

Les tendances du marché mondial stimulent l'innovation dans les systèmes automobiles

Auteur: Heinz-Peter Beckemeyer, director, Automotive Systems, Texas Instruments



Figure 1. L'électronique avancée rend les déplacements plus sûrs, plus confortables et plus connectés. Elle réduit le poids, améliore l'utilisation, accroît l'efficacité énergétique et rend également les véhicules plus pratiques.

Il est désormais probable que nous aurons l'opportunité, d'ici quelques décennies, d'utiliser un véhicule autonome, qui sera certainement électrique. Si l'on ignore encore quand de tels véhicules seront accessibles au plus grand nombre, les constructeurs automobiles comme les équipementiers électroniciens se sont engagés à faire des véhicules autonomes et des véhicules électriques une réalité.

Les véhicules autonomes électriques réunissent deux innovations techniques complémentaires bénéficiant d'une dynamique favorable : la conduite automatisée et la production de véhicules électriques abordables, à recharge rapide et à l'autonomie particulièrement étendue. Si l'on ajoute la tendance actuelle à l'utilisation de l'électronique avancée pour rendre les déplacements plus sûrs, plus confortables et plus connectés, ces technologies devraient révolutionner les transports en quelques générations de concepts. Cette révolution réduira le poids, améliorera l'utilisation, accroîtra l'efficacité énergétique et rendra les véhicules plus sûrs, plus confortables et plus pratiques (figure 1).

L'automatisation de la conduite et l'électrification des véhicules se feront en plusieurs étapes, au fil des générations de concepts. Pour suivre l'avancement des innovations relatives à l'automatisation de la conduite, SAE International a créé la norme J3016. Cette norme définit cinq stades d'automatisation de la conduite allant de l'absence d'automatisation (niveau 0) à l'automatisation complète (niveau 5), avec différents degrés d'intervention de la machine aux niveaux intermédiaires. De nombreuses fonctions des premiers niveaux sont déjà proposées sur les véhicules produits actuellement, telles que le contrôle dynamique de stabilité (niveau 1), la régulation de vitesse adaptative et le

suivi de voie (niveau 2). Les fonctions d'automatisation partielle pour l'assistance au stationnement et les situations d'urgence comme une incapacité soudaine du conducteur (niveau 3) devraient être les prochaines innovations. Ces systèmes d'assistance ainsi que les systèmes d'information et d'alerte avancés sont appelés systèmes d'aide à la conduite automobile (ADAS). Ils augmentent la sécurité et la praticité.

Les ADAS fournissant des informations, tels que les systèmes de caméra de recul et de vision à 360° dotés d'écrans, permettent au conducteur d'avoir un meilleur champ de vision et de voir dans les angles morts. Les systèmes de vision par ordinateur analysent les données fournies par divers capteurs, afin d'identifier les objets et environnements dangereux présents alentour du véhicule et d'alerter le conducteur au moyen de signaux visuels, haptiques ou sonores. Les ADAS vont plus loin : ils sont en mesure de réaliser des manœuvres simples à la place du conducteur, comme se replacer au centre de la voie ou arrêter la voiture si un piéton est en train de traverser. Dans le cas des systèmes hautement ou entièrement automatisés, de nombreux capteurs et sous-systèmes doivent collaborer pour transmettre, associer et analyser l'ensemble des informations disponibles en temps réel : on parle alors de fusion des données des capteurs.

L'électrification des véhicules progresse également par étapes, avec des niveaux d'électrification partielle avant d'atteindre l'électrification complète. Les consommateurs pourront donc découvrir les nouvelles fonctions à mesure qu'ils se familiariseront avec la technologie. Les véhicules électriques sont habituellement classés selon les catégories présentées dans le tableau 1. Chaque catégorie inclut les caractéristiques des catégories précédentes, et chacune voit sa consommation de carburant réduite.

Hybrid electric vehicles	
Start/stop	Stops engine when the car stops; starts when foot is removed from brake.
Micro hybrid	Regenerative braking and recharging.
Mild hybrid	Includes a 12-V battery for compatibility with existing electrical systems, plus a 48-V battery to run the starter/generator, fuel pump, water pump, cooling fan and other functions, such as an electric supercharger/turbocharger.
Full hybrid (HEV)	Operates from a combination of a battery and a combustion engine.
Plug-in hybrid (HEV)	Allows extending fuel efficiency by recharging from a wall socket.
Electric vehicles	
Pure electric (EV)	Fully electric operation. HEVs and EVs require batteries rated at 400-V or more to propel the car.

Véhicules hybrides	
Système de mise en veille	Arrêt automatique du moteur lorsque la pédale de frein est enfoncée, redémarrage automatique lorsqu'elle est relâchée
Micro-hybride	Récupération de l'énergie de freinage pour la recharge
Mild-hybride	Batterie 12 V pour la compatibilité avec les systèmes électriques existants et batterie 48 V pour alimenter le démarreur/alternateur, la pompe d'alimentation, la pompe centrifuge, le groupe motoventilateur et d'autres systèmes tels qu'un compresseur électrique.
Full-hybride	Alimenté par des batteries et un moteur thermique.

