

文章编号: 1672-2892(2011)02-0254-04

基于 SOPC 的雷达嵌入式温控系统设计

尤 路, 夏 勇

(中国电子科技集团 第38研究所, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 为了解决某型雷达中的温控难题, 提出了一种基于 FPGA 和可编程片上系统(SOPC)的雷达分布式温控系统。阐述了温控系统的组成、SOPC 系统的搭建、外围接口电路设计以及 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统下的软件设计。该系统采用 SOPC 技术搭建 Nios II 软核处理器, 对单总线上的温度传感器进行采集, 然后通过网络通信将温度数据上传至上位机, 极大地提升了系统的集成度, 简化了设备接口, 且易于扩展, 提高了电磁兼容性。

关键词: 温控系统; FPGA 系统; 可编程片上系统; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统

中图分类号: TN911.72

文献标识码: A

Design of radar's embedded temperature system based on SOPC

YOU Lu, XIA Yong

(The 38th Research Institute of CETC, Hefei Anhui 230031, China)

Abstract: In order to solve the temperature measure & control problem in one certain type of radar, a kind of distributed temperature measure & control system is presented based on Field Programmable Gate Array(FPGA) & System On a Programmable Chip(SOPC) technology. The constitution of the temperature control system, the establishment of the SOPC system, the design of peripheral interface circuit and the software design based on the OS of the $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ are introduced. This system builds the Nios II soft-core processor by the SOPC technology to collect the data from the temperature sensors on 1-wire bus, then sends these data to the upper computer by LAN communication. It has greatly prompted the integration of system, simplified the interface, and enhanced the electromagnetic compatibility. It is easy to be extended and has a good prospect in application.

Key words: temperature control system; Field Programmable Gate Array; System On a Programmable Chip; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

某型雷达中某关键部件发热量大, 散热困难, 需要对其进行实时温度监测, 防止其过热, 而且该关键部件在雷达中数量庞大, 共需要 200 多个温度传感器对这些部件进行温度检测。传统的温控系统多以热敏电阻作为温度传感元件^[1], 接口电路设计复杂^[2-3], 其产生的大量导线更会给设备的走线以及数据采集带来困难, 同时系统的稳定性也得不到保障。为了解决这一难题, 本文提出一种高效实用的温控系统, 采用单总线数字传感器 DS18B20^[4], 通过可编程片上系统(SOPC)嵌入式系统对其进行采集, 并运用网络通信将温度数据上传至终端显示。

1 温控系统设计

温度采集系统是由硬件和软件两部分组成。硬件部分采用 FPGA 内构建的 SOPC 嵌入式系统为核心控制器^[5], 通过 IP 核(Intellectual Property core)实现 Nios II 处理器与单总线温度传感器 DS18B20 的交互通信; 软件部分主要采用针对 Nios II 处理器的实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, 完成温度数据的采集, 并通过网络上传至终端显示。系统组成见图 1。

2 系统硬件设计

2.1 SOPC 系统设计

系统中的核心控制器采用 Altera 公司的 Cyclone II 系列 FPGA 芯片 EP2CS35F672C6 构建的 Nios II 系统。Nios II 系统模块包含 Nios II 处理器、Avalon 总线、片上 RAM、定时器(Timer)、片外 DDR SDRAM、网络控制器等^[6-7]。由于系统设计中采用了网络通信,所以这里需要添加网络控制器的 IP 核,同时由于片内 RAM 容量不足以支持 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的运行,所以系统需要用到片外扩展的 DDR SDRAM。Nios II 处理器作为实现控制的中央处理器,其特点之一就是采用了 Avalon 总线。Avalon 总线是一种协议较为简单的片内总线体系结构,用来将处理器和周边设备集成到 SOPC 系统中。Avalon 总线协议规定了主、从部件的端口连接方式和通信时序。按系统硬件规划, SOPC Builder 中的硬件配置见图 2。

