

基于 FPGA 的嵌入式智能管理系统

张璐,于文震,蒋志焱,翟彦彬

(南京电子技术研究所,江苏 南京 210013)

摘要: 具体介绍了嵌入式系统智能管理方面的相关内容,建立了一种基于 FPGA 的嵌入式智能管理系统的框架结构。此外,分析并实现了系统各项基本的智能功能,这对提高系统整体性能有着很大的帮助。

关键词: 智能;嵌入式;FPGA

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)23-0038-02

The intelligent management of embedded systems based on FPGA

Zhang Lu, Yu Wenzhen, Jiang Zhiyan, Zhai Yanbin

(Nanjing Institute of Electronic Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: The paper specifically describes the intelligent management of embedded systems relating content, and establishes a framework for intelligent embedded systems based on FPGA. In addition, the paper also analyzes and realizes the system achieves each intelligent function, which will be great help for improving the overall performance of the system.

Key words: intelligent; embedded; FPGA

近些年,针对智能管理的研究越来越广泛,采用的技术也越来越多,如基于单片机开发的智能监控平台^[1]、在 Linux 内核下的智能仪器开发^[2]、对智能管理的某一个方面进行研究^[3]等。随着嵌入式核心芯片的高速发展,传统嵌入式系统的设计方法也随之改变,嵌入式系统逐渐由板级向芯片级过渡,即片上系统(SoC),进而发展至今流行的可编程片上系统(SoPC)。本文就是通过超大规模 FPGA 和功能复杂的 IP 核来实现一个可编程片上系统,此系统利用可编程器件内的可编程资源以及专用硬核,构建处理器、存储器、逻辑电路和其他专用功能模块,并在智能管理软件和算法的配合下完成智能管理的各项功能。

所谓智能管理,就是以人类智能结构为基础,系统研究人与组织的管理活动规律和方法的一门学科,具有很强的实践性和扩展性,体现在本文中就是通过系统本身的智能化操作而非人工干预的手段去执行其在运行过程中所遇到的诸如检测和控制等行为。对于本系统来说,其主要功能就是系统监测、综合处理,并依靠事先确定的阈值和准则实施相应的控制。其中包括对各关键模块的工作状态进行监控,对风机与电源的运行状态进行

管理,并对系统智能管理过程中所得到的一些信息通过以太网上报给上位机等。

1 硬件系统构成

1.1 FPGA 内部硬核系统构成

FPGA 片内结构如图 1 所示, FPGA 片内所有模块包括 PPC405 处理器、MAC 核、I²C 核、GPIO 核及 URAT 核,都连接到片上高性能 PLB 总线上, PPC405 通过 PLB 总线来访问每个 IP 核,各 IP 核的大致作用如下:

(1) MAC 核实现网络链路层硬件,与 FPGA 片外的 PHY 芯片实现网络所需的硬件;

(2) I²C 核实现 I²C 逻辑,支持智能管理模块与各个工作模块之间的 I²C 总线协议,实现 I²C 总线的检测与控制

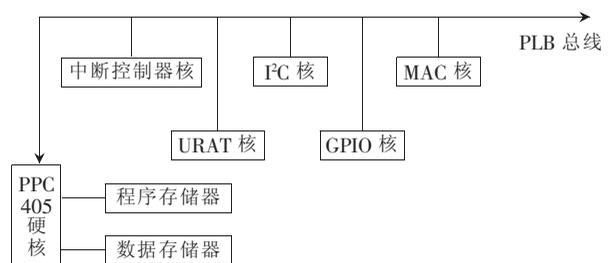


图 1 FPGA 片内结构

制功能,如接收各工作模块的温度等;

(3)GPIO 核实现 PPC405 对 FPGA 通用 I/O 管脚的基本操作,可以通过软件编程来指定各端口的行为;

(4)UART 核实现 PPC405 的串口操作,将串口信息传送至主机进行系统调试。

片上系统硬件结构大致描述为:用 FPGA 实现 I²C 总线协议,并与处理模块对接;用 FPGA 实现 1-wire 单线总线协议,并与温度传感器对接;智能管理模块要求实现的网络上报功能必须用软件来实现 TCP/IP 协议栈;用 MAC 核实现链路层功能。为减少器件数量,提高可靠性,本设计采用 FPGA 内嵌的 PPC405 处理器,为此需要使用 Xilinx 公司的系统开发工具 EDK 进行软硬件协同设计。

1.2 智能管理模块的构成

智能管理模块构成如图 2 所示。

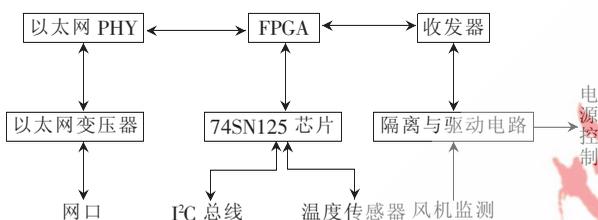


图2 智能管理模块构成

FPGA 和 125 电路共同实现两路 1-wire 总线的协议控制和电平规范,其中一路通过温度传感器来检测两个风机组内的温度。同时,另一路 125 芯片实现 I²C 总线的协议控制和电平规范,并通过 I²C 总线来读取机箱中各个处理模块的内部温度。FPGA 通过网口与上位机进行数据通信,并通过串口对智能管理模块进行调试。FPGA 通过和隔离与驱动电路连接后来控制电源,即相当于程控开/关电源,以保护机箱中的各处理模块免于因过热而损坏。该模块仅采用 12 V 电源供电,模块中的其他类型的电源均通过 DC-DC 转换模块内部产生。

