

文章编号:1674-2869(2019)03-0290-06

基于 NRF24L01 芯片的温室无线测控系统设计

杨帆^{1,2}, 李富善¹

1. 武汉工程大学电气信息学院, 湖北 武汉 430205;
2. 湖北省视频图像与高清投影工程技术研究中心, 湖北 武汉 430205

摘要:为了监测温室内的空气环境和提高对温室内土壤湿度的测控效率,以 NRF24L01 芯片为通信核心,设计了一种温室无线测控系统。主要实现了对温室内空气环境的无线监测和对温室内土壤湿度的自动控制。系统分为 3 个模块,各模块的数据处理核心为 STC89C51 单片机。系统创新点在于使用 3 块 NRF24L01 芯片进行一对二无线通信。经测试,系统运行良好,能根据设定值自动控制温室内土壤的湿度,且能准确监测空气中的温度、湿度和光照强度的变化情况,具有一定的推广价值。

关键词:土壤湿度;单片机;无线通信;NRF24L01 芯片;温室

中图分类号: TP29 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1674-2869.2019.03.016

Design of Greenhouse Wireless Measurement and Control System Based on NRF24L01 Chip

YANG Fan^{1,2}, LI Fushan¹

1. School of Electrical and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China;
2. Hubei Video Image and HD Projections Engineering Research Center, Wuhan 430205, China

Abstract: To monitor the air environment in the greenhouse and improve the measurement and control efficiency of soil moisture in the greenhouse, we designed a greenhouse wireless measurement and control system using NRF24L01 chip as the communication core to realize the wireless monitoring of the air environment and the automatic control of the soil moisture in the greenhouse. This system consists of three modules, and the data processing core of each module is STC89C51 single chip microcomputer. The innovation of the study is using three NRF24L01 chips for one-to-two wireless communication. By testing, the system runs well. Especially, it can automatically control the humidity of the soil in the greenhouse according to the set values, and accurately monitor the changes of temperature, humidity and light intensity in the air, which is expected to be promoted in the future.

Keywords: soil moisture; single chip microcomputer; wireless communication; NRF24L01 chip; greenhouse

设施农业是世界现代农业发展的主要方向之一,我国农业正处于从传统向高产、优质、高效的现代化农业转型阶段,设施农业是我国今后较长时期内农业发展的重点^[1]。设施农业智能化管控是实现设施农业生产自动化、高效化最为重要的环节之一,一直受到各国农业专家和研究人员的的高度重视^[2]。温室作为一种重要的农业基础设施,

过去常常以人工手段为农作物创造适宜的生长环境,消耗的时间成本和人力成本较高,不利于资源的集约化利用^[3]。采用传感器技术和无线通信技术设计一套集监控、管理于一体的智能温室系统^[4],为解决农业研究者面临的困难提供了一种思路。而利用单片机技术和微机联网技术,设计蔬菜大棚温度、湿度控制网络,以分布式联片多个蔬

收稿日期:2019-02-24

基金项目:国家自然科学基金(51541709)

作者简介:杨帆,硕士,教授。E-mail:1804747213@qq.com

引文格式:杨帆,李富善. 基于 NRF24L01 芯片的温室无线测控系统设计[J]. 武汉工程大学学报,2019,41(3):290-295.

菜大棚温度、湿度控制或在一个蔬菜大棚内进行温度、湿度多点控制^[5]的设计方法也被研究者深入探讨。

但目前行业内的研究都集中在控制温室大棚内的空气的温湿度、光照和二氧化碳浓度等,忽略了对作物生长的土壤湿度的实时测量与控制,而作物的优良生长跟土壤的湿度有直接的联系,只有控制好土壤湿度,才能有效提高作物的培育效率。为了节省人力成本,提高作物的培育效率,本文设计了一种基于NRF24L01无线通信芯片的自动控制系统^[6]。该系统的优势在于充分利用NRF24L01芯片一对多的通信功能,通过上位机远程无线控制土壤湿度,同时监测空气中的光照强度、温度和湿度变化,并实时显示在上位机控制界面上。

