

[文章编号] 1003-4684(2010)01-0063-04

基于 MSP430 锥度仪系统的设计

游海涛, 邓彬伟, 黄智铭

(黄石理工学院电气与电子信息工程学院, 湖北 黄石 435003)

[摘要] 给出了一种实现锥度仪系统设计的整体思路, 分析了系统的工作原理, 简述了系统器件的特性及优点. 系统以 MSP430 单片机为核心进行数据处理, 采用芬兰 VRI 高精度传感器 SCA103T 测量倾斜角, 并以模拟 SPI 的方式进行通信.

[关键词] 锥度仪; MSP430; SCA103T; SPI

[中图分类号] TH712

[文献标识码]: A

锥度仪是应用倾角传感器测量数据, 经系统处理后换算成圆锥的底面直径与锥体高度之比值或其他需要的数据并将其显示的仪器. 它在四轮定位、通信指挥车、起重机、架桥机、水利施工、机床调平、土木建筑、高精度测量仪器及智能平衡运动控制系统等领域被广泛采用. 随着此类传感器技术的不断发展, 应用领域扩大, 要求控制系统设计简易、成本低廉、测量精度高、工作稳定、体积小、功耗低、使用方便. 为此, 本文提出了一种高精度数字锥度仪的设计与实现方法. 它以 MSP430 低功耗单片机为核心读取倾角传感器的数据, 进行软件处理后由 LCD 实时显示. 液体电介质随倾斜角度变化而使电容器容量发生变化, 传感器 SCA103T 利用这一特性进行倾斜角度的高精度测量, 并且提供 SPI 接口. MSP430 单片机使用模拟 SPI 方式与高精度倾角传感器 SCA103T 通信实现锥度仪数据的采集处理.

1 MSP430 单片机简介

MSP430 低功耗单片机为 16 位处理器, 并具有 5 种低功耗模式和丰富的外围模块, 其中 MSP430F149 包含: 6 组 I/O 端口、精密模拟比较器、硬件乘法器, 2 组频率可达 8MHz 的时钟模块为系统 SPI 通信提供时钟频率, 1 个 FLASH 存储模块存储系统校验后的数据, 8 路 12 位 AD 转换通道可供本系统测量外部电压使用, 还有 2 个可以实现异步、同步及多址访问的 USART. 在实际的应用

中, USART 接口具有极大的通用性, 出于扩展接口的目的, 往往通过软件模拟 SPI, 以获得更多的 SPI 接口^[1]. 串行外设接口是一种同步串行通讯接口, 用于微处理器、微控制器和外围扩展芯片之间的串行连接, 现已发展成为一种工业标准, 有着极为广泛的应用.

2 SCA103T 及其工作原理

SCA103T 系列是以单晶硅材料制造的高精度单轴倾角传感器. 传感器由三层硅片构成, 形成立体结构, 当倾斜或者有加速度的时候, 中间质量片会倾斜向某一侧, 从而两侧的电容量由一样变成不一样^[2]. 测试片两边形成电容, 传感器灵敏度高两极之间由玻璃构成绝缘. SCA103T 传感器就是利用液体电介质随倾斜角度变化而使电容器容量发生变化的特性, 进行倾斜角度的测量. 变面积型电容器容量的变化与倾斜角度成正比例关系, 因而该产品在理论上是完全线性的^[3]. 传感器内部的测量电路采用脉冲宽度调制原理, 并利用放大器对传感器微弱信号进行交流放大, 再经过滤波、直流放大、A/D 转换处理之后输出需要的倾角数字信号. SCA103T 系列对外通信时有两个模拟输出和一个数字 SPI 接口以提供直接信号处理和信号差分, 通过外部运算放大器或者微控制器实现. 信号差分带来非常显著的优点: 它能提高产品灵敏度并显著减小共模噪声. 在 8 Hz 带宽情况下, 模拟信号分辨率是 0.001, 数字信号分

[收稿日期] 2009-12-15

[作者简介] 游海涛(1988-), 男, 湖北黄石人, 黄石理工学院学生, 研究方向: 电路与系统.

