

Mise en œuvre d'une interconnexion de carte à carte dans des applications industrielles contraintes par l'espace

Par Mark Patrick, Mouser Electronics

De nombreuses considérations de conception entrent en ligne de compte lors de la création d'une commande d'automatisation industrielle. En plus des spécifications techniques fonctionnelles, il faut tenir compte des contraintes mécaniques liées à la taille du boîtier. Comme l'espace disponible pour les armoires de commande dans l'usine est limitée, les fabricants sont soumis à une pression de plus en plus forte pour intégrer de plus en plus de fonctionnalités dans un espace réduit. L'empilage vertical et horizontal de cartes est une méthode très répandue pour augmenter la densité des circuits, en segmentant une application avec une disposition de cartes « mère et fille ». Cette solution permet non seulement d'optimiser l'utilisation de l'espace, mais elle offre également la possibilité de mettre à niveau les cartes filles en service et d'adopter une approche plus pratique pour l'entretien.

Toutefois, cette approche mécanique présente plusieurs difficultés, notamment pour les signaux de données haut débit entre les processeurs hôtes et les sous-systèmes. Cet article met en évidence les problèmes liés au maintien de l'intégrité du signal, à l'optimisation de l'efficacité de l'espace et à la prise en compte des tolérances de fabrication.

Les défis de l'interconnexion des systèmes limités par l'espace

Alors que les processeurs deviennent de plus en plus sophistiqués et que les CI systèmes sur puce (SoC) hautement intégrés permettent des algorithmes d'apprentissage automatique à la périphérie, les concepteurs d'équipements industriels cherchent à intégrer leurs puissantes fonctionnalités dans de nouveaux produits. Pour l'équipe d'ingénieurs, l'utilisation complète des nouveaux dispositifs SoC nécessite généralement des composants supplémentaires, ce qui augmente l'encombrement de la carte. De nombreuses applications industrielles sont déjà soumises à des contraintes d'espace, avec des limites d'espace définies en usine sur le nombre d'armoires de commande autorisées pour chaque machine.

L'adoption du format de montage sur rail DIN a été motivée par la volonté de faire tenir davantage de systèmes électroniques dans l'espace disponible d'une armoire de commande, tout en facilitant l'entretien à des fins de maintenance. Les boîtiers sur rail DIN sont disponibles en différentes tailles et offrent un montage rapide, pratique et standardisé pour une large gamme de systèmes de contrôle. Cependant, malgré les nombreux avantages du rail DIN, les boîtiers individuels peuvent quand même exiger des distances de séparation minimales pour permettre une dissipation thermique et une circulation d'air adéquates.

Le fait de placer davantage de composants électroniques dans un boîtier sur rail DIN donné a conduit les ingénieurs à faire preuve d'une plus grande créativité dans l'agencement des circuits imprimés, en adoptant souvent une carte mère ou un circuit imprimé de fond de panier qui accueille les cartes « filles » de sous-systèmes. Cette approche augmente la densité des systèmes électroniques dans un espace donné, sous réserve d'exigences potentielles de gestion thermique, ce qui permet d'accroître la fonctionnalité du système.

Les considérations techniques de la connectivité carte à carte

La répartition d'un système de contrôle complexe sur des cartes de circuits imprimés distinctes est une solution idéale pour augmenter la densité globale du système. Les ingénieurs doivent toutefois tenir compte de plusieurs aspects techniques lorsqu'ils adoptent cette approche. De nombreux systèmes de contrôle industriel riches en fonctionnalités reposent aujourd'hui sur des SoC et des processeurs à forte intensité de calcul, tels que les GPU et les unités de traitement neuronal (NPU). Ces dispositifs à haut

débit atteignent des performances de traitement étonnantes et s'interfaçent généralement avec des mémoires et émetteurs-récepteurs optiques haute vitesse, ainsi que des capteurs de vision.

L'utilisation de ces processeurs hautes performances exige une conception soignée des circuits imprimés. La disposition des rails d'alimentation, des lignes de données à haut débit, des entrées de capteurs analogiques et des circuits intégrés de conversion de données doit faire l'objet d'une attention particulière. La séparation des pistes analogiques à très basse tension des lignes de données électriquement bruyantes et le positionnement des condensateurs de découplage à proximité des charges sont des sujets familiers pour les ingénieurs concepteurs de circuits imprimés.

