文章编号: 2096-1618(2017)01-0044-05

一种 ISOS 业务软件培训数据模拟方法

刘 俊^{1,2}, 王勇军^{1,2}, 李晓兰^{1,2}, 文 刚^{1,2}, 李 卫^{1,2}

(1. 中国气象局气象干部培训学院四川分院,四川 成都 610072;2. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室,四川 成都 610072)

摘要:为增加 ISOS 业务软件培训案例数据,改善 ISOS 业务软件培训条件,满足学员对观测类培训班实习实训的需求,通过对 DZZ5 自动气象站传感器输出信号形式及特点进行研究,对各种气象要素(风、湿、温、压、雨)与霾、浮尘、沙尘暴等视程障碍之间的联系进行分析,设计相应的硬件电路及软件程序。设计的自动站传感器信号模拟系统,通过教师 PC 机发送相应的控制指令,可以模拟多种气象要素信号和视程障碍天气现象。该系统丰富 ISOS 业务软件培训案例,改善 ISOS 业务软件培训现状,提高 ISOS 业务软件实习实训课程的真实性、逼真性、生动性。

关键词:信号模拟;气象观测;培训;自动气象站;传感器

中图分类号:TP29

文献标志码:A

doi:10.16836/j. cnki. jcuit. 2017. 01. 008

0 引言

目前,气象观测 ISOS 业务软件培训处于封闭、非 露天状态的实验室环境,培训时,通过拷贝历史数据到 指定文件夹完成有关操作,观测编报只能显示当前拷 贝的文件中各气象要素数据,不能真实反映自动气象 站探测气象数据过程,不能实时再现大风、暴雨、视程 障碍现象等天气情况:同时,结合四川分院多期观测班 学员对实习课程的反馈意见:希望增加 ISOS 业务软件 实习实训课程的真实性、逼真性、生动性。为增加 ISOS 业务软件培训案例数据,更加逼真的反映自动气 象站探测气象数据、获得气象数据的过程,改进 ISOS 业务软件培训环境,满足一线业务学员对观测类培训 班实习实训的需求,研究 DZZ5 自动气象站传感器数 据信号形式及特点[1-4],设计了一套可以模拟多种视 程障碍天气现象的自动站传感器信号模拟系统,通过 教师 PC 机发送命令,可以让学员 PC 机获得多种天气 现象,从而使学员在实验室环境下能够测试自动气象 站,编发雾、霾、浮尘、沙尘暴等视程障碍重要报。

针对常用气压传感器 PTB210,风向传感器 EL15-2C^[5],杯式风速传感器 EL15-1C,温湿度传感器 HMP155A^[6],翻斗式雨量传感器 SL3-1,能见度传感器 V35^[7]。对此7要素自动气象站传感器信号进行模拟控制,设计一套可以模拟多种视程障碍天气现象的自动站传感器信号模拟系统。

1 系统设计方案

1.1 系统组成

根据自动气象站传感器电压信号、电阻信号、频率信号、串口数字信号及开关信号不同信号形式^[1-2],针对此快速检测系统特点,设计相互独立的信号产生电路。DZZ5 自动气象站气象要素信号模拟系统原理框图如图 1 所示。

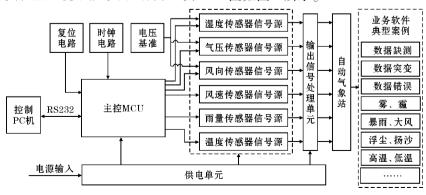


图 1 DZZ5 自动气象站气象要素信号模拟系统原理框图

1.2 电源模块设计方案

由于系统本身需要多种电源才能正常工作,设计时首先需要考虑电源设计问题。由于自动气象站为+12 V供电,单片机(STC15F2K60S2)需要+5 V供电,ICL7650需要+5 V和-5 V直流电压,SN74AVC1T45需

