

# 基于 DSP 和 FPGA 的 光学遥感器控制器系统设计

马天波,郭永飞,宁永慧

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 本文提出了一种基于 DSP 和 FPGA 的光学遥感器控制器系统的设计方案。该系统以 DSP 为核心处理器, FPGA 辅助其进行控制和通信, 实现了系统的工程参数采集、与卫星平台的 1553B 通信、与光学遥感器内各分系统的 RS485 通信功能。详细阐述了系统的组成和软硬件设计。实验结果表明, DSP 和 FPGA 能够很好协作完成控制和通信功能。相比基于单一处理器的系统, 本系统构架可以简化硬件设计, 灵活性强, 且工作稳定、可靠, 可应用于大多数控制系统。

**关键词:** 光学遥感器; 控制器; DSP; FPGA

中图分类号: TP274; TP332

文献标识码: A

DOI:10.3788/OMEI 20102702.0023

## Design of Optical Remote Sensor Controller System Based on DSP and FPGA

MA Tian-bo, GUO Yong-fei, NING Yong-hui

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun 130033, China)

**Abstract:** A design scheme of the optical remote sensor controller system based on DSP and FPGA was proposed in this paper. DSP was the main processor, FPGA assisted it in controlling and data communication in the system. The system implemented collection of project parameters, 1553B communication with satellite flat and RS485 communication with subsystems. The system composition, the hardware design and software design were described in detail. The experimental results showed that DSP was in perfect cooperation with FPGA while accomplishing control and communication. Compared with the system based on single processor, our system could reduce the complication of hardware design. It was stable, reliable and flexible, which could be applied to most control systems..

**Keywords:** optical remote sensor; controller; DSP; FPGA

## 1 引言

航天遥感技术是一项应用广泛的高科技,具有获取数据快、视域广、覆盖范围大、连续观测、不受领土限制等特点。近年来,随着航天遥感技术应用范围的不断扩大,现广泛应用于城市规划、气象预报、资源管理、农业调查、地理信息服务、环境监测以及军事侦查等诸多领域。发展航天遥感技术对于实现军事情报的现代化,维护国家安全,确保局部战争的胜利具有十分重要的作用<sup>[1-2]</sup>。光学遥感器是航天遥感技术中最重要的遥感器。因此,世界很多国家都在积极研制航天光学遥感器,进行航天遥感工作。

在光学遥感器的主体结构中,控制器是光学遥感器系统的核心,负责统一控制管理和协调光学遥感器内各个分系统的工作。本文从工程应用角度出发,设计了一种以 DSP 作为核心控制单元<sup>[3]</sup>,结合 FPGA 协处理器<sup>[4]</sup>的光学遥感器控制器系统,这种结构将 DSP 和 FPGA 两者结合、综合设计,兼顾了 DSP 的速度和 FPGA 的设计灵活性,能大大简化电路设计,并提高电路设计的灵活性,方便升级与修改。

## 2 系统组成及工作原理

### 2.1 系统组成

从功能上看,光学遥感器控制器系统主要由三大功能模块构成:工程参数采集,与卫星平台的 1553B 通信,与光学遥感器内其它分系统的 RS485 通信。

工程参数采集模块单元:利用 DSP 集成的 16 路 ADC 实现数据采集,根据外部遥测量的数目,由模拟开关实现切换,模拟开关的控制由 FPGA 软件辅助实现。

与卫星平台的 1553B 通信模块单元:采用 1553B 总线控制芯片实现通信,与 DSP 的地址线、数据线挂接,由 FPGA 完成逻辑译码,实现地址空间映射,并控制 1553B 模块的片选使能。

与光学遥感器内其它分系统的 RS485 通信模块单元:利用 FPGA 解码来自卫星平台的 1553 数据,利用 DSP 内部的串行通信接口 SCI 模块,实现 485 通信。

### 2.2 工作原理

光学遥感器控制器通过 1553B 通信接口与卫星系统相连,进行数据通信,接收来自星载计算机的各种工作控制指令和参数。DSP 芯片作为核心的控制器以中断的方式接收控制指令和参数,再经 FPGA 软件解码处理后,将接收到的控制指令和参数转化为光学遥感器内各分系统的控制指令,并接收各分系统的工程参数返回值,经由 FPGA 译码将工况参数打包返回给星载计算机,同时对星载计算机发送的各种指令进行相应的应答。

