

高精度低功耗测风传感器的研制

Development of High Accuracy and Low Cost Wind Measurement Sensor

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生院) 王瑞光¹ 李炳政^{1,2} 甘春和^{1,2}
WANG Rui-guang LI Bing-zheng GAN Chun-he

摘要: 为了克服传统的测风传感器测量误差较大,功耗较高等缺点,本文提出了基于 MSP430 单片机和电子磁罗盘技术的测风传感器的解决方案,达到了预期的目的。同时介绍了整个系统的设计方案和具体实现。

关键词: 高精度; 低功耗; 电子磁罗盘; MSP430

中图分类号: TP212.6 **文献标识码:** A

Abstract: In order to overcome the shortcoming of the general Wind Measurement Sensor, the paper puts forward the solution based on MSP430 and Magnetic Electronic Compass. It gets the anticipative goal. Also the design and detail realization of the whole system are introduced.

Key words: High Accuracy; Low Cost; Magnetic Electronic Compass; MSP430

1 引言

目前,市场上最常见的测风传感器是风标风杯式测风传感器,其中,具有自动定北功能的,测量误差为 10°,功耗一般在 5W 左右。本文基于霍尼维尔公司的磁阻传感器 HMC1022,提出了一种具有自动定北功能的测风传感器,该传感器具有高精度、低功耗的特点,测量精度达到 0.50,最大功耗不超过 3.6W。

2 测风传感器的工作原理

风是空气运动产生的气流。它是由许多在时空上随机变化的小尺度脉动叠加在大尺度规则气流上的一种三维矢量。地面气象观测中测量的风是二维矢量(水平运动),用风向和风速表示。风向是指风的来向,在自动观测中,风向以度(°)为单位。风速是指单位时间内空气移动的水平距离。风速以米/秒(m/s)为单位,取一位小数。

2.1、风向测量的工作原理

风向标是一种应用最广泛的测量风向仪器的主要部件,将风向标的旋转轴和光电编码器的旋转轴连接起来,风向的变化就可以通过风向标旋转轴的转动转化为光电编码器的数字输出 N,设光电编码器的位数为 n,则根据公式(1)得到编码器相对于其零点所旋转的角度 β。

$$\beta = \frac{N \times 360}{2^n} \quad (1)$$

式中 β 的分辨率为 360/2ⁿ,因而所选取的光电编码器应不少于 9 位(即 n ≥ 9),则 β 的分辨率就小于 1°。

设风向标指向北方时风向角 γ 为 0°,那么风向角 γ 为从北方顺时针到风向标所指方向的角度。显然,仅仅知道编码器的输出 β 并不能完全确定风向角 γ。为此,引入数字磁罗盘进行自动定北。如图 1 所示。

将数字磁罗盘,光电编码器和传感器外壳装配完以后,二者的相对位置固定不变。CPU 可以得到数字磁罗盘的数字输出,光电编码器的输出 β。并且数字磁罗盘零点和编码器零点的夹角 α 固定不变。其中 ξ 为磁北方向顺时针到数字磁罗盘主

轴的角度。β 为从编码器零点顺时针到风向标所指方向的角度。α 为从磁罗盘零点顺时针到编码器零点的角度,那么从磁北方向起始顺时针到风向标指向杆所指方向的角度为:

$$\gamma = (\alpha + \beta + \xi) \text{Mod} 360^\circ \quad (2)$$

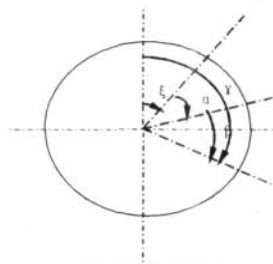


图 1 风向测量原理

由(2)知,只要求得 α,风向角 γ 即可确定。在图 1 的基础上,旋转风向标,使其指向磁北方向(以外部的指北针为基准),即 γ=0°。此时(2)变为 0°=α+β+ξ,即 α=-(β+ξ),其中负号表示逆时针。即从磁北逆时针到磁罗盘主轴的角度为 β+ξ,那么从磁北顺时针到磁罗盘主轴的角度 α=360°-(β+ξ)。

2.2、风速测量的工作原理:

