

刘艳昌,左现刚,李国厚. 基于 FPGA 的蔬菜大棚环境参数监控系统[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):533-536.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.164

# 基于 FPGA 的蔬菜大棚环境参数监控系统

刘艳昌,左现刚,李国厚

(河南科技学院信息工程学院,河南新乡 453003)

**摘要:**为解决农业蔬菜大棚种植企业对大棚环境参数较难控制问题,设计了一种以 FPGA、传感器、无线模块、GPRS 模块和执行机构为硬件核心,以 Kingview 6.55 为软件平台的实时环境参数监控系统。该系统通过无线模块将 FPGA 采集到的大棚内参数值传到上位机,并对其采集数据进行分析 and 处理,实现了数据采集、处理、显示、存储及执行机构控制等功能。同时,农场主也可以通过 GPRS 模块以短信方式与手机终端实现数据查询和设备控制等功能。试验测试结果表明,该系统能够为农作物提供更佳的生长环境,且操作界面简单、成本低廉,有利于减轻农民负担、提高农作物的产量和品质,在农业和牧业领域有良好的推广价值和应用前景。

**关键词:**蔬菜大棚;FPGA;GPRS;组态技术

**中图分类号:**S126 ;TP277.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)11-0533-04

在我国各地使用蔬菜大棚种植蔬菜的技术已经普及,尤其在北方地区蔬菜大棚种植已成为农民增加收入的主要途径之一<sup>[1-2]</sup>。蔬菜大棚环境参数的监测和控制对大棚内作物的长势好坏、产品产量和质量的高低起着关键作用,它主要受外界气候条件和大棚内生活环境影响较大,因此,在生产过程中如何及时将大棚内环境参数控制在适合蔬菜生长的范围内是大棚种植的关键。目前我国蔬菜大棚种植环境参数监控多数情况下仍采用人工值守主观判断和人工控制来调整各参数的机械设备,存在调节滞后、误判率高、生产效率低、占用人力资源多等缺点,且不能满足当前蔬菜大棚种植智能化、信息化的需求,除此之外,目前这类监控系统仍采用专门的通信线路来实现,成本高<sup>[3]</sup>,不适合广大农民的需求,因此本研究提出了一种基于 FPGA 的蔬菜大棚环境参数监控系统。该系统不仅可以实时采集与分析大棚环境参数(温度、湿度、二氧化碳浓度和光照度)的测量值,而且还可以根据测量值与设定值的分析结果,将控制指令以无线传输的方式传输给 FPGA 来控制驱动各机械设备对大棚环境参数迅速作出调整,另外,该系统还可以通过 GPRS 模块,采用定时发送和手机查询方式将报警信息和大棚环境参数以短信形式发送至农场主手机上,农场主可以在任何时间任何地点及时掌握大棚内农作物的生长环境情况,也可以以短信指令形式对现场设备的启停进行远程操作控制,从而实现大棚种植的智能化、信息化的现场管理,进一步提高生产效率。

## 1 系统总体方案

该蔬菜大棚环境参数监控系统的结构如图 1 所示,系统硬件主要由上位机、FPGA 控制器、传感器、现场控制设备、无线收发模块、GPRS 模块等组成。

本系统有手动和自动 2 种工作模式,在手动工作模式下工作人员可以在现场通过控制面板上的开关按钮强制对各控制设备进行控制,也可以在监控室通过点击上位机组屏手动控制画面中的升温设备启/停、加湿系统启/停、循环风机启/停等模拟开关,从而控制现场各执行部件来改变大棚环境参数,达到满足作物适宜生长的条件;在自动模式下将空气温湿度传感器、CO<sub>2</sub> 浓度传感器、光照度传感器采集到的信息传送给 FPGA 控制器进行数据处理后,通过 RS232 串口将数据传给无线收发模块,然后无线收发模块通过天线以无线方式将采集到的数据传给上位机,上位机通过 Kingview 6.55 软件编制的数据处理程序与用户设定的上限下限值进行比较,确定是否启动现场控制设备,若某传感器采集到的实际值在用户设定上下限参数范围之外,则产生对应报警信息指示,同时将相关启停控制设备指令通过天线以无线方式传给现场 FPGA 控制器来实现这些部件的启停,最终实现蔬菜大棚环境参数的自动控制。

