

便携式光通信综合测试仪的研制

林 伟¹ 马新香²

(1. 中国电子科技集团公司第41研究所 蚌埠 233010; 2. 蚌埠移动运行维护部 蚌埠 233000)

摘 要: 以往只能测试单方面参数、指标的仪器已逐渐满足不了现代通信综合测试的需要。便携式光通信综合测试仪综合集成系列误码测试仪、光源和光功率计于一体,采用内部电池供电。具备多功能、小型化和低成本的特点,可对通信系统进行综合性能测试和评估。主要论述便携式光通信综合测试仪主要性能指标、整机工作原理及设计,对整机设计中的基于数字化综合集成设计技术、基于FPGA误码测试设计技术、低功耗设计技术等关键技术进行了分析。目前,国内外没有这类综合性的仪器,已创造产值近千万元,显示出非常好的市场前景。

关键词: 误码仪;光源;光功率计;光通信综合测试仪;低功耗

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

Development of a portable optical telecommunication integrated tester

Lin Wei¹ Ma Xinxiang²

(1. The 41st Research Institute of CETC, Bengbu 233010, China; 2. The Operation and Maintenance Department of Bengbu Mobile, Bengbu 233000, China)

Abstract: The instrument which previously only test a single parameter or index has gradually cannot satisfy the demands of the modern communication comprehensive test. The Portable Optical Telecommunication Integrated Tester, which has integrated series of error test, laser source and optical power meter, is supplied by internal battery powers. The integrated tester has the character of multi-functional, miniaturization and low cost consumption, and it's applied to the test and evaluation of communications system. This report expatiates on the main performance and specifications, hardware design scheme of Portable Optical Telecommunication Integrated Tester. It analyzes the key technologies such as synthesis and integration design technology based on digitalization, error test design technology based on FPGA and low power consumption design technology etc. Currently, no such integrated instrument at home and abroad, it has nearly ten million yuan of value of output, showing very good market prospect.

Keywords: error tester; laser source; optical power meter; optical telecommunication integrated tester; low power consumption

1 引言

数字光通信系统的测试包含了从模拟到数字,从电信号到光信号,从用户信息到信令、协议,从系统质量测试到网络监视管理等诸多环节,所需测试的参数、功能很多。以往只能测试单方面参数、指标的仪器已逐渐满足不了现代通信综合测试的需要^[1]。针对现代通信测试的新要求,本产品把最常用的系列误码仪、光源和光功率计等产品综合集成在一起,专门开发了适合现代通信测试特点的

便携式光通信综合测试仪。

便携式光通信综合测试仪是针对现代通信测试需求的一种全新的产品,综合集成系列误码测试仪、光源和光功率计于一体,内部电池供电。可以进行 G. 703 非帧/成帧接口、V. 24、V. 35、A、K 接口误码测试; 1 310 nm、1 550 nm 的光输出和光功率测量。具备多功能、小型化和低成本的特点,广泛用于数字通信、数据通信及野战地域网等网络 and 设备的研制、生产和维护保障测试,以及光纤光缆维护测试^[2-3]。

收稿日期:2015-02

2 整机工作原理及设计

便携式光通信综合测试仪综合集成了系列误码测试仪、光源和光功率计3种测试仪器的功能,是一个综合性的数字光纤通信测试仪器。模块化硬件设计是现代电子系统主要方法之一,是提高系统可靠性、缩短研制周期的有效方法^[4]。在整机电路设计上采用共享的硬件平台和数字化的设计方案,即数字电路以大规模可编程器件为硬

件平台,综合集成系列误码测试所需的各种电路、光源、光功率等电路的控制等电路。

为了满足内部电池供电的要求,除电路设计上采取共享的硬件平台和数字化的设计方案外,在低功耗设计上;另一方面使用大容量、记忆效应小、温度范围宽的锂电池;另一方面降低硬件电路的功耗;实现按功能供电;充分利用CPU的休眠功能,使电量得到有效地使用。

