

引用本文:程木海,高枫. 光模块接收无光监控异常的解决方法[J]. 光通信技术,2023,47(4):38-41.

光模块接收无光监控异常的解决方法

程木海,高枫

(河北华美光电子有限公司,河北 张家口 075400)

摘要:为了解决无光输入时光收发一体模块的接收监控有时会出现异常的问题,提出了一种精确选择跨阻放大器解耦电容和软件校准相配合使用的方法。首先,测试了监控异常时的 I²C 总线波形和接收电源噪声波形,验证了多种型号跨阻放大器 and 不同监控解耦电容值对接收监控的影响,确认了接收无光监控异常主要是由跨阻放大器监控残留噪声和监控电容解耦 2 个原因造成的;然后,通过实验选取合适的监控信号解耦电容,同时使用二阶方程进行软件校准。测试结果表明,该方法可以完全解决无光时的接收监控异常问题。

关键词:光纤通信;光电收发一体模块;监控校准电路噪声

中图分类号:TN929.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-5561(2023)04-0038-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2023.04.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Solution of no light monitoring abnormality in optical module receiver

CHENG Muhai, GAO Feng

(Hymax Optoelectronics Co., Ltd., Zhangjiakou Hebei 075400, China)

Abstract: In order to solve the problem of abnormal with reception and monitoring of the optical transceiver integrated module without optical input, a method of accurately selecting trans-impedance amplifier decoupling capacitors and using software calibration is proposed. First, the I²C bus waveform and receiving power noise waveform are tested in case of abnormal monitoring, and the impact of various types of trans-impedance amplifiers and different monitoring decoupling capacitor values on receiving monitoring are verified. It is confirmed that the abnormal receiving monitoring is mainly caused by two reasons: the trans-impedance amplifier monitoring residual noise and monitoring capacitance decoupling. Then, select appropriate decoupling capacitor of the monitoring signal through experiments, and using the second-order equation for software calibration. The test results indicate that this method can completely solve the problem of receiving monitoring anomaly when there is no light inputting.

Key words: optical fiber communication, optoelectronics transceiver, monitor calibration circuit noise

0 引言

根据光模块国际标准 SFF-8472 协议^[1]的规定,光模块除了完成光/电转换外,还对模块电压、激光器驱动电流、发射光功率、接收光功率、模块温度这 5 个参数进行监控,帮助系统实时监控光模块工作状态。一

旦光纤通信异常,用户可以根据这 5 个实时监控的参数协助查找故障发生点。如果光模块监控不准确,会导致光纤通信系统误判,从而可能误断通信网络或者产生错误的传输数据^[2-4]。

光模块在批量生产过程中或者使用时,由于受到原材料的差异、加工差异、信号接口差别、电源系统不同等各种因素的影响,这些监控量有可能不准确或者出现异常。例如,使用厦门优讯公司的 UX3320 芯片设计的一款 100 Mb/s~2.5 Gb/s 多速率兼容的光模块在批量生产并经质量检验合格后交付给客户使用,但是部分光模块在接收无光时出现了接收监控寄存器的值异常的情况。对出现接收监控异常的客户退货光模块进行测试,发现这种监控异常的情况不是一直不变

收稿日期:2022-08-31。

作者简介:程木海(1974—),男,硕士,山东青岛人,1997年毕业于电子科技大学信息材料工程学院获学士学位,2002年毕业于电子科技大学光电学院获硕士学位,2016年毕业于清华大学 MBA 获工商管理硕士学位。现为河北华美光电子有限公司 COO,主要研究方向为光电子器件的封装、耦合、电路设计、生产的自动化和信息化,以及企业的经营管理和产品质量管控。



的,经过自动高频率刷新软件测试,发现异常监控状态占十分之一左右。暂时没有发现其他客户和其他组织使用 UX3320 芯片做成的光模块提出过这个问题,因此该情况也可能跟使用方的要求不同有关。本文通过测试查找异常发生的原因并提出了相应的解决办法。

1 光模块接收端的工作原理

光模块接收端工作原理如图 1 所示。数据信号均采用差分阻抗为 $100\ \Omega$ (对应单端阻抗为 $50\ \Omega$) 的差分信号,由于初始接收信号比较微弱,接收信号的阻抗匹配十分重要。接收光信号经光探测器(PD)转化为微弱的电流信号,通过前级 TIA 后转为幅度不超过几毫伏的较低电压信号,经差分 $100\ \Omega$ 阻抗的差分信号线与后级限幅放大器相连,然后将该信号放大到几百毫伏后输出给通信系统。同时,后级限幅放大器将 TIA 发送过来的监控信号(MON)与模块内部设置的阈值(有 2 种阈值:一种为光信号强度的阈值,一种为光信号幅度的阈值)进行大小对比,如果前者低于后者,模块则判定为无光;反之,则判定为有光,并通过模/数转换电路将数值存入模块相应寄存器。

