

基于 ARM 处理器的温室大棚智能 监控系统设计

孙启昌¹, 胡国强²

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了实现温室大棚的智能监测与控制, 设计基于 ARM 处理器的温室大棚智能监控系统。系统分为三个部分: 数据采集及设备控制终端、智能网关终端、Android 手机客户端, 数据采集及设备控制终端以 ARM 微处理为核心, 通过传感器、算法、Wi-Fi 等技术, 实现温室大棚数据采集、数据处理、数据传输及执行设备的智能控制, 智能网关终端实现多个温室大棚数据从内网发送至公网, Android 手机客户端实现数据的接收与发送。经测试验证, 系统能够实现温室大棚的智能监控。

关键词: ARM 处理器; 数据采集; 智能网关; 算法; 手机客户端

中图分类号: TP277

文章编号: 1000-0682(2024)03-0009-06

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.03.002

Design of greenhouse intelligent monitoring system based on ARM processor

SUN Qichang¹, HU Guoqiang²

(1. Yangling Vocational & Technical College, Shaanxi Yangling 712100, China; 2. Northwest A&F University, Shaanxi Yangling 712100, China)

Abstract: In order to realize the intelligent monitoring and control of the greenhouse, the intelligent monitoring system of greenhouse based on ARM processor is designed. The system is divided into three parts, data acquisition and equipment control terminal, smart gateway terminal, Android mobile phone client. The data acquisition and equipment control terminal is based on ARM microprocessing. Through sensors, algorithms, Wi-Fi and other technologies, the intelligent control of greenhouse data collection, data processing, data transmission and execution equipment is realized. The intelligent gateway terminal enables multiple greenhouse data to be sent from the Intranet to the public network. The android mobile phone client realizes the receipt and sending of data. Verified by test, the system can realize the intelligent monitoring of greenhouse.

Keywords: ARM processor; data acquisition; smart gateway; algorithms; mobile phone client

0 引言

温室大棚作为现代农业种植的主要手段, 通过控制大棚环境的温度、光照、空气湿度、土壤湿度等因子, 实现农作物的增产增收, 目前, 大棚环境因子

的控制, 主要靠人工经验, 无法实现精准化智能控制, 市面上温室大棚环境监控手段主要是通过单片机技术实现, 但是该技术具有局限性, 无法实现远程控制、人机交互、复杂的控制算法、实时数据传输等^[1-2]。随着电子技术、通信技术、传感器技术的发展, 该文利用 ARM 微处理技术、数据采集技术、数据处理技术、Wi-Fi 技术、5G 技术、Android 技术, 设计基于 ARM 处理器的温室大棚智能监控系统, 实现温室大棚数据采集、数据处理、执行设备智能化控制、数据无线实时传输等。

收稿日期: 2024-01-20

基金项目: 陕西省重点研发计划农业领域一般项目(2024NC-YBXM-221); 陕西省教育厅一般专项科学研究计划项目(23JK0743)

第一作者: 孙启昌(1990—), 男, 陕西西安人, 工程师, 硕士, 研究方向为信息化建设与管理、信息通信、计算机应用技术。

1 系统总体设计

基于 ARM 处理器的温室大棚智能监控系统分为三部分,一是数据采集及设备控制终端,二是智能网关终端,三是 Android 手机客户端,系统框架如图 1 所示。数据采集及设备控制终端以 ARM - RK3568 处理器为核心,外置多个不同类型的温度传感器、光照传感器、空气湿度传感器、土壤湿度传感器,将采集的各类数据通过算法分析后,ARM 处

理器控制卷帘、加热器、喷灌、LED 光源灯、风机等设备的智能工作,同时将算法分析后的数据利用 Wi - Fi 模块发送至智能网关终端,智能网关以 ARM - RK3568 处理器为核心,通过 Wi - Fi 模块将接收到的多个采集及设备控制终端数据经转换后,使用 5G 通信模块发送至 Android 手机客户端,用户利用 APP 软件实时查看温室大棚内的环境信息或控制数据采集及设备控制终端中的执行设备。

