

Optimiser les paramètres SWaP dans les chaînes de signaux RF hautes performances

Rolf Horn, Applications Engineer at Digi-Key Electronics

La demande en matière de connectivité sans fil hautes performances continue d'augmenter dans un éventail de plus en plus large d'applications, qu'il s'agisse de smartphones, d'ordinateurs portables, de tablettes, de dispositifs corporels, de drones, de points d'accès ou d'appareils compatibles avec la maison intelligente et l'Internet des objets (IoT). Pour les concepteurs de ces dispositifs, un facteur de différenciation essentiel est l'expérience de l'utilisateur final, qui est en grande partie déterminée par la qualité, le débit et la fiabilité du signal sans fil, ainsi que par l'autonomie des batteries. La taille et le poids des dispositifs sont également des facteurs de différenciation importants, en particulier pour les dispositifs corporels. Pour les concepteurs, l'optimisation de ces paramètres nécessite un examen attentif de tous les aspects de la chaîne de signaux radiofréquences (RF), ce qui peut constituer un défi de taille pour les experts comme pour les novices en matière de RF.

Cet article passe en revue les différentes parties de la chaîne de signaux RF et décrit la manière dont les tuners d'antenne, les commutateurs croisés RF, les commutateurs de diversité d'antenne, les amplificateurs à faible bruit (LNA) et les transistors RF à faible bruit contribuent à des solutions hautes performances, et il aborde également les options d'interface de commande. Il présente ensuite des exemples de composants d'[Infineon](#) et montre comment ils prennent en charge les [conceptions RF hautes performances](#) tout en répondant aux exigences de taille, de poids et de puissance (SWaP pour Size, Weight and Power) de plus en plus strictes. Il conclut par une comparaison de deux options de boîtiers sans plomb compacts (TSNP) pour les solutions RF compactes.

Principes de base des antennes

Les performances des antennes sont essentielles dans les appareils connectés d'aujourd'hui. L'accord peut permettre à une seule antenne de fournir de bonnes performances dans plusieurs bandes de fréquences et contribuer à une solution plus compacte et plus efficace. Les concepteurs peuvent utiliser des commutateurs dans la section tuner d'antenne de la chaîne de signaux RF pour maximiser le transfert de puissance vers l'antenne et optimiser les performances en fonction des exigences spécifiques de l'application (Figure 1).

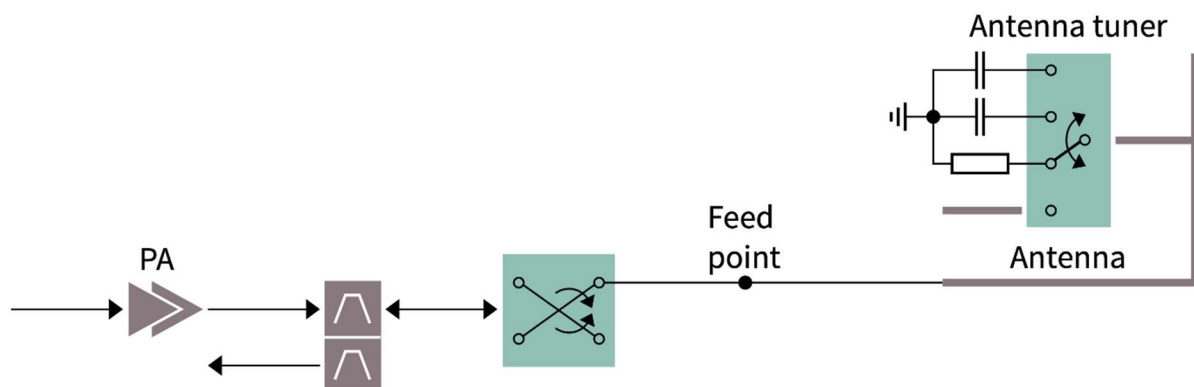


Figure 1 : Les commutateurs d'accord d'antenne sont utilisés dans la section tuner pour optimiser les performances de l'antenne. (Source de l'image : Infineon)

