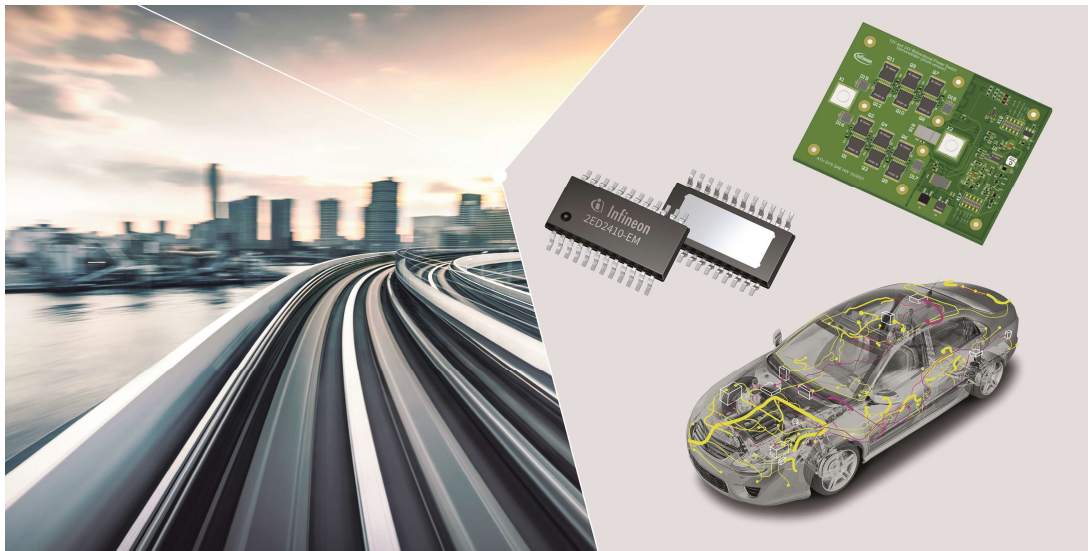


Semiconducteurs de puissance : une absence d'interférences grâce à une isolation rapide des défaillances

Auteurs : Christoph Schulz-Linkholt, Thomas Blasius et André Mourrier, d'Infineon Technologies

Les interrupteurs à semiconducteurs utilisés comme éléments de sécurité permettent des systèmes de distribution de puissance hautement disponibles. Au cours du développement, cependant, l'absence d'interférences doit être prise en considération au moyen d'une isolation rapide des défaillances. En outre, les interrupteurs remplissent la fonction de protection des câbles. La famille EiceDRIVER APD d'Infineon Technologies prête pour la norme ISO 26262 fait partie des produits appropriés pour la mise en œuvre de ces éléments de sécurité.



Les systèmes avancés d'aide à la conduite, les systèmes « X by wire » et la conduite automatisée entraînent de nouvelles exigences de sécurité fonctionnelle pour les développeurs. Selon la norme ISO 26262:2018, cela inclut également la fourniture d'une alimentation électrique à haute disponibilité pour les systèmes d'aide à la conduite par le système de distribution de puissance (*PDS – Power Distribution System*). L'absence d'interférence d'autres composants et systèmes avec le système de distribution de puissance est tout aussi importante. Il est possible d'y parvenir en introduisant des éléments de sécurité qui isolent les défaillances en moins de 100 μ s à 500 μ s. L'implémentation de solutions de semiconducteurs nous permet de réaliser ces objectifs.

Les mégatendances du secteur automobile exigent une électronique fiable

Nous vivons une ère de numérisation croissante. Cela affecte également la mobilité : les véhicules modernes sont constamment connectés au *cloud* et reçoivent des mises à jour de logiciels à intervalles réguliers. Ceci exerce en revanche un impact significatif sur le niveau de communication de l'architecture électrique-électronique (E/E), qui évolue de plus en plus vers un concept de zone avec un ordinateur central. L'électrification du groupe motopropulseur conduit à un système de distribution de puissance avec plusieurs classes et sources de tension, permettant de nouveaux concepts de distribution de puissance décentralisée dans le véhicule. Cependant, c'est le nombre croissant d'applications automobiles modernes telles que les systèmes d'aide à la conduite, les systèmes « X by wire » et la conduite automatisée qui exercent la plus grande influence sur le système de distribution de puissance ainsi que les systèmes électriques et électroniques associés.