辨率为 0.009. 该产品含有内部温度测量和补偿, 再加上高于 0.014 的长期稳定性, 在 -25~85℃ 能保证精度偏移小于 ±0.14.

3 系统设计

3.1 系统介绍

系统包含 SCA103T 数据采集模块、MSP430 数据处理模块、按键模块、显示模块、电源模块和电源监控 6 个部分(图 1).

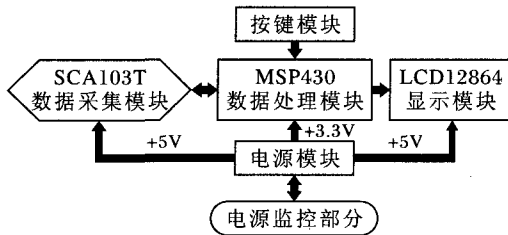


图 1 系统结构整体框图

MSP430 数据处理模块是系统的核心部分, 使用 8MHz 的主时钟频率处理外围模块发送的数据并驱动 LCD 显示测量结果. 由于 MSP430 单片机内部资源丰富, 减少了系统外部器件的使用, 电路设计简单, 且又可以在线调试, 使系统设计、开发工作方便了很多, 大大缩短系统实现的时间.

SCA103T 数据采集模块是系统的主要组成部分, 它接收 MSP430 的控制信号并将采集到的数据发送给单片机处理. SCA103T 传感器提供了两种数据传输方法. 一种方法是 SCA103T 的两个模拟输出经差动运算放大器送入 AD 转换器, 微处理器读取 AD 转换结果得到倾角检测结果; 另一种方法是微处理器通过 SPI 接口直接读取 SCA103T 系列内部 AD 转换器转换结果(11 位 AD). 由于 SPI 接口方式具有节省硬件开销、接口少、编程简便等优点, 本文设计的锥度仪系统采用了第二种方法.

系统显示部分采用 LCD12864-16 显示器, 主要考虑锥度仪的便携性, 体积不宜过大又要便于观看数据.

按键模块主要实现对系统显示界面的操作及系统复位等功能.

电源方面, 不仅设计了稳定的电源模块还加入电源监控模块, 通过 MSP430 内部 AD 转换端口输入单片机控制并显示电源电压, 使系统功耗更低, 更稳定.

由于锥度仪要在土木建筑等方面被使用, 但不同的地理位置或环境中重力加速度不同, 系统测量的水平基准值会发生一定变化, 所以系统中加入自

动校验功能, 可将 SCA103T 数据采集模块放到水平卡尺上, 自动将水平参数记录到 MSP430 的 Flash 中, 其锥度仪以此作为基准进行换算, 使其可以在任意地点应用, 并得到准确的倾角值.

3.2 硬件电路的设计

系统硬件电路主要根据系统功能模块的需求来设计. 在设计中需要注意以下几点.

1) MSP430 与 SCA103T 通信端口连接见图 2. 倾角传感器 SCA103T 是 5 V 供电, 而 MSP430 是低功耗单片机, 工作电压为 3.3 V, 所以它们之间的信号传输需要经过电平转换. LVC4245 电平转换芯片可以将 3.3 V 和 5 V 进行双向转换, 为了减少转换方向的麻烦, 直接将芯片方向控制位接地使其只能将单片机输出的 3.3 V 信号送 SCA103T. SCA103T 输入单片机的数据则通过 10K 电位器分压后传送. 系统数据传输采用 SPI 四线制接口方式, 电路设计将传感器与单片机的硬件 SPI 端口对应连接.