1 系统总体设计

1.1 系统结构及原理

系统采用模块化设计^[7],主要由上位机模块、空气信息监测模块和土壤湿度测控模块组成。PC机、STC89C51单片机(以下称1号单片机)、NRF24L01无线通信芯片(以下称1号NRF)构成上位机模块;GY-30光照强度传感器、DHT11温湿度传感器、NRF24L01无线通信芯片(以下称2号NRF)和STC89C51单片机(以下称2号单片机)构成空气信息监测模块;YL-69土壤湿度传感器、电磁阀、NRF24L01无线通信芯片(以下称3号NRF)和STC89C51单片机(以下称3号单片机)构成土壤湿度测控模块。系统的结构图如图1所示。

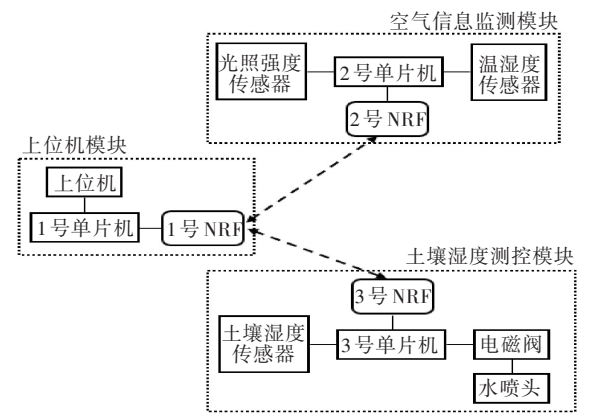


图1 系统结构
Fig. 1 Structure of proposed system

系统的工作原理:启动系统后在上位机界面上设定土壤湿度值,1号单片机通过1号NRF将设定的湿度值发送给3号NRF,3号单片机存储湿度设定值并将采集到的实时湿度值发送给上位机模

块,之后通过对比接收到的土壤湿度设定值和实时采集到的土壤湿度值,控制电磁阀的开关,进而达到控制土壤湿度的目的;同时2号单片机将采集到的空气中的温度、湿度和光照强度数据整理后,经2号NRF发送给上位机模块;1号单片机整理接收自2号NRF和3号NRF的实时信息,并在控制界面上绘图显示变化情况。

1.2 系统通信方式

系统以3块NRF24L01芯片作为通信核心,NRF24L01芯片是一种工作在2.4 GHz频率下的单片无线收发器^[8],可按需配置为仅发射模式、仅接收模式和发射/接收模式。该芯片可实现一对多通信,在本设计中采用一对二的通信方式,将3块NRF芯片均配置为发射/接收模式,数据宽度均为8个字节,频率均为1 MHz。1号NRF的通信频道设为10和60,根据设定的时间间隔在这2个频道之间跳转,2号NRF的通信频道设为10,3号NRF的通信频道设为60。当1号NRF的通信频道跳转到10的时候,1号NRF与2号NRF进行通信;当1号NRF的通信频道跳转到60的时候,1号NRF与3号NRF进行通信。

2 上位机模块

2.1 上位机模块硬件设计

系统的上位机模块中,1号单片机与PC机之间采用串行通信方式,单片机的P3.0/RXD引脚和P3.1/TXD引脚用串行数据线接到PC机的串口(图2中PC端),用来给PC机发送接受自下位机的数据,同时接收来自PC的控制指令。图2为上位机模块电路原理图。

