Un mélangeur double passif à hautes performances affronte les problèmes des récepteurs 5G MIMO

Tom Schiltz, Responsable de Conception Circuits Intégrés Radiofréquences

La demande en termes de débits de données toujours plus élevés au niveau mondial a poussé jusqu'à leur limite les capacités des réseaux sans fil 4G actuels. La nouvelle génération de réseaux 5G nécessitera une capacité au moins 10 fois plus grande pour pouvoir répondre à la demande à venir. Bien que la norme 5G ne soit pas encore finalisée, la plupart des marchés y participant, sinon tous, a conclu que la bande passante devra atteindre au moins 100MHz (au lieu des 20MHz du spectre actuel), avec certains s'aventurant jusqu'à parler de 200MHz. Cela repousserait donc le spectre de fréquence vers 3,6GHz ou plus.

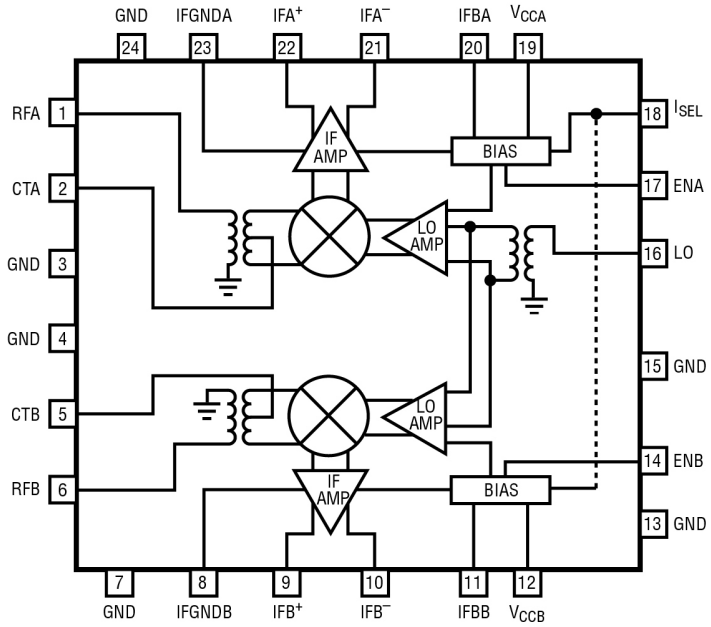


Figure 1. Schéma de principe du mélangeur double canaux

Pour répondre à ces besoins, le mélangeur double passif infradyne LTC5593 de Linear Technology présente des performances excellentes quant à la linéarité et la gamme dynamique à 3,6GHz, tout en affichant une bande passante à densité de puissance constante de plus de 200MHz, qui en fait un récepteur MIMO (entrée multiple - sortie multiple) remarquablement robuste. La technologie MIMO a démontré son utilité en accroissant sensiblement le débit de données net et la réception dans des systèmes tels que les réseaux Wi-Fi et 4G, lorsque la bande passante de spectre était limitée. Au fur et à mesure que les systèmes 5G migrent vers des fréquences plus élevées, le LTC5593 apporte un 50Ω adapté continuellement entre 2,3GHz et 4,5GHz, étant ainsi compatible avec des récepteurs multibandes aux bandes 2,6GHz et 3,6GHz. Pour des bandes plus basses, il existe d'autres mélangeurs compatibles broche à broche, dont les LTC5590, LTC5591, et LTC5592, qui couvrent tous les autres récepteurs LTE. La couverture en fréquence et les performances types à 3,3V de chaque mélangeur sont indiquées dans le tableau 1. Ces mélangeurs présentent un gain de conversion élevé,

un faible facteur de bruit (noise figure ou NF), et une linéarité élevée avec une faible consommation CC. Le gain de conversion de puissance vaut typiquement 8dB avec un point d'interception d'entrée du 3ème ordre (IIP3) de 26dBm, un facteur de bruit de 10dB et une consommation de 1,3W.