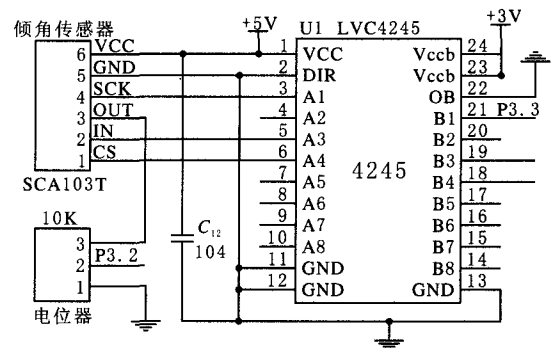


图 2 MSP430 与 SCA103T 通信端口连接图

2) SCA103T 测量范围受到灵敏度、零点偏移和供电电压变化的影响, 要使设计实现高精度测量, 电源电压变化最好在 $5 \pm 0.05V$. 所以系统在电源设计上采用 DC-DC 直流电源转换器 TD05-12S05 向 SCA103T 供给稳定、可靠的 5V 工作电压. MSP430 单片机的工作电压只需通过 1117-3.3 稳压片供给即可.

3) 显示部分采用封装尺寸较小的 LCD12864-16, 在调试电路时要注意使用电位器调好 LCD 的对比度, 可通过 18 脚 LCD 的反向驱动电压进行调节.

3.3 基于 MSP430 模拟 SPI 与 SCA103T 通信

系统设计采用 MSP430 作为 SPI 的主设备模拟 SPI 通讯功能, 并且实现对 SCA103T 从设备的数据和指令的双向传输. 其指令或数据传输基于以下几个要点读写时序. 系统通信数据传输采用以下四线制接口:

MOSI 主设备输出、从设备输入

MISO 主设备输入、从设备输出
 SCK 串行时钟
 CSB 片选(低电平有效)
 SCA103T 的 SPI 时序见图 3.

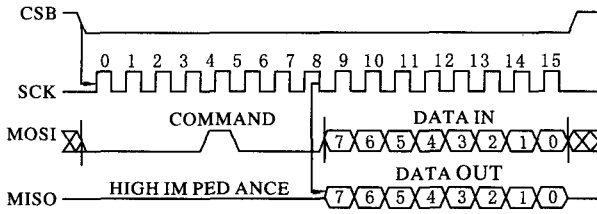


图 3 SCA103T 的工作时序图

SPI 控制命令可以是单指令的,也可以是指令和数据的结合.在指令和数据结合的情况下,数据紧跟着 SPI 指令,输入数据和输出数据是同步进行的.在图 2 中,传输开始于 CSB(片选)下降沿,结束于 CSB 的上升沿.在传输的过程中,SCK(串行时钟)和 CSB(片选)按照以下的规则模拟 SPI 控制命令和数据:

- 1) 命令和数据移位输入,高位先入,低位后入.
- 2) 任何输出数据、状态位在 SCK 下降沿移位输出(MISO 脚).
- 3) 任何位都是在 SCK 上升沿接收(MOSI 脚).
- 4) 通过 CSB 下降沿选定设备后,要接收 8 位命令来设置设备的工作模式.
- 5) CSB 的上升沿停止所有数据传输,并使内部计数器和指令寄存器复位.
- 6) 如果接收到无效指令,将没有数据移入片内,MISO 仍然处于高阻抗状态,直到 CSB 的下降沿被触发^[4].

3.4 软件设计

系统的主程序流程见图 4.