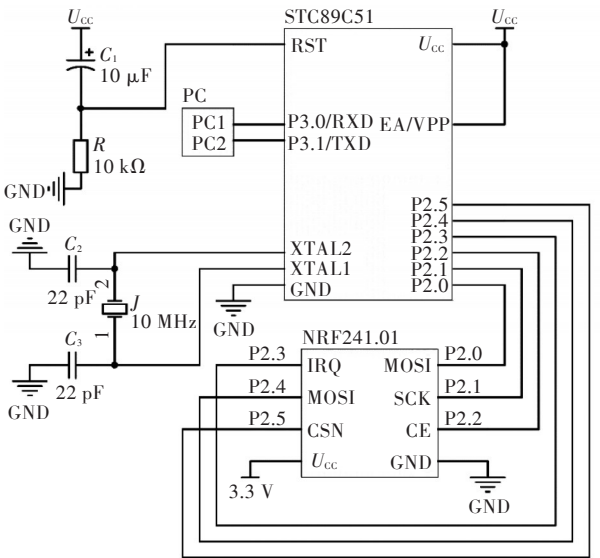


图2 上位机模块电路原理图

Fig. 2 Schematics of host computer module

2.2 上位机模块软件设计

上位机模块具体实现 3 个功能:一是在控制界面上实时绘制空气中的温湿度和光照强度变化曲线;二是在控制界面上实施绘制温室内土壤湿度的变化曲线;三是在控制界面上设定土壤湿度值。1 号单片机作为上位机模块的数据处理核心,一方面通过 1 号 NRF 的不同频道跟下位机的 2 个模块通信,另一方面通过串口线与 PC 机交互。图 3 为上位机模块工作流程图。

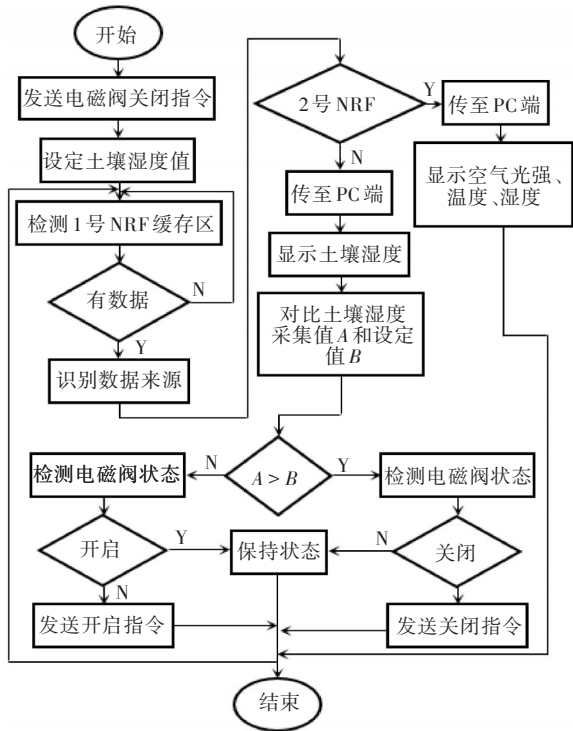


图 3 上位机模块工作流程图

Fig. 3 Work flowchart of host computer module

3 温室空气监测模块

3.1 温室空气监测模块硬件设计

该监测模块中,2 号 NRF 为通信核心,2 号单片机为数据处理核心,GY-30 芯片和 DHT11 芯片组成数据采集核心。GY-30 芯片是一种用于两线式串行总线接口的数字型光照强度传感器^[9],与 2 号单片机的 P1.0 和 P1.1 引脚相连,光照强度的采集范围为 1~65 535 lx^[10],采集时间最大为 180 ms。GY-30 传感器的工作过程是:2 号单片机向 GY-30 发送起始信号,接着向 GY-30 发送设备地址和写信号,发送完毕后等待 GY-30 应答;之后 2 号单片机发送内部寄存器地址,等待 GY-30 应答,收到应答信号后,读取测量结果(结果为 16 位数据)之后 2 号单片机开始处理数据,采集过程结束。DHT11 芯片是一种输出数字信号的温湿度一体化传感器^[11],包括一个电阻式测湿元件和一个 NTC 测温元件。该传感器与 2 号单片机采用单总线进行通信,与 2 号单片机的 P0.7 引脚相连。DHT11 芯片测得的数据为 40 Bit,在与单片机传输时,数据一次性传给单片机,为了提高数据的准确性,数据增加校验位。图 4 为空气监测模块的电路原理图。其中 P1 端为 DHT11 芯片,P2 端为 GY-30 芯片。

3.2 温室空气监测模块软件设计

空气监测模块具体实现 2 个功能:一是收集空气中的温湿度信息,并将温湿度数据整理后通过 2 号单片机发送给上位机模块;二是收集空气中的光照强度信息,并将光照强度数据整理后经 2 号 NRF 发送给上位机模块。图 5 所示为温室空气监测模块的工作流程图。

