

# 10 Gbit/s EPON 对称 OLT 光模块的设计

李 畅<sup>1,2</sup>, 高繁荣<sup>1,2</sup>, 陈 寅<sup>1,2</sup>, 吴君毅<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. 武汉电信器件有限公司, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**介绍了 10 Gbit/s EPON(以太网无源光网络)系统中对称 OLT(光线路终端)光模块的设计方案和关键技术,重点描述在接收端如何实现双速率突发接收,以及 10 Gbit/s 突发接收部分硬件电路的构成。测试结果表明:该模块在突发接收条件下接收端的接收建立时间和灵敏度均满足 10 Gbit/s EPON 标准 IEEE Std. 802.3av 的要求。

**关键词:**光线路终端光模块;对称;突发接收;接收建立时间

**中图分类号:** TN929.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8788(2013)01-0033-03

## Design of symmetric OLT optical modules in 10 Gbit/s EPON systems

Li Chang<sup>1,2</sup>, Gao Fanrong<sup>1,2</sup>, Chen Yin<sup>1,2</sup>, Wu Junyi<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Telecommunication Devices Co. Ltd., Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper introduces the design scheme and key technologies for Optical Line Terminal (OLT) modules in 10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network (EPON) systems and focuses on describing the implementation of dual-rate burst reception at the receiving end and the composition of the hardware circuits of 10 Gbit/s burst receiving part. The test results indicate that both the reception setup time and sensitivity of this module in burst reception condition satisfy the requirements of IEEE Std. 802.3av for 10 Gbit/s EPON.

**Key words:** OLT optical module; symmetric; burst receiving; reception setup time

## 0 引言

目前,高速率的光纤传输技术已广泛应用于各个主干网络中。EPON(以太网无源光网络)由于其成本低和技术成熟可靠已经成为相关运营商的首选方案。而 10 Gbit/s(以下简称 10 G) EPON 系统是 1 G EPON 系统的平滑升级,即兼顾 1 G 和 10 G 业务,同时 10 G EPON 对称 OLT(光线路终端)光模块也是 10 G EPON 非对称 OLT 光模块的升级,它直接将上行速率提升到 10.312 5 Gbit/s,极大地满足了用户对上行带宽的需求,因此备受运营商的青睐。

在 EPON 系统中,OLT 与多个 ONU(光网络单元)通过 POS(无源光分路器)连接<sup>[1]</sup>。作为 EPON 的核心,OLT 光模块将直接影响整个 10 G EPON 系统的运行。本文重点介绍一种 10 G EPON 对称 OLT 光模块的设计方案和关键技术,并通过实验验证方案的可行性。

## 1 10 G EPON 对称 OLT 光模块简介

10 G EPON 对称 OLT 光模块采用的是上行突发接收和下行连续发射模式,主要用于 10 G EPON 系统中光/电转换。接收部分由 TIA(跨阻放大器)、

1 270/1 310 nm 的 APD(雪崩光电二极管),以及两个速率分别为 1.25 和 10.312 5 Gbit/s 的 LA(限幅放大器)组成。发射端由一个 10 G 的 EML(电吸收调制激光器)和一个 1.25 Gbit/s 的 DFB(分布反馈激光器)组成,其发射波长分别为 1 577 和 1 490 nm。驱动电路包括数字 APC(自动光功率控制)电路和用于保持 10 G 激光器发射波长稳定的 TEC(温度补偿)电路。发射和接收参数监控是根据 SFF-8077i v4.5 协议由单片机实现的。

由于 OLT 光模块接收端采用的是突发接收,所以接收建立时间就显得尤为重要。若接收建立时间较长,将对灵敏度产生很大影响,甚至可能导致突发接收无法正常工作。根据 IEEE Std 802.3av 协议的要求,1.25 Gbit/s 突发接收的建立时间必须 < 400 ns,且突发接收灵敏度在误码率为  $10^{-12}$  的条件下必须 < -29.78 dBm;而 10.312 5 Gbit/s 突发接收的建立时间必须 < 800 ns,且突发接收灵敏度在误码率为  $10^{-3}$  的条件下必须 < -28.0 dBm<sup>[2]</sup>。

## 2 10 G EPON 对称 OLT 光模块设计

### 2.1 设计方案

10 G EPON 对称 OLT 光模块由 Triplexer(单

纤三向组件)、发射、接收和监控 4 部分组成,其中 Triplexer 部分包括两个激光器和一个探测器。发射的光和接收的光通过 WDM(波分复用器)集成到光器件中,实现单纤双向传输,其结构如图 1 所示。

