

40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块的技术研究

黄莹^{1,2}, 胡毅^{1,2}, 杨俊麒^{1,2}, 蔡亮^{1,2}

(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: 文章重点介绍了 40 Gbit/s RZ-DQPSK(归零码—差分正交相移键控) Transponder 模块的组成和关键技术, 针对发射端和接收端控制给出了合理的实验方案。通过眼图、星座图以及光信噪比试验进行验证, 眼图良好, 光信噪比为 12.3 dB。实验结果表明, 采用该方案设计出的光模块的参数能满足标准要求, 可以应用于光通信领域。

关键词: Transponder 模块; 发射端控制; 接收端控制; 星座图测试

中图分类号: TN929.1

文献标志码: A

文章编号: 1005-8788(2013)01-0030-03

Study on technologies for 40 Gbit/s RZ-DQPSK transponder module

Huang Ying^{1,2}, Hu Yi^{1,2}, Yang Junqi^{1,2}, Cai Liang^{1,2}

(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 mainly introduces the composition and key technologies of the 40 Gbit/s RZ-DQPSK transponder module and presents a rational experimental scheme for the control of its transmitter and receiver ends. In addition, it tests and verifies the design scheme by using eye diagram, constellation and OSNR, which shows that the signal has an excellent eye diagram and the OSNR is 12.3 dB. The results indicate that the optical module designed in this scheme satisfies the relevant international standards, applicable in the field of optical communications.

Key words: transponder module; transmitter end control; receiver end control; constellation test

0 引 言

作为能够有效地解决海量业务给网络带来的带宽压力的技术, 40 Gbit/s 系统正在全球得到广泛应用。从全球范围来看, 运营商普遍使用这一技术以提供更多的城域和长距离的网络带宽。大带宽、多业务的承载需求以及运营商面临的成本压力, 驱动城域网架构发生变化, 也驱动着 40 Gbit/s OTN(光传送网)的应用。与传统的 10 Gbit/s DWDM(密集波分复用)相比, 40 Gbit/s OTN 能够灵活而高效地满足日益加剧的大带宽、多业务的承载需求。40 Gbit/s OTN 用到的关键模块之一就是 40 Gbit/s Transponder 光模块。本文将重点介绍和讨论 RZ-DQPSK(归零码—差分正交相移键控)调制格式的 40 Gbit/s Transponder 光模块的组成和关键技术, 并通过实验验证方案的可行性。

1 40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块简介

40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块具有光发射和接收功能, 主要用于 DWDM 系统的线路侧, 进行长距离传输。RZ-DQPSK 调制格式在长距离传输中具有更好的色度色散容限、偏振模色散容

限和抗非线性的性能。模块实现了 96 波长可调谐, 波长范围覆盖整个 C 波段, 波长间隔符合 ITU-T 建议的 50 GHz 要求。

调制器的工作特性随外界条件的变化而变化, 接收机内峰值探测和增益控制对接收光信号起着很重要的作用, 因此该模块设计的难点和要点在于控制发射和接收部分。

2 模块设计

2.1 设计方案

40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块按照 300 PIN 40 Gbit/s Transponder 模块 MSA 多源协议设计^[1]。模块总体框图如图 1 所示, 模块由复用/解复用组件、驱动器(数据驱动器和时钟驱动器)、调制器、EDFA(掺铒光纤放大器)、延迟干涉仪以及平衡接收机等组成。主要是将 16 路低速电信号复用成两路高速电信号(I/Q 通道), 经过光调制器调制和脉冲切割整形后, 形成 RZ-DQPSK 调制格式, 实现光调制信号的长距离传输。接收端经过延迟干涉仪进行光解调, 平衡接收机进行光/电转换后, 解复用器将两路高速电信号转换成 16 路低速电信号。电源管理模块负责整个模块的电源开启和关断。