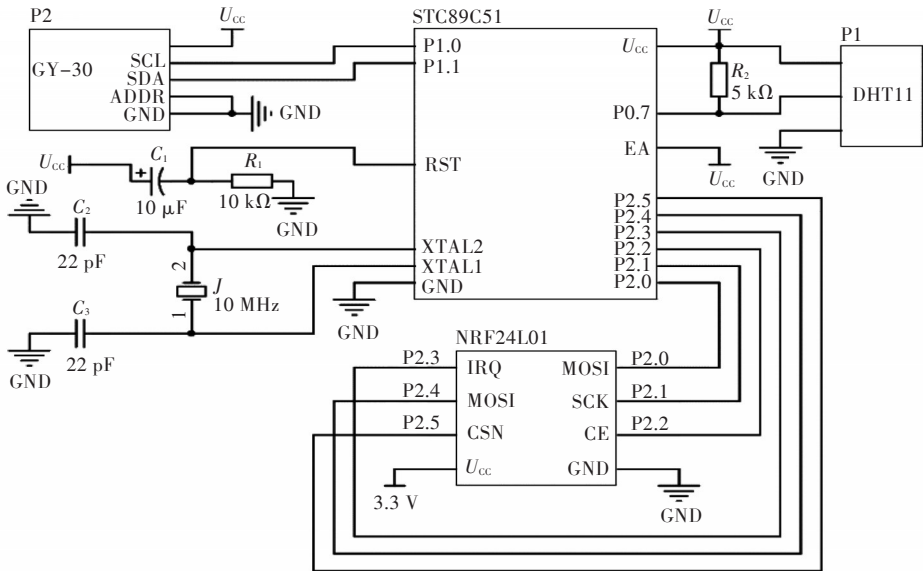


图 4 空气监测模块电路原理图

Fig. 4 Schematics of air monitoring module

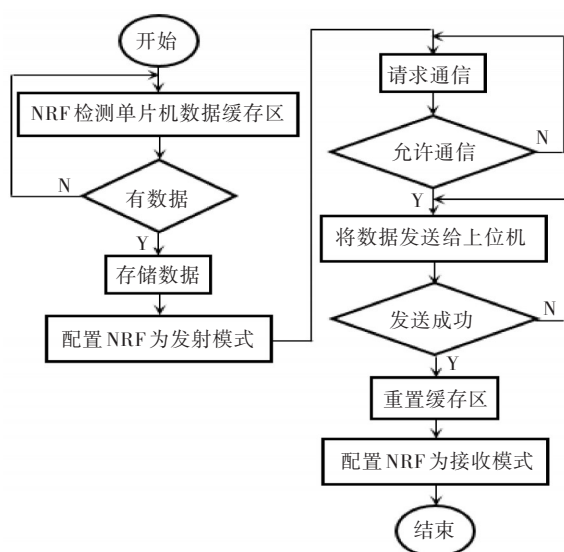


图5 空气监测模块工作流程图

Fig. 5 Work flowchart of air monitoring module

4 温室土壤湿度测控模块

4.1 温室土壤湿度测控模块硬件设计

该模块中,3号单片机为数据处理核心,3号NRF为无线通信核心^[12-13],模块通过YL-69芯片监测温室内土壤的湿度信息,通过控制电磁阀的开关状态来控制水管内水流的有无。YL-69芯片是一种用来测量土壤相对含水量的传感器,该芯片有2个金属插片插在土壤里,单位土壤含水量的变

化会引起2块插片之间的电阻值的变化,根据电阻的变化量求出电压的变化量传给单片机,从而监测土壤湿度的变化情况。获取土壤湿度信息的通道有2种:一是从YL-69传感器的D0引脚,用于获取湿度阈值状态,通过3号单片机的P1.0引脚给单片机传送数据,原理是,当土壤湿度大于某个阈值,D0输出0,否则输出1;二是从YL-69传感器的A0引脚,从该引脚获取到的是模拟量,通过3号单片机的P0.0引脚给单片机传送数据,用于获取具体的湿度值。3号单片机通过P0.7引脚外加场效应管IRF540驱动电磁阀,IRF540是电压启动型,3号单片机从P0.7引脚输出一个低电平,三极管8550导通,使得IRF540的G极获得一个5 V的电压,IRF540导通,进而打开电磁阀开关,水管中水流通过,开始喷水。图6为温室土壤湿度测控模块的电路原理图,其中P1端为24 V电磁阀,P2端为YL-69土壤湿度传感器,P3端为土壤湿度传感器的金属插片。

