

用于 SDH STM-64 光接收机的 GaAs HBT 限幅放大器

刘欢艳,王 蓉,冯 军,王志功,熊明珍

(东南大学射频与光电集成电路研究所,东南大学-华邦电子联合研究中心,江苏南京 210096)

摘 要: 采用 $2\mu\text{m}$ GaAs HBT 工艺实现了 10Gb/s 的限幅放大器. 整个系统包括一级输入缓冲、三级放大、一级用于驱动 50 Ω 传输线的输出缓冲和失调电压补偿回路四个部分. 采用双电源供电,正电源为 3.3V ,负电源为 -2V ,功耗为 500mW . 在输出电压幅度保持恒定(单端峰峰值 300mV)的条件下,输入动态范围约为 38dB . 芯片面积为 $1.15 \times 0.7\text{mm}^2$.

关键词: 光接收机; 限幅放大器; GaAs HBT 工艺

中图分类号: TN929 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 05-0711-03

GaAs HBT Limiting Amplifier for SDH-64 Optical Receiver

LIU Huan-yan, WANG Rong, FENG Jun, WANG Zhi-gong, XIONG Ming-zhen

(Institute of RF & OE-ICs of Southeast University, Sear-Winbond Joint Research Center Nanjing, Jiangsu 210096, China)

Abstract: A 10Gbit/s limiting amplifier is realized in a $2\mu\text{m}$ GaAs HBT technology. The Whole circuit consists of an input buffer, three similar amplifier cells, an output buffer for driving $50\ \Omega$ transmission lines and a pair of feedback networks for offset cancellation. At a positive supply voltage of 3.3V and a negative supply voltage of -2V , the power dissipation is 500mW . The input dynamic range is about 38dB with a constant output voltage swing (300mVp-p). The chip area is $1.15 \times 0.7\text{mm}^2$.

Key words: optical receiver; limiting amplifier; GaAs HBT

1 引言

近年来,随着电信网、计算机网和 Internet 网络的迅猛发展,多媒体通信的广泛应用,信息高速公路的大规模建设,对高速度的通信系统的需求越来越高. 为了满足这一需求,同步光纤网/同步数字序列(SONET/SDH)应运而生并不断发展. 目前, 2.5Gb/s 速率的高速干线系统已经投入使用并将持续发展, 10Gb/s 的超高速干线系统也将得到推广. 所以开发具有自主知识产权、用于光纤传输的高速集成电路对我国信息高速公路的建设具有重大意义. 本文介绍应用于光纤传输系统 SDH STM-64 级别 (9953.28Mb/s) 光接收机限幅放大器的设计与实现.

首先介绍光接收机的基本组成,然后重点介绍光接收机中的限幅放大器电路的设计、工艺实现及测试结果.

2 光接收机系统分析

一个完整的光接收机,如图 1 所示,包括一个光检测器、前置放大器、具有均衡和滤波功能的主放大器、时钟恢复电路、数据判决电路和分接电路^[1].

光检测器将经光纤传输衰减和畸变后的微弱光脉冲信号通过光电转换变为电流脉冲信号,前置放大器将来自光检测器的微弱电流转换为电压输出,主放大器将前置放大器输出

的电压小信号放大至一个足够大且恒定的幅度,以便于驱动后续的时钟恢复和数据判决电路. 时钟恢复和数据判决电路用来实现时钟和数据的再生. 最后高速数据流由分接器分接为低速数据流.

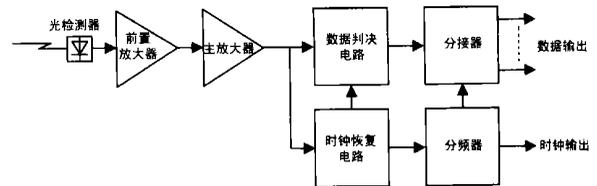


图 1 光接收机的系统框图(其中阴影部分为主放大器)

3 限幅放大器的分析与设计

在用于光纤传输系统的几个功能电路中,光接收机的主放大器是关键电路之一. 它的任务是将来自低噪声前置放大器的输出信号放大至一定幅度,以满足后续数据判决和时钟恢复电路输入电平的需要. 除了高速度和高增益的要求外,此放大器的另一个重要性能指标是在较大的动态输入范围内,保持输出电平幅度的恒定. 限幅放大器作为主放大器的一种实现形式,具有设计简单、功耗低、芯片面积小和外接元件少的优点^[2,3].

我们实现的限幅放大器系统框图如图 2 所示.