Commutateurs croisés RF

Dans de nombreuses applications, l'accord de l'antenne est une condition nécessaire mais non suffisante pour garantir des performances optimales. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs antennes. Un commutateur croisé RF peut être ajouté à la chaîne de signaux pour permettre la sélection de l'antenne qui offre les meilleures performances dans une situation donnée en augmentant la puissance d'émission ou la sensibilité du récepteur (Figure 2). Les commutateurs croisés RF doivent fournir une commutation efficace et rapide pour prendre en charge la permutation utile des antennes. Ils doivent également présenter une isolation élevée et une faible perte d'insertion, et générer de faibles harmoniques pour permettre un fonctionnement efficace et fiable du système.

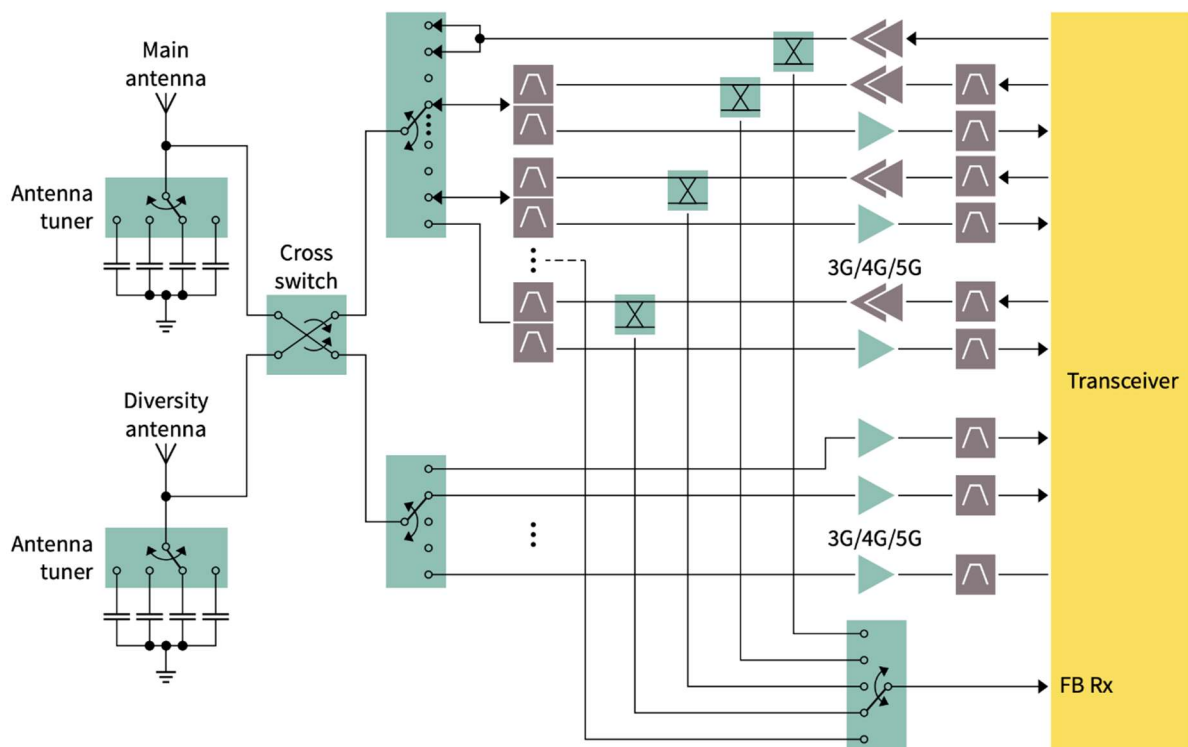


Figure 2 : L'utilisation d'un commutateur croisé RF permet de sélectionner l'antenne la plus performante pour les liaisons montantes ou descendantes. (Source de l'image : Infineon)

