

刘艳昌,左现刚,李武举,等. 基于 FPGA 的花卉温室环境智能监控系统 [J]. 江苏农业科学,2016,44(9):379-382.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.108

基于 FPGA 的花卉温室环境智能监控系统

刘艳昌,左现刚,李武举,宋海建,李国厚

(河南科技学院信息工程学院,河南新乡 453003)

摘要:针对花卉温室环境参数较难控制问题,设计一种以 FPGA、传感器、NRF905 无线模块和执行机构为硬件核心,以 Kingview 6.55 为上位机软件开发平台的实时环境参数智能监控系统。该系统通过无线方式将采集到的花卉温室参数值传到上位机,并对其采集数据进行分析 and 处理,实现数据的实时采集、传送、显示、存储及远程监控等功能。同时,管理人员也可以借助 GSM/GPRS 模块和手机终端,以短信方式实现参数远程查询和设备控制等功能。结果表明,该系统能够为花卉提供更佳的生长环境,有利于减轻农民负担,提高花卉的产量和品质,降低死亡率,节约能源和人力成本,在农牧业及其他领域具有广阔的应用前景。

关键词:花卉温室;FPGA;GPRS;组态技术;智能监控

中图分类号: TP277.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0379-04

鲜花已成为人们在日常生活和工作环境中必不可少的美化物品,随着城市建设和人们生活质量的逐步提高,对花卉的需求数量和品种逐步增多,质量要求也逐步提高,因此,花卉种植和销售有着广泛的市场^[1]。针对目前我国花卉温室种植环境监控大多采用的人工检测和控制现场设备存在调节滞后、误判率高、生产效率低、成本高、劳动强度大等问题^[2],不能满足市场对鲜花的反季节需求和花卉温室种植智能化、信息化的需求,为此提出了一种基于 FPGA 的花卉温室环境智能监控系统。该系统不仅可以全天候对花卉生长环境参数进行实时采集,而且还可以将采集值与花卉在不同时期所需要的最佳生长环境参数值进行比较,并将控制指令以无线方式传给现场 FPGA 控制器来驱动各执行机构启/停,使其环境参数迅速作出调整,另外,该系统还可以借助 GSM/GPRS 模块和手机终端实现用户远程环境参数查询和现场设备启/停控制,同时结合组态技术为管理人员提供良好的人机交互界面,实现花卉种植的智能化、信息化的现场管理,为提高花卉的产量、品质和经济效益提供科学的依据。

1 系统总体方案

该监控系统主要由上位机、FPGA 控制器、采集模块、执行模块、无线模块、GSM/GPRS 模块等组成(图 1)。该系统具有手动和自动 2 种控制工作模式。手动工作模式下可以通过控制现场控制柜面板上的开关按钮强制对各执行机构进行控制,便于工艺人员现场对温室环境进行检测和调控,也可以将

上位机组态画面切换到手动控制模式下,通过点击控制画面上的加热系统启/停、加湿系统启/停等模拟开关实现远程手动控制各执行机构来改变花卉温室环境参数,达到满足花卉最佳生长条件的目的;自动工作模式下是将现场传感器采集到的数据传给 FPGA 控制器进行处理,再通过无线模块传给上位机,上位机通过 Kingview 6.55 软件编制的数据处理程序与工艺人员预先设定的各参数范围的临界值进行比较,确定是否启动现场控制设备,若采集的环境参数在设定范围内,则维持系统当前状态,若采集的环境参数在设定范围之外,则产生超限报警指示,同时将相关执行机构的启/停指令以无线方式传给现场控制器来驱动各部件的启/停控制,从而实现花卉温室环境参数的自动控制。

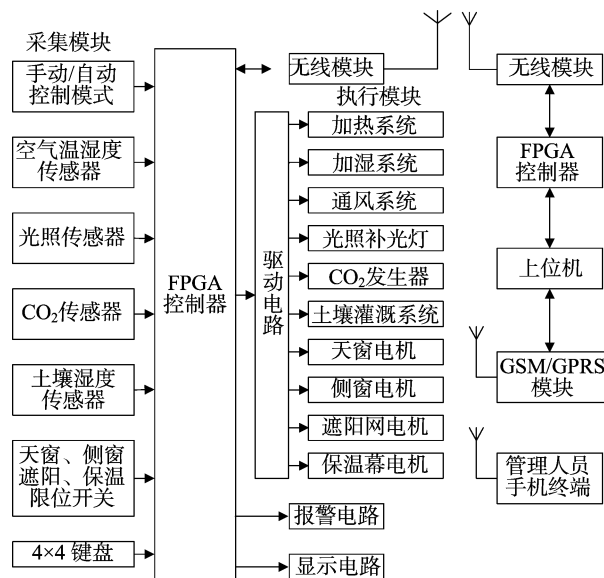


图1 系统结构

2 系统硬件设计

2.1 控制器和无线模块

系统 FPGA 控制器采用康芯公司推出的 KX-2C5F+ 型

收稿日期:2015-07-31

基金项目:河南省科技攻关项目(编号:132102310030);河南省高等学校重点科研项目(编号:15A413014);国家级大学生创新训练计划(编号:201310467043);河南科技学院大学生课外科技活动创新基金(编号:2015CX062)。