要+5 V直流电压,因此,需要 DC-DC 变换分别产生 +12 V、+5 V和-5 V直流电压,才能保证各模块正常工作。根据实际电路需要,系统设计中选用 LM2596 产生+12 V电压、用 LP3853 产生+5 V电压、用 MC34063 产生-5 V电压[$^{8-9}$]。

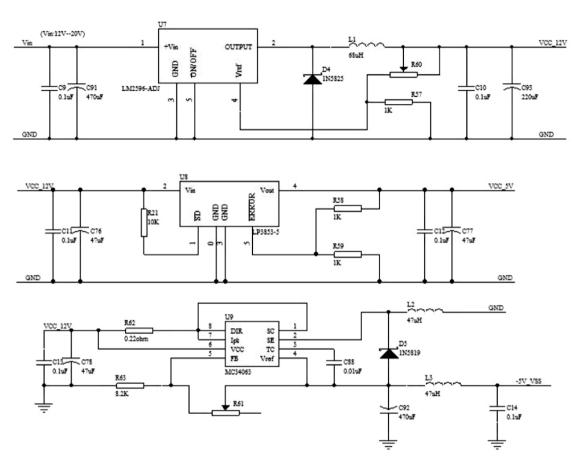


图 2 电源电路部分

1.3 湿度电路设计方案

湿度信号主要模拟的是电压信号。相对湿度传感器为湿敏电容,湿敏电容的电容量因吸湿和放湿而变,湿度传感器基于电容性高分子薄膜传感器,输出信号为0~1 V电压,所对应湿度为0%~100%RH。根据规范,自动气象站相对湿度的基本技术性能应达到分辨力为1%,相对湿度小于80%时准确度为4%,相对湿度大于80%时准确度为8%,故要求模拟器产生电

压信号的分辨力达到10 mV,准确度为40 mV。

湿度信号是电压信号,硬件是通过 DAC 实现, DAC 的供电电压为5 V,参考电压选择2.5 V,按照 10 mV的分辨率要求,DAC 需要 8 位,电路设计时,留有一定裕量,选择 10 位 DAC^[10]。为减少单片机 IO 的需求,应选择串行 DAC。后级运放一方面起到隔离作用,另一方面也提高电压信号的驱动能力。核心电路部分如图 3 所示。

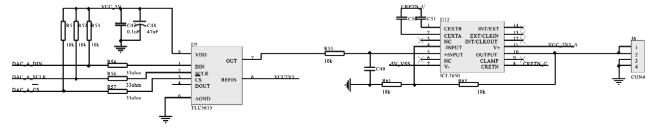


图 3 湿度电路部分

1.4 气温电路设计方案

气温信号主要模拟的是 PT100 铂电阻信号, 当被测温度在-50 $^{\circ}$ C ~ +50 $^{\circ}$ C 时, 需要模拟的电阻变化范围是 80 ~ 120 $^{\circ}$ C.

电路的设计关键是要通过 MCU 实现数控电位器。通常做法是采用数字电位器或者继电器阵列实现,但要实现0.1 ℃(对应电阻0.04 Ω)的精度,目前的数字电位器都无法满足要求;通过继电器切换精密电阻,得到可变的电阻,但使用寿命难以满足要求。针对以上难点,采用运算放大器和数模转换器等构成单口网络[11],通过编程控制输入电压和输入电流的比值,从而获得可编程合成电阻。

