

电路补偿改善光电模块眼图的研究

刘 希 薛 原 徐红春

(光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 武汉电信器件有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要 为了消除光模块在通信时的噪声、抖动等不利影响, 提高光通信质量, 提出了一种电路补偿改善方法。该方法通过建立激光器模型, 分析了光模块中激光器寄生参数的来源及影响, 探讨了补偿原理和具体电路设计方法, 并通过实验对该理论进行了验证, 总结出补偿电路的一般设计步骤。

关键词 光纤通信; 眼图; 寄生参数; 补偿电路

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP48.090601

Study of Optimizing Eye Diagram of Optical Transmitter Based on Compensation Circuit

Liu Xi Xue Yuan Xu Hongchun

(State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan, Hubei 430074, China
Wuhan Telecommunication Devices Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract In order to eliminate the noise and jitter of optical module in optical communication and improve communication quality, we propose a method to optimize the circuit compensation. The source and influence of laser parasitic character by establishing a laser diode module are analyzed, and the compensation theory and compensation method, which have been proved in the experiment are discussed. Finally the step of compensation circuit design is introduced.

Key words optical fiber communication; eye diagram; parasitic character; compensation circuit

OCIS codes 060.2300; 060.3510; 140.2020; 230.2090

1 引言

眼图质量是衡量光收发模块性能的重要指标。在满足相关应用的眼图模板要求之外, 模块的发射眼图最好具有更高的余量、更低的噪声和抖动。为此, 光收发模块设计不应忽略发射光组件(TOSA)或单纤双向光组件(BOSA)的寄生参数所造成的负面影响, 必须设计相应的补偿电路以提高眼图质量。

本文针对激光器组件寄生参数的来源及影响进行了简要分析, 重点讨论补偿方法, 并提出了补偿电路设计的一般思路, 对光电模块的设计和完善具有较高的参考价值。

2 光电模块的寄生参数

光电模块的信号完整性要求电路具有良好的阶跃响应。这意味着快速的上升时间、最小的过冲、幅度变化持续时间短等, 而 TOSA 的封装阻抗将会影响所加信号的阶跃响应。TOSA 的金丝搭线和 PCB 边沿接触将导致寄生电容和寄生电感的产生。如图 1 所示就是一个考虑了寄生参数的 TOSA 等效模型, 寄生串联电感 L 和寄生并联电容 C 是影响信号完整性的主要因素。

过冲失真和欠冲失真是同时考虑了低频和高频响应的双重效果。高频响应将影响眼图的上升时间, 过冲及振铃等, 而低频响应则会引起衰减和漂移^[1]。考虑低频响应时, 电感可以看作短路, 电容可以看作开路, 这样图 1 所

收稿日期: 2011-03-01; 收到修改稿日期: 2011-03-16; 网络出版日期: 2011-07-07

作者简介: 刘 希(1984—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事光收发模块方面的研究。E-mail: liuxi@wtd.com.cn

示的寄生参数就没有了。其他如温度变化对激光器的影响也需要考虑,本文则主要讨论电信号方面的响应。

3 补偿电路设计

3.1 过冲补偿

PCB 边沿激光器的引线电感高频下会引起振荡,而在激光驱动器的接口电路中加入 RC 补偿电路(图 2)可以补偿 LD 封装内部的引线寄生电感,降低其引起的过冲和振铃现象^[2],此时的补偿等效电路^[3]如图 3 所示。

图 3 中 R_L 为激光器电路的等效负载,对于驱动芯片端一般在 $25\ \Omega$ ^[4] 负载时匹配最好。激光器内阻约为 $5\ \Omega$,图 2 中的 R_D 约为 $20\ \Omega$ 。通过选择适当的电阻 R_F (一般小于 $100\ \Omega$) 来降低支路阻抗,可以限制过冲到可以接受的水平。理论上讲电容 C_F 要尽量小(通常小于 $10\ \text{pF}$),这样在最初的过冲之后 R_F 的影响可以被忽略。

列举一个典型的 $25\ \Omega$ 负载,50% 幅度,50 ps 持续时间的过冲为例,说明补偿电路设计思路。在高频情况下,减小 R_F 或增大 C_F 将减小 $R_F C_F$ 支路的阻抗,信号中流入 $R_F C_F$ 支路的高频分量增加^[5],减小了眼图过冲。补偿时间的计算方法为:选择 $R_F = 50\ \Omega$,电容 $C_F = 1\ \text{pF}$,可得到时间常数 $\tau = R_F \times C_F = 50\ \text{ps}$,与过冲持续时间一致,达到补偿效果。

这种 RC 补偿电路的负面影响也是明显的,它将减缓上升沿的爬升速度,这主要是因为信号中的高频成分被补偿电路衰减了。所以为了保持快速的上升时间,有时需要适当容忍一定的过冲。