Hybride rechargeable	Permet de diminuer la consommation de carburant en rechargeant le véhicule à une prise électrique.
Véhicule électrique	
Véhicule électrique	Véhicule entièrement électrique. Les véhicules hybrides et les véhicules électriques nécessitent des batteries d'une tension de 400 V ou plus pour entraîner le véhicule.

Tableau 1. Les six niveaux d'électrification des véhicules.

Ces étapes de l'électrification des véhicules accompagnent le développement de la conduite automatisée, car tous deux dépendent de systèmes électroniques avancés devant être mis en œuvre dans les différentes parties du véhicule. Dans certains cas, le moteur électrique et le système de conduite automatisée peuvent utiliser les mêmes systèmes pour l'accélération et l'arrêt. Dans d'autres cas, ils peuvent utiliser les mêmes capteurs et systèmes de traitement des données et de communication lors de l'utilisation et des diagnostics. En outre, l'automatisation au moyen d'ADAS accroît l'efficacité énergétique, qui est l'un des principaux objectifs de l'électrification. Par exemple, la régulation de vitesse adaptative contribue à réguler la consommation de carburant, ce qui améliore la sobriété par rapport aux accélérations et freinages répétés.

Les ADAS, la promesse du véhicule autonome

Basée sur de nombreuses fonctions de détection et d'imagerie par caméras, ultra-sons, radar et lidar, la technologie ADAS ouvre la voie à l'automatisation des véhicules. Plus les ADAS sont nombreux, plus la bande passante doit être large, le traitement des images et autres signaux performant et la commande intelligente. Les informations doivent être traitées immédiatement. L'accélération des fonctions et la réduction de la latence dans les communications sont donc particulièrement importantes. Il convient aussi de réduire le câblage pour limiter l'encombrement et le poids.



Figure 2. Les ADAS ouvrent la voie aux véhicules autonomes avec leurs radars à faible, moyenne et longue portée, lidars et caméras, utilisés pour détecter et surveiller l'environnement du véhicule.

Les caméras produisent de grandes quantités de données vidéo, nécessitant des algorithmes propres à filtrer et gérer ces données. Ces algorithmes ont également pour fonction de rechercher et reconnaître des objets importants tels que les feux de signalisation, les délimitations de voie, les piétons et les autres véhicules. Toutes ces

opérations se déroulent en temps réel, de même que celles permettant de déterminer si la voiture doit s'écarter, ralentir, s'arrêter, etc., et d'engager l'action correspondante. L'exploitation conjointe de la vidéo, des données provenant d'autres capteurs et des requêtes relatives à la prise de décisions et à la commande requiert des solutions de traitement de données hétérogènes : système de traitement des signaux vidéo dédié pour les données brutes entrantes, système programmable de traitement du signal pour le balayage et la reconnaissance des objets, microprocesseur hautes performances pour la prise de décision nécessaire à l'utilisation du véhicule, etc. Le traitement de l'image nécessite idéalement tous ces systèmes de traitement, ainsi que des interfaces de communication rapide pour fournir les données des caméras au processeur.

À mesure que les exigences de nombre et de résolution des capteurs et caméras augmentent, une bande passante plus large devient nécessaire pour les communications. Actuellement, les ADAS utilisent différents protocoles de communication et différentes architectures. La latence doit être assez faible pour garantir l'efficacité de la transmission des données critiques. Un fonctionnement en réseau optimisé permettant la transmission de vidéo et d'autres types de données, des signaux de commande et même l'alimentation électrique par un unique câble réduit significativement l'encombrement et le poids du câblage, et donc l'encombrement des modules ainsi que le poids de leurs câbles.

Outre les solutions de communication flexibles et de traitement de données hétérogènes, les ADAS nécessitent une gestion de l'alimentation adaptable et intégrée. La plage de tensions utilisées en construction automobile est plus large que dans la plupart des systèmes électroniques, et l'environnement de fonctionnement peut être sévère en raison des plages de températures, des vibrations et de la contamination. Les solutions de gestion de l'alimentation sont importantes pour les ADAS, non seulement parce qu'elles fournissent une alimentation fiable pour les systèmes d'assistance, mais aussi parce qu'elles comportent des sécurités qui préservent les systèmes critiques. Si la robustesse de la gestion de l'alimentation reste presque imperceptible pour l'utilisateur, les développeurs des systèmes savent qu'elle est essentielle non seulement au développement de la technologie ADAS, mais aussi au groupe motopropulseur.