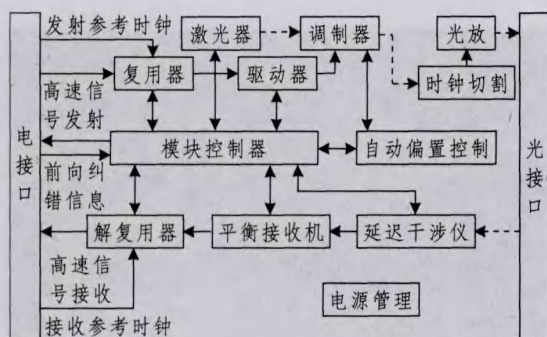


图1 40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块总体框图

2.2 发射控制硬件的实现

发射控制硬件功能框图如图2所示,抖动信号从调制器的直流偏置控制引脚输入。光信号经调制后输出到耦合器,光探测器将分出的一部分光信号转化为电信号,通过滤波器滤除高频信号和抖动信号的二次谐波,得到抖动信号的基波分量。将基波分量与原始信号进行相位比较,比较的结果经过积分电路后,输出调制器的最佳偏置电压到调制器偏置电压输入脚。积分电路的作用就是使滤出的抖动信号中不包括抖动信号的基波分量,则积分电路就会保持现状。偏置电压和抖动信号一起加入到调制器的偏置控制引脚^[2]。

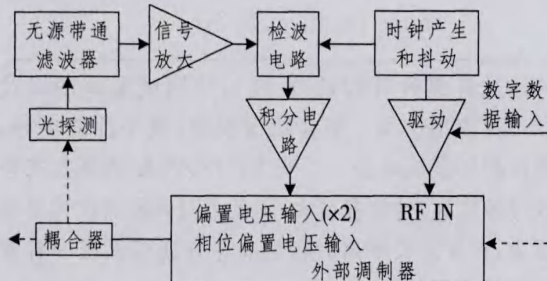


图2 发射控制硬件功能框图

抖动信号幅度不能太小,以保证其经过PD(光电二极管)时能够检测出来,也不能太大而影响数据信号,一般小于数据信号的1%即可。抖动信号的频率要保证很低,使其不会影响调制信号的光谱。为了保持工作点漂移在一个很小的范围内,这个抖动信号选择占空比为50%的方波信号。

2.3 接收控制的实现

接收端硬件控制功能框图如图3所示。接收部分包括DLI(双延迟干涉仪)和双平衡接收机。目前大多采用延迟干涉仪和平衡接收机完成DQPSK信号的解调。DLI的光信号被分成两路:一路为I通道,另一路为Q通道。两通道光信号控制过程相同,以I通道为例,一个DLI将光信号均分成两路,一路延迟1 bit,另一路不延迟。两路光信号在输出端发生相邻比特的干涉,分别从干涉相长口和干涉相消口输出两路干涉之后的光信号。平衡接收机将DLI输出的光信号转换成电信号,产生差分电流 i_{p1} 和 i_{n1} ,经过TIA(阻抗放大器)转换成电压输出到解复用器。PLD(峰值水平检测)仪检测输出电压,经过A/D(模/数)转换输送到控制器,控制器再进行DLI控制输出以及对TIA进行增益控制,控制信号在到达DLI和TIA前要进行D/A(数/模)转换。到达/离开这3个部分的控制信号通过系统控制器运行软件算法来控制这3个部分。

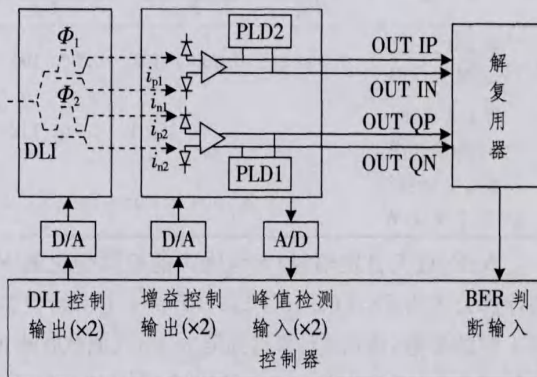


图3 接收端硬件控制功能框图

3 模块测试

3.1 眼图测试

图4(a)~(d)为发射信号经过各部分后的输出眼图,可以看到调制信号质量良好。图4(e)为接收端一个DLI的输出眼图,图中可以看到两路光信号的延迟过程。

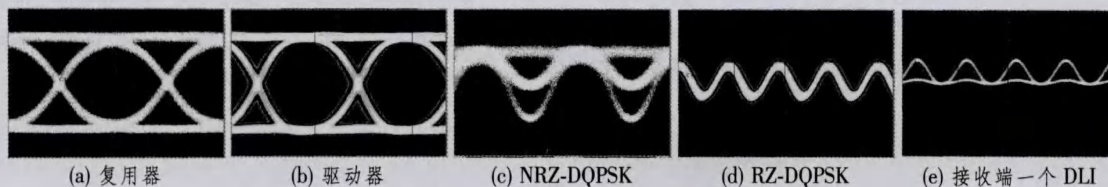


图4 各部分的输出眼图

3.2 星座图测试

眼图是衡量数字光纤通信系统中数据传输特性的简单而又有效的方法。然而眼图并不能反映载波的相位信息,在高速光纤通信系统中仅依靠眼图已经不能适应测试的需要。复杂高速光调制渐渐依靠星座图测试来评价信号质量。根据文献[3]中所述,本实验中调制出的光信号质量良好,图 5 给出了星座图和 I/Q 通道眼图。