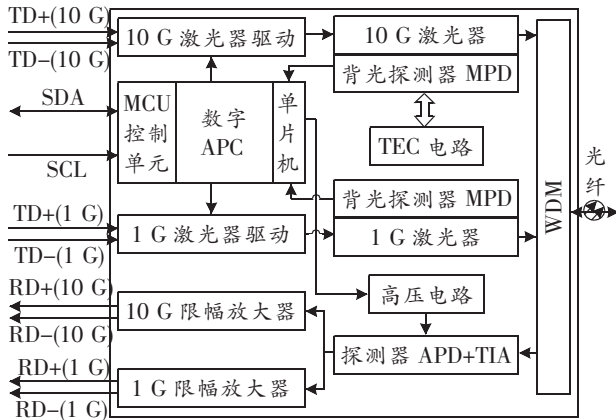


图 1 10 G EPON 对称 OLT 光模块结构图

发射部分由两个激光器组成,主要功能是分别将 1 G 和 10 G 电信号转化为光信号,并通过数字 APC 电路,在闭环状态下保持光功率的稳定。与此同时,单片机控制调制电流的大小,进而得到系统所需要的消光比。在 10 G 发射电路中增加了 TEC 电路,极大地稳定了 10 G 激光器输出波长。接收部分采用 APD 将探测的突发光信号转换成电信号,放大整形后输出。为了保证灵敏度能够达到理想变化范围,需在不同温度下对 APD 提供稳定高压。单片机通过控制 APD 高压电路来实现这一目标。

### 2.2 双速率突发接收的实现

10 G EPON 对称 OLT 光模块的接收部分采用的是突发接收方式。它要接收 1.25 和 10.312 5 Gbit/s 两种不同速率的突发信号,这就要求接收部分能够很好地区分这两种不同速率的光信号,以获得稳定输出的电信号。这里提出两种实现 OLT 光模块双速率突发接收的方案。

由于输入光信号采用的是 TDMA(时分多址)技术,所以在同一时刻只可能存在一种速率的突发光,可以通过一个 1:2 的分光器对输入信号在光域下进行分离,如图 2 所示。或者只使用一个高速探测器,将 1 G 和 10 G 光信号转化为微弱的电信号,再通过带宽较大的 TIA 分离出两种不同速率的电信号,如图 3 所示。

图 2 所示的第 1 种方案,当光通过 1:2 的分光器时会带来一定的插入损耗,这就必须要对输入的光信号进行放大,因此在分光器前安装一个光放大器。分离后的光信号再通过不同速率的探测器进行

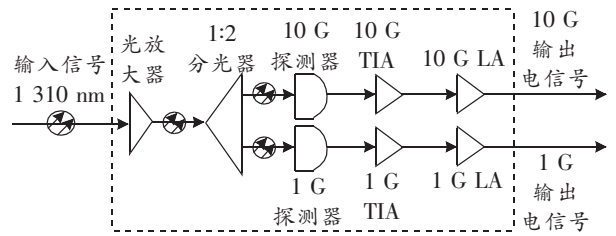


图 2 光域下实现双速率突发接收原理框图

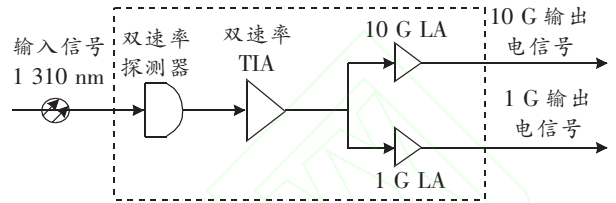


图 3 电域下实现双速率突发接收原理框图

光/电转换,最后得到稳定的两种电信号输出。这套方案最大的缺点是多用了一个光放大器和一个 1:2 的分光器,且需要两个探测器对光信号进行转换,既增加了实现的复杂度,又提高了成本。

图 3 所示的第 2 种方案,输入光信号只需通过一个探测器和一个 TIA,便可实现在电域下的分离。这套方案的核心在于 TIA 的选取,它要求 TIA 具有 1~10 Gbit/s 的带宽,同时 TIA 在该带宽内具有快速的响应度。只有通过 TIA 的电流参数能够快速得到响应值,接收灵敏度才能得到很好的保障。这套方案极大地降低了实现的复杂度,并使成本得到了很好的控制。我们在实际设计中一般选取第 2 种方案来实现双速率突发接收。

### 2.3 接收端硬件电路的设计

图 4 为突发接收部分的硬件电路。当有突发光输入时,APD 把光信号转换成微弱的电信号送入 TIA,该信号经 TIA 放大成 10 G 或 1 G 的电信号。10 G 电信号通过 TIA 的极交流耦合输入到 10 G LA 中,1 G 电信号通过 TIA 的极交流耦合输入到

