

龙光利. 1 种无线智能多功用农业监测装置的设计[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11): 424-427.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.149

# 1 种无线智能多功用农业监测装置的设计

龙光利

(陕西理工学院物理与电信工程学院, 陕西汉中 723003)

**摘要:**为了实现农业温室环境的测量、调节和自动化管理, 利用单片机设计了 1 种无线智能多功用农业监测装置, 该装置可分为硬件、软件 2 个部分, 硬件有单片机最小系统、数据采集电路、无线收发电路、数据处理终端; 软件有数据采集终端程序和数据处理终端程序。用 C 语言编写程序, 在 keil4 环境下进行编译, 通过后下载到单片机 STC89C52 中, 将单片机与其他相关元器件焊接在 PCB 板上后上电, 可实现空气湿度、空气温度、光照强度和土壤湿度的实时采集和无线传输, 被测参量阈值可输入和查看、数据可上传至 PC 上位机并可绘制相关测量项的数据曲线。

**关键词:**传感器; 单片机; 无线发送; 无线接收

**中图分类号:** TP212.9; S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)11-0424-04

随着经济的不断发展, 在农业大棚中种植蔬菜水果已经得到普及<sup>[1]</sup>。利用传感器采集室温、空气湿度、土壤湿度、光照强度等农作物生长状态相关参数, 结合作物生长所需最佳条件, 可将室内温度、湿度、光照、水量、肥量、气压等因素综合调节到最佳状态, 形成大棚农业环境监测系统。大棚农业环境监测系统可采用有线和无线通信的方式, 有线通信技术虽然具有设备操作性好、抗干扰能力强等优点<sup>[2]</sup>, 但大棚内的数据采集大多在广阔的空间内进行, 需要密布传感器节点, 这就导致大棚内线缆纵横交错, 棚内作业不便, 灵活性和扩展性能差, 系统安装及维护成本高; 同时因实际应用环境潮湿、高温、土壤及空气具有较强的酸性, 易导致通信电缆的老化。因

此, 无线智能多功用农业装置对节省人力物力有着重要意义。

## 1 系统原理

设计的无线智能多功用农业监测装置的原理框架图如图 1 所示。系统分为数据采集终端和数据处理终端, 其中数据采集终端包括单片机最小系统、传感器电路、无线发射电路; 数据处理终端包括无线接收电路、单片机最小系统、矩阵键盘显示电路、控制接口、TTL 转 USB 接口及 PC 上位机等。系统工作原理是: 空气湿度传感器和土壤湿度传感器测量输出电压, 经过模数转换为数字量后存入单片机中; 空气温度传感器和光照传感器都直接将数字量输出给单片机, 单片机接收测量数据后经无线发射电路发射。在数据处理终端, 单片机对无线接收到的数据进行处理, 通过 LCD1602 显示出来, 并将数据依照通信协议经 TTL 转 USB 接口上传给 PC 上位机, 上位机则根据数据绘制相关测量项的数据曲线, 并保存在数据库中; 同时单片机连续地扫描矩阵键盘, 可通过矩阵键盘输入

收稿日期: 2014-03-02

基金项目: 陕西省教育厅科学研究计划(编号: 2013JK1061)。

作者简介: 龙光利(1968—), 男, 陕西南郑人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为电子与通信工程。E-mail: lg120088@163.com。