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:527636704@qq.com。

开发板,具有内部各功能模块相互独立、引脚丰富、编程灵活、并行处理数据快、便于设计电路扩展等优点。无线模块采用挪威公司推出的单片射频收发器 NRF905,工作电压为 1.9 ~ 3.6 V,工作的 ISM 频段为 433/868/915 MHz^[3],具有功耗低、传输距离远、抗干扰性强等特点。该模块配吸盘天线后能够满足监控室到温室监测点半径为 500 m 范围的数据传输及执行机构的控制功能。无线收发模块的硬件连接如图 2 所示。

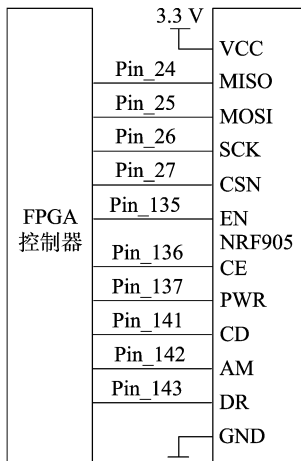


图2 无线收发模块的硬件连接

2.2 采集电路

采集电路如图 3 所示,主要采用温湿度、光照等传感器模块对花卉环境参数进行实时采集。空气的温湿度和光照是花卉生长和发育的重要环境参数,空气温湿度传感器采用 1-Wire 总线接口、集数字输出温度和湿度为一体的 DHT11 传感器,测量温度范围为 0 ~ 50 ℃,精度为 ± 2 ℃,相对湿度范围为 20% ~ 90%,精度为 $\pm 5\%$ ^[4-5];光照度传感器采用两线式串行总线接口、数字信号输出的 BH1750FVI 型传感器,输入光范围为 1 ~ 65 535 lx^[6]。土壤湿度是维持花卉生命活动的重要条件,为提高土壤水分检测精度,土壤湿度传感器采用模拟量输出接口的 YL-69 型传感器,具有 2 根探针,工作电压为 3.3 ~ 5.0 V^[7]。室内 CO₂ 浓度是影响花卉产量和观

赏品质的一个重要因素,CO₂ 浓度传感器采用红外 MH-Z14 型传感器,测量范围为 0 ~ 5 000 mL/m³,精度为 ± 50 mL/m³^[8],其数据传输采用 UART 通信协议,为使发送和接收采集数据线闲置时状态为高电平,通信线上需外接 5.1 kΩ 的上拉电阻。

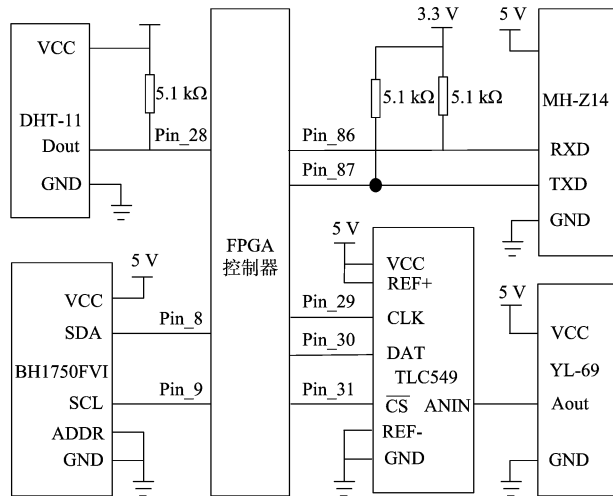


图3 采集电路

2.3 驱动电路

由于 FPGA 控制器的工作电压为 3.3 V 且端口输出电流达不到继电器闭合时所需的电流,而室内风机、天窗电机等执行机构工作电压为 220 V 甚至为 380 V 高电压,因此控制现场设备的启/停信号经过 FPGA 控制器处理后,须加驱动电路来完成相应操作,从而实现花卉温室环境控制。驱动电路如图 4 所示。光耦 4N25 能够有效抑制继电器触点通断时线圈两端产生的较大感应电动势对 FPGA 控制器的输出信号干扰;续流二极管 IN4007 为 SRD-05VDC-SL-C 继电器断电时提供释放回路,避免反向电动势过高击穿驱动三极管 Q1^[9];R3 和 C1 组成阻容电路并接在触点 K1 两端,能够延长继电器触点寿命;在执行回路中串接熔丝 F1 能够有效避免电流过大烧坏执行机构和触点^[10]。

