

Électrification : la ruée vers les SiC

Auteur : Andreas von Hofen, responsable marketing pour la branche des produits automobiles chez Microchip Technology

L'industrie automobile se tourne vers des solutions plus durables, puisque le marché introduit de plus en plus de véhicules hybrides voire entièrement électriques, tout comme des voitures à piles à combustible. L'électrification des fonctions critiques requiert des solutions fiables pour générer, distribuer et contrôler les systèmes à haute puissance. Plus la quantité d'énergie électrique stockée dans la voiture et utilisée par celle-ci augmente, plus les besoins en densité de puissance et en efficacité augmentent aussi. La surveillance et le contrôle efficaces sont essentiels pour un fonctionnement efficace et fiable des sous-systèmes électriques. Les fournisseurs de semi-conducteurs comme Microchip offrent un large portefeuille de composants matériels et logiciels, d'outils de développement intégrés et de solutions d'alimentation ultra efficaces, rendus possibles par l'utilisation du carbure de silicium (SiC) qui facilite l'innovation sur les systèmes de véhicules électriques ou hybrides.

Les concepteurs de sous-systèmes automobiles ont constamment des difficultés à développer des solutions innovantes pour étendre l'autonomie et réduire le temps de chargement des véhicules électriques. Dans cette optique, ils ont utilisé les technologies basées sur le silicium jusqu'à leurs limites en termes de dimensions, poids et efficacité de puissance, et sont en train de se tourner vers des solutions SiC pour résoudre ces problèmes. Par rapport au silicium simple, les composants au carbure de silicium offrent une plus faible résistance à l'état passant, des vitesses de commutation plus rapides, ainsi que la capacité à supporter des tensions et courants plus élevés, à des températures de jonction plus élevées. Autre avantage essentiel des SiC : leur taille réduite permet des densités de puissance plus élevées, ce qui se révèle critique pour de nombreuses applications de véhicules électriques. Sans surprise, le marché automobile des semi-conducteurs de puissance SiC, à large bande interdite (WBG), devrait donc multiplier par 13 son chiffre d'affaires actuel estimé à 1 milliard de dollars, d'ici 2030, selon Omdia (*Les semi-conducteurs de puissance par application*, rapport du premier semestre 2022).

La tendance à aller vers des tensions plus élevées, de l'ordre des 800 V, à bord des véhicules électriques, conduit à la création de nouveaux systèmes pour les inverseurs de traction, les convertisseurs DC-DC, les chargeurs embarqués et les compresseurs des pompes à chaleur et piles à combustible. Les excellentes performances des MOSFET et des diodes SiC haute tension conviennent parfaitement aux véhicules électriques, en particulier pour les applications commerciales et véhicules hors route, pour lesquels la disponibilité est essentielle.

Le réseau existant de l'infrastructure 400 V pour les véhicules les plus courants devront également s'adapter aux nouveaux modèles de véhicules à 800 V. Le besoin croissant en tensions élevées pousse les ingénieurs à développer des modules DC-DC élévateurs à bord du véhicule pour ramener les deux rails de tension ensemble.

La technologie SiC peut également jouer le rôle d'élément de commutation dans un coupe-circuit à semi-conducteur, ou de fusible électronique (E-Fuse), pour protéger les composants électriques embarqués et diagnostiquer les événements de panne avant qu'une panne totale ne survienne. Les temps d'arrêt pour réparation et les frais associés peuvent être évités grâce à des options de diagnostic et de configuration améliorées par rapport aux solutions mécaniques.

Dans le même temps, il existe une demande pour une infrastructure de chargement DC rapide, pour recharger les véhicules rapidement. Ce point est particulièrement important pour les applications commerciales, depuis les camions et bus jusqu'aux engins de carrière et de chantier, qui doivent pouvoir être opérationnels le plus longtemps possible.

Coupe-circuits à semi-conducteurs

L'utilisation des SiC pour créer un coupe-circuit à semi-conducteurs comporte un certain nombre d'avantages par rapport aux solutions de protection des circuits classiques. La technologie peut commuter rapidement grâce à l'utilisation d'un profil de déclenchement configurable au niveau logiciel, par exemple via une interface LIN, pour interrompre un circuit en l'espace de quelques microsecondes, soit 100 à 500 fois plus rapidement qu'avec les approches mécaniques traditionnelles, grâce à sa conception à base de semi-conducteurs haute tension.