风速传感器的感应元件是三杯风组件,由三个碳纤维风杯和杯架组成。转换器为多齿转杯和狭缝光耦。当风杯受水平风力作用而旋转时,通过活轴转杯在狭缝光耦中的转动,输出频率的信号。当风速较小时,摩擦力不能忽略,所以在低风速下转速与风速不呈线性关系,大风时风速与转速成正比。风杯风速计的线速度总是低于风速。当忽略摩擦力矩时

$$2\pi Rn = \frac{a_m}{b_m} u \quad (3)$$

对于一个形状固定风杯组件 a_m/b_m 值是一定的,大约为 0.3。因而只要能得到风杯的转速 n,就可以根据上述公式得到实际风速 u。设转杯狭缝的个数为 N₁,风杯在单位时间内转的圈数,即转速

$$n = \frac{f}{N_1} \quad (4)$$

将(4)代入(3)式整理得:

$$u = \frac{2\pi Rf}{N_1(a_m/b_m)} \quad (5)$$

对本传感器而言, $R=0.04\text{m}$, $N_1=16$, $\pi=3.142$, $a_m/b_m=0.3$, 则 $u=0.05237f$

3 测风传感器的软硬件设计

本系统硬件框图如图 2 所示, 单片机选用的是 MSP430F149。它是一款具有精简指令集的 16 位超低功耗混合型单片机。它包含冯诺依曼结构寻址方式(MAB)和数据存储方式(MDB)的灵活时钟系统, 由于含有一个标准的地址映射和数字模拟外围接口的 CPU。MSP430 为混合信号应用需求提供了解决方案。MSP430 系列的主要特征有: 超低能耗的体系结构大大延长了电池寿命; 适用于精密测量的理想高性能模拟特性; 16 位 RISC CPU 为每一时间片处理的代码段容量提供新的特性。系统可编程的 Flash 存储器可以反复擦写代码、分块擦写和数据载入。具体的硬件电路和软件设计本文不做全面的阐述, 仅针对本传感器的高精度和低功耗的设计进行软硬件两方面说明。

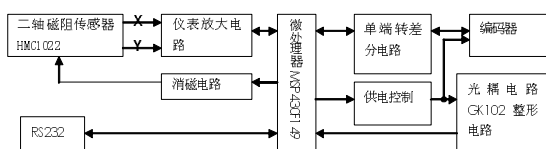


图 2 硬件系统原理图

3.1、测风传感器的风向高精度测量设计

3.1.1、风向测量的硬件电路设计

Honeywell 公司的二轴磁阻传感器 HMC1022, 分别测量水平面内正交的方向上的磁场。它的测量范围是 $3 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-4}\text{T}$, 地磁场一般为 $6 \times 10^{-5}\text{T} = 0.6\text{Gauss}$, 而该传感器的灵敏度为 1mV/Guass/V , 故输出电压的最大值为 $0.6 \times 1 \times 3.3 = 1.98\text{mV}$, 属于弱信号。为了使测量达到较高的精度, 硬件设计如下: (1)、采用两级差分输入的运放仪表放大电路对信号进行放大, 该电路由三个运放电路组成差动方式, 在集成运放对称的情况下, 可以抑制共模信号, 提高测量精度。由于该放大电路的放大倍数由电阻决定, 电阻阻值的精度以及随温度的漂移情况直接决定了本传感器的精确度和稳定度, 因而选取随温度变化阻值变化很小的精密电阻。(2)、当外界磁场过高时, 将导致磁阻传感器输出信号的幅值变低, 此时, 要使传感器恢复到最佳性能, 必须在其置位复位引脚加一个幅值为 $0.5 \sim 4\text{A}$ 的电流脉冲, 脉冲持续时间不能小于 $5\mu\text{s}$ 。设计了一个由快速三极管和场效应管组成消磁电路, 通过电容的充放电和三极管的通断配合产生大电流脉冲, 脉冲的宽度由连接到单片机 IO 口的输入波形的周期决定。脉冲幅值的大小由充放电电容的大小和三极管开关速度决定。经检测消磁电路的电流幅值可达 1A 左右, 可以满足传感器消磁的要求。(3)、光电编码器采用标准的 SSI 串行接口输出, 供电电压 5V , 12 位, 分辨率可达 0.0879° , 完全可以满足风向测量精度的要求。

3.1.2、风向测量的软件设计

风向测量的算法主要是根据数字磁罗盘程序的设计, 光电编码器的读写和根据(2)式最后得出风向值 γ , 然后用标准设备对该传感器进行标定。(1)、为了有效的消除“硬铁”和“软铁”干扰, 本文在数字磁罗盘中采用“八位置法”对磁阻传感器进行补偿, 可以很好的减小测量误差。(2)、对置位复位脉冲的宽度进行严格控制, 使复位脉冲宽度在 $10\mu\text{s}$ 左右, 大于 $2\mu\text{s}$ 的复位脉冲, 并且循环置位复位多次, 保证使传感器能正常工作。(3)、

对测量数据进行二次处理, 将 $0 \sim 360^\circ$ 分成 16 个小的范围, 在每个小的范围内, 得到了两个端点的角度及其误差, 运用线性插值的方法就可以得到每一点的测量误差, 将此加上测量角度值即可得到实际的角度值。