Tableau 1. Récapitulatif de la couverture en fréquence et des performances à 3,3V des LTC559x

Code produit	GAMME RF (GHz)	GAMME OL (GHz)	GAIN (dB)	IIP3 (dBm)	NF (dB)
LTC5590	0,6 - 1,7	0,7 - 1,5	8,7	26,0	9,7
LTC5591	1,3 - 2,3	1,4 - 2,1	8,5	26,2	9,9
LTC5592	1,6 - 2,7	1,7 - 2,5	8,3	27,3	9,8
LTC5593 (3,6GHz)	2,3 - 4,5	2,1 - 4,2	7,6	26,0	11,3

La famille de mélangeurs doubles hautes performances LTC5593 est idéale pour les récepteurs MIMO d'infrastructures sans fil, telles (telle) qu'une TRD (tête radio distante). De tels systèmes sont extrêmement compacts et contenus dans des boîtiers autonomes hermétiques, ce qui pose des problèmes d'encombrement et de gestion thermique en raison de la grande quantité d'électronique mise en œuvre. La solution à double canal réduit le nombre de composants, simplifie le routage des signaux de l'OL et réduit la superficie de la carte. De plus, chaque LTC5593 incorpore des baluns d'RF et d'OL, des mélangeurs doubles équilibrés, des amplificateurs tampons d'OL et des amplificateurs différentiels FI intégrés, réduisant encore la taille, la complexité et le coût de la solution complète.

Description du mélangeur

Le schéma de principe simplifié de la figure 1 montre la topologie du mélangeur double, constitué de cœurs de mélangeur double équilibré pilotant des amplificateurs de sortie FI. Les cœurs de mélangeur sont des quadricœurs à commutateurs MOSFET, qui présentent des pertes de conversion de typiquement 7dB. Cependant, dans ce cas, les pertes sont plus que compensées par le gain des amplificateurs FI sur puce qui les suivent, et le gain en puissance total qui en résulte est d'environ 8dB. L'amplificateur différentiel de sortie FI a été optimisé pour une interface standard 200Ω, qui peut piloter directement des filtres différentiels FI et des amplificateurs à gain variable, minimisant le nombre de composants externes.

La circuiterie de l'OL utilise un balun commun pour convertir l'entrée unipolaire en un OL différentiel qui pilote alors des amplificateurs tampons indépendants pour chaque canal. Cette topologie de pilote d'OL séparé permet de conserver la cohérence de phase du signal de l'OL pour les deux mélangeurs tout en fournissant une excellente isolation entre canaux. De plus, pour protéger le VCO de variations d'impédance (load-pulling) ou de perturbation indésirables, une adaptation d'impédance de l'entrée de l'OL constante de 50Ω est maintenue dans tous les modes de fonctionnement, même quand un ou plusieurs étages de mélangeur sont mis en route et arrêtés. Une adaptation d'impédance de 50 entre 2,1GHz et 3,4GHz est obtenue en ajoutant un condensateur en série externe de 1,5pF, C2. Ce condensateur sert aussi à bloquer la composante CC. Pour la bande supérieure à 3,6GHz, ajouter une inductance de shunt de 10nH du côté source du condensateur permet d'obtenir de bonnes performances en

termes de pertes par réflexion au niveau de l'OL. La figure 2 montre les pertes par réflexion à l'entrée de l'OL du LTC5593, dans différentes conditions de fonctionnement. Cette fonctionnalité élimine la nécessité d'utiliser un étage tampon d'OL externe.

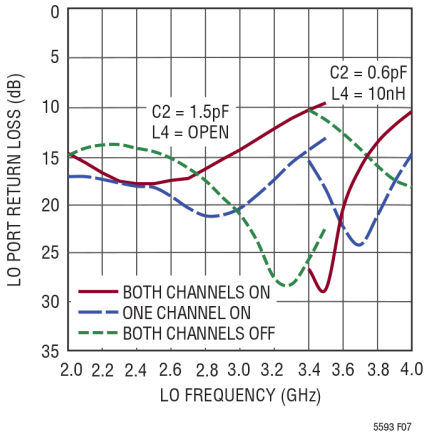


Figure 2. Pertes de réflexion de l'OL du LTC5593 pour différents états de fonctionnement

Les stations de base traditionnelles maintiennent un environnement où la température est contrôlée et nécessitent des composants capables de fonctionner jusqu'à +85°C. Les cellules et les têtes radio distantes plus petites, représentent, cependant un environnement difficile pour les composants, nécessitant un fonctionnement jusqu'à +105°C. Les mélangeurs LTC5593 ont été conçus pour fonctionner, et sont testés jusqu'à +105°C pour répondre à ces exigences.

