

光纤熔接基础平台设计与实现

贺永亮

(中国电子科技集团公司 第四十一研究所, 安徽 蚌埠 233010)

摘要: 为了满足光纤通信市场对各类光纤熔接机产品的需求, 从产品模块化的角度设计了光纤熔接机基础平台。结合系统框图给出了基础平台的总体设计方案, 并对基础平台的主要组成进行了详细的介绍, 然后描述了验证测试方案以及测试结果。试验结果表明: 该方案合理可行, 满足各类光纤熔接机产品快速响应市场的需求。

关键词: 光纤熔接机; 基础平台; 剪断法; 接续损耗

中图分类号: TN913.7 文献标志码: A 文章编号: 1002-5561(2020)08-0035-03

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2020.08.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design and implementation of the basic platform for optical fiber fusion

HE Yongliang

(The 41th Research Institute of CETC, Bengbu Anhui 233010, China)

Abstract: In order to meet the market demand for all kinds of optical fiber fusion splicer products, the basic platform of optical fiber fusion splicer is designed from the perspective of product modularization. In this paper, the overall design scheme of the basic platform is given together with the system block diagram, and the main components of the basic platform are introduced in detail, and then the verification test scheme and test results are described. Experimental results indicate that the scheme is reasonable and feasible, it meets the needs of optical fiber fusion splicer products to quickly respond to the market.

Key words: optical fiber fusion splicer; basic platform; cutting method; splice loss

0 引言

随着“互联网+”行动计划的提出, 虚拟现实、物联网、5G 通信、大数据和云计算的广泛应用将带动光通信的又一波发展^[1]。作为光纤通信工程施工及维护的主要设备——光纤熔接机也进入了新一轮的高速发展时期。针对不同的用户需求, 比如单模光纤、多模光纤、保偏光纤、大芯径大数值孔径光纤、双包层光纤和三角芯光纤等, 需要向用户提供不同型号的光纤熔接机。作为熔接机核心部件之一的基础平台, 能否实现模块化和通用化, 关系到熔接机新产品的市场响应速度和生产效率。

收稿日期: 2020-05-22。

基金项目: 安徽省重点研究与开发计划项目(201904a07020075)资助。

作者简介: 贺永亮(1972—), 男, 硕士, 高级工程师, 现就职于中国电子科技集团公司第四十一研究所, 主要从事光纤通信相关仪器设备的研发工作。负责完成省部级项目 2 项, 获省部级科技进步二等奖 2 项、三等奖 3 项。



ARM 处理器基于 Cortex-A5 内核, 配合现场可编程门阵列(FPGA)强大的并行任务处理能力, 使其能满足不同类型的熔接机设计需求。另外, 该处理器具有方便的移植能力, 为后续系统功能扩展提供了强有力的保障。基于此, 本文设计一种基于 ARM 处理器+FPGA 模式的基础平台系统。

1 光纤熔接机基础平台总体设计方案

本文设计的熔接机基础平台系统框图如图 1 所示。FPGA 通过外部总线接口(EBI)与 Cortex-A5 连接, EBI 接口具有 64 MB×4 寻址空间和 16 位数据宽度, 完全能满足 Cortex-A5 与 FPGA 之间的数据交换需求。Cortex-A5 直接与各类存储器(NAND 闪存、DDR-II 和 EEPROM)、人机交互接口(按键、显示触摸屏和显示器接口)以及外部接口(USB、SD)相连。基于 Cortex-A5 电源管理的复杂性, 本设计直接使用集成电源管理方案(PMIC)。各种环境状态条件(如温度、湿度和气压等)数字化后由 FPGA 读取, 同时 FPGA 还控制步进电机、高压放电以及各种告警装置。进行光纤图像识别的互补

金属氧化物(COMS)传感器由FPGA控制,通过Cortex-A5的串行接口(ISA)将纤芯图像传输到视频内存。

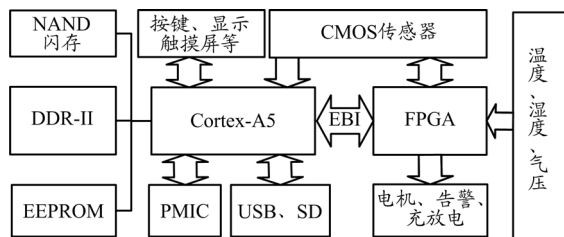


图1 熔接机基础平台系统框图

2 光纤熔接机基础平台系统设计

2.1 环境参数获取

为了获取低损耗接续,需要设置合适的放电电流。对于某一固定的放电电流,当外部环境(温度、湿度和气压等)发生变化时,熔接效果也会有较大的差异^[2]。根据工程实践,放电电流是温度、湿度和气压的函数,通过对外部环境的检测,获取相关参数,即可计算出放电电流。

