

一种高精度通用的数据采集系统的设计与实现

王芳^{1,2}, 殷留留^{1,2}, 李宇琛^{2,3}, 孙昊^{2,6}, 韩森^{1,2}, 李春杰⁴, 韩凯², 王全召⁵

(1. 上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093; 2. 苏州慧利仪器有限责任公司, 江苏 苏州 215123;

3. 苏州科技大学, 江苏 苏州 215009; 4. 中国科学技术大学苏州研究院, 江苏 苏州 215123;

5. 苏州维纳仪器有限责任公司, 江苏 苏州 215123; 6. 长春理工大学, 长春 130022)

摘要: 为了保证激光干涉仪内部的压电陶瓷驱动器(PZT)能够精准地工作, PZT的驱动电路系统的有效位数必须达到12位。文中介绍了一种基于ADS1255的高精度通用的数据采集系统。如何使用高精度的ADS1255模数转换芯片, 文中给出了硬件和软件设计方法并作了详细的说明。该设计以TI公司的24位 Σ - Δ 型模数转换芯片ADS1255和16位数模转换芯片AD5062为核心, 以STC公司的STC89C58RD+为控制器, 采用串口通信的方式将ADS1255采集到的数据进行输出并保存。最后再通过MATLAB编程对得到的数据进行分析处理, 由数据结果可得到电路系统的有效位数为13位并同时验证了数据采集系统的准确性^[1-2]。

关键词: ADS1255; AD5062; 模数转换; 数模转换; 有效位数

中图分类号: TN79 **文献标识码:** A

Design and implementation of a high precision universal data acquisition system

WANG Fang^{1,2}, YIN Liu-liu^{1,2}, LI Yu-chen^{2,3}, SUN Hao^{2,6}, HAN Sen^{1,2}, LI Chun-jie⁴, HAN Kai², WANG Quan-zhao⁵

(1. School of Optical Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Suzhou H&L Instruments LLC, Suzhou 215123, Jiangsu Province, China; 3. Suzhou

University of Science and Technology, Suzhou 215009, Jiangsu Province, China; 4. Suzhou Institute for Advance Study,

USTC, Suzhou 215123, Jiangsu Province, China; 5. Suzhou W&N Instruments LLC, Suzhou 215123,

Jiangsu Province, China; 6. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: To ensure the laser interferometer inside PZT can work accurately, effective bit number of PZT drive circuit system must reach 12. This paper introduces a high precision universal data acquisition system based on ADS1255. How to use this high-performance analog-to-digital converter, this paper presents the hardware and software design methods and a detailed description is made. The design takes 24-bit Σ - Δ analog-to-digital converter ADS1255 and 16-bit digital-to-analog converter AD5062 of TI as the core, takes STC51 as controller, and which outputs and saves the data using serial communication mode. Finally, through the MATLAB programming, it analyzes and processes the data obtained. By processing the data, the effective bit number of AD5062 can reach 13. And also to verify the accuracy of the data acquisition system.

Key words: ADS1255; AD5062; analog-to-digital; digital-to-analog; the effective bit number

0 引言

随着光学加工、精密机械制造等行业的迅猛发展,对微米/纳米级面型的加工要求越来越高,其要求必须是100%无损(即非接触)、快速、定量、高精度和抗干扰性能强的检验方法和检定仪器,对纳米

精度的检测技术也提出了越来越高的要求。在纳米

收稿日期: 2016-05-30

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项(2013YQ150829); 苏州市科技计划应用基础研究项目(SYG201543)

作者简介: 王芳(1991-),女,硕士研究生,研究方向为测试计量技术、电路控制。通讯作者:韩森。

精度检测技术中,高精度激光干涉测量技术由于高灵敏度、高精度及非接触性等特点,逐渐成为目前精确度最高、应用最为广泛的高精度测量方法之一。激光干涉仪检测技术是通过测量参考物与所测物体的光的光程差可测量出几何长度或折射率的微小改变量,进而测得被测物体的大小。利用 PZT(压电陶瓷微位移器)推动标准镜头沿轴向移动,产生相位改变,同时采集不同相位的干涉图,即使用移相法测量面形信息,该方法测量精度高,但易受移相误差和环境振动的干扰。激光干涉仪内部的 PZT 电路要求有效位数达到 12 位,才能保证 PZT 能够精准的工作。所以,就设计一个高精度的通用的数据采集分析电路系统,用于测量 PZT 电路的有效位数。经测试电路系统有效位数可到 13 位,完全满足干涉仪内部 PZT 电路要求的精度指标。