Commutateurs de diversité et LNA

Parfois, la sélection de la meilleure antenne ne suffit pas pour prendre en charge la bande passante requise. Lorsque c'est le cas, un canal supplémentaire, appelé chemin de diversité, est ajouté à la chaîne de signaux RF. La diversité des antennes améliore la qualité et la fiabilité de la transmission et de la réception. Les commutateurs de diversité sont utilisés dans de nombreuses applications, des équipements de réseau Wi-Fi aux smartphones et tablettes. Ces commutateurs peuvent être utilisés pour compenser les interférences à trajets multiples dans la réception des signaux. Le récepteur surveille les signaux entrants et permute entre les antennes en fonction de l'intensité relative des signaux. Comme dans le cas des commutateurs croisés RF, les commutateurs de diversité doivent présenter une isolation élevée et de faibles pertes d'insertion, et générer de faibles harmoniques.

Les LNA constituent un autre élément clé de la chaîne de signaux RF (Figure 3). Tout comme les différentes approches de gestion des antennes, l'utilisation de LNA peut améliorer la qualité de réception et augmenter les débits de données. Les LNA sont disponibles avec un gain fixe ou avec plusieurs niveaux de gain qui peuvent être utilisés pour affiner les performances. Les LNA basés sur la technologie MMIC (circuit intégré monolithique hyperfréquence) sont traditionnellement produits avec la technologie GaAs (arséniure de gallium). Les MMIC LNA SiGe (silicium-germanium) développés plus récemment peuvent prendre en charge les fréquences nécessaires à un coût moindre. Les LNA sont des dispositifs très compacts qui peuvent être facilement intégrés dans de très petits boîtiers. De plus, les MMIC LNA sont disponibles avec une protection intégrée contre les décharges électrostatiques (DES), et grâce à leur faible consommation d'énergie, ils sont bien adaptés aux dispositifs mobiles et aux dispositifs corporels dans lesquels le facteur SWaP est une considération importante.

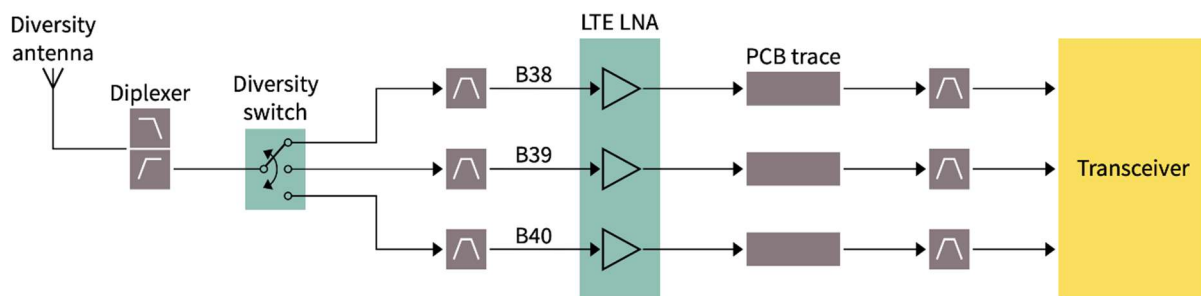


Figure 3 : L'utilisation de commutateurs de diversité et de LNA peut contribuer à améliorer la qualité de réception et à augmenter les débits de données. (Source de l'image : Infineon)

Interfaces de commande

Les commutateurs d'accord d'antenne, les commutateurs croisés et les commutateurs de diversité nécessitent généralement une interface avec le contrôleur système. Dans les implémentations simples, une interface entrée/sortie à usage général (GPIO) est souvent utilisée. Une GPIO est une broche de signal contrôlable par logiciel non affectée sur un circuit intégré qui peut être programmée pour agir comme une entrée ou une sortie, ou les deux, selon les besoins.

