

基于快速采样保持的突发光功率监控设计

李子强, 吕 辉, 杨 涛

(湖北工业大学 理学院, 湖北 武汉 430068)

摘要:由于突发包具有突发和大动态范围的特点,因此快速准确地检测突发光包的光功率是一个难点。文章简要介绍了光功率监控的基本原理,阐述了使用快速采样保持技术来实现突发光功率监控的方法。根据此方法设计了监控电路,并完成了配套的校准方法。实验结果表明,该方法监控精度高,动态范围大,能满足突发光功率监控的要求,且大大降低了对模数转换器的速率要求。

关键词:采样;突发;监控

中图分类号:TN25

文献标志码:A

文章编号:1005-8788(2013)06-0046-03

Design of burst optical power monitoring based on fast sampling and holding

Li Ziqiang, Lv Hui, Yang Tao

(School of Science, Huibei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: As burst optical packets have the feature of bursting and large dynamic scope, fast and accurate detection of their optical power is difficult. This paper briefly introduces the basic principle of optical power monitoring and describes the use of the use the fast sampling and holding technology method for its implementation. Furthermore, it uses this method to design a monitoring circuit and accomplishes the relevant calibration method. The experimental results show that with high accuracy and large dynamic scope this method meets the requirements for the burst optical power monitoring and greatly lower the speed requirement for A/D converters.

Key words: sampling; burst; monitoring

0 引 言

目前,光模块一般带有 DDM(数字诊断监测)功能,要求光模块符合 SFF(小外形规格)-8472 协议,支持光模块 DMI(数字诊断监测接口)功能,提供对光模块工作温度、供电电压、偏置电流、发送光功率和接收光功率等参数的监控^[1]。尤其是光收发合一模块,在应用于系统设备中时,系统要求能够对接接收光功率进行实时监控,以实现对整个系统的良好管理,这就要求光模块能够提供性能稳定、精度较高的光功率监控接口。在 SFF-8472 协议中,要求接收光功率精度误差不超过 ± 3 dB。

一般光模块在工作时接收到的是连续光,对这种连续光的采集比较简单。但对于 PON(无源光网络)中的 OLT(光线路终端)来说,接收到的是突发光,每个光包的幅度和相位不一致,无法采用普通的采集方法对每个 ONU(光网络单元)的上行光进行测量^[2]。

对于连续光来说,到达光模块的光功率在时域上是恒定的,采集电路的参数选取比较简单。但对

于幅度相差过大的突发光包来说,光模块接收到的光功率在时域上是突变的,要求采集电路在极短的时间内能够处理这种大动态范围的突发光包,因此采用的方法与连续光功率采集有很大的不同^[3]。

本文将介绍一种基于快速采样保持的突发光功率监控方法,能够在动态范围的突发光包条件下实现对突发光功率的精确监控。该方法不仅可用于 PON 系统的光模块中,也可以用于突发光交换或突发光功率计的监控设计中。

1 光功率监控原理

光纤通信中最常用的光电检测器是 PIN(光电二极管)和 APD(雪崩光电二极管)。对模块接收光功率的测量一般采用间接检测的方法,常用的有电压检测法和电流检测法^[4]。电压检测法是通过检测跨阻放大器的输出电信号幅度大小来计算光电探测器接收到的光信号大小。电流检测法则是通过直接检测流过光电探测器的电流大小来计算光信号大小。这两种方法中,电流检测法使用比较普遍。

图 1 所示为一种常用的接收光功率监控电路。

收稿日期:2013-08-26

基金项目:湖北省教育厅科学技术研究计划优秀中青年人才项目资助(Q20121404)

作者简介:李子强(1960-),男,湖北武穴人,副教授,学士,主要研究方向为光电器件和应用数学。

通讯作者:吕辉,副教授。E-mail:simonlv76@gmail.com

光电检测器按照一定的转换关系将接收到的光功率转化为光电流 i_1 ，若直接采用电阻对该电流进行取样，则电阻压降或偏置电压过高等原因会造成精度低或后级不易测量，因此常用的方法是通过镜像电流源将 i_1 按照一定比例映射输出电流 i_2 ，再通过电阻取样的方式转换成电压 V_{mon} ，MCU(微控制器单元)通过 ADC(模数转换器)读取该电压值就可以知道流过光电探测器的光电流的大小，从而得到光电探测器接收到的光功率^[5]。