可编程合成电阻的原理电路如图 4 所示,电路由输入运算放大器、DAC 转换器、反相器、输出运算放大器和标准电阻 R_x 构成。其核心元件是 DAC 转换器。电路输入电压为 U_i ,运算放大器 A1 接成电压跟随器形式,则输出电压为 U_i ,作为 DAC 的基准电压。DAC 的传输系数为 K,其输出电压为 $K \cdot U_i$ 。 K 的范围为 $0 \sim 1$,由输入到 DAC 的数字量 $D_0 \cdots D_{n-1}$ 决定。运算放大器 A2 接成反相器形式,其输出电压为 $K \cdot U_i$ 。运算放大器 A3 也接成电压跟随器形式,其输出电压为 $K \cdot U_i$ 。运算放大器 A3 也接成电压跟随器形式,其输出电压为 $K \cdot U_i$ 。这样,施加于标准电阻 R_x 上的电压为 $U_i + K \cdot U_i$,电流为 $U_i + K \cdot U_i$,电流为 $U_i + K \cdot U_i$,自由流为 $U_i + U_i$,但如, $U_i + U_i$,但如, $U_i + U_i$,

$$R = \frac{U_i}{I_i} = \frac{R_x}{1 + K} \tag{1}$$

$$K = (D_{n-1} \times 2^{n-1} + D_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + D_0)/2^n$$
 (2)

K 从 0 变化到 1, 合成电阻阻值从 R_x /2 变化到 R_x 。通过改变 D/A 转换器的输入数字量以调整 K 值 改变合成电阻值。当 R_x 选择为150 Ω 时, 合成电阻值的变化范围是 75 ~ 150 Ω 。若要达到 0. 04 Ω 的分辨力,至少要选择 12 位的 DAC, 为保证系统具有充足的设计裕量, 选用 16 位 DAC。

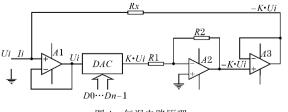


图 4 气温电路原理

1.5 风速、风向、雨量信号产生方案

风速信号主要模拟由 EL15-1C 型风速传感器输

出的信号,输出的是频率信号、电平幅度为5 V,频率分辨率为2.035 Hz;风向信号主要模拟由 EL15-2C 型风向传感器输出的信号,输出的7位格雷码;雨量信号主要模拟由 SL3-1 型雨量传感器输出的信号,输出为通断信号。

风速传感器输出的是 0~1221 Hz的方波信号,可用 MCU 的定时器完成,为提高输出频率的精度,当模拟的风速小于0.5 m/s时,MCU 工作在低速模式,此时定时精度为1 μ s;当风速大于等于 0.5 m/s时,MCU 工作在高速模式,此时定时精度为0.083 μ s。为保护MCU 的输出引脚,同时提高方波信号的驱动能力,选用 SN74AVC1T45 芯片实现。风向传感器输出是格雷码,硬件实现时,需要将收到教师 PC 的指令转换成相应的角度(二进制),然后将二进制转换成对应的格雷码。假设二进制数为 $B_6B_5\cdots B_1B_0$,对应的格雷码为 $G_6G_5\cdots G_1G_0$,则对应的转换关系为: $G_6=B_6$ 、 $G_i=B_{i+1}$ \oplus B_i , $i=0,1,\cdots,5$ 。雨量传感器输出的是通断信号,可利用 MCU 的 IO 控制继电器实现,编程时采用定时器中断。

1.6 气压、能见度信号产生方案

气压传感器 PTB210 目前广泛应用于新型自动气象站中,测量气压范围是 50~1100 hPa,测量精度为±0.5 hPa,串口 RS-232 格式输出,有多种波特率可选。在 DZZ5 自动气象站系统中,是被动地输出测量数据,即收到一次指令,输出一次测量结果。HY-V35 型前向散射能见度仪由华云升达(北京)气象科技有限责任公司研制,它是基于大气中的颗粒物(气溶胶和细小水颗粒等)的前向散射原理而设计的,是继透射式能见度仪后发展起来的新一代气象能见度监测设备。具有精确测量、集成度高、轻便易携带、易于安装维护等特点。测量范围是 10~35000 m,以 RS-232 格式输出,默认波特率为9600 bps。

