

基于FPGA的远程图像与温度采集监控系统

陈震

(泰州职业技术学院, 江苏省泰州市 225300)

摘要:为了能够对电厂或电站的关键设备进行定时或实时的图像和温度采集监控,本文以FPGA(现场可编程门阵列)为核心,设计了一种基于FPGA的嵌入式图像与温度采集监控系统。该系统利用图像传感器和红外测温模块采集图像和温度,采用FPGA技术进行参数采集模块设计,以高性能软核嵌入式处理器Nios II和嵌入式 μ Clinux操作系统为核心进行软件设计,并通过总线将图像和温度数据发送到上位机供工作人员观察分析。同传统的基于PC机的图像采集系统相比,该系统不仅功能完善,而且具有体积小、成本低的优势。

关键词:FPGA;远程监控;图像;温度

中图分类号:TP277

0 引言

随着经济的发展,电力工业得到迅速发展,为了保持电力系统的良好运行,许多关键的设备要实现监控。由于大多数关键设备运行时,现场环境比较恶劣,不方便工作人员现场勘查和测量,因此,要实现少人或无人监控。远程电力监控系统能够实时、准确地了解电力部门的情况,并及时做出反应。为了能够对电厂或电站的关键设备进行定时或实时的图像和温度采集监控,本文以FPGA(现场可编程门阵列)为核心,设计了一种基于FPGA的嵌入式图像与温度采集监控系统。该系统利用图像传感器和红外测温模块采集图像和温度,采用FPGA技术进行参数采集模块设计,以高性能软核嵌入式处理器Nios II和嵌入式 μ Clinux操作系统为核心进行软件设计,并通过总线将图像和温度数据发送到上位机供工作人员观察分析。

1 系统结构与工作原理

基于FPGA的嵌入式图像与温度采集监控系统如图1所示。安装在现场的数字图像传感器和红外测温模块获得现场关键设备的图像信号和温度,然后分别通过USB接口和SPI接口实时或定时地传送到FPGA中,经过FPGA处理后通过串行RS-485总线送到监控终端的PC机上实现监控。

2 系统硬件结构

从图1可以看出,本系统中硬件电路可以划分为以下几个模块。

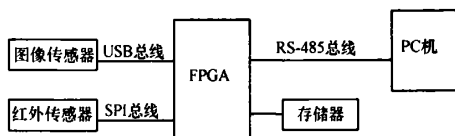


图1 系统总体框图

2.1 核心控制模块FPGA EP1C6

核心控制模块主要是Altera公司的Cyclone系列FPGA芯片EP1C6,芯片有26 060个逻辑单元,64个存储容量为4kB的RAM块,2个锁相环,最大用户I/O引脚数为301个。芯片具有很高的性价比,还能支持Nios II。它是本系统的核心部分,可以完成系统大部分功能并协调整个系统的工作。

2.2 信号采集部分

本系统温度的采集采用红外测温模块TN9,它解决了传统测温中需要接触的问题,并且具备响应速度快、测量精度高、测量范围广和可同时测量环境温度和目标温度的特点,配合FPGA即可成为一个测量距离达30m的非接触式温度测量计,和FPGA的连接采用SPI接口。

图像采集模块由SL11HS USB主机控制器和WEBEYE2000 USB接口摄像头组成。USB控制器SL11HS是Cypress公司的嵌入式USB host/slave接口芯片,支持USB1.1的全速和低速设备。提供USB主机的硬件接口及总线管理机制,片内集成SIE、USB收发器和根Hub,能够完成嵌入式USB主机所需的功能。

WEBEYE2000是网眼公司生产的一款USB接口摄像头。采用新一代CMOS感光芯片,并采用先进的开发技术,色彩表现力极佳,可比拟采用CCD感光芯

片的摄像头。

2.3 存储器部分

本系统 ROM 采用 8 MB 的 Flash 存储器作为操作系统和应用软件的非易失性存储器件,内部烧写了操作系统内核的可执行映像文件,系统启动时从 Flash 的某个地址开始逐句执行。Flash 同时用于存储 FPGA 配置文件,上电后系统自动从 Flash 中读取该文件,完成对 FPGA 的硬件配置。