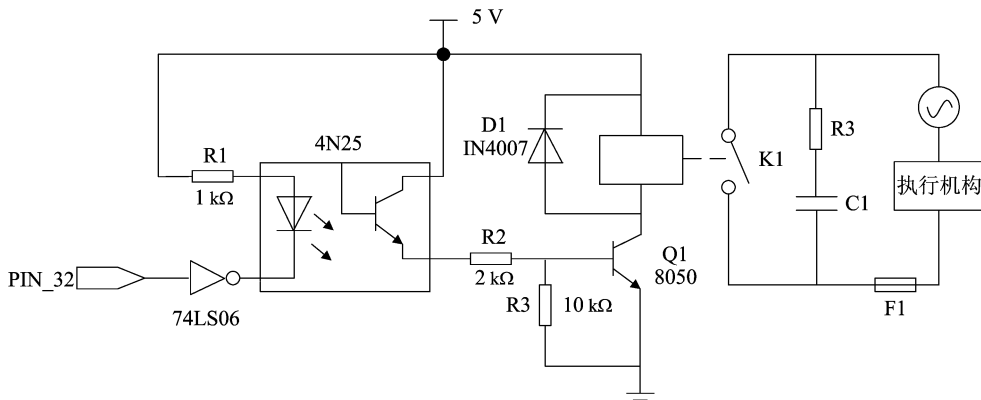


图4 驱动电路

3 系统软件设计

3.1 下位机软件设计

借助 Quartus II 9.0 软件开发平台,采用 verilog HDL 编

程语言分别对下位机各采集传感器、执行机构和 NRF905 无线数据传输等模块的驱动进行模块化编程。下位机控制器主要对花卉温室内空气温湿度、土壤湿度、CO₂ 浓度和光照度进行数据采集,并将采集处理的数据以无线方式传给上位机,上