图9 系统运行界面

## 参考文献:

- [1] 熊迎军, 沈明霞, 刘永华, 等. 混合架构智能温室信息管理系统的设计[J]. 农业工程学报, 2012, 28(增刊): 181-185.
- [2] 刘永华, 凌小燕, 常春. 基于无线传感器网络的温室环境监测系统的研究[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(6): 249-252.
- [3] 鞠传香, 吴志勇. 基于 ZigBee 技术的温室大棚智能监控系统[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 405-407.
- [4] 吴存瑞, 奚佳有, 邹吉兰. 国外设施农业发展趋势[J]. 农业科技与装备, 2010(6): 122-123.
- [5] 陈大鹏, 毛罕平, 左志宇. 基于 Android 手机的温室环境远程监控系统设计[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 375-379.
- [6] 孙玉文, 沈明霞, 陆明洲, 等. 无线传感器网络在农业中的应用研究现状与展望[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(3): 639-644.
- [7] 高峰, 俞立, 卢尚琼, 等. 国外设施农业的现状与发展趋势[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(2): 279-285.
- [8] 刘丽伟. 美国农业信息化促进农业经济发展方式转变的路径研究与启示[J]. 农业经济, 2012(7): 40-43.
- [9] 石永革, 许建林, 石峰. 富客户端技术应用研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(3): 639-641.
- [10] 孙忠富, 曹洪太, 李洪亮, 等. 基于 GPRS 和 WEB 的温室环境信息采集系统的实现[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 131-134.
- [11] 石军锋, 马永昌, 陈建. 一种基于无线传感网络的温室 Web 监控系统[J]. 农机化研究, 2009, 31(5): 76-79.

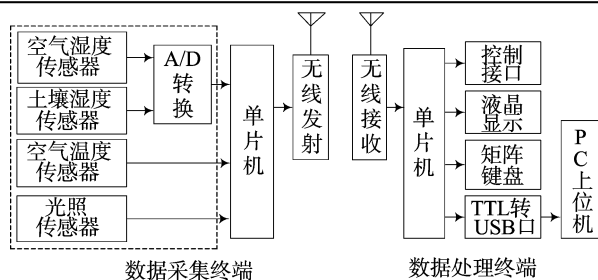


图1 无线智能多功用农业监测装置原理框架图

和查看各测量项阈值。

## 2 硬件电路设计

### 2.1 单片机最小系统设计

数据采集终端和数据处理终端都选用单片机 STC89C52，单片机最小系统<sup>[3]</sup>由 STC89C52 单片机、时钟电路、复位电路组成，主要对各个模块进行调度控制。STC89C52 单片机是一种低功耗的 8 位 CMOS 微控制器，兼容 51 系列单片机，内部具有 8 kB 的 FLASH 程序存储空间、256 B 的内部 RAM、32 个可编程 I/O 口线、3 个 16 位的定时/计数器、全双工 UART 串行接口、内置看门狗定时器、双数据指针。时钟电路采用内部时钟，在单片机的 XTAL<sub>1</sub> 和 XTAL<sub>2</sub> 引脚之间接 1 个 11.059 2 MHz 的外部晶振，选择 2 个 30 pF 的瓷片电容，串接在晶振两脚帮助晶振起振，内部时钟频率为 11.059 2 MHz。复位电路采用手动加上电自动复位方式，既具有上电自动复位的功能，又能够通过小按钮手动复位。

### 2.2 数据采集电路的设计

数据采集电路主要由 STC89C52 单片机最小系统、各种传感器、模数转换电路和 Si4432 芯片构成的无线发射模块等组成。

**2.2.1 空气湿度传感器** 空气湿度传感器选择 ATM1001，输出量为电压，经由 ADC0809 模数转换为数字量传输到 STC89C52R 单片机。空气湿度传感器连接电路如图 2 所示，4 个管脚分别为 Vcc、GND、Vout、NULL，其中 Vcc 接 5 V 直流电源，GND 为电源地，Vout 与模数转换 ADC0809 1 脚（即 IN3）相连，NULL 悬置。空气湿度传感器 ATM1001 输出电压与相对湿度的对应关系见表 1。

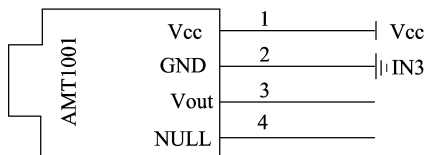


图2 空气湿度传感器ATM1001连接电路

由表 1 可知，ATM1001 空气湿度传感器的输出电压 ( $U_0$ ) 与空气相对湿度 (RH) 有良好的线性关系，计算公式为： $RH = (U_0/0.3) \times 100\%$ 。但空气相对湿度达到 100% 时，ATM1001 空气湿度传感器的电压输出值为 3 V；而 ADC0809 采用的是 +5 V 的单电源基准电压，最大湿度电压未能达到 ADC0809 芯片的满量程，最大数字输出量为 153，因此湿度归一化处理公式为： $RH = (ADC/153) \times 100\%$ 。