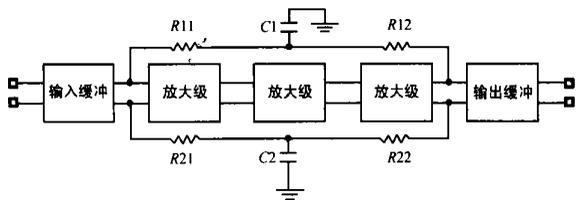


图2 限幅放大器的系统框图

整个系统包括一级输入缓冲、三级放大、一级用于驱动 50 传输线的输出缓冲和失调电压补偿回路四个部分。采用全差分、全对称的电路结构,级与级之间直接耦合。限幅放大器的工作原理是:当放大器的输入信号幅度超过一定的电平时,放大器进入非线性工作区域,输出信号幅度达到限幅状态。

在系统应用时,为消除信号反射而造成的功率损耗,各集成电路之间的信号通道应以 50 的传输线相互连接。输入缓冲一方面用来实现与输入端的 50 传输线的匹配,以减小入射波的反射,增加传输效率;另一方面用来给内部放大电路提供合适的直流工作电平。输入缓冲采用射级跟随器实现。

输出缓冲用来提供 PCML 电平(3V ~ 3.3V)输出,并与输出端的 50 传输线相匹配。输出缓冲由一射极耦合的差分对构成。

限幅放大器放大单元的增益必须足够大,这样在输入信号较小时,最后一级放大单元仍能达到限幅状态,从而提高限幅放大器的动态范围。为使放大器在所需的速率上正常工作,放大器应当有足够的带宽。如图3所示,我们采用差分的电路形式来实现限幅放大器的基本放大单元,使器件对温度和电源电压的变化不敏感,并且在宽频带和高增益的情况下,采用差分的电路形式可以较好地抑制干扰。为了满足宽带特性,并且减小电路噪声,我们利用电阻作负载。Q1、Q2 为主放大管,RC1、RC2 为负载电阻,Rref、Q5 和 Q6 组成基本镜像电流源为 Q1-2 提供电流。Q3-4 与 RE3-4 组成一对源极跟随器以实现电平转移和阻抗变换。

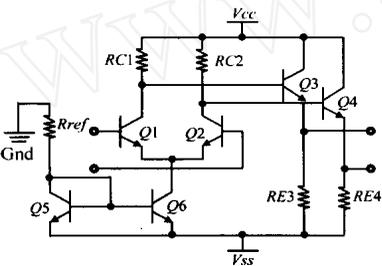


图3 限幅放大器的基本放大单元

由于限幅放大器各级之间采用直接耦合方式,且有很高的增益,前级放大单元的器件不匹配等因素产生的 DC 失调电压经过放大后,会导致后级放大单元直流工作点大幅度的偏移,甚至可能将最后一级的输出电压驱动到一个幅度极限,使整个电路失去限幅放大的作用。图2 中的电阻 R11、R12、R21、R22 和电容 C1、C2 构成了失调电压补偿回路,用以减小器件不匹配对工作点和放大器增益的影响。

4 工艺选择

目前 2.5 ~ 10Gb/s 速率的光纤通信系统主要以 - 簇

化合物电路为主,工艺包括 GaAs 基和 InP 基的 MESFET, HEMT 和 HBT 等。其中异质结双极性晶体管 HBT 是实现高速电路的最具吸引力的器件之一。簇化合物具有高饱和速率和高电子迁移率,因而载流子渡越时间短。HBT 发射结的宽带隙使器件性能在各方面得到了改善。与双极性硅晶体管相比,更高的基区掺杂浓度(可达 10^{20} cm^{-3})使 HBT 具有非常低的基极电阻;异质结更高的注入效率使得发射区掺杂浓度可进一步降低,从而减小发射结电容;基区重掺杂导致的发射结屏蔽使输出电导更低^[4]。鉴于 HBT 具有基极电阻小、发射结电容小、注入效率高、跨导高及驱动能力强等优点,我们选用 2μm GaAs HBT 工艺来实现 10Gb/s 光接收机限幅放大器,其晶体管的截止频率 f_T 小于 40GHz。