硬件总体原理如图1所示。

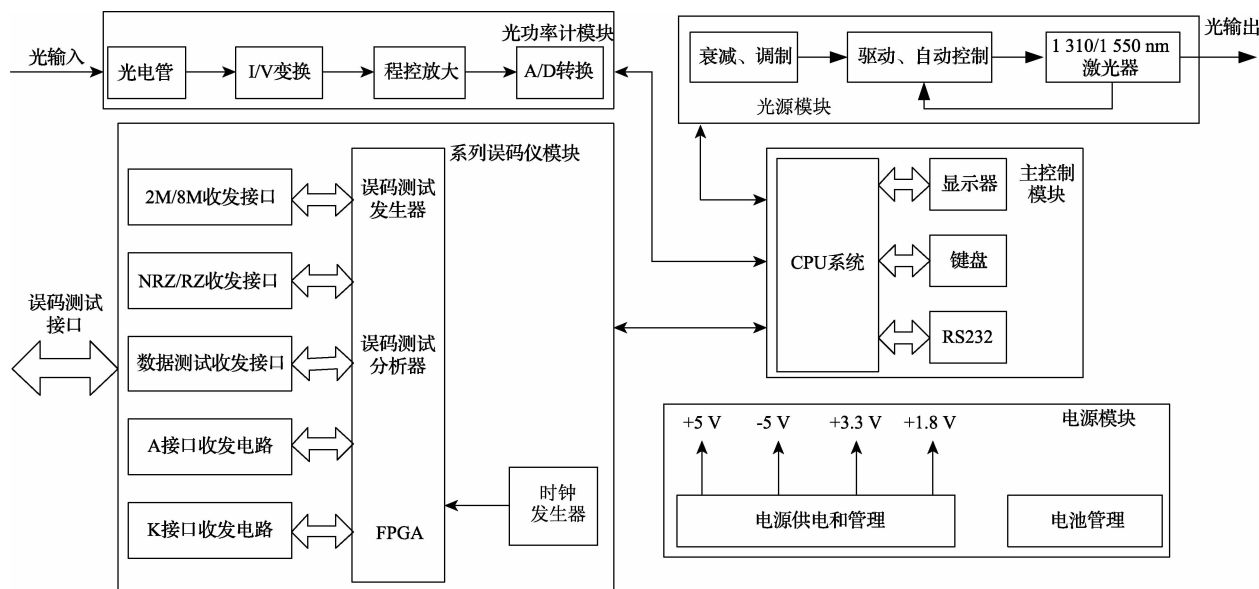


图1 整机原理

整机从功能上主要划分为系列误码测试仪模块、光源模块、光功率计模块、主控模块和电源模块。系列误码测试仪模块由输入输出接口电路、时钟发生器和大规模的FPGA电路组成。完成2M/8M非成帧/成帧接口误码和告警的插入和测量功能,可以进行在线和中断业务下2种方式测量,其他测试接口有NRZ/RZ、V.24和V.35数据口、A接口、K接口。误码和告警测试主要由FPGA来完成,主要分为发端模块和收端模块^[5],在FPGA中要完成的电路包括发生器的成帧电路、图形发生电路、误码和告警插入电路,接收器的帧同步电路、图形同步电路、误码和告警检测电路等。其输入/输出电路采用通用的接口芯片来完成。光源模块提供稳定的光功率输出,主要由调制电路、自动功率控制、半导体激光器组件和保护电路等组成,输出功率 ≥ -7 dBm,波长有1310 nm和1550 nm选择;在整机中采用半导体激光器作为测试光源。由于对激光器输出功率有着比较严格的要求,对驱动电路的设计就显得尤为重要^[5]。光功率计模块通过光电管将被测光功率转换成与之成正比的光电流,送到程控放大电路转变成一定的电压信号,再经A/D变换得到表示光功率大小的数字量。可进行1310 nm、1550 nm波长校准等处理,测