1 系统硬件设计

该基于模数转换芯片 ADS1255 的数据采集分析系统的主采集控制器选用 STC 公司的高性能的处理器 STC89C58RD+。在有效位数测量系统中,处理器 STC89C58RD+ 主要负责控制 AD5062 数模转换电路、ADS1255 模数转换电路对数据的处理,以及控制串口电路发送数据至上位机对数据的显示,同时将数据存储在片外 RAM 中保存。AD5062 是 TI 公司的一款高性能的 16 位数模转换芯片,将数字量转换为模拟量。ADS1255 是 TI 公司的一款高性能、高分辨率、低噪音的 24 位模数转换芯片,将模拟值转换为数字量。最后 MCU 将 ADS1255 转换后的数字量以串口通信的方式进行输出显示^[3-4]。系统硬件设计框图如图 1 所示。

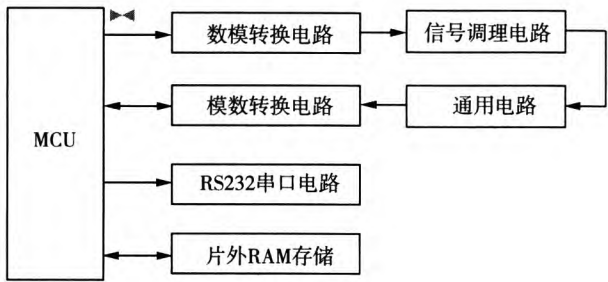


图 1 系统硬件设计框图

1.1 模数转换电路

ADS1255 是极低噪音的 24 位模拟转换器,可满足大多数应用于高精度的测量要求。转换器主要由模拟多路选择开关、传感器检测、输入缓冲器、可编程增益放大器、四阶 $\Sigma - \Delta$ 调制器、可编程数字滤波器、时钟发生器、控制电路、串行 SPI 接口电路以及通用数字 I/O 口等组成。模拟多路选择开关用于处理差分以及单极输入信号。可选择的输入缓冲器极

大地提高了输入阻抗。可编程增益放大器具有低噪音的特点,它可提供 1 - 64 范围内以二进制步数递增的增益。可编程数字滤波器可用来优化高达 23 位的无噪声精度与高达 30kSPS 的数据输出速率。对于测量多输入信号时,转换器可实现快速的通道切换,对于单点转换时,提供单通道切换。

ADS1255 与单片机采用 SPI 总线的方式进行通信,通过两根数据线 DIN、DOUT 进行数据交换。同时串行 SPI 接口电路还具有片选线 CS、时钟信号线 SCLK 以及数据信号状态线组成。

在串行通信期间,CS 必须保持低电平。当 CS 变高,串行接口复位,DOUT 进入高阻状态。CS 可以永久地保持低电平。串行时钟具有施密特触发输入功能,被用作于 ADS1255 的输入输出管脚 DIN、DOUT 的时钟数据。DRDY 输出作为状态信号指示,当转换数据准备被读出,DRDY 变低,当一个新的转换数据可用,复位成高电平。SPI 通信时,对时序的要求非常严格,SPI 通信时序如图 2 所示。

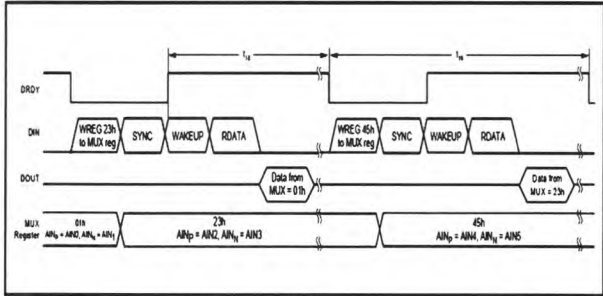


图 2 SPI 通信时序图

在 DRDY 变低之后立即通过循环改变复用器的方式(使用 WREG 命令到复用寄存器),然后再改变复用器之后通过发送 SYNC 和 WAKEUP 命令重启转换进程,用 RDATA 命令取回数据,读数据之前更改复用器允许 ADS1255 开始测量新改变的输入数据^[5-9]。