RAM 芯片采用 MICRON 公司生产的 MT48LC4M32B2 SDRAM 芯片。16 MB 的 SDRAM 空间用来存储程序、数据等信息。总线由外部 PLL 驱动设备控制,在 133 MHz 的最佳运行状态下运行。Altera 公司提供的 FPGA 开发工具中包含了 SDRAM 控制器逻辑模块。对于需要进行高速数据存储的应用设计,使用 SDRAM 是一个很好的解决方案,但是需要对数据进行周期性刷新。

系统高速缓存采用 2 片 512 kB 的静态随机存储器 IDT71V416S,SRAM 采用零等待周期设计,访问速度比 DRAM 快 3 倍左右,而且不需要对数据进行周期性刷新。

2.4 通信部分

通信部分包括 RS-485 接口、JTAG 下载口等。RS-485 接口用于同上位机通信,JTAG 接口用于系统软件更新和 FPGA 配置文件下载。系统上电或复位后,FPGA 将自动从配置芯片读取配置数据。配置芯片选用 EPCS4,芯片内部包含 4 Mbits 存储空间,而 EP1C6 最多需要 2.2 Mbits 的配置数据,因此,EPCS4 可以满足要求。

2.5 其他部分

其他部分包括键盘模块、电源模块、晶振等。

总之,系统硬件设计遵循了实现系统功能、简化电路设计、提高系统可靠性的原则。整个系统的硬件设计框图如图 2 所示。

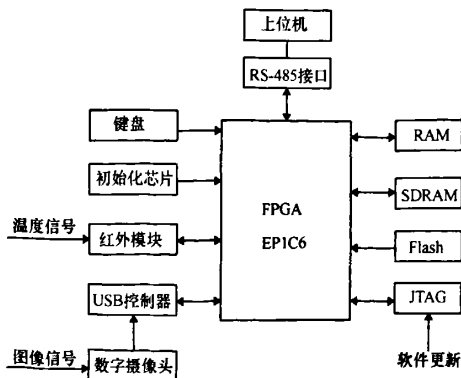


图2 系统硬件结构图

3 Nios II CPU 的构建

Nios II 处理器是一种嵌入式处理器软核。它以 FPGA 为平台,采用流水线和单指令流的 RISC 技术,其大部分指令可以在 1 个时钟周期内完成。同时,它还是一种可配置的通用 RISC 处理器,可与用户自定义逻辑相结合构成一个基于 FPGA 的片上系统。

32 位 Nios II 软核结合外部 Flash 存储器以及大容量存储器,可以构成功能强大的 32 位嵌入式处理器系统。通过 QUARTUS II 软件中的 SOPC Builder,本系统中添加的主要部件包括:Nios II 标准内核、DMA 控制模块、SRAM、SDRAM、Flash ROM 接口模块、串口芯片、USB 接口配置芯片接口模块。由于 SOPC Builder 中没有提供 SL811HS 的 IP 核,因此需要通过“用户自定义逻辑向导”来设计它与 CPU 的接口模块。模块添加完毕后,系统会自动生成 Nios II CPU。

4 系统的软件结构

系统的软件结构可以分为设备驱动程序、μClinux 内核以及系统应用程序 3 个部分。

4.1 构建 μClinux 操作系统内核

Microtronix μClinux 是第三方软件开发公司 Microtronix 专门为 Nios II CPU 重新修改配置的嵌入式操作系统。在 PC 机上安装了 Microtronix μClinux 后就可以在 IDE 中构建 μClinux 内核了。在 IDE 中新建一个 Linux 内核工程,并在其硬件设置中选择前面已经制作好的 CPU。另外,还要指定内核程序存储器和内核运行时的动态存储器。在本设计中使用 8 MB 的 Flash 作为程序存储器,16 MB 的 SDRAM 作为内核运行时的动态存储器,这样就满足了操作系统的运行要求。根据项目实际需要对外核进行重新配置,删除不需要的选项,在实现系统功能的前提下,最小化系统资源占用。其中,重点要配置的是设备驱动部分,主要包括:SPI 总线驱动,用于驱动红外测温模块;USB 主机驱动 SL811HS,用于驱动 USB 控制器 SL811HS;USB video 驱动 OV511,用于驱动 USB 摄像头;串口驱动,用于 RS-485 传输数据。内核配置完成后对内核进行编译,编译完成后可将内核烧写到 Flash 中。