量范围从 -50 dBm到 $+10$ dBm。主控模块为整机的控制、处理模块,包括CPU系统、显示和键盘等部分。CPU采用ARM控制器,ARM具有丰富的外设接口,集成有显示控制器,具有良好的开发平台和低功耗等优点。设计方便,非常适合于便携式应用。电源模块为整机提供各种电源及进行电池的充放电管理。电源输出有 $+12$ V、 $+5$ V、 -5 V、 $+3.3$ V、 $+1.8$ V。

3 关键技术的解决

3.1 基于数字化综合集成设计技术

本产品是一个综合性的测试仪器,要在一个便携式仪表中集成系列误码仪、光源和光功率计3类仪表的测试功能,综合集成设计是本产品最关键的技术。如果采用常规的设计方法,将3种不同的测试功能各自独立设计,会导致电路规模过大,功耗过高,无法集成到一个便携设备中。为了提高集成度,必须选择合适的设计方案。所以在整机电路设计上采用共享的硬件平台和数字化的设计方案,即数字电路以大规模可编程器件为硬件平台,综合集成系列误码测试所需的各种电路、光源、光功率等电路的控制等电路,这就大大提高了整机的集成度,对节省体积、降低重

量、减少功耗起到了很大的作用^[7]。高集成度的电路设计方案是保证产品实现低功耗、小型化的一个重要的方面。同时设计中还加强了低功耗、小型化的设计。

在低功耗设计上,除电路设计采取共享的硬件平台和数字化的设计方案外,还在降低硬件电路的功耗上采取多种措施。采用低功耗器件;根据仪器的状态关闭暂不使用的电路,实现按功能供电;在软件编程时,充分利用CPU的休眠功能,使电量得到有效地使用。

在小型化设计上,内部电池所占体积的相对较大,为了减少体积,采用容量大、体积小的锂电池,并且到厂家直接定制外形尺寸。电阻、电容、三极管等分立器件和集成电路电路选用表面贴装器件,对FPGA、CPU器件选用BGA封装,PCB设计上采用双面焊接。

3.2 基于FPGA 误码测试设计技术

2 Mb/s 数字综合测试仪除完成 2 Mb/s 非帧和帧结构各种测试图形的误码测量外,还要具有告警的产生和检测、开销设置和监视、信令比特的设置和监视、频率测量、PCM 数字序列的产生和测量等功能。对于这样要求的 2 Mb/s 数字综合测试仪就不可能用现成的商用器件来设

计,只有通过大规模可编程 FPGA 来自行设计。采用FPGA模块化设计技术,所谓的FPGA 模块化设计就是将系统按照一定规则划分成若干模块,然后对每个模块分别进行设计、综合,并将实现结果约束在预先设置好的区域内,最后将所有模块的实现结果有机的组织起来完成整个系统的设计^[8]。

误码测试原理如图2所示。发送部分是一个2 Mb/s的数字通信信号源。用以产生各种帧结构、图形和码型的测试信号。包括时钟发生器、图形发生器、告警插入电路、误码插入电路、编码器和输出电路。图形发生器产生各种伪随机图形、字图形数据。如输出2 Mb/s 非帧结构数据,将图形发生器产生的NRZ数据经码型变换后直接输出;如输出2 Mb/s 的帧结构数据,需将图形发生器产生的NRZ数据,同帧定位发生器、复帧定位发生器和CRC复帧定位发生器产生的信号进行信号合成,产生2 Mb/s PCM 帧结构数据,测试图形装入2 Mb/s 帧结构指定的时隙中。最后经码型变换器变换为AMI或HDB3码输出。此外发送部分还能提供告警和误码插入,各种开销和信令比特设置。