位机将采集值与之对应参数的设定值范围进行比较,若采集值在设定范围外,则向下位机发出对应控制设备的启/停指令;若采集值在设定范围内,则现场设备维持当前状态,从而

实现花卉温室环境参数的自动控制。图5为花卉温室系统控制流程。

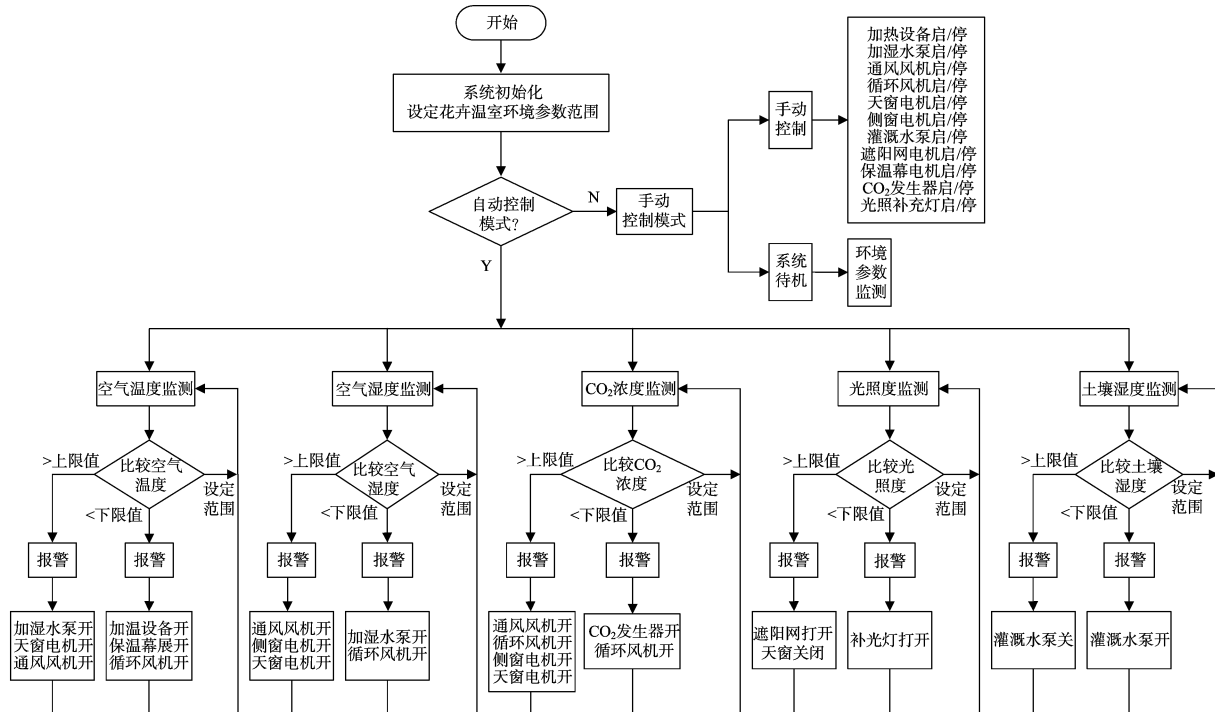


图5 花卉温室系统控制流程

3.2 上位机软件设计

花卉温室环境监控系统采用北京亚控公司的 Kingview 6.55 组态软件,实现对上位机监控界面和数据分析的设计,该监控界面能够准确、动态、实时地显示参数当前值和执行机构的运行状况。管理人员通过手动或自动控制模式实现对环境参数的设置、各变量的实时变化趋势和历史数据存储查询、执行机构的启/停控制等操作。花卉温室环境参数监控系统界面如图6所示。



图6 花卉温室环境监参数监控系统界面

农场主或管理人员除在监控室和现场对花卉温室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对环境参数进行短信查询,也可以根据室内外气候条件及花卉所需的最佳生长环境调节各参数设定范围,也可以通过发送短信控制指令实现现场设备的启/停控制功能。图7为短信发送和接收信息界面,其中图7-a为农场主通过手机终端向上位机发送“站点一数据查询”短信指令后,收到当前环境

参数值为“站点一:温度 25.3℃,空气相对湿度 73.2%,光照度 15 680.4 lx, CO₂ 浓度 863.5 mL/m³,土壤相对湿度 62.1%”;图7-b为农场主通过手机终端向上位机发送“站点一灌溉水泵启动”短信指令后,收到“站点一灌溉水泵已启动”内容,同时灌溉设备工作且监控界面上对应灌溉水泵指示灯变为绿色。

4 结果与分析

为了验证该系统的可行性、有效性和实用性,本系统以种植蝴蝶兰开花期时的某站点一为检测点,对温室内温度、空气湿度、土壤湿度、CO₂ 浓度和光照度进行试验测试和数据分析。温室内环境参数设置范围为:温度 18~28℃,空气相对湿度 65%~90%,土壤相对湿度 70%~85%,CO₂ 浓度 300~1 000 mL/m³,光照度 15 000~25 000 lx。表1为24 h内花卉温室环境参数变化情况,其中每次采样时间间隔为1 h。

从表1温度采集数据可知,08:00—19:00 温室温度控制在 21.6~29.6℃之间,且平均温度为 25.9℃,20:00—07:00 温室温度控制在 17.6~19.8℃之间,且平均温度 18.5℃,与蝴蝶兰生长所需最佳的白天温度 26℃和夜间温度 19℃相比上下波动较小,有利于蝴蝶兰健壮生长和叶色纯正。从表1空气湿度采集数据可知,24 h内温室相对湿度控制在 66.1%~88.7%之间,且平均空气相对湿度为 77.7%,能够自动维持温室内空气相对湿度在 65%~90%之间,有利于蝴蝶兰植株生长、花梗抽出和花朵膨大。从表1土壤湿度采集数据可知,24 h内平均土壤相对湿度 78.5%,且在 09:00 和 17:00 浇水时土壤湿度达到最大(83.6%),有利于土壤湿润



图7 短信发送和接收信息界面

透气,避免烂根,降低死亡率。从表 1 中 CO₂ 浓度采集数据可知,24 h 内温室 CO₂ 浓度控制在 315.4 ~ 966.2 mL/m³ 之间,且 CO₂ 平均浓度为 570.2 mL/m³,有利于促进蝴蝶兰光合作用,提高产量和增加抗病性能。从表 1 光照度采集数据可知,24 h 内温室光照度控制在 15 234 ~ 24 826 lx 之间,平均光照度为 19 813.6 lx,与蝴蝶兰花期生长发育最适宜的光照度 20 000 lx 相比上下波动较小,可见光照度比较稳定,能够满足蝴蝶兰制造养分的能源需求,有利于生长、花芽分化和开花。上述试验结果表明,该系统能够及时分析和处理采集到的环境参数值,并实时有效地控制温室各执行机构的启/停操作,使室内环境达到蝴蝶兰所需最佳生长条件,从而实现温室环境参数的智能控制。

