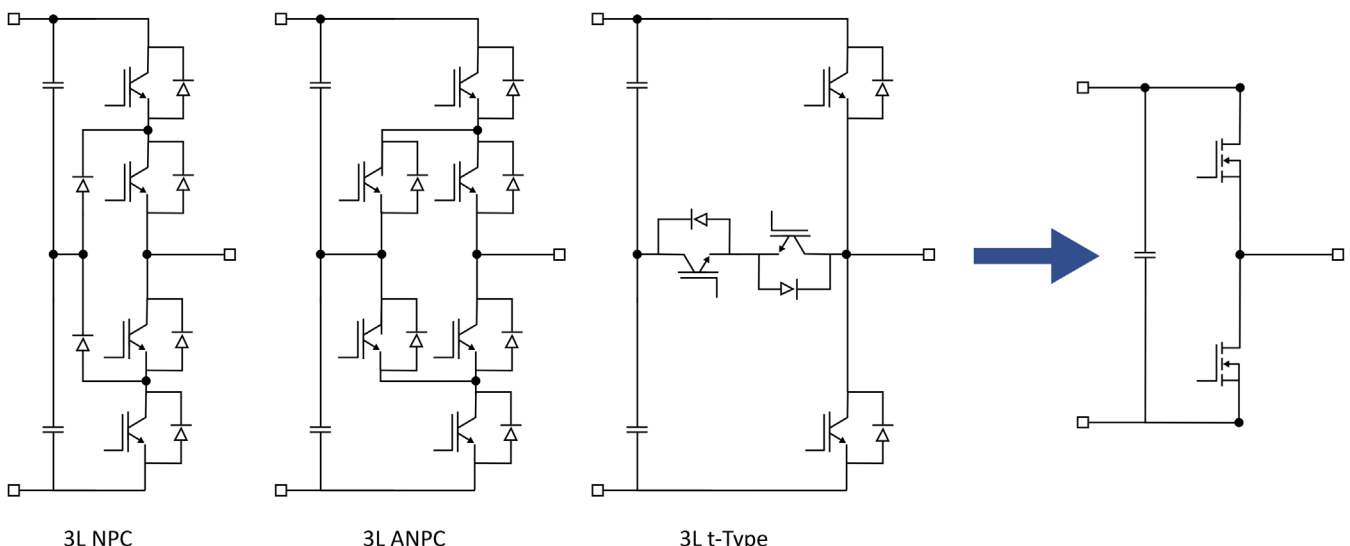
Des dizaines jusqu'aux centaines de kilowatts

En montant dans la gamme de puissance, les MOSFET SiC 1700V offrent là encore de nombreux avantages par rapport aux MOSFET et IGBT au silicium, pour les applications allant de quelques dizaines à quelques centaines de kilowatts. Parmi les exemples, citons les onduleurs photovoltaïques, de branche ou centraux, les groupes auxiliaires de puissance (APU) des véhicules de transport commercial, les équipements de chauffage et de soudage

par induction, les variateurs de vitesse industriels, les convertisseurs éoliens, etc.

Plus la puissance traitée est importante, plus la commutation rapide et le rendement supérieur offerts par le SiC sont intéressants. Par rapport aux IGBT silicium, les MOSFET SiC réduisent les pertes de commutation de 80% en moyenne, ce qui permet aux convertisseurs d'augmenter la fréquence de commutation et de réduire la taille, le poids et le coût des transformateurs encombrants et coûteux. Notons par ailleurs que même si les pertes par conduction des MOSFET SiC et des IGBT silicium soient similaires aux charges élevées, de nombreuses applications fonctionnent le plus souvent dans des conditions de charge légère. Prenons quelques exemples : des onduleurs photovoltaïques fonctionnant par temps nuageux ou à l'ombre; des convertisseurs éoliens par temps calme; ou des portes de train

2 Les topologies de circuit complexes à trois niveaux (à gauche) à base d'IGBT silicium peuvent être simplifiées en topologie à deux niveaux (à droite), plus élégante et plus fiable, utilisant deux fois moins (voire plus !) de modules MOSFET SiC 1700V.