L'électrification des sous-systèmes de groupe motopropulseur progresse rapidement

Bien que le groupe motopropulseur ne soit pas très visible pour les utilisateurs, il reste le système le plus important du véhicule. De plus en plus de villes et de pays ont prévu d'interdire les véhicules à moteur thermique entre 2030 et 2050. Ainsi, l'adaptation des sous-systèmes aux moteurs électriques progresse rapidement. En revanche, des solutions électroniques innovantes sont nécessaires pour le moteur gourmand en électricité et pour la recharge rapide des véhicules hybrides et électriques. Elles contribuent également au rendement des moteurs à combustion et à la réduction du poids, notamment du système de direction assistée (fig. 3).



Figure 3. Des solutions électroniques innovantes sont nécessaires pour le moteur gourmand en électricité et pour la recharge rapide des véhicules hybrides et électriques. Elles contribuent également au rendement des moteurs à combustion et à la réduction du poids, notamment du système de direction assistée.

La gestion de l'alimentation pose bien plus de difficultés sous le capot que dans les autres parties du véhicule. Les tensions sont comprises entre 3 V et plus de 800 V, avec un usage croissant du 48 V dans les véhicules hybrides. Les circuits peuvent nécessiter de la maintenance et les alimentations doivent s'adapter aux pics et aux chutes de tension de la batterie selon son état de charge. Les tensions les plus élevées, qui ne sont pas compatibles avec le silicone, requièrent de nouveaux matériaux composites pour les transistors de puissance.

Avec la nécessité de la gestion de l'alimentation dans les systèmes de groupe motopropulseur des véhicules hybrides et électriques, les tensions élevées s'accompagnent d'exigences strictes quant aux matériaux, aux processus, à la conception, aux enveloppes, aux certifications, soit l'ensemble des exigences propres à la technologie des circuits intégrés. Il est important de relever ces défis pour garantir un fonctionnement fiable, mais aussi la sûreté d'utilisation de nombreux systèmes tels que le démarreur/alternateur, la direction assistée, le système d'antipatinage à l'accélération, le régulateur de batterie, le convertisseur courant continu-courant continu, etc. Ces systèmes doivent être protégés des surtensions, des surintensités, des pointes de courant, des signaux de rétroaction à d'autres systèmes, du bruit électromagnétique de sources externes et des autres facteurs de destruction ou de contamination. Il est bien sûr impératif que les personnes ne soient en aucun cas exposées à des tensions et intensités élevées. La sûreté dépend largement de l'isolation du circuit, que ce soit à l'intérieur d'une *die*, entre plusieurs *dies* contenus dans un boîtier, entre plusieurs appareils à circuits intégrés interconnectés ou entre plusieurs de ces éléments. Afin de garantir une telle sécurité, les spécifications automobiles exigent une isolation renforcée, c'est-à-dire deux fois supérieure à l'isolation fonctionnelle.

Dans les véhicules hybrides, les tensions élevées permettent de réduire le moteur à combustion, ce qui réduit la consommation de carburant, mais aussi la puissance fournie. Le moteur de démarrage électrique doit donc fournir le couple au moteur, et le compresseur classique doit être remplacé ou complété par un compresseur électrique qui accroît le couple lors de l'opération. La protection contre les surtensions transitoires de telles fonctions nécessite des transistors à effet de champ adaptés à des tensions allant jusqu'à 100 V. L'entraînement de la voiture et la charge par une source externe telle

qu'une prise électrique ou une bobine d'induction nécessitent une compatibilité de 1 kV pour des cycles de charge rapides. Certaines applications nécessitent également une compatibilité avec les fréquences de commutation extrêmement élevées. La production de FET compatibles avec des tensions et fréquences aussi élevées constitue un défi à part entière pour l'électronique automobile. Les FET de puissance en silicone sont adaptés à des tensions suffisamment élevées pour les charges sur batteries 12 V classiques et pour de nombreuses charges sur batteries 48 V.

La gestion des batteries des véhicules hybrides et électriques est un champ d'innovation majeur pour les technologies haute tension. Les systèmes bitension combinant des batteries 12 V et 48 V requièrent une conversion courant continu-courant continu bidirectionnelle à la fois pour protéger les circuits et permettre le fonctionnement. Des tensions plus élevées pourront même être atteintes au moyen de nombreuses cellules connectées en série pour permettre l'entraînement et la charge externe. La gestion des batteries nécessite une commande intelligente avancée pour surveiller la charge, la décharge et la recharge en détectant la température, la tension et le courant dans chaque cellule.

Un domaine d'avenir

Les défis auxquels l'industrie automobile est confrontée pour développer ses systèmes appellent une innovation dans l'électronique de la gestion de l'alimentation et des systèmes produisant et traitant le signal. La collaboration entre les constructeurs automobiles et fournisseurs de premier niveau et les fabricants de semi-conducteurs innovants et experts en systèmes automobiles est la clé du progrès vers la conduite automatisée, l'électrification, la sécurité, le confort et la praticité.