

基于 Proteus 和 Keil 软件的温室环境监测系统开发

曾 宇, 宋永端*, 王弼堃

(电子科技大学能源科学与工程学院, 成都 611731)

摘 要: 针对现有农业环境监控系统设计方式的不足, 该文研究与开发了一套温室、大棚监测系统, 用于测量空气温度、湿度及二氧化碳浓度。该系统引入 Proteus 与 Keil 软件联合调试的开发方式, 采用 C#语言构建了具有良好交互功能的上位机软件, 引入 Access 数据库管理历史数据; 解决了关键数据的处理、串口中断数据流的构建、Access 数据库的设计、Proteus 软件与上位机的通信等系统若干关键问题。系统实际运行良好, 验证了所采用开发方式的有效性。

关键词: 温室, 数据库系统, 嵌入式系统, 环境监测系统, Proteus 软件

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.14.027

中图分类号: S24; TP23; S625.5⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-14-0177-07

曾 宇, 宋永端, 王弼堃. 基于 Proteus 和 Keil 软件的温室环境监测系统开发[J]. 农业工程学报, 2012, 28(14): 177-183.

Zeng Yu, Song Yongduan, Wang Bikan. Development of environment monitoring systems for greenhouse based on Proteus and Keil software[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(14): 177-183. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

目前, 现代温室朝着集约化、规模化的方向发展^[1], 对于温室智能化管理的要求日益提高, 对温室环境数据(如空气温度、空气湿度、二氧化碳浓度等)的监测是温室、大棚高产的基本前提^[2]。

文献[3-4]探讨了温室、大棚的环境监测的软硬件系统开发策略, 但开发过程中采用传统嵌入式系统开发策略, 即采用“硬件设计-PCB(印制电路板)布局制版-硬件组装-软件设计-硬件软件综合测试”的设计思路, 常常在综合测试的时候才发现硬件设计上的错误, 此外在调试过程中的操作失误也可能导致重要器件的损毁, 甚至使整个硬件电路板完全报废, 因而需要不断依次重复上述设计流程, 时间花费和器件开销不容小觑, 这直接加大了农业设施投入成本。此外, 传统上位机软件开发过程中通常需要不断连接已经开发完毕的下位机实际器件, 这在一定程度上减缓了开发进度。

针对上述不足, 本文提出一种针对温室、大棚软硬件系统的集成开发策略, 其思想是采用 Proteus 与 Keil 软件联合调试的开发方式, 构建全面的联合仿真策略, 用于下位机硬件电路、软件设计, 上位机软件系统的开发, 集成开发完毕后进行物理实现。

1 开发环境

1.1 Proteus 软件

Proteus 软件是由英国的 Labcenter Electronics 公司推出的单片机集成开发软件, 可通过此软件搭建各种复杂的电路, 并通过加载软件程序实现硬件仿真^[5]。本软件能够仿真 51 系列、AVR、PIC、ARM 等主流单片机, 软件集成了虚拟示波器、逻辑分析仪等, 从而建立起了完备的电子设计开发环境, 能够为产品开发节约大量的硬件成本和调试周期。

1.2 Keil 软件硬件总体设计

本系统设计采用的是 Keil51^[6]高级语言集成开发环境—Keil uVision 3 IDE, 是由美国 Keil Software 公司推出的一款主流单片机程序开发软件, 它提供了包括 C 编译器、宏汇编、连接器、库管理和一个功能强大的仿真调试器等在内的完整开发方案, 通过一个集成开发环境(uVision)将这些部分组合在一起。

Proteus 与 Keil 软件能够实现良好的联合调试功能, 即: 通过 Proteus 绘制硬件原理图, Keil 软件编写软件代码, 在良好配置的前提下通过 Keil 软件调用 Proteus 软件进行仿真及预调试。

1.3 Microsoft Visual Studio 2008

Visual Studio 2008 是一款集成开发环境^[7-8], 可用来创建 Windows 平台下的应用程序, 也可以用来创建网络服务、智能设备应用程序和 Office 插件。它提供了部分“模板”代码、具有良好的界面开发环境、可智能检测错误等, 这些优点使之成为上位机软件开发的主流开发环境。

2 硬件设计

2.1 硬件总体设计

系统下位机以 ATMEL 公司的具有在线调试功能的

收稿日期: 2011-10-09 修订日期: 2012-06-09

基金项目: 国家自然科学基金(60974052); 国家自然科学基金(61134001)