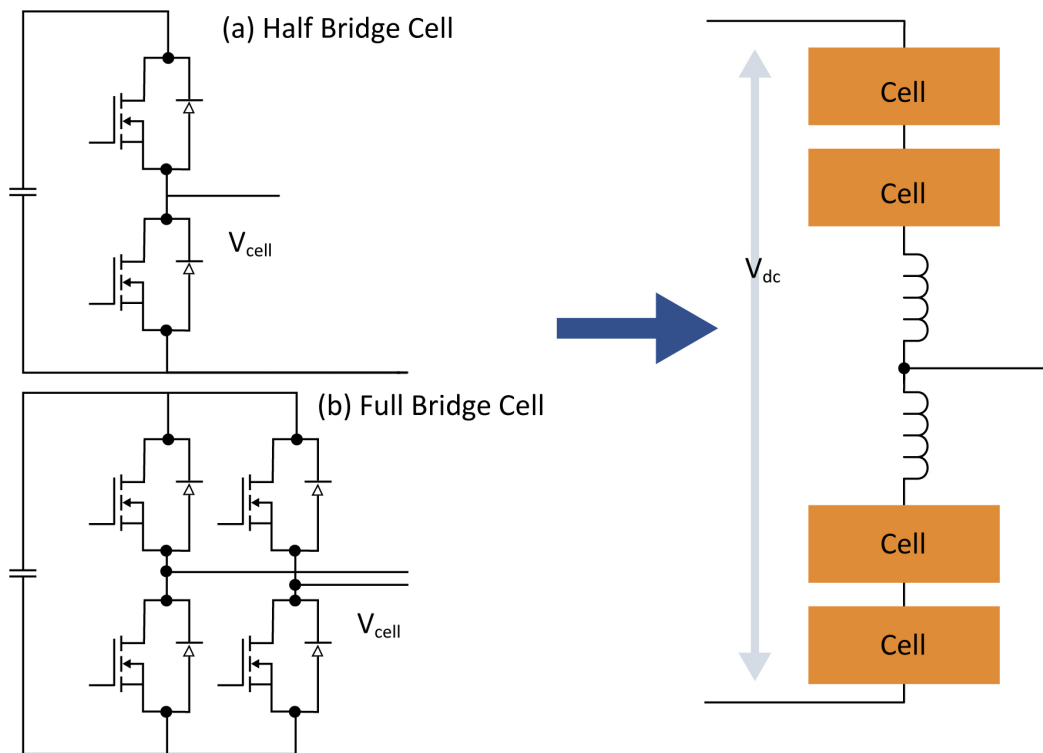
(ouvertes/fermées par les APU de transport) qui sont fermées la majeure partie du temps. Dans ces conditions de charge légère très courantes, les MOSFET SiC offrent des pertes de conduction plus faibles, en plus de pertes de commutation inférieures, ce qui permet de réduire les dissipateurs thermiques et autres mesures de gestion thermique.

Du point de vue fiabilité, les MOSFET SiC permettent aux concepteurs de simplifier la topologie du circuit et le schéma de commande, et aussi de réduire le nombre de composants, ce qui se traduit bien sûr par un coût inférieur. Compte tenu des besoins plus élevés de ces convertisseurs de

puissance moyenne, une tension de bus continue plus élevée est utilisée; généralement entre 1 000 et 1 300V. Lors de la sélection de transistors silicium destinés à fonctionner sous de telles tensions continues élevées, les exigences en matière de rendement obligent les concepteurs à choisir parmi un petit nombre d'architectures de circuit complexes à trois niveaux. Illustrées en figure 2, il s'agit notamment du circuit à diode point neutre (NPC), du circuit NPC actif ou du circuit type T. En revanche, l'utilisation de MOSFET SiC 1 700V permet aux concepteurs de s'affranchir de ces contraintes, et de revenir au circuit à deux niveaux, plus élégant, illustré à droite en figure 2, et qui réduit de moitié le nombre de composants, tout en simplifiant la commande.

L'importance du conditionnement de puissance et d'un pilotage de grille performant des MOSFET SiC mérite d'être mentionnée. Étant donné que le SiC permet de commuter des puissances importantes à des vitesses très élevées, il faut veiller à éviter les « overshoot » (dépassements de tension) et à réduire les émissions de bruit. Dans ces applications, les convertisseurs de moyenne puissance débitent cou-

3 Convertisseur modulaire multi-niveaux à plusieurs cellules, permettant d'atteindre la puissance nominale requise et (à droite), deux exemples de configurations simples de cellules unitaires à deux niveaux, avec des MOSFET SiC 1 700V.



ramment des centaines d'ampères sur un bus 1 000 à 1 300V en moins d'une microseconde, ce qui nécessite une inductance de boîtier aussi faible que possible, des drivers de grille intelligents et ultra-rapides, et une implantation système optimale. Grâce à l'association du boîtier de puissance SP6LI de Microchip Technology, et de la famille de drivers de grille numériques AgileSwitch, les concepteurs disposent de solutions prêtes à l'emploi pour tirer le meilleur parti des MOSFET SiC 1 700V en s'affranchissant de ces problèmes courants.

