

文章编号: 1005-5630(2011)01-0070-04

基于嵌入式系统的激光粒度仪电路设计*

王 俊, 刘缠牢, 王雪艳

(西安工业大学 光电工程学院, 陕西 西安 710032)

摘要: 激光粒度仪是一种应用广泛的颗粒测量仪器。文中提出采用 DSP 和 ARM 嵌入式系统的设计方案, 取代传统激光粒度仪所采用的数据采集卡, PC 机, 意在实现激光粒度仪的小型化, 低成本。阐述了粒度仪数据采集系统的硬件组成, 工作原理, 电路的设计。设计提高了粒度仪的抗干扰能力和测量精度。

关键词: 激光粒度仪; 嵌入式系统; DSP; ARM

中图分类号: TH 741 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2011.01.016

Design of circuit for laser particle size analyzer based on embedded system

WANG Jun, LIU Chanlao, WANG Xueyan

(School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: As measuring instrument for particle laser particle size analyzer are applied widely. DSP and ARM embedded system for laser particle size analyzer are proposed, which replaced the data acquisition card and PC in the conventional laser particle size analyzer to realize miniaturization and low cost. In this article introduced hardware structure and principle of the data collect system and circuit design. Laser particle size analyzer's anti-interference ability and the precision of measurement are enhanced.

Key words: laser particle size analyzer; embedded system; DSP; ARM

引 言

颗粒在自然界和国民经济领域是广泛存在的。能准确地测量颗粒大小(包括粒径、分布)对改善产品质量、提高产品性能、降低能源消耗、控制环境污染、保障人身健康等方面有着重大的经济效益和社会效益^[1]。

传统的激光粒度仪采用普通 PC 机作为粒度仪的运算和控制器。嵌入式系统是计算机技术、通信技术、微电子技术等先进技术和具体应用对象相结合后的更新产品, 系统无多余软件, 硬件无多余存储器, 可靠性高、体积小, 可应用于工业控制等领域, 具有便利灵活、性价比高、嵌入性强等特点^[2]。嵌入式处理器可分为嵌入式微处理器, 微控制器, 数字信号处理器(digital signal processing, DSP), 片上系统。DSP 作为一种专门用于数字信号处理的微处理器, 拥有强大的运算能力, 在仪器仪表领域有广泛的应用^[3]。ARM 处理器是 ARM(Advanced RISC Machines)公司设计的一系列 RISC 嵌入式微处理器, 具有强大的处理能力和对外部事件进行及时准确的响应, 广泛应用于工业自动化领域^[4]。文中提出基于 DSP 的激光

* 收稿日期: 2010-08-24

作者简介: 王 俊(1984-), 男, 山西朔州人, 硕士研究生, 主要从事测控技术与智能仪器方面的研究。

粒度仪数据运算电路,基于 ARM 的控制显示电路,意在实现粒度仪的小型化,低成本。

1 激光粒度仪工作原理

激光粒度仪是根据颗粒使光产生散射这一物理现象测试颗粒大小^[5]。如图 1 所示,激光器发出的激光经扩束准直后,垂直照射在一方形光学玻璃样品池,样品池里有溶在水里的样品,在样品池的另一端用傅里叶透镜进行聚光,在傅里叶透镜的焦距处放有一个环形探测器,环形探测器的中心在傅里叶透镜的焦点处,这样就能对散射光进行接收。再对电信号进行采集,经 DSP 进行信号处理和运算。探测器由 64 环的硅光电池组成,把散射光的光强分布转换为电信号。根据这 64 环探测器所采集到的数据应用米氏散射理论可以反演出待测颗粒的粒径。