## 2 系统硬件结构

### 2.1 FPGA 控制器

为了节省开发时间,保证硬件系统能够稳定、快速采集和控制蔬菜大棚内各环境参数,较好地满足大棚每个监控点的需求,该系统下位机控制器采用 KX2C5F+ 型 FPGA 开发板作为研发平台,其核心芯片为 EP2C5T144。该系统采用 FPGA 作为主控制芯片,具有内部各功能模块相互独立、引脚丰富、编程灵活等特点,且便于电路的功能扩展。比如某站点原来没有土壤湿度检测模块,设计人员只需将设计好的土壤湿度检测模块添加进来即可,不用考虑该模块对其他检测模块的影响,设计处理十分灵活。

收稿日期:2014-11-13

基金项目:国家级大学生创新训练计划(编号:201310467043);河南省科技攻关计划(编号:132102310030);河南科技学院高层次人才科研启动项目(编号:209010611001)。

作者简介:刘艳昌(1979—),男,河南鹤壁人,硕士,讲师,主要从事智能控制与信息检测技术研究。E-mail:523401923@qq.com。

通信作者:李国厚,博士,教授,主要从事计算机控制、无损检测、信号处理技术研究。E-mail:liguohou6@163.com

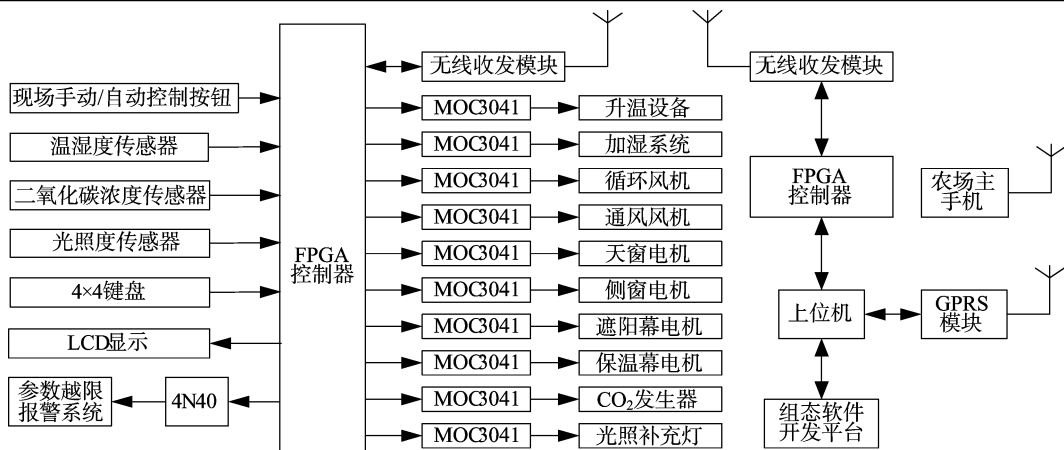


图1 系统结构框

## 2.2 温湿度传感器

系统温湿度传感器采用数字信号输出的温湿度一体式传感器 DHT11。它采用 1-Wire 总线接口,测量温度范围为 0~50℃,精度为±2℃,测量湿度范围为 20%~90% RH,精度为±5% RH,信号传输距离可达 20 m 以上,能够满足蔬菜大棚的温湿度测量要求。该系统温湿度检测点与 FPGA 控制器端口 PIN\_28 连接距离小于 20 m,则接上 5.1 kΩ 的上拉电阻即可。温湿度传感器的硬件连接如图 2 所示。

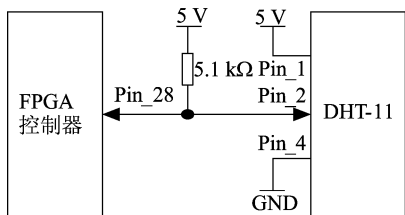


图2 温湿度传感器硬件连接

## 2.3 二氧化碳浓度传感器

系统二氧化碳传感器采用红外 CO<sub>2</sub> 浓度传感器 MH-Z14。它提供 UART、模拟电压信号、PWM 波形等多种输出方式,具有选择性好、响应时间短、寿命长、功耗低、精度高和抗水汽干扰能力强等特点。其测量范围为 0~5 000 mg/L,精度为±50 mg/L,工作环境:温度范围为 0~60℃,湿度范围为 0~95% RH,能够满足蔬菜大棚的 CO<sub>2</sub> 浓度测量要求。为了使发送和接收采集数据线闲置时其状态为高电平,要求各外接 1 个 5.1 kΩ 的上拉电阻,其二氧化碳传感器的硬件连接如图 3 所示。

