

# Technologies A<sup>2</sup>B et Ethernet pour l'automobile : pour quelles utilisations, quand et comment ?

La multiplication des capteurs et des technologies d'aide avancée à la conduite (caméras, radars, lidars...) impose de repenser l'architecture réseau au sein des véhicules.

Pour Analog Devices, il est probable qu'une solution mixte associant un bus A<sup>2</sup>B, pour le transport audio et les données collectées par les capteurs, à une dorsale implémentée avec une liaison Gigabit Ethernet (GbE) à haut débit pourra à moyen terme satisfaire la plupart des besoins de l'industrie automobile.

Le nombre de systèmes électroniques qui équipent les voitures a connu une forte augmentation ces dernières années avec des niveaux de complexité toujours plus élevés. Une complexité générée par l'adoption de nouvelles technologies d'infodivertissement et d'aide avancée à la conduite (caméras, radar, lidar, etc.), sans oublier la multiplication de capteurs associés à de nombreuses et diverses applications (stabilité, vitesse, accélération, etc.). Dans cet environnement cohabitent des technologies plus ou moins gourmandes en bande passante.

En règle générale, les capteurs se contentent d'une bande passante modeste, les accéléromètres les plus couramment utilisés dans les voitures affichant un débit en sortie (ODR – Output Data Rate) de quelques kHz. En ce qui concerne l'infodivertissement en revanche, les applications audio et vidéo nécessitent un débit de l'ordre de plusieurs Mbit/s.

Mais les records sont atteints par les systèmes d'aide au stationnement, qui monopolisent plusieurs caméras haute définition, les systèmes de vision à 360 degrés (également connus sous le nom de systèmes de vision pano-

## AUTEUR



**Matteo Crosio,**  
ingénieur  
d'application  
senior, Analog  
Devices.

ramique ou surround) ou les systèmes radar (hyperfréquences ou RF) et lidar (optique) qui ont pour mission d'enrichir les systèmes d'assistance avancée à la conduite (ADAS). La cohabitation de ces différents systèmes, qui jouent un rôle-clé dans le développement des véhicules autonomes, représente un défi majeur pour n'importe quel bus de communication.

## Les bus traditionnels de l'automobile

Les bus traditionnellement utilisés dans l'industrie automobile sont les suivants :

- LIN (Local Interconnect Network) : avec un débit pouvant atteindre 20 kbit/s, le bus LIN est essentiellement déployé dans les sous-systèmes

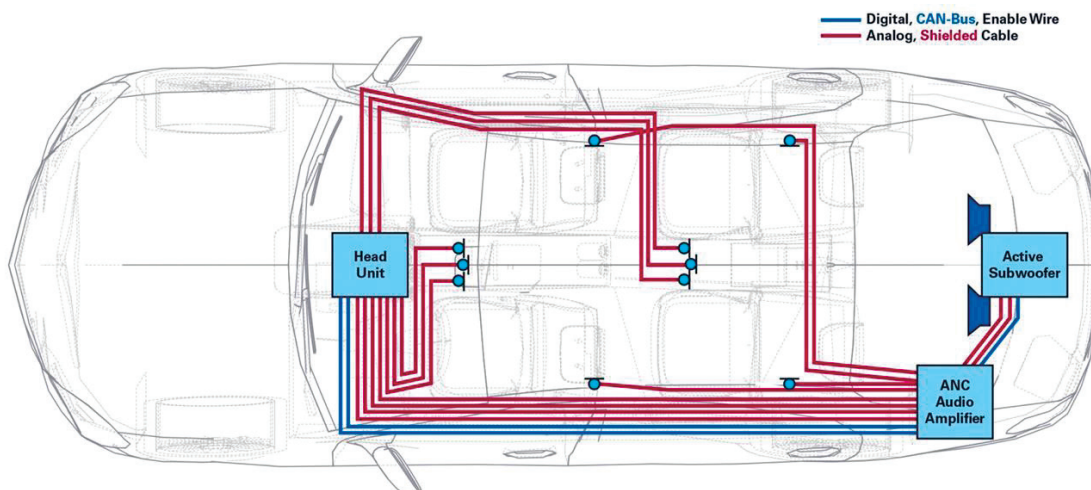
où un faible coût prime sur le rapport débit/bande passante.

- CAN (Controller Area Network) : avec un taux de transmission de 1 Mbit/s maximum, le bus CAN est principalement employé pour les communications entre l'unité de commande électronique ECU (Electronic Control Unit) et les capteurs dans les systèmes Start/Stop, l'assistance au stationnement et les freins de stationnement électriques.

