

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: 200424008

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

CMOS 射频接收前端的设计与研究

Design of CMOS Radio-Frequency Receiver Circuit

张 君 玲

指导教师姓名: 李 开 航 副 教 授

专 业 名 称: 凝 聚 态 物 理

论文提交日期: 2007 年 5 月

论文答辩时间: 2007 年 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 4 月

CMOS 射频接收前端的设计与研究

张君玲

指导教师

李开航副教授

厦门大学

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 厦门大学学位论文

的学位论文 人 导师指导 的研究  
人 论文 的 人 的研究  
文 人 论文 的

人 :

2007 年 月

厦门大学博士论文摘要库

# 厦门大学学位论文

人 厦门大学 学位论文的 厦门大学  
主 门 指 论文的 学位论文  
的的 论文 学校 阅 学位论文的  
编 学位论文的 编 密的  
学位论文 密  
学位论文  
1. 密 年 密 授  
2. 密 √  
号 “ √ ”

导师 : : 年 月  
: : 年 月

# 摘要

年 CMOS 的  
的 CMOS 射频 的设计与研究  
人的大 大 频 射频接收 的  
的射频接收前端 开  
CMOS 设计射频接收前端的 大 频  
前的  
文 射频 的 CMOS 射频接收  
的分 的射频 与 MOS 的 接 射频  
的 论与 的 论 CMOS  
射频接收前端的 大 与 频 的分 设计  
射频 的 大 的  
的 频 前 的 的  
接收 设计的 大 2 4  
频 频 频 的 DS  
设计的 CMOS SMC 0 18 的  
设计的 大 频 射频接收  
的 指 射频接收前端的设计  
文的主 的 CMOS  
的 大 的 CMOS  
大 设计 的 CMOS 与  
大 接 的 频 分 CMOS 射频  
的 的

： 射频接收 大 频

## Abstract

With achievement of more mature CMOS processing technology under submicron and deep submicron level and the rapid advance of wireless communication technology over past decades, the RF CMOS circuits with low cost, low power dissipation and high integration have drawn much attention. Since the low noise amplifier (LNA) and the mixer are core building blocks of radio frequency front-end devices and employed in almost every standard wireless communication system, it is very meaningful and urgent that the low noise amplifier (LNA) and the mixer can be realized in deep submicron processing technology.

In this thesis, an introduction to development of radio frequency communication is presented briefly at first. The second part gives the analysis of radio frequency characteristics of devices and basic physics of MOSEFT. Then the noise theory and nonlinear distortion is explained in details. In the fourth part, with the summery of LNA research in several basic structures, an amplifier based on cascode feedback topology is proposed. The analysis of different mixers is made in the following part and a novel Gilbert mixer is designed. At last, a brief conclusion is presented.

The designed LNA and mixer are simulated by ADS software tool of Agilent Corp using TSMC 0.18 um CMOS process models. The results show that the proposed LNA and Mixer have quite good quality and all parameters falls in the reasonable good range.

In conclusion, two goals have been achieved as following. First, a new type amplifier based on cascode feedback topology is proposed, and the simulated results show that it could meet the requirement of low noise and high performance . Second, the mixer could be cooperate with LNA well and meet requirement of front-end devices. Above work show that the designed LNA and Mixer are very fit to realizing monolithic RFIC system integration.

**Key Words:** radio frequent receiver; low noise amplifier; mixer

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>1.1 射频电子技术发展简介</b> .....	1
<b>1.2 射频前端接收机的基本结构</b> .....	2
1.2.1 接收 .....	2
1.2.2 频 接收 .....	3
1.2.3 接收 .....	4
1.2.4 频接收 .....	5
<b>1.3 射频接收机的频率确定与 CMOS 的工艺选择</b> .....	6
<b>1.4 论文的主要任务及章节安排</b> .....	7
<b>第二章 无源元件的射频特性与 MOSFET 的物理基础</b> .....	9
<b>2.1 无源元件的射频特性</b> .....	9
2.1.1 频 .....	9
2.1.2 频 .....	10
2.1.3 频 .....	11
<b>2.2 MOSFET 的物理基础</b> .....	13
2.2.1 MOSFET 的 .....	13
2.2.2 MOSFET .....	14
2.2.3 MOSFET .....	17
2.2.4 MOSFET 的 .....	18
2.2.5 MOSFET 频 号 .....	20
<b>第三章 噪声理论与非线性失真</b> .....	23
<b>3.1 噪声模型</b> .....	23
3.1.1 .....	23
3.1.2 .....	25
3.1.3 $1/f$ .....	25
<b>3.2 经典的二端口网络噪声理论</b> .....	26
<b>3.3 非线性失真</b> .....	28
3.3.1 .....	28
3.3.2 的 .....	29
3.3.3 级 级 .....	33
<b>第四章 低噪声放大器</b> .....	34
<b>4.1 低噪声放大器的主要性能指标</b> .....	34
4.1.1 NF.....	34
4.1.2 G.....	35
4.1.3 .....	35