作者简介: 曾 宇(1989-), 男, 研究方向为控制理论与嵌入式系统开发。

成都 电子科技大学能源科学与工程学院, 611731。

Email: yu_zeng@foxmail.com

*通信作者: 宋永端(1962-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为智能控制及可再生能源。成都 电子科技大学能源科学与工程学院, 611731。

Email: songyd_ncat@yahoo.com

AT89S52 单片机^[9-10]为核心。本系统能够对温室、大棚的空气湿度、温度、二氧化碳浓度进行监测,可通过串口实现上位机与主芯片的通讯。系统总体结构框图如图 1 所示。

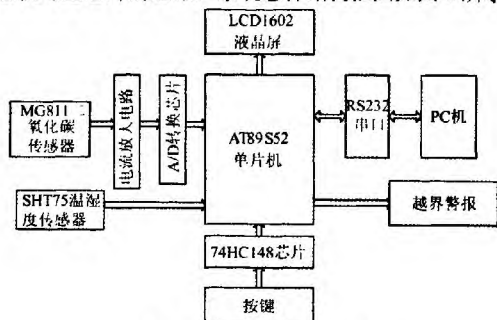


图 1 系统总体结构框图
Fig.1 Structrue block diagram

2.2 各部分功能

1) 系统主芯片: 本系统下位机以 AT89S52 单片机为主芯片, 它实现了命令的接收、执行, 并能够按照图 1 所示箭头方向传送数据流。

2) 信号采集部分: 系统主要采集温室空气湿度、温度以及二氧化碳浓度, 分别由 SHT75 与 MG811 完成。并且, MG811 输出的是模拟数据(电压值), 需经由电流放大电路以及转换电路将采集量转化为主芯片能直接识别的数字量^[11]。

3) 下位机-上位机通信部分: 本系统通过上位机监测界面控制传感器数据的采集, 因此需要进行实时通信。采用 RS-232 串口通信^[12]协议进行通信, 采用 MAX232 芯片进行电平转换。

4) 下位机命令输入与显示部分: 外设按键可通过外部中断的形式输入命令, 采用 74HC148 优先编码器^[13]对按键进行编码, 并送入主芯片。为加强交互式功能, 系统增加 LCD1602 液晶显示器^[14]显示命令执行结果, 当传感器数值超过警戒值时通过 LED 灯报警。

5) 上位机部分: 通过串口与主芯片通信, 具有可视化界面, 具有良好的交互功能。同时连接数据库, 可以有有效的记录并管理历史数据。

3 软件系统结构

3.1 下位机软件设计

下位机软件程序通过 Keil 软件进行编写, 并始终注意软件的可移植性和可读性。在程序设计过程中主要采用模块化的设计方法^[15], 各模块之间尽量达到低耦合、高内聚的要求。下位机软件主要包括初始化程序模块、串口程序模块、A/D 程序模块、SHT75 程序模块、按键程序模块、LCD1602 程序模块、LED 警报灯程序模块共 7 个子程序模块。下位机的外设按键可以完成复位命令和帮助命令, 分别实现系统复位操作和帮助信息显示。

下位机主程序流程如图 2 所示, 系统初始化完毕后等待上位机发送的运行命令, 然后每隔 1min 对传感器数据进行自动采集, 并经串口上传至 PC 机。在延时过程中

不断查询命令标志位 Flag, 若为 1 则表示已经进行过中断命令输入, 此时需跳出延时循环, 检测命令种类并执行相应程序, 执行完毕后将命令标志位清 0。

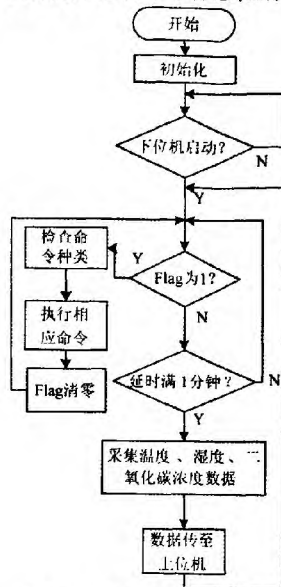
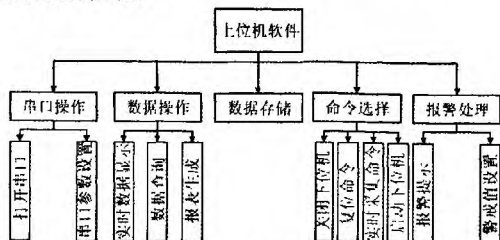


