

文章编号:1671-637X(2007)03-0158-04

1. 25G 光纤收发器 SFP 设计与仿真

漆 燕^{1,2}, 王桂琼³

(1. 江汉大学, 武汉 430056; 2. 华中科技大学, 武汉 430070; 3. 武汉理工大学, 武汉 430070)

摘 要: 对千兆 SFP 光纤收发器中控制电路参数设计及利用 Cadence 软件进行仿真展开了一定的探讨, 提出千兆 SFP 光纤收发器中控制电路设计方案, 分析了光发射模块和接收模块的性能, 主要研究了在 Cadence 互连设计软件平台中, 利用高速电路设计和信号完整性的理论, 采用仿真分析的方法, 对千兆 SFP 光收发模块进行板级分析设计, 并对接收部分 MAX3748 芯片的 SPICE 模型的 I/O 口、MAX3744 与 MAX3748 接口、SFP 光收发模块布线进行了仿真分析, 从而使电路性能达到最优化。

关 键 词: 1.25G 光纤收发器; SFP; APC 控制电路; SPICE

中图分类号: V271.4

文献标识码: A

Design and simulation of SFP for 1.25G optic - fiber transceiver

QI Yan^{1,2}, WANG Gui-qiong³

(1. Jiangnan University, Wuhan 430056, China; 2. Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430070, China; 3. Wuhan University of Science & Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: We discussed the latest development of Small Form - Factor Pluggable Optical Transceiver (SFP) technologies and applications. We studied the parameter design of control circuit for SFP, and carried out simulation by use of Cadence software. One design scheme of control circuit for kilomega SFP was presented, and performance of light emission and receiving modules was analyzed. IBIS model and SPICE model were introduced for simulating performance of system.

Key words: 1.25G optic - fiber transceiver; SFP; APC control circuit; SPICE

0 引言

本文就千兆小型封装可热插拔式光纤收发模块 (Small Form - Factor Pluggable Optical Transceiver, 简称 SFP) 中控制电路参数设计及利用 Cadence 软件进行仿真展开了一定的探讨, 主要研究了在 Cadence 互连设计软件平台中, 利用高速电路设计和信号完整性的理论, 采用仿真分析的方法, 对千兆 SFP 光收发模块进行板级分析设计, 并对接收部分 MAX3748 芯片的 SPICE 模型的 I/O 口、MAX3744 与 MAX3748 接口、SFP 光收发模块布线进行了仿真分析, 从而使电路性能达到最优化。

SFP 具有小型化、可热插拔和自诊断功能, 是通

信用光电器件发展的必然趋势。要在很小的面积上集成光监测器、光放大器、激光器、驱动器及各种告警、监测控制信号电路, 而且数据速率 1.25 GHz, 这就需要考虑信号完整性问题、电磁干扰等问题。

1 SFP 光收发模块的工作原理

SFP 光收发器由接收模块和发射模块两部分组成。接收模块由光监测器、前置预放 (MAX3744) 和限幅放大器 (MAX3748) 组成。从光纤传输过来的信号经光监测器的检测转换成微弱的电信号, 经过前置预放的放大后送到主放芯片进行放大后传送到主机板。其中, 由于光监测器检测到的信号极其微弱, 因此把光监测器和前放芯片封装在一起, 以便于信号的放大。

发射部分由激光器和激光器驱动芯片 (MAX3735) 组成, 从主机板上送过来的信号经过激光驱动器的调制后, 经过激光器的电光转换从而转变为光信

收稿日期: 2005-10-10

修回日期: 2006-08-28

作者简介: 漆 燕 (1976-), 女, 湖北武汉人, 博士生, 讲师, 主要研究方向为光通信及网络。

号进行传输。控制芯片(DS1859)主要有两个方面的作用:1)实现自诊断功能;2)产生各种控制信号,比如激光驱动器的调制电流和偏置电流的检测,激光器的老化监测,信号电平监测等。