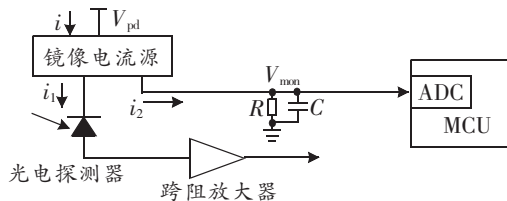


图1 连续光功率监控原理

我们可以看到，采用这种方法只能检测连续光功率。对于突发光来说，由于光包间隔可能只有几十纳秒，且光包长度也许只有几百纳秒，对于大多数 ADC 来说，这个时间太短了，因此在一个短光包周期内无法完成一次模数转换，电路的响应速度难以支持监控电路对这种突发光包作出快速反应，因此必须采用快速采样保持法实现对突发光功率的监控^[6]。

2 快速采样保持方法

与连续光功率监控电路相比，快速采样电路主要是增加了快速采样开关和符合一定时序要求的触发信号，如图2所示。由于上行的突发光包信号大小不一，为了采集一个特定的突发光包，首先需要知道该光包到来的时刻。一般在 PON 系统中，当完成测距和动态带宽分配后，每个光包到达 OLT 的时间已经确定。当需要进行采样的突发光包到来时，系统会产生一个触发信号给光模块，该触发信号不仅用于控制快速采样开关，同时也送给 MCU，便于 MCU 进行模数转换准备动作。

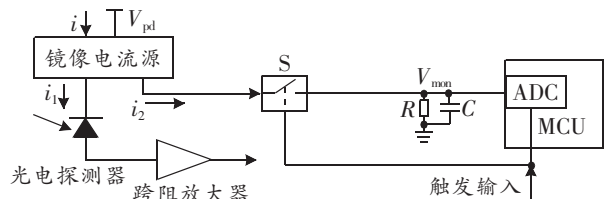


图2 快速采样保持原理图

图2中，在触发信号的有效期内，快速采样开关 S 闭合，镜像电流 i_2 对电容 C 充电，经过一定的时间

充电稳定后，电压值保存在电容 C 上，构成采样周期。触发信号的下降沿用于向 MCU 提供外部硬件中断信号，以启动一次模数转换。由于该充放电回路的 RC 时间常数远大于模数转换周期，在进行模数转换时电容 C 上的电压几乎是恒定的，因此可以保证整个监控精度在允许的误差范围内。

3 监控电路设计

上一节描述了采用快速保持方法实现突发光功率监控的基本原理，但要想实现大动态范围的快速精确监控，还需要对监控电路进行优化。

图3所示为优化后的监控电路框图。镜像电流源输出的电流 i_2 直接给 C_1 充电。 R_1 的选取要兼顾到充电电压和放电时间常数的大小。电容 C_1 上的最终充电电压大小等于电流 i_2 和电阻 R_1 的乘积，因此在整个光信号动态范围内，电容 C_1 上的电压既不能超过 ADC 的参考电压上限，也不能在采集到最小光时电压过小，这样会因 ADC 的分辨率不足而导致无法进行精确转换。电容 C_1 的选取一般采取折衷的方法，由于大幅度的突发光包会带来拖尾效应，会使跟随其后的小信号光包被掩盖，从而导致小信号光包监控不准，为了尽可能地消除这种影响，RC 放电时间常数必须足够小。在优先满足响应时间的条件下，电容 C 尽量选取稍大的值，这样其上的电压波动较小，采集的结果就会更准确。

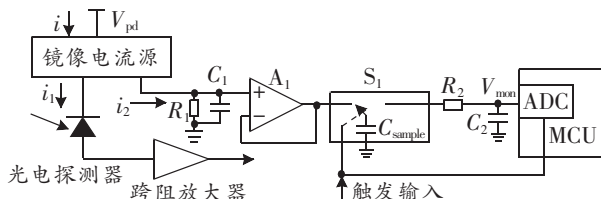


图3 优化后的监控电路框图

图中， A_1 为运算放大器构成的射极跟随器，起到阻抗隔离的作用。由于射极跟随器有输入阻抗大、输出阻抗小的特点，因此在 C_{sample} 进行充电时，既不会对 C_1 的电压造成影响，又能加快充电速度。 S_1 为单刀双掷开关， C_{sample} 充电时， S_1 掷向运放一边，充电完成进行保持时， S_1 掷向模数转换一边。在进行保持时， C_{sample} 通过 R_2 向 C_2 充电，ADC 通过对 C_2 上的电压 V_{mon} 进行转换从而得到该电压的监控值。

