

新型便携式倾角传感器设计

王利恒,李联中,王祥力,王斯宁

(武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430205)

摘要:针对传统测角仪器采用分体设计,具有体积庞大、读数困难的问题,设计了一种新型的便携式倾角传感器.利用C8051F310单片机的P2.0口采集传感器的输出电压,经过单片机自带的模数转换模块进行模数转换,转换后的数字量首先通过一次平均值滤波处理,然后将其转化为角度,最后通过液晶显示器输出测量角度,同时还设计了RS-232通信模块,用于和上位机进行通信.系统采用了模块化设计的思想,具有重量轻、体积小、电池供电、使用方便等特点.实验结果表明:在0~90°的范围内,系统的最小分辨率为0.1°,灵敏度为0.02 V/°,具有比较好的重复性和线性度.

关键词:C8051F310单片机;加速度传感器;数据采集;倾角传感器

中图分类号:TP368

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.09.017

0 引言

倾角传感器用来测量仪器相对于水平面的倾角,在航空航天^[1]、太阳能^[2]、自动调平仪^[3]、军事^[4-5]、高精度科学设备等方面都具有重要的地位.传统的倾角传感器以其可靠性强、测量精度高,在水平、垂直度检测以及角度测量领域占有重要的地位,已经作为配套仪器在许多专业领域得到广泛的应用.但在比较恶劣的环境条件以及无市电供应状态下,该类传感器产品不能进行测量工作.因此,研究可适应恶劣环境以及小体积、轻重量、电池供电、使用方便灵活的倾角传感器产品成为一个亟待解决的问题.笔者设计了一种基于C8051F310单片机的倾角测量系统,经过实验验证,该倾角传感器的最小分辨率为0.1°,其重复性和线性度都比较理想,可以应用在各种高精度仪器的调平与角度测量系统中,具有很高的应用价值.

1 电路系统方案

倾角传感器敏感元件SCA60C的输出电压信号与角度成正弦关系变化,通过模数(Analog to Digital,以下简称:A/D)转换将其转变为数字信号并将数字信号传送入微处理器C8051F310中进行滤波、限幅、角度化等处理,使之变为对应的角度实时信号,通过显示模块进行显示以实现人机接

口.另外还配置了RS-232信号通信模块,系统可以通过该模块进行数据传输,实现与上位机的通讯.电路系统设计采用了模块化设计的方法,系统结构如图1所示.经过分析将倾角传感器分为以下6个主要模块:传感器敏感元件模块、电源供电模块、A/D转换模块、微处理器模块、显示模块和RS-232信号传输模块.

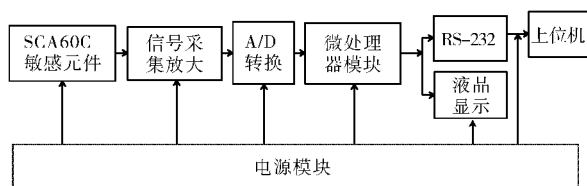


图1 系统结构

Fig.1 System architecture

1.1 传感器敏感元件模块

SCA60C是芬兰VTI科技公司推出的一种分辨率高、噪声低、稳定性好、抗冲击能力强的单轴倾角传感器芯片.该芯片可用来测量物体是否处于水平、垂直位置或与水平成一定的角度,它实际上是一个加速度计,其内部由敏感元件、测量电路、增益放大和滤波模块组成,它通过测量地球引力在测量方向上的分量,将其转换为倾斜角度.采用公式(1)将角度转化为模拟输出量:

$$V_{out} = V_s \sin \alpha + V_f \quad (1)$$

式(1)中: V_{out} 为角度敏感元件输出电压; α 为输入角度; V_f 为模块在水平位置时的输出电压(输出值

收稿日期:2012-05-13

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2010CHB01301);武汉工程大学科学研究项目(15106032)

作者简介:王利恒(1973-),湖北武穴人,副教授,博士,硕士研究生导师.研究方向:检测技术及智能仪表.

一般为 2.5V); V_s 为模块的灵敏度(其灵敏度为每重力加速度 2 V)。为了得到更好的精确度,应使用实际输出值代替通常值。该传感器反应灵敏,在较小的角度范围内,其倾斜所产生的电导信号与实际角度成很好的线性关系,利用此原理可以实现精确的角度测量。传感器对温度变化的响应不灵敏,因此温度变化对测量精确度产生的影响很小^[6]。

