



Conception d'amplificateur faible bruit filtrant en technologie métamorphique pour application spatiale en bande Ka

Vincent Armengaud, Laurent Billonnet, Bruno Barelaud, Bernard Jarry, Christophe Laporte*

Laboratoire XLIM UMR CNRS 6172 - Université de Limoges – 123, avenue Albert Thomas – 87060 Limoges cedex

*CNES - Toulouse – 18 avenue Edouard Belin – 31401 Toulouse cedex

vincent.armengaud@xlim.fr

I. Introduction

Dans le cadre des télécommunications par satellites, le module de réception embarqué doit présenter un facteur de bruit très faible pour extraire le signal du bruit. Le principal composant permettant d'améliorer ce rapport signal à bruit est l'amplificateur faible bruit (LNA). L'émergence de la technologie métamorphique dans les fonderies européennes permet de réduire le facteur de bruit de tels amplificateurs [1]. Dans cet article, on utilise la technologie métamorphique HEMT du fondeur OMMIC (D01MH) pour son faible bruit et son fort gain aux fréquences millimétriques.

De manière à réduire la bande de bruit thermique et le risque d'oscillation lors de la mise en boîtier, la bande passante de l'amplificateur est limitée autour de la bande utile. Cette condition implique la mise en place d'une méthodologie de conception innovante intégrant un circuit filtrant.

Cette procédure permet d'adapter simultanément l'amplificateur en gain et en bruit sur la bande 26-32 GHz tout en assurant un filtrage hors bande et une faible consommation électrique.

II. Méthodologie pour la conception du LNA filtrant

On a choisi de satisfaire un cahier des charges précis répondant aux besoins des modules de réception satellitaires : bande utile : 26-32 GHz, gain minimum : 15 dB, facteur de bruit maximum : 1.5 dB et TOS inférieur à -12dB. En plus de ces spécifications, on impose un gabarit de filtrage hors bande pour obtenir un gain nul pour les fréquences $f = 22$ GHz et $f = 35$ GHz.

Pour atteindre ces objectifs, il s'agit tout d'abord de choisir les paramètres optimaux du transistor de la bibliothèque OMMIC D01MH : la largeur de la grille, le nombre de doigts de grille, les polarisations de grille et de drain ainsi que la longueur de la ligne placée sur la source permettant d'adapter simultanément le transistor en gain et en bruit [2].

II.1. Méthodologie pour le choix du transistor

On établit un protocole implémenté dans le logiciel ADS convergeant vers une configuration optimale du transistor. On utilise une technique basée sur des tirages aléatoires associés à des critères de sélection. Ces critères sont les valeurs du gain maximum disponible (G_{max}), du facteur de bruit minimum (NF_{min}) et de l'écart entre l'impédance optimale en bruit et l'impédance d'entrée pour l'adaptation en gain. Le minimum de ce module assurera une adaptation simultanée en gain et en bruit du transistor. Le calcul de la consommation électrique permet ensuite de valider ou non le choix des caractéristiques géométriques et de la polarisation du transistor.

II.2. Synthèse des circuits passifs

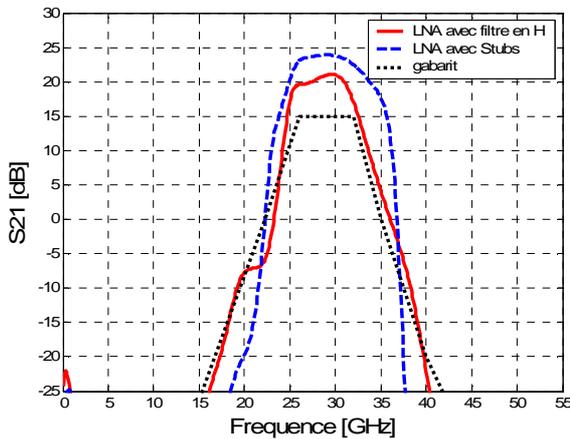
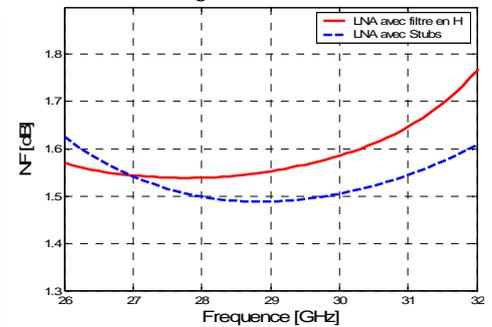
Ces circuits adaptent les transistors et assurent la fonction de filtrage. On choisit de concevoir un amplificateur à 3 étages afin d'assurer la fonction filtrante sans trop détériorer les autres performances.

Dans la bande, on impose aux circuits de réaliser les transformations d'impédances pour adapter l'amplificateur en gain et en bruit. Hors bande, on impose au circuit du second inter-étage de réaliser la fonction de filtrage

III. Performances de deux LNA filtrants avec le logiciel ADS

On présente ici les résultats obtenus en simulation pour deux puces de dimension $2 \times 3 \text{ mm}^2$. Dans le premier circuit, on intègre un quadripôle filtrant constitué de stubs ; dans le second, un filtre en forme de H assure le filtrage.

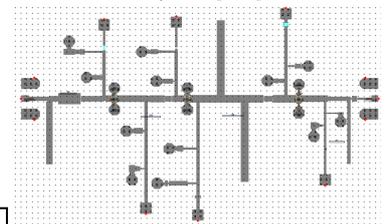
Performances	Spécifications	Résultats de simulation avec un filtre en H	Résultats de simulation avec un filtre à stubs
Bande utile	26-32 GHz	26-31.3 GHz	26-32 GHz
Gain minimum	15 dB	19.3 dB	22.5 dB
Ondulation dans la bande	+/-0.7 dB	+/-0.8 dB	+/-0.7 dB
TOS maximum	-12 dB	-12.3 dB	-11 dB
NF maximum	1.5 dB	1.7 dB	1.63 dB



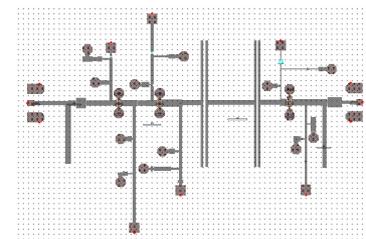
Stabilité : sur la bande 10MHz-60GHz :

$K > 1$ et $B > 0$.

Consommation : 75mW pour le LNA à Stubs, 90mW pour le LNA avec le filtre en H



LNA avec filtre à stubs



LNA avec filtre en H

Figure 1 : Résultats pour deux LNA filtrants

Ces résultats (figure 1) sont encourageants car très proches des spécifications initialement fixées. Le filtre en H présente un filtrage plus sélectif que le filtre à stubs mais ses pertes d'insertions, assez importantes, entraînent une augmentation du facteur de bruit global. Par ailleurs, une optimisation finale des dimensions du filtre en H doit permettre d'élargir la bande passante du LNA afin de respecter la spécification de bande utile.

IV. Conclusion

Dans cet article, une méthodologie de conception de LNA filtrant a été mise en place. Les premiers résultats valident cette procédure. De plus, différents tests de quadripôles filtrants ont permis de sélectionner les topologies les plus performantes.

[1] R. Malmqvist, « *RF MEMS and GaAs based reconfigurable RF Front-End components for wide-band multi-functional phased arrays* », 36th European Microwave Conference, Manchester, UK, September 2006.

[2] D. VanStone, « *Unique inductive feedback LNA design* », RF Design, March 2002.