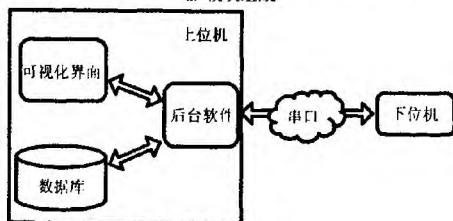
图 2 下位机主程序流程图
Fig.2 Main program flow chart of lower computer

3.2 上位机软件设计

上位机通过串口与主芯片进行通信。上位机软件利用 Microsoft Visual Studio 2008 开发环境, 采用 C# 语言实现。上位机软件模块组成如图 3a 所示, 主要包括以下功能模块: 串口操作、数据操作、命令选择、报警处理和数据存储。串口通信模块的开发采用 C# 自带的 SerialPort 控件^[16]实现。其中数据存储功能采用 ADO.NET 方式连接 Access 数据库实现。可视化界面通过后台软件与数据库交互, 其结构关系如图 3b 所示, 所有数据流的传送均需经由后台软件实现。



a. 模块组成



b. 结构关系图

图 3 上位机软件模块组成和结构关系图
Fig.3 Modules construction and structure of upper monitor

4 软件系统结构的关键技术

4.1 上位机软件设计关键数据的处理

1) SHT75 温度、湿度数据的处理

SHT75 温湿度传感器由 1 个电容式聚合体测温元件和 1 个能隙式测温元件^[17]组成, 并与 1 个 14 位 A/D 转换器以及 1 个 2-wire 数字接口在单芯片中无缝结合, 使其具有功耗低、反应快、抗干扰能力强的优点^[18]。其温度检测范围为 -40~+123.8℃, 湿度检测范围为 0~100%RH; 温度的分辨率可达 0.01℃, 湿度的分辨率可达 0.05%RH。采用 14 位温度测量数据时可依公式 (1) 将传感器的数字输出转换为温度值。

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T \quad (1)$$

式中, d_1 、 d_2 为温度转化系数, SO_T 为读取的 14 位温度原始数据值, T 为转化后得到实际温度值, 为浮点型数据。 d_1 取 -40.1 (元件使用说明书), d_2 取 0.01 (元件使用说明书)。采用公式 (1) 计算时, 可将 d_1 、 d_2 看作无量纲系数, 计算出的数值为在摄氏温度下的温度数据值。

SHT75 的相对湿度输出呈非线性^[19], 如图 4 所示。

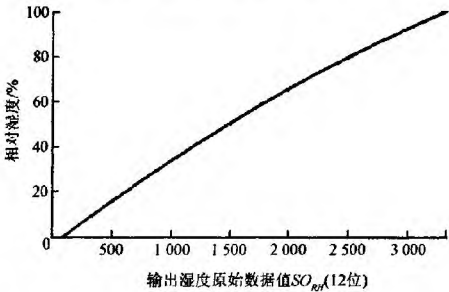


图 4 湿度输出数据 SO_{RH} 与相对湿度转换关系图

Fig.4 Conversion diagram of humidity output data (SO_{RH}) and relative humidity

进行相对湿度测量时需要通过式 (2) 和式 (3) 对测量值进行温度补偿和转换。未考虑温度对湿度补偿情况下的湿度获取见式 (2), 在考虑温度对湿度补偿情况下的湿度获取见式 (3)。

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (2)$$

$$RH_{true} = (T - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear} \quad (3)$$

式中, c_1 、 c_2 、 c_3 为转化系数, 可分别取 -2.0468 (元件使用说明书)、0.0367 (元件使用说明书)、 1.5955×10^{-6} (元件使用说明书); SO_{RH} 为读取的 12 位湿度原始数据值; RH_{linear} 为相对湿度, %; T 为测量时刻的温度值, ℃; t_1 、 t_2 为温度对湿度的补偿系数, 可分别取 0.01 (元件使用说明书)、0.00008 (元件使用说明书); RH_{true} 为实际的相对湿度, %。当采用公式 (2) 与公式 (3) 计算时, 可将 c_1 、 c_2 、 c_3 、 t_1 、 t_2 看作无量纲系数, 计算出的数据为相对湿度数据值。

2) MG811 二氧化碳测定数据的处理

MG811 为模拟型二氧化碳传感器, 其测量范围为 300~35 000 $\mu\text{L/L}$, 其输出电压值与测定浓度之间的关

系如表 1 所示。根据实际输出电压值进行分段线性插值运算^[20]。由于结点较多, 分段函数表达式过于繁琐, 可引入基函数的方法, 将每一个测量点作为一个插值节点, 则可将分段插值函数表示为式 (4) 的基函数组合形式。