## 3 硬件设计

本系统的组成框图如图 1 所示。该系统主要由 DSP 和 FPGA 组成,DSP 通过 1553B 控制总线控制芯片,采用 16 bits 缓冲模式<sup>[5]</sup>完成与卫星平台上位机的 1553B 通信链路。FPGA 通过完成片外地址译码将 1553 模块映射到 DSP 的对应工作空间上,DSP 通过对该区域的读写来实现对总线控制芯片的初始化和收发数据控制。还包括一些外围辅助电路,如 FLASH 以及 SRAM 等。

其中 DSP 选用 TMS320LF2407 芯片,该 DSP 具有 16 位总线结构,片内集成 32 K 的 FLASH 以及 1.5 K 的数据/程序 RAM,544 字双口 RAM 和 2 K 的单口 RAM,64 K 的程序存储器空间、64 K 的数据存储器空间和 64 K 的 I/O 寻址空间,共计 192 K 的可扩展外部存储器<sup>[6]</sup>。最高主频达到 40 MHz,采用高性能静态 CMOS 技术,供电电压为 3.3 V,减少了控制器功耗;30 MIPS 执行速度使得指令周期缩短到 33 ns (30 MHz),从而提高了控制器的实时控制能力,能够满足与星载计算机的通信要求和数据处理能力。本设计利用片内集成的 ADC 模块完成热控的温度状态参数、调焦的位置和电源系统等工程遥测参数模拟信号的采

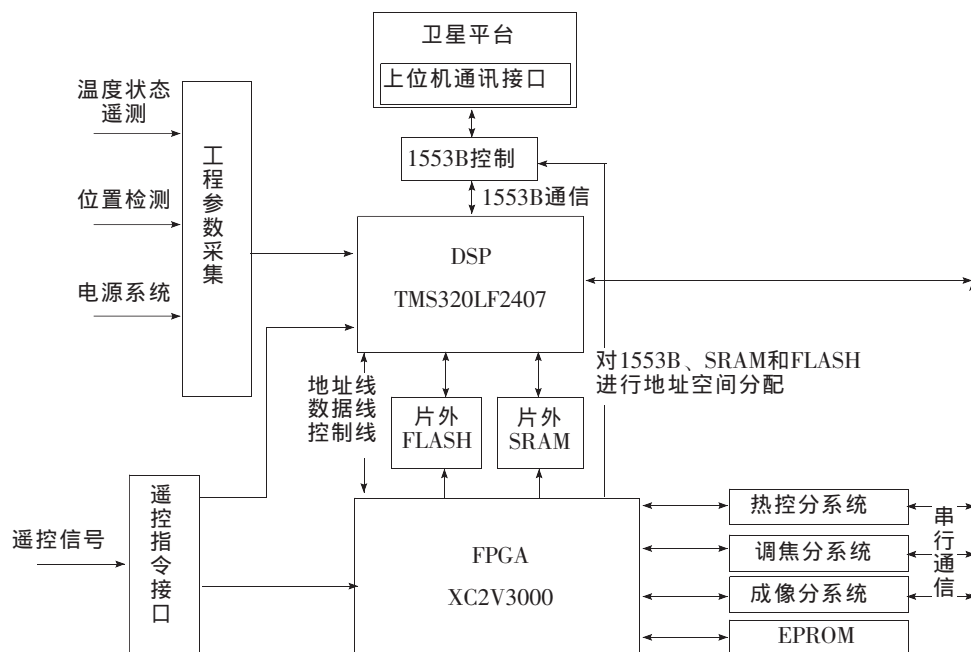


图1 控制器系统组成框图

集。采用星形 485 总线连接方式与热控分系统、调焦分系统和成像分系统相连，利用 DSP 内部 SCI 串口通信模块完成 485 通信。

FPGA 选用 XC2V3000<sup>[7]</sup>，该芯片有丰富的可配置逻辑模块，能完成复杂逻辑电路的设计，并可通过软件灵活修改。在整个系统中 FPGA 相当于 DSP 的宏功能协处理器，通过数据总线和地址总线与 DSP 相连，将底层的大量重复使用的任务交由 FPGA 完成，用以辅助 DSP 实现数据通信和控制，可以发挥硬件速度快的特点。

#### 4 软件设计

本系统是一种基于 DSP 和 FPGA 的系统，其中 DSP 软件开发采用 C 语言和汇编语言混合编程，FPGA 的软件开发采用 VHDL 语言编写。软件执行流程如图 2 所示。