Cependant, l'intégration de circuits imprimés séparés et des connecteurs associés dans l'agencement ajoute encore à la complexité de la carte. La sélection de connecteurs carte à carte appropriés justifie une étude détaillée. Les principaux aspects à examiner sont les suivants :

Capacités CEM/EMI du connecteur : Les lignes de données à haut débit peuvent créer un bruit considérable à haute fréquence et des interférences électromagnétiques (EMI) importantes rayonnant à partir des pistes du circuit imprimé et des terminaisons du connecteur. Ces interférences électromagnétiques peuvent perturber les signaux sur les broches de connecteur adjacentes et entraîner un comportement erratique du système. L'utilisation d'assemblages de connecteurs blindés et la division de l'agencement interne des connecteurs pour incorporer des broches de mise à la terre permettent de minimiser l'impact des interférences électromagnétiques. De même, les signaux analogiques sensibles et les lignes de données numériques à large bande passante sont sensibles aux interférences électromagnétiques, de sorte que les mesures de conformité électromagnétique (CEM) sont cruciales pour maintenir l'intégrité du signal.

Affaiblissement d'insertion du connecteur : Une autre caractéristique des connecteurs, particulièrement importante pour la transmission de données à haute fréquence, est l'affaiblissement d'insertion. Cet indicateur mesure l'atténuation que subit un signal en passant par le connecteur. La géométrie, les matériaux et la disposition des broches du connecteur ont un impact sur l'affaiblissement, augmentant généralement avec la fréquence. L'affaiblissement d'insertion est exprimé en dB, un affaiblissement de -3 dB étant équivalent à une atténuation de 70 % du signal.

Diaphonie broche à broche du connecteur : Les caractéristiques de diaphonie d'un connecteur indiquent le transfert de signaux d'une broche devenant induit à une ou plusieurs broches adjacentes. La diaphonie, mesurée en dB, se produit aux deux extrémités de la liaison du connecteur, à l'extrémité proche NEXT (extrémité de transmission) et à l'extrémité éloignée FEXT (extrémité de réception). L'espacement suffisant des contacts et le placement de broches de mise à la terre entre les contacts permettent de minimiser l'impact de la diaphonie.

Caractéristiques d'impédance du connecteur : L'adaptation d'impédances de toute connexion de données à haut débit est essentielle pour maintenir l'intégrité du signal et la qualité du service. Les réseaux de données filaires tels qu'Ethernet utilisent deux paires de signaux différentiels et nécessitent une impédance de ligne de 100 ohms. L'impédance dépend de la fréquence, et si l'impédance diffère de la spécification des réflexions de signaux se produisent avec la perte d'intégrité de liaison qui en résulte.

Pérenniser l'interconnexion de votre carte haut débit

La Figure 1 illustre plusieurs configurations d'interconnexion de circuits imprimés réalisées à l'aide de la série de connecteurs FinePitch (FP) 0.8 de Phoenix Contact. Cette gamme de connecteurs polyvalents utilise une méthode de contact innovante (ScaleX) qui est robuste et tolérante du désalignement. Offrant de multiples configurations de connexion, des hauteurs d'empilage de 6 mm à 21 mm et des versions blindées et non blindées, la famille FP 0.8 est idéale en tant que série d'interconnexion carte à carte

complète pour les applications de données à haut débit.



Figure 1 : Les connecteurs carte à carte FP 0.8 de Phoenix Contact offrent une disposition polyvalente avec une variété de hauteurs d'empilage (Source : Phoenix Contact)

Comme indiqué dans la section précédente, il existe plusieurs critères clés pour la sélection d'un connecteur carte à carte. La Figure 2 illustre l'affaiblissement d'insertion typique de la famille FP 0.8, avec une fréquence de coupure de 26 Hz à -3 dB, démontrant sa pertinence pour les cas d'utilisation de données à large bande passante.