1.1 发送机部分参数设计

MAX3735 激光器驱动芯片包括 3 个部分:高速调制驱动部分、带 APC 环路的激光器偏置功能块和安全监测电路。输出部分由高速差分线和调制电流源构成。MAX3735 芯片已经最优化,驱动 $15\ \Omega$ 的负载,OUT+处所需的最小瞬时电压是 0.6 V。设计中采用的是交流耦合方式,调制电流最大可达 85 mA,并提供 1~100 mA 的偏置电流。要获得恒定的平均光功率,MAX3735 内部的 APC 环路用于补偿激光器阈值电流由于温度变化和使用寿命造成的变化。背光装置用于将光功率转换为光电流。

1.2 接收模块主要电路分析设计和各部分功能

接收部分电路主要由光监测器、MAX3744 和 MAX3748 组成,光监测器的信号在经过 MAX3744 进行预放后转换为差分信号进行传输,信号经过 MAX3748 限幅放大后以差分形式送出到主机板。MAX3744 的输出差分阻抗为 $100\ \Omega$,而 MAX3748 的单端输入阻抗和输出阻抗均为 $50\ \Omega$ 。由于传输的是高速差分信号,保持其源端和负载端的阻抗匹配是非常重要的,因此也必须采用可控阻抗传输线进行阻抗的匹配,从而保证信号的完整性。

表 1 SFP 光收发模块的技术指标

序号	技术性能	技术指标
1	工作波长	1 310 nm
2	谱宽	1.8 nm
3	输出光功率	-10 ~ 0 dBm
4	消光比	> 8.5 dBm
5	灵敏度	< -20 dBm
6	饱和度	> -3 dBm
7	眼图	符合 Bellcore TR - NWT - 000253、ITU recommendation G957、ITU recommendation G958 等相关标准指标
8	光电接口	符合 SFP - MSA 协议

2 布局的确定及仿真分析

对于 SFP 光收发模块电路的布局,必须考虑以下几个因素:

1) 激光器、光监测器及接插件的位置预先固定的,其位置由 SFP - MSA 协议规定。

2) 光信号经过光检测器转换为电信号后,首先经过前置预放芯片 MAX3744 的放大,再送入主放芯片 MAX3748 进行进一步的放大。但由于从 MAX3744 输出的信号幅度很小,因此为了最大程度地减小干扰,必

须使前放芯片和主放芯片尽可能地接近,这样才能保证信号的准确接收。

3) 在发射部分,为了减小噪声干扰,应使激光器和驱动器尽可能地靠近,从而最大程度地减少耦合因素。

设置工作频率为 1.25 G,激励源为脉冲源,并设置传输线的差分阻抗为 $100\ \Omega$,运行仿真,差分输入和输出的仿真波形如图 1 所示(见封 3)。从仿真波形可以看出,波形没有出现过冲或振铃等信号完整性问题。因此,该布局是比较合理的。

3 MAX3748 芯片的 SPICE 模型的 I/O 口仿真分析

SPICE 的 I/O 口的宏模型可以用来做 SI 分析或者通过对其进行仿真来获取 IBIS 模型数据。这里通过对 MAX3748 的 SPICE 的 I/O 宏模型的仿真来验证其是否满足 1.25 GHz 的光收发模块的性能要求。

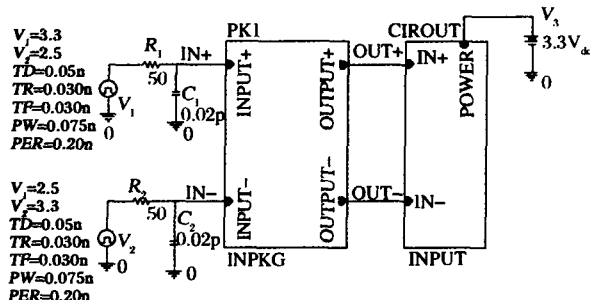


图 2 MAX3748 差分输入端的电路模型

MAX3748 的差分输入口的模型由 INPKG 封装电路和 INPUT 缓冲输入电路两部分组成。其中,在差分输入端,通过外部的两个脉冲源来模拟激励信号,并分别串联两个 $50\ \Omega$ 的电阻和并联两个 $0.02\ \text{pF}$ 的电容。