1.2 电源供电模块

为了给电路中的倾角传感器 SCA60C 和通信转换芯片 MAX232cep 提供 +5V 电压,笔者采用了 LM78L05ACZ 稳压芯片,通过此芯片可以为系统提供稳定的 +5V 电压,电源采用 9V 干电池。为了给 C8051F310 单片机提供 +3.3V 电压,笔者采用了 AMS1117 芯片,通过此芯片可以为单片机提供稳定的 +3.3V 电压。考虑到选取的电源变换芯片属于开关电源芯片,输出端处有较大的纹波,因此需要在电压输出端外接适当的旁路滤波电容,以消除电源输出纹波对系统中元器件的干扰^[7],设计电路如图 2 所示。

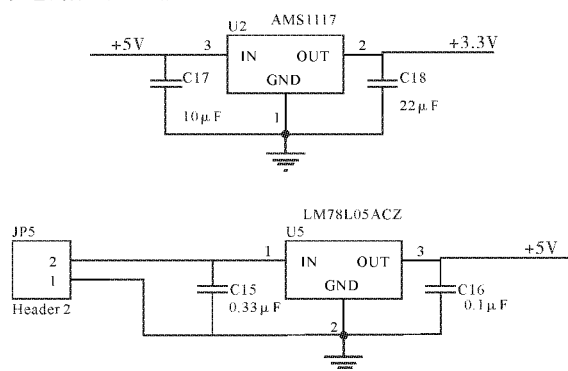


图 2 电源模块

Fig. 2 Power supply module

1.3 微处理器模块

本电路采用了以 C8051F310 单片机为核心的微处理器主控模块单元。C8051F310 单片机应用非常广泛,有较多的源程序代码可以借鉴,从而减少了工作量,缩短了开发时间。C8051F310 单片机具有 8 * 1024 字节的程序存储器,其提供的程序存储器以其较大的容量和方便灵活的输入输出接口受到广大工控设计人员的青睐^[8]。

1.4 A/D 转换模块

选择了模拟信号以后,要把模拟信号转换成微处理器可以识别的数字信号,必须采用模数转换。本系统的模拟信号为电压信号,通过模数转换以后,每一个角度对应的电压值都被转化为唯一确定的二进制数字量信号,这个数字量是微处理器可以识别处理的信号。

C8051F310 单片机的模数转换器 (Analog to Digital Converter, 以下简称: ADC) 集成了两个 25 通道模拟多路选择器和一个每秒采样 200 千次的 10 位逐次逼近型 ADC。ADC 可以工作在单端方式或差分方式,模拟多路选择器选择去 ADC 的正输入和负输入, P1.0 - P3.4 和 GND 中的任何一路都可以被选择为负向输入, P1.0 - P3.4、片内温度传感器输出和正电源中的任何一路都可以被选择为正向输入,如图 3 所示。只有当 ADC 控制寄存器中的 AD0EN 位被置 '1' 时, ADC 子系统才能启动; 当 AD0EN 位被置为 '0' 时, ADC 子系统处于关闭方式。当 GND 被选择为负输入时, ADC 工作在单端模式下; 在所有其它模式下, ADC 工作在差分模式。ADC 的输入通道是通过调整寄存器 AMX0P 和 AMX0N 的值来实现的。每次转换结束后, 在寄存器 ADC0H 和 ADC0L 中保存 ADC 转换结果的高字节和低字节。在本设计中, 笔者采用了单端工作模式, 选择 P2.0 端口为 ADC 模块的正输入, GND 为 ADC 模块的负向输入。

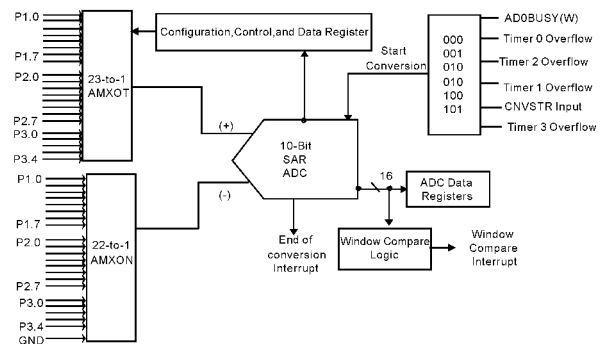


图 3 A/D 模块

Fig. 3 A/D module

1.5 SMC1602A 液晶显示模块

液晶显示器具有体积小、功率低、显示内容丰富、超薄轻巧等诸多优点,因而在各种仪表和低功耗应用系统中得到越来越广泛的应用。设计中采用常用的 2 行 16 个字的 SMC1602A 液晶模块来显示测量角度。SMC1602A 液晶模块与单片机的连接图如图 4 所示。

单片机 P1 口与 SMC1602A 液晶模块的数据口连接,用于传输数据和命令。P2 口分别控制 RS、R/W 和使能端 E。RS 为数据/命令选择端,高电平时传递数,低电平时传递指令。R/W 为读写控制端,高电平时进行读操作,低电平时进行写操作。当 RS 和 R/W 共同为低电平时,可以写入指令或者显示地址;当 RS 为低电平且 R/W 为高电平时,可以读取忙信号;当 RS 为高电平且 R/W 为低电平时,可以写入数据。E 为使能端,当 E 由高电平