表 1 24 h 内花卉温室环境参数变化情况

时刻	温度 (℃)	空气相对 湿度(%)	土壤相对 湿度(%)	CO ₂ 浓度 (mL/m ³)	光照度 (lx)
01:00	18.1	76.3	75.8	650.6	16 450
02:00	18.0	78.6	76.5	722.6	16 842
03:00	17.9	81.8	78.2	806.3	16 914
04:00	17.6	83.7	78.8	966.2	17 345
05:00	18.2	85.1	79.4	915.4	17 892
06:00	18.6	87.6	79.8	882.3	18 967
07:00	19.7	88.7	80.5	750.6	19 878
08:00	21.6	86.6	81.2	620.6	21 761
09:00	23.2	84.4	83.6	523.8	22 874
10:00	25.7	82.3	81.2	438.2	23 428
11:00	26.4	81.4	78.5	381.3	23 843
12:00	28.1	79.8	76.4	315.4	24 358
13:00	29.2	78.1	74.3	342.8	24 826
14:00	29.6	76.8	72.5	388.4	24 130
15:00	28.4	75.9	71.4	400.2	24 014
16:00	27.6	74.4	70.5	435.6	23 094
17:00	25.6	72.1	83.6	450.6	22 485
18:00	23.7	70.4	83.2	469.8	19 814
19:00	21.9	68.5	83.0	481.7	17 676
20:00	19.8	66.1	82.4	495.6	15 234
21:00	19.2	68.6	81.2	512.6	15 578
22:00	18.7	70.2	79.1	532.4	15 832
23:00	18.4	72.3	77.3	586.5	16 042
00:00	18.2	74.8	76.2	614.6	16 250

5 结语

针对花卉温室种植环境参数较难控制的问题,本试验在

综合考虑空气温湿度、土壤相对湿度、光照度和 CO₂ 浓度等环境因素相互影响的基础上设计一种以 FPGA 为控制核心的花卉温室环境智能监控系统。管理人员和农场主可以通过现场控制台、监控机和手机终端实现环境参数预设、环境参数和执行机构启/停动态监控、历史数据查询等功能,一旦环境参数超出设定范围,该系统能够自行启/停各相关执行机构调整环境参数。

上位机采用 Kingview 6.55 组态软件为技术管理人员提供了良好的人机界面,方便技术管理人员随时查看各类信息,有利于花卉种植户集中管理,实现花卉温室种植的智能化和现代化。同时,种植户可以通过上位机数据库查询不同品种、不同生长阶段、不同时期的生长特点和管理规律,有利于种植户获得更高的经济效益。该系统应用于该校产学研园艺花卉种植试验基地,试测结果表明,相比以往种植,蝴蝶兰产量提高了 20%,能源成本节约 8%,死亡率降低了 10%,人力成本节约了 60%,证实系统的可行性和实用性。此外,该系统还具有智能化程度高、功能强大、可移植性强、操作方便、性能稳定可靠等优点,特别适合中小型种植规模用户,在农牧业及其他领域具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 刘建军,郝尚富. 基于 ARM7 的花卉大棚温湿度监控系统的应用与研究[J]. 河北北方学院学报,2010,26(1):55-57.
[2] 郑欣,门顺治. 基于物联网技术的花卉大棚温湿度监测系统[J]. 自动化与仪表,2014(6):23-25.
[3] 李丽华,于尧等. 基于无线传感器网络的鸡舍温湿度实时监测系统[J]. 河北农业大学学报,2014,37(1):123-126.
[4] 任玲,翟旭军. 基于 STC 单片机的种苗催芽室温湿度监控系统设计[J]. 农机化研究,2015(3):157-160.
[5] 张天鹏,李正斌. 基于无线通信的温室环境监控系统设计[J]. 中国农机化学报,2015,36(1):124-127.
[6] 徐焕良,张灏. 基于低功耗传输方法的设施花卉环境监测系统[J]. 农业工程学报,2013,29(4):278-280.
[7] 李玲. 基于数据挖掘的盆栽智能浇灌系统研究与实现[D]. 青岛:青岛理工大学,2013.
[8] 温竹,李士军. 基于 JN5148 的温室 CO₂ 浓度监测系统[J]. 中国农机化学报,2014,35(2):259-262.
[9] 仲会娟. 基于 FPGA 的太阳能热水器全功能控制器的研究[D]. 天津:河北工业大学,2012.
[10] 杜攀攀. 智能化禽舍环境控制器的设计[D]. 青岛:青岛科技大学,2012.