根据原理图,可以做出该 I/O 口的仿真波形,如图 3 所示(见封 3)。 V_2, V_3 是在输入端加的脉冲源。由于这里的 SFP 光收发模块数据传输速率为 1.25 GHz,根据 MAX3748 的芯片资料可知,其上升/下降沿时间为 86 ps,因此可以确定相应的脉冲源参数。 V_8, V_9 为对应的输入响应波形。

通过仿真波形和器件资料提供的参数进行比较,发现两者的数据结果基本吻合,因此,仿真波形较好地体现了器件的特性。

同理,根据上述方法,作出 MAX3748 差分输出端的仿真波形,如图 4 所示(见封 3)。其波形也较好地反映了器件的响应特性。上述介绍了激光器和 MAX3748 限幅放大器的模型及仿真分析,对于本项

目使用到的光监测器及 MAX3744、MAX3735 等在此不一赘述。

4 SFP 光收发模块布线的仿真分析

在布局初步确定后,就要进行布线的仿真分析。通常要进行布线前的仿真分析和布线后的仿真分析。布线前的仿真分析主要是为了确定关键信号的走线的长度,阻抗匹配情况等,尽可能地确保信号完整性。在 SFP 光收发模块中,接收部分和发射部分的差分线是最关键的信号,必须对其进行仿真分析,以确保信号质量和时序满足设计的要求。

由于接收部分和发射部分都是采用差分结构,单端阻抗均要求是 $50\ \Omega$ 进行匹配。两对差分线的要求相同,为了避免重复,本文以接收部分的差分线的仿真分析为例来进行介绍。在进行信号完整性的分析时,主要考虑了信号的反射、串扰、同步开关噪声、时序抖动及电源完整性对信号质量和时序要求的影响,因此主要对上述几个方面进行了仿真分析。

由于数据速率很高,而差分走线的长度很长,因此必须采用微带传输线进行阻抗匹配来减小在源端和终端的反射,从而确保信号的质量。根据 MAX3748 的芯片资料可知,其差分线的单端输出阻抗为 $50\ \Omega$,而根据 SFP - MSA 协议,主机板上的接口部分即 RD + / - 端口的差分阻抗为 $100\ \Omega$ 。根据差分线的理论,在没有耦合的情况下,两根平行的微带线传输线的差分阻抗等于单端阻抗的 2 倍,因此,必须采用特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的传输线来进行匹配。运行仿真,波形如图 5 所示(见封 3)。

信号质量达不到要求,主要有上升沿及下降沿存在非线性、波形存在一定的过冲和下冲;边沿速率变慢等问题,是由于两个方面的因素引起的。

1) 由于 SFP 光收发模块主要采用差分线进行信号的传输,根据 SFP - MSA 协议,主机板上的差分阻抗为 $100\ \Omega$ 。而且,MAX3748 的差分输出端的阻抗为 $100\ \Omega$,在前仿真中,系统提取拓扑结构时,采用默认的阻抗为 $60\ \Omega$ 的微带线。因此造成了阻抗不匹配。

2) 由于在 J1 后面加载了系统自带的差分输入端,当其处于高阻态时,相当于终端开路的情况,因此存在较大的反射。

为了确保信号的质量,必须进行阻抗匹配。这里设置差分传输线的阻抗为 $100\ \Omega$,根据差分微带线的理论,采用 Polar 公司的传输线计算软件可以计算出差分线的线宽为 15 mil,线间距为 10 mil,相应的单端阻抗约为 $62.5\ \Omega$ 。由于差分线之间存在一定

的耦合,将前面仿真的拓扑结构中的无损微带线换成实际的有损及耦合微带线来进行仿真分析。同时,在拓扑结构中加入 $50\ \Omega$ 的终端电阻接到 3.3 V 电源。