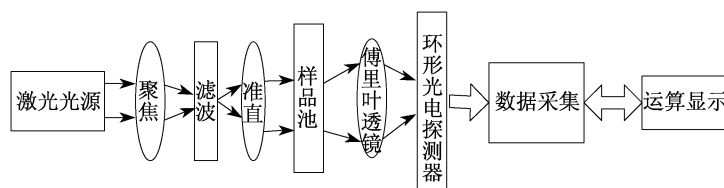


图 1 激光粒度仪组成框图

Fig. 1 The composition diagram of particle laser particle size analyzer

2 系统设计与实现

2.1 总体电路设计

系统结构如图 2 所示,包括信号选通电路,放大、转换电路,运算电路和显示控制电路四部分组成。

由图 2 知,光电探测器输出的是 64 路模拟信号。选用 ADG506A 模拟多通道选择器,它是 16 选 1 模拟多通道选择芯片,它有 $S_1 \sim S_{16}$ 共 16 个模拟电流信号输入端,一个模拟信号输出端 D,四个通道选择逻辑端,一个片选使能信号端。设计共用 4 片 ADG506A 完成 64 路采集信号的单路选通。4 片 ADG506A 共八个地址信号端由 DSP 芯片 TMS320C5509A 的 GPIO6 到 GPIO13 提供。TMS320C5509A(PQFP 封装)共有 13 个通用输入输出管脚,这些管脚很容易配置成控制管脚,为逻辑控制提供方便。光电探测器输出的电流信号是无法让 A/D 进行采集的。必须经过电流电压转换电路,滤波放大电路传送给 DSP。在传送过程中,DSP 通过控制 ADG506A 的 8 个地址线模式,使用从 0~63 依次增加 1 的方法实现信号的依次单路选通。经过滤波放大电路放大的电压信号传输给 DSP。TM S320C5509A 主机接口(HPI)是一个 16 位并行接口,通过该接口 ARM 微处理器可以直接高速访问 DSP 的内部存储器空间。ARM 微处理器通过 RS232 串口控制控制板实现在粒度仪测量过程中对辅助测量设备(超声波,搅拌器,水泵,电池阀)的实时控制。

2.2 运算、显示电路设计

激光粒度仪是根据采集到的光散射信息应用米氏散射理论反演出待测颗粒的粒径^[6]。根据粒度仪的运算速度、精度,数据、程序存储空间,仪器的开发成本,文中运算电路的主芯片采用 TI 公司的 TMS320C5509A。它是一种低功耗高性能 DSP,16 位定点运算,速度为 40~200MIPS^[7]。设计中,DSP 系统中需要外扩 flash 芯片,用来烧写程序。系统采用串行 flash 芯片 AT25F1024N,它具有 1MB 的容量而且成本低,工作电压为 3.3V。GPIO4 作为 AT25F1024N 的片选使能信号, S_0 为数据输出端口, S_1 为数据输入端口,SCK 为数据时钟信号端。

ARM 是设计的主控部分,采用的是三星公司的 S3C2440 芯片,用于运行 WIN CE 系统,对整个粒度仪系统进行管理,驱动 LCD 显示测试数据。ARM 系统配置:CPU—三星 S3C2440,运行于 400MHz,

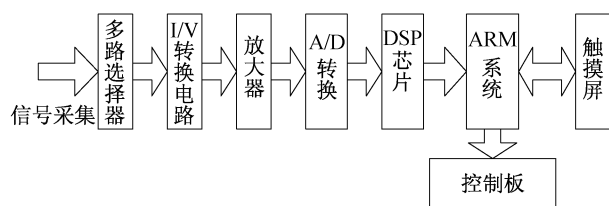


图 2 系统结构

Fig. 2 System structure

NOR FLASH-2M, NAND FLASH-64M, SDRAM-64M, 由 2 片 16bit 宽度的 32M SDRAM 组成。

2.3 ARM 和 DSP 之间的数据通信

TMS320C5509A 主接口(HPI)是一个 16 位并行接口,通过该接口 ARM 微处理器可以直接高速访问 DSP 的内部存储器。ARM 通过操作三个 HPI 寄存器来达到与 DSP 交换数据的目的。通过地址总线中 $A_4 - A_1$ 四根地址线信号的变化来决定读写 HPI 的哪个寄存器及相应寄存器的高半字还是低半字。对 HPI 寄存器操作的时序产生和相应寄存器的读写都是由 WIN CE 操作系统下的 HPI 设备驱动来实现的。

3 软件设计

3.1 基于 DSP 算法运算软件设计

通过把 DSP 的多通道缓冲串口配置成 SPI 串口模式控制 ADG506A 进行数据采集。首先需要对 DSP 芯片进行初始化,包括:时钟初始化,CSL 初始化,中断初始化,SPI 串口初始化。其次,通过 SPI 口接受采集电路转换过来的数字信号。接受数据时触发外部中断,进入中断响应程序,保存采集到的数据。数据采集完成后,应用米氏散射理论,反演出所测颗粒的粒径信息。反演结果通过串口把数据传输给 ARM 系统,驱动触摸屏显示测量结果。程序流程图如图 3,图 4 所示:

