Électronique spatiale : vers une nouvelle ère marquée par l'adoption de composants commerciaux durcis aux rayonnements

Par T.J. Fure, responsable du marketing, Produits militaires, spatiaux et pour environnements durcis, et Gabino Alonso, responsable du marketing, Groupe Power by Linear™, Analog Devices.

De récents développements ont permis à un nombre croissant d'entreprises de se lancer dans l'aventure spatiale. Jusqu'alors réservé aux grands comptes du secteur de la défense et aux agences gouvernementales, le marché de l'espace accueille à présent une multitude d'entreprises commerciales déterminées à s'implanter au-delà des limites de notre planète. Ce changement de paradigme est également à l'origine de nouveaux développements dans le domaine des produits spatiaux, dont l'impact sur les dimensions et les performances des engins spatiaux sera aussi exaltant que spectaculaire pour tous les clients.

Des entreprises commerciales aux projets plus ambitieux les uns que les autres font régulièrement la une de l'actualité en annonçant des investissements considérables en faveur des technologies spatiales. À mesure qu'elles mettent au point de nouvelles approches pour les systèmes de lancement, le coût de lancement de fusées n'a jamais été aussi bas. Des investissements atteignant 1 milliard de dollars sont consacrés au déploiement de constellations de satellites évoluant en orbite terrestre basse (*Low-Earth Orbit* — LEO) avec pour mission de connecter les populations vivant dans les régions défavorisées. Parmi les autres approches visant à accroître la connectivité à Internet, citons les engins aériens sans pilote (drones) qui évoluent à des altitudes élevées. Mais pour remplir leur rôle, ces approches doivent utiliser des composants qui affichent un niveau d'intégration accru et permettent de réaliser des plateformes plus compactes et plus légères.

C'est un fait, l'innovation dans le domaine spatial n'a jamais suscité une demande aussi forte. Dans ce secteur industriel, Analog Devices peut se prévaloir d'un solide palmarès grâce à des produits et des technologies qui offrent le plus haut niveau de qualité, de fiabilité et de résilience aux effets nocifs des rayonnements présents dans l'espace. Notre gamme de produits spatiaux est reconnue dans l'industrie pour sa résistance à des doses supérieures à 100 krad, ce qui autorise leur utilisation sur les orbites où les rayonnements sont les plus forts.

Analog Devices est réputé pour le développement de circuits intégrés adaptés au marché commercial et grâce auxquels les entreprises peuvent concevoir des produits moins encombrants et plus efficients. Néanmoins, leur conversion en produits qualifiés pour l'espace représente un défi aussi complexe que fastidieux. La grande majorité des nouveaux circuits intégrés sont fabriqués dans des technologies BiCMOS qui réunissent le meilleur des filières bipolaire et CMOS. S'agissant des tolérances aux rayonnements, ces composants BiCMOS nous obligent toutefois à caractériser et atténuer les effets de la dose ionisante cumulée (*Total Ionizing Dose* — TID) et des effets singuliers (*Single Event Effects* — SEE), ce qui allonge les calendriers de développement alors même que les délais de lancement n'ont jamais été aussi courts.

Un autre facteur intervient dans le développement de nouveaux produits : le conditionnement des composants. En effet, nombre de nouveaux circuits à usage commercial sont montés sur un boîtier spécifique qui améliore leurs performances. Dans certains cas, la « spatialisation » d'un produit commercial s'avère impossible dès lors que ses performances sont directement liées à l'utilisation d'un boîtier non hermétique — par exemple en raison de problèmes liés à la présence d'interférences additionnelles qui exigent le développement d'un tout nouveau boîtier hermétique, de coûteux ajustements post-conditionnement ou l'achat de nouveaux systèmes de test et autres machines de manipulation d'une grande complexité. Quel que soit le problème, Analog Devices propose des produits à usage commercial qui jusqu'alors ne pouvaient être spatialisés en raison

d’un coût difficile à justifier.