把激励源的脉冲源改为伪随机码,观看其眼图波形如图 7 所示(见封 3)。从仿真波形及眼图可以看出,信号具有比较好的信号完整性。信号的过冲幅度约为 54 mV,上升沿和下降沿约为 100 ps 左右,差分输出信号的摆幅达到 850 mV 左右,满足信号输出的要求。

对上面两种情况进行分析可知,由于差分信号线的电压幅度较小,因此对外界的干扰也相应较小;如果外界电平的幅值较大,就会对差分信号线产生比较大的干扰。因此,PCB 制版的时候,可以在其外围用两根地线进行屏蔽,从而尽可能地避免差分信号的传输受到影响。

5 结束语

在实际设计调试过程中,收发器发射机光功率参数的设计还要综合考虑调制和波长调谐、噪声特性等各方面的因素,才能设计出具有理想传输特性的光收发机。

参考文献:

- [1] 张明德,孙小函. 光纤通信原理与系统[M]. 南京:东南大学出版社,2001.
- [2] 杨祥林,张明德. 光纤传输系统[M]. 南京:东南大学出版社,1991.
- [3] 吴彝尊,蒋佩璇. 光纤通信基础[M]. 北京:人民邮电出版社,1987.
- [4] 赵梓森. 光纤通信工程[M]. 北京:人民邮电出版社,1995.
- [5] BERT B E E. Optical fiber transmission[M]. Indianapolis:Howard W. Sams & co.,1987.
- [6] KISER G. Optical fiber communication[M]. Englewood Cliffs:Prentice - hall International, inc.,1990.
- [7] MAXIM. 2. 7Gbps SFP transimpedance amplifiers with RS-SI[EB/OL]. [2005 - 12 - 14]. <http://www.21ic.com>.
- [8] MAXIM. Compact 155Mbps to 3. 2Gbps limiting amplifier[EB/OL]. [2004 - 06 - 02]. <http://www.21ic.com>.
- [9] MAXIM, High - frequency/fiber communications group. MAX3735 A laser driver output configurations, part 1:DC - coupled optimization techniques[EB/OL]. [2004 - 08 - 24]. <http://www.21ic.com>.
- [10] MAXIM. 2. 7Gbps, Low - power SFP laser drivers[EB/OL]. [2004 - 08 - 24]. <http://www.21ic.com>.

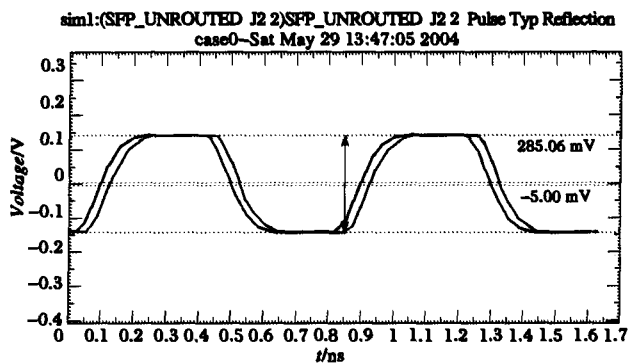


图1 MAX3744与MAX3748接口的仿真波形

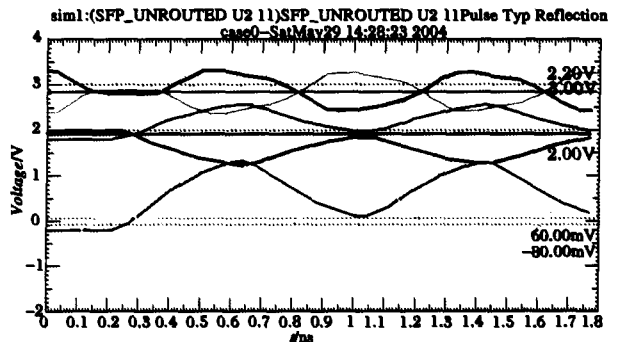


图5 仿真结果

