

智能化无线风能监测仪的设计

侯昭武, 周小珠

(钦州学院 物理与电子工程系, 广西 钦州 535000)

摘要:针对以往的风速风向检测仪在风能监测中采样信号无法用传输线较远传输的问题,采用改进型二维热差式风速风向传感器采集风速风向数据,经 STC89C516RD+单片机处理后,由 nRF905 无线双向收发模块把数据发送给风能监测控制中心,接收的风速风向数据送入微型计算机进行数据处理、存储、统计和进行语音及文字报告。从而实现了风能进行智能化无线远距实时监测。实验结果表明,该智能化无线风能监测仪具有可靠性高、实用性强和数据传输快等优点。

关键词:nRF905 无线数字收发器;风速风向传感器;STC89C516RD+单片机;微型计算机

中图分类号:TP212.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)03-0232-04

Intelligent Wireless Monitoring Design for Wind Energy

HOU Zhao-wu, ZHOU Xiao-zhu

(Department of Physics and Electronic Engineering, Qinzhou University, Qinzhou 535000, China)

Abstract: Wind speed and direction for the previous detector samples the signal in the wind monitoring transmission line can not be far transfer problems. The design uses a modified two-dimensional thermal differential wind speed and direction wind speed and direction sensor data collected by STC89C516RD + MCU processing, wireless two-way transceiver module from the nRF905 the data sent to the control center to monitor wind energy, wind speed and direction data received into the computer for data processing, storage, voice and text statistics and reports. Wind energy to realize the intelligent wireless remote real-time monitoring. Experimental results show that the intelligent wireless wind monitor has a high reliability, practicability and fast data transmission.

Key words: nRF905 wireless digital transceiver; wind speed and direction sensor; STC89C516RD + single chip; micro-computer

0 引言

风电是再生清洁能源之一。风力电站的选址是提高风电效能的重要环节之一,对风能的普查是一件十分艰苦而又细致的工作。以往对风能普查都是采用人工普查法,不仅需要大量人力物力,而且速度慢、效率低,影响了风力发电站的建设速度。由于电站需要建设在平均风力较大的地方,但是,这些地方自然条件一般都比较差,使风速风向的实时监测带来极大困难。为降低监测人员的劳动强度和环境影响,提高风能普查的速度与效率,减少风能普查费用,设计了智能化无线风能监测仪,该设计较为方便地解决这些困难。

1 智能化风场普查系统的组成

智能化无线风能监测仪是利用改进的二维热差式

风速风向传感器^[1-3]进行风速风向数据采集,经比较放大后,送给 STC89C516RD 单片机^[4,5]进行数据处理和存储器缓存,通过 nRF905 无线双向收发模块^[6-9]把数据发送回风能监测控制中心;中心通过 nRF905 无线双向收发模块接收,送至微计算机进行数据存储、数据统计和输出各种控制信号。系统组成框图如图 1 所示。

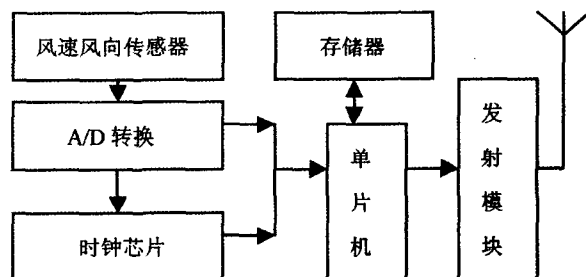


图 1 系统组成框图

2 风能数据采集

2.1 风向风速传感器设计

为了避免环境温度和风速风向变化对测量数据的影响,对沈广平、吴剑、张骅等人研究的二维 MEMS 风

收稿日期:2010-08-01;修回日期:2010-11-10

基金项目:广西壮族自治区自然科学基金资助项目(桂科自 0899016);广西自治区教育科研基金资助项目(桂教科 200708MS73)

作者简介:侯昭武(1956-),男,广西容县人,副教授,研究方向为电子技术应用和智能化传感器开发;周小珠,副教授,研究方向为清洁能源综合利用技术。

速风向传感器做适当的改造,即热差电阻由4个改为8个,每个相隔45°角,并且把电阻分成4组后对角串联连接,中间节点接到比较放大器的正极性输入端,该点电压为 u_{i+} ,比较放大器负极性端电压为 u_{i-} 。这样使比较放大器的输出电压 u_i 随热差电阻的变化而变化,风速风向传感器等效电路原理图如图2所示。