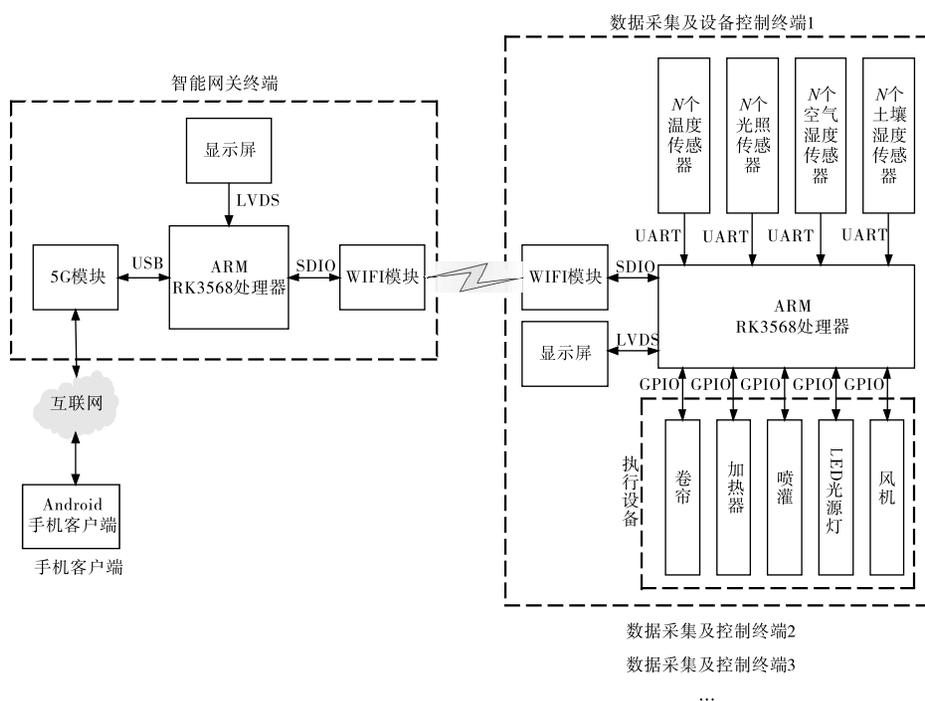


图 1 系统框架图

2 系统硬件设计

根据系统框架,系统硬件由主要由 ARM 处理器、各类传感器设备、各类执行设备、Wi - Fi 模块、5G 模块及显示屏等组成。ARM 处理器采用 Rockchip RK3568,该处理器由中国自主研发,具有高性能、低功耗、功能丰富等特点,集成四核 64 位 Cortex - A55 架构,主频高达 2.0 GHz,内置 NPU,丰富的功能拓展接口,外接 8G 的 DDR4 和 16G 的存储,兼容 4G、5G 网络,满足系统开发需求^[3-4]。因此,系统硬件设计主要分为 2 部分,一是数据采集及设备控制终端,二是智能网关终端,两个终端通过 Wi - Fi 模块进行数据交互传输。

2.1 数据采集及设备控制终端硬件设计

数据采集及设备控制终端硬件主要由 ARM - RK3568 处理器, Wi - Fi 模块、显示屏、温度传感

器、光照传感器、空气湿度传感器、土壤湿度传感器及各类执行设备组成,各类传感器将采集的数据经 A/D 转换后通过通过 UART 接口传输到 ARM 处理器,数据经 ARM 处理器处理后,根据设置阈值,通过比较,利用 GPIO 口发送控制指令,控制卷帘、加热器、喷灌、LED 光源灯、风机等各类执行设备的工作,显示屏主要实现处理后的数据显示及人机互动,Wi - Fi 模块将处理后的数据传输至智能网关终端。

Wi - Fi 模块选用飞凌的 SDIO WIFI 模块,数据传输速率 54 Mbps,频率范围在 2.4 ~ 2.48 GHz 之间,传输距离 50 ~ 150 m 之间,支持 Linux 操作系统,采用 SDIO 接口,性能稳定可靠^[5]。

显示屏采用 10 寸的电容屏,LVDS 接口,分辨率为 1280 × 800,支持触摸,像素比例 16:10^[6]。

温度传感器选用星仪 CWDZ31A 防水温度传感

器,测量范围在 $-50 \sim 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$,测量精度在 $\pm 1\%$ [7]。

光照传感器选用建大仁科光照度传感器,测量范围在 $0 \sim 65535 \text{ Lux}$,测量精度在 $\pm 3\%$ [8]。

空气湿度传感器选用华控兴业 HSTL - 10TH,测量范围在 $0 \sim 100\% \text{ RH}$,测量精度在 $\pm 3\%$,响应时间小于 1 s [9]。