软件主要由主程序、1553B 通信中断子程序和 FPGA 协处理软件组成。

主程序用于 DSP 芯片的初始化、1553B 芯片的初始化、1553B 通信控制指令与参数的转化和数据处

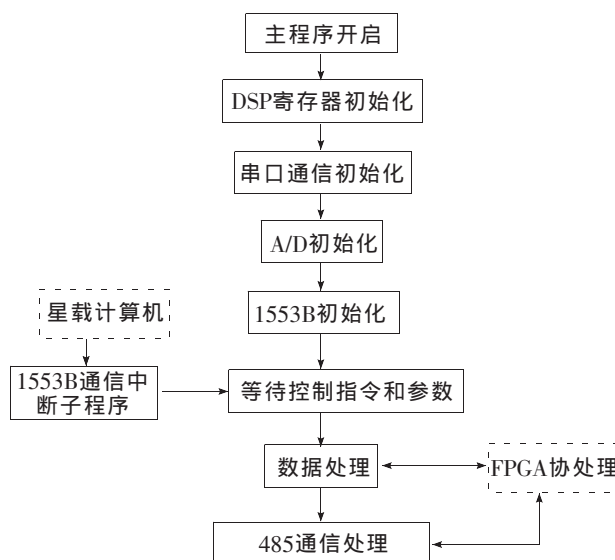


图2 控制器系统的软件执行流程

理以及 485 通信处理。1553B 通信中断子程序用于实时接收来自星载计算机的控制指令和参数。FPGA 协处理软件用于辅助 DSP 完成控制和通信，主要包括地址译码、底层高速率算法和数据通信三大模块。其中数据通信模块的设计采用自顶向下的方法，由接收 1553 数据、解析为 485 数据格式、接收各个分

系统的工作状态参数、解析各个分系统的工作状态为 1553 数据格式 4 个子模块组成。

为协助软件调试,用 Visual C++编写了一个仿星载计算机软件,该软件运行在仿星载计算机上,用来模拟星载计算机与控制器通信。该软件主界面如图 3 所示。仿星载计算机通过 1553B 总线与光学遥感器系统相连,用来模拟星载计算机与控制器的通信环境。在整机系统联调过程中,将该光学遥感器

控制系统与各分系统连接,通过仿星载计算机软件发送控制指令和数据。经过联调实验,每发送一帧指令和数据,光学遥感器控制系统都可以正确地接收,也能够正确地将各分系统的工况参数按要求打包返回给仿星载计算机;同时可以将仿星载计算机发送的命令和数据正确解析,来控制各个分系统的工作状态。