- FlexRay : avec un débit pouvant atteindre 10 Mbit/s, le bus FlexRay est plus rapide que le bus CAN, mais également plus cher. Initialement adopté pour les systèmes à liaison numérique (x-by-wire) qui commandent la direction ou la boîte de vitesse, il est conçu pour s'adapter à de multiples topologies de réseau.

## 1 SCHÉMA DE CÂBLAGE CLASSIQUE D'UN SYSTÈME AUDIO EMBARQUÉ DANS UN VÉHICULE

Les systèmes audio contribuent fortement au poids total d'un véhicule automobile. En effet, le câblage analogique requiert d'onéreux câbles blindés pour chaque source audio et haut-parleur.



- MOST (Media-Oriented Systems Transport): fonctionnant jusqu'à 150 Mbit/s, le canal MOST achemine des signaux audio, vidéo, voix et données. Il couvre les sept couches du modèle ISO/OSI, du niveau physique à la couche applicative. C'est une solution propriétaire. Face à une telle évolution des technologies réseau, un autre élément doit être pris en compte. Plusieurs bus utilisés par différents sous-systèmes nécessitent un câblage aussi complexe qu'onéreux. Les dimensions et le poids soulèvent de véritables défis pour les concepteurs d'applications automobiles, car le respect des réglementations environnementales leur impose de développer de nouveaux systèmes capables de réduire notamment les émissions de CO<sub>2</sub>. Dans un tel contexte, il n'est guère aisé de trouver un bus de communication à la fois déterministe et robuste, qui allie un débit élevé et une faible latence, et ce à un coût abordable!

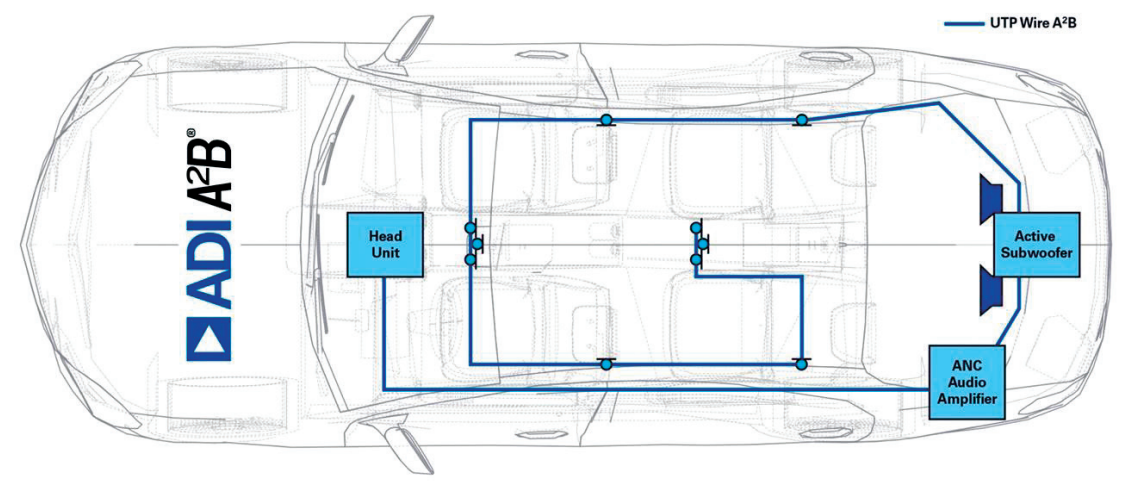
Les systèmes audio contribuent fortement au poids total d'un véhicule automobile. En effet, le câblage analogique requiert d'onéreux câbles blindés pour chaque source audio et haut-parleur. Pour leur part, les systèmes de suppression active du bruit ANC (Active Noise Cancellation) et de réduction du bruit de roulement RNC (Road Noise Cancellation) nécessitent plusieurs microphones à l'intérieur de l'habitacle, ajoutant de nombreuses entrées au réseau audio. Le câblage traditionnel du système audio monté à l'intérieur d'une voiture est représenté sur la figure 1.

### Le bus automobile A<sup>2</sup>B (Automotive Audio Bus)

Avec sa technologie novatrice A<sup>2</sup>B (Automotive Audio Bus), Analog Devices permet de déployer une topologie en ligne où jusqu'à 10 esclaves peuvent être connectés à un unique maître dans une configuration en guirlande. Avec un débit de 50 Mbit/s, le bus A<sup>2</sup>B est parfaitement adapté aux applications audio.

## 2 SIMPLIFICATION DU CÂBLAGE AUDIO D'UN VÉHICULE AVEC LA TECHNOLOGIE A<sup>2</sup>B

Avec un débit de 50 Mbit/s, le bus A<sup>2</sup>B est parfaitement adapté aux applications audio. La connectivité est considérablement simplifiée par l'utilisation d'un câble à paires torsadées non blindé UTP (Unshielded Twisted Pair).