**2.2.2 土壤湿度传感器** 土壤湿度传感器的原理是电容两端的电压随电容介质改变而变化，当介质为空气时，两端输出

表 1 ATM1001 输出电压与相对湿度对应关系

输出电压 (V)	相对湿度 (%)
0.60	20
0.90	30
1.20	40
1.50	50
1.80	60
2.10	70
2.40	80
2.70	90
2.85	95

电压最大；而当传感器插入湿润的泥土中时，介质的导电性较好，两端电压就会随着湿度的增大而降低。土壤湿度传感器采用 YL-69，呈倒 U 形，两极采用加宽的感应铜箔，表面采用镀镍方式，可以更好地防止生锈，提升导电性能，延长使用寿命。输出一端接地，一端与 ADC0809 模数转换电路 2 脚（即 IN4）相连，同时加 5.1  $\Omega$  电阻与 5 V 电源相连，以增强抗干扰性能。

**2.2.3 光照强度传感器** 光照强度传感器采用 ROHM 原装 BH1705FVI 的数字模块 GY30，I2C 总线结构，光照度范围为 0~65 535 lx，内置 16 b A/D 转换器，直接输出数字量，接近于视觉灵敏度的分光特性，可对光照亮度进行 1 lx 的高精度测量。模块内部包含通信电平转换，可与 5 V 单片机 I/O 引脚直接相连。光照强度传感器连接电路如图 3 所示。

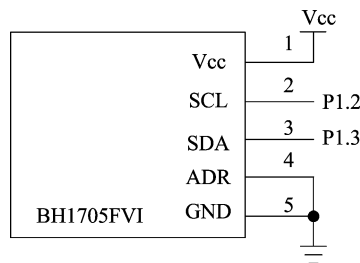


图3 光照强度传感器连接电路

图 3 中的 4 个管脚为 Vcc、SCL、SDA、ADDR，其中 Vcc 接 3~5 V 直流电源，SCL 为 I2C 总线时钟引脚，SDA 为 I2C 总线数据引脚，ADDR 为 BH1750 I2C 设备地址引脚，GND 为电源地。

**2.2.4 空气温度传感器** 空气温度传感器采用数字空气温度传感器 DS18B20，采用独特的单线接口方式，在与微处理器连接时只需要 1 条口线即可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯<sup>[2]</sup>。测温范围 -55~125  $^{\circ}\text{C}$ ，固有测温误差 0.5  $^{\circ}\text{C}$ <sup>[4-5]</sup>，工作电源为 3~5 V（直流）；完成测量后，测量结果以 9~12 位数字量方式串行传送给单片机。

**2.2.5 模数转换电路** ADC0809 模数转换电路如图 4 所示。空气湿度和土壤湿度传感信号可接入 IN0~IN7，可将空气湿度和土壤湿度传感模拟信号变为数字信号送给单片机处理。ADC0809 允许最多 8 路输入电压，转换数据由 8 位并行口输出，输出数字量范围为 0~255，基准模数转换电路采用 8 位模数转换芯片 ADC0809，芯片转换速率可达 130  $\mu\text{s}$ /次，工作电压 +5 V，输入电压 0~5 V，工作时钟频率为 500 kHz，时钟由单片机定时中断提供。