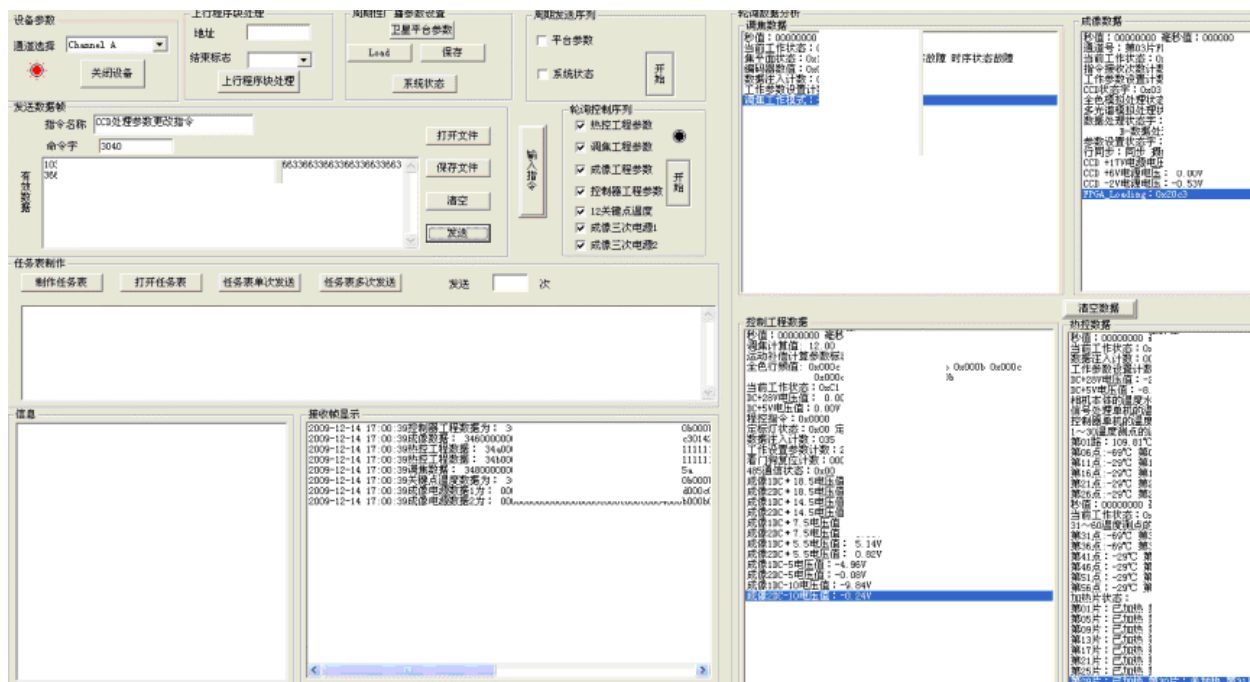


图 3 仿星载计算机主界面

## 5 结论

由于对航天光学遥感器处理的数据速率要求很高,本系统采用 DSP 实现核心控制,并通过 FPGA 辅助实现接口扩展、端口映射、通信解析等功能的设计方案,可以发挥 DSP 和 FPGA 的双重优势。充分利用 DSP 的实时控制能力,并通过多路并行的 FPGA 内部电路设计方式,提高系统的运行速度,降

低对器件速度的要求。DSP 和 FPGA 相结合的设计框架显著简化了系统的外围电路,节省了硬件布线空间,降低了成本。此外,大规模的 FPGA 能够灵活设计逻辑电路,设计周期短,片内资源丰富,在线调试方便,功能易于升级和改动。该系统能够满足航天光学遥感器中与星载计算机的通信要求和数据处理能力。

## 参考文献

- [1] 白杉,杨秉新. 航天侦察相机的发展和研发[J]. 影像技术,2006,(2):3-6.

- [2] 王金堂,乌崇德.国外几种星载光学遥感器的发展情况简介[J].航天返回与遥感,2002,23(2):15-20.
- [3] 王萱,王挺峰,于涌.基于TMS320LF2407的步进电机控制系统[J].光机电信息,2008,(25)1:43-46.
- [4] 黄钰,郭伟强,金龙旭.基于FPGA的航天相机控制器接口的设计[J].微计算机信息,2009,25(3-2):200-202.
- [5] MIL-STD-1553B Designer's Guide[Z].<http://www.mil-1553.com>.
- [6] 刘和平,王维俊,江渝,等.TMS320LF240x DSP C语言开发应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [7] XC3000 Series Field Programmable Gate Arrays [Z].[http://www.xilinx.com/support/documentation/data\\_sheets/3000.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/3000.pdf).

作者简介:马天波(1984-),女,吉林长春人,硕士,2008年于吉林大学获得硕士学位,主要从事软件设计及图像处理技术研究。E-mail: matb0319@yahoo.com.cn

## 长春希达公司:自主科技点亮《复兴之路》

2010年1月14日,大型音乐舞蹈史诗《复兴之路》在国家大剧院舞台登台演出。由长春光机所投资企业——长春希达电子有限公司自主研发的“高清晰度全彩色LED集成三合一显示屏”为演出布置了亦真亦幻的舞台空间。该演出将持续3个月,总计80场。

大型音乐舞蹈史诗《复兴之路》由序曲和《山河祭》、《热血赋》、《创业图》、《大潮曲》和《中华颂》五大章节构成,共36个节目。展现了中华民族自1840年鸦片战争至今169年的伟大民族复兴之路。从辛亥革命、中国共产党成立、抗日战争、解放战争、新中国开国大典,到中国制造第一辆红旗车、掀起学雷锋高潮、两弹一星、改革开放、香港澳门回归,再到98抗洪、2008年的汶川地震以及北京奥运会等,所有中国人记忆中都非常深刻和重要的记忆,全部被搬上了舞台并一一得到艺术的呈现。《复兴之路》的每一个篇章都是恢弘的场景,配合LED显示屏的运用,让每一位到场的观众都能切身感受到眼和景相溶,心和情相映。

为保障演出顺利进行,希达公司专门派出了20余人的技术保障团队。该场演出使用的LED显示屏分为椭圆形主屏和阶梯式辅屏,主屏总面积约112.2 m<sup>2</sup>,有效发光面积约104.2 m<sup>2</sup>,辅屏幕共计63级台阶,每级台阶均在立面安装LED显示屏,有效发光面积约160 m<sup>2</sup>。由于屏幕有效发光面积高,清晰度好,使整场晚会背景画面极富立体动感。特别设计的椭圆屏幕通过外形遮光整形与软件窗口调形双重技术手段实现了视觉感官下的完美弧形。除具有较高的清晰度和可靠性之外,希达公司的LED集成三合一显示屏采用了简易箱体设计,方便安装拆卸。目前,该屏幕已经大量投产。