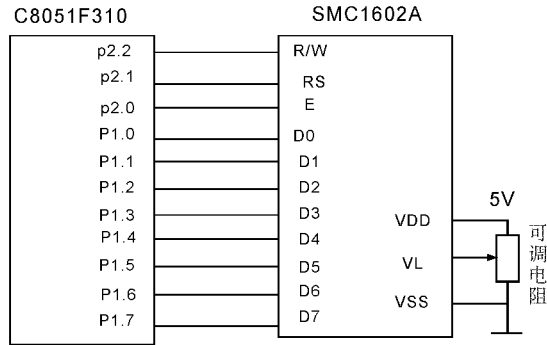


图4 单片机与 SMC1602A 液晶模块连接图

Fig.4 SCM and LCD module connection diagram

跳变成为低电平时,液晶模块执行命令。D0 - D7 为 8 位数据线。VL 为液晶模块的对比度调整端,接正电源时对比度最弱,接地时对比度最高,对比度过高时会产生“鬼影”,可以通过一个 10 千欧的电位器调整对比度。

1.6 RS-232 通信模块

系统还提供了与上位机通讯的 RS-232 模块,因此需要将单片机 TXD 端口输出的晶体管-晶体管逻辑电平转换为上位机可接收的 RS-232 电平信号。在 RS-232 通信模块中,主控芯片选用的是 MAXIM 公司的 MAX232CPE 芯片。此芯片可以将晶体管-晶体管逻辑电平转换成 RS-232 电平,也可以将 RS-232 电平转换成晶体管-晶体管逻辑电平,属于双向驱动接收器^[8]。系统通过此芯片作为与上位机相连接的处理单元,将系统信号数据传送到上位机中,用户可以在 RS-232 协议允许的距离内通过上位机采集倾角传感器系统的数据,也可以方便的利用此数据来进行后向处理,电路如图 5 所示。

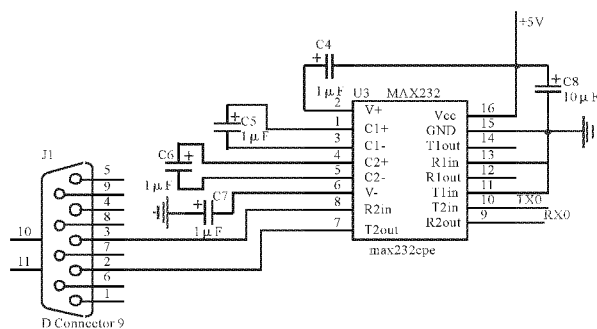


图5 RS-232 通信模块

Fig.5 RS-232 communication module

2 软件设计

软件设计也采用了模块化设计的原理。将实现各个功能的模块程序做成子程序,然后在主程序中进行调用。根据水平倾角测量仪系统的需要,分为以下 5 个子模块:单片机输入输出初始化模

块、A/D 转换器初始化模块、A/D 转换器采集数据并送交单片机模块、向液晶模块传送数据并显示模块、RS-232 数据传输模块。软件流程图如图 6 所示,具体的程序代码在此不再赘述。

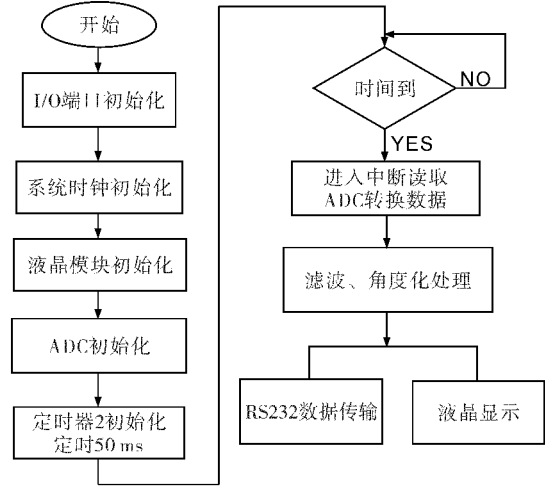


图6 软件流程图

Fig.6 Flow diagram of program

3 实验验证

为了测试系统的性能,利用角度发生器设置仪器倾斜角度,每倾斜 1° 记录一次数据,在 $0 - 90^\circ$ 范围内正反各做一次测试并记录,最后得到两组数据,如表 1 所示。由此可对传感器进行重复性和线性度测试。由于使用最小二乘法拟合直线可使拟合精度最高,所以采用最小二乘法拟合直线。拟合直线方程为: $Y = X + 0.181$, 系统的线性度为: $\Delta_{\max}/Y_{FS} = 0.279/90 = 0.0031$ (Δ_{\max} 为实际特性曲线与拟合直线的最大偏差, Y_{FS} 为传感器满量程输出)。最小分辨率为 0.1° , 灵敏度为 $2/90 \approx 0.02 \text{ V}/^\circ$ 。