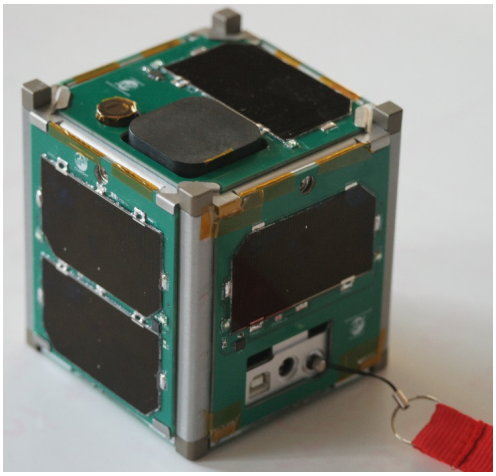


Figure 1. Exemple d’une plateforme satellitaire miniature utilisant des modules encapsulés en plastique (PEM).

Heureusement, d’autres forces interviennent pour nous permettre de développer plus rapidement des produits plus avancés. *Primo*, les contraintes relatives à la dose de rayonnement en orbite terrestre basse sont moins élevées que dans les orbites traditionnelles, de sorte qu’un produit dont la tolérance est comprise entre 30 et 50 krad est acceptable. *Secundo*, l’utilisation de modules encapsulés en plastique (*Plastic Encapsulated Modules* — PEM) en environnement spatial suscite actuellement un vif intérêt, alors que ce concept était encore récemment accueilli avec mépris par les ingénieurs et responsables des pièces électriques, électroniques et électromécaniques (EEE). Le pari est encore loin d’être gagné, mais s’ils sont bien menés et acceptés par la communauté spatiale, ces développements ouvriront la voie à des améliorations spectaculaires des performances, ainsi qu’à une réduction considérable des dimensions, du poids et de la consommation d’énergie des engins spatiaux.

La production de modules en plastique qualifiés pour l’espace affichant le plus haut niveau de qualité et de fiabilité est essentielle au succès de toutes les parties prenantes. Les grandes agences spatiales du monde entier ont depuis longtemps défini des spécifications permettant de procéder au post-traitement des modules PEM dans l’optique de les qualifier pour cet environnement. Pour sa part, la communauté spatiale a longtemps résisté à leur utilisation en raison des risques et des incertitudes inhérents à ce processus, à savoir la traçabilité des lots, la validité du résultat des tests de rayonnements, la corrélation entre les programmes d’essais, et le manque de garantie et de soutien de la part des fabricants. À la fois coûteuse et fastidieuse, l’exécution d’essais comporte le risque de tomber sur un lot défectueux, obligeant le concepteur à relancer le processus avec une autre pièce, à ajouter une protection par blindage ou à inclure d’autres méthodes de réduction des risques qui induisent un coût et un poids supplémentaires. En proposant des produits PEM qualifiés pour l’espace, nous réduisons ces risques de façon considérable, ce qui accroît les possibilités d’accélérer le calendrier de construction, sous réserve que le produit soit disponible en stock.

Face à ces différentes exigences, Analog Devices lance une nouvelle gamme de produits commerciaux adaptés à l’environnement spatial. Cette gamme sera déclinée en trois flots conçus pour répondre aux besoins des clients en fonction du nombre de satellites qu’ils prévoient de mettre en orbite. Le premier flot de produits s’adresse aux clients purement commerciaux qui souhaitent envoyer d’importantes charges utiles dans l’espace en bénéficiant d’une assistance spéciale pour gérer les contraintes liées aux rayonnements. Le flot intermédiaire est optimisé pour proposer un ensemble complémentaire de tests de résistance aux rayonnements, de sélection (*screening*) et de qualification des lots. Ces deux premières offres devraient répondre aux attentes de la grande majorité des clients commerciaux du secteur spatial.