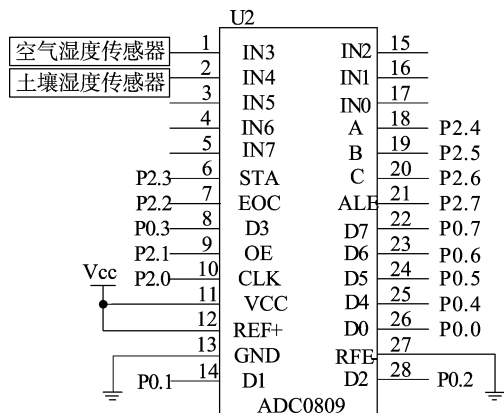


图4 ADC0809 模数转换电路

### 2.3 无线收发电路的设计

无线发射和接收均采用 Silicon Labs 公司 Si4432 芯片构成的模块<sup>[6]</sup>,该芯片集成具有 -118 dBm 的超高灵敏度,可提供极佳的链路质量,在扩大传输范围的同时将功耗降至最低,工作频段范围为 240 ~ 960 MHz,最高输出功率可达 +20 dBm,在最大功率设置条件下,开阔通信距离可达 1 km 或更远。Si4432 内部集成了天线分集、休眠唤醒定时器、64 B 收发 FIFO 等功能;同时, Si4432 芯片还具有跳频和信道信号强度评估功能。其外围电路只需要 1 个 30 MHz 晶振及几个电阻、电容、电感等<sup>[4]</sup>。Si4432 射频连接电路如图 5 所示,其中单片机与 Si4432 芯片通过标准的串行接口 (SPI) 相连,通过 SPI 口配置 Si4432 内部寄存器和实现数据的读写; Si4432 的 TX 引脚为射频信号发送端, RX 引脚为差分信号接收端,射频信号的发射和接收端通过 RF 开关芯片 UPG2214 与天线相连。

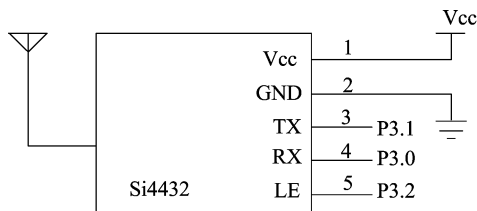


图5 Si4432 射频连接电路

### 2.4 数据处理终端的设计

数据处理终端主要包括 Si4432 芯片构成的无线接收模块<sup>[7]</sup>、STC89C52 单片机最小系统、LCD1602 液晶显示电路、4 × 4 矩阵键盘电路、控制接口、TTL 转 USB 接口<sup>[8]</sup>及 PC 上位机等。

LCD1602 是一种专门用来显示字母、数字、符号等的点阵型液晶模块,由若干个 5 × 7 或者 5 × 11 点阵字符位组成,每个点阵字符位都可以显示 1 个字符,每位之间有 1 个点距的间隔,每行之间也有间隔<sup>[9]</sup>; LCD1602 显示的内容为 16 × 2,即可以显示 2 行、每行 16 个字符的液晶模块。

矩阵键盘用于阈值输入和查看。按键数量大于 4 个时,可将键盘接成矩阵键盘电路,工作原理是在单片机 P 口高四位送 1,低四位送 0,然后不断循环检测高四位是否为 1,若为 1,说明无按键按下,若其中有 1 位为 0,说明有按键按下,并且通过行列扫描的方式可以获取按键所在的行和列,从而推

算出所按的按键,并执行相应的按键处理程序。

## 3 软件设计

### 3.1 数据采集终端程序设计

数据采集终端程序包括主程序、模数转换子程序、无线发送子程序等。主程序初始化之后,循环执行光照强度、空气温度、空气湿度、土壤湿度和无线发送子程序。

进入模数转换子程序后,单片机给 ADC0809 芯片的 ALE 管脚 1 个下降沿锁存地址,然后 START 管脚在 1 个下降沿后开始转换,并等待 EOC 管脚变高电平后,将 OE 管脚拉高,从 ADC0809 的 8 位并行口取出转换结果存入单片机的缓冲区中。当完成光照强度、空气湿度、空气温度、土壤湿度采集后,数据存入发送缓冲数组,并进行格式转换后开启发送,发送采用串口发送,工作方式选择方式 1,数据位有 9 位,波特率选择 9 600 Bd。发送过程是依次发送地址、数据长度、采集数据、生成校验位并发送,返回主程序。