Pour des besoins de commande plus complexes, la norme MIPI (Mobile Industry Processor Interface) est généralement utilisée. L'interface de commande MIPI RF Front-End (RFFE) a été optimisée pour une utilisation dans les chaînes de signaux RF hautes performances afin de fournir des fonctions de commande rapides, semi-automatisées et étendues. L'interface MIPI RFFE peut inclure jusqu'à 19 dispositifs par bus (jusqu'à 4 dispositifs leaders et 15 dispositifs suiveurs). Elle est conçue pour être utilisée avec les LNA, les tuners d'antenne, les commutateurs, les amplificateurs de puissance et les filtres. L'interface MIPI RFFE peut faciliter la conception, la configuration et l'intégration des chaînes de signaux RF, et elle prend en charge l'utilisation de composants de différents fournisseurs.

LNA contrôlable par MIPI

Les concepteurs peuvent utiliser le LNA [BGA9H1MN9E6329XTSA1](#) d'Infineon pour les chaînes de signaux RF hautes performances. L'interface MIPI peut contrôler les 8 modes de gain et les 11 modes de polarisation pour augmenter la plage dynamique du système en s'adaptant activement aux conditions changeantes de l'environnement RF (Figure 4). Elle est conçue pour une utilisation dans les bandes 3GPP entre 1,4 gigahertz (GHz) et 2,7 GHz (principalement pour les bandes B1, B3, n41 et B21). Elle peut fournir un facteur de bruit de 0,6 décibel (dB) et jusqu'à

20,2 dB de gain avec 5,8 mA de courant. Elle fonctionne avec des tensions d'alimentation de 1,1V à 2,0 V et elle est qualifiée pour les applications industrielles basées sur JEDEC47/20/22.