Leur mise en œuvre implique la prise en compte de tous les aspects de la sécurité fonctionnelle du système. Les utilisateurs de ces véhicules doivent se sentir en sécurité et pouvoir faire confiance à l'interaction des systèmes. C'est ce que nous appelons l'électronique fiable : en d'autres termes, une électronique hautement disponible, sûre, robuste et sécurisée dans toutes les conditions. À première vue, chacune de ces tendances n'affecte que des sous-domaines de l'architecture E/E. Cependant, considérées dans leur ensemble, elles ont une influence considérable sur le développement de l'architecture du système de distribution de puissance.

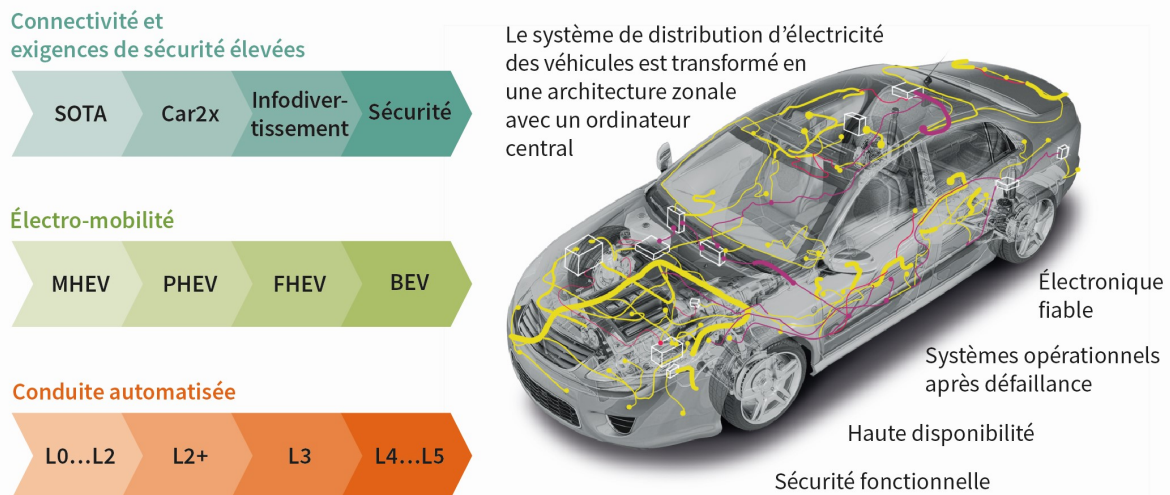


Figure 1 : L'interaction de mégatendances de l'automobile transforme le système de distribution de puissance (PDS – Power Distribution System) en architecture zonale de sous-systèmes hautement disponibles. Les contrôleurs de zones forment ici l'interface entre la distribution de signaux et de données ainsi que la distribution de l'électricité dans l'architecture E/E.

Le système de distribution de puissance hautement disponible

Les systèmes actuels sont généralement conçus pour être passifs après panne. Cela signifie qu'en cas d'anomalie, le système individuel se met dans un état sécurisé sans électricité, et isolé du système global. De cette manière, les effets d'interférence négatifs sur l'ensemble du système sont évités. Mais le conducteur doit pouvoir prendre le contrôle immédiatement en tant que niveau de repli et, en fonction du type de dysfonctionnement, amener le véhicule dans un état sécurisé. Pour cela, le conducteur a besoin d'un accès mécanique au système, ce qui n'est plus possible avec les systèmes « X by wire » et les véhicules automatisés. Par conséquent, dans ces cas, tous les systèmes doivent être très disponibles – nous utilisons également les notions de « actif après défaillance » ou « opérationnel après défaillance » – pour amener le véhicule de manière indépendante à un état sécurisé dans un certain laps de temps. De cette manière, les systèmes hautement disponibles non seulement évitent ou atténuent les cas potentiels de défaillances, mais permettent également une conduite sûre et automatisée dans toutes les conditions.