### 3.2 数据处理终端程序设计

数据处理终端程序包括主程序、键盘扫描子程序、阈值输入子程序、无线接收中断子程序等。

数据处理终端主程序流程见图 6,可以看出,数据处理终端初始化之后,显示开机界面,调用键盘扫描子程序,调用阈值输入子程序;键盘扫描完毕且退出阈值子程序后,读取接收成功标志位,标志位等于“1”,表示成功接收正确的数据,则将缓冲区数据存入测量值数组中,然后显示测量值,将测量数据通过 USB 口上传至 PC 上位机,并返回键盘扫描循环接收处理;标志位等于 0,表示未能成功接收,则重新读取接收标志位。

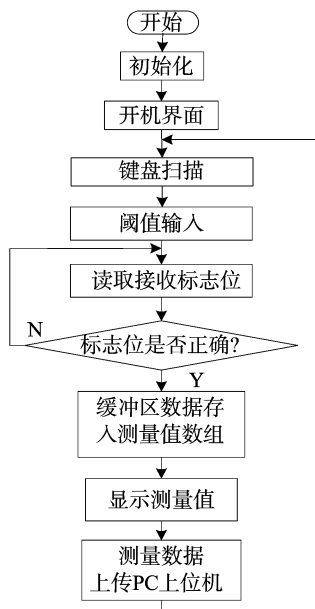


图6 数据处理终端主程序流程

键盘扫描子程序:使用 4 × 4 矩阵键盘,用于阈值输入和阈值查看;键盘扫描子程序可分为:判断按键事件程序、获取键值程序以及去抖动程序。进入子程序运行时,先拉低矩阵键盘 4 个端口的电平,执行判断按键事件程序,轮流扫描键盘其他 4 个端口,端口低,为有键按下的触发信号,当发现有任何一个按键按下,首先要延时进行消抖操作以防止按键误触

和按键次数误判,消抖之后扫描到按键依然按下则获取按键键值,等待按键释放,然后返回按键值。

阈值输入子程序流程见图 7,与键盘扫描子程序相配合,主要负责光照强度、空气温度、空气湿度、土壤湿度等测量项上下限的输入、保存以及查看,当扫描到键盘有按键按下时,读取键值,判断键值等于 15 时进入阈值显示界面显示阈值;判断键值大于 9、小于 13 时,进入阈值输入步骤;键值等于 10、11、12、13 时,分别进入空气湿度、土壤湿度、光照强度、空气温度的阈值输入界面,首先输入最低值,再按 14 号键确认输入,然后输入最大值,再按 14 号键确认输入,完成一次阈值输入流程,跳出子函数。当有键按下并且按键值大于 9 时,进入阈值查看和阈值输入子程序,其中当按键值等于 15 时查看 4 组阈值;按键值小于 15 大于 9 之间的 4 个键位(10、11、12、13 键位)分别代表 1 个测量项阈值输入指令。

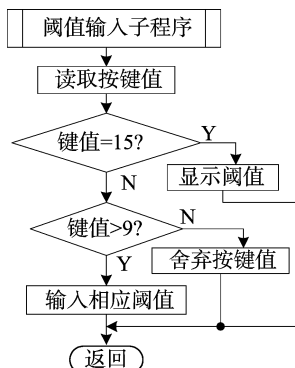


图7 阈值输入子程序流程

无线接收中断子程序流程如图 8 所示。当串口收到数据,触发中断进入中断程序,在中断程序中,首先校验接收到的第 1 位地址数据,地址正确时才继续接受之后的数据,完成数据接收后,生成校验位并与接收到的校验位作对比,相等时存入缓存数组中。

用 C 语言编写数据采集终端程序 and 数据处理终端程序,在 keil4 环境下进行编译<sup>[10]</sup>,通过后分别下载到 2 片单片机 STC89C52 中。