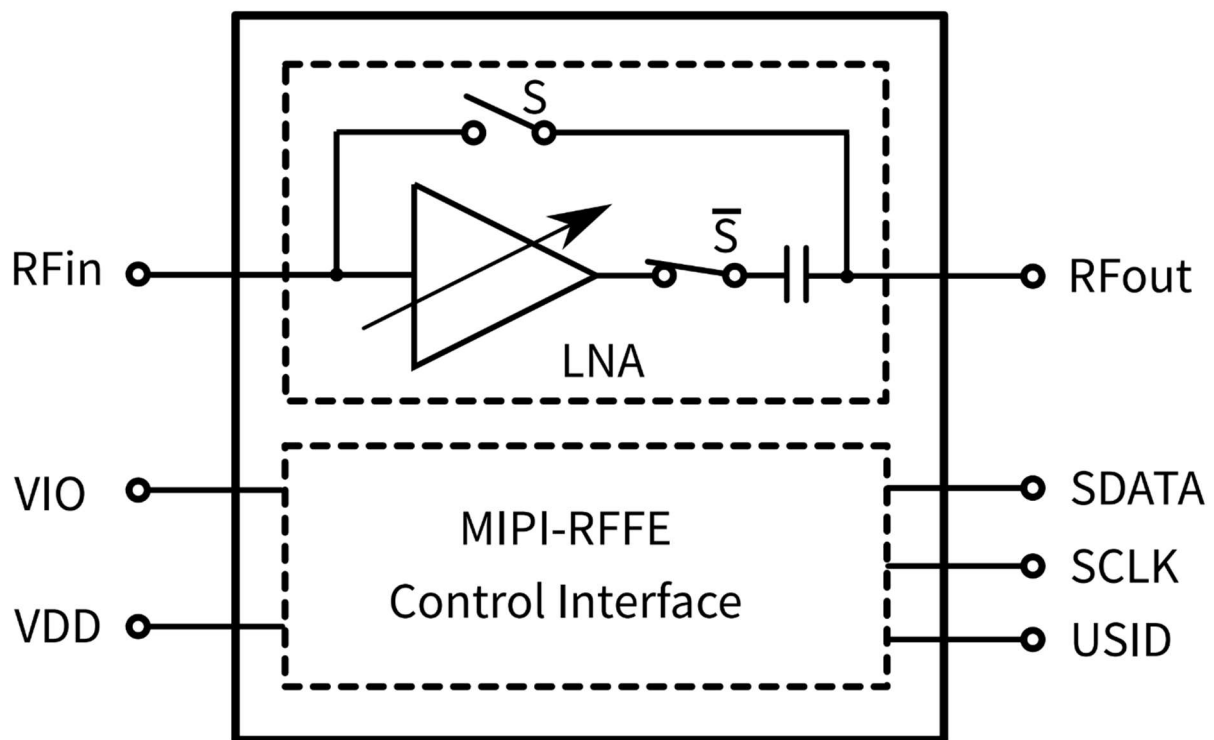


Figure 4 : L'interface MIPI sur ce LNA peut contrôler 8 modes de gain et 11 modes de polarisation pour optimiser les performances. (Source de l'image : Infineon)

Elle est dotée de plusieurs caractéristiques qui permettent de répondre aux exigences SWaP élevées, notamment :

- Taille : le boîtier TSNP-9 à neuf broches mesure 1,1 millimètre (mm) × 1,1 mm, et grâce à sa hauteur de 0,375 mm, il convient bien aux applications à espace restreint.
- Poids : le boîtier TSNP-9 a été optimisé pour une utilisation dans les applications exigeant un faible poids.
- Puissance : le LNA BGA9H1MN9E6329XTSA1 a un courant de dérivation de seulement 2 microampères (µA), étendant la durée de vie des batteries.

Commutateur de diversité d'antenne

Le commutateur de diversité unipolaire bidirectionnel (SPDT) large bande [BGS12WN6E6327XTSA1](#) d'Infineon présente une vitesse de commutation typique de 160 nanosecondes (ns), ainsi qu'une logique de commande intégrée (décodeur) et une protection DES (Figure 5). Il est conçu pour une utilisation dans les chaînes de signaux RF ultralarge bande, Wi-Fi et Bluetooth, et l'un des deux ports peut se connecter à une antenne en diversité et gérer jusqu'à 26 dB, référencés à 1 milliwatt (dBm). Il est fabriqué avec la technologie MOS et offre les performances d'un dispositif GaAs, mais élimine le recours à des condensateurs de blocage CC externes sur les ports RF, sauf si une tension continue externe doit être appliquée.

La puce inclut une logique CMOS commandée par un seul signal de commande compatible CMOS ou TTL. Le dispositif présente une isolation port-à-port élevée et de faibles pertes d'insertion jusqu'à 9 GHz. Pour réduire la taille et le poids, le dispositif est fourni en boîtier PG-TSNP-6-10 mesurant 0,7 mm × 1,1 mm avec une hauteur maximum de 0,375 mm. Il peut fonctionner avec des tensions d'alimentation jusqu'à 4,2 V, avec un courant d'alimentation typique de 36 µA et un courant de commande de 2 nA, maximisant la durée de fonctionnement dans les dispositifs alimentés par batterie.