La connectivité est considérablement simplifiée par l'utilisation d'un câble à paires torsadées non blindé UTP (Unshielded Twisted Pair), ce qui réduit le poids total du harnais jusqu'à 75%. La distance entre deux nœuds peut atteindre 15 mètres pour un réseau dont la longueur maximale est de 40 mètres. Le même câble UTP fournit l'alimentation (alimentation fantôme) jusqu'à 300 mA, ce qui convient parfaitement aux microphones numériques (figure 2). Il est toujours possible d'alimenter les nœuds esclaves en mode local lorsque la puissance d'alimentation offerte par le maître s'avère insuffisante. Ce type de bus autorise une communication bidirectionnelle, maître-esclave et esclave-esclave, soit jusqu'à 32 canaux en aval et en amont (12, 16 et 24 bits). Plus important encore, une latence de 2 cycles est garantie, assurant un support déterministe aux applications sensibles à la latence, la suppression du bruit ANC/RNC par exemple. Le bus peut également transporter des messages I<sup>2</sup>C, ce qui permet de paramétrer à distance des convertisseurs analogique/numérique ou numérique/analogique (ADC/DAC) sur les nœuds esclaves.

Toutefois, la configuration d'un réseau A<sup>2</sup>B est réellement simplifiée grâce à l'utilisation de SigmaStudio, environnement de conception graphique pour les familles de processeurs de signal numérique (DSP) SHARC et SigmaDSP. Un émetteur-récepteur A<sup>2</sup>B (AD2428, AD2427 et AD2426, par exemple)

fournit des interfaces I<sup>2</sup>S et PDM (modulation à densité d'impulsion). Généralement, une interface I<sup>2</sup>S sera utilisée pour la connexion aux convertisseurs A/N et N/A, tandis que les microphones numériques bénéficieront d'un bloc PDM.

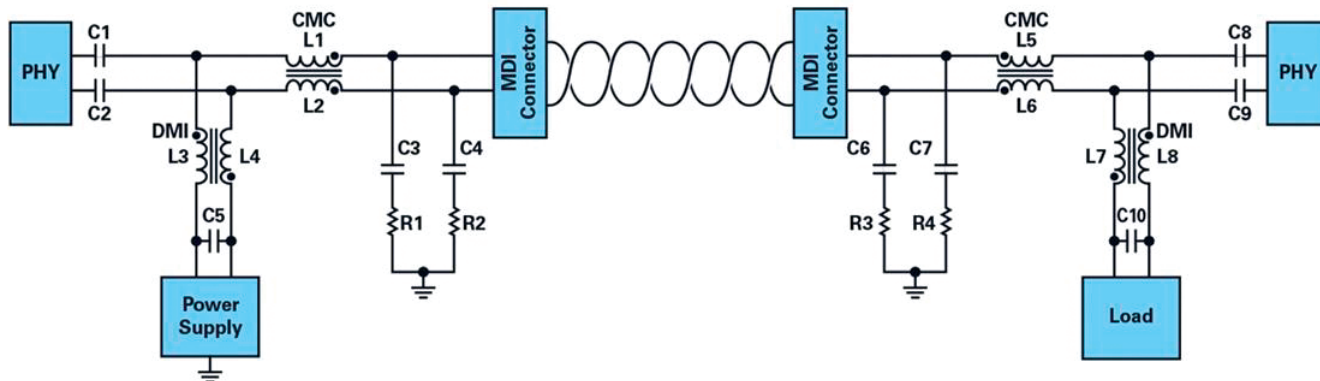
La compatibilité électromagnétique (CEM) figure parmi les principales préoccupations des concepteurs d'applications automobiles. Le bus A<sup>2</sup>B a passé avec succès les tests de compatibilité électromagnétique et de résistance aux interférences électromagnétiques (EMI) les plus sévères en employant un simple câble UTP bifilaire. Avec des applications de réduction du bruit de roulement (RNC), accéléromètres et microphones doivent être répartis autour du véhicule et à l'intérieur de l'habitacle. L'utilisation de composants analogiques est financièrement prohibitive, car elle nécessite l'ajout de circuits (convertisseurs analogique-numérique), de câbles et de connecteurs. La technologie A<sup>2</sup>B simplifie cette architecture grâce à une approche originale des sources et des capteurs audio.