Le système de distribution de puissance est particulièrement important pour les systèmes à haute disponibilité. Il permet d'alimenter les différentes fonctions de sécurité du véhicule, notamment le freinage, la direction et la perception de l'environnement et doit donc également être hautement disponible. En raison des fonctions de sécurité du véhicule, le système d'alimentation électrique du véhicule hérite des exigences de sécurité accrues et des exigences de développement correspondantes conformément à la norme ISO 26262:2018. Par conséquent, les exigences d'une alimentation électrique à haute disponibilité exercent un impact significatif sur l'architecture du système de distribution de

puissance du véhicule, ce qui nécessite des approches et des fonctionnalités de solution à base de semiconducteurs. Les exigences de sécurité fonctionnelle, par exemple la conduite automatisée et le « X by wire », conduisent à une exigence de disponibilité du réseau électrique embarqué en intégrité ASIL D.

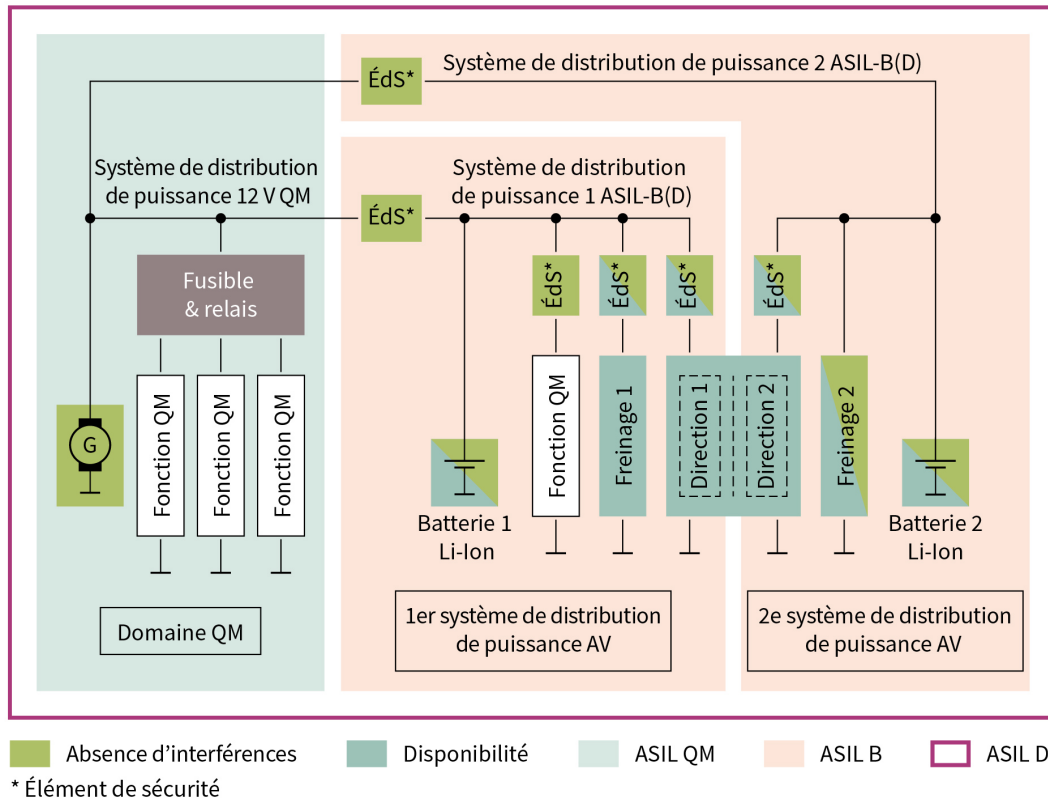


Figure 2 : Diagramme d'architecture conceptuelle d'un système de distribution de puissance détaillé en 2x ASIL B(D), y compris l'affectation de la disponibilité et l'absence d'interférences.

