



HAL
open science

Conception, réalisation et caractérisation d'un transposeur abaisseur de fréquence en bande X à l'aide du logiciel ADS

Laurence Picheta, Virginie Hoel

► **To cite this version:**

Laurence Picheta, Virginie Hoel. Conception, réalisation et caractérisation d'un transposeur abaisseur de fréquence en bande X à l'aide du logiciel ADS. 17èmes Journées Pédagogiques de la CNFM (Coordination Nationale pour la Formation en Micro et Nanoélectronique), Nov 2023, Toulouse, France. hal-04410452

HAL Id: hal-04410452

<https://hal.science/hal-04410452>

Submitted on 22 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception, réalisation et caractérisation d'un transposeur abaisseur de fréquence en bande X à l'aide du logiciel ADS

L.Picheta^a et V. Hoël^{a,b,c}

^a Faculté des Sciences et Technologies de l' Université de Lille (département EEA),
Villeneuve d'Ascq, France

^b PLFM – CNFM (Pôle Lillois pour la Formation en Microélectronique et en
nanotechnologies Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq)

^c Univ. Lille, CNRS, UMR 8520–IEMN, F-59000 Lille, France
Contact email : laurence.picheta@univ-lille.fr

Introduction

Ce travail a été réalisé à l'Université de Lille et sur les plateformes de CAO et de caractérisation du PLFM (Pôle Lillois pour la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies) dans le cadre de projets de fin de 1^{er} semestre par des étudiants en 2^{ème} année du master « M2 Réseaux & Télécommunications » dans le parcours « Systèmes électroniques communicants » (<https://master-electronique.univ-lille.fr/master-reseaux-et-telecommunication>). La thématique du projet, en lien avec les modules d'hyperfréquence enseignés dans la formation était : « Conception, réalisation et caractérisation d'un transposeur abaisseur de fréquence en bande X ».

Ce parcours de formation, ouvert à l'alternance, forme des étudiants aux fonctions d'ingénieur expert dans la conception et la caractérisation électronique haute fréquence (RF et hyperfréquences) utilisée dans tous les systèmes actuels de communication : objets connectés IoT, bluetooth, WIFI, téléphonie cellulaire (4G, 5G), identification sans contact (étiquette RF, RFID, NFC). Les compétences données par la formation permettent à nos diplômés de répondre aux développements de ces applications et de s'adapter aux futures technologies dans un domaine en constante mutation et un marché en pleine expansion.

Objectifs pédagogiques

Les projets font partie d'une unité d'enseignement nommée « Fonctions Actives des Radio Fréquences et des Hyperfréquences » essentiellement axée sur les aspects de conception. Ils font suite aux Cours, TD et TP de l'UE dispensés pendant l'année. Ils permettent aux étudiants de mettre en pratique les aspects théoriques et d'être confrontés aux écueils de la conception, réalisation et caractérisation des circuits hautes fréquences.

Faire des choix de conception, devoir trouver des solutions, échanger avec leur tuteur, les autres enseignants du master et l'ingénieur les secondant pour la réalisation pratique et la caractérisation de leur circuit, leur permet de devenir autonomes. Ils sont ainsi préparés à leur future activité professionnelle, développant des compétences relationnelles pour les actions en mode projet nécessitant de travailler avec différents intervenants.

Les projets se font en binôme sur 3 mois, chaque binôme ayant un sujet différent (amplificateur FI, LNA, mélangeur ou oscillateur). Il est demandé un travail bibliographique, une conception au moyen du logiciel ADS (Advanced Design System) de

la société Keysight, une réalisation en technologie hybride et des mesures en bande X. Le binôme doit en outre produire un rapport et soutenir oralement devant un jury constitué d'enseignants-chercheurs de la formation. Il s'agit d'une préparation au stage qu'ils effectueront le dernier semestre du Master 2 et à leur future activité professionnelle.

Description du travail et résultats

Nous présentons des résultats issus de travaux menés par des étudiants dans le cadre d'un projet de down-converter en bande X conçu à partir du transistor FET AsGa MGF1302 de Mitsubishi. Le dispositif est réalisé en technologie hybride sur substrat de verre-téflon (figure 1) et caractérisé sur nos plateformes grâce aux matériels co-financés par le PLFM CNFM Lille.

D'après le cahier des charges, les fréquences RF et OL sont comprises entre 8 et 12 GHz, la fréquence FI est comprise entre le DC et 4 GHz, des pertes de conversion les plus faibles possibles sont requises, ainsi qu'une isolation minimum de 20 dB entre les accès et une bonne linéarité. L'architecture retenue par le binôme à la suite de ses recherches bibliographiques est celle du gate-mixer (figure 2) dans laquelle la fréquence RF et la fréquence OL sont appliquées sur la grille du transistor, nécessitant la conception d'un sommateur à l'entrée et d'un filtre passe-bas en sortie. La conception des circuits de polarisation et d'adaptation a également été réalisée par les étudiants. Nous présentons ici la conception du sommateur, du filtre et du transposeur dans sa globalité (figure 3).