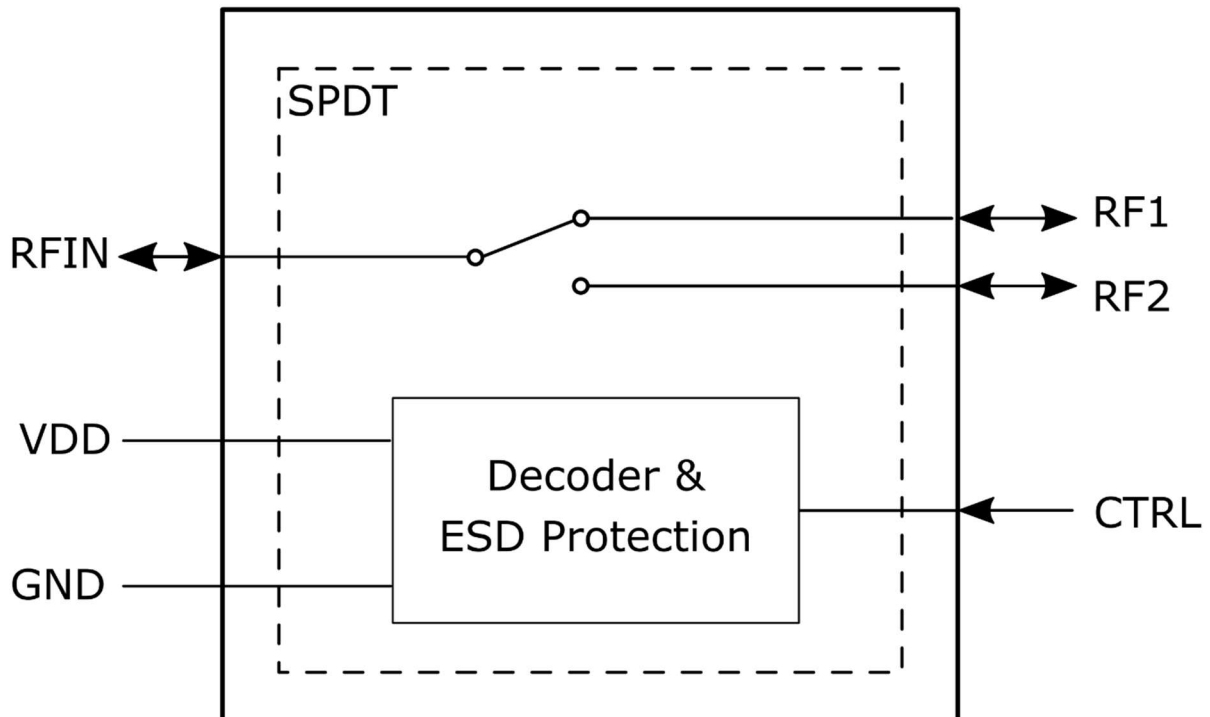


Figure 5 : Le commutateur de diversité SPDT BGS12WN6E6327XTSA1 peut commuter en 160 ns et il inclut une logique de commande intégrée et une protection DES. (Source de l'image : Infineon)

Commutateur croisé RF

Le commutateur croisé RF CMOS [BGSX22G6U10E6327XTSA1](#) d'Infineon est spécifiquement conçu pour les applications GSM, WCDMA, LTE et 5G. Ce commutateur bipolaire bidirectionnel (DPDT) se caractérise par une faible perte d'insertion à des fréquences jusqu'à 7,125 GHz, une faible génération d'harmoniques et une isolation élevée entre ses ports RF. Son temps de commutation de 1,3 microseconde (µs) permet de prendre en charge les applications SRS (Sounding Reference Signal) 5G. Il est doté d'une interface de commande GPIO et fonctionne avec des tensions d'alimentation de 1,6 V à 3,6 V. Le boîtier PG-ULGA-10 mesure 1,1 mm × 1,5 mm, a une épaisseur de 0,60 mm et est optimisé pour les applications exposées à des contraintes d'espace et de poids. Ce dispositif basse consommation a un courant d'alimentation typique de 25 µA et un courant de commande de 2 nA.

Commutateur d'accord d'antenne

Les conceptions qui requièrent un commutateur d'accord d'antenne unipolaire quadridirectionnel (SP4T) optimisé pour les applications jusqu'à 7,125 GHz peuvent utiliser le [BGSA14M2N10E6327XTSA1](#) d'Infineon. Les quatre ports à résistance à l'état passant de 0,85 ohm (Ω) sont conçus pour une utilisation dans les applications d'accord à facteur Q élevé.

L'interface de commande numérique MIPI RFFE simplifie la mise en œuvre dans les chaînes de signaux RF. Grâce à sa tenue en tension de crête de 45 V et à sa faible capacité de 160 femtofarads (fF) à l'état OFF, ce dispositif est bien adapté à la commutation d'inductances et de condensateurs dans les circuits d'adaptation d'antenne RF sans pertes significatives (Figure 6). Le boîtier TSNP-10-9 de 1,3 mm × 0,95 mm et de 0,375 mm de haut, associé à une consommation de courant de 22 μ A, permet à ce dispositif de prendre en charge des applications SWaP exigeantes.