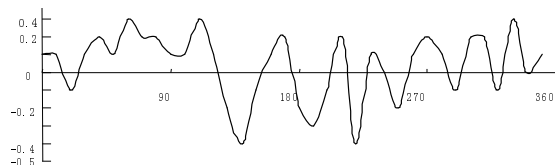


图 3 风向测量结果

3.1.3、传感器精度测量结果分析

对所研制的测风传感器进行了室外测试, 风向测量结果如图 3 所示, 目前市场上多数具有自动定北功能测风传感器风向测量精度为 10° , 分辨率为 1° 。而本传感器风向测量精度为 0.5° , 分辨率为 0.0879° 。风向测量指标远优于目前市场上的测风传感器。

3.2、测风传感器低功耗设计

3.2.1、传感器低功耗的硬件设计

硬件电路中供电电路、消磁电路、编码器电路、光耦电路电流较大, 采取一下措施降低功耗: (1)电压变换芯片选择 TI 公司的 TPS76033DVB, 输出电流最大 50mA , 以降低功耗。(2)CPU 选择 TI 公司的 MSP430F149 单片机, 该单片机工作电压低、功耗超低, 用中断请求将 CPU 唤醒只要 $6\mu\text{s}$, 可以编制出实时性特别高的源代码, 可将 CPU 置于省电模式, 用中断方式唤醒程序。(3)编码器和光耦工作电流较大, 在硬件电路中加入电子开关, 以便及时关闭电路, 降低功耗。

3.2.2、传感器低功耗的软件实现

本系统软件采用模块化结构设计, 将各功能模块设计为独立的编程调试程序块。这样有利于今后实现功能扩展, 而且便于调试和连接, 更有利于程序的移植和修改。为了有效的降低系统的功耗, 本软件采用基于中断触发的混合式调度的程序设计, CPU 平时处于低功耗状态, 通过外部串口接收命令触发中断执行相应的子程序, 然后返回低功耗状态, 大大降低了系统的功耗。程序流程图如图 4 所示。

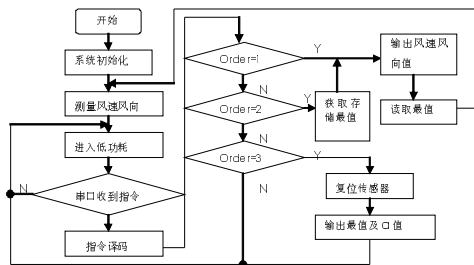


图 4 软件流程图

3.2.3、功耗测试结果分析

在外部主机每秒采样一次风速风向值, 外部供电电压为 5V 的情况下对该传感器的功耗特性进行测试, 结果如下: 最大瞬时电流不高于 180mA , 有效电流为 35mA , 最大功耗不超过 3.6W , 平均功率为 0.7W 。

4 总结

本文首先介绍了测风传感器的工作原理, 然后结合本传感器的特点主要针对高精度和低功耗两个方面的软硬件设计进行论述, 风向测量具有自动定北功能, 测量精度达 0.50° , 最大功

(下转第 170 页)

备的高频化和智能化意义重大,并具有十分广阔的应用前景。

本文作者创新点 结合单片智能开关电源芯片 UC3842,设计了以电压反馈为外环,电流反馈为内环的电流模式控制 PWM 的双闭环控制系统,并在电压外环的基础上,又增加了一个电流环,使系统成为了一个双电流模式控制的开关电源,加快了对输入电压的变化和输出负载的变化的瞬态响应。并且外界可以通过人机接口对本开关电源电压进行程控。

本项目效益 5 万元。

参考文献

- [1]郭家荣,孟祥瑞,周耀.DC-DC 开关电源管理芯片的设计 [D].微计算机信息,2006,1-1:152-153
- [2]王刚明,孙延泉.高频电刀的安全控制技术 [J].中国医疗器械信息,2004,28(6):442-443
- [3]石碧辉,敖美珠.高频电刀的原理与使用 [J].医疗卫生装备,2003,2:13-13
- [4]单纯玉.一种脉宽控制的高频电刀功率放大器的研制 [J].设备技术和试验机,1999,39(1):66-67
- [5]田艳军,武剑,廖春林.KYKY YT300C 高频电刀的研究开发 [J].医疗卫生装备,2000,6:6-8
- [6]朱琳,蔡萍.软开关功率放大电路及其在高频电刀中的应用 [J].电气应用,2007,26(11):65-67
- [7]张肃文,陆兆熊.高频电子线路 [M].高等教育出版社,2003:318-318
- [8]张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计 [M].北京:电子工业出版社,1998:16-26,61-71
- [9]UC3842/3/4/5 currentmode pwm controller [J].STmicroelectron-ics,1998
- [10]王言豪.一种小功率开关电源的设计 [D].重庆大学硕士论文,2006