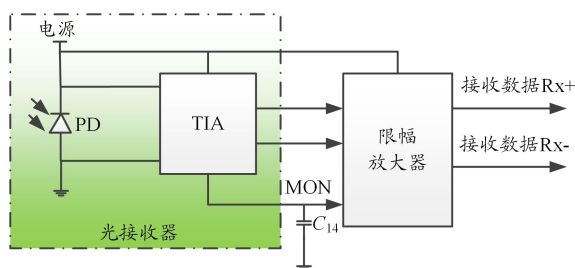


图 1 光模块接收端的工作原理图

2 问题分析和硬件处理办法

按照 SFF-8472 协议要求,光模块内部 A2 地址中 104(高位 MSB)、105(低位 LSB)位是接收监控寄存器。在正常情况下,光模块在无光信号输入时 104 位寄存器的值为 00,105 位寄存器的值为 00;在有光信号输入时,105 位寄存器的值为 01。为了确认接收监控异常的问题所在,在关闭激光器输出的情况下,对异常模块内部与光接收信号相关寄存器进行信息检测,发现 104 位寄存器内容为 00,105 位寄存器内容为 01,说明模块确实认为检测到有光进入。

根据光模块的接收监控工作原理,出现模块监控异常情况的原因可能有 3 种:有不可控光源发出的光信号进入到了模块;电路噪声超过模块检测到的 TIA 信号;电路噪声造成 I²C 总线在读取信息的过程中受

到干扰导致读取错误。因此,为了查找模块监控异常原因,首先需要判断这种异常是由光信号还是电信号造成的。

2.1 光信号判断

为了确定是否有不可控的光源发出的光信号(例如激光器可能没有完全关断而有些许发光)进入到了模块光接收端,将光接收端的光纤拔出,再检测模块接收监控信息数百次,若结果与无变化,仍有与之前相同比例的读取异常,则考虑可能是自然光造成的干扰。将模块光接收端盖上黑色尾塞使得模块无法接收到自然光,再检测模块接收监控信息数百次,结果仍然与之前相同。这说明光接收端的监控异常是由电路噪声导致的。

2.2 电信号测试

产生电路噪声的原因可能有几种:I²C 总线信息读取错误、接收电源噪声对差分接收数据信号的影响,或者其它电路噪声。

2.2.1 I²C 总线测试

光通信模块与光通信系统的通信总线使用 I²C 总线,如果受到外界信号的干扰或者串扰,可能导致读取信息错误。用示波器采样 I²C 总线信号,采样图如图 2 所示。可以看出,在整个采样的过程中,I²C 总线的图形都是正常的,并没有受到外来信号的影响,说明接收监控异常不是由 I²C 总线异常读取引起的。

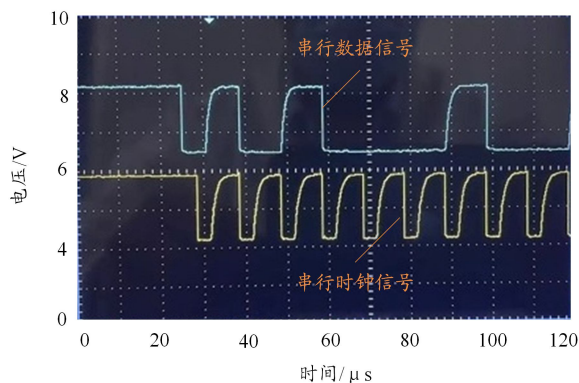


图 2 I²C 总线采样图

2.2.2 电源噪声测试

采用厦门优讯公司 UX3320 芯片设计的光模块原理图如图 3 所示。该光模块芯片是由激光驱动器、限幅放大器和单片机三合一组成,内部有光模块规定的各个 A0 和 A2 寄存器,芯片的各类配置烧写进一个外接存储器,并通过 I²C 总线与主芯片相连,在模块上电时,主芯片从存储器内自动读取配置文件。模块的电源部分中发射(TX)电源和接收(RX)电源是完全独立

6) 设定接收光功率为 -20 dBm ($10\text{ }\mu\text{W}$), 读取接收监控值 P_2 ;