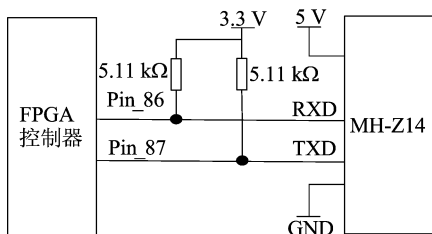


图3 二氧化碳传感器的硬件连接

## 2.4 光照度传感器

系统光照度传感器采用数字信号输出的 BH1750FVI 型传感器。它采用两线式串行总线接口,可以根据收集的光线

强度来进行环境检测,输入光范围为 1~65 535 lx,精度为 0.96~1.44 times,能够满足大棚的光照度测量要求,并且对光源依赖性弱,对白炽灯、日光灯、荧光灯等灯光均可进行采集。光照度传感器的硬件连接如图 4 所示。

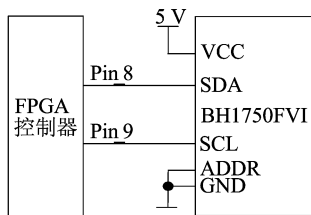


图4 光照度传感器的硬件连接

## 2.5 无线收发模块

无线收发模块采用挪威公司推出的单片无线收发模块 NRF905,工作电压为 1.9~3.6 V,有 3 个(433/868/915 MHz)可以免费使用的 ISM 频段<sup>[4-5]</sup>。芯片工作电压为 1.9~3.6 V,该无线模块内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块,输出功率和通信频道可通过程序进行配置,引脚接法简单,可以直接跟 FPGA 控制器相连,非常适合于低功耗、低成本的系统设计。该模块配吸盘天线后能够满足监控室到大棚监测点半径为 500 m 范围的数据传输及控制实现。无线收发模块的硬件连接如图 5 所示。

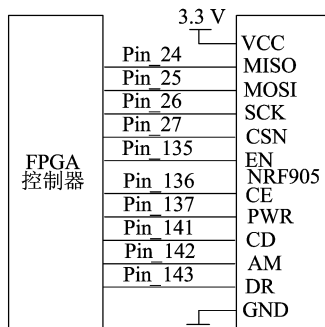


图5 无线收发模块的硬件连接

## 3 系统软件设计

### 3.1 下位机软件设计

借助 Altera 公司的 Quartus II 9.0 软件,采用 verilog HDL

编程语言对下位机 FPGA 控制器进行模块化编程,主要包括各传感器采集模块、现场设备驱动模块、无线收发模块、LCD 显示模块、4×4 键盘输入驱动模块等。该控制器在系统中主要完成对蔬菜大棚温湿度、二氧化碳浓度含量、光照度进行数据采集、处理后将数据以无线传输方式传给上位机,上位机将接收到的现场采集数据与参数超限范围进行比较后,发出控

制指令给下位机来驱动现场各控制设备,从而实现蔬菜大棚环境参数的自动控制。由于 FPGA 控制器内部没有集成 SPI 接口,因此,在程序设计时,需要模拟 1 个 SPI 口,即通过 1 个 I/O 口发出 1 个合适的波形给 NRF905 的时钟端,从而实现相应数据的读写操作<sup>[6]</sup>。图 6 为蔬菜大棚环境参数采集控制程序流程。