表 1 MG811 传感器输出电压与 CO_2 浓度对应关系
Table 1 Corresponding relationship between CO_2 concentration and MG811 output voltage

测量点	输出电压/mV	CO_2 浓度/ $(\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1})$
0	690	300
1	653	1000
2	630	2000
3	596	5000
4	571	10000
5	556	15000
6	546	20000
7	537	25000
8	526	35000

$$P(x) = \sum_{j=0}^8 w_j(x) y_j \quad (4)$$

式中, $P(x)$ 是根据实际输出电压计算出的 CO_2 浓度值, $\mu\text{L/L}$; y_j 为表 1 中插值节点的 CO_2 浓度值, $\mu\text{L/L}$; $w_j(x)$ 为插值基函数, 由式 (5) ~ (7) 确定

$$w_0(x) = \begin{cases} \frac{x_1 - x}{x_1 - x_0} & x \in [x_0, x_1], \\ 0 & x \notin [x_0, x_1], \end{cases} \quad (5)$$

$$w_j(x) = \begin{cases} \frac{x - x_{j-1}}{x_j - x_{j-1}} & x \in [x_{j-1}, x_j], \\ \frac{x_{j+1} - x}{x_{j+1} - x_j} & x \in [x_j, x_{j+1}) \quad (j=1, 2, \dots, 7), \\ 0 & x \notin [x_{j-1}, x_{j+1}), \end{cases} \quad (6)$$

$$w_8(x) = \begin{cases} \frac{x - x_7}{x_8 - x_7} & x \in [x_7, x_8] \\ 0 & x \notin [x_7, x_8] \end{cases} \quad (7)$$

式中, x 为实际输出电压值, mV; x_j 为表 1 中对应插值节点的电压值, mV。

4.2 串口中断数据流

由于下位机接收或者发送数据, 均会触发串口中断, 因此需要区别对待。本系统串口中断函数用于接收上位机所发送的数据流, 首先判断接收中断标志 RI 的值, 若为 1 则表明为接收数据, 此时需将接收的字符送入相应的存储空间, 若为 0 则表明为发送数据, 则中断函数不予处理。下位机发送数据通过查询芯片发送中断标志 TI 的方式完成, 每当发送成功一个字符则将 TI 清 0。

为区分串口数据流的种类, 特别为每种不同的数据流设置种类标志首字符, 下位机或 PC 机每次接收一组新的数据流时均会检查首字符以确定数据流种类。同时, 额外添加字符 ‘^’ 以表明一组数据流已发送完毕。下位机接收或发送的数据流的标志首字符如表 2 所示。