Pour minimiser la taille de la solution, la famille de mélangeurs LTC5593 est assemblée dans un petit boîtier QFN 24 broches de 5mm x 5mm. La petite taille du boîtier ne représente, cependant, qu'un élément de réduction de taille globale de la solution. Le haut niveau d'intégration réduit le nombre de composants externes requis à environ 19, minimisant la superficie, la complexité et le coût de la carte.

Application de récepteur

Le schéma de principe d'un mélangeur LTC5593 dans un récepteur à deux canaux est montré figure 3. Des signaux RF unipolaires sont amplifiés et filtrés avant d'être injectés aux entrées du mélangeur. Dans cet exemple, sont montrés les circuits des signaux FI différentiels, éliminant la nécessité d'utiliser un balun FI. Le filtre à ondes de surface SAW, l'amplificateur FI et le filtre passe-bande à éléments localisés sont tous différentiels. Avec les valeurs des composants du circuit indiquées, cet exemple de récepteur accepte une bande passante FI de 150MHz. Des bandes passantes plus larges peuvent être obtenues en diminuant la résistance entre les broches différentielles (avec une légère réduction du gain).

Des filtres à ondes de surface SAW à haute sélectivité sont utilisés dans de nombreux récepteurs MIMO pour bloquer les remontées d'harmoniques et le bruit indésirables à la sortie du mélangeur. Le gain de conversion de 8dB des mélangeurs compense les pertes d'insertion élevées de ces filtres et réduit leur influence sur le niveau de bruit de fond du système. Les performances globales du mélangeur permettent de répondre aux exigences en termes de sensibilité et de parasites, malgré le niveau de pertes du filtre.

Un autre paramètre important à cibler pour les récepteurs multicanaux est l'isolation entre canaux. L'isolation entre canaux est le niveau FI à la sortie du canal non sollicité, par rapport au niveau de FI à la sortie du canal piloté. Ce paramètre est normalement spécifié comme devant être d'au moins 10dB de plus que l'isolation entre antennes pour éviter de dégrader les performances du système. Grâce à sa conception de circuits intégrés précise, le LTC5593 parvient à une isolation entre canaux de 44dB à 3,6GHz et de 52dB à 2,6GHz, suffisante pour de nombreuses applications multicanaux.

Consommation énergétique et taille de la solution

Avec la maturation des topologies de station de base multibande/mutimode et une définition plus pointue des systèmes pour la migration du 4G aux futurs réseaux 5G, les systèmes d'infrastructure sans fil évoluent vers des configurations de plateformes qui permettent la mise en œuvre des différentes exigences en termes de bandes ou de modes avec un minimum de modifications de matériel et de logiciel. La famille LTC559x de mélangeurs doubles a un brochage commun, facilitant l'utilisation de la même configuration de carte pour toutes les bandes.

Le développement continuel des communications sans fil a aussi incité à utiliser des cellules plus petites comme les picocellules et les femtocellules. La demande pour davantage de cellules toujours plus petites, ainsi que l'utilisation croissante de têtes radio distantes, imposent des contraintes supplémentaires aux systèmes d'infrastructure, en exigeant un plus haut niveau d'intégration et des tailles de solution plus petites.

Alors que le nombre de cellules augmente, la consommation est devenue aussi de plus en plus importante puisque les coûts en énergie augmentent proportionnellement. Dans les têtes radio distantes, par contre, les contraintes thermiques sont un problème essentiel puisqu'elles s'appuient sur un refroidissement passif. Réduire simplement la taille de la solution n'est pas suffisant, puisque cela résulterait en une augmentation de la densité de puissance et des températures de jonction, et en une réduction potentielle de la fiabilité des composants. Il est donc nécessaire de réduire simultanément la consommation et la taille du système. Cet objectif est difficile à atteindre, car les performances RF ne doivent pas être compromises.