4 校准方法

监控电路的校准系统框图如图4所示。图中，

校准控制器根据一定的时序要求向突发光源发出 BEN(突发使能)信号,使突发光源发出一定占空比的突发光包,该突发光包经程控衰减器衰减后由分路器分为两路,一路送给光功率计进行功率监控,另一路送给待校准的光模块。

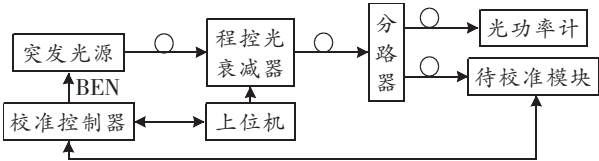


图 4 校准系统框图

校准控制器还发出一定时序的触发信号给光模块监控电路,使监控电路配合到来的突发光包进行采样保持及模数转换等动作。由于进行的是多点校准,程控衰减器按照上位机指令变换不同的衰减值,光模块会在不同的功率点进行校准,以消除电路非线性造成的监控误差。

图 5 所示为校准时序图,整个校准过程由校准控制器和上位机自动操作,如需要采用不同的校准时序,则只需对校准控制器进行时序更新即可。

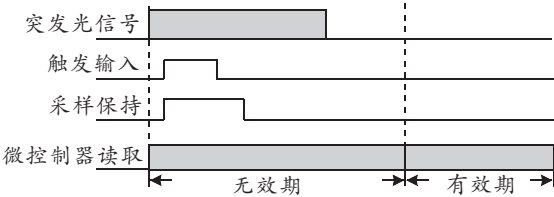


图 5 校准时序图

5 实验结果

表 1 所示为经过校准后的监控电路在室温下对不同功率突发光包的监控值。

表 1 监控结果

突发光信号功率/dBm	监控值/dBm	误差/dB
-8	-7.3	0.7
-10	-10.3	-0.3
-12	-11.9	0.1
-14	-13.8	0.2
-16	-16.3	-0.3
-18	-18.2	-0.2
-20	-19.9	0.1
-22	-22.2	-0.2
-25	-25.1	-0.1
-28	-28.2	-0.2

从表中可以看到,监控值在实际值上下摆动,且误差值在允许的范围(一般监控上报要求误差不大于±3 dB)。图 6 所示为对应的监控结果图。

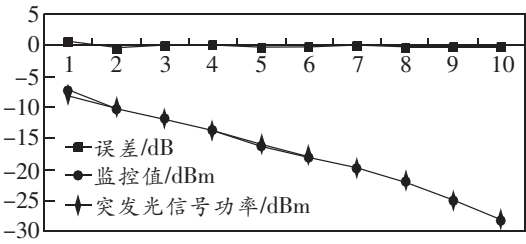


图 6 监控结果图

6 结束语

对于连续光监控来说,由于不需要考虑采样保持及转换的时序要求,因此只需将光电流信号提取出来进行常规的 RC 滤波即可得到准确的监控上报值。但对于突发光的监控,由于涉及到时序问题,因此必须采用特殊的电路进行处理。本文提到的采用快速采样保持的突发光功率监控方法可以很好地处理这种突发光包的监控问题,通过对实际监控电路的测试可知,整个电路和方案完全满足实际使用的要求,可广泛应用于各种突发光的检测中。

参考文献:

[1] SFF-8472-2010, Specification for Diagnostic Monitoring Interface for Optical Transceivers [S].

[2] ITU-T Recommendation G. 984. 1-2010, Digital sections and digital line system - Optical line systems for local and access networks [S].

[3] 郭德亮. 突发光信号接收检测模块设计与研究 [D]. 浙江:浙江工业大学信息工程学院,2008. 7-10.

[4] Yu Hui, Korn Dietmar, Pantouvaki Marianna, et al. Using carrier-depletion silicon modulators for optical power monitoring [J]. Optics Letters, 2012, 37 (22): 4681-4683.

[5] 陈永泰,徐晓东. 微弱光信号功率的高精度测量技术 [J]. 武汉理工大学学报·信息与管理工程版,2006, 28(11):122-124.

[6] Xu Jiang, Xin Shuai, Bing Ju, et al. Circuit for Monitoring the Receiver of an Optical Transceiver and the Method for Monitoring Burst Mode Optical Power There of [P]. United States, US 2013/0108261 A1, 2013-05-02.