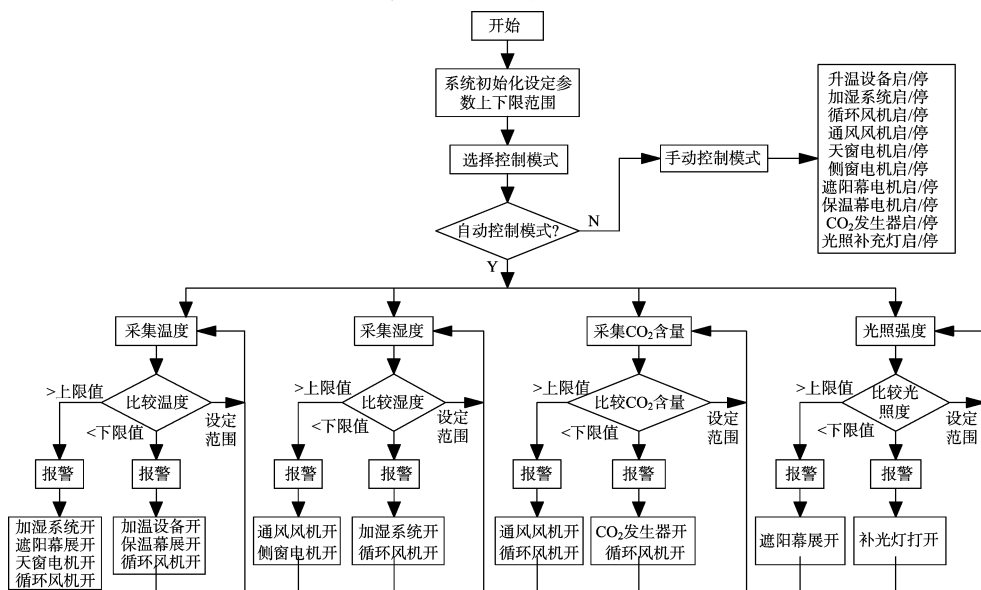


图6 蔬菜大棚环境参数采集控制程序流程

### 3.2 上位机软件设计

上位机采用 Kingview 6.55 软件实现人机交互,建立蔬菜大棚环境参数监控系统操作画面,该画面能够准确实时再现被控对象的真实状态。管理人员通过监控画面可以实现参数设置、控制模式切换、趋势曲线查询、数据库中的数据全部记录查询、条件查询、保存、打印等操作。手动控制模式下主要是通过鼠标点击启/停按钮实现执行设备的启/停控制,自动

控制模式下是把采集上来的现场数据与设定上下限值进行比较后,通过控制指令实现系统的启/停、运行、参数超限报警及数据存取等过程的自动运行及在线监视。同时管理人员还可以根据室内外气候及农作物适宜生长条件调节各参数设定超限范围,并将这些需要控制的各项参数指标以无线传输方式送入各下位机指定地址内,实现新的自动控制。蔬菜大棚环境参数监控系统界面如图 7 所示。



图7 蔬菜大棚环境参数监控系统界面

农场主除在监控室和现场对蔬菜大棚环境参数实时监控外,还可以借助 GPRS 模块、移动网络和手机终端实现环境参数短信查询和现场设备监控功能。图 8 为农场主发送“站点一数据查询”指令,收到当前内容为“站点一:温度为 23.8,湿

度为 57.6,CO<sub>2</sub> 浓度为 1 193.2,光照度为 30 271”的短信。同时农场主也可以按照短信控制指令格式“站点号 + 具体指令 + 启动/停止”发送设备控制指令,如发送控制短信内容为“站点一光照补灯启动”,则现场光照补充设备工作且监控界



图8 短信发送和接收信息界面

面对应设备指示灯变为绿色。

4 试验与结果分析

为了验证该系统的可行性、有效性和实用性,本系统以番茄蔬菜大棚结果期时站点一为检测点,对大棚内温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度和光照度含量进行自动控制测试和数据分析。大棚内环境参数设置范围为:温度 13 ~ 30 ℃,湿度 40% ~ 65% RH,CO<sub>2</sub> 浓度 300 ~ 1500 mg/L,光照度 0 ~ 50 000 lx。表 1 为 24 h 内蔬菜大棚环境参数变化情况,其中每次采样时间间隔为 1 h。

表 1 24 h 内蔬菜大棚环境参数变化情况

时刻	温度 ( <i>T</i> , ℃)	湿度 (RH, %)	CO <sub>2</sub> 浓度 (mg/L)	光照度 (lx)
01:00	13.5	45.3	650.6	0
02:00	14.1	46.6	722.6	0
03:00	15.4	47.8	806.3	0
04:00	16.2	48.5	866.2	0
05:00	17.1	50.1	915.4	0
06:00	17.9	51.6	960.3	28 468
07:00	21.1	53.7	1 000.6	29 078
08:00	22.6	55.6	1 120.6	29 761
09:00	24.2	58.4	1 203.8	30 874
10:00	26.1	60.3	1 288.2	31 028
11:00	27.8	61.4	1 301.3	32 143
12:00	28.4	62.8	1 325.4	33 258
13:00	29.0	63.5	1 362.8	34 076
14:00	29.5	64.8	1 408.4	34 894
15:00	28.4	61.9	1 320.2	33 014
16:00	27.1	60.4	1 165.6	32 894
17:00	25.6	59.1	892.6	31 985
18:00	23.2	57.4	606.8	30 214
19:00	21.3	53.7	550.7	29 676
20:00	17.8	52.1	395.6	28 806
21:00	16.6	48.6	488.6	0
22:00	15.1	47.2	532.4	0
23:00	14.5	46.3	586.5	0
24:00	13.6	45.1	614.6	0

