

学校编码: 10384  
学号: 19820061151812

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 0.18um CMOS RF 工艺的宽带限幅放大器设计

A Wideband Limiting Amplifier Design Basing on 0.18um  
CMOS RF Technology

王伟明

指导教师姓名: 郭东辉 教授

专 业 名 称: 无线电物理

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2009 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘 要

近年来，随着互联网应用的普及，人们对信息量的需求越来越大，光纤通信逐渐应用于宽带用户的接入端领域。限幅放大器作为光纤通信中光纤接收机的关键器件，其决定了接收机的灵敏度、带宽等重要参数，影响着整个光纤通信系统的性能。因此自主设计高性能的单片限幅放大器具有重要的意义。

本文基于 TSMC 0.18um CMOS RF 工艺，采用有源反馈、电容中和、Ft 倍频器等技术的混合结构设计出满足实际应用要求的高性能单片限幅放大器芯片。该混合结构可在不增加芯片额外功耗与版图面积下，有效地拓展芯片带宽。同时根据产品对低功耗的应用要求，芯片内部集成了信号丢失检测模块，其可根据使用环境关断开启输出缓冲单元，能够有效降低限幅放大器的静态功耗。另外考虑到芯片版图设计以及芯片制造过程中可能产生的失配，芯片集成了直流失调补偿模块，有效地补偿失配对芯片造成的不利影响。

经 Hspice 后仿真后结果表明，本文设计的限幅放大器的最小输入电压幅度小于 1mV，中频增益为 50.4dB，-3dB 带宽为 5.2GHz，在 1.8V 供电电压下静态功耗仅为 71mW，动态功耗为 91mW，能够满足光纤通信 4.25GBPS 速率标准下的应用要求，并向下兼容 2.125GBPS、1.0625GBPS 等速率。该芯片的整体版图面积仅为  $0.6 \times 0.4 \text{mm}^2$ （包括 ESD、PAD），很好地实现了高性能低成本的芯片研发要求。

**关键词：**限幅放大器；带宽拓展；CMOS 射频集成电路

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## Abstract

These years, as the popularization of the internet, people require more information so the optical fiber is used in broadband client access gradually. As it determines some important parameters of the receiver, such as sensitivity and bandwidth, the limiting amplifier which affects the entire performance of network is a key device in the optical fiber receiver of optical fiber communication. Therefore, it is significant to design a high-performance monolithic limiting amplifier.

In the thesis, a monolithic limiting amplifier chip with a mixed structure is designed based on the TSMC 0.18 $\mu\text{m}$  CMOS RF technology. The mixed structure is composed of active feedback, capacity neutralization and frequency multiplier. It can effectively expand the bandwidth without increasing extra power consumption and layout area. Meanwhile, a signal loss detection module is integrated into the chip for low-power applications. The module can close or open output buffer to effectively reduce the static power consumption. In addition, a DC offset cancellation module is also integrated regarding to the mismatch caused by chip layout design and manufacture. It can significantly compensate the adverse effects of mismatch.

The post-simulated results by Hspice indicate that the chip has a minimum 1mV input dynamic range, 50.4dB IF gain, and 5.2GHz -3dB bandwidth. It consumes only 71mW at static and 91mW at dynamic under 1.8V supply voltage. The proposed design can meet the application requirements of 4.25GBPS rate standard in optical fiber communication and downward compatibility other rate , such as 2.125GBPS, 1.0625GBPS rate. The die area of limiting amplifier including esd and pads is  $0.6\times 0.4\text{mm}^2$  , which properly realizes the requirements of research and development with high-performance and low-cost.

**Key Words:** Limiting Amplifier, Bandwidth Extension, CMOS RFIC

厦门大学博硕士学位论文摘要库



# 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 光纤通信、光接收机</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 光纤通信系统简介 .....	1
1.1.2 光接收机简介 .....	2
<b>1.2 主放大器研究的关键技术及其研究现状</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 本论文研究工作的重点和论文章节安排</b> .....	<b>6</b>
<b>第二章 限幅放大器关键技术原理</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 反比例级联</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 分布式放大器</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 利用零点增大带宽</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 电感峰值 .....	12
2.3.2 电容峰值 .....	15
<b>2.4 <math>f_T</math> 倍频器</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5 电容中和</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6 Cherry-Hooper 结构</b> .....	<b>18</b>
<b>2.8 有源反馈</b> .....	<b>20</b>
<b>2.9 技术对比与分析</b> .....	<b>21</b>
<b>2.10 本章小结</b> .....	<b>21</b>
<b>第三章 限幅放大器前端分析与设计</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 电路系统设计</b> .....	<b>23</b>
3.1.1 系统拓扑设计 .....	23
3.1.2 系统性能要求 .....	24
<b>3.2 单元电路设计</b> .....	<b>25</b>
3.2.1 偏置电路 .....	25