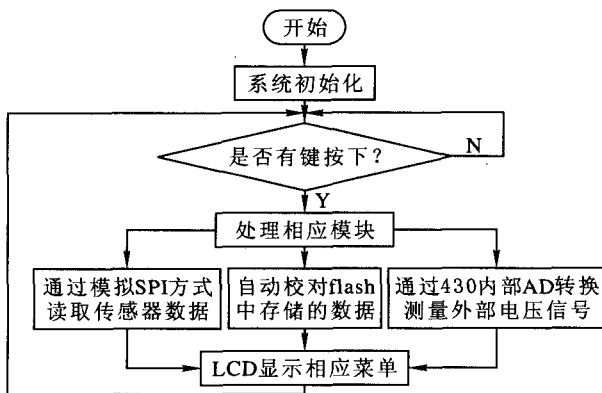


图 4 主程序框图

本文主要对 SPI 模拟通信部分的软件处理做详细说明.系统定义 MSP430 的 I/O 端口 P3.0 为传输

时能段 CSB,P3.1 为输出 MOSI,P3.2 是输入 MISO,P3.3 为 SCK 信号.在 P3.3SCK 制造一个下降沿,输出数据 data 的高位 BIT7,然后把 P4.5SCK 的电平拉高,data 中的数据依次右移一位,再将 P3.3 的电平拉低,使 SCK 输出低电平,又一次输出 data 的高位,这时,输出地就是原来 data 中的次高位 BIT6 值,如此重复,data 右移 8 次就完成了一个字节的输出.通过这种方法模拟 SPI 读取 SCA103T 的 X 通道和 Y 通道的加速度数据,再经过数据处理得到所需的数值.实现该功能的代码如下:

```

  /* * * * 通过 spi 读取传感器数据 * * * */
  x=0x10;
  getdatex=0;
  P3OUT&=~0x01; // 开使能
  for(i=0;i<8;i++) // 发数据
  { sck=1; // 模拟时钟信号
    if(x&0x80) P3OUT|=BIT1;
    else P3OUT&=~BIT1;
    sck=0;
    x=x<<1;
  }
  j=0x00;
  for(i=0;i<11;i++)
  {
    sck=0;
    j=j<<1;
    if((P3IN&BIT2)==BIT2)j=j|BIT0; /* 读数据 */
    sck=1;
  }
  P3OUT|=0x01;
  getdatex=j;
  .....

```

4 小结

本文介绍了基于 MSP430 与 SCA103T 实现锥度仪的整体系统设计思路以及所需注意的问题,重点讲述 MSP430 模拟 SPI 与 SCA103T 通信方法和原理,给出了在 IAR 编译环境下编写的模拟 SPI 连接 SCA103T 的子程序.经实测,该系统设计的锥度仪能够很好地实现各项性能指标,可靠性高.

[参 考 文 献]

[1] 沈建华,杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.
 [2] 施云贵. 基于 SCA103T 实现的高精度倾角检测系统设计[J]. 吉林化工学院学报, 2008, 6(3): 68-70.

- [3] 徐爱钧. 智能化测量控制仪表原理与设计[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2004. 口通信的实现[J]. 计算机工程与设计, 2008, 3(11): 169-1170.
- [4] 张经爱, 许凯华, 刘玉华. 基于 MSP430 的模拟 SPI 串

Design and Implementation of Inclination Detection System Based on Msp430

YOU Hai-tao, DENG Bin-wei, HUANG Zhi-ming
(School of Electrical & Electronic Information Engin. ,
Huangshi Institute of Tech. , Huangshi 435003, China)

Abstract: The method and the implementation of inclination detection are proposed in this paper. In addition, the features and the merits of its devices are described. On the other hand, MSP430 is its core, the VTI SCA103T inclinometer with high calibration accuracy and high resolution is used to measure the inclinometer and communication between core and sensor employed SPI mode.

Keywords: taper inclination; MSP430; SCA103T; SPI

[责任编辑: 张岩芳]

(上接第 40 页)

The Research on the Optimization of the Operating Mode of WISCO 110 kV Power Network and its Application

CUI Jian, QIU Jun, LAN Rui
(WISCO Ltd Energy Power General factory, Wuhan 430083, China)

Abstract: The primary power net work of Wuhan Iron and Steel Corp(WISCO), which is based on the self-supply power plant, is composed by a looped network operating mode by link line. The disadvantage of looped network operating mode has given rise to comparatively large influence on the normal production of WISCO. Through calculation, theoretical analysis and demonstration, some corresponding methods dividing the 110kV power net work into two are offered for discussion. One corresponding method is selected to implement. As a result of the inspection of operating, the load flow distribution, the equipment capacity, the relay protection could meet the requirements of safety and reliability of the system. The passive effect caused by partial failures has been lowered.

Keywords: 110kV power net work; the distribution of load flow; optimization; reliability

[责任编辑: 张岩芳]