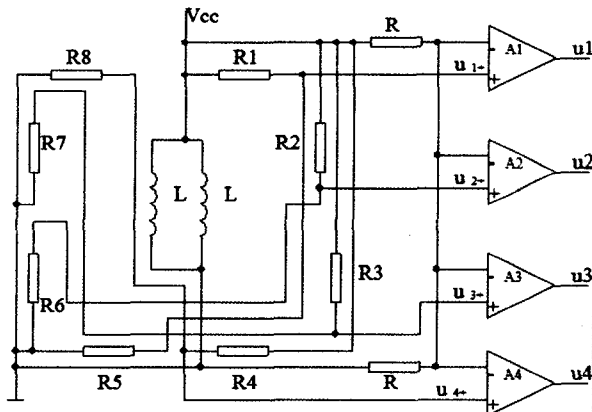


图2 风速风向传感器等效电路原理图

图2中所设置的风速风向分别为:风速分为1~12级;风向1~16个方向,相隔22.5°角。于是,根据文献[1~3]容易推导得到风速风向的计算式分别为:

$$\begin{cases} u_{xi+} = \frac{\varepsilon U}{NsR} \sqrt{v} \cos \varphi_i \cos \theta = A \sqrt{v} \cos \varphi_i \cos \theta \\ u_{yi+} = \frac{\varepsilon U}{NsR} \sqrt{v} \sin \varphi_i \sin \theta = A \sqrt{v} \sin \varphi_i \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

其中, $A = \frac{\varepsilon U}{sR}$ 。则风速和风向分别为

$$v = \frac{1}{A} \sqrt{u_{xi+}^2 + u_{yi+}^2} \quad i=1,2,\dots,4 \quad (2)$$

$$\theta = \arctg \frac{u_{yi+}}{u_{xi+}} \quad i=1,2,\dots,4 \quad (3)$$

其中, φ 为热敏电阻与水平轴的夹角; θ 为风速方向与水平轴夹角; S 为温度对风速的灵敏度系统; R 为常温下(27°C)的参考电阻值(Ω); ε 为热差电阻的温度系数。

2.2 风速风向传感器数据处理

2.2.1 模式训练

数据处理的核心部件是STC89C516单片机,它除兼容传统8051的资源 and 程序外,并具有低功耗、抗干扰能力强、容量大和工业控制应用性能优良等特点。传统的8051单片机的内存RAM和ROM分别只有128B和4kB。而STC89C516RD单片机的内部集成了1280B SRAM 64kB RAM 闪存和64KB RAM 闪存,所以,一般情况都不用外加扩展存储器,因此,它具有外围元件少等优点。

为了提高风速风向数据处理速度和处理能力,减

少数据传输过程中受污染和丢失,由风速风向传感器到的风速 v 和风向 θ 的数据,输入STC89C516单片机内利用BP人工网络算法^[10~12]对数据进行处理,风速按12个级别训练,风向按16个方向训练。

样本训练方法为:

①设控制系统每层有 i 个神经元,一共有 k 层神经网络,权系数为 W_{ji} ,设置初值满足风速风向计算公式,每层的权系数 W_{ji} 随神经元的不同而变化,但都趋向一个较小的非零随机数 θ (θ 称为阈值),即 $W_{j,n+1} = \theta$ 。

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T \quad (4)$$

$$\theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M]^T \quad (5)$$

②样本的输入向量为(4)、(5)对应期望输出值 y 分别为:(1,0,0,0,0,0),(0,1,0,0,0,0),..., (0,0,0,0,1,0),(0,0,0,0,0,1)。

③设单个神经元输出与输入的关系为:

$$x_j^k = f(V_j^k) \quad (6)$$

$$V_j^k = \sum_{i=1}^{n+1} W_{ji} x_i^{k-1} \quad (7)$$

其中, x 为样本的输入向量; f 为各个神经元的激发函数;为第 K 层的神经元输入向量; w_{ji} 为权系数。

④第 j 节点的学习误差为

$$d_j^k = \begin{cases} x_j^k(1-x_j^k) \sum_i w_{ji} x_i^k \\ x_j^k(1-x_j^k)(x_j^k - y) \end{cases} \quad (8)$$