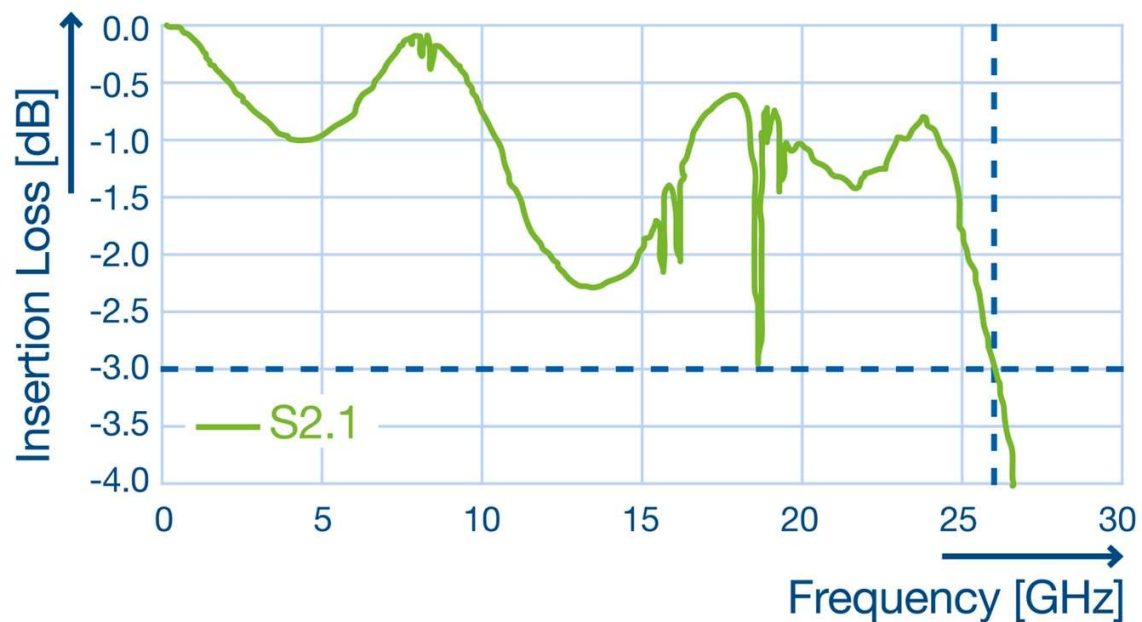


Figure 2 : Caractéristique d'affaiblissement d'insertion du connecteur Phoenix Contact FP 0.8/...-FV-SH 7,85 en combinaison avec le FP 0.8/...-MV-SH 2.65 avec une hauteur d'empilage de 12 mm (Source : Phoenix Contact)

La technologie innovante de double contact ScaleX fournit une interconnexion extrêmement robuste, flexible et résistante aux vibrations. La combinaison de contacts mâles et femelles offre une longueur de course de 1,5 mm et la gamme de produits comprend des itérations de connecteurs avec des hauteurs d'empilage minimales de 6 mm, augmentant de 1,5 mm, jusqu'à 21,0 mm.

Les contacts ScaleX permettent des compensations de tolérance de +/- 0,7 mm et jusqu'à 5 degrés de décalage d'inclinaison, ce qui assure une connexion robuste et fiable même si un léger décalage se produit lors de l'assemblage.

Les caractéristiques CEM du connecteur constituent un autre critère de sélection. Les connecteurs blindés FP 0.8 présentent d'excellentes caractéristiques CEM avec plusieurs points de connexion de blindage mâle et femelle (Figure 3).