实现数据采集有多种方案,采用FPGA进行数据采集具有运算速度快、可移植性强、系统负荷低和比较适合在线数据采集及运算等优点^[3]。电气上,温度、湿度及气压传感器直接和FPGA的I/O口相连;结构安装方面,考虑到机器内部的温度和湿度与放电位置有较大的差异,因此需要将温、湿度传感器安装到放电位置附近。系统启动后,FPGA连续读取温度、湿度以及气压等参数,将其保存在特定位置。放电之前,CPU通过EBI从FPGA读取当前的环境参数,计算出放电电流,对光纤进行放电熔接。

2.2 存储系统

存储系统由NAND闪存、DDR-II和EEPROM组成。系统固件保存在NAND闪存中,系统上电时,CPU检测到NAND闪存中存在有效代码,就会将固件复制到DDR-II并跳转到程序入口处开始执行^[4]。同时,一些出厂校准参数也会保存在NAND闪存中,供程序运行时根据需要进行读取。虽然Cortex-A5也支持在CS0片选的外部存储器上运行程序,但运行速度无法与DDR-II相比。因此,在进行系统设计时,采用DDR-II作为程序的运行介质,同时其剩余空间可作为程序运行的常规内存。为了方便用户使用,程序运行的一些参数需要实时保存,以便下次开机时可以恢复到以前的状态。由于NAND闪存的擦写次数只有100000次,因此用NAND闪存实时保存程序的运行参数是不合适的。对于这部分参数,可采用EEPROM

进行保存。一般情况下,EEPROM的擦写次数可达1000000次以上^[5],根据设定的擦写频率,按照用户每天开机10h估算,EEPROM的寿命可达10年以上,完全满足光纤熔接机系统对存储器的要求。

2.3 运动控制

光纤熔接机需要多个微型电机用于光纤的推进及调芯。系统对光纤的控制精度需达到微米级,同时整个调整机构的动作时间需要在数秒之内。为了兼顾时间和精度,必须对电机的速度进行控制。电机转速的控制方法可分为两类:励磁控制法和电枢电压控制法。因前者对速度有一定的限制,并且动态响应效果较差,本文采用电枢电压控制法。电枢电压控制法是通过调节脉冲宽度调制(PWM)触发信号的占空比来改变电机的平均输入电压,从而实现调速的目的^[6]。普通光纤熔接机系统中,共需要6个电机:推进、调芯和调焦各两个。考虑到系统的负荷,CPU将电机的位置信息通过EBI接口发送给FPGA,FPGA根据位置信息提供脉宽调制控制方案,最终通过功率器件驱动电机转动,同时通过位置反馈装置获取电机的位置信息,再实时修正电机的位置。在系统放电之前,上述方案及控制算法可以很好地工作。在放电瞬间,为了保证熔接点的质量,需要将两侧光纤往前推动。由于放电光强对成像系统有着致命的影响,会导致反馈装置无法正常工作,因此还需要解决放电过程中的电机控制精度问题。解决这个问题比较好的方案就是对推进位置进行校准:首先让电机停留在后端极限位置,放置一根光纤;然后控制电机转动到一定的位置 x_i ,测量光纤前进的距离 y_i ;重复上述过程,获取多组 (x_i, y_i) 参数,进行保存,保存的这些参数即可用于保证放电过程中的推进精度。

2.4 视频处理

光通信领域常用光纤的纤芯及包层直径分别为 $9\mu\text{m}$ 和 $125\mu\text{m}$,为了给用户比较直观的感受以及光纤处理精度的要求,一般需要将光纤放大200~300倍左右,这也称为光纤图像放大倍数,它是在显示屏上测量显示的光纤直径与光纤实际直径的比值^[7],可以通过复杂的光学成像系统来实现。光纤视频通过FPGA整形、滤波、裁剪和拼接后,输出到CPU的ISA。在ISA内部有2个通道:预览通道和解码通道。预览通道可对视频进行连续采集并保存到显示缓冲区内,作为显示光纤之用。解码通道在接收到触发信号时,可以截取当前视频的图像,用于对光纤切割质量和外观特征的分析判断。实际工作时,多个帧缓冲器可构成一

个链路来使用。3个帧缓冲器的应用如图2所示,第 n 帧映射到缓冲器0,第 $n+1$ 帧映射到帧缓冲器1,第 $n+2$ 帧映射到帧缓冲器2,如此循环。当发生解码请求时,解码帧将被存储到专用的内存空间。这种视频处理方式的大部分工作都由硬件完成,软件负荷较低,在保证视频处理速度的前提下,系统的实时性也得到了保证。