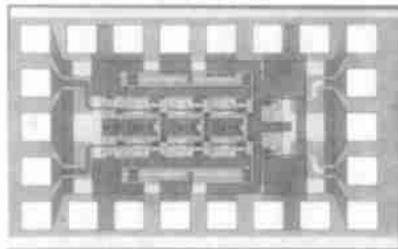


图4 限幅放大器的芯片照片

芯片在台湾完成制作,芯片照片如图4所示,芯片面积为 $1.15 \times 0.7 \text{ mm}^2$ 。

芯片在台湾完成制作,芯片照片如图4所示,芯片面积为 $1.15 \times 0.7 \text{ mm}^2$ 。

5 测试结果

该芯片测试系统如图5所示。

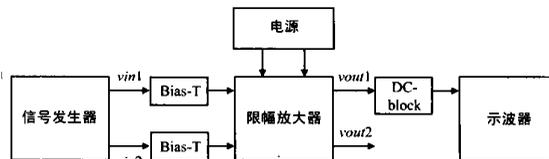


图5 限幅放大器的测试系统框图

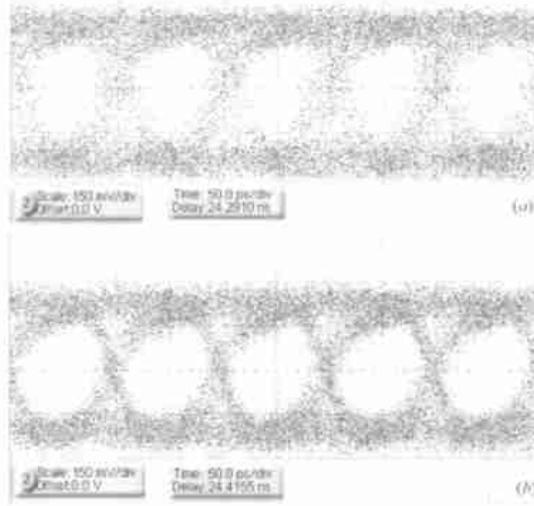


图6 10Gb/s 时的单端输出眼图 (a) 输入:12.5mVp-p 输出:150mV/div; (b) 输入:1Vp-p 输出:150mV/div 按照设计方案,采用双电源供电,正电源为 3.3V,负电源

为-2V,直流电流约为 95mA,直流功耗约为 500mW.

我们给限幅放大器输入端加不同比特率、不同幅度的伪随机序列,观察其单端输出的眼图,从而得到其动态范围.图 6 给出输入信号比特率为 10Gb/s、幅度分别为 12.5mV_{p-p} 和 1V_{p-p} 时的单端输出眼图,单端输出电压的幅度为 300mV_{p-p}.

图 7 给出输入信号比特率为 12Gb/s、幅度分别为 12.5mV_{p-p} 和 1V_{p-p} 时的单端输出眼图,单端输出电压的幅度为 300mV_{p-p}.

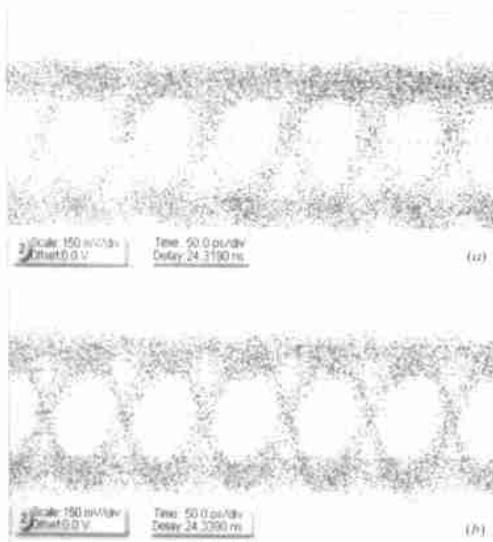


图 7 12Gb/s 时的单端输出眼图 (a) 输入:12.5mV_{p-p} 输出:150mV/div; (b) 输入:1V_{p-p} 输出:150mV/div

由以上的测试结果可以看出,该限幅放大器的工作速率可达到 12Gb/s,输入动态范围约为 38dB.

6 结论

利用 2 μ m GaAs HBT 工艺,采用 +3.3V 和-2V 电源供电,设计并实现了可用于光纤传输系统 SDH STM-64 级别的限幅放大器.该限幅放大器的输入动态范围约为 38dB,工作速率可达到 12Gb/s,双端输出电压的幅度为 600mV_{p-p},功耗约为 500mW.

参考文献:

- [1] 王志功. 1-40Gb/s 光纤传输系统超高速集成电路设计 [A]. 2001 全国光电子器件与集成技术会议论文集 [C]. 中国, 2001. 29 - 48.
- [2] Rui Tao, Zhi-Gong Wang, Ting-Ting Xie, Hai-Tao Chen, Yi Dong, Shi-Zhong Xie. A CMOS limiting amplifier for SDH STM-16 optical receiver [J]. Electronics Letters, 2001, 37: 236 - 237.
- [3] 陶蕤, 王志功, 等. SDH 系统 STM-16 速率级 CMOS 限幅放大器 [J]. 光电子、激光, 2000, 11 (2): 120 - 122.
- [4] K D Pedrotti et al. High-bandwidth OEIC receivers using heterojunction bipolar transistors: design and Demonstration [J]. Journal of Lightwave Technology, 1992, 11 (10): 1601 - 1604.
- [5] Junko Akagi et al. AlGaAs/ GaAs HBT receiver ICs for a 10Gbps optical communication system [A]. GaAs IC Symposium [C]. 1990, 45 - 48.
- [6] Bongsin Kwark, Moon Soo Park. AlGaAs/ GaAs HBT limiting amplifier for 10Gb/s optical transmission system [A]. 1997 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium [C]. 1997, 55 - 58

作者简介:



刘欢艳 女, 1981 年 9 月出生于江西省临川市, 2000 年毕业于东南大学无线电工程系, 获工学学士学位, 同年进入东南大学无线电工程系电路与系统专业攻读硕士学位, 现在东南大学射频与光电集成电路研究所从事超高速光纤通信系统集成电路的研究与设计.



王蓉 女, 1976 年 1 月出生于江苏省南京市, 1998 年毕业于东南大学无线电工程系, 获工学学士学位, 2001 年毕业于东南大学无线电工程系电路与系统专业, 获工学硕士学位, 现在东南大学射频与光电集成电路研究所从事射频与超高速光纤通信集成电路的研究工作.