模拟气压、能见度信号,主要完成两种数据格式的转换,即将收到教师 PC 的指令转换成传感器的输出数据格式。它们均是按帧将数据输出,气压传感器输出的帧长度为14个字节,以0x20开始,以0x0D、0x0A结束。气压数据占6字节,分别为第2字节到第7字节,以ASCII码的方式发送。能见度感器输出的帧长度为25个字节,以0x01、0x50、0x57开始,以0x0D、0x0A结束。每帧中包含1分钟能见度和10分钟能见度,1分钟能见度位于第11到第15字节,10分钟能见度位于第17到第21字节,以ASCII码的方式发送。这两种信号均采用9600bps的波特率。

1.7 视程障碍天气现象及气象要素转换方案

系统不仅要模拟单一气象要素现象,也要模拟雾、霾、扬沙等多种视程障碍天气现象。视程障碍现象判别算法流程如图 5 所示。

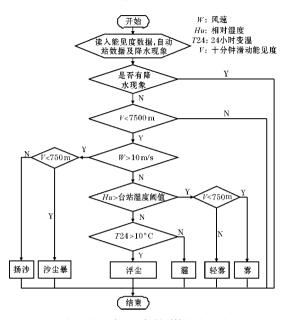


图 5 视程障碍现象判别算法流程图

由图 5 可以看出,多种视程障碍现天气现象是能见度、湿度、风速、温度等多个单一气象要素的特定组合。根据该算法,通过对能见度、风速、湿度及温度设定特定的参数,就可以模拟雾、霾、扬沙等多种视程障碍现天气现象[12-14]。

不同气象要素的状态切换是通过串口控制指令统一控制。由于 MCU 串口资源的限制,控制指令串口和能见度串口共用一个串口(串口1)^[15],通过设置特殊功能寄存器 AUXR1,将串口1从[RxD/P3.0,TxD/P3.1]切换到[RxD/P3.6,TxD/P3.7]。默认是工作在P3.6/P3.7引脚,当要模拟能见度数据时切换到P3.0/P3.1引脚,完成之后再切回P3.6/P3.7引脚。此外,为提高模拟风速时的定时精度,MCU 会在高速模式和普通模式之间切换,进而可以将定时精度提高12倍。当风速大于等于0.5 m/s 时,定时精度为0.083 μs。其他气象要素的模拟是通过轮询的方式顺序执行。

2 测试结果

系统整机如图 6 所示,将系统接入 DZZ5 自动气象站各传感器端口,教师通过实验室 PC 机发送相应的控制指令,可以模拟实现风向、风速、温度、相对湿度、雨量、气压、能见度传感器工作,可以实现模拟多种

天气现象,如图7、图8所示。



图 6 自动气象站传感器信号模拟系统整机

时、分(北京时)	识别结果	气温	相对湿度	本站气压	瞬时风向	瞬时风速	降水量
1532	雾	12.50	96.00	917. 20	33.00	18.40	0.00
1533	雾	12.50	96.00	917. 20	11.00	9. 30	0.00
1535	无天气现象	12.50	96.00	917. 20	351.00	49.20	2.10
1536	无天气现象	12.50	96.00	917. 20	352.00	49.30	3.90
1544	无天气现象	12.40	71.00	917. 20	340.00	49.30	3.00
1546	霾	12.50	58.00	917. 20	340.00	49.30	0.00
1547	雅	12.50	52.00	917. 20	340.00	49.30	0.00
1550	扬沙	12.50	36.00	917. 20	63.00	45.00	0.00
1551	扬沙	12.50	32.00	917. 20	71.00	38.80	0.00

图 7 实验室环境下多种天气信号模拟

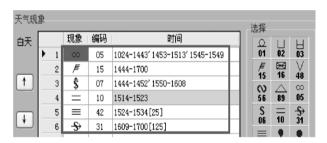


图 8 实验室环境下正点生成多种天气现象

测试结果表明,系统能够在实验室环境逼真的反映自动气象站探测气象数据、获得气象数据的过程,可以模拟单一或多种气象要素信号,也可以模拟雾、霾、扬沙等多种视程障碍天气现象。系统丰富 ISOS 业务软件培训案例数据,提高 ISOS 业务软件实习实训课程的真实性和生动性,大大改善 ISOS 业务软件培训现状。