其中, j 为输出节点, i 为隐节点。

⑤权系数 W_{ji} 和阈值 θ 关系表达式为

$$W_{ji}(t+1) = W_{ji}(t) + \eta d_j^k x_i^{k-1} \quad (9)$$

⑥如果得到各个神经元权系数,检验是否满足先给定误差指标。若是满足,算法结束;如不满足,返回执行③。

2.2.2 模式识别

采样输出电压 $u1$ 、 $u2$ 、 $u3$ 、 $u4$ 值和随机的各神经元权系数的阈值为输入向量,从而计算出输出向量,识别系统的风速风向值与神经元输出向量一一对应,因此,在各种风速风向的识别概率中,最大概率值就是对应的风能普查风速风向值。

3 数据发送系统

3.1 nRF905 无线收发芯片简介

nRF905 是 Nordic 公司推出的,工作电压为1.9~3.6V,工作在433/868/915MHz 3个ISM频段,内有全集成的频率调制器、接收器、功率放大器、VCO和调节器等组成。nRF905共有4种工作模式,分别为掉电和SPI编程模式、待机和SPI编程模式、发送模式、接收模式。工作模式由CPU控制引脚TRX_CE、TX_EN和PWR_UP的高低电平决定。nRF905与主机进行数据

通信主要通过 SPI 接口进行的,其通信协议使用串行同步通信协议,这种协议有一个主设备和 $N(N=1,2,\dots,n)$ 个从设备构成,从设备工作是要通过主设备启动才能实现其串行同步通信,进行相关的数据传输。

SPI 接口由 MOSI、MISO、CSN、SCK 四种信号。 $n\text{RF905}$ 输出 CSN 信号,主设备与 N 个从设备开始进行读写操作; $n\text{RF905}$ 的 CSN 没有信号输出,主机只能与一个从设备通信;由 SCK 实现通讯时,MISO 分别在时钟上升沿和下降沿实现数据的输出与输入,时钟经过 8/16 次变换,完成 8 位数据的收发。SPI 接口有多种操作模式,主要包括读写收发地址、读写数据和读写射频配置等操作。为区别 SPI 端 V_{InRF905} 无线收发模块进行各自模式操作,设置多种不同的操作命令。当 CSN 为低电平时,SPI 等待命令,通过命令指引, $n\text{RF905}$ 无线收发模块执行各自的模式操作。在无障碍物阻挡情况下传输距离可达到 450m。

3.2 数据发送基本原理

由于该系统的风速风向数据采集分别有多个检测点同时进行,它们检测到的风速风向数据可能各有差异,不能同一时间发送,必须有先有后,为了防止数据信号在发送时的相互干扰。设置检测点数据发送顺序的地址码为:0001,0010,0011,0100,0101,0110, \dots ,分别对应的检测点为 A、B、C、D、E、F、 \dots 。STC89C516RD 单片机的 P3 端口与 $n\text{RF905}$ 无线数字收发模块连接,从 ANT1、ANT2 端外接环形天线,把风速风向采集电压信号发射出去。射频发送数据时,STC89C516RD 单片机首先把 $n\text{RF905}$ 置于待机模式(PWR_UP 引脚为高电平 1.2V,TRX_CE 引脚为低电平 0.3V),再通过 SPI 总线发送地址和待发送数据写入相对应的寄存器,然后把 $n\text{RF905}$ 置于发送模式(PWR_UP、TRX_CE 和 TX_EN 全为高电平),数据就能通过天线自动发送风速风向传感器采集到的数据;接收时 STC89C516RD 单片机把 $n\text{RF905}$ 的 TRX_CE 引脚置于高电平,TX_EN 引脚置为低电平,便可开始接收数据。数据发送系统电路主要由风速风向传感器、SHT75 温湿传感器、时钟计数器 DS1302、STC89C516RD 单片机、 $n\text{RF905}$ 无线数字传输模块等组成,电路原理图,如图 3 所示。

3.3 数据发送主程序

数据收发的程序基本流程框图,如图 4 所示。

4 风能监测中心

4.1 风能监测中心硬件的组成

由检测点发射的风速风向数据,经 $n\text{RF905}$ 无线

双向收发模块接收,由 LM3220 放大后送入单片机对数据缓存,STC89C516RD 单片机和时钟计数器一起按时进行统计,把统计结果用语音、字幕、打印进行发布,风场监测中心硬件的组成框图,如图 5 所示。