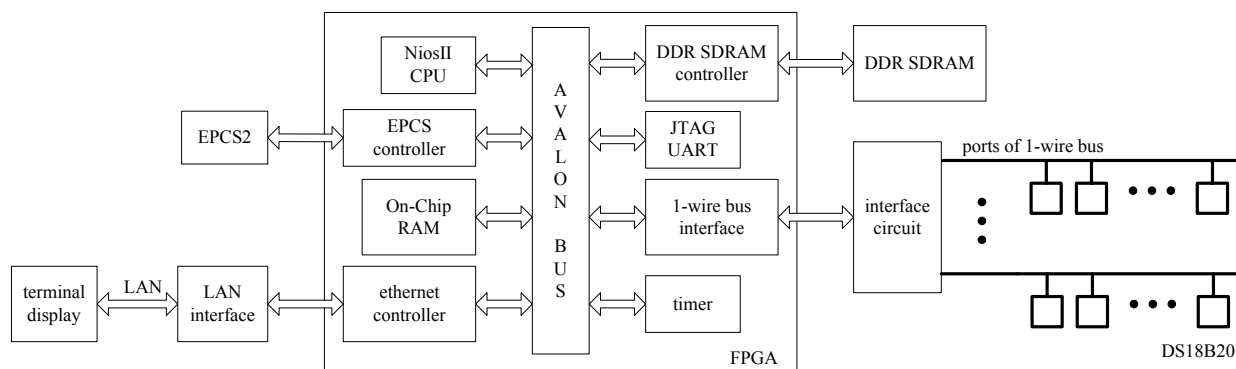


Fig.1 Design frame of the temperature control system

图1 温控系统设计框图

Use	Con...	Module Name	Description	Clock	Base	End	IRQ
☒		cpu	Nios II Processor				
		instruction_master	Avalon Memory Mapped Master	p1l_c0			
		data_master	Avalon Memory Mapped Master	p1l_c0			
		flag_debug_module	Avalon Memory Mapped Slave	p1l_c0	0x04023000	0x040237ff	IRQ 0
☒		onchip_mem	On-Chip Memory (RAM or ROM)	p1l_c0	0x04021000	0x04021fff	IRQ 31
☒		temp_ip	P10 (Parallel I/O)	p1l_c0	0x04024040	0x0402404f	
☒		epcs_controller	EPCS Serial Flash Controller	p1l_c0	0x04023800	0x04023fff	
☒		jtag_uart	JTAG UART	p1l_c0	0x04024050	0x04024057	
☒		timer	Interval Timer	p1l_c0	0x04024000	0x0402401f	
☒		lan91c111	LAN91 C111 Interface	p1l_c0	0x04010000	0x0401ffff	
☒		tristate_bridge	Avalon-MM Tristate Bridge	p1l_c0			
☒		ddr_sdr0_0	DDR SDRAM Controller MegaCore Fun...	p1l_c0	0x02000000	0x03ffff	
☒		pll	PLL	clk	0x04024020	0x0402403f	

Fig.2 Configuration of the SOPC system

图2 SOPC 系统配置图

2.2 温度传感器及接口设计

温度传感器采用单总线技术(1-wire 总线)的数字式温度传感器 DS18B20,具有 3 引脚 TO-92 小体积封装形式。温度测量范围为 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$,可编程选择 9 位~12 位 A/D 转换精确度,测温分辨率可达 0.0625°C 。1-wire 总线技术是 Dallas 半导体公司近年来推出的新技术。它将地址线、数据线、控制线合为 1 根信号线,允许在这根信号线上挂接多个 1-wire 总线器件。这样大大削减了连线复杂度,简化了设计。另外,每片 DS18B20 都设有唯一的产品序列号,存放在它的内部 ROM 中,计算机通过简单的时序就能识别这个序列号。采集的温度存入内部暂存器中,可通过相应的存储器操作命令读取。因此,多个 DS18B20 可以挂接于同 1 条单线总线上,特别适合构成多点温度测控系统。

图 3 为 1-wire 单总线温度传感器 DS18B20 在实际应用中连接示意图,采用外接电源直接供电方式,多个传感器并联在两根线上,与接口电路相连。接口电路主要由上拉电阻($4.7\text{ k}\Omega$)和双向总线驱动器组成,驱动器的方向由 FPGA 控制,见图 4。经实践证明,通过改变上拉电阻,同一根总线上可挂载的 DS18B20 个数最多可达 96 个,这样使该系统的温度传感器挂载数量足够满足实际的需求。

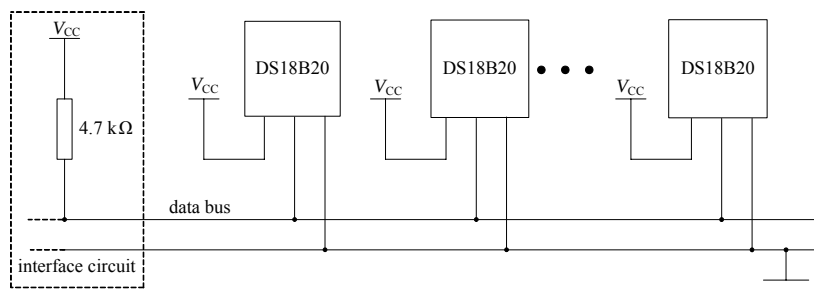


Fig.3 Diagram of the 1-wire bus temperature sensor's connection

图3 单路总线多传感器连接示意图

3 系统软件设计

软件系统在 Nios II EDS 9.1 集成环境下采用 C 语言进行开发,通过 BSP 的设置,将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植到 Nios II 系统中^[8]。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统是一种多任务、嵌入式、强实时操作系统,特别适用于实时采集控制系统。