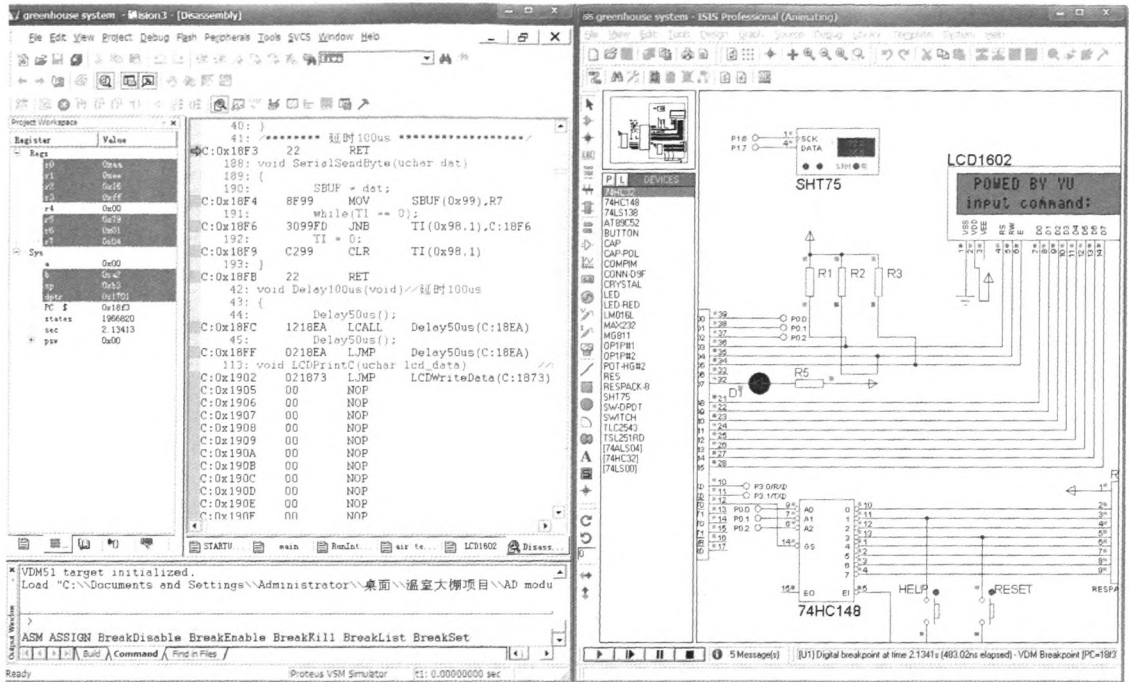


图 6 Proteus 与 Keil 联合调试图
Fig.6 Figure of Proteus and Keil joint-debugging

5.2 系统测试

在仿真成功确认无误之后则可进行PCB制版^[21], 布线过程时注意保持信号的完整性^[22]。在实际测试过程中, 采用外部稳压电源供电。选用COM1 串口进行通信, 通信波特率为 9 600bps。系统运行稳定、良好, 其实际运行界面如 7 图所示。



图 7 系统的实际运行界面
Fig.7 Interface of actual running system

6 结论与讨论

本文在系统开发过程中引入 Proteus 与 Keil 软件联合调试的开发方式, 其主要特点是可首先搭建虚拟环境对硬件电路以及软件进行综合调试, 若发现错误则立即修

改硬件电路图或软件程序。由于 Proteus 软件已经将真实器件的电气特性通过算法封装在对应的虚拟器件中, 因此在 Proteus 中仿真调试成功的电路图能够完全运用于真实物理环境, 此时再通过“PCB 布局制板-硬件组装”则能满足系统的真实需求。系统上位机软件开发时, 采用 C#语言编写了上位机的可视化操作界面, 通过构建虚拟串口实现上位机软件和 Proteus 软件中仿真芯片的实时通信, 采用 Access 数据库对数据进行操作、管理。采用虚拟仿真开发完成后再实际测试的综合开发方式, 本系统能够有效测量空气温度、湿度、二氧化碳浓度, 系统实际运行良好, 验证了这一开发方式的有效性。

课题组将在现有的工作基础上, 对本系统进行二次开发, 从而转化为手持式测量仪或者分布式联机监测系统, 使其具有更好的应用价值和农业推广前景。

[参 考 文 献]

[1] 陈建恩, 王立人, 苗香雯, 等. 温室数据采集系统远程通信接口设计研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 259—263.
Chen Jian'en, Wang Liren, Miao Xiangwen, et al. Research and development of remote communication interface for greenhouse data acquisition system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2003, 19(4): 259—263. (in Chinese with English abstract)
[2] 李锡文, 杨明金, 杨仁全. 现代温室环境智能控制的发展现状 & 展望[J]. 农机化研究, 2008, (4): 9—13.