La Figure 2 montre un système de distribution de puissance 12 V schématisé et détaillé à titre d'exemple, constitué d'un domaine QM et de deux canaux disponibles de distribution de puissance suffisamment indépendants dans ASIL B(D). Les trois canaux de distribution de puissance ont des codes de couleur selon leur affectation ASIL. Les fonctions pertinentes pour la sécurité, qui doivent être hautement disponibles, sont conçues avec une redondance correspondante et chacune est alimentée à partir du canal disponible de distribution de puissance. Elles sont affichées avec le code de couleur « disponible ». En même temps, les fonctions de sécurité peuvent être à l'origine d'une surtension ou d'une sous-tension dans le système de distribution de puissance. Aucune de ces sources de défaillance ne peut avoir d'effet sur le système de distribution de puissance et l'interférence doit être évitée avec l'intégrité ASIL B selon l'exigence de disponibilité pour le canal de distribution de puissance. L'absence d'interférences doit être assurée ; elle est indiquée en conséquence par le code couleur « absence d'interférences ».

Un seul dispositif de stockage d'énergie pour chaque canal de distribution électrique disponible assure l'énergie et la puissance disponibles pour effectuer au moins la manœuvre de risque minimum après un dysfonctionnement initial jusqu'à ce que le véhicule atteigne un état sécurisé. Une surveillance continue de l'état de charge, l'état de santé ainsi qu'une prédiction de puissance sont essentiels. Et en cas de défaillance, l'absence d'interférences du système de distribution de puissance doit également être assurée.

La Figure 2 montre que l'énergie requise dans l'état normal est classiquement fournie via le générateur, sans exigence de disponibilité dédiée. Toutefois, son absence d'interférences en matière de sous-tension, mais aussi de surtension sur le système de distribution de puissance disponible doit être sauvegardée. De plus, de nombreuses charges standard sans exigences de sécurité dédiées, dans ce cas étiquetées comme fonctions QM, sont connectées au système de distribution de puissance. Pour différentes raisons, elles doivent être fournies par le canal de distribution d'électricité disponible. En même temps, les fonctions ne peuvent souvent pas garantir l'absence d'interférences avec le système de distribution de puissance avec l'intégrité ASIL B correspondante. Pour toutes les charges avec une absence d'interférences insuffisante vers le système de distribution de puissance, des « mécanismes de sécurité » ou des « éléments de sécurité » selon ISO 26262:2018 sont introduits. Ces éléments de sécurité sont également requis pour assurer l'absence d'interférences entre les canaux de distribution d'électricité.

L'élément de sécurité doit protéger le canal de distribution d'électricité contre les défaillances telles que les sous-tensions ou les surtensions et permettre la transmission sûre d'énergie vers les fonctions disponibles pertinentes pour la sécurité.

Les semiconducteurs en tant qu'élément de sécurité

Des exigences essentielles pour un élément de sécurité sont la détection rapide, la réponse rapide et une isolation sûre de la défaillance. Pour cette raison, l'élément de sécurité doit mesurer le courant ou la tension, interpréter la valeur, et agir en conséquence pour isoler le flux d'énergie de la défaillance. Les normes telle qu'ISO 16750-2 ou des spécifications de livraison OEM spécifiques pour composants électriques et électroniques dans les véhicules précisent que les défaillances doivent être isolées dans les 100 μ s à 500 μ s. Cependant, ni un fusible classique, ni un relais ne conviennent à cette fin. Un fusible isole un courant de défaut en 10 ms à 100 ms, alors qu'un relais nécessite 1 ms à 10 ms. En revanche, les interrupteurs à semiconducteurs peuvent généralement atteindre des temps de coupure de l'ordre des dizaines de μ s. De plus, des interrupteurs à semiconducteurs intelligents intègrent les fonctions de mesure, d'interprétation et d'action sans composants supplémentaires tels que des microcontrôleurs. En comparaison avec un relais, ils peuvent déconnecter de manière autonome le flux d'énergie basé sur un sur courant ou une sous-tension. Ceci étant conforme à la norme ISO 26262:2018, y compris la capacité de diagnostic étendue pour couvrir les modes de défaillance.