4.1.4	.....	36
<b>4.2 低噪声放大器的稳定性判定</b>	.....	37
4.2.1	.....	37
4.2.2	.....	40
4.2.3 大的	.....	41
<b>4.3 低噪声放大器的主要结构介绍</b>	.....	42
4.3.1	.....	42
4.3.2	.....	43
4.3.3 分	.....	47
<b>4.4 功耗约束的低噪声放大器的噪声优化技术</b>	.....	48
<b>4.5 2.4GHz 低噪声放大器的设计</b>	.....	51
4.5.1 指	.....	51
4.5.2 2.4GHz 大的 设计	.....	51
4.5.3 ADS 分	.....	57
4.5.4 2.4GHz 大 设计	.....	61
<b>第五章 混频器</b>	.....	63
<b>5.1 混频器的基本工作原理</b>	.....	63
<b>5.2 混频器的主要性能指标</b>	.....	64
5.2.1 频 的	.....	64
5.2.2 频	.....	65
5.2.3 频 的	.....	66
5.2.4 号的	.....	67
5.2.5 端	.....	68
<b>5.3 混频器的主要结构介绍</b>	.....	68
5.3.1 频	.....	68
5.3.2 频	.....	70
5.3.3 频	.....	73
<b>5.4 吉尔伯特混频器的设计</b>	.....	75
5.4.1 指	.....	75
5.4.2 频 的 设计	.....	76
5.4.3 ADS 分	.....	79
5.4.4 频 设计	.....	83
<b>第六章 结论</b>	.....	85
<b>6.1 工作总结</b>	.....	85
<b>6.2 论文的创新之处</b>	.....	86
<b>6.3 后续工作建议及展望</b>	.....	86
<b>参考文献</b>	.....	88
<b>攻读硕士学位期间发表的学术论文</b>	.....	91
<b>致谢</b>	.....	92



# Contents

1 Introduction.....	1
<b>1.1 History of Radio Frequency Electronic Technology</b> .....	1
<b>1.2 The Structure of Radio Frequency Front-end</b> .....	2
1.2.1 Super-heterodyne Receiver .....	2
1.2.2 Homodyne Receiver.....	3
1.2.3 Image-reject Receiver .....	4
1.2.4 Digital IF Receiver.....	5
<b>1.3 The Frequency of RF Receiver and The CMOS Process</b> .....	6
<b>1.4 Main Contents of This Thesis</b> .....	7
2 The RF Characteristics of Passive Elements and The MOSFET Device Physics.....	9
<b>2.1 The RF Characteristics of Passive Elements</b> .....	9
2.1.1 High Frequency Capacity .....	9
2.1.2 High Frequency Inductor .....	10
2.1.3 High Frequency Resistor.....	11
<b>2.2 Basic MOSFET Device Physics</b> .....	13
2.2.1 MOSFET Structure .....	13
2.2.2 MOSFET Long-Channel Model .....	14
2.2.3 MOSFET Short-Channel Model.....	17
2.2.4 MOSFET Active Device.....	18
2.2.5 High Frequency MOSFET Small-Signal Model.....	20
3 The Noise Theory and The Nonlinear Distortion.....	23
<b>3.1 Noise Model</b> .....	23
3.1.1 Thermal Noise.....	23
3.1.2 Shot Noise.....	25
3.1.3 Flicker Noise.....	25
<b>3.2 Two-Port Network Noise Models</b> .....	26
<b>3.3 Nonlinear Distortion</b> .....	28

3.3.1 Nolinear Characteristics.....	28
3.3.2 The Effect of Nonlinear Distortion.....	29
3.3.3 Multiple-stage cascaded Nonlinearity.....	33
<b>4 Low Noise Amplifier .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Several Parameters in LNA .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Noise Figure.....	34
4.1.2 Gain.....	35
4.1.3 Reverse Isolation.....	35
4.1.4 Linearity.....	36
<b>4.2 Stability of Low Noise Amplifier .....</b>	<b>37</b>
4.2.1 Stability Decision Circle.....	37
4.2.2 Absolute Stable Condition.....	40
4.2.3 Stabilization Methods .....	41
<b>4.3 Common Structures of LNA .....</b>	<b>42</b>
4.3.1 Common-Gate Structure.....	42
4.3.2 Cascode Structure .....	43
4.3.3 Superheterodyne Structure.....	47
<b>4.4 Noise Figure Optimization with Power Consumption Constraint .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5 A Novel 2.4GHz Low Noise Amplifier .....</b>	<b>51</b>
4.5.1 Requirments.....	51
4.5.2 Design of Low Noise Amplifier .....	51
4.5.3 ADS Simulation and Results analysis.....	57
4.5.4 Conclusions.....	61
<b>5 Mixer.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Basic Theory of Mixer .....</b>	<b>63</b>
<b>5.2 Several Parameters in Mixer .....</b>	<b>64</b>
5.2.1 Noise Figure.....	64
5.2.2 Gain.....	65
5.2.3 Linearity.....	66
5.2.4 Spurious Free Dynamic Range .....	67
5.2.5 Isolation.....	68
<b>5.3 Common Structures of Mixers.....</b>	<b>68</b>
5.3.1 Diode Double-Balanced Mixer.....	68