土壤湿度传感器选用威盟士 VMS - 3000 - TR,测量范围在 $0 \sim 100\% \text{ RH}$,测量精度在 $\pm 3\%$,内置温度补偿器 [10]。

2.2 智能网关终端硬件设计

智能网关终端硬件主要由 ARM - RK3568 处理器、Wi - Fi 模块、显示屏和 5G 模块组成, Wi - Fi 模块实现数据的发送与接收,显示屏实现人机互动功能,5G 模块实现处理后数据发送至 Android 手机客户端或接收 Android 手机客户端发送的控制指令。智能网关终端 Wi - Fi 模块同样采用飞凌的 SDIO Wi - Fi,5G 模块采用移远 RM500Q,USB 接口,支持 NSA 和 SA 模式,向下兼容 4G、3G 网络,支持 Linux 操作系统,传输速率为 $11 \text{ Mbps} \sim 2.2 \text{ Gbps}$ [11-12]。

3 系统软件设计

系统软件设计采用 Qt 开发软件,Qt 支持 Linux 操作系统开发及 Android 操作系统 APP 开发,具有同一代码可部署在 Windows、Linux、Android 目标平台 [13-14] 的优点,保证了系统的统一性设计与开发。软件设计分为三个部分,一是数据采集及设备控制终端,二是智能网关终端,三是手机客户端,具体软件设计如下。

3.1 数据采集及设备控制终端软件设计

数据采集及设备控制终端采用 Linux3.14 系统 + Qt4.8.5 软件,通过交叉编译后将 Linux 系统和 Qt 开发软件移植到终端 ARM 处理器上,至此,终端开发环境部署完成。

3.1.1 传感器数据采集软件设计

在 Qt 软件开发中,使用 ioctl 函数管理控制各类传感器接口 [15]。第一,初始化温度传感器、光照传感器、空气湿度传感器、土壤湿度传感器等设备;第二,各类传感器开始采集数据,通过 read 函数读取传感器参数;第三,利用 sleep 函数每间隔 5 分钟采集一次数据,以此往复循环采集大棚各类环境数据;第四,将每次采集的数据通过 A/D 转换后,通过 UART 接口传输至处理器;第五,数据采集结束。传感器数据采集软件设计如图 2 所示。

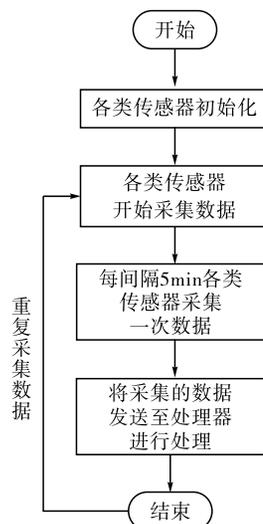


图2 传感器数据采集软件设计流程图

3.1.2 数据处理软件设计

为控制温室大棚执行设备处于合理工作状态,保证作物水、光、温度等最优配比,需对各类传感器采集的数据进行处理。首先,在同一时刻,通过拉依达(PauTa)准则对同类型传感器在不同位置采集的异常数据进行剔除 [16];其次,将剔除后的数据加权平均;最后,将计算的数值与设定阈值进行比较,判定是否控制相对应执行设备。设系统在同一时刻,同类传感器在不同位置采集的独立数据为 $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$,依据拉依达(PauTa)准则,分别算出温度、光照、空气湿度、土壤湿度的算术平均值、剩余误差及标准误差,若剩余误差大于 1.5 倍标准误差时,则判断为异常数据并进行剔除,反之则保留数据,通过判断后的数据,加权求平均 [17-18]。

算术平均值公式为:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i) \quad (1)$$

剩余误差公式为:

$$w = |x_i - \bar{x}| (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

标准误差公式为:

$$\sigma = \left[\sum_{i=1}^n w^2 / (n-1) \right]^{1/2} \quad (3)$$

加权求平均公式为:

$$\bar{x}_p = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_i f_i}{f_1 + f_2 + \dots + f_i} \quad (4)$$