Pour résumer les performances expérimentales (conformes aux simulations effectuées sur le logiciel ADS) : les isolations entre les accès sont supérieures à 25 dB, la puissance de compression à -1 dB est comprise entre 0 et 3 dBm en entrée pour une puissance d'OL entre 8 et 10 dBm, l'IP3 en entrée est compris entre 4 et 16 dBm pour une puissance d'OL entre 0 et 10 dBm, le gain de conversion est autour de 1.5 dB pour une puissance d'OL de 5 dBm.

En terme d'innovation pédagogique en lien avec les évolutions dans le secteur de la microélectronique, il est à noter que dès l'année prochaine, les projets seront réalisés sur des substrats organiques. Par ailleurs, les travaux s'appuieront sur des nouveaux transistors plus performants venant de la société Infineon.

Conclusion

Ces projets marquent une transition entre les études et la vie professionnelle, avant l'immersion totale en entreprise ou en laboratoire au dernier semestre du master 2 « Systèmes électroniques communicants ». Le retour des étudiants est extrêmement positif car ils ont pu faire la boucle complète simulation/réalisation/caractérisation. Cela a permis de conforter leurs connaissances, de leur faire acquérir de nouvelles compétences, de les responsabiliser et de leur donner de l'assurance dans leurs capacités de mener à bien un projet.

A cet égard, nous notons une réelle évolution dans leur façon d'appréhender les différents sujets techniques, allant vers un mode proactif et orienté « solutions » suite à ces projets. Généralement, la thématique du stage est en lien direct avec le module de formation auquel appartiennent ces projets (« Fonctions Actives des Radio Fréquences et des Hyperfréquences »).

Les entreprises qui les emploient sont (liste non exhaustive) : Ampleon (Colomiers), Expleo (Toulouse), Thalès (Ymare), Thalès (Elancourt), MC2-Technologies (Villeneuve d'Ascq), Forecia Clarion Electronics Europe (Paris), Keolabs (38330 Montbonnot-Saint-Martin), Tronico-Alcen (85607 Montaigu),

Généralement, il s'agit d'emplois en CDI proposés pendant le stage de fin d'études par l'entreprise d'accueil ou encore trouvés dans les 3 mois après l'obtention du diplôme. Certains de nos étudiants poursuivent en Doctorat à l'université de Lille, notamment à l'IEMN et à l'IRCICA, ou dans d'autres universités. En outre, notre formation est organisée de sorte à permettre l'alternance (chaque année nous avons des apprentis et des contrats pro), ce qui fournit des débouchés professionnels supplémentaires.

Figures

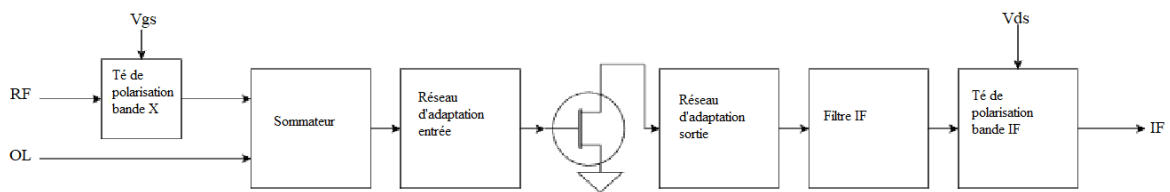


Fig.1. Architecture du transposeur.