从表 1 中温度采集数据可知,07:00—19:00 棚内的最高温度为 29.5 ℃、最低温度为 21.1 ℃、平均温度为 25.7 ℃,20:00 至次日 06:00 棚内最高温度为 17.9 ℃、最低温度为 13.5 ℃、平均温度为 15.6 ℃,与番茄生长发育最适宜的白天温度 25 ℃ 处和夜间温度 15 ℃ 处相比上下波动较小,有利于

番茄于最佳状态生长。从表 1 中湿度采集数据可知,01:00—24:00 棚内的最大湿度为 64.8%、最小湿度为 45.1%、平均湿度为 54%,棚内湿度范围维持在 45% ~ 65% 之间,有利于番茄植株生长和果实膨大。从表 1 中 CO<sub>2</sub> 浓度采集数据可知,24 h 内平均浓度为 920.3 mg/L,且在 06:00—18:00 之间其平均 CO<sub>2</sub> 浓度为 1 150.5 mg/L,有利于促进番茄光合作用,提高产量和增加抗病性能。从表 1 中光照度采集数据可知,06:00—20:00 棚内的最高光照度为 34 894 lx、最低光照度为 28 468 lx、平均光照度为 31 344.6 lx,21:00 至次日 05:00 棚内光照度为 0 lx,保证了每日 15 h 光照时间,且与番茄生长发育最适宜的白天光照度 31 300 lx 处相比上下波动较小,光照度比较稳定,有利于番茄处于最佳生长状态。上述试验结果表明,该系统能够稳定及时地处理采集到的数据,并实时有效地控制大棚内蔬菜所需最佳的生长温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度和光照度范围,实现了大棚内环境参数的智能控制。该系统应用于该校番茄种植实验基地,相比以往种植,番茄不仅在口味上得到改善,而且产量提高了 20%。

5 结论

针对蔬菜大棚种植环境参数较难控制问题,本研究在综合考虑温湿度、光照与 CO<sub>2</sub> 气体浓度之间相互影响因素的基础上设计一种以 FPGA 高端芯片为控制核心的蔬菜大棚环境智能无线监控系统,该系统可以实现对环境参数进行实时监控,对棚内环境参数范围进行预设,对参数超出设定范围状况进行实时处理,还可以通过 GPRS 模块实现手机、上位机和控制终端的通讯,为农场主及时查询棚内环境参数和控制现场设备打下良好基础。上位机利用 Kingview 6.55 组态软件为管理人员提供了良好的人机界面,方便管理人员随时查看各种信息,有利于蔬菜大棚生产的集中管理,实现蔬菜大棚的智能化和现代化。同时,上位机数据库记录不同时期、不同阶段、不同农作物的生长特点和规律,有助于农场主来年获得更多收益。现场实测表明,该系统能够为蔬菜提供最佳的生长环境,有利于促进植物生长、提高果实产量和品质,证实了系统的可行性和实用性,避免了人工操作的主观性和随意性。该系统还具有处理数据快、成本低、硬件简单、操作方便、抗干扰能力强等优点,特别适合农户使用,在农牧业及其他领域具有广泛的应用前景和实用价值。

参考文献:

[1]赵 方,吴必瑞,卢青波,等. 基于 MSP430 的温室大棚温度远程监控系统[J]. 农机化研究,2012,34(5):182-187.  
[2]黄 法. 蔬菜大棚智能化管理系统的设计[J]. 农机化研究,2009(8):75-79.  
[3]蒋鼎国. 基于 GPRS 的温室大棚温湿度监控系统的设计[J]. 湖北农业科学,2014,53(9):2153-2155,2159.  
[4]朱 莉,顾能华. 温室大棚无线温湿度监测系统的设计[J]. 机电工程,2011,28(10):1206-1208.  
[5]栾 瑞. 无线温湿度监测系统的设计[D]. 长春:吉林大学,2013.  
[6]陈 敏. 基于 FPGA 的蔬菜大棚无线温度测控系统设计[D]. 太原:中北大学,2011.