Le fusible électronique est réamorçable, ce qui évite tout remplacement de fusible physique, et constitue une solution fiable sur le long terme si un circuit est régulièrement interrompu. Les risques potentiels d'arcs électriques lors de la commutation de courants DC haute tension avec contacts mécaniques disparaissent quand on utilise une solution E-Fuse à base de semi-conducteurs.

Le démonstrateur E-Fuse technologie de Microchip, intégrant des commutateurs MOSFET mSiC™ 700 V et 1200 V associe la détection de courant, des amplificateurs, une interface LIN et un



Figure 1 Fusible électronique basé sur des semi-conducteurs

microcontrôleur PIC™ 8 bits doté de périphériques indépendants du cœur (CIP), constituant ainsi une solution complète et hautement intégrée. Tous les composants sont disponibles avec la qualification automobile AEC. Le système intègre une courbe TCC (caractéristiques temps-courant) qui aide les développeurs ayant davantage l'habitude des fusibles ou contacteurs traditionnels, et affiche une résistance maximale aux courts-circuits de 10 μ s avec un courant nominal maximal de 30 A.

Chargement rapide

Les véhicules électriques, commerciaux et hors route requièrent des capacités de chargement rapides. Tandis qu'une voiture peut rester sur le bord de la route toute une nuit pour être rechargée, les bus ou les engins de chantier doivent être opérationnels de jour comme de nuit. Ces derniers utilisent désormais des blocs de batteries de 800 V voire 1000 V capables de fournir les niveaux de puissance nécessaires pour ce type de gros véhicule transportant des charges lourdes.

Ces systèmes de chargement embarqués nécessitent des niveaux de puissance plus élevés, pour lesquels la technologie SiC constitue une solution optimale. Les appareils avec une tension nominale de 1200 V voire de 1700 V laissent aux développeurs plus de marge de manœuvre pour la conception. Cela peut se traduire par des performances maximales plus élevées pour le véhicule, moins de redondance et une plus grande facilité de fabrication des éléments.

Les SiC étant plus efficaces que les IGBT à base de silicium, cela signifie également que la taille des dissipateurs thermiques n'a pas besoin d'être aussi grande, ce qui réduit d'autant le poids du véhicule.

Un démonstrateur de technologie pour un chargeur DC-DC de 30 kW est disponible, basé sur des MOSFET mSiC 1200 V et sur des diodes mSiC dual 1200 V avec protection contre les pannes en avalanche. Le système affiche une efficacité maximale supérieure à 98 %, une tension d'entrée de 650 à 750 V et une tension de sortie de 150 à 600 V à 50-60 A maximum à une fréquence de commutation de 140 kHz. L'agencement de la carte électronique est optimisé pour la sécurité, le courant, le stress mécanique et l'immunité au bruit.



Figure 2 Convertisseur DC-DC SiC 30 kW

De plus, un système de référence de PFC (Correction du Facteur de Puissance) 30 kW triphasé sous forme de topologie Vienna est disponible, basé sur des composants SiC. Les systèmes PFC sont généralement requis pour réaliser la conversion AC/DC et pour maintenir le décalage de phase du courant d'entrée AC dans les limites bien définies par rapport à la tension d'entrée AC, garantissant un facteur de puissance proche de 1 et une distorsion harmonique totale (THD) faible.

Dans le futur, la redistribution de l'énergie du bloc de batterie vers le réseau électrique sera une obligation. Cette capacité de chargement bidirectionnel peut être prouvée par un autre système PFC basé sur un SiC de 11 kW dans une topologie de type Totem-Pôle.

Le convertisseur DC-DC ainsi que le correcteur PFC peuvent être combinés sous forme de modules.



Figure 3 Système de référence PFC Vienna 30 kW

Construire des blocs pour les bornes de recharge de l'infrastructure allant jusqu'à 150 kW



Figure 4 Infrastructure de chargement

Le carbure de silicium est également essentiel pour l'infrastructure des bornes de chargement. Les mêmes avantages de tensions et courants plus élevés, associés à une meilleure efficacité et à des éléments de refroidissement plus compacts permettent de créer des chargeurs plus petits. Même si la taille du chargeur n'est pas très importante pour les véhicules commerciaux et hors route, qui sont stockés dans des entrepôts toute la nuit, elle a son importance pour les chargeurs DC bidirectionnels domestiques, qui se démocratisent de plus en plus.