4.2 应用程序设计

应用程序设计主要是对红外测温模块、图像采集模块和 RS-485 远程传输模块进行编程。

4.2.1 红外测温模块程序

红外测温模块输出数据通过 SPI 总线传送给 CPU。μClinux 提供了相应的驱动程序和应用程序接口。

根据红外测温模块的 SPI 时序图,红外测温模块的流程图如图3所示。

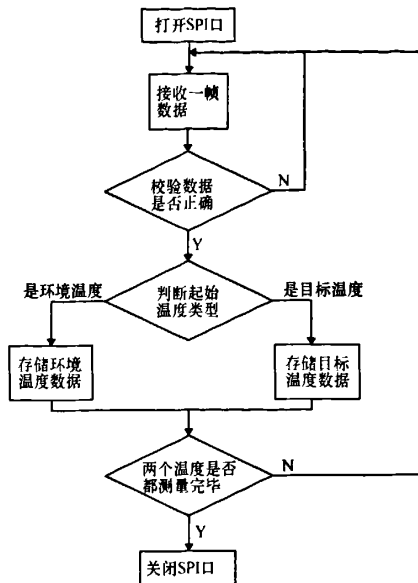


图3 红外测温模块流程图

4.2.2 图像采集模块程序

μClinux 提供了 Video4linux 应用程序接口用于对视频采集的操作。它将摄像头映射成设备文件:/dev/video。图像采集模块程序的流程如图4(a)所示。

4.2.3 RS-485 远程传输模块程序

RS-485 信号是由 MAX485 芯片将串口的 TTL 电平转化而来的。只要对串口进行操作就可以实现 RS-485 的远程传输。串口流程如图4(b)所示。

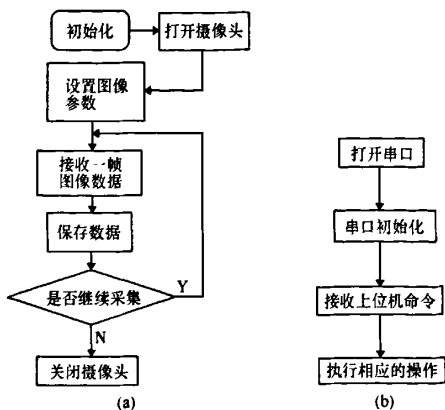


图4 图像采集和串口通信程序的流程图

5 结束语

基于FPGA的远程图像与温度采集监控系统相对于传统的基于PC机的图像采集系统来说,不仅功能完善,而且体积小、成本低,具有良好的性价比和扩展性,顺应了电厂、电站或其他需要监控的类似场所的发展需要,在现实中具有很大的推广价值和发展前景。

参考文献

- [1] 彭澄廉. 挑战 SOC-基于 NIOS 的 SOPC 设计与实践[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 姚学军. 红外测温原理与测温技术[J]. 中国仪器仪表, 1999(1):10-13.
- [3] 陈俊宏. Embedded Linux 嵌入式系统原理与实务[M]. 北京:中国铁道出版社,2004.

陈震(1976-),男,讲师,研究方向为嵌入式系统。

Remote Temperature and Image Monitoring System Based on FPGA

CHEN Zhen

(Taizhou Polytechnic College, Taizhou 225300, China)

Abstract: To be able to carry out supervision of image and temperature collection at any time or at fixed time for the key equipments of the power plant or station, using FPGA as core, we designed a kind of embedded supervision system of image and temperature collection based on FPGA. The system uses collection module of parameters with a image sensor and infrared measurement module to collect image and temperature by FPGA technique, and uses software in the embedded processor(the Nios II) with high performance and embedded operation system of μClinux as the core, then sends out image and the temperature data through a bus to main machine to provide data for observation analysis by the staff member. This makes the system not only perfect, but also have a small volume, with low cost compared to the traditional image collection system based on PC machine.

Keywords: FPGA; remote monitoring; image; temperature