Des interrupteurs à semiconducteurs intelligents fonctionnant en tant qu'éléments de sécurité dans le système de distribution de puissance peuvent remplacer d'autres composants. Par exemple, ils peuvent aussi remplacer le fusible et prendre en charge la protection des fils. Dans un interrupteur intelligent à semiconducteurs, l'intégration de la protection de câble est mise en œuvre sur la base d'une fonction courant-temps qui optimise les coûts du système. Pour cela, la protection doit être basée sur une mesure de courant dans le domaine de temps et une transformation dans le domaine de température par un traitement numérique selon l'isotherme de câble. En raison d'une mesure du courant très précise, d'isothermes de câbles ajustables, une variation de production et d'effets de vieillissement nettement moindre, des interrupteurs intelligents à semiconducteurs atteignent des tolérances de protection de câbles significativement plus basses par rapport aux fusibles. Dans certains cas, une précision accrue permet de sélectionner une section de câble plus fine pour les mêmes conditions de charge. Par conséquent, l'interrupteur à semiconducteurs ne se contente pas de prendre en charge la fonction du fusible, il l'améliore et permet de réduire les coûts du système. Comme de plus en plus d'OEM évaluent un événement thermique dans le cadre de la norme ISO 26262:2018, la fonction doit être compatible avec cette norme.

En comparaison avec le fusible, un interrupteur intelligent à semiconducteurs a une certaine quantité de consommation de courant propre pour conduire l'énergie. Cependant, sa

consommation devrait être gardée aussi basse que possible, tout spécialement si le véhicule est en mode parking où des charges individuelles doivent être fournies constamment à une faible consommation de courant via l'interrupteur à semiconducteurs. À cet effet, un mode de fonctionnement spécial, le « Idle mode », est mis en œuvre dans l'interrupteur intelligent à semiconducteurs. Le « Idle Mode » a une consommation de courant intrinsèque s'exprimant dans une faible valeur en μA à deux chiffres, de typiquement moins de 30 μA . En mode parking, le « Idle Mode » ne doit pas aboutir à une restriction des caractéristiques et fonctionnalités intégrées de protection. La protection de câble doit donc toujours être en place. De plus, il ne peut y avoir de chute de tension significative si la charge nécessite son courant nominale.