第一步:当 DRDY 变低,说明数据已经准备好取回。使用 WREG 命令更新复用器寄存器。

第二步:通过发送 SYNC 命令紧接一个 WAKEUP 命令重新启动转换进程。

第三步:利用 RDATA 命令读取以前转换的数据。

第四步:当 DRDY 又变低,重复第一个复用寄存器更新周期,然后读取以前的数据^[10]。

1.2 片外 RAM 存储器

由于系统性能测试实验中,需要采集大量数据,单片机内部的 RAM 空间有限,故需要外部扩展 32k 的存储空间,用于数据的存储。MCU 可对该存储空间进行实时访问。

2 系统软件设计

系统软件设计单元主要包括 DAC 模拟信号产生、ADC 数据采集、串口通信以及显示模块等。软件设计流程图如 3 所示。

其中如图 3 所示,整个软件流程先对 ADC、DAC、串口相关的各个寄存器进行初始化设置,然后启动 DAC,产生模拟电压信号,再启动 ADC 实现数据采集的功能,最后对采集到的数据以串口的形式发送出去并进行显示。

如图 4 所示,先对串口进行初始化,再对 ADC5062 数模转换器的相关寄存器进行初始化,最后对 ADS1255 模数转换器的相关寄存器初始化。

如图 5 所示,ADC5062 是 16 位的 DAC,其输入数字量范围为 0~65535。在该系统设计中,DAC 的输入设置为以 0 开始,并以 500 为步数进行递增,直至增到最大值为一个循环,由于其参考电压值为 5V,

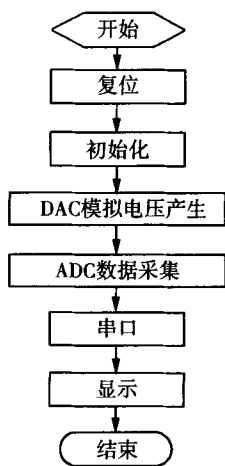


图3 主函数流程图

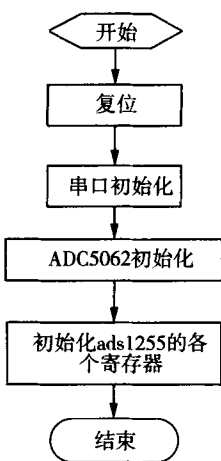


图4 初始化函数流程图

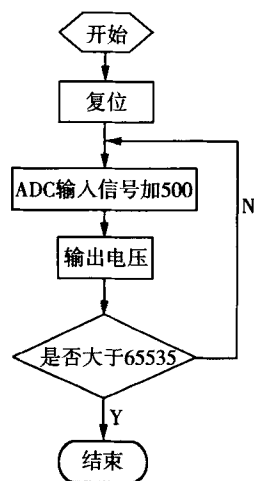


图5 DAC 模拟电压产生流程

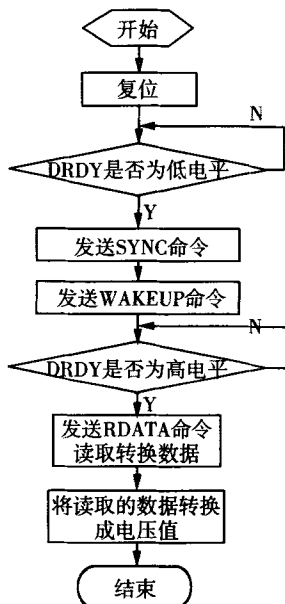


图6 ADC 数据采集流程图

故 DAC 相应的输出范围为 0~5V。

如图 6 所示,ADC 用于采集 DAC 产生的 0~5V 的电压。当 DRDY 变为低电平,数据已经准备好待取回。然后先后发送 SYNC 命令以及 WAKEUP 命令启动转换进程,待 DRDY 变为高电平时,再发送 RDATA 命令读取转换好的数据。最后再通过编程将转换的数据转化为电压值^[11]。