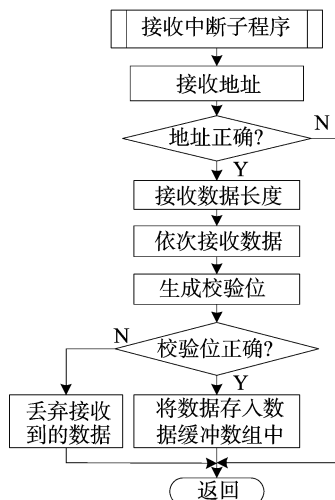


图8 无线接收中断子程序流程

## 4 试验分析

将所有单元电路在 Proteus 平台上仿真,通过后设计制作 PCB 板<sup>[11]</sup>,将下载程序的单片机与其他元器件焊接在 PCB 板上,上电,进行功能测试。可借助串口调制助手调试无线收发过程,先发送 1 组固定数据,在发送语句之前插入 1 句上传语句,在接收端将接收的数据上传至串口调制助手显示出来,若收到该上传语句,可判断发送程序发送成功。检查 LCD1602 电路,连接无误后,下载 1 段与显示无关的程序到单片机,调节液晶对比度使之显示正常。在无线模块调试完成后,将数据采集终端和数据处理终端配合进行整体联调,将数据采集部分放置在野外环境,对光照强度、空气温度、空气湿度、土壤湿度等进行采集,并将采集数据进行无线传输,开阔无线传输距离可达数百米,最远可达 1 km。数据处理终端可实现数据无线接收、被测参量阈值可输入、查看和报警,数据经 TTL 转 USB 接口可上传给 PC 上位机,上位机则根据数据可绘制相关测量项的数据曲线,并可保存在数据库中。

## 5 结论

无线智能多功用农业监测装置可实现空气湿度、空气温度、光照强度和土壤湿度的实时采集和无线传输,被测参量阈值可输入和查看、数据可上传 PC 上位机并可绘制相关测量项的数据曲线,为农业自动化提供了一种解决方案。此外,本装置可增加摄像头和自动阀门<sup>[12]</sup>,可监控并了解农场现状,实现自动灌溉。

## 参考文献:

- [1] 龙 慧. 无线传感器网络发展现状研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2011, 11(6): 9-12.
- [2] 吕 振, 林振杨, 何武林, 等. 基于 ZigBee 的大棚农业监测系统的设计与实现[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(4): 227-230.
- [3] 李建忠. 单片机原理及应用[M]. 2 版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.
- [4] 吴 健, 侯 文, 郑 宾. 基于 STC89C52 单片机的温度控制系统[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(4): 902-903, 919.
- [5] 吴德道, 邵龙安. 数字测温系统的设计[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(35): 9121-9122.
- [6] 李正民, 王建辉, 刘伟伟. 基于 Si4432 的无线射频通信模块的设计与实现[J]. 测控技术, 2012, 31(4): 40-43.
- [7] 高仁璟, 刘国新, 唐祯安. 基于 Si4432 的无线射频遥控系统设计[J]. 通信技术, 2010, 43(10): 137-139.
- [8] 于 波, 胡 毅, 文江涛. 基于 CP2102 的 USB 接口设计[J]. 国外电子测量技术, 2007, 26(3): 40-42.
- [9] Song Y X, Gong C L, Feng Y, et al. Design and simulation of dot-matrix display circuit based on proteus in single chip microcomputer[J]. Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, 2012, 7(2): 107-112.
- [10] 段向东, 毋茂盛, 毋玉芝. Keil C51 程序设计中几种精确延时方法[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007, 7(12): 33-35.
- [11] 陈 超. Protel DXP 元件封装库的研究[J]. 现代电子技术, 2009, 32(24): 163-167.
- [12] Shi E X, Yang J L, Li J, et al. Design of indoor mobile robot positioning system based on STC12C5616AD MCU and nRF24L01[J]. Advanced Science Letters, 2012, 11(1): 429-432.