Auparavant, associer deux mélangeurs individuels sur une puce pouvait induire une consommation de 2 watts. Pour réduire la consommation, la famille de mélangeurs LTC5593 a été conçue pour fonctionner à 3,3V au lieu de 5V. Les techniques de conception de circuit basse tension réduisent la dissipation de puissance sans dégrader les performances en termes de gain de conversion, d'IIP3 ou de facteur de bruit. Seules les performances en compression de gain 1dBm (P1dB) de la sortie, d'environ 10,4dBm, sont concernées par la tension d'alimentation plus basse. Le P1dB est limité par l'excursion en tension de sortie au niveau des collecteurs ouverts des amplificateurs FI lorsqu'ils pilotent l'impédance de charge de 200Ω. Pour les applications nécessitant un P1dB plus élevé, les mélangeurs ont été spécifiquement conçus pour permettre l'utilisation d'une alimentation 5V sur l'amplificateur FI. La tension plus élevée améliore le P1dB, qui atteint alors 13,7dBm.

Comme indiqué dans le tableau 1, les mélangeurs doubles atteignent des performances excellentes tout en ne consommant que 1,3W de puissance, lorsque les deux canaux sont activés. Pour des économies d'énergie supplémentaires, chaque

canal peut être éteint indépendamment, si nécessaire, à l'aide des commandes d'activation indépendantes. Dans les cas où les exigences de linéarité sont moins strictes, la broche ISEL permet à l'utilisateur de passer à un mode faible courant et de réduire encore la consommation.

Conclusion

Le mélangeur double passif infradyne LTC5593 affiche les hautes performances nécessaires pour répondre aux exigences des récepteurs d'infrastructure multicanal 5G émergents, en poussant vers des fréquences plus hautes et des bandes passantes plus larges. L'association du gain de conversion élevé, du faible facteur de bruit et de la haute linéarité du mélangeur améliore les performances globales du système, et la faible consommation et la petite taille répondent aux exigences plus strictes de stations de base et de têtes radio distantes toujours plus petites.

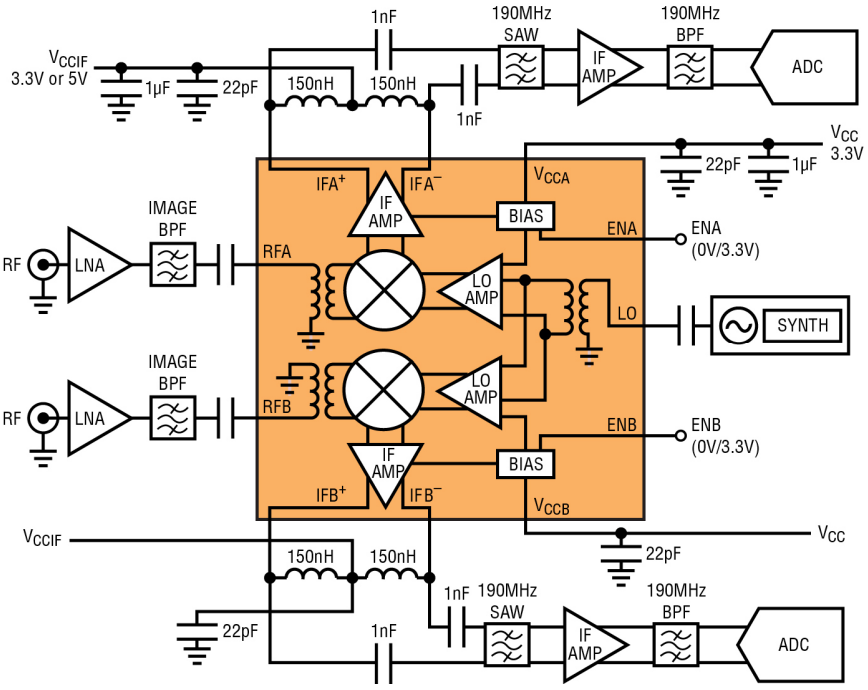


Figure 3. Mélangeur double passif LTC5593 dans une application de récepteur