

# 10 Gbit/s XFP 光模块的设计

万新星<sup>1,2</sup>, 任海兰<sup>1,2</sup>

(1. 光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉邮电科学研究院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 文章介绍了应用于光网络系统的 10 Gbit/s XFP(小型化可热插拔)光模块的基本原理以及光收发模块的设计, 采用了 CDR(时钟数据恢复)、APC(自动功率控制)、LA(限幅放大器)和发射驱动集成的主芯片 GN2010EA, 与传统设计相比不仅降低了设计成本, 而且降低了设计的复杂度。测试结果表明, 该模块在宽的温度范围内能保持稳定的光功率和消光比, 并且指标满足 ITU-T 标准的要求, 符合 10 Gbit/s 光模块设计要求。

**关键词:** 10 Gbit/s 小型化可热插拔光模块; 自动功率控制; 光功率; 消光比

**中图分类号:** TN256      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8788(2012)02-0051-02

## Design of 10 Gbit/s XFP optical modules

Wan Xinxing<sup>1,2</sup>, Ren Hailan<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China;  
2. Wuhan Research Institute of Post and Telecommunications, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper introduces the basic working principles of 10 Gbit/s Small Form-Factor Pluggable Transceiver (XFP) applied in SONET systems and describes the design of the optical transceiver modules that conforms to the relevant standards. Comparing with the conventional design, this module reduces both the cost and complexity of the design thanks to the adoption of the main chip GN2010EA, on which bi-directional CDR, APC and LA and laser driver are integrated. The test results show that this module can emit light with stable optical power and extinction ratio over a wide range of temperature. Furthermore, its parameters satisfy the requirements of ITU-T standard and meet the design requirements for 10 Gbit/s XFP modules.

**Key words:** 10 Gbit/s XFP; APC; optical power; extinction ratio

## 0 引言

在光纤通信系统中, 实现光/电/光转换功能的光收发模块占有十分重要的地位。高速率(40、100 Gbit/s)技术已经成为各大运营商关注的焦点, 但 10 Gbit/s 技术仍然是当前通信系统的主流技术, 基于标准化的密集波分光通信模块成为其必不可少的一部分, 10 Gbit/s XFP(小型化可热插拔)光模块以其价格低、体积小和应用环境广泛等优点, 已经成为 10 Gbit/s 光模块的主流产品。

本文将介绍兼容 40 和 80 km 的 10 Gbit/s XFP 光模块的基本原理、低成本的设计方案, 以及相关的测试(验证方案的可行性)。这种设计采用 CDR(时钟数据恢复)、APC(自动功率控制)、LA(限幅放大器)和驱动器集成的主芯片 GN2010EA, 减少了器件的数量, 降低了制作工艺难度, 达到了低成本的目的。

## 1 10 Gbit/s XFP 光模块的设计

### 1.1 模块功能框图

图 1 所示为 10 Gbit/s XFP 光模块的基本结构

框图。模块的发射端(包括光发送子系统、主芯片、温控电路以及控制电路)采用输入均衡器、多速率 CDR、EML(电吸收调制激光器)驱动器和 APC 集成的芯片驱动激光器实现电/光转换。接收端(包括光接收子系统、主芯片以及控制电路)则采用 APD(雪崩光电二极管)将探测到的光信号转换成电信号放大整形后输出。模块中采用单片机控制发射驱动芯片, 实现数字诊断功能<sup>[1]</sup>。

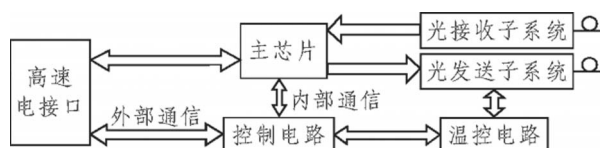


图 1 模块基本原理框图

### 1.2 发射部分

发射电信号由主芯片 GN2010EA 的 TXDIP 脚和 TXDIN 脚进入, 经过主芯片发射部分的均衡器、CDR 和 EML 驱动器, 再由 TXDOP 脚和 TXDON 脚输出, 进入 TOSA(光发送子系统)进行电信号到光信号的转换。内部 APC 电路控制激光器的偏置电流, 由 IBIAS 脚输出到 TOSA, 控制 TOSA 的光功率。