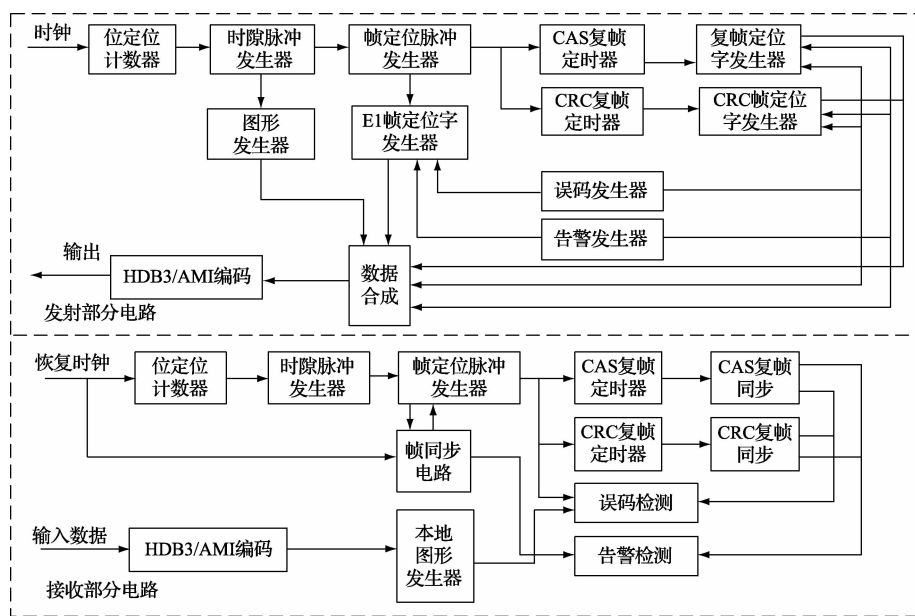


图2 2 Mb/s 数字综合测试仪模块

用来进行误码、告警和电参数的测量,以及各种功能检查。接收到的数据经放大、整形后进行时钟恢复,提取出恢复时钟。同时数据由解码器进行AMI/HDB3解码,变成NRZ信号,在解码器中还检测出编码误码。定时发生器产生2 Mb/s 帧解复用所需的各种时钟信号,在时钟的定时作用下,分离出相应的测试图形,在误码检测器中,本地图形发生器产生的PRBS或字图形与解码后的数据逐位比较测得比特误码。误码送入计数器计数,最后经CPU处理即可得被测系统的误码。误码种类有比特误

码、编码误码、FAS、CRC4和远端块误码,同时还进行ITU-T G. 821、G. 826、M. 2100等码性能分析。告警是由各部分电路分别检测出来的。如信号丢失在输入电路中检测,帧丢失在解复用器中检测等。

3.3 低功耗设计技术

低功耗设计技术,除了上面提到的提高集成度和采用数字信号处理的技术所带来的功耗降低外,在硬件设计上还可在元器件的选择、功率的控制、电源的供给和印制板的布线进行综合考虑。同时除硬件采取措施外,还采取软

件控制的方法进一步降低系统的功耗。

1) 在设计中尽量选用低电压、低功耗的器件,市场上各种通用芯片的功能、性能、功耗、工作电压等千差万别,应选择低压低功耗,性能合适的芯片进行设计,这样可以较大的降低功耗,而且这样的芯片通常也是新投产的,具有较长的生命周期。

2) 器件的功率控制。很多低功耗器件都提供了睡眠功能,在不使用某项功能时就该部分电路进入睡眠状态。在电源的供给上,应使用DC/DC转换器,而不能使用线性稳压器,虽然这样会导致电源噪声变大,但通过使用低ESR的钽电容,也能较好的解决这个问题。

3) 从软件设计、电源管理上进一步降低系统的功耗。首先根据整机当前实际使用功能,按需分片供电。保证电池的供电用到该用的地方,提高电池的使用效率。再次由于CPU是整机的核心,在设计中将采用低功耗的CPU。设置闲置等待时间,当CPU闲置时间满足定时器的设置,CPU自动进入等待模式并关断未使用器件的电源;若有外部事件触发,系统会自动进入正常操作模式。整机的电源分配与管理如图3所示。通过以上硬件措施,可以较为有效地降低系统的功耗,同时也减小了产品的尺寸、重量,确保了仪器能长时间电池供电。