表 1 系统性能测试

Table 1 System performance testing

标准角度/ $^\circ$	正行程		反行程	
	测量角度/ $^\circ$	绝对误差/ $^\circ$	测量角度/ $^\circ$	绝对误差/ $^\circ$
0	0.07	0.07	0.05	0.05
10	9.96	-0.04	9.95	-0.05
20	19.94	-0.06	19.96	-0.04
30	29.92	-0.08	29.97	-0.03
45	45.03	0.03	45.01	0.01
60	59.99	-0.01	59.98	-0.02
75	75.02	0.02	75.02	0.02

4 结 语

笔者设计的新型便携式倾角传感器系统通过

电源管理模块改变了电源的供电方式,实现了干电池供电;通过微处理器主控单元控制了显示、RS-232 数据传输等方式的人机接口,改造了原有传感器产品只具备模拟量输出的接口方式,缩小了产品体积,机体外壳采用长方体形状,机体外壳长 \times 宽 \times 高 $=120\text{mm}\times80\text{mm}\times40\text{mm}$,安装板测量面长 \times 宽 \times 高 $=110\text{mm}\times60\text{mm}\times35\text{mm}$ 。本机的结构外形尺寸比原有的一体化结构的传统仪器要小许多,其体积比文献[9]中的体积更小,更便于携带。倾角传感器技术的应用给水平倾角测量领域提供了更多新的选择,满足工业现场对角度测量的广泛应用需求。

参考文献:

- [1] 卢卫平,黄鸣丰,孙永荣. 倾角传感器在太阳能跟踪系统中的应用研究[J]. 现代电子技术, 2012, 35(1): 129-131.
- [2] 李晓红. 基于单片机的卫星天线自动定位控制系统开发与研究[D]. 上海:华东师范大学, 2008.
- [3] 杨兴瑶,刘行景. 高精度电子倾角传感器及其在自动调平仪中的应用[J]. 江苏机械制造与自动化, 1994, (6): 34-35.
- [4] 郭俊岑,周浚哲,唐健. 基于单片机的坦克火控调试台自动调平系统研究[J]. 沈阳理工大学学报, 2006, 25(3): 71-73.
- [5] 谭青. 自动调平系统在防空炮火中的应用[J]. 武器装备自动化, 2004, 23(4): 10-11.
- [6] Cheng Y, Winterflood J, Ju L, et al. Tilt sensor and servo control system for gravitational wave detection[J]. Quantum Gravity. 2001, 7(10): 1723-1729.
- [7] Lee Y Y, Lam K C, Yuen K K. Active vibration control of an aircraft cabin panel using piezoelectric sensors and actuators[J]. IEEE, 2003, 3(1): 131-141.
- [8] Chen Y L. Application of Tilt Sensor in Human-Computer Mouse Interface for People With Disabilities [J]. IEEE, 2001, 9(3): 289-294.
- [9] 刘军胜,左谨平,高菁基. 基于单片机的便携角度测量仪[J]. 电子技术, 2008, 45(4): 29-32.

Design of new portable tilt sensor

WANG Li-heng, LI Lian-zhong, WANG Xiang-li, WANG Si-ning

(School of Telecommunications and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract: In view of huge physical volume and receiving data difficultly of traditional tilt sensor, a kind of portable inclinometer was designed. The output voltage of the sensor was collected via p3. 3 port by C8051 single chip computer, then the voltage was converted to digital form by digital analog conversion. The angle was displayed by liquid crystal display after average filtering. RS-232 communication module was designed to communicate with computer. The inclinometer has features of light weight, small size, battery-powered, easy-to-use due to modular design. The experiment results show that the system has resolution of 0.1° in the range of $0-90^\circ$, with the sensitivity $0.02\text{ V}/^\circ$, and has better repeatability and linearity.

Key words: C8051F310 single chip; acceleration sensor; data acquisition; angle sensor

本文编辑:苗 变



文章撤销声明

2012 年第 3 期发表的文章“快速计算浓缩立方体的方法”,根据 2012 年 9 月 12 日由武汉工程大学学报编委会讨论通过的“学术不端论文的声明撤销制度”中的 2.6 条规定,本刊声明撤销该论文,并请相关数据库协助撤销。

《武汉工程大学学报》编辑部