收稿日期: 2011-09-19

作者简介: 万新星(1986-), 女, 湖北荆州人, 硕士研究生, 主要研究方向为光器件。

主芯片内部 APC 电路有两种方式对激光器偏置电流进行设置:(1) 设置寄存器 APC\_REG5 的第二位 APCOVR, 将 APC 环路旁路掉, 这样可以直接通过寄存器设置 IBIAS 脚输出的电流值。(2) 使用 APC 环路形成一个闭环负反馈, 将设置电压值与 VPHOTO 脚反馈的电压值(VPHOTO 脚的电压与发射光功率成比例关系) 进行比较, 最后使得 VPHOTO 脚反馈的电压值稳定在设定值, 即使发射光功率稳定在设定值<sup>[2]</sup>。

### 1.3 接收部分

传输距离不同时, 所采用的光电探测器不同, 接收端的设计电路也有所不同。短距离传输时采用 PIN(光电二极管)光电探测器, 长距离传输时采用 APD 光电探测器。

当使用 APD ROSA<sup>[3]</sup>(光接收子系统)时, Th 脚通过一个 20 kΩ 的电阻接 3.3 V 参考电源, 热敏电阻的电压值送到控制电路微处理器的 ADC 口对 APD 进行温度补偿; DAC 脚接 MCU(微控制单元)的 DAC 口, 进行交叉水平调节; V<sub>apd</sub> 脚接升压电路; 其他接口与使用 PIN ROSA 时的接法一样。使用 PIN ROSA 时, Th 脚接地; DAC 脚接外部电阻, 将电流转换为电压给 MCU 的 ADC 口, 对 PIN 进行电流监控, 此时不接升压电路; V<sub>apd</sub> 脚接地; 其他接口与使用 APD ROSA 时的接法一样。

### 1.4 监控部分

监控功能主要由 MCU 来完成, 本设计中采用 ADUC7020。根据 XFP 协议 SFF INF 8077i 第四章定义的 2 线接口协议, 可以通过总线实现对特别寄存器的读写。XFP 光模块的监控量主要有 TO-SA 温度、TEC(温度控制电路)电流、发射端偏置电流、调制电流、接收光功率和接收丢失告警等<sup>[4]</sup>。

### 1.5 电源部分

XFP 模块由外部的两路电源进行供电, 这两路电源分别为 5 和 3.3 V。模块内部对这两路电源按用途进行了细分。模块上电时, 按照一定顺序给电路中的各个部分加电, 以保护模块在热插拔的时候不会受到损伤。

## 2 测试结果

10 Gbit/s XFP 光模块的主要测试指标包括发射光眼图、发射光功率、消光比和接收灵敏度, 具体测试如下。

#### (1) 发射指标的测试

不同温度下测试得到的发射光眼图如图 2 所

示, 发射指标见表 1。

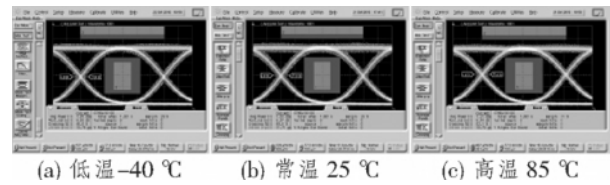


图 2 10 Gbit/s 模块在不同温度下的发射光眼图

表 1 10 Gbit/s 模块在不同温度下的发射指标

指标	-40 °C	25 °C	85 °C
发射光功率/dBm	1.85	1.63	1.21
消光比/dB	9.65	9.57	9.44

测试结果显示, 发射眼图的质量满足 ITU-T G. 691 标准<sup>[5]</sup>中模板的要求, 发射光功率和消光比均满足标准的规定, 并且在全温范围内指标变化较小。

#### (2) 接收灵敏度的测试

在速率为 10 Gbit/s、PRBS31(伪随机序列)阶码、误码率为 1.0E-12 的条件下对两只模块在不同温度下进行接收端灵敏度测试, 结果如表 2 所示。

表 2 不同温度下接收灵敏度的测试结果

温度/°C	模块 1			模块 2		
	-40	25	85	-40	25	85
灵敏 度/dBm	-28.77	-27.63	-26.75	-27.13	-26.96	-25.71