De même les chargeurs publics rapides DC de niveau 3 passent outre le chargeur embarqué du véhicule pour charger directement la batterie via le système de gestion de la batterie (BMS) à bord de la voiture électrique. En n'utilisant pas le chargeur embarqué, on peut profiter de temps de chargement significativement plus rapides, avec une puissance de sortie du chargeur comprise entre 50 et 350 kW.

En utilisant une approche modulaire, le circuit de *front-end* PFC est utilisé pour la conversion AC-DC, souvent à partir de tensions AC plus élevées, de l'ordre de 480 V, avec plusieurs modules convertisseurs DC-DC isolés et placés en parallèle pour fournir la puissance au véhicule.

Cette approche permet de développer une toute une série de chargeurs à partir de modules basiques répondant aux différentes exigences de l'opérateur du véhicule. Au fur et à mesure de l'évolution des véhicules, qui nécessiteront davantage de puissance pour se recharger plus rapidement, l'infrastructure de chargement peut être adaptée à l'aide de composants SiC. Cette approche est utilisée pour les systèmes de chargement rapide, jusqu'à 150 kW, y compris pour des systèmes avec des performances supérieures.

Grâce à la gestion de l'alimentation numérique et à une combinaison de MOSFET et diodes SiC, il est possible de créer des systèmes qui offrent une efficacité et une intégration système élevée, une densité de puissance élevée, des boucles de contrôle numérique avancées et une flexibilité accrue, et ce pour plusieurs topologies d'alimentation pour des applications de chargement rapide DC. Ils peuvent être associés à la gestion d'alimentation analogique, la connectivité sans fil et filaire, un compteur d'énergie, de la mémoire, la sécurité et des périphériques HMI (interface homme-machine) pour compléter un système de chargement rapide DC de niveau 3 (L3).

Conclusion

Les solutions à large bande interdite, telles que les SiC, sont essentielles pour l'E-mobilité, et permettent des niveaux de conversion d'énergie plus élevés en termes d'efficacité, de densité et de fiabilité. Microchip peut aider les développeurs à adopter le carbure de silicium en toute simplicité, rapidement et avec confiance grâce à ses produits et solutions d'alimentation mSiC. Ce portefeuille comprend des composants nus SiC, des composants discrets et des modules allant de 700 V à 3,3 kV.

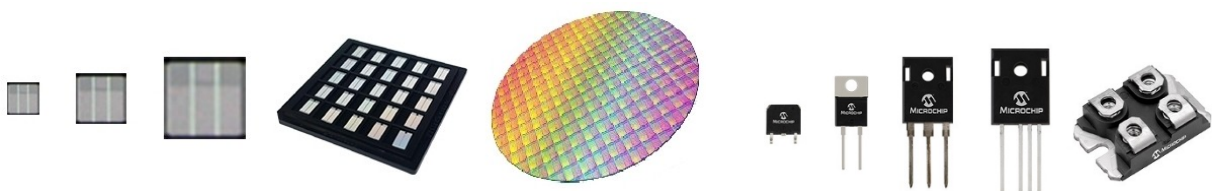


Figure 5 Conception de modules d'alimentation à partir de composants SiC, galettes de silicium, boîtiers montés en surface et traversants

De plus, le portefeuille général comprend des microprocesseurs, microcontrôleurs, puces Wi-Fi/Bluetooth et puces de compteurs ainsi que l'interface graphique tactile pour les applications sur les bornes de chargement. Du côté véhicule, on trouve entre autres : des contrôleurs de signal numériques de qualité automobile, ainsi que des composants et pilotes de mise en réseau pour véhicule.

Cette solution complète comprend également des suites logicielles pour des algorithmes de contrôle de l'alimentation en mode commutation et commande de moteur, ainsi que des piles logicielles automobiles et des bibliothèques de diagnostic pour la sécurité fonctionnelle.

www.microchip.com