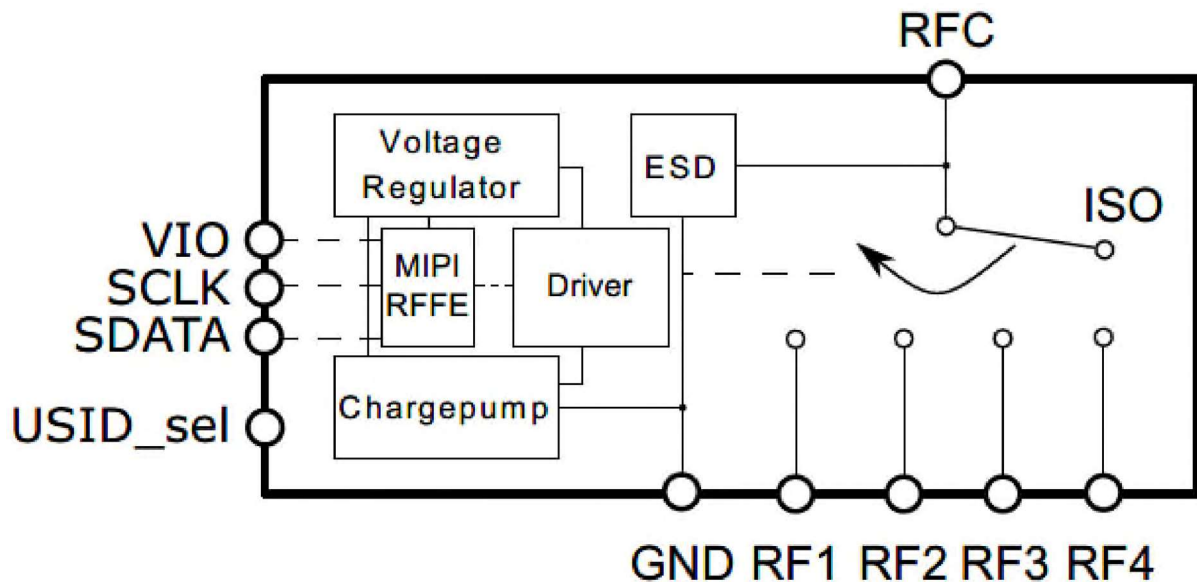


Figure 6 : Le BGS14M2N10E6327XTSA1 peut commuter efficacement les inductances et les condensateurs dans les circuits d'adaptation d'antenne RF. (Source de l'image : Infineon)

Transistors RF

Une chaîne de signaux RF hautes performances commence par la section d'émetteur-récepteur et d'amplificateur RF. Cela requiert des transistors de puissance RF tels que le transistor bipolaire à hétérojonction (HBT) RF NPN large bande [BFP760H6327XTSA1](#) d'Infineon qui présente les caractéristiques suivantes :

- Faible facteur de bruit minimum (NF_{min}) de 0,95 dB à 5,5 GHz, 3 V, 10 mA
- Gain de puissance maximum élevé (G_{ms}) de 16,5 dB à 5,5 GHz, 3 V, 30 mA
- Haute linéarité avec un point d'interception du 3e ordre (OIP_3) en sortie de 27 dBm à 5,5 GHz, 3 V, 30 mA

Ce transistor de puissance est qualifié pour les applications industrielles. Il est conçu pour une utilisation dans les systèmes de communications sans fil et par satellite, les dispositifs de navigation GPS, les dispositifs multimédias portables et d'autres applications RF hautes performances.