7) 设定接收光功率为 -30 dBm ($1\text{ }\mu\text{W}$), 读取接收监控值 P_3 ;

8) 将 P_1 、 P_2 、 P_3 这 3 点的值代入式(1)中, 计算出 B_2 、 B_1 和 B_0 。

使用 PIN 校准光接收器, 实际计算过程中 B_2 基本为 0, 表示监控值与接收到的光功率为线性相关; B_0 也基本为 0, 表示只要第 23 引脚认为有光输入, 就会有监控值输出。监控值与接收光功率的关系曲线如图 4 中红色线所示。

根据前文可知, TIA 自身可能会有一定的噪声通过第 23 引脚进入到芯片的监控部分, 当输入光功率低于噪声时, 监控就不准确。如果把采样的信号提高到噪声水平之上, 就可以杜绝 TIA 噪声对监控的影响, 这表明可以通过调整 B_0 来忽略噪声带来的影响。

若调整关系曲线的偏移量, 使其下移 (如图 4 中绿色线所示), 则在横轴方向会出现抑制噪声区域, 监控值在这一区域可以使接收光功率保持在 -40 dBm , 即 105 位保持“00”状态。大批量测试结果表明, 现有产品的偏移量设置为 $A8h=FF$ 、 $A9h=FD$ 是非常合适的。但是, 对于不同的电路板设计、封装工艺和不同的 TIA、LA 使用, 校准监控的偏移量需要根据实际情况验证得出。

通过调整偏移量的方式校准后, 大批量且多次测试光模块 (包括之前所遇到的异常模块) 寄存器 105

位的残留值, 全部保持“00”状态, 说明接收监控异常问题得到了完全解决。

4 结束语

采用 UX3320 芯片做成的光模块在无光输入时, 接收监控有时会出现异常。为了找到接收监控异常的原因并寻找解决办法, 本文用示波器测试了模块电源波形, 根据对电源波形内噪声幅度的判断, 电源噪声不是造成监控异常的原因; 用示波器测试了监控异常时候的 I²C 总线信号波形, 波形纯净规范, 说明监控异常不是由 I²C 总线读取错误造成的; 对比测试发现不同 TIA 会对接收监控的准确性有非常大的影响, 通过精确选择与 TIA 相连接的解耦电容, 能够大幅度降低异常几率; 试验验证了合理选择监控校准方程的系数是一种解决接收监控异常的有效办法。因此, 精确选择 TIA 解耦电容和软件校准这 2 种方法相配合, 能够完全解决无光时的接收监控异常问题。

在实际使用过程中, 可以先通过调整与 TIA 监控信号所连接的解耦电容来大幅降低监控异常的几率, 然后对不能完全消除的噪声进行监控偏移量调整, 用软件校准的方式舍弃部分模/数转换数据得以完全消除噪声。但是, 若不能够通过硬件大幅度降低噪声, 软件校准的偏移量过大时, 监控精度就会大幅降低, 例如 -35 dBm 的监控精度可能会降低到只有 -25 dBm 。因此本文所提的硬件解决办法和软件校准方法需适当配合使用。

参考文献:

- [1] SFF Committee. Specification for diagnostic monitoring interface for optical transceivers, SFF-8472-2012[S]. San Jose: SFF Committee, 2012.
- [2] DUTTON H J R. Understanding optical communications[J]. International Technical Support Organization, 1998(9): 231-232.
- [3] SFF Committee. Cooperation agreement for small form-factor pluggable transceivers, INF-8074[S]. Santa Clara: SFF Committee, 2001.
- [4] Maxim Integrated. Introduction to LVDS, PECL, and CML [EB/OL]. [2022-08-31]. <https://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN291.pdf>.

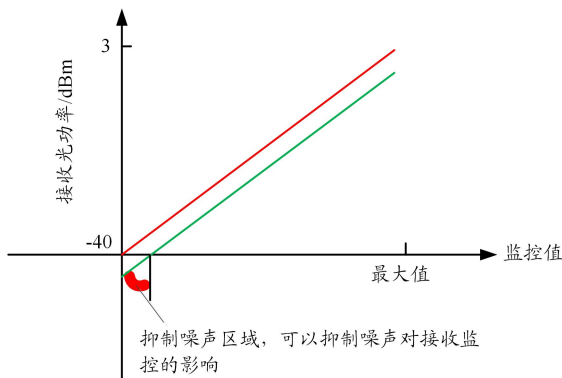


图 4 接收监控曲线图