---

3.2.2 放大单元.....	26
3.2.3 输入缓冲与直流失调补偿.....	27
3.2.4 输出缓冲.....	29
3.2.5 信号检测比较.....	30
3.2.6 静电泄放.....	31
<b>3.3 本章小结 .....</b>	<b>31</b>
<b>第四章 电路前端实现与仿真分析 .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 单元实现与仿真分析 .....</b>	<b>33</b>
4.1.1 偏置电路.....	33
4.1.2 放大单元.....	34
4.1.3 输入缓冲与直流失调补偿.....	35
4.1.4 输出缓冲.....	36
4.1.5 信号检测比较.....	38
<b>4.2 整体仿真 .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 本章小结 .....</b>	<b>42</b>
<b>第五章 版图设计与后端验证 .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 设计流程 .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 一般原则与设计要点 .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3 芯片版图设计 .....</b>	<b>49</b>
5.3.1 PDK 的介绍.....	49
5.3.2 半定制设计.....	49
<b>5.4 版图物理验证 .....</b>	<b>51</b>
5.4.1 设计规则检查 (DRC) .....	51
5.4.2 版图网表一致性检查 (LVS) .....	52
<b>5.5 后仿真分析与验证 .....</b>	<b>52</b>
<b>5.6 本章小结 .....</b>	<b>56</b>
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>58</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>59</b>

---

本人硕士期间发表的文章 .....	66
致谢.....	67

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# Contents

<b>Chapter 1 Exortion .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Optical communication system and optical receiver .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Optical communication system.....	1
1.1.2 Optical receiver .....	2
<b>1.2 Key problem and their research and development .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Synopsis of out works and arrangement of this thesis.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2 The critical technique principle of limiting amplifier .8</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Inverse scaling .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Distributed amplifier .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Use zero to improve bandwidth .....</b>	<b>12</b>
2.3.1 Shunt peaking.....	12
2.3.2 Capacitive peaking.....	15
<b>2.4 Frequency multiplier .....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 Capacity neutralization .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 Cherry-Hooper .....</b>	<b>18</b>
<b>2.8 Active feedback.....</b>	<b>20</b>
<b>2.9 Compare and analysis.....</b>	<b>21</b>
<b>2.10 Section conclusion .....</b>	<b>21</b>
<b>Chapter 3 Analog front-end analysis and design .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 System design .....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Topology design.....	23
3.1.2 The performance requirement of system .....	24
<b>3.2 Block design.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Bias circuit .....	25

---

3.2.3	Input buffer and DC-offset.....	27
3.2.4	Output buffer.....	29
3.2.5	Signal detect and compare.....	30
3.2.6	ESD.....	31
<b>3.3</b>	<b>Section conclusion.....</b>	<b>31</b>
<b>Chapter 4</b>	<b>The realize and analysis of analog front-end.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Block realize and simulation analysis.....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Bias circuit.....	33
4.1.2	Gain stage circuit.....	34
4.1.3	Input buffer and DC-offset.....	35
4.1.4	Output buffer.....	36
4.1.5	Signal detect and compare.....	38
<b>4.2</b>	<b>The simulation of analog front-end circuit.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b>Section conclusion.....</b>	<b>42</b>
<b>Chapter 5</b>	<b>Layout design and post validate.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Layout design flow.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>The principle and feature of layout design.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Layout design.....</b>	<b>49</b>
5.3.1	PDK introduction.....	49
5.3.2	Semi-custom design approach.....	49
<b>5.4</b>	<b>Layout check and validate.....</b>	<b>51</b>
5.4.1	Design rules check.....	51
5.4.2	Layout vs. Schematics.....	52
<b>5.5</b>	<b>Post simulation analysis and validate.....</b>	<b>52</b>
<b>5.6</b>	<b>Section conclusion.....</b>	<b>56</b>
<b>Chapter 6</b>	<b>Conclusion and prospect.....</b>	<b>58</b>
<b>References</b>	<b>.....</b>	<b>59</b>

---

**Published Paper ..... 66**

**Acknowledgement..... 67**

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库



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.

厦门大学博硕士论文摘要库