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统管理 64 个任务,实际应用中保留 4 个最高优先级和 4 个最低优先级。本设计中主要有 3 个任务,根据优先级由高到低依次为网络发送和接收任务(发送和接收任务优先级相同)、温度采集任务。网络发送任务主要是负责将温度数据按一定数据格式打包之后,定时向终端计算机发送,网络接收任务主要是接收来自终端计算机的网络控制命令。温度采集任务是温度采集系统中的主要任务,其执行过程见图 5。

1) 将测得所有 DS18B20 的 64 位 ROM 码全部储存起来(已写入程序,并对每个传感器的安装位置进行标记),这就是每个温度传感器的 ID 序列号,用来对每个位置的 DS18B20 进行操作。

2) 初始化:由于所有的温度传感器都挂在基地址为 0x04024040 的 I/O 端口下,所以可以对挂在同一总线地址上的所有 DS18B20 同时进行初始化操作。

3) 温度转换:在进行初始化操作之后,可以对 8 路单总线上的所有温度传感器同时启动温度转换,从而得到同一时刻的全部传感器的温度。

4) 匹配序列号:考虑到读时序和写时序的不同,对 DS18B20 的读写操作不能同时进行,必须按照端口的顺序来读,先确定一个端口号,再按顺序对此端口发送该端口下传感器的 ID 序列号,而后读取该序列号所对应温度传感器的温度数值;紧接着发下一个传感器的序列号,直到读出该端口上所有的 DS18B20 的温度数值,再换另外一个端口;直到读完所有端口为止。

5) 数据上传:在读完所有的端口后,将读到的数据通过网络送至终端界面显示;若采集的温度值大于设定的安全值,则在界面上显示系统高温报警。

由于所使用的 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统是多任务的嵌入式实时操作系统,终端界面发出的命令具有时间不确定性,并且网络任务的优先级要高于温度采集任务的优先级,随时可能打断温度采集任务去响应其他任务。又因为 DS18B20 对时序的要求很严格,同时在 1-wire 总线上挂接的温度传感器数量大,所以在读出每个温度传感器的温度数值之后需要进行数据校验。在 DS18B20 的暂存器最后 1 个字节就是循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check, CRC),可以用它来校验数据的准确性。DS18B20 的 CRC 生成多项式如下: $\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$ 。系统可以对 CRC 校验出错的温度传感器进行多次数据采集,这样可以提高数据的准确性。程序设计中如果同一温度传感器连续 6 次 CRC 校验没有通过,则系统将上报该器件故障。