3 实验结果及分析

AD5062 的参考电压为 5V,其输入数字量范围为 0~65535,对应的输出值为 0~5V。AD5062 的输出值作为 ADS1255 的输入值,数据经 ADS1255 转换后,其输出值为 0~7FFFFF,转换成电压值为 0~5V。对 ADS1255 的各个寄存器进行设置,其中 STATUS 寄存器设置为数据输出高位在前低位在后,MUX 寄存器设置为数据输入模式选择为单极性输入,AN10 为正端输入,AN11 为负端输入,ADCON 寄存器设置为输出时钟关闭,传感器检测关闭,增益 PGA=1,DRATE 寄存器设置数据速率为 5SPS。在以上参数的设置下,ADS1255 对数据进行采集,以 500 为递增区间,共采集 133 个点,并将转换结果转换为电压值。最后使用 MATABLE 软件编程对得到的数据进行分析处理,图 7 中 DAC 输入数据作为横坐标,ADC 输出数据作为纵坐标,图 8 中 DAC 输入数据作为横坐标,每个采样点对应的实际数字量与理论数字量差值作为纵坐标。

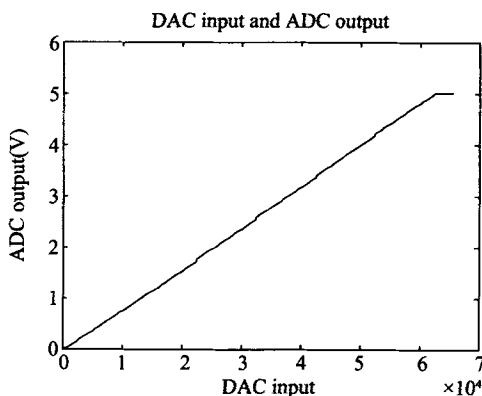


图7 系统输入与输出关系图

由图 7 可知,ADS1255 的输出与 AD5062 的输入在一定的范围内成正比例关系,当输入增大到一定的程度时,输出数据保持不变。由输入与输出的正比例关系可以验证数据采集分析系统设计的正确性。

再通过 MATLAB 软件处理,得到每一个采样点所对应的误差值,由图 8 经分析可知,随着 DAC 输入值的改变,数字量的跳变量在 $(-5 \sim +2)$ 区间内跳动,最大跳变量的绝对值接近 5,故可得最大误差位数为 3,故可测得电路系统的有效位数为 13 位。

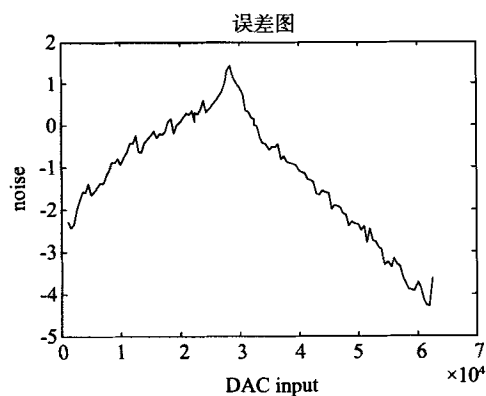


图8 差图

4 结束语

本文主要利用单片机控制芯片、模数转换器 ADS1255 设计了测量数模转换器 AD5062 测量整个电路系统的有效位数。经测试电路系统能够正常稳定工作并且测得有效位数为 13 位,完全满足激光干涉仪内部 PZT 驱动电路要求的精度指标,本工作为进一步研究 PZT 的位移特性提供了有力的技术依据。

参考文献:

- [1] 陈亮,高国旺,马认琦,等. 高精度模数转换器在压力信号采集系统中的应用[J]. 电子测试, 2011(4):1-3.
- [2] 柳晓见,莫嘉嗣,刘洪山. 基于 DAC1220 与 ADS1255 的低漂移精密 DAC 设计[J]. 科技创新导报, 2012(7):31-31.
- [3] 李晓蕊,吕朝萍. 单片机与 PC 机的串行通信系统[J]. 新技术, 2015(14):126-127.
- [4] 朱振亚. 8051 单片机串口通信中的检错方法[J]. 科技创新导报, 2011(23):76-77.
- [5] 周传文,虞先国,奚大顺,等. ADC-ADS1255 实现 23Bits 有效位数的应用[J]. 自动化与仪表, 2011(2):57-60.
- [6] 何建,胡焱,周超. 24 位 A/D 转换器 ADS1255 及其应用[J]. 西南民族大学学报:自然科学版, 2006(5):1036-1040.
- [7] 田春华,任家富. 高精度 AD 在地震数据采集中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2008(5):68-70.
- [8] 王小波,赵兆,梁春苗. ADS1255 及其在数字地震检波器中的应用[J]. 地质装备, 2010(1):21-24.
- [9] 金忠,章国宝. 基于 ADS1255 的地震信息采集模块设计[J]. 电子设计工程, 2009(10):98-99.
- [10] TexasInstruments Datasheet:ADS1255 Very Low Noise, 24 Bit Analog-to-Digital Converter [EB/OL]. (2006-12). <http://www.ti.com/product/ads1255>, 24 Bit, 30kSPS Very Low Noise Delta-Sigma ADC.
- [11] 伍敏君,戴锋. 数据采集分析系统的设计与实现[J]. 硅谷, 2012(6):80-81.

责任编辑:公丽苹

(上接第 27 页)

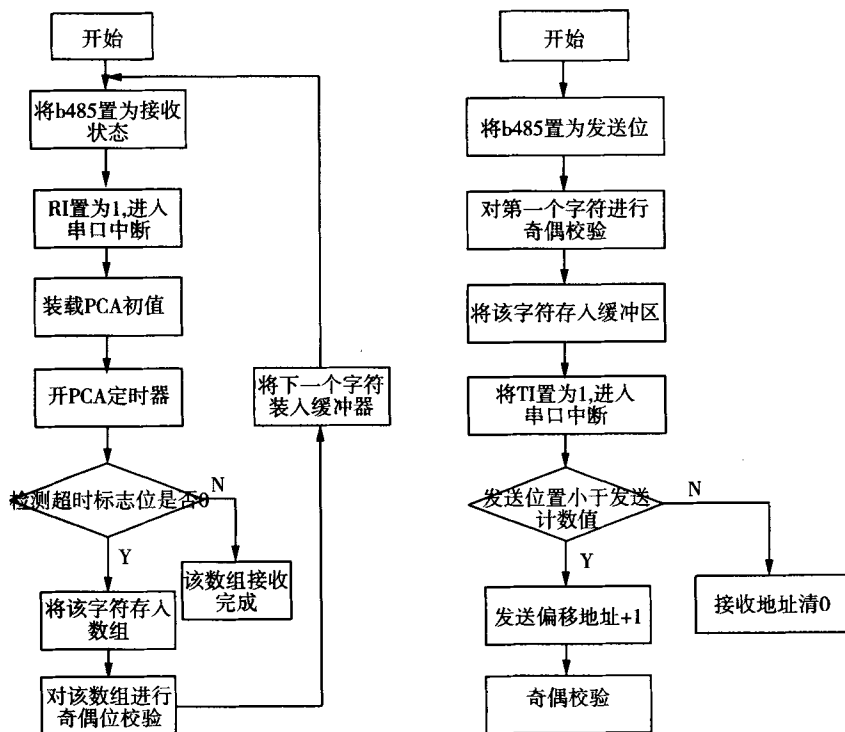


图6 上位机接收与发送数据流程图

参考文献:

- [1] 胡汉才. 单片机原理及其接口技术[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [2] 何立民. 单片机高级教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2001.
- [3] 21IC 中国电子网[EB/OL]. <http://www.21ic.com>.

- [4] 周立功单片机[EB/OL]. <http://www.zlgmcu.com>.
- [5] Abdelmalik Bachir, Abderrahim Benslimane. Towards Supporting GPS-unequipped Vehicles in Inter-Vehicle Geocast[C]. Proceeding of the 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, 2003.
- [6] 李朝青. PC 机及单片机数据通信技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007.

责任编辑:肖滨