1.3 智能管理系统的构成

智能管理系统的构成如图 3 所示。智能管理模块作为智能管理的核心,执行着整个系统运行的几乎所有指令。

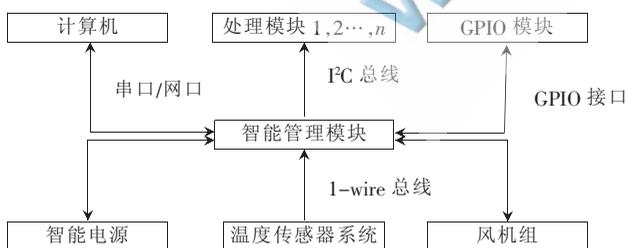


图3 智能管理系统的构成

(1)智能电源。多电源平衡供电的智能电源模块,具有短路、过载、过压及过热保护功能,空载可开机,并且多个电源可以并联输出。

(2)温度传感器。采用军品温度传感器,置入风机组中用于测试风机通道的空气温度。该温度传感器只有 3 个管脚,从右到左分别是 V_{DD} (+5 V 电源)、DQ (数据信号)、GND (地线)。其中,DQ 管脚符合 1-wire 总线协议,与智能管理模块相对接。该温度传感器的工作温度范围广、精度高、使用简单可靠。

(3)风机组。一个机箱配两个风机组,每组由 7 个大风机组成。每个风机都带有集电极开路输出的被检测脉冲信号,智能管理模块根据该信号是否有脉冲波形来判断每个风机是否工作。

(4)计算机。智能管理模块与计算机可以通过网口和串口两种方式进行通信,本系统给出了预留,可以任意选择,主要功能是上报各类系统数据。

2 工作原理

智能管理模块的设计采用基于 FPGA 片内 PowerPC 的 SoPC 技术,通过 PPC405 可以很方便地对 FPGA 的各个 I/O 端口和内部 IP 核进行控制。

2.1 对风机温度的监测

利用 PPC405 通过 PLB 总线控制 GPIO 核,编程控制 I/O 端口电平,使其满足 1-wire 总线协议的时序要求,再通过 125 芯片进行隔离并提供温度传感器 1-wire 总线协议需要的电平。最后,PPC405 由 1-wire 总线读取温度传感器测量的风机处环境温度。

2.2 对风机状态的监测

风机运行状态输入信号通过连接器进入智能管理模块,经过隔离驱动后进入 FPGA,PPC 再通过 PLB 总线控制 GPIO 核,读取 I/O 端口输入电平,再依据程序设定来判断风机运行状态。

2.3 工作模块运行状态监测

PPC 通过 PLB 总线控制 I²C 核,在 I/O 端口产生符合 I²C 总线协议的时序,再通过 125 芯片进行隔离并提供 I²C 总线协议需要的电平,然后 PPC 再读取 I²C 总线的数据来确定各工作模块的温度和运行状态信息。

2.4 对智能电源模块的控制

片内 PPC 根据上述监测到的风机处环境温度、风机运行状态、各工作模块温度和运行状态,采用一定的控制算法,决定对智能电源模块的控制状态。通过 PLB 总线管理 GPIO 核,将智能电源控制状态传递到 FPGA 相应管脚,再由隔离和驱动电路对智能电源进行管理。

2.5 系统运行信息上报

本系统信息上报采用以太网协议,协议上层软件通过编程实现;TCP/IP 层通过 LWIP 协议栈实现;链路层由 FPGA 内部的以太网 MAC 核实现;物理层用智能管理模块上的以太网 PHY 芯片实现,并通过模块上的变压器进行隔离。

片内 PPC 把风机处环境温度、风机运行状态、各工

作模块温度和运行状态以及智能电源的工作状态通过 PLB 总线发送给片内的 MAC 核,再经过片外的 PHY 芯片最终上报给上位机。

3 性能测试

温度传感器模块性能测试主要是为了验证该模块能否按照预先设置的门限作出正确的操作。若超过设定值上限或低于设定值下限,则报警;若温度过高即将损坏系统时,则关机(注:在该测试中,无需启动风机控制系统)。

(1)执行 Set Sensor Threshold 指令,实现各门限值设定;(2)执行 Set Sensor Event Enable 指令,允许报警事件产生;(3)基板在室温下工作,无报警事件产生;(4)基板加温,超过各门限值上限,有报警事件产生,过高时断电;(5)基板降温,返回室温时正常工作;(6)基板继续降温,超过各门限值下限时,有报警事件产生。

经测试获得的各温度门限值与预先设置温度基本一致,但温度传感器门限值设置的合理性还有待进一步实验来确定。

设计本智能管理系统基于三个指导思想:独立性、

高可靠和低成本。本系统的供电独立于工作模块,即使其他模块处于断电状态,本智能系统仍可照常工作。采用一片 FPGA 和少量外围设备,最大限度地减少了元器件的数量和品种。同时,在智能管理模块和温度传感器之间采用简单可靠的 1-wire 总线协议来传递信息,各工作模块之间采用 I²C 总线协议来传递信息,这些都为日后扩展系统规模及其功能提供了很好的技术方向。

参考文献

- [1] 王星,黄巍,闫虎.基于单片机的智能仪器监控平台设计[J].微计算机信息,2008,24(4-1):174-176.
- [2] 张云帆,马旭东.基于嵌入式 Linux 智能仪器多输入设备设计与实现[J].工业控制计算机,2009,22(11):6-8.
- [3] 马海晶,沈德安.智能仪器的可靠性设计技术[J].微计算机信息,2009,25(10).

(收稿日期:2011-08-02)

作者简介:

张璐,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:智能管理技术。