3.2 欠冲补偿

图 3 所示的 RC 补偿网络同样可以用来解决光信号眼图的欠冲问题。对于欠冲的补偿,可以通过适当增加高频分量平衡信号来达到目的。其操作步骤和过冲补偿相反,在高频情况下,增大电阻 R_F 或减小 C_F 将增大 $R_F C_F$ 支路的阻抗,信号中流入 $R_F C_F$ 支路的高频分量减少,补偿了眼图欠冲。

采用如图 4 所示 RL 补偿网络,也能起到解决眼图欠冲的作用,其操作原理和 RC 补偿类似。这种 RL 补偿网络从降低阶跃信号的低频分量着手,补偿了眼图的欠冲。

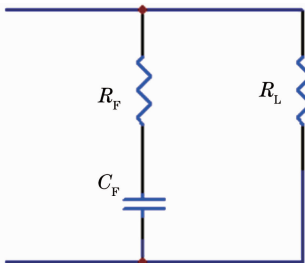


图 3 RC 等效补偿电路

Fig. 3 RC equivalent compensation circuit

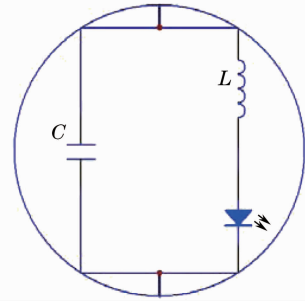


图 1 TOSA 等效模型

Fig. 1 TOSA equivalent model

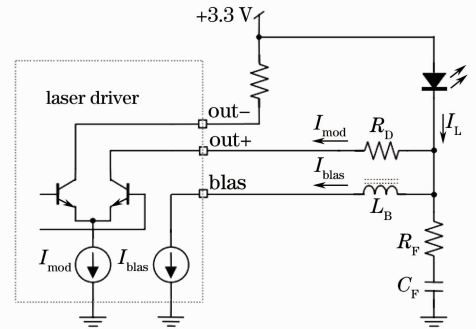


图 2 驱动电路的 RC 补偿

Fig. 2 RC compensation in driving circuit

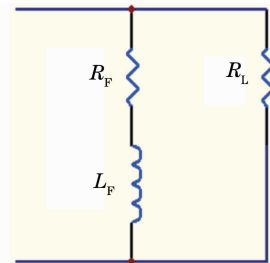


图 4 RL 等效补偿电路

Fig. 4 RL equivalent compensation circuit

同样以一个典型的 $R_L = 25\ \Omega$ 负载,50% 幅度,50 ps 持续时间的欠冲为例,说明补偿电路设计思路。低频情况下电感 L_F 的感抗较小,减小 R_F 将减小 $R_F L_F$ 支路阻抗,信号的低频分量减少,欠冲眼图得到补偿。补偿时间的计算方法为:如果选择 $R_F = 50\ \Omega$,电感 $L_F = 2.5\ \text{nH}$,可得到 $\tau = L_F / R_F = 50\ \text{ps}$,以与欠冲时间相一致,达到补偿效果^[6]。

这种 RL 补偿电路可以加快上升沿爬升速度,其主要基于高频阶跃响应的推挽效应^[7],而缺点是将降低

模块可能达到的峰值功率。

4 测试分析及结论

一只 2.5 Gb/s 速率的 SFP 模块在检测性能时由于线路阻抗不匹配,示波器眼图存在明显过冲,如图 5 所示。从图 5 可以看到,虽然上升时间较快,但信号高频分量上冲明显,过冲幅度接近 100%,持续时间为 50~60 ps。采用 RC 补偿网络调试,选择 $R_F=33\ \Omega$, $C_F=2\ \text{pF}$,眼图过冲得到明显改善,如图 6 所示。