Le troisième flot de produits assure un filtrage et une qualification poussés sur le plan de la qualité et de la fiabilité, ainsi que la caractérisation et la tenue des composants aux rayonnements. Le flot combiné comprendra la caractérisation des composants aux rayonnements pour la dose ionisante

cumulée (TID) et les effets singuliers (SEE), ainsi que la qualification des lots à la dose TID. Les travaux nécessaires sont considérables et le prix unitaire doit en tenir compte. Malgré tout, les avantages obtenus sur le plan des performances comme de la réduction des dimensions, du poids et de la consommation par rapport aux produits actuellement qualifiés pour l'espace, associés à la qualité et à la tenue aux rayonnements, justifieront nettement les coûts induits et permettront aux futurs engins spatiaux d'offrir de meilleures performances à un coût total plus bas que jamais.

Nous savons que toutes les missions ne pourront utiliser des produits en modules PEM. C'est pourquoi nous continuerons à développer des produits sophistiqués aux performances similaires et qui seront utilisés dans des boîtiers hermétiques lorsqu'il sera possible de relever les défis de conditionnement mentionnés précédemment. Soucieux de concentrer nos efforts sur les produits qui transformeront réellement les vaisseaux spatiaux de demain, nous comptons sur votre retour d'information. Nous vous remercions de nous indiquer quels produits d'Analog Devices peuvent avoir un impact significatif sur les dimensions, le poids et la consommation d'énergie, ainsi que sur les performances de votre engin spatial, qu'il s'agisse de réductions minimes multipliées par de nombreuses utilisations à l'intérieur d'un véhicule ou de produits intégrant plusieurs fonctions et caractéristiques de protection au sein d'un unique composant aux fonctionnalités réduites. Le développement de nos futurs produits dépend dans une large mesure de vos attentes.

Pour plus d'informations sur les produits mentionnés ci-dessus, visitez le site *analog.com/DAC*.

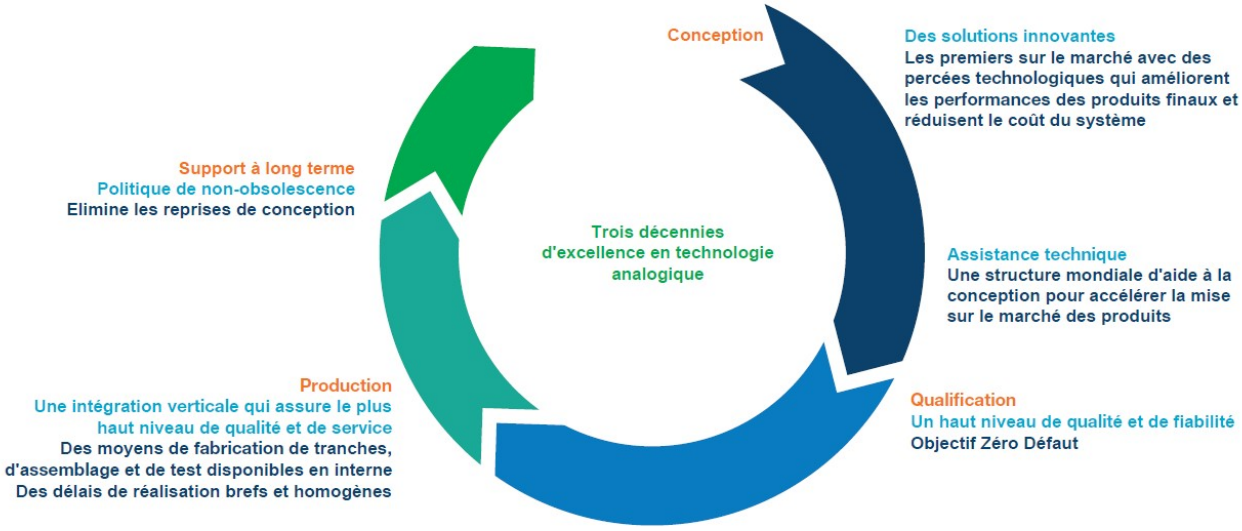


Figure 2. Cycle de vie des produits d'ADI