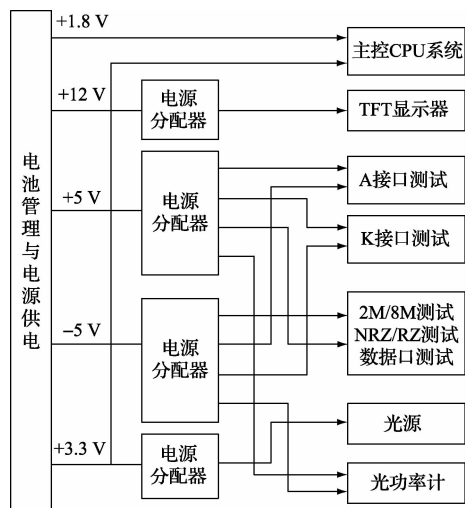


图3 整机电源分配与管理

3.4 光功率计的补偿校准技术

光功率计模块工作原理见图4所示。光电管接收光输入后,产生与输入光功率成正比的电流信号,经I/V变换、程控放大电路等放大到一定的电压,再经A/D变换得到表示光功率大小的数字量,送到CPU进行运算和处理^[9]。CPU根据结果控制程控放大器的增益和参考电压的大小以及根据按键设置进行调零、平均、量程选择、测量方式转换、波长设定及相应的波长校准等处理。

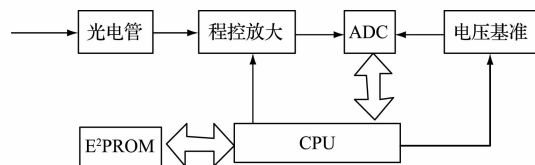


图4 光功率计模块工作原理

在光电检测系统中,与光电探测器紧密连接的低噪声前置放大器,其任务是:放大光电探测器输出的微弱电信号,匹配放大器与光电探测器之间的阻抗。光电检测器电路的噪声主要来自前置放大器的噪声、偏置电路噪声以及探测器本身的噪声^[10]。

光电探测器是光功率测量的核心器件,采用TO封装,与主机一体化设计,提高仪器的可靠性,选用低噪声、高响应度、温度稳定性好的光电管作为探测器。采用高分辨率的串行ADC,提高动态范围。在小信号时采用的低通滤波和数字滤波等方法使数据更稳定。针对光电管的一致性问题,采用补偿放大电路,通过调节信号的放大倍数来调节光电管的一致性。光功率测试中,测量通路的自动零点调节、波长校准、测量量程校准和数据处理非常重要,这些工作主要通过软件来实现。如放大器输入失调电流、PIN光电二极管暗电流及温漂等变化而引起放大器输出零点的漂移,采用调零电位器得不到一次性的解决,为此采用软件调零的方法来补偿零点;半导体光电二极管的光谱响应曲线并不平坦,响应度随着输入光波长的改变而改变,对于不同的波长,即使有相同的输入光功率,PIN管输出的光电流也不相同。为实现全波段的测量,必须进行光谱响应度补偿。校准时采用可变波长光源和标准光功率计,测出各个波长点的校准数据,老式功率计需使用编程器来补偿校准数据,很费时间。本次设计在电路上增加了E²PROM,用于存储校准数据,可以直接使用面板按键进行数据补偿校准,免除了二次编程,同时预留存储特殊波长点的校准参数,可随时按照用户需求进行校准,无需再次编程。对采集的原始测量数据、校准数据、处理后的修正数据以及用于显示输出的格式化数据等占用空间较大的数据采取共享存储区的管理方式^[11]。

4 测试结果及分析

通过表1与国外最高水平同类产品主要技术指标比较发现,便携式光通信综合测试仪除了具有传统的G.703成帧/非帧、V.24、V.35测试以外,还添加了A、K接口误码测试、1310 nm、1550 nm的光输出和光功率测量,综合集成了系列误码仪、光源和光功率计3种仪器的测试功能,且误码测试功能更齐全更丰富,达到了设计要求。