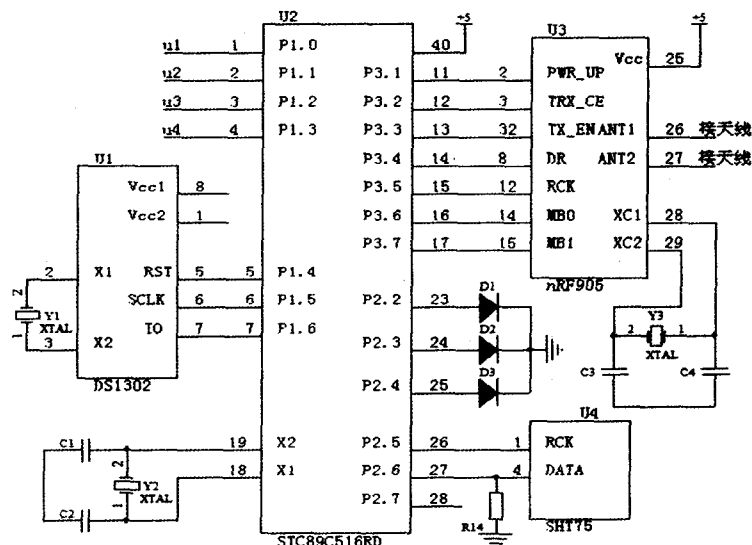


图 3 风能数据采集发送电路原理图

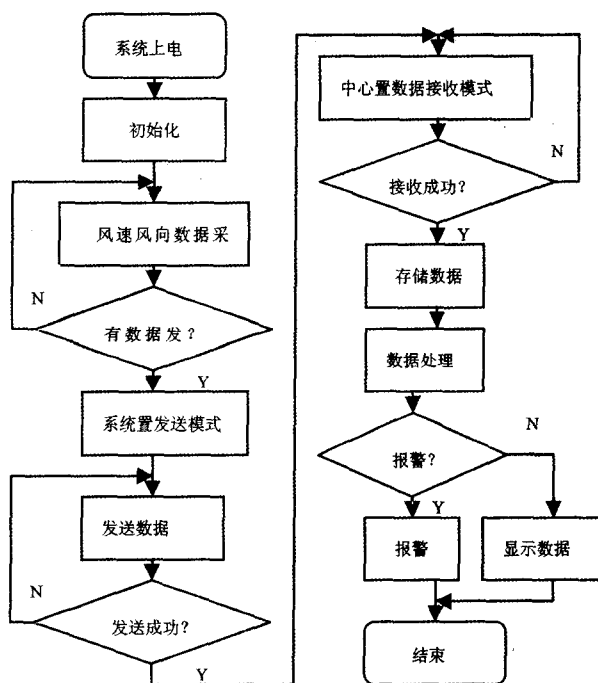


图 4 数据发送主程序框图

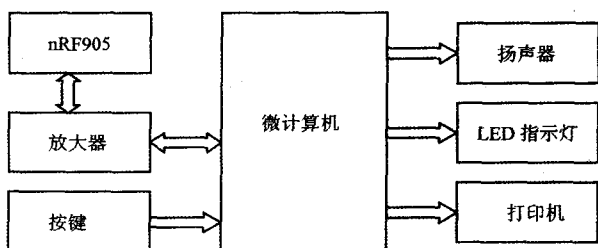


图 5 风能普查中心硬件组成框图

4.2 风速风向数据统计

由于风能普查的数据信息量非常大,为了计算方便,分别进行日统计和月统计风力级别。因此,该系统数据采样步长为 $T = 180\text{s}$,用求计算算术平均值和标准误差值方法,计算采样点日、月风力算术平均值和标准差,用平均值和标准差来描述检测点风力情况。算术平均值、标准差的计算公式^[13]分别为算术平均值:

$$\bar{X} = x_0 + \frac{\sum fd}{\sum f} \quad (10)$$

标准差:

$$S = \sqrt{\frac{\sum fd^2}{\sum f} + \left(\frac{\sum fd}{\sum f}\right)^2} \quad (11)$$

其中, f 为频数; x 为风力级数检测值; $d = x - x_0$ 。

5 实验

利用该风能监测仪对钦州某地区进行风能普查检测试验,选择3个检测点,每个与风能监测中心相距约380米左右,风速数据取样步长为180s,进行连续多天检测,结果该风能监测仪对于数据采集和数据无线收发均正常,并且数据收发迅速,数据统计快捷准确。