4.2 温室土壤湿度测控模块软件设计

土壤湿度测控模块具体实现2个功能:一是采集土壤湿度数据并发送给上位机模块;二是通过对比上位机模块的湿度设定值和YL-69传感器采集到的湿度值,以及上位机的控制指令决定电磁阀的通断,进而使土壤湿度满足设定值。图7为土壤湿度测控模块的工作流程图。

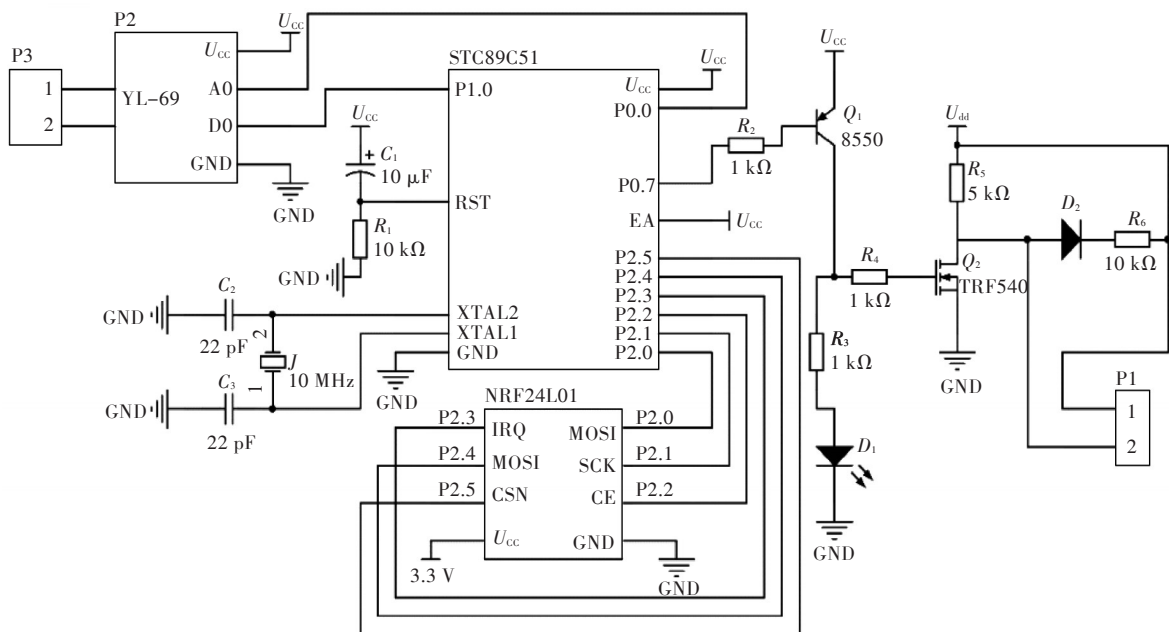


图6 土壤湿度测控模块电路原理图

Fig. 6 Schematics of soil moisture measurement and control module

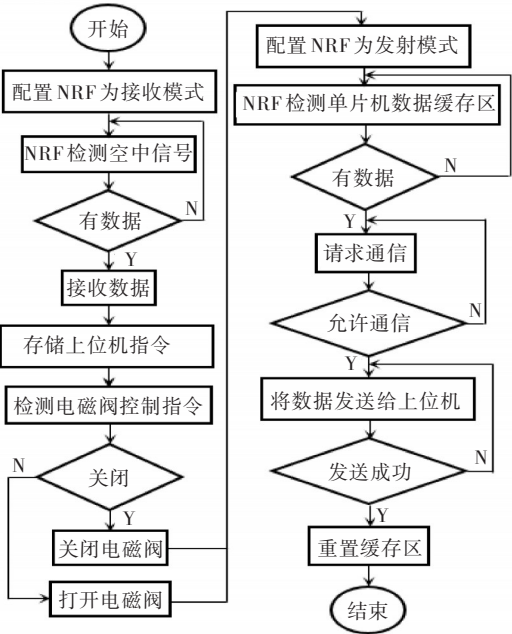


图 7 土壤湿度测控模块工作流程图

Fig. 7 Workflow chart of measurement and control module of soil moisture

5 系统测试与分析

5.1 上位机模块实物连接

1号单片机和1号NRF组成上位机模块的数据收发和处理单元,该单元用串行数据线连接到PC机上,将接收到的数据整理后传送给PC机,同时将PC机的控制指令经过处理后发送给其他模块。图8为上位机模块的实物连接图。

