

Nouvelle méthodologie d'optimisation de conception de cartes aéronautiques intégrant des liens haute vitesse jusqu'à 40 Gbps : compromis entre performance et coût

Soazig LE BIHAN, Adil EL ABBAZI, Jean-Baptiste BEGUERET, Tristan DUBOIS, Marc GATTI
1st THALES AVIONICS, soazig.le-bihan@thalesgroup.com;
2nd THALES AVIONICS, adil.elabbazi@fr.thalesgroup.com;
3rd IMS, jb.begueret@ims-bordeaux.fr;
4th IMS, tristan.dubois@u-bordeaux.fr;
5th THALES AVIONICS, marc-j.gatti@fr.thalesgroup.com

Introduction :

L'intégrité du signal (IS) est un aspect crucial dans la conception des cartes électroniques, car plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité du signal, notamment l'atténuation du signal, l'adaptation d'impédance, la diaphonie et le jitter. L'atténuation du signal est due aux pertes diélectriques et conductrices, qui doivent être soigneusement prises en compte dans l'analyse de l'intégrité du signal.

Par conséquent, une méthodologie plus précise est nécessaire pour modéliser ces effets en simulation, en tenant compte de la structure réelle de la carte de circuit imprimé (PCB), de ses propriétés anisotropes et de ses caractéristiques dépendantes de la fréquence. L'analyse de l'IS ne doit plus considérer le diélectrique comme homogène et le cuivre comme une surface plane. De plus, l'analyse et l'optimisation de chaque discontinuité potentielle sont devenues une partie essentielle de l'analyse de l'IS, car elles peuvent entraîner des pertes par réflexion et insertion le long de la piste. Plusieurs cartes sont actuellement en développement pour des projets aéronautiques militaires et civils, intégrant des liaisons haute vitesse (DDR et Serdes avec Ethernet) jusqu'à 40 Gbps avec des densités très élevées, tout en opérant dans des conditions environnementales sévères (CEM, thermiques, vibrations...).

Rugosité :

En fonction de la classe du profil de rugosité, la surface de cuivre peut entraîner des pertes plus élevées en haute fréquence à cause de l'effet de peau [1]. Il est donc nécessaire de modéliser avec précision la rugosité du cuivre en simulation. Des expressions mathématiques ont été développées. Certaines s'appuient uniquement sur les données limitées fournies par le fabricant et sont capables de calculer un facteur de correction de la rugosité [2].

Diélectrique :

Le choix de l'empilement des couches et plus spécifiquement, le type de verre utilisé, devient crucial pour la robustesse et la fiabilité des signaux haute vitesse. Un matériau diélectrique doit répondre aux contraintes thermiques, mécaniques et électriques de l'aéronautique.

L'hétérogénéité du matériau peut entraîner des disparités dans les vitesses de propagation au sein de la paire différentielle, générant des potentielles conversions de mode, un déphasage, des résonances et des pertes dues à des désadaptations d'impédance le long de la piste [3]. Cela peut conduire à des erreurs potentielles de bits, à une fermeture du diagramme de l'œil et contribuer à la génération de jitter déterministe.

Optimisation et égalisation :

Les signaux haute vitesse sont très sensibles à la moindre discontinuité : vias, capacité de blocage DC, routage sous les billes BGA, connecteurs, etc. La modélisation précise et l'optimisation de chacune d'entre elles dans les simulations sont essentielles pour obtenir des résultats fiables.

À mesure que l'optimisation du PCB atteint ses limites physiques, des techniques d'égalisation [4] sont mises en œuvre au sein du transceiver pour compenser d'éventuelles pertes, du jitter, des réflexions dues à une mauvaise adaptation d'impédance, etc.

Bibliographie

- [1] E. Bogatin, "The Quest for Smoother Copper May Have Reached Its Limit", Signal Integrity Journal, Feb 2020
- [2] B. Simonovich, "Practical_Modeling of High speed_Channels_Based_on_Data_Sheet_Input", Lamsim Entre-prises, EDI CON, 2017
- [3] B. Hargin, "Preventing glass-weave skew", Siemens
- [4] C. Filip, "Overview of Channel Equalization Techniques for Serial Interfaces", Siemens