作者简介:陈铁军(1954-),男(汉),河南南阳人,郑州大学电气工程教授、博士生导师,河南省自动化学会副理事长、光机电一体化专家组组长等,主要从事复杂系统控制理论研究;王梓宇(1982-),男(汉),河南南阳人,郑州大学电气工程学院硕士研究生,研究方向复杂系统控制理论;黄峰茜(1981-),女(汉),河南洛阳人,南京航空航天大学自动化学院硕士研究生,研究方向精密仪器及机械

Biography: CHEN Tie-jun (1954 -),male (Chinese),Henan Nanyang,school of electronic engineering in Zhengzhou University,professor,Ph.D.,vice chairman of the Henan Institute of Automation,the expert group leader of the integration of optical and electrical machinery ,take up researchs of control theory of complex system.

(450001 河南省郑州市郑州大学新校区电气工程学院) 陈铁军 王梓宇

(210016 南京航空航天大学自动化学院) 黄峰茜

通讯地址:(450001 河南省郑州市郑州大学新校区电气工程学院) 王梓宇

(收稿日期 2008.12.23)(修稿日期 2009.01.25)

(上接第 123 页)

耗降为 3.6W,平均功耗为 0.7W。与同类产品相比,风向测量精度大大提高,功耗明显下降。

本文创新点 本文将电子磁罗盘技术引入测风传感器,改进

了电子罗盘的信号调理电路,提高了风向的测量精度。采用基于中断触发的混合式调度的程序设计,有效降低了系统的功耗。

项目经济效益:该项目产业化以后带来的经济效益在 500 万以上。

参考文献

- [1]李希胜等.高精度电子罗盘的研制[J].传感技术学报,2006,19(6):2441-2444.
- [2]熊健,刘建业等.数字磁罗盘的研制[J].传感器技术,2004,23(8):46-48.
- [3]Honeywell Inc, 1- and 2-Axis Magnetic Sensors HMC1001/HMC1002/HMC1021/HMC1022, 900248 Rev. B 4-00.
- [4]谢敏.基于 MSP430 的低功耗仪表系统设计[J].微计算机信息,2007,8-1:142-144.

作者简介:王瑞光(1957-),男,汉族,吉林人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究员,博士生导师,研究方向为平板显示技术;李炳政(1982-),男,汉族,河北人,中国科学院研究生院硕士研究生,研究方向为弱信号处理与传感技术。

Biography: WANG Rui-gang (1957 -),male, Han, Jilin, Professor, Doctoral Advisor, Changchun Institute of Optic, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Research area: Flat Panel Display technology;

(130033 吉林省长春市 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 王瑞光 李炳政 甘春和

(100039 北京 中国科学院研究生院) 李炳政 甘春和

(Changchun Institute of Optic, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin, china, 130033) WANG Rui-guang LI Bing-zheng GAN Chun-he (Graduated School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, china 100039) LI Bing-zheng GAN Chun-zhi

通讯地址:(130033 长春市经济技术开发区营口路 20 号 D 座 507 寝) 李炳政

(收稿日期:2008.12.23)(修稿日期:2009.01.25)

《现场总线技术应用 200 例》

现场总线技术是现代工厂、商业设施、楼宇、公共设施运行、生产过程中的现场设备、仪表、执行机构与控制室的监测、控制装置及管理、控制系统之间的数字式、多点通信互连的,数据总线式智能底层控制网络。

现场总线技术保证了现代工厂、商业设施、智能楼宇、公共设施(自来水、污水处理、输变供电、燃气管道、自动抄表、交通管理等),高可靠、低成本、安全绿色生产运行,同时易于改变生产工艺,多品种生产过程。

本书 200 个应用案例,介绍了 profibus、FF、CANbus、DeviceNET、WorldFIP、INTERbus、CC-Link、LonWorks 及 OPC、工业以太网、TCP/IP 在石油、化工、电力、冶金、铁路、制烟、造酒、制药、水泥、电力传动、机械、交通、设备管理、消防、自来水厂、电解铜、电解铝、继电保护、粮仓及储运、汽车检测、油库管理、造纸、气象、远程抄表、电缆生产、暖通空调、电梯、楼宇自动化及安防、……各方面的应用。

本书是工程设计人员、设备维护人员、设备采购人员、技术领导干部、大、中专学校教师的案头参考书,同时也是大专院校本科生、研究生做课题、搞毕业设计的必备参考书。有志向有兴趣的高中以上文化水平的人均为本书读者。

本书已出版。大 16 开,每册定价 55 元(含邮费)。预购者请将书款及邮费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息

邮编:100081

电话:010-62132436

010-62192616 (T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

E-mail:control-2@163.com