Aller vers des mégawatts

Dans la gamme de puissance de plusieurs mégawatts, les facteurs clés de la conception sont notamment la facilité d'extension et une maintenance minimale, ce qui incite à utiliser des solutions modulaires basées sur une cellule unitaire simple. Comme illustré en figure 3, les cellules unitaires, parfois appelées briques d'électronique de puissance, ou sous-modules, sont configurées comme des convertisseurs à pont en H en cascade, ou comme des convertisseurs modulaires multi-niveaux (MMC). Les applications à l'échelle du mégawatt comprennent

les transformateurs à semi-conducteurs (SST), les systèmes de distribution de courant continu moyenne tension, les unités de puissance de traction (TPU) destinés aux véhicules commerciaux et poids lourds, les onduleurs photovoltaïques centraux et les convertisseurs d'éoliennes en mer, ainsi que les systèmes de conversion d'énergie présents à bord de navires.

Historiquement, les dispositifs semi-conducteurs de puissance utilisés dans les cellules unitaires étaient des IGBT silicium 1 200 à 1 700V. Tout comme pour les applications de faible puissance, le déploiement de MOSFET SiC 1 700V au niveau de cellules unitaires, étend les capacités de traitement et les performances électriques de ces cellules. Comme évoqué précédemment, les MOSFET SiC 1 700V présentent des pertes de commutation beaucoup plus faibles, ce qui permet d'augmenter la fréquence de commutation, et de réduire sensiblement la taille des cellules unitaires. En outre, la tension de blocage élevée de 1 700V réduit le nombre de cellules nécessaires pour une même tension continue de liaison, ce qui augmente la fiabilité du système tout en réduisant les coûts. ■



Domptez le monstre SiC !

Libérez tout le potentiel du carbure de silicium

Relevez les défis du carbure de silicium (SiC) en toute confiance. Seul Microchip propose des drivers de grille numériques conçus pour répondre directement aux défis de mise en œuvre du SiC.

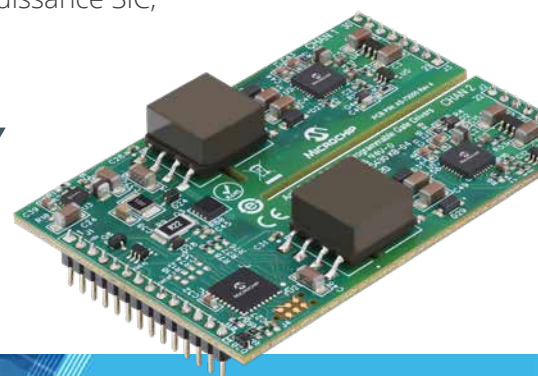
Notre nouveau driver de grille numérique à 2 canaux 1 200 V, AgileSwitch® 2ASC-12A2HP 1 200 V à technologie Augmented Switching, offre plusieurs niveaux de contrôle et de protection, pour un fonctionnement sûr et fiable des circuits de puissance à base de MOSFET SiC. Homologué pour satisfaire les exigences strictes du secteur du transport, ce dispositif répond au besoin de rendement accru des poids lourds de transport électrifiés.

En outre, le 2ASC-12A2HP est compatible avec la dernière version de l'interface de notre outil de configuration intelligente (ICT), qui permet de configurer les paramètres spécifiques des drivers de grille. Le driver de grille obtenu est adapté à l'application, sans modification du matériel environnant, ce qui permet de gagner jusqu'à six mois de développement sur les nouvelles conceptions.

Vous êtes prêt à mettre en œuvre des densités de puissance inédites dans vos systèmes de transport et vos applications industrielles ? Explorez nos solutions éprouvées, et exploitez tout le potentiel du SiC dès aujourd'hui.

Caractéristiques principales de l'AgileSwitch 2ASC-12A2HP

- Atténue les dépassements transitoires de tension drain-source (VDS) jusqu'à 80% et réduit les pertes de commutation jusqu'à 50%.
- Fournit ou absorbe jusqu'à 10 A crête, et intègre un convertisseur CC/CC isolé, à barrière d'isolation faible capacitance pour signaux PWM et retour d'erreur
- Compatible avec notre large gamme de dispositifs et modules de puissance SiC, ainsi qu'avec les produits SiC d'autres fabricants



microchip.com/SiCGateDrivers



Le nom et le logo Microchip, et AgileSwitch sont des marques commerciales déposées, et Augmented Switching est une marque commerciale de Microchip Technology Incorporated, aux États-Unis et dans d'autres pays. Toutes les autres marques commerciales citées appartiennent à leurs entreprises respectives.
© 2022 Microchip Technology Inc. Tous droits réservés.
DS00004213A, MEC2407A-FRE-08-22