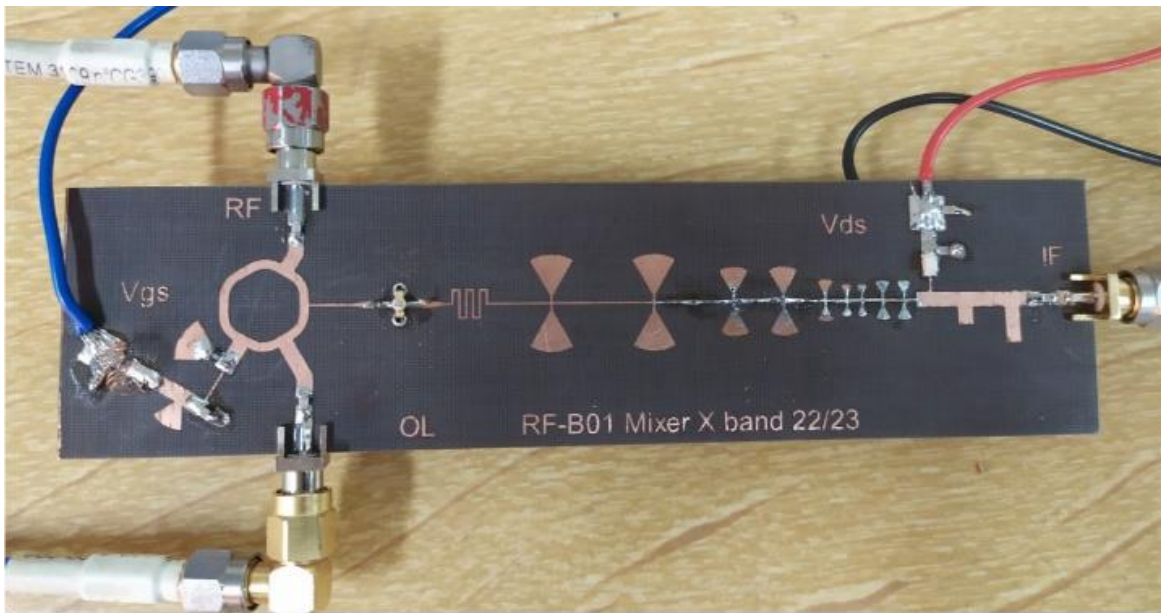


Fig. 2. Transposeur réalisé en technologie hybride.

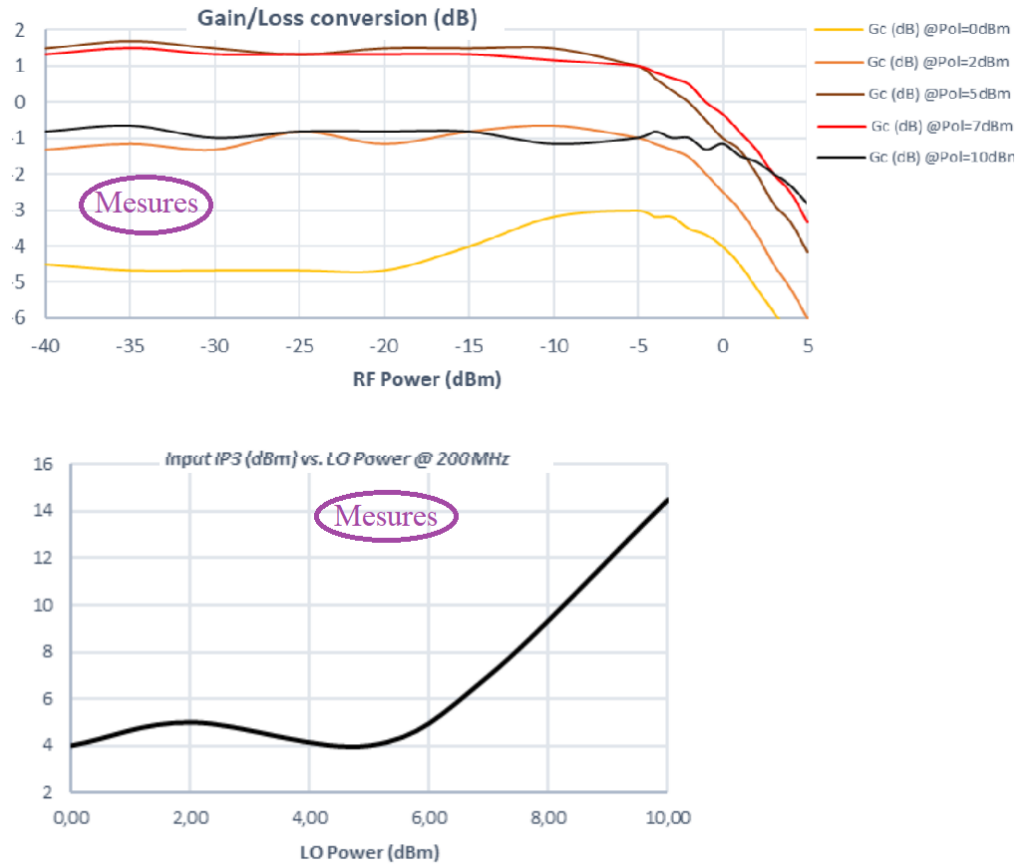


Fig. 3. Quelques performances expérimentales du transposateur (gain de conversion et input IP3).

Remerciements

Nous remercions le GIP CNFM et la DGESIP, l'équipe du CNFM Lille (PLFM), le laboratoire IEMN CNRS UMR8520, la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Lille, et l'Université de Lille.

Références

1. F. de Dieuleveut, O. Romain, Title, *Electronique appliquée aux hautes fréquences*, N°2 Dunod (2017).
2. S. Mass, Title, *The RF and microwave circuit design cookbook*, Artech House Publishers (1998).
3. ANFR Allocation des bandes de fréquence, website: <http://www.anfr.fr> (Accès 2023)