- Li Xiwen, Yang Mingjin, Yang Renquan. The development status and prospect of modern greenhouse environment intelligent control[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, (4): 9—13. (in Chinese with English abstract)
- [3] 袁江, 曹金伟, 邱自学. 基于 RFID 读写器网络的粮库温湿度分布式监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 131—136.
- Yuan Jiang, Cao Jinwei, Qiu Zixue. Temperature and humidity distributed monitoring for grain depot based on RFID reader networks[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(10): 131—136. (in Chinese with English abstract)
- [4] 高峰, 俞立, 王涵, 等. 无线传感器网络作物水分状况监测系统的上位机软件开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 175—181.
- Gao Feng, Yu Li, Wang Yong, et al. Development of host computer software for crop water status monitoring system based on wireless sensor networks[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(5): 175—181. (in Chinese with English abstract)
- [5] 张齐, 朱宁西. 单片机应用系统设计技术: 基于 C51 的 Proteus 仿真(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 46—48.
- [6] 宁成军, 张江霞. 基于 Proteus 和 Keil 接口的单片机外围硬件电路仿真[J]. 现代电子技术, 2006, 29(18): 46—48.
- Ning Chengjun, Zhang Jiangxia. Simulation of peripheral hardware circuit based on the interface of Proteus and Keil[J]. Modern Electronics Technique, 2006, 29(18): 46—48. (in Chinese with English abstract)
- [7] 兰多夫, 著, 李梦汶, 译. Visual Studio 2008 高级编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 2—10.
- [8] Karli Watson 著, 齐立波, 译. C#入门经典(第四版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 10—13.
- [9] 张先庭. 单片机原理、接口与 C51 应用程序设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 19—25.
- [10] 刘瑞新. 单片机原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 228—229.
- [11] 张洪润. 传感器应用设计 300 例(下册)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008: 63—68.
- [12] 杨世凤, 赵继民, 王秀清, 等. 基于虚拟仪器技术的食品物性监测系统的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 176—180.
- Yang Shifeng, Zhao Jimin, Wang Xiuqing, et al. Food texture detection system based on virtual instrument technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(8): 176—180. (in Chinese with English abstract)
- [13] 陈松岭. 基于硬件仲裁和串行总线的主多通信[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006, 12(12): 32—34.
- Chen Songling. Multi-host communication based on hardware arbitration and serial bus[J]. Microcontrollers and Embedded Systems, 2006, 12(12): 32—34. (in Chinese with English abstract)
- [14] 于志赣, 刘国平, 张旭斌. 液晶 LCD1602 模块的应用[J]. 机电技术, 2009, 32(3): 21—23.
- Yu Zhigan, Liu Guoping, Zhang Xubin. Application of LCD1602 module[J]. Mechanical and Electrical Technology, 2009, 32(3): 21—23. (in Chinese with English abstract)
- [15] 王晓喃, 殷旭东. 基于 6LoWPAN 无线传感器网络的农业环境实时监控[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 224—228.
- Wang Xiaonan, Yin Xudong. Agricultural environment real-time monitor and control system based on 6LoWPAN sensor networks[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(10): 224—228. (in Chinese with English abstract)
- [16] 成洁. 基于 C# 的极低功耗无线网络温度监测系统的上位机软件设计[J]. 计算机时代, 2010, (9): 22—24.
- Cheng Jie. C#-based PC software design for wireless network temperature monitoring system in very low power consumption[J]. Computer Era, 2010, (9): 22—24. (in Chinese with English abstract)
- [17] Liu C P, Huang H P. Experimental validation of PTAT for in situ temperature sensor and voltage reference[J]. Electronics Letters, 2008, 17(44): 1016—1017.
- [18] 袁江, 曹金伟, 邱自学. 基于 RFID 读写器网络的粮库温湿度分布式监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 131—136.
- Yuan Jiang, Cao Jinwei, Qiu Zixue. Temperature and humidity distributed monitoring for grain depot based on RFID reader networks[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(10): 131—136. (in Chinese with English abstract)
- [19] 袁易君, 刘建平, 王啸. 基于 Proteus 的高精度存储式温室温湿度测量仪[J]. 农机化研究, 2008, (10): 68—74.
- Yuan Yijun, Liu Jianping, Wang Xiao. A temperature and humidity measuring device with high precise and storage performance in greenhouse based on Proteus[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, (10): 68—74. (in Chinese with English abstract)
- [20] 钟尔杰, 黄廷祝. 数值分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 117—118.
- [21] 陈学平. PCB 设计的干扰与抑制研究[J]. 制造业自动化, 2010, 32(8): 144—147.
- Chen Xueping. PCB design of the interference and suppression research[J]. Manufacturing Automation, 2010, 32(8): 144—147. (in Chinese with English abstract)
- [22] 姜樟, 齐剑锋. 利用布线技巧提高嵌入式系统的 PCB 的信号完整性[J]. 现代电子技术, 2010, (16): 80—85.
- Jiang Zhang, Qi Jianfeng. Wiring technique to improve the signal integrity in PCB of embedded system[J]. Modern Electronics Technique, 2010, (16): 80—85. (in Chinese with English abstract)

Development of environment monitoring systems for greenhouse based on Proteus and Keil software

Zeng Yu, Song Yongduan^{*}, Wang Bikun

(School of Energy Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: Aiming at overcoming the shortcomings of the design methods of agricultural monitoring system, a new approach was investigated to develop greenhouse environment monitoring systems where air temperature, air humidity, CO₂ concentration can be online measured and monitored. A fundamentally different embedded system design method named Joint-Debugging of Proteus and Keil was proposed, which significantly reduced the development cycle and hardware costs. C# language was adopted to develop PC monitoring software and Access Data Base was used to store and manage the historical data. Several system key issues including key data processing, serial interrupt data-flow building, Access Database design, Proteus and PC communications were well solved. The experimental results show that the system runs well and verifies the effectiveness of the proposed methods.

Key words: greenhouses, database systems, embedded systems, environment monitoring system, Proteus software