### L'Ethernet dans l'automobile

La technologie réseau Ethernet est très populaire et peut compter sur un écosystème étendu. Toutefois, son utilisation dans l'industrie automobile se borne pour l'instant à quelques applications telles que les diagnostics, les systèmes d'infodivertissement embarqués ou la connectivité avec les capteurs. Son rival pour les applications embarquées est

**3 IMPLÉMENTATION TYPIQUE D'UNE ARCHITECTURE PODL (POWER OVER DATA LINES) ÉLÉMENTAIRE**

L'IEEE a défini la norme 802.3bu, également appelée PoDL, qui permet de transmettre simultanément alimentation et données sur une même paire de fils de cuivre.



principalement le protocole MOST, notamment sur le plan du débit.

Si le protocole Ethernet réunit les atouts pour répondre aux exigences de bande passante des technologies les plus récentes (radar et lidar, par exemple), plusieurs aspects limitent encore son adoption dans les véhicules.

Les câbles Ethernet traditionnels utilisés pour la norme 100-Base-TX, constitués de deux paires torsadées différentielles isolées par des transformateurs, sont en effet trop chers pour les applications automobiles. De plus, un câble Cat-5 ne répond pas aux normes EMI de l'environnement automobile, ce qui empêche d'utiliser l'Ethernet 100-Base-TX pour les communications embarquées, à l'exception des diagnostics

et des mises à jour du firmware. En ce qui concerne les communications entre véhicules (V2V) et/ou entre des véhicules et l'infrastructure routière (V2X), le transport de données à l'intérieur de l'habitacle doit être assuré à plusieurs niveaux : synchronisation, mise en forme du trafic et latence fixe. Le protocole Ethernet ne bénéficie pas de ce type de mécanismes, sauf implémentation de nouvelles piles de protocoles.

**Intéressons-nous tout d'abord à la couche physique**

Afin de satisfaire aux exigences de poids, d'interférences électromagnétiques (EMI) et de coût, l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) a défini une nouvelle norme

appelée 802.3bw, ou 100-Base-T1. Cette norme spécifie les transmissions au débit de 100Mbit/s sur un câble UTP bidirectionnel compatible avec les strictes exigences de l'environnement automobile en matière d'interférences. Ces interférences électromagnétiques sont minimisées par l'application des principes de base de superposition, d'encodage spécifique et d'embrouillage.

Le poids et le coût diminuent lorsqu'un câble bifilaire non blindé remplace le câble Cat-5 traditionnel. Des technologies comme l'alimentation par Ethernet PoE (Power over Ethernet) utilisent les mêmes fils pour alimenter une charge et transmettre des données. Cependant, ce mode d'alimentation exige au moins deux paires de fils pour l'alimentation

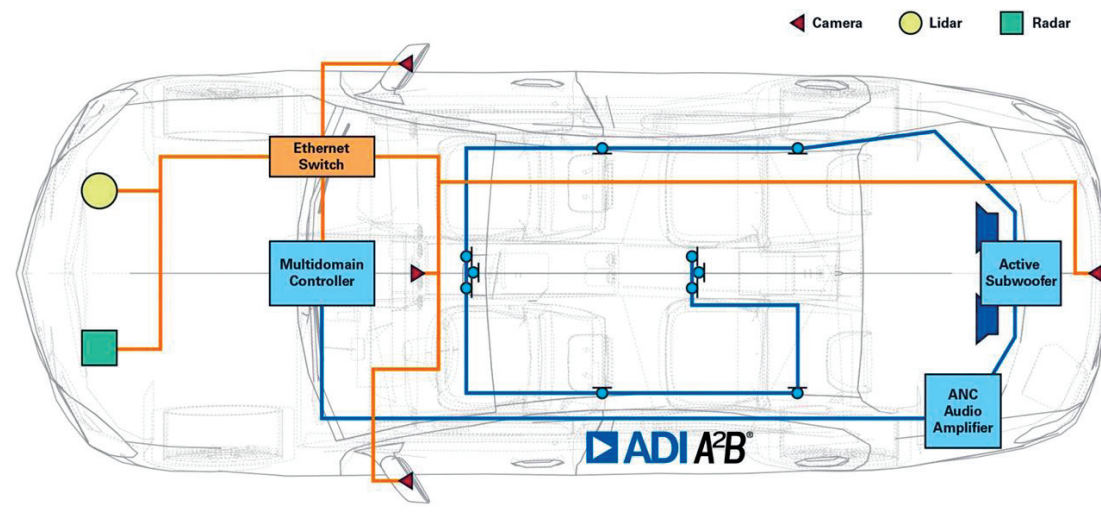
électrique, ce qui va clairement à l'encontre de la nécessité de réduire le nombre de câbles.