Options de boîtier TSNP

La petite taille des boîtiers TSNP requiert des tolérances géométriques stables sur la carte à circuit imprimé, et il convient d'utiliser une conception de pastille NSMD. Les tolérances de pastilles pour NSMD sont inférieures à celles de réserve de soudure. Pour NSMD, les pistes sur le circuit imprimé doivent être de 100 micromètres (μ m) ou moins. En général, les pastilles de

circuit imprimé pour TSNP sur le dessous seulement, comme celles utilisées par le LNA BGA9H1MN9E6329XTSA1, le commutateur de diversité d'antenne BGS12WN6E6327XTSA1 et le commutateur d'accord d'antenne BGSA14M2N10E6327XTSA1 décrits ci-dessus, sont conçues en transférant le contour de la pastille du boîtier et en ajoutant 25 μm autour des pastilles.

Les concepteurs doivent être conscients qu'il existe plus d'un style de pastille TSNP. Il y a la pastille standard, et il y a les pastilles conçues pour l'inspection LTI optique (Figure 7). Les dispositifs LTI requièrent une zone de montage plus grande, car la pastille de circuit imprimé doit dépasser le contour du boîtier d'un minimum de 400 μm (Figure 7). Bien que la conception LTI prenne en charge l'inspection optique, elle peut ne pas être adaptée aux conceptions SWaP critiques qui exigent une solution aussi petite que possible.

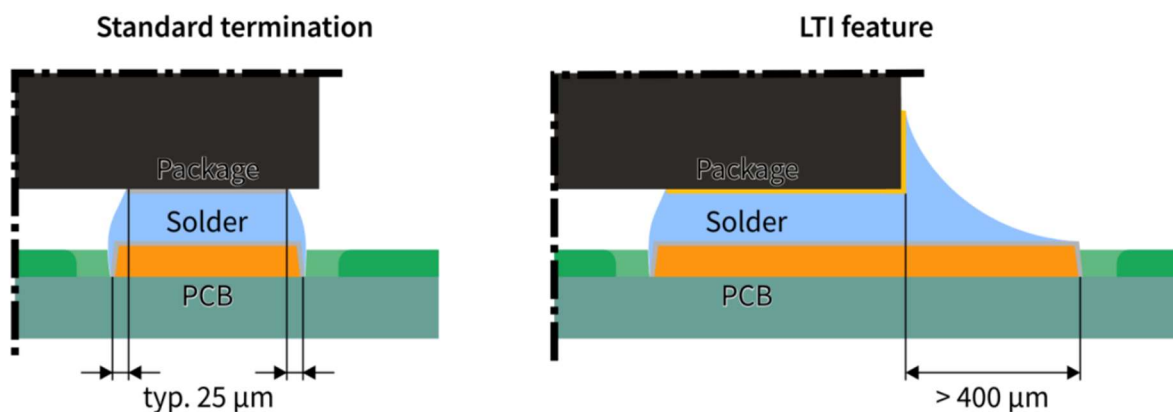


Figure 7 : Les boîtiers TSNP sont disponibles avec des pastilles standard (à gauche) ou des pastilles plus grandes optimisées pour l'inspection LTI optique (à droite). (Source de l'image : Infineon)

Conclusion

Les considérations SWaP sont importantes lors de la spécification des tuners d'antenne, des commutateurs croisés RF, des commutateurs de diversité d'antenne, des amplificateurs à faible bruit et des transistors RF à faible bruit dans de nombreux dispositifs sans fil corporels et portables. Comme illustré, Infineon offre aux concepteurs une gamme de dispositifs destinés à une utilisation dans les applications de chaînes de signaux RF hautes performances, capables de répondre aux exigences SWaP les plus strictes. Grâce à ces dispositifs, les concepteurs peuvent optimiser la fiabilité et la bande passante de la chaîne de signaux RF et étendre la durée de vie des batteries.

Lectures recommandées

1. [Utiliser des capteurs de température numériques haute précision dans les dispositifs corporels de surveillance de santé](#)
2. [Aperçu des technologies sans fil pour l'IoT](#)