

ZDQ-12自动气象站的原理及结构

赖德津 鲍若峪*

(中山大学)

提 要

为监测中尺度短时灾害性天气而研制的自动气象站系统,由自动气象站、中继站和中央站三大部分组成。本文着重从气象要素的传感器、系统的硬件结构和软件结构等方面,较详细地介绍了自动气象站的原理和结构。

ZDQ-12自动气象站是为建立危险天气实时自动监测网而研制的。它是一个完整的自动监测系统,可连续地测量风向、风速、温度、湿度、气压、雨量等气象要素值,自动计算、显示、打印、记录各要素的平均值、极值、累加值。亦可与通用计算机联机作进一步资料处理。它作为天气自动监测网的一个子站,通过有线或无线信道随时向中心发送实时观测数据。它具有功耗低、测量精度高、可靠、抗干扰能力强、本站可以利用实时资料等特点。该站包括6个气象要素的传感器、计算机主机箱、不停电交直流电源、外围设备等。

一、传感器原理简介

使用何种传感器对系统的测量精度和可靠性有很大影响。ZDQ-12安装于室外的传感器采用频率和数字式的,具有精度高、抗干扰能力强、易于实现电隔离等优点,其性能如表1所示。

表1 传感器特性表

| | 型 号 | 名 称 | 测 量 范 围 | 测 量 分 辨 率 | 测 量 精 度 |
|---|---------|------------|------------|-----------|-------------------------|
| 1 | ZDQ-WD2 | 光电编码风矢式传感器 | 0—360° | 360°/256 | ±5° |
| 2 | ZDQ-WS2 | 光电三杯风速传感器 | 0—60米/秒 | 0.1米/秒 | 0.3±0.03Ws Ws为实际风速 |
| 3 | ZDQ-T2 | 晶体温度传感器 | -20—50°C | 0.01°C | ±0.3°C |
| 4 | ZDQ-P | 差动式空盒气压传感器 | 10000±75百帕 | 0.01百帕 | ±0.5百帕 |
| 5 | SL-1 | 翻斗式雨量传感器 | 0—200毫米/时 | 0.1毫米 | 0.4(<10毫米) 4%(>10毫米) |

* 参加本项研制工作的同志有:马淑琴、石小勇、罗华有、罗小芬、郑丹、张振华、祝薇、谭辛等。

1. 风向、风速测量原理

风速传感器为光电三杯转速计。采用PPS复合材料一次注塑成型的三杯感应元件能经受风洞90米/秒风速的考验。风杯通过转轴带动斩光器调制光耦合器，产生一个频率与风杯转速成正比的电脉冲输出。设在S秒内计算机记录的脉冲数为N，则S间隔的平均风速由标度方程计算

$$W_s = W_{s_0} + bN/S$$

式中 W_{s_0} 和 b 为标定拟合常数。

风向传感器包括风向标、转轴、光电编码器和电路等。风向标通过转轴带动8位的格雷码盘调制光电耦合器，产生一个与风向方位角对应的8位格雷码输出，其分辨率达 $360^\circ / 256 \approx 1.4^\circ$ 。计算机每秒读入风向编码值并转换成十进制角度，然后计算最多风向。

2. 石英晶体温度传感器

干球和湿球温度测量均用石英晶体温度计(见图1)。用稳定性好不明显随温度而变化的AT切型晶体谐振器产生基频，用重复性好对温度变化敏感的Y切型晶体谐振器产生高频，这两个正弦波经混频、放大、整形输出一个低频脉冲信号(灵敏度约400赫兹/°C)。设计算机测得的频率为F，由标

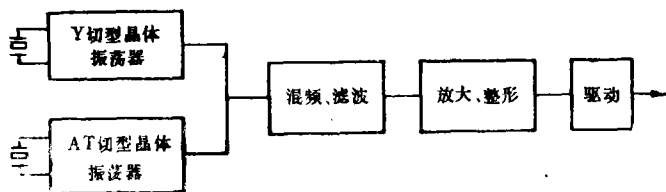


图1 晶体温度计原理框图

定常数A、B、C、D可计算出瞬时温度T， $T = A + B \cdot F + C \cdot F^2 + D \cdot F^3$ 。常数 $A < -40^\circ\text{C}$ 。因此，当显示出很负的温度值时，提示传感器出现故障。

