



N° d'ordre 13/2015

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mme : Wafae EL HAMDANI

Spécialité : Electronique

Sujet de la thèse :

Etude de topologies de filtres actifs utilisant des inductances actives en technologie CMOS. Problème de l'accordabilité.

Thèse présentée et soutenue le 16 Mai 2015 devant le jury composé de

Pr. BENBASSOU Ali	P.E.S	EST Fès	Président
Pr. ELBEKKALI Moulhime	P.E.S	USMBA Fès	Directeur de thèse
Pr. TEMCAMANI Farid	P.E.S	ENSEA France	Directeur de thèse
Pr. ALAMI Mustapha	P.E.S	INPT Rabat	Co-Directeur de thèse
Pr. RIFI Mounir	P.E.S	EST Casablanca	Rapporteur
Pr. MAZER Said	P.H	ENSA Fès	Rapporteur
Pr. EL OUALKADI Ahmed	P.H	ENSA Tanger	Rapporteur
Pr. OUREMCHI Rabah	P.E.S	EST Fès	Examineur

Laboratoire d'accueil :

Laboratoire de Transmission et Traitement de l'Information (LTTI).

Etablissement :

Ecole Supérieure de Technologie- Fès.





Etude de topologies de filtres actifs utilisant des inductances actives en technologie CMOS. Problème de l'accordabilité.

Résumé

Les filtres RF se retrouvent au cœur de nombreux circuits de télécommunications. Leur étude suscite continuellement un grand intérêt de la communauté des concepteurs. Les filtres, existants, à ondes acoustiques de surface (SAW) ne donnant pas facilement la possibilité d'un accord électrique ni d'une intégration sur un substrat silicium. L'évolution des systèmes de télécommunications impose d'optimiser le compromis accordabilité-intégration. Une voie de recherche prometteuse en termes de surface occupée, d'accord de fréquence et de bande passante est représenté par les inductances actives, qui sont le circuit de base de notre travail de recherche.

Dans cette thèse préparée avec le soutien contractuel de Comité Mixte Inter- universitaire Franco-Marocain à travers une action intégrée Volubilis, nous nous sommes intéressés à l'étude d'une nouvelle topologie de filtrage actif basée sur l'utilisation d'une inductance active.

Dans cette thématique, nos contributions les plus importantes consistent en une nouvelle architecture de compensation des pertes afin d'améliorer les performances de l'inductance active. Enfin, pour répondre aux exigences des normes de télécommunications (tendance au multi-standard des circuits), nous avons présenté une nouvelle méthode de couplage de cellules portant sur la conception d'un filtre actif d'ordre supérieur à deux. Les paramètres technologiques employés sont ceux de la technologie CMOS 0,35 μm d'AMS.

Mots clés : Filtres actifs, inductance active, compensation de pertes, accordabilité, couplage actif, multi-standard, CMOS.

Study of active filter topologies using active inductors in CMOS technology. Tunability Problem.

Abstract

The RF filters are at the heart of many telecommunications circuits. Their study is continually of a great interest in design community. Existing surface acoustic wave filters (SAW) do not offer the possibility of easy electrical tuning nor integration over a silicon substrate. The evolution of telecommunications systems imposes optimizing the tunability-integration compromise. A promising research in terms of covered area and frequency and bandwidth tuning is represented by the active inductors, which are the basic circuit of our research work.

In this thesis, prepared with the contractual support of the Joint Inter university French-Moroccan Committee through integrated action Volubilis, we were interested in the study of a new active filter topology based on the use of an active inductor.

In this issue, our most important contributions consist of a new loss compensation architecture to improve the performance of the active inductor. Finally, to meet the requirements of telecommunications standards (multi-standard circuits trend), we presented a new cell coupling method for the design of a higher than two active filter order. The used technological parameters are those of CMOS AMS 0.35 μm technology.

Keywords: Active filters, active inductor, Q-enhanced, tuning, active coupling, multi-standard, CMOS.

Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I

Généralité sur les systèmes de télécommunication et filtres reconfigurables

I.1. Introduction.....	5
I.2. Système de transmission.....	5
I.3. Architectures de front-end RF.....	7
I.3.1 Structure générale.....	7
I.3.2 Architectures des systèmes d'émission.....	7
I.3.2.1 Architecture superhétérodyne.....	7
I.3.2.2 Architecture homodyne.....	8
I.3.3 Architectures des systèmes de réception.....	8
I.3.3.1. Architecture superhétérodyne.....	9
I.3.3.2. Architecture à réjection d'image.....	10
I.3.3.3. Architecture homodyne.....	11
I.3.3.4. Architecture à sous-échantillonnage.....	13
I.3.3.5. Étude comparative des différentes architectures de réception.....	14
I.4. Concepts de la réception multistandards et de la radio opportuniste.....	14
I.4.1. La réception multistandards.....	15
I.4.1.1 Récepteur multi-standard à traitement non-simultané.....	16
I.4.1.2 Récepteur multi-standard à traitement simultané.....	18
I.4.1.3 Conclusions.....	21
I.4.2. Définition et principes de la radio cognitive.....	22
I.4.3. Conclusions.....	24
I.5. Bibliographie des filtres reconfigurables.....	24
I.5.1. Filtres passifs.....	25
I.5.2. Filtres analogiques actifs.....	29
I.1. Conclusion.....	37

Chapitre II

Inductance active compensée à deux transistors en technologie CMOS 0,350µm

II.1. Introduction.....	48
II.2. Inductance active synthétisée.....	49
II.2.1. Principe général.....	49
II.2.2. L'inductance active en technologie GaAs.....	51
II.2.3. L'inductance active en technologie CMOS.....	55

II.3. Etude de l'inductance active (IA)	62
II.3.1. Etude analytique.....	62
II.3.2. Extraction du schéma équivalent du MOSFET	66
II.3.2.1. Méthodologie de l'extraction.....	66
II.3.2.2. Choix du point de polarisation.....	67
II.3.2.3. Modèle extrait du transistor.....	68
II.3.2.4. Validation du modèle.....	68
II.3.3. Limite de validité de l'étude analytique de l'inductance	69
II.3.4. Résultat de simulation.....	73
II.3.4.1. Modèle analytique	73
II.3.4.2. Accord de l'inductance.....	73
II.4. Conclusion	74

Chapitre III

Solution de compensation des pertes de IA: conductance négative

III.1. Introduction	Erreur ! Signet non défini.
III.2. Principe de compensation	Erreur ! Signet non défini.
III.3. Topologie de compensation a contre-réaction passive	81
III.4. Proposition d'une nouvelle topologie a contre-réaction active	82
III.4.1. Etude analytique.....	82
III.4.1.1. La topologie DC-GC	83
III.4.1.2. La topologie GC-DC	84
III.4.1.3. La topologie SC-SC.....	85
III.4.2. Résultats de simulation	86
III.5. Conclusion	90

Chapitre IV

Filtre RF passe bande accordable multi-pôles à inductance active

IV.1. Introduction	93
IV.2. Topologie du filtre étudié : résonateur à adaptation active	94
IV.2.1. Généralités	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2. Principe de filtre.....	97
IV.2.2.1. Accord en bande passante	99
IV.2.2.2. Accord en fréquence centrale.....	99
IV.2.2.3. Rappel sur les varactors :	100
IV.3. Etude et conception du filtre	102
IV.3.1. Définition de la topologie de filtre.....	102
IV.3.2. Choix du filtre.....	103
IV.3.3. Etude de l'accordabilité.....	105

IV.4. Filtre d'ordre élevé	107
VI.4.1. Principe d'un filtre d'ordre élevé.....	108
VI.4.1.1. Mise en cascade de cellule du 2 nd ordre	108
VI.4.1.2. Nouvelle topologie proposée: couplage actif	108
VI.4.1.3. Simulation de la nouvelle topologie	114
VI.4.2. Généralisation du principe	116
IV.5. Conclusion	118
Conclusion générale.....	124