3 结束语

自动站传感器信号模拟系统可以在实验室环境下 实时模拟多种气象要素信号,弥补拷贝历史数据完成 ISOS 软件操作的不足,通过模拟产生大风、暴雨等,让 观测员在实验室环境下,熟悉 ISOS 软件大风、暴雨等 的报警声音、报警条件等参数设置;系统可以模拟自动 站数据缺测、突变,从而真实的再现案例所需数据,丰 富培训所需案例;通过视程障碍现象判别算法,模拟产 生所需要的气温、湿度、雨量、风速、能见度等信号,从 而模拟产生雾、霾、沙尘暴等视程障碍,让观测员在培 训的实验环境中熟悉视程障碍现象重要报发报,避免 在业务岗位中不熟悉视程障碍重要报发报而慌乱。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.
- [2] 胡玉峰.自动气象站原理与测量方法[M].气象 出版社,北京:2004.
- [3] 孟昭辉,李庆军.自动气象站综述[J]. 气象水 文海洋仪器,2009,(4).
- [4] 廖铭超. DZZ5 型自动气象站常见故障诊断分析 [J]. 气象研究与应用,2015,(3):83-85.
- [5] 黄增林,李崇福,张继光,等. EL15-2C 型风向传感器的结构原理分析[J]. 电子世界,2015,15: 158-159.
- [6] 李英干, 范金鹏. 湿度测量[M]. 北京: 气象出版社,1990.
- [7] 杨崇静, 郭铭法. 一种前向散射式能见度仪的原理分析与使用维护[J]. 现代企业教育, 2008 (20).
- [8] Linear Technology. High Efficiency SO-8N-Chan-

nel Switching Regulator Controller. 2007.

- [9] 降压开关稳压器 LM2596 系列的数据[J]. 家庭电子,2005,17:7-10.
- [10] 朱更军,彭永供,项安,等. 串行 10 位 D/A 转换器 TLC5615 原理及与 DSP 的接口[J]. 电子质量,2003,10:59-60.
- [11] 宋琦,曹晨,孙建华. 用于模拟铂电阻温度传感器的可编程精密合成电阻 [J]. 中国舰船研究,2012,7(2):108-111.
- [12] 黎珠博,罗玉芬,张宏艳. 单片机串口通信平台的搭建[J]. 防灾科技学院学报,2006,(4):74-77.
- [13] 李志鹏,张玮,黄少平,等.自动气象站数据实时质量控制业务软件设计与实现[J]. 气象, 2012,(3):371-376.
- [14] 李成伟. 自动气象观测站数据采集器检测仪设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.
- [15] 宋长青. 自动气象站数据管理与应用系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2011.

A Method of ISOS Training Data Simulation

LIU Jun¹², WANG Yong-jun^{1,2}, LI Xiao-lan^{1,2}, WEN Gang^{1,2}, LI Wei^{1,2}

(1. Sichuan Branch of Metorologist Training Institute CMA, Chengdu 610072, China; 2. Heavy Rain and Drought-Flood Disaster in Plateau and Basin Key Laboratory of Siehuan Province, Chengdu 610072, China)

Abstract: In order to increase training case data of ISOS software, improve the training conditions of ISOS software, meet the demand in the meteorologic observer classhe DZZ5 automatic meteorological sensor signal forms and characteristics ed. Meanwhile, obstruction to vision such as haze, dust, sandstorm, relationship with sensor elements (wind, humidity, temperature, pressure, rain, etc.) analyed. The subject has designed hardware circuit and software program. send commands, can simulate a variety of sensor elements and obstruction to vision. This system rich ISOS training case, improve authenticity, fidelity, training course.

Keywords; automatic weather station; sensor; signal simulation; meteorological observation; training