C'est dans ce contexte que l'IEEE a défini la norme 802.3bu, également appelée PoDL (Power over Data Lines). La norme PoDL peut délivrer de l'énergie sur une seule paire de fils, ce qui ajoute une certaine complexité aux schémas des émetteurs-récepteurs (figure 3).

Pour prendre en charge les applications automobiles – comme nous l'avons vu précédemment –, le proto-

**4 SYNOPTIQUE D'UNE ARCHITECTURE RÉSEAU MULTIDOMAINE DÉPLOYÉE DANS UNE AUTOMOBILE**

Une solution mixte associant un bus A<sup>2</sup>B, pour le transport audio et les données collectées par les capteurs, à une dorsale implémentée avec une liaison Gigabit Ethernet (GbE) à haut débit pour les caméras, lidars et autres radars, pourra à moyen terme satisfaire la plupart des besoins de l'industrie automobile.



cole Ethernet requiert un logiciel supplémentaire pour que le système soit déterministe. Cette solution est apportée par le protocole AVB (Audio Video Bridging) développé dans le cadre de la norme IEEE 802.1, l'organe en charge de la deuxième couche dans le modèle ISO/OSI.

Le protocole AVB est une technologie logicielle qui assure la synchronisation temporelle et la mise en forme du trafic. Grâce à ces concepts fondamentaux, le protocole Ethernet peut transporter des contenus audio et vidéo en toute fiabilité. Ce protocole a mené à la définition d'un ensemble de protocoles connus sous l'appellation TSN (Time-Sensitive Networking). Ces réseaux à temps critique sont destinés aux marchés de l'industrie et de l'automobile, et assurent à Ethernet la prise en charge de contraintes temps réel.

En résumé, l'association de la norme IEEE 802.3bw et de la technologie TSN forme une solution adaptée aux communications déterministes à bord d'un véhicule automobile en remplacement des bus traditionnels. La norme 100-Base-T1 évolue en outre vers une nouvelle variante baptisée 1000-Base-T1 dont le débit peut atteindre 1 Gbit/s. Toutefois, face à des systèmes aussi complexes,

ces technologies ne sont pas assez mûres pour être déployées à grande échelle sur le marché automobile.

### Scénarios possibles

Alors que le marché automobile commence à adopter A<sup>2</sup>B pour acheminer les signaux audio à bord des véhicules, l'Ethernet est encore loin de bénéficier d'une implémentation massive pour transporter des données issues de différents systèmes de bus.

Des applications telles que la réduction active du bruit (ANC), les systèmes mains libres, la génération de bruit pour les véhicules électriques ou les systèmes d'appel d'urgence eCall tirent aujourd'hui parti de la simplification introduite par la technologie A<sup>2</sup>B. A l'avenir, les informations collectées par des capteurs numériques pourraient être directement injectées dans le bus A<sup>2</sup>B et faciliter l'architecture des systèmes de réduction du bruit de roulement (RNC).

Cependant, le bus A<sup>2</sup>B est pénalisé au niveau de la bande passante en raison de la vitesse du bus. Une fois la norme 1000-Base-T1 parvenue à maturité, le protocole Ethernet pourrait atteindre 1 Gbit/s; avec cette bande passante, différents types de

données pourraient être aisément acheminés, de celles émises par des capteurs jusqu'aux flux audio/vidéo. La conduite autonome pousse à des performances toujours plus élevées, et à terme vers une connectivité réseau multigigabit. Alors, à quel genre de scénario peut-on s'attendre au cours des prochaines années?

De mise en œuvre aisée, la technologie A<sup>2</sup>B permet de transporter l'alimentation et des données sur le même câble UTP avec prise en charge du déterminisme pour une latence fixe. Pour sa part, Ethernet et son historique norme 100-Base-T1 (dans l'attente de la variante 1000-Base-T1) constituera une technologie convergente permettant d'agréger plusieurs bus de données, quoique rendue complexe par l'ajout des fonctions d'alimentation électrique (PoDL) et de déterminisme logiciel (TSN). Il est dès lors probable qu'une solution mixte associant un bus A<sup>2</sup>B, pour le transport audio et les données collectées par les capteurs, à une dorsale implémentée avec une liaison Gigabit Ethernet (GbE) à haut débit pour les caméras, lidars et autres radars, pourra à moyen terme satisfaire la plupart des besoins de l'industrie automobile (figure 4). ■

**EMBARQUÉ**  
Logiciels & systèmes



## La force d'un média numérique intégré

Site Internet + Newsletter + eMagazine

ACCÈS ILLIMITÉ

1 an  
**120€** HT\*

6 mois  
**60€** HT\*

\*TVA applicable : 20%

**Abonnez-vous ici !**