5.3.2 Single-Balanced Mixer .....	70
5.3.3 Gilbert Mixer .....	73
<b>5.4 A Novel Gilbert Mixer .....</b>	<b>75</b>
5.4.1 Requirements .....	75
5.4.2 Design of A Gilbert Mixer .....	76
5.4.3 ADS Simulation and Results Analysis .....	79
5.4.4 Conclusions .....	83
<b>6 Conclusions.....</b>	<b>85</b>
<b>6.1 Brief Summary .....</b>	<b>85</b>
<b>6.2 Highlight of This Thesis.....</b>	<b>86</b>
<b>6.3 Future Works and Plans.....</b>	<b>86</b>
<b>References.....</b>	<b>88</b>
<b>Paper Published During Postgraduate Time.....</b>	<b>91</b>
<b>Acknowledgement .....</b>	<b>92</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 第一章 绪论

前年的人的  
的射频的  
的

射频的的的  
射频前端的  
的大

## 1.1 射频电子技术发展简介

1849年学C M学会  
的文的设的  
的<sup>1</sup> 1887年学的  
的论的学

开研究

1901年学号大

射频<sup>2</sup>

1913年导S大的

导大1910年的

1912年的

的

1918年S人

的的

1910年开的的

MC的分的与的

的MC 80年开

与的MM C

前射频 :

文与 人 与  
接 位  
分 航  
端

## 1.2 射频前端接收机的基本结构

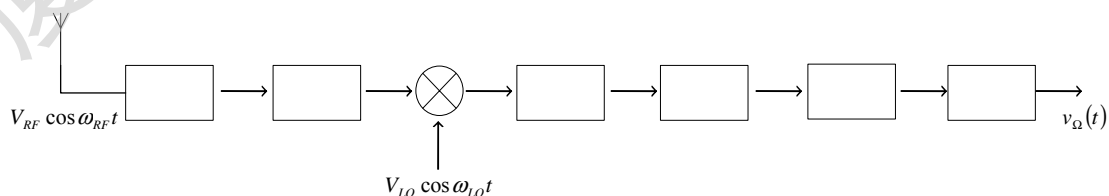
射频前端接收的  
的分射频前端射接收射的主  
号的射的主指频接收的主的  
射射的主指频接收的主的  
号号大的的频  
号号的接收接收的号  
的号大号的  
接收的主指  
前的接收接收 S  
频接收接收接收  
频接收 D

1 2 1

接收

接收

1 1 的分频<sup>2</sup>频  
号频频。频频的频



1 1 接收

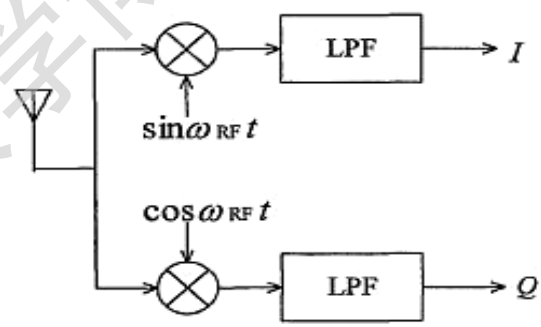
: : 射频 学 200 年 月

号  $\omega_{IF} = \omega_{RF} - \omega_{LO}$  频 射频 频  $\omega_{IF} = \omega_{LO} - \omega_{RF}$

频号频 频 的 频 的  
 的 频 频 的 频 的  
 的大 频 的大  
 的 频 D  
 接收的大 频 频  
 的 接收 开 频 分  
 的 接收 频 的  
 的接收  
 前 的 与 的 会 大  
 频 文 接收 射频接收前端的接收

### 1 2 2 频 接收

频接收 1 2 接 频接收 频  
 频  $\omega_{IF} = 0$  频 会 频



1 2 频 接收

频 频接收 : 接收 的射频 分  
 频 大 频 的  
 频 大 的 频  
 号 的 频  
 大 大 的<sup>2</sup>

与接收频接收的：  
 1 频的射频号频的的  
 频射频频大  
 2 接频频频的位  
 3 号号会接收  
 的  
 4 接收的频的大的  
 的 D 的  
 频接收射频频号接的  
 的频的接  
 号号分的号  
 会号号级  
 的接收的的接收  
 类接收的的  
 的指  
 频接收  
 1 2 3 接收  
 接收接收的频  
 分接收接收接收 1 3  
 2 接收频 C 号分  
 0 端号号的号 C  
 的大的  
 接收的与接收类  
 号的号的频  
 C 频的 C



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库