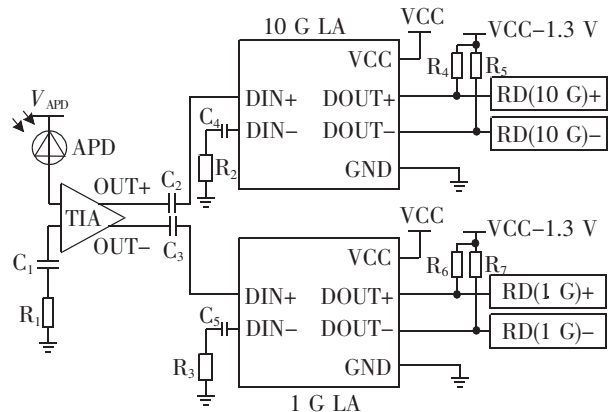


图 4 突发接收部分的硬件电路

1 G LA 中。电容  $C_2$  和  $C_3$  是用来实现 10 G 和 1 G 交流耦合输出的耦合电容,选择使用交流耦合方式是因为它较直流耦合方式简单。但交流耦合存在电容的充放电,对信号的反应速度受充放电时间常数的影响,即不能对信号进行及时响应<sup>[3,4]</sup>。这一特点势必将损失一定的接收建立时间,所以选取多大的交流耦合电容至关重要。若选取较小的耦合电容,则可以缩短建立时间,在每个时隙中 ONU 发射的信号能够完全接收,不会因为接收建立时间过长,导致下个时隙的到来而影响接收效果。但是过小的电容会影响耦合效果,使接收的稳定性大大降低,而较大的电容可以降低系统的抖动,提高接收端的灵敏度。因此为了兼顾接收建立时间和接收灵敏度,需选择合适的耦合电容  $C_2$  和  $C_3$ 。另外,为了保证输入电信号的稳定,在 LA 的负端接入一个耦合电容和一个阻值为  $50 \Omega$  的匹配电阻。

经 10 G(1 G)LA 输出的差分信号,通过由电阻  $R_4$  和  $R_5$ ( $R_6$  和  $R_7$ )以及 2.0 V 的直流电压源组成 LVPECL(低压正射极耦合逻辑)电路,直流耦合输出一对 10 G(1 G)电信号。

## 2.4 发射部分

10 G EPON 对称 OLT 光模块的发射部分主要分为 1.25 和 10 G 发射两个部分,分别对下行发送 1 490 和 1 577 nm 波长的信号。以 10 G 发射部分为例,一对 10 G 差分信号进入 CDR(时钟整形)芯片,经交流耦合到 10 G 驱动芯片,最后差分输入进 10 G 激光器中。由于温度变化会对激光器发射波长产生很大影响,为将波长稳定到协议(协议要求在 1 575~1 580 nm)所要求的水平,需调整 TEC 电路的工作电流,这样可以很好地控制输出波长。

## 3 测试结果及分析

10 G EPON 对称 OLT 光模块的主要测试指标包括探测器的接收建立时间、接收灵敏度和发射眼图。具体测试如下:

### (1) 接收建立时间

在上行突发光功率为  $-24.0$  dBm 的正常工作环境下,以突发光源发射的光信号为测量起点,模块接收并建立完全的电信号为测量终点,忽略光在测试光纤中的时延,测得 1 G 突发接收建立时间为 76.7 ns,满足  $<400$  ns 的国际标准;10 G 突发接收建立时间为 241.8 ns,也满足  $<800$  ns 的国际标准。

### (2) 接收灵敏度

采用 1.25 Gbit/s、PRBS(伪随机二进制序列)7

阶码进行突发接收测试,在误码率为  $10^{-12}$ 、温度分别为 0、25 和 75  $^{\circ}\text{C}$  的条件下,测得的灵敏度分别为  $-31.4$ 、 $-31.6$  和  $-31.1$  dBm。

采用 10.312 5 Gbit/s、PRBS 31 阶码进行突发接收测试,在误码率为  $10^{-3}$ 、温度分别为 0、25 和 75  $^{\circ}\text{C}$  的条件下,测得的灵敏度分别为  $-29.3$ 、 $-29.7$  和  $-29.2$  dBm。

### (3) 发射的主要指标

在全温范围内测得 1 G 和 10 G 激光器发射光眼图分别如图 5 和图 6 所示,发射参数分别如表 1 和表 2 所示。

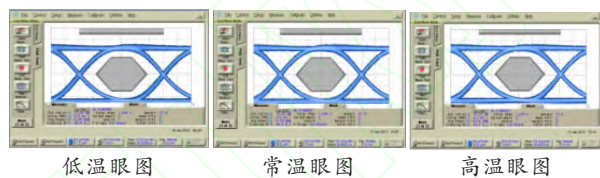


图 5 1 G 激光器发射光眼图



图 6 10 G 激光器发射光眼图

表 1 1 G 激光器发射参数

参数	温度/ $^{\circ}\text{C}$		
	0	25	75
平均光功率/dBm	4.70	4.82	4.33
消光比/dB	13.41	12.02	10.71

表 2 10 G 激光器发射参数

参数	温度/ $^{\circ}\text{C}$		
	0	25	75
平均光功率/dBm	3.92	4.15	3.73
消光比/dB	8.66	8.19	7.79

测试结果显示,发射眼图满足 IEEE Std. 802.3av 标准中模板的要求,消光比、发射光功率均满足标准中的规定,并且在全温度范围内指标变化较小。

## 4 结束语

本文介绍了 10 G EPON 对称 OLT 光模块的基本构成,重点介绍了双速率突发接收的两种方案和 10 G 突发接收部分的硬件电路实现。目前,武汉电信器件有限公司已经研发出 10 G EPON 对称 OLT 光模块,各项测试表明该光模块性能已能达到国际水平。在不久的将来,它将在 10 G EPON 市场上占有一席之地。

(下转第 38 页)