3. 气压传感器原理

空盒感压元件带动测量位移的差动变压器的铁芯，当气压变化时差动变压器两个次级绕组的输出也随之变化。经过整流和组合形成和信号及差信号，前者与气压关系较少用于控制稳定电路工作，后者正比于气压变化。差信号经温度补偿然后调理成规一的电压输出(± 1.000 伏/ ± 100 百帕)。此电压经A/D通道送入计算机。设读得的电压为V，由标定系数 P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_3 计算得

$$P = P_0 + P_1 \cdot V + P_2 \cdot V^2 + P_3 \cdot V^3$$

4. 雨量测量

雨量测量采用翻斗雨量计。翻斗翻转使干簧管内电极接通，此时光电器件产生一个脉冲信号，此脉冲信号经单稳态整形电路去除毛刺抖动然后进入计数器。计算机每分钟读入计数值，然后计算时段雨量和时段最大雨量。

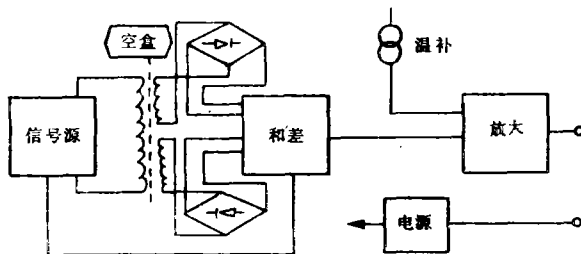


图2 气压传感器原理图

二、系统硬件结构

ZDQ-12的主机是全CMOS器件的标准工业总线结构的计算机(CMOS STD-BUS), 是国际工业控制通用机型, 也是我国优选系列之一。它采用小块模板结构, 每块模板均含总线缓冲区、功能区和用户接口区。特定功能的模板依优先等级插入56线的总线母板上组成积木式结构, 因而具有通用、互换、灵活、易维护等特点。本系统由5块模板组成, 分别担负计算、输入、输出、电源转换等任务, 与单板机加I/O扩展加外围电路加内存扩展的传统模式有很大不同, 易于扩展和组合不同应用目的之新系统。

系统设计时着重考虑了防止雷击及工业干扰。在计算机与输入输出接口之间采用光电隔离。室外和室内电路、模拟和数字电路的供电也采用了相互隔离措施。这给单点接地提供方便。

1. CPU模板

Z30 CPU模板上装有32K EPROM、32K RAM、CTC、通用并行打印机接口、SIO以及两个RS-232C接口(分别用于联接数传电台及微机)、波特率开关、磁带机接口。此外还提供8段(每段32K)扩展能力的内存分页控制接口, 很容易使内存扩展到256K。

2. 并行数字I/O模板

该板用于内存扩展、连接键盘、显示板、8位并行输入的风向传感器。此外还有三路控制输出, 分别用于风向传感器和打印机的电源控制。

3. 数字信号I/O模板

该板功能区装有CTC、PIO及硬件时基、时钟电路。接口区有8个可作频率式传感器输入的通道(现接入晶体温度传感器), 3路计数脉冲通道作风速和雨量计的输入。模板上的时基在 -55°C 至 60°C 的温度范围内稳定度为 5×10^{-5} 。时钟电路提供月、日、星期、时、分、秒、 $1/10$ — $1/100$ 秒的输出, 为整机提供准确的时间基准, 并有闹钟功能。为适应间断或定时工作需要, 本板装有掉电运行电路以控制系统的电源。系统电源被关闭后由后备电源供电使时钟、雨量和大风监测电路继续运行(此时耗电约0.1瓦), 当下次开机时间到达或雨量、大风到达设定值时, 自动开启系统电源进入正常工作状态。运行状态监控电路执行系统陷入死循环时自动复位任务。

4. 模拟——数字转换模板(A/D)