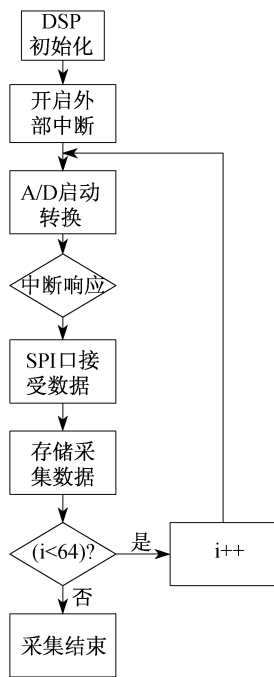


图 3 数据采集流程图

Fig. 3 Flowchart of data acquisition

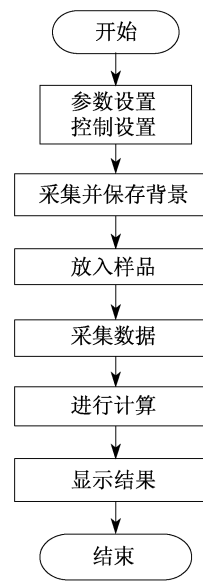


图 4 反演算法流程图

Fig. 4 Flowchart of inversion algorithm

3.2 基于操作系统为 WIN CE5.0 的显示界面设计

文中涉及到的软件主要是 WIN CE 下的设备驱动程序,从内核的角度来看,驱动程序是一个设备的代表。当内核需要与某个设备交互时,它找到该设备的驱动程序模块,而后通过标准的接口调用驱动程序的相应函数,从而控制该设备。内核不需要知道驱动程序如何工作,也不需要了解设备的细节,设备的细节由驱动程序掌握。现需要两个驱动程序,一个是针对 DSP 和 ARM 之间的 HPI 接口数据通信驱动,以下简称 HPI 驱动。HPI 驱动负责将上层应用程序发过来的命令通过 HPI 接口转发给 DSP,然后把 DSP 处理后的数据通过 HPI 接口读取到 ARM 的存储空间中,继而同传给上层应用程序。另一个是 LCD 的显示驱动,文中的显示驱动是基于 framebuffer 的,它的任务是为 ARM+WINCE 环境下 LCD 的文本和图形显示提供图形引擎,有了显示驱动后,用户空间就可以通过 MiniGUI 等软件来设计人机交互

界面了^[8]。

4 实验结果分析

在完成硬件电路设计的基础上,进行激光粒度仪实验。实验是在激光粒度仪的实验平台上进行的。激光器采用氦氖激光器,功率为 5mW,经扩束准直后,激光的光斑直径为 9mm、样品池采用光学玻璃做成,厚度为 1mm、采用的傅里叶透镜的焦距为 75mm,孔径为 45mm。接收器为 64 环的光电池接收器。算法采用米氏算法、样品采用满足 R-R 单峰分布的粒径范围为 0.1~100 μm 的碳酸钙,溶液用水。

连续 5 次测试,测量结果如表 1 所示, D_{50} , D_{10} 误差在 6%之内, D_{90} 误差在 1%之内,说明改进的粒度仪整体测试准确性好。

表 1 测量结果与标准值

特征值	$D_{10}(\mu\text{m})$	$D_{50}(\mu\text{m})$	$D_{90}(\mu\text{m})$
标准值	2.58±0.3	17.96±1.5	47.69±3.5
测得值	2.72±0.25	17.21±0.40	47.91±1.01
误差	5.4%	4.2%	0.3%

5 结 论

设计将信号处理模块,嵌入式控制系统,运算系统,显示模块于一体化,通过目前飞速发展的嵌入式技术,改进传统激光粒度仪的数据采集,运算,控制,显示模块。采用 ARM 微处理器控制测量过程和驱动显示屏,在实现仪器的小型化、低功耗、智能化有无比的优越性,专用的数据处理芯片提高了测量精度,运算速度将大大提高。设计在粒度仪测试领域有广泛的应用前景,具有明显的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 葛宝臻,汤海军. 激光粒度仪嵌入式数据采集系统的设计与实现[J]. 电子测量技术,2007,30(11):55-58.
- [2] 王维新. 基于 ARM 的嵌入式系统的应用技术[J]. 西安文理学院学报,2009,12(3):100-103.
- [3] 李振涛. 高性能 DSP 关键电路及 EDA 技术研究[D]. 长沙:国防科技大学,2007:1-5.
- [4] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:3-10.
- [5] 孙 昕. 基于 Mie 散射理论测量微小球粒粒径的数值模拟及实验研究[D]. 天津:天津大学,2004:16-18.
- [6] 潘为刚. 全制动激光粒度仪的研究[D]. 济南:山东大学,2006:1-3.
- [7] 汪安民. TMS320C54xxDSP 实用技术[M]. 北京:清华大学出版社,2002:8-12.
- [8] 陆 林. 基于 ARM9 的大型触摸屏控制器的研究与开发[D]. 无锡:江南大学,2008:15-18.