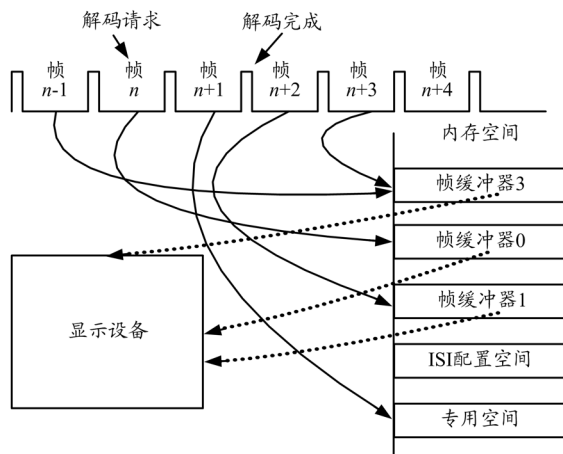


图2 缓冲器链路的构成原理

3 试验方案及测试结果

目前,本文已使用上述基础平台研制了小型化的光纤熔接机样机,各项功能和技术指标均满足设计要求。光纤熔接机作为一款工具类的设备,接续损耗是其主要的技术指标。对于单模光纤,其接续损耗要求小于0.02 dB。接续损耗的常用测试方法有后向散射法和剪断法^[7]。后向散射法操作简单,但测试结果的稳定性稍差,常在工程中使用。相对于散射法,剪断法操作复杂一些,但测试结果的稳定性较高,一般用于实验室或工厂检验。本文采用剪断法测试接续损耗,具体操作过程如下(如图3所示):使用光纤连接稳定光源和光功率计,保持光纤的自由状态;接通测试设备的电源并按设备的使用要求进行预热后,读出稳定光功率值 P_0 (dBm)作为剪断法的基准参考功率值,然后将光功率计切换到相对功率值显示模式(单位为dBm)并做归零操作;在 A_1 处将光纤剪断,用熔接机将断点熔接起来,恢复光纤自由状态,从光功率计上读出熔接后稳定的光功率相对值 X_1 (dBm),即为第一个接续点的接续损耗;继续在接续点 A_2 处将光纤剪断,并重新制备两侧光纤端面,制备端面时确保将原接续点剔除;制备好端面后再次将两侧光纤熔

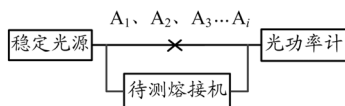


图3 接续损耗测试原理

接,恢复光纤至自由状态,从光功率计上读出熔接后稳定的光功率相对值 X_2 (dBm)。至少连续熔接5次,取算术平均值作为接续损耗。

本次试验选取3台样机,测试结果如表1所示。可以看出,样机的接续损耗均小于0.02 dB,满足设计要求。

表1 样机接续损耗测试结果

次数和平均值	损耗/dB		
	样机 1	样机 2	样机 3
1	0.012	0.015	0.017
2	0.008	0.011	0.013
3	0.015	0.014	0.012
4	0.011	0.010	0.014
5	0.005	0.009	0.015
平均值	0.010	0.012	0.014

4 结束语

基于本文设计的光纤熔接机基础平台已开发出多款样机,均通过各类测试验证,并已批量生产。此平台已纳入标准库,可直接用于各类熔接机产品的开发。结合其它专用功能模块,使得熔接机产品的设计变得异常简单,市场响应速度也很快。考虑到多种类熔接机的兼容问题,基础平台在成本控制方面略显不足。后续将对基础平台进行模块化设计,做到按需裁剪,优化成本。

参考文献:

- [1] 陈鹤鸣,庄煜阳. 模分复用系统关键技术研究进展[J]. 南京邮电大学学报(自然科学版),2018,38(1):37-44.
- [2] 唐子贤. 保偏光纤熔接机的研制[D]. 合肥:合肥工业大学仪器科学与光电工程学院,2006.
- [3] 李亚梅. 基于FPGA 双温度传感器温度采集系统的设计 [J]. 制造业自动化,2018,40(6):134-146.
- [4] Microchip. SAMA Series SMART ARM-based MPU DATASHEET [EB/OL]. (2016-02-02)[2020-05-08]. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATSAMA>.
- [5] Microchip. PC-Compatible Serial EEPROM 2Mbit DATASHEET [EB/OL]. (2015-05-01)[2020-05-08]. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/AT25MXX>.
- [6] 陈俊硕,刘景林,张金萍. 基于FPGA 的直流电机PWM 控制器设计[J]. 微电机,2019,42(10):23-25.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. 光纤熔接机通用规范:GB/T 17570-2019[S]. 北京:中国国家标准化管理委员会,2019:3-7.