ITU-T G. 691 标准要求误码率为 1.0E-12 的条件下灵敏度 < -25 dBm, 由表 2 可见, 测试结果满足标准要求。

#### (3) DP(色散代价)的测试

在速率为 10 Gbit/s、全温常压的条件下, 对 40 km 光模块不带纤和带纤、误码率为 1.0E-12 时的灵敏度进行了测试, 得到 DP 结果如表 3 所示。

表 3 不同温度下 DP 的测试结果

温度/°C	模块 1			模块 2		
	-40	25	85	-40	25	85
DP/dB	0.82	0.77	0.80	0.94	0.91	0.95

ITU-T G. 691 标准要求, 对于高色散系统, 允许的最大通道代价为 2 dB, 测试结果表明, 该参数符合标准要求。

## 3 结束语

本文从总体上介绍了 10 Gbit/s XFP 光模块的设计, 着重介绍了光模块关键部分的实现方式, 测试结果显示设计的模块满足标准要求。本设计采用 CDR、发射驱动和接收 LA 集成的主芯片, 不仅在传

(下转第 55 页)

电阻,没有给驱动器调制端留下足够的电压余量。随着温度的升高,激光器的调制效率变低,单位调制电流产生的光功率降低,为保持恒定的消光比,需要补偿调制电流,根据前文的分析,补偿的调制电流使引线电感暂态压降和阻尼电阻压降增大,这会引直流通路上压降的增大,导致驱动器 OUT+ 的电压过低,不足以使差分快速开关,眼图也就无法张开。

交流耦合接口能改善眼图,减少眼图中的噪点。最重要的是,交流耦合时只有一半的调制电流流过 VCSEL 及阻尼电阻,给驱动器留下了足够的电压余量,在高温下即使补偿的调制电流使暂态压降和阻尼电阻压降增大,驱动器仍能快速开关,产生很好的眼图。

综上所述,虽然与交流耦合相比,直流耦合接口需要的元件更少,并且能够避免交耦电容低频截止引起的基线漂移,但是调制电流范围相对有限。而采用交流耦合的接口方式可以有效解决高温下驱动 VCSEL 的问题,并能适当改善眼图噪点。

### 3 结束语

本文对不同耦合方式下 LDD 调制端电压余量

进行了理论分析并介绍了相关的实验研究,实验结果表明,交流耦合驱动 VCSEL 比直流耦合能够更好地避免因为温度变化等因素带来的 LDD 调制端电压余量不足的问题。相关的理论分析及实验结果对于使用 VCSEL 的光模块的设计与开发具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 田均山. 基于 VCSEL 的现代光通信技术研究 [J]. 电脑与电信, 2009, (9):43-45.
- [2] MAXIM Integrated Products. MAX3735A Laser Driver Output Configurations, Part4: Driving VCSELs [Z]. USA; MAXIM, 2004.
- [3] 朱广超, 林金才, 逯贵祯, 等. 适用于电场探头的垂直腔面发射激光器的 PSpice 模型 [J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2010, 17(1):61-63, 68.
- [4] MAXIM Integrated Products. MAX3735A Laser Driver Output Configurations, Part1: DC-Coupled Optimization Techniques [Z]. USA; MAXIM, 2010.
- [5] MAXIM Integrated Products. Interfacing Maxim Laser Drivers with Laser Diodes [Z]. USA; MAXIM, 2000.

(上接第 52 页)

统设计的基础上降低了芯片成本,而且大大降低了布板布局复杂度,这一设计将会逐步取代传统的设计,成为 10 Gbit/s XFP 光模块的主流设计方案。

参考文献:

- [1] Stephen Hardy. 10 Gbit/s Optical Transceiver Module [J]. 光波通信, 2007, 20(3): 26-29.
- [2] Andrea. Maxim Integrated Products. Interfacing Max-

im Laser Driver with Laser Diodes [Z]. Shenzhen: Maxim, 2000.

- [3] Lin Songsheng. Mitsubishi FU-357RPA-4M1 datasheet [Z]. Shanghai; Mitsubishi, 2007.
- [4] INF-8077i 10-2005, Gigabit Small Form Factor Pluggable Module Revision 4.5 [S].
- [5] ITU-T G. 691-2006, Telecommunication standardization sector of ITU [S].