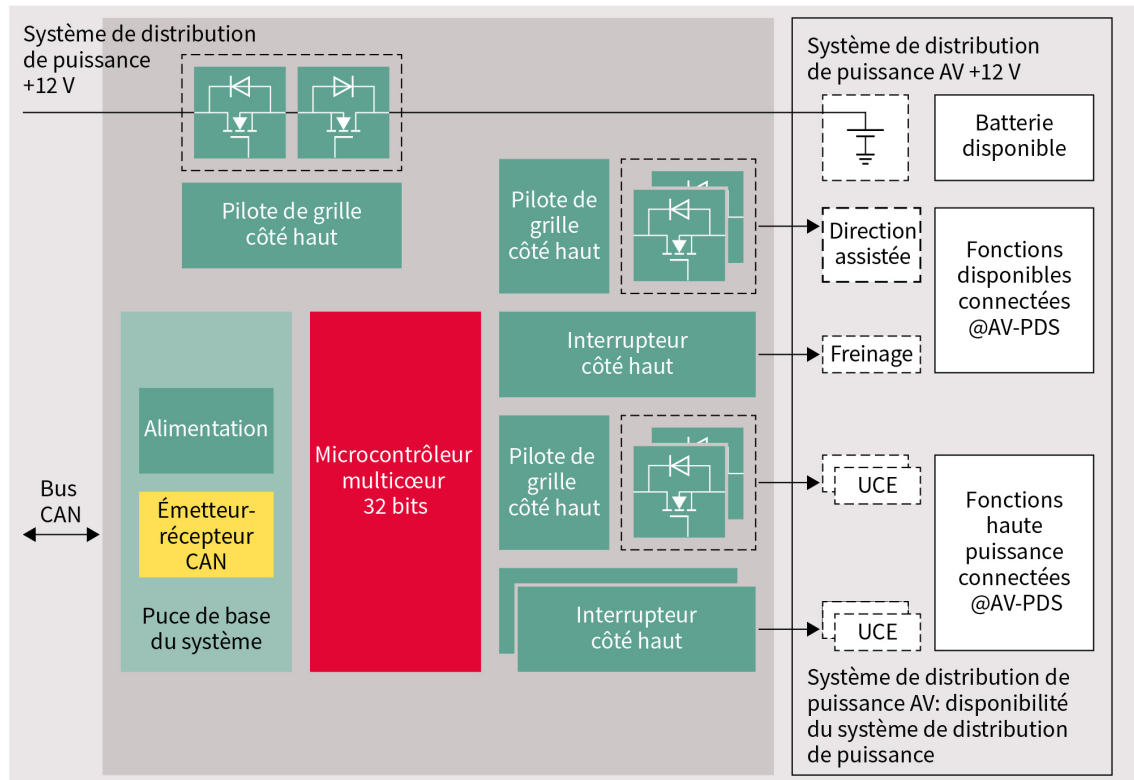


Figure 3 : Structure schématique d'un centre électronique de puissance dans un système de distribution d'électricité hautement disponible. Des lignes d'alimentation avec des courants particulièrement élevés sont configurées avec une solution discrète se composant d'un driver de MOSFET et d'un MOSFET.

Implémentation dans le distributeur électronique de puissance

La Figure 3 montre un schéma fonctionnel représentatif d'un centre électronique de puissance dans le système de distribution de puissance à haute disponibilité. Les centres électroniques de distribution de puissance non seulement remplacent la boîte à pré-fusibles, les relais et les boîtes à fusibles, mais incluent aussi les éléments de sécurité permettant l'absence d'interférences. Ils ont la structure classique d'une unité de contrôle électronique avec une alimentation en tension, un microcontrôleur, une interface de communication et soit un driver de MOSFET+ MOSFET, soit un interrupteur high-side en tant qu'élément de sécurité. Pour la mise en œuvre du centre électronique de puissance, il est possible d'utiliser les solutions complètes de chip-set d'Infineon.

Avec l'EiceDRIVER 2ED2410-EM, Infineon lance un driver MOSFET avec détection et isolation rapide de défaillance de typiquement 20 μs , une protection de câble ajustable et un mode faible courant (Idle Mode) pour le mode parking. Le complément optimal au driver MOSFET est la famille de MOSFET à n canaux 40 V OptiMOS. Cette combinaison fournit

l'élément de sécurité nécessaire pour les courants de charge allant de 30 A à plusieurs centaines d'ampères. Le driver MOSFET présente deux canaux de sortie pour prendre en charge différentes structures de MOSFET, soit en configuration « back-to-back » avec la source commune et un chemin de précharge, soit avec un drain commun. Une capacité de courant de gate driver élevée permet d'activer et de désactiver rapidement plusieurs MOSFET parallèles pour gérer des courants de plusieurs centaines d'ampères. La capacité de courant élevé permet également d'isoler les défauts en typiquement 20 μ s, soit significativement plus rapidement que les 100 μ s à 500 μ s requis pour maintenir l'absence d'interférences. Les courants de charge sont mesurables dans les deux directions tout en surveillant la tension drain-source pour identifier, entre autres, une condition de charge ouverte. De plus, le driver MOSFET a une plage de fonctionnement jusqu'à un minimum de 3 V. Les exigences de démarrage à froid de la norme ISO 16750-2 ainsi que les spécifications de charge des OEM sont ainsi satisfaites.

Perspectives

En se connectant au cloud, des véhicules définis par logiciel permettront à l'avenir d'optimiser en permanence les fonctions du véhicule et sa sécurité. La maintenance prédictive des systèmes ou l'anticipation de la défaillance des composants est déjà standard dans l'aviation et deviendra également de plus en plus importante dans l'automobile. Dans ce contexte, les cycles de diagnostic pourraient être particulièrement intéressants au cours d'un processus de charge. Par exemple, des données de diagnostic pourraient être collectées au niveau des interfaces de semiconducteurs, traitées dans le *cloud*, et comparées à la flotte pour tirer des conclusions sur le vieillissement des systèmes ou optimiser les intervalles de maintenance.

Christoph Schulz-Linkholt,

Architecte principal de systèmes de distribution d'électricité d'Infineon Technologies

Thomas Blasius,

Directeur principal du marketing et de la gestion des applications automobiles
Infineon Technologies

André Mourrier,

Senior Principal in Power Distribution, Infineon Technologies