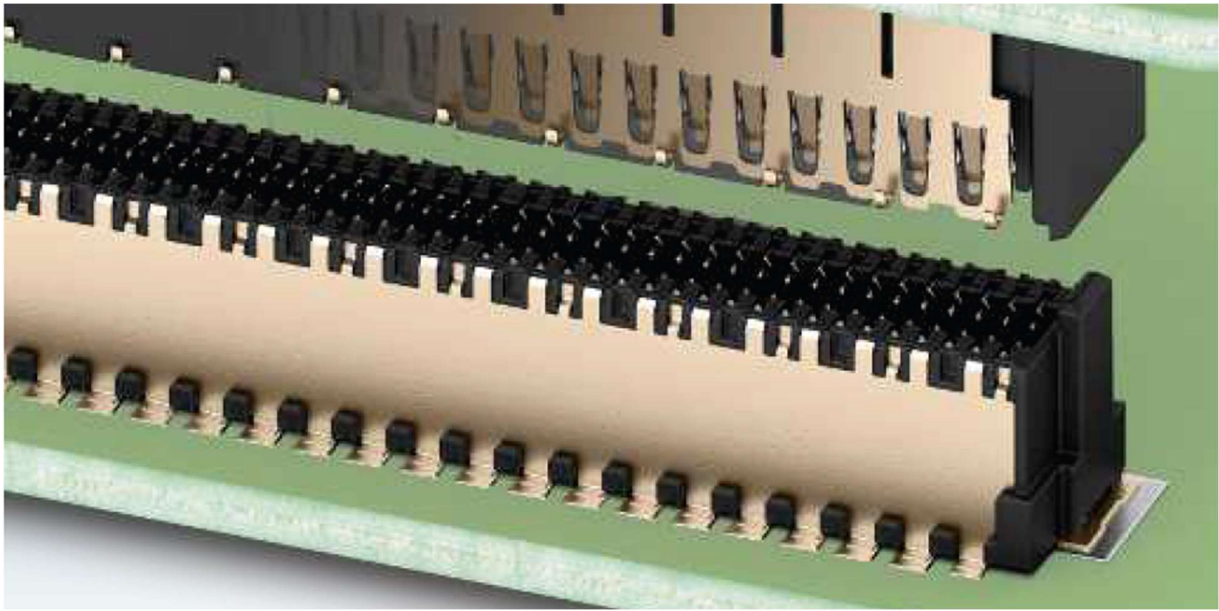


Figure 3 : Blindage d'un connecteur femelle s'accouplant avec un connecteur mâle (Source : Phoenix Contact)

La Figure 4 illustre l'efficacité du blindage pour isoler les contacts internes d'un signal d'interférence externe appliqué au blindage. Un schéma de blindage optimal est obtenu lorsque les blindages mâles et femelles sont connectés à la terre.

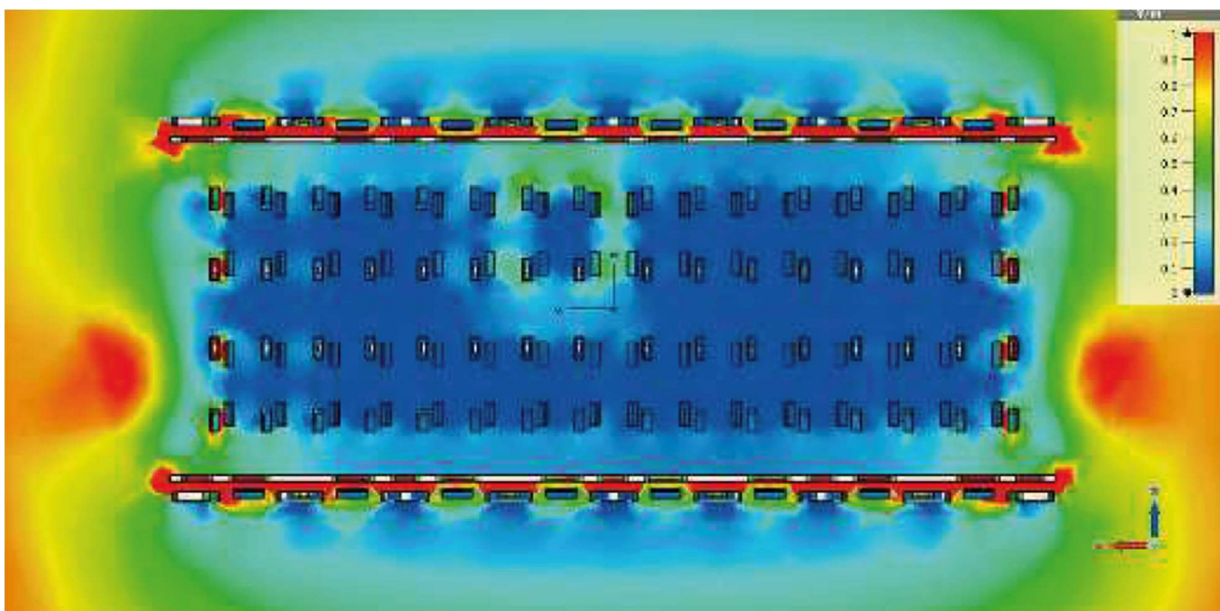


Figure 4 : Champ électrique résultant d'une source d'interférence appliquée au blindage (Source : Phoenix Contact)