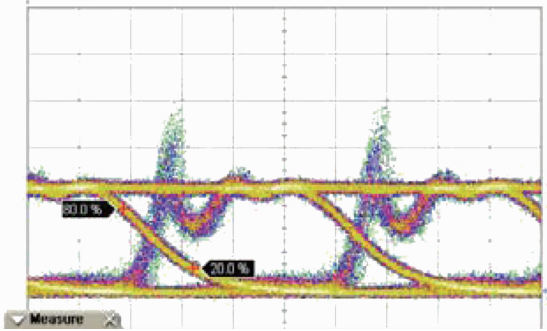


图 5 眼图过冲

Fig. 5 Eye diagram showing overshoot

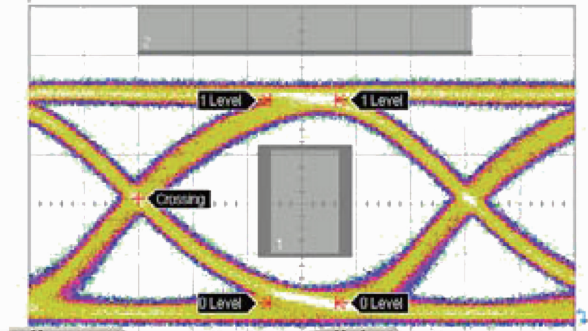


图 6 RC 补偿后的眼图

Fig. 6 Eye diagram after RC compensation

同样,取一只 4.25 Gb/s 的 SFP 模块测试其眼图,如图 7 所示,发现存在欠冲情况。在图 7 可以看到,由于信号中低频成分较多,信号上冲不充分,下降沿有少许拖尾,欠冲持续时间大约在 20 ps。采用图 4 所示的 RL 补偿网络,选择 $R_F=33\ \Omega$, $L_F=5\ \text{nH}$,眼图欠冲得到补偿,如图 8 所示。

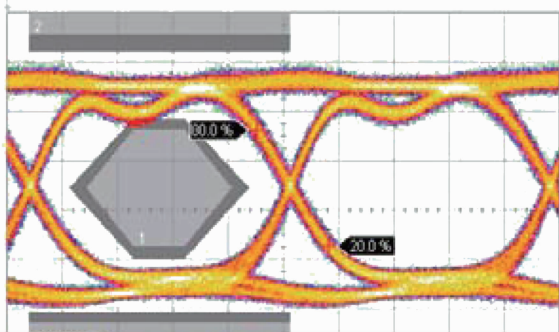


图 7 眼图欠冲

Fig. 7 Eye diagram showing undershoot

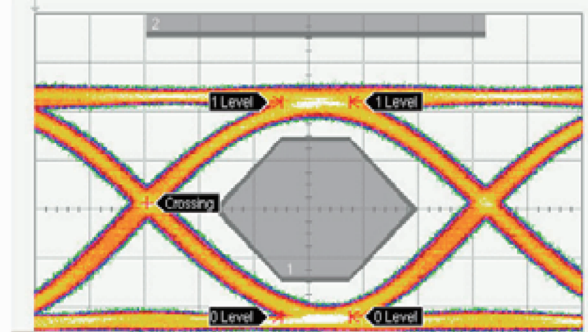


图 8 RL 补偿后的眼图

Fig. 8 Eye diagram after RL compensation

由此可知,要提高光发射模块的信号完整性,可以从分析信号响应着手,实际 TOSA 准确寄生参数并不重要。依照下面的处理思路一般都可以得到满意的结果:

- 1) 设置激光器的偏置电流大于一定幅度的激光器阈值电流;
- 2) 设置合适的激光器调制电流,达到标准消光比;
- 3) 设置足够的周期长度以确保可以观察到任何瞬态变化;
- 4) 基于过冲或者欠冲,选择合适的补偿网络(RC 或 RL 补偿网络);
- 5) 基于过冲或者欠冲的幅度,选择合适的补偿电阻 R ;
- 6) 基于过冲或者欠冲的持续时间,合适的时间常数,从而确定 C 或 L ;
- 7) 基于实际眼图改善效果的微调。

5 结论

分析了激光器寄生参数的来源及影响,并提出了相应补偿电路的设计方案和设计步骤。有关光电模块

中眼图补偿电路的研究和设计方法,已得到实际验证并取得良好的效果,对提高光模块传输性能具有参考价值。

参 考 文 献

- 1 HFAN-2.0. Interfacing Maxim Laser Drivers with Laser Diodes[EB/OL]. <http://china.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/274M>
- 2 Huang Qiuyuan, Dong Shibo. Design and analysis of impedance matching network of radio frequency circuit[J]. *J. Wuhan University of Technology*, 2007, **31**(6): 1061~1063
黄秋元,董诗波. 射频电路中匹配网络的设计和分析[J]. 武汉理工大学学报, 2007, **31**(6): 1061~1063
- 3 Chen Zhaohua. Laser compensation in optical transceiver module design[J]. *Application of Electronic Technology*, 2009, (7): 55~57
陈照华. 光收发模块设计中的激光器补偿分析[J]. 电子技术应用, 2009, (7): 55~57
- 4 HFAN-1.1. Choosing AC-Coupling Capacitors[EB/OL]. <http://china.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/292>
- 5 Cheng Mu, Wu Chongqing. High-speed interfacing between laser and laser driver[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(5): 1168~1172
程 木,吴重庆. 激光器驱动和激光器之间的高速连接[J]. 光学学报, 2009, **29**(5): 1168~1172
- 6 Wang Cuizhen, Wu Lingyan, Chen Shixia. The designing of impedance matching network in the circuit[J]. *Science and Technology Information*, 2009, (33): 893~894
王翠珍,吴凌燕,陈世夏. 电路阻抗匹配网络的设计[J]. 科技信息, 2009, (33): 893~894
- 7 Hu Bin. *Electronic Circuits Studying Guide*[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009
胡 斌. 电子线路学习方法[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009