6 结束语

由于该智能化无线风能监测仪的风速风向传感器按图2改进,比传统的二维风速风向传感器减少了热敏电阻丝带来的误差;利用 nRF905 无线双向收发数据,使人们能在恶劣天气和恶劣环境下仍可以进行风能的普查,同时利用了 STC89C516RD 单片机和微型计算机进行数据处理和数据统计,实现同时对多点风能的检测,能大幅度提高普查速度。实验证明,该智能化无线风能监测仪数据采集和数据无线收发迅速,数据

统计快捷准确。因此,该智能化无线风能监测仪可用于风能实时监测和风能普查,具有实际应用价值。

参考文献:

- [1] 沈广平,吴剑,张骅,等. 二维 MEMS 风速风向传感器的设计与测试[J]. 微纳电子技术,2007,7(8):285-287.
- [2] 陈梅,洪飞,李鑫,等. 风速风向传感器在风机控制中的应用与研究[J]. 工业控制与应用,2008,27(4):38-41.
- [3] 张燕波,沈广平,董自强,等. 基于微控制器的风速风向传感器系统设计[J]. 仪器仪表学报,2009,30(10):2145-2149.
- [4] 刘华东,张亚华. 单片机原理与应用[M]. 第2版. 北京:电子工业出版社,2006:136-138.
- [5] 王静红,王震洲,刘教民. 基于 STC 单片机的电动机软起动器开发[J]. 低压电器,2007(15):21-23.
- [6] 袁易君. 基于 nRF905 粮库温湿度监测系统[J]. 低压电器,2009(14):40-42.
- [7] 郑君刚,吴成东,陈彪. 基于 nRF905 的智能无线火灾监控系统设计[J]. 低压电器,2009(6):38-41.
- [8] Single chip 433/868/915MHZ. Transceiver nRF905 Data-sheet[S]. 2006.
- [9] Oortes J, Martinez S, Karatas T, et al. Control Formobile sensing Network[J]. IEEE Trans Robot Autom,2004,20(2):243-245.
- [10] 李上勇. 模糊控制·神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1998:144-147.
- [11] 李志俊,程家兴,金奎,等. 基于样本期望训练数的 BP 神经网络改进研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(5):103-106.
- [12] Vapnik V N. The Nature of Statistical of Learning Theory [M]. Nen York:Sprng,1995.
- [13] 谷秀娥. 关于标准误差和标准偏差的讨论[J]. 大学物理实验,2006,19(3):66-67.
- [7] 丁卫平,管致锦,陈建平. 基于程序设计主观题智能阅卷算法的应用研究[J]. 计算机技术与发展,2007,17(11):205-208.
- [8] Hung S, Kwork L, Chan R. Automatic Program Assessment [J]. Computers and Education,1993,20(2):183-190.
- [9] Ibrahim B, Franklin S D. Advanced educational uses of the world-wide web[J]. Computer Networks and ISDN Systems, 1995,27(6):871-877.
- [10] 程道光. 推广计算机无纸化考试探讨[J]. 计算机教育, 2007(11):217-225.
- [11] 郭新顺,刘雪飞,郑戟明. 无纸化考试系统研制[J]. 计算机应用软件,2005(8):131-133.
- [12] Menasce D A, Gomaa H A. A method for design and performance modeling of client/server Systems[J]. IEEE Trans. on Software Engineering,2000,26(11):1066-1085.

(上接第231页)

参考文献:

- [1] 赵李冰. 程序设计作业的自动评分系统设计[J]. 中国科技信息,2006(13):226-227.
- [2] 高思丹,袁春风. 主观试题的计算机自动批改技术研究[J]. 计算机应用研究,2004(2):281-282.
- [3] 张量,詹国华. 开放式、智能化计算机考核阅卷系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用,2001,37(10):108-110.
- [4] 陈英. 无纸化考试计算机自动处理系统初探[J]. 辽宁经济管理干部学院学报,2000(2):35-36.
- [5] 官士鸿,周霭如,黎耀航,等. 程序设计联机测评系统的研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),1998,26(5):67-70.
- [6] 李丁. 计算机考试系统中自动评分策略的研究与实现[J]. 计算机与现代化,2002(9):56-58.