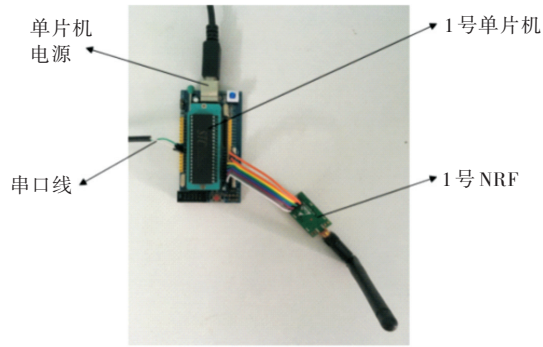


图 8 上位机模块实物连接图

Fig. 8 Real object connection photo of host computer module

5.2 温室空气监测模块实物连接

空气监测模块置于温室空气中,GY-30光照强度传感器测量照射到温室上的光照强度,DHT11芯片测量温室内空气中的温湿度,2号单片机和2号NRF处理监测到的信息。图9所示为空气监测模块的实物图。

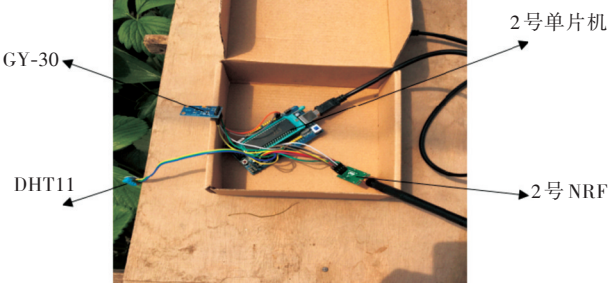


图 9 空气监测模块实物图

Fig. 9 Real object photo of air monitoring module

5.3 土壤湿度测控模块硬件安装

土壤湿度检测器和土壤湿度传感器组成土壤湿度的监测和数据处理单元,3号单片机通过电磁阀驱动器控制电磁阀的状态,3号NRF用以跟上位机模块的无线通信。图10为土壤湿度测控模块的实物图。



图 10 土壤湿度测控模块实物图

Fig. 10 Real object photo of measurement and control module of soil moisture

5.4 电磁阀安装

系统的执行器为旋转水喷头,工作原理是:在喷管上方的摇臂轴上设有偏流板和导流板,当水从喷管的喷嘴中喷出时,经偏流板冲击导流板,使摇臂产生切向力绕悬臂回转一角度,然后在扭力弹簧的作用下返回并撞击喷管,使喷管转一角度,如此反复进行,喷头即可做全圆周转动,为了达到在作业范围内均匀喷洒的目的,在喷嘴处设置了网格。该喷管的喷洒半径为2 m,即一个喷管可喷洒的面积大约为12 m²,按照温室大小的不同增加(或减少)喷管的数目即可达到控制目的。电磁阀接到总水管上,当电磁阀打开时各喷管开始喷洒,电磁阀关闭时各喷管停止喷洒。图11为旋转水喷头和电磁阀的实物图。

5.5 数据采集与分析

NRF24L01芯片总共有126个通信频道^[14],但为了减少一对二通信时的干扰,将2号NRF的频道设定为10,将3号NRF的通信频道设定为60。经过多次调试,系统运行良好,在上位机模块与温