表1 与国外同类产品对比

功能\产品	安立 MS371A	本产品
2M 测试接口	G\, 703	G, 703
2M 帧结构	非帧、PCM30、PCM31	非帧、PCM30、PCM31、PCM30+CRC、PCM31+CRC
2M 测试图形	$2^{11}-1$ 、 $2^{15}-1$ 、8 比特字	2^6-1 、 2^9-1 、 $2^{20}-1$ 、 $2^{23}-1$ 16 比特可编程字
2M 误码测量	比特、帧、编码误码	比特、帧、编码误码、CRC-4 和 CRC-4 远端误码
2M 误码插入	无	有
2M 误码性能分析	ITU-T G, 821	ITU-T G, 821、ITU-T G, 826、ITU-T M, 2100
2M 告警发生检测	有, 种类不全	有
2M 开销设置和监视	无	有
2M 信令设置和监测	有	有
2M 频率和频偏测量	无	有
8M、NRZ/RZ、数据口测试	无	有
A、K 接口测试		
		定标波长: 1 310、1 550 nm
光功率测量	无	测量范围: $-50 \sim +10$ dBm
		测量准确度: ± 0.2 dB
		波长: 1 310、1 550 nm
光源	无	输出光功率: ≥ -7 dBm
		稳定度: ± 0.2 dB/6h
电源、功耗	AC 220 V, 250 VA	直流/内部电池, 约 25 VA
体积(长 $\times$ 宽 $\times$ 高)	425 mm $\times$ 451 mm $\times$ 177 mm	255 mm $\times$ 190 mm $\times$ 90 mm
重量	25 kg	3.5 kg

5 结 论

该文所提出的便携式光通信综合测试仪,是针对现代通信测试需求提出的一种综合性的产品,解决目前测试中需要多台测试仪器、测试成本高、携带和使用不方便、无法快速故障查找和测试等缺陷。

国内外没有这类综合性的仪器。大多是单独的光纤通信测量仪器或数字通信测量仪器,光纤通信测量仪器集成了光源和光功率计,而数字通信测量仪器只有单独的数字通信测试。

截止目前,某部已批量订购该类产品,创造产值近千万元,显示出非常好的市场前景。做为后期改进升级可以考虑添加 OTDR、话路特性测试和网络协议测试功能。

参 考 文 献

- [1] 李立功. 数字通信测量仪器[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [2] 林伟,汪成龙,李少东,等. 光通信综合测试仪:中国,200910184523.5 [P]. 2010-2-10.
- [3] 林伟,汪成龙,李少东,等. K 接口误码测试方法及其系统:中国,200910184522.0 [P]. 2010-2-10.
- [4] 陈宝伟,周天,鲁东,等. 形位测量仪分布式模块化硬件设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(1):83-88.
- [5] 潘勇,袁慧梅,侯长宏. 基于 FPGA 的误码仪 IP 核的设计与实现[J]. 仪表技术与传感器,2009(3):27-29.
- [6] 刘宝元,郭小云. 实用小功率半导体激光器驱动电路的设计[J]. 光电技术应用,2009,24(5):40-43.
- [7] 林伟,马新香. 基于 PCI 总线的多协议数据误码测量模块的设计[J]. 电子质量,2010(8):10-12.
- [8] 张松,李筠. FPGA 的模块化设计方法[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(5):560-565.
- [9] 雷卫宁. 基于 ARM 的便携式高精度激光功率计设计[J]. 电子测量技术,2014,37(4):96-99.
- [10] 兰羽,张玉洁. 光电探测中低噪声前置放大器的设计[J]. 国外电子测量技术,2012,31(6):84-86.
- [11] 李树彪,韩敬伟. 基于多任务的智能测量仪器嵌入式软件设计[J]. 仪器仪表学报,2013,34(增刊2):1-7.

作 者 简 介

林伟,1983 年出生,工程师。主要研究方向为通信测试仪器的硬件设计开发。

E-mail:soniclw@126.com

马新香,1984 年出生,主要研究方向为移动通信传输网络维护、支撑及优化。

E-mail:mxx_210@163.com