3.3 OSNR(光信噪比)测试

本测试采用用噪声相对变化量对于噪声功率进行校正的方式来校正 OSNR。将光标定位在测试通路波长脉冲的峰值处,选择该波长光功率积分带宽为当前通路间隔, P_{on} 为此时该波长的光功率,将当前测试通路的光源关闭, P_{off} 为此时该波长的光功率。在被测通路光源关闭前,分别在被测通路中心波长 $\pm 0.3\text{nm}$ 的波长处测试两点功率值,记为 P_{on1}

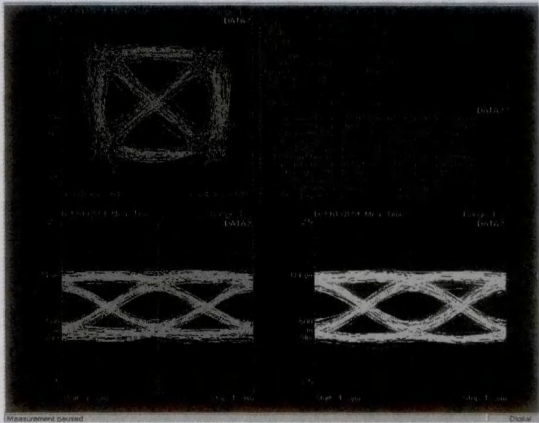


图 5 星座图和 I/Q 通道眼图

和 P_{on2} ;在被测通路光源关闭后,仍在前面两点处测试功率值,分别记为 P_{off1} 和 P_{off2} 。 P_n 为设置测试通路的光功率积分带宽为 0.1 nm 时的光通路值。计算 OSNR 所需要的各项参数如表 1 所示。

表 1 计算 OSNR 所需要的各项参数

参 量	数 值						
	P_{on}	P_{on1}	P_{on2}	P_{off}	P_{off1}	P_{off2}	P_n
第 1 次测试 光功率值/mW	0.004 51	0.000 144 75	0.000 161 44	0.001 029	0.000 127 46	0.000 144 13	0.000 521
第 2 次测试 光功率值/mW		0.000 153 1	0.000 152 09		0.000 150 98	0.000 182 63	
第 3 次测试 光功率值/mW		0.000 121 05	0.000 118 7		0.000 127 55	0.000 133 69	

ASE(放大自发辐射)参考噪声的绝对变化量 R 的计算公式为 $R = (P_{on1} + P_{on2}) / (P_{off1} + P_{off2})$,根据表 1 中的参数,由该式计算得到第 1 ~ 3 次测试后的 R 值分别为 1.127 397 916、0.914 810 707 和 0.917 738 478,这 3 个 R 的平均值 R' 为 0.986 649 034。

$OSNR = 10\lg[(P_{on} - P_{off}) / (R'P_n/2)] = 11.317\ 336\ 01\text{ dB}$ 。由于测试计算 DPSK(差分相移键控)光模块的 OSNR 时,用光波分复用器得到的结果与用 0.3 dB 光滤波器得到的值相差 1 dB ,所以实际的 OSNR 数值为测试值加上 1 dB ,即 12.3 dB 。

4 结束语

本文分析了 40 Gbit/s RZ-DQPSK Transponder 模块发射和接收部分的控制原理及实现方法,给出了 OSNR 的测试和计算方法。同时提供了信

号经过各部分后的眼图、光信号测试星座图以及 OSNR 测试结果。实验结果表明,模块性能良好,能应用于系统单板上。光 RZ-DQPSK 调制方式接收灵敏度高,传输容量大,降低了对调制器件速率的要求,在未来长距离大容量高速光通信系统中有着广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 300 PIN MSA-2002, 300 pin Multi Source Agreement for 40 Gigabit Transponders (SERDES Transceiver) [S].
[2] 邹晖,胡毅,田军,等. M-Z 外调制器最佳偏置点稳定控制[J]. 光通信研究,2008,(3):30-32.
[3] Andrekson Peter A. Metrology of Complex Optical Modulation Formats[A]. OFC 2011[C]. San Diego, California, America:OSA, 2011. OWN1.