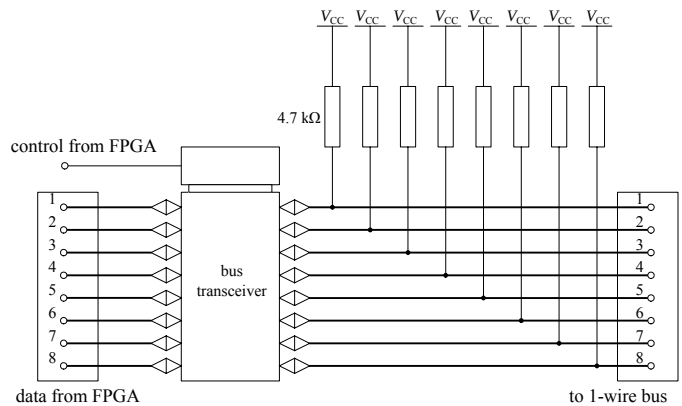


Fig.4 Diagram of the peripheral interface circuit

图 4 外围接口电路示意图

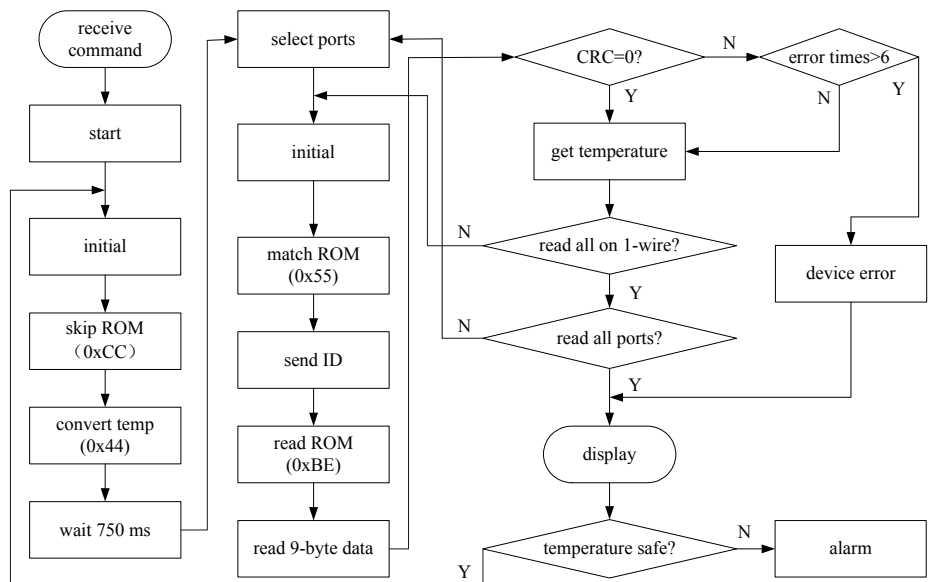


Fig.5 Work flow of the software

图 5 软件工作流程图

4 结论

经过长期实践证明,采用以上方法设计的温控系统,具有体积小,成本低,精确度高,接口简洁灵活,便于扩展,可靠性好,电磁兼容性优越等特点,目前已经在该型雷达中得到了成功的应用,可在其他雷达及工控领域推广使用。

参考文献:

- [1] 刘二林,姜香菊. 基于热敏电阻的新型温度检测装置研究与实现[J]. 自动化与仪器仪表, 2010(2):84-86. (LIU Erlin, JIANG Xiangju. Research and implementation of a new temperature measuring device based on thermistor[J]. Automation & Instrumentation, 2010(2):84-86.)
- [2] 叶露林,吴秋芹. 基于 CAN 总线的温度测控系统[J]. 信息与电子工程, 2005,3(3):220-223. (YE Lulin, WU Qiuqin. Distributed Automatic Temperature Monitoring System Based on CAN Bus[J]. Information and Electronic Engineering, 2005,3(3): 220-223.)
- [3] 何其娟,刘长军. 一种多路微波功率及温度数据采集系统的实现[J]. 信息与电子工程, 2007,5(2):115-118. (HE Qijuan, LIU Changjun. Realization of a Multi-channel Data Collection System for Microwave Power and Temperature Variation[J]. Information and Electronic Engineering, 2007,5(2):115-118.)
- [4] Dallas semiconductor. DS series Handbook[ED/OL]. (2008-03)[2010-10-26]. http://www.baytech.net/downloads/manuals/DS62_DS62-MD4manual.pdf.
- [5] 江国强. SOPC 技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [6] 万蓉,毕喜彦,林训超,等. 基于 SOPC 的空调智能温度控制器的设计[J]. 微计算机信息, 2008,24(7):7-9. (WAN Rong, BI Xiyan, LIN Xunchao, et al. Intelligent Control System for the Air Conditioner based on the SOPC[J]. Microcomputer Information, 2008,24(7):7-9.)
- [7] 李森,张春熹,李保国,等. 基于 FPGA 的惯导系统温控电路接口设计[J]. 微计算机信息, 2009,25(20):129-131. (LI Sen, ZHANG Chunxi, LI Baoguo, et al. FPGA-based Design of FOG-INS Temperature Control Circuit Interface[J]. Microcomputer Information, 2009,25(20):129-131.)
- [8] 何轩,夏应清,李祥,等. LAN91C111 型控制器在嵌入式以太网接口中的应用[J]. 国外电子元器件, 2005(10):22-26. (HE Xuan, XIA Yingqing, LI Xiang, et al. Implementation of embedded ethernet based on DSP and LAN91C111[J]. International Electronic Elements, 2005(10):22-26.)

作者简介:



尤 路(1984-),男,安徽省寿县人,硕士,助理工程师,主要从事雷达监控系统及任务电子系统设计. email:burkfly@hotmail.com.

夏 勇(1972-),男,合肥市人,高级工程师,主要从事雷达机电一体化,监控系统的研究工作.

重 要 声 明

为适应我国科技期刊信息化建设需要,扩大作者的学术交流渠道,推进科技信息交流的网络化进程,《信息与电子工程》已加入《中国科技论文统计源期刊》(中国科技核心期刊,见《中国科技期刊引证报告》(核心版)),被列为《中国学术期刊(光盘版)综合评价数据库(CAJCED)》、《中文科技期刊(光盘版)数据库》、《中国期刊(光盘版)全文数据库(CJFD)》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、万方数据—数字化期刊群(网)、中国期刊网、中文科技期刊网以及《电子科技文摘》的统计源期刊并被全文收录。本刊同时被美国《乌利希期刊指南》(Ulrich's Periodicals Directory)和波兰《哥白尼索引》(Index of Copernicus)收录。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬。如作者不同意将文章编入以上数据库,请在来稿时特别声明,本刊将另做处理。