本板有16路双差分输入通道用于接入模拟式传感器。当放大倍率置为100时, A/D转换的分辨率为0.1毫伏, 在 -20°C 至 50°C 的温度范围内A/D转换精度优于0.02%。目前用于气压传感器输出电压和系统各组电源电压的测量。很明显具有模拟量输出的传感器, 例如辐射计、湿度计、测温电桥等均可与本板联接。

5. 电源模板

电源模板将12伏的直流电源转换成系统各部分需要的相互隔离的电源。电源转换效率在60%以上。在连续运行时计算机耗电1.5瓦, 气压传感器耗电1.2瓦, LED显示1.5瓦(可以关闭), 室外传感器0.5瓦, 平均功耗5瓦。使用12伏、19.5安时的全密封免维护电池在市电停止后可连续运行24小时以上。

三、系统软件结构

ZDQ-12 运行一个简单的实时多任务操作系统,以协调管理采样、计算、输入、输出等任务的运行。采样、计算、本站资料输出是定时操作的。以实时时钟为作业驱动器,依据进入时、分、秒的顺序延时任务队列的操作,使它们从等待状态进入就绪状态。对于通讯传输、系统状态控制等任务则由外部事件I/O及中断管理操作使它们就绪,然后依优先权等级进入运行。

由于本系统可以进一步开发,可以接入所需数量的不同类型传感器而组成新的应用系统,故在程序设计时考虑了普适能力。对各类传感器的采样任务包括采样程序、多通道巡回检测控制程序和数制转换、数据量化规格化程序。全部数据采用统一的数据结构,分为参数部分和数据部分。参数包括传感器的开关选择、采样时间、采样周期、有效值范围、标度转换系数(计算操作标志、特殊处理程序入口)等。对于不同类型的传感器,只要用户置入不同的参数就可以得到正确的结果。数据部分包括操作信号灯、瞬时值、各种时距的平均值、最大值、最小值、累加值。按照信号灯同步运行计算任务,把输入的已规格化的浮点数按标度转换公式计算瞬时值,按有效值范围验证结果的正确性,以决定取舍或给出报警标志。数值存贮任务负责每小时、每日的资料编辑和存贮管理。

系统的输入输出管理有读入系统控制参数和运行时间参数的键盘管理程序,负责每日记录磁带和控制磁带机的记录管理程序、显示打印程序。灵活的格式解释程序分别管理数据显示和打印资料。顺序显示提示符和数据。显示方式可选择自动巡回、固定显示和操作模式显示。

端站与中心之间的数据传输遵照特定的通讯协议。远程通讯任务对接收到的报文进行检验和纠错,无法纠错时要求对方多次重发以表决取舍。本任务可执行多种系统命令如呼叫、应答、否认、校对、加密或解除加密观测、发送当时资料、发送正点或半点资料、发送过时资料、查询本站工作状况等(见通讯协议)。

ZDQ-12的软件中有一个可重入的数学运算符程序库,包括定点和浮点数的四则运算、乘开方、指数、对数、三角函数的运算,ASCⅡ码、BCD码、HEX、定点数、浮点数之间的数制转换。ZDQ-12的软件中还有几个实用的系统自检程序包,如A/D通道、时钟日历、风向传感器的检验测试程序。ZDQ-12软件保留了TP STD DEBUG V1.0版本的大部分功能,进入监控后可继续使用原监控板本的命令,对内存、寄存器及I/O口进行读/写、调整操作,具有一定的开发功能。

四、系统运行

接通电源后系统即可进入自动运行状态,随时接收中心发来的命令校正时钟、置工作状态、编辑发送观测资料报文。亦可在本站更改日期时间、置工作模式,观察判断系统是否正常运行。

OPERATIONAL PRINCIPLE AND STRUCTURE OF ZDQ-12 AUTOMATIC WEATHER STATION

Lai Dejin* Bao Ruoyu*

ABSTRACT

For the purpose of monitoring meso-scale short-range disastrous weather, an automatic weather system is designed, which consists of an automatic weather station, a relay station and a central station. The operational principle and structure of the system is introduced in detail, with emphasis on the sensor to weather elements, and the hardware and software structures of the system.

* Affiliated with Zhongshan University