室相距 30 m 内,可有效获取数据;2 号 NRF 和 3 号 NRF 的距离超过 3 m 时干扰可忽略不计^[15]。图 12 为上位机控制界面。



图 11 水喷头和电磁阀实物图

Fig. 11 Real object photos of water nozzle and solenoid

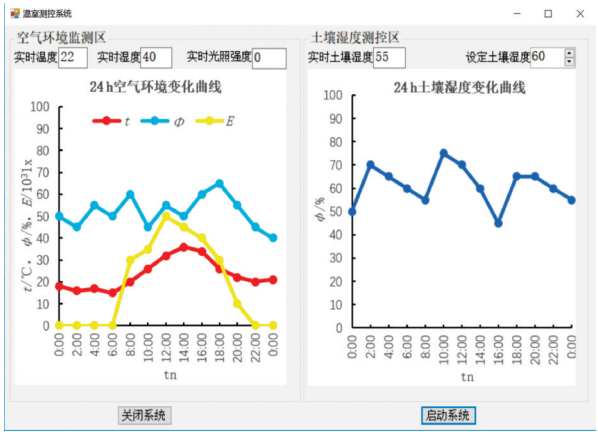


图 12 上位机控制界面

Fig. 12 Control interface of host computer

注: t 为温度; ϕ 为相对湿度; E 为光照强度; tn 为时刻。

在一个测量周期内,温室中空气的监测结果和土壤湿度的监测结果均可实时显示;在此次实验周期内,设定的土壤湿度值为 60%,由图 12 可以看出,土壤的湿度是在 60% 的周围波动,变化区间在 45%~75% 之间。由于误差和延时不可避免,导致不同时段采集到的数据差异较大,比如在 08:00~10:00 的时段内,水喷管持续喷水,致土壤湿度一度高达 75%。但总体而言,系统能按照设定的目标良好运行,达到了测控的目的。

6 结 语

目前业内的研究大部分侧重于仅对温室内空气的温湿度和光照强度的测控,本文侧重于对温室内的土壤湿度的自动控制,同时也实时监测空气的变化情况,设计了一种以 NRF24L01 芯片为通信核心的温室无线测控系统。其创新点为:一是

利用无线通讯的方式,极大的简化了控制方式;二是利用 NRF24L01 芯片一对多的通信功能,提高了测控效率。接下来还可以进一步利用 NRF24L01 芯片的一对多通信方式,用一个 PC 机控制多个温室大棚内的物理指标,实现资源的集约化利用。

参考文献

[1] 侯建华. 智能温室远程控制系统的设计与实现—基于 LPC2132[J]. 农机化研究, 2010(12): 150–153.

[2] 胡传干. 智能温室示范点控制系统应用分析[J]. 江苏农机化, 2018(4): 13–14.

[3] 马福东,章牧. 基于模块化智能温室系统的设计[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(5): 147–150.

[4] 李杰,熊庆国. 基于无线传感网络的智能温室控制系统[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(15): 4010–4013.

[5] 郭玉萍,杨一平,杨福营. 蔬菜大棚温度、湿度传感器检测系统的设计[J]. 制造业自动化, 2010, 32(14): 221–225.

[6] 张永宏,曹健,王丽华. 基于 51 单片机与 nRF24L01 无线门禁控制系统设计[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2013, 27(1): 64–69.

[7] 马福东,章牧. 基于模块化智能温室系统的设计[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(5): 147–150.

[8] 王军,邹学庆,卢蓓蓓,等. 基于 nRF24L01 植保无人机无线数据传输系统设计[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(6): 52–55.

[9] 王伟杰,叶超,卢克祥,等. 基于 GY-30 的集鱼灯多点同步无线测光系统设计[J]. 渔业现代化, 2016, 43(5): 62–66.

[10] 王琦,梁铎耀,孙竹梅,等. 光热感应温室自动控制系统设计[J]. 自动化仪表, 2018, 39(9): 59–62.

[11] 罗小亚,吴玛佳. 基于 STC89C52 大棚室内 DHT11 温湿度控制器设计[J]. 河南科技, 2018(34): 57–58.

[12] LI J, MENG X L, SONG W L. Intelligent temperature control system design based on single-chip microcomputer [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2014, 21(3): 91–94.

[13] SHI Y. Based on single-chip microcomputer temperature control system design and realization-PC design [J]. Electrical Engineering, 2014, 15(8): 53–55.

[14] ZHANG Y, CAO J, WANG L. Design of wireless door guard control system based on 51MCU and nRF24L01 [J]. Journal of Jiangsu University of Science & Technology, 2013, 9(1): 1117–1124.

[15] 杨帆,李富善. 基于上位机的步进电机无线控制系统设计[J]. 武汉工程大学学报, 2019, 41(1): 84–88.