La Figure 5 illustre les caractéristiques de diaphonie d'un connecteur FP 0.8. La diaphonie est généralement meilleure que -30 dB sur la majeure partie de la plage de fréquences de fonctionnement jusqu'à 20 GHz. L'augmentation de l'espacement entre les contacts et l'attribution de contacts adjacents comme broches de terre permettent de minimiser l'impact de la diaphonie.

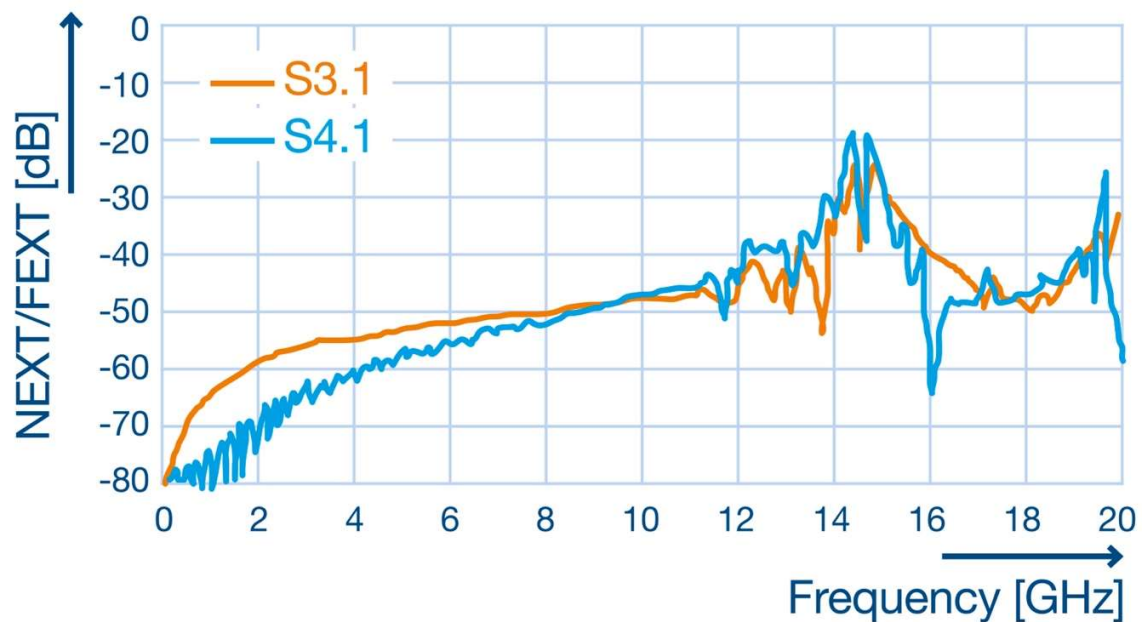


Figure 5 : Caractéristiques de diaphonie d'un connecteur FP 0.8 standard (Source : Phoenix Contact)

Mise en œuvre d'une interconnexion carte à carte à haut débit robuste et fiable

Ce court article a mis en lumière certains des défis associés à la conception d'applications d'automatisation industrielle à haute vitesse et hautement intégrées dans des armoires de commande à espace restreint. L'utilisation créative de l'espace disponible à l'aide d'une disposition innovante des cartes nécessite des connecteurs carte à carte qui répondent aux exigences de ces applications.

La série FP 0.8 de Phoenix Contact est une excellente solution globale pour les défis d'interconnexion à haut débit. Elle est disponible auprès de Mouser Electronics, partenaire de distribution agréé de Phoenix Contact.