3.1.3 执行设备软件设计

数据通过 ARM 处理器处理后,将上述计算的结果与设置的阈值进行比较,判断是否控制相应的执行设备,若计算结果在设定的范围内,GPIO 口输出 0,设备保持原状;若计算结果不在设定范围内,

GPIO 口输出 1,打开卷帘、加热器、喷灌、LED 光源灯、风机等相应执行设备进行工作。

3.1.4 数据无线传输

ARM 处理器将数据处理后,通过 Wi - Fi 模块发送至智能网关终端,Linux3. 14 系统支持 TCP/IP 协议。数据传输采用 socket 网络编程,通过 TCP 协议建立可靠稳定的连接。首先,初始化模块,建立 socket,通过 bind 函数绑定智能网关终端公网 IP 地址,利用 connect 函数连接到智能网关终端,使用 send 函数发送处理后的数据,调用 accept 函数接收手机客户端发送的控制执行设备指令。数据无线传输软件设计如图 3 所示。

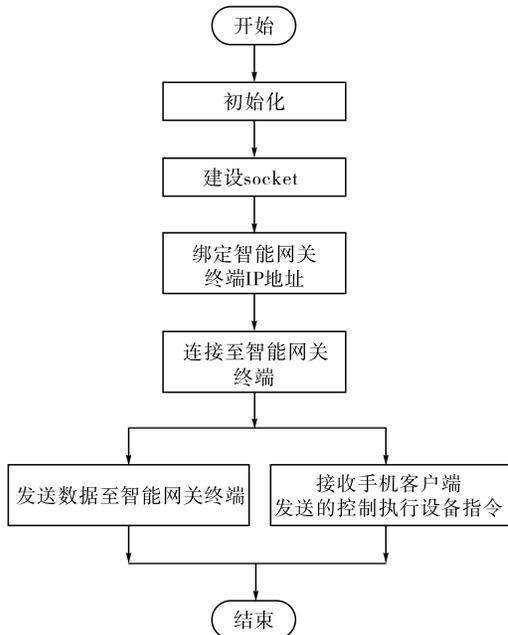


图 3 数据无线传输软件设计流程图

3.2 智能网关终端

智能网关终端采用 Linux3. 14 系统 + Qt4. 8. 5 软件,通过交叉编译后移植到 ARM 处理器上,终端的作用是将多个温室大棚采集处理后的数据经智能网关发送至 Android 手机客户端,为了保障数据在公网上传输,需要通过运营商申请一个公网 IP 地址,至此,智能网关终端软件设计环境准备完成。首先,初始化终端,建立 socket,通过 bind 函数绑定本地 IP 与公网 IP,使用 listen 函数监听数据采集及设备控制终端和手机客户端的连接,如果连接成功,使用 accept 函数接收数据采集及设备控制终端发送的数据,利用 send 函数将接收到的数据通过 5G 模块发送至 Android 手机客户端,反之,智能网关终端通过 5G 模块接收 Android 手机客户端发送的控制指令,再使用 Wi - Fi 模块将接收的数据发送至数据采

集及设备控制终端。智能网关终端软件设计如图 4 所示。

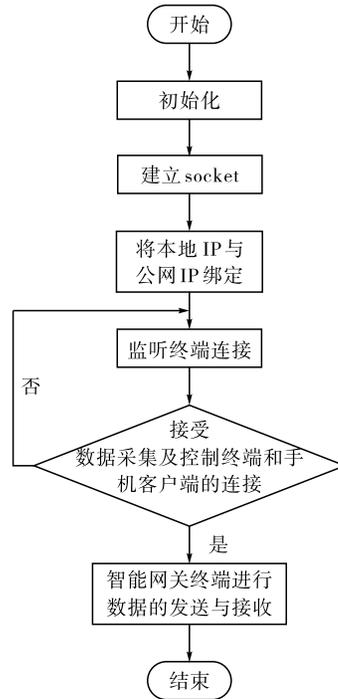


图 4 智能网关终端软件设计流程图

3.3 手机客户端

手机客户端采用 Android 操作系统,开发软件采用 Qt6. 3,Qt 软件支持 APP 软件开发。首先,初始化设备,建设 socket,通过 bind 函数绑定智能网关终端公网 IP 地址,使用 connect 函数连接智能网关终端,调用 accept 函数接收数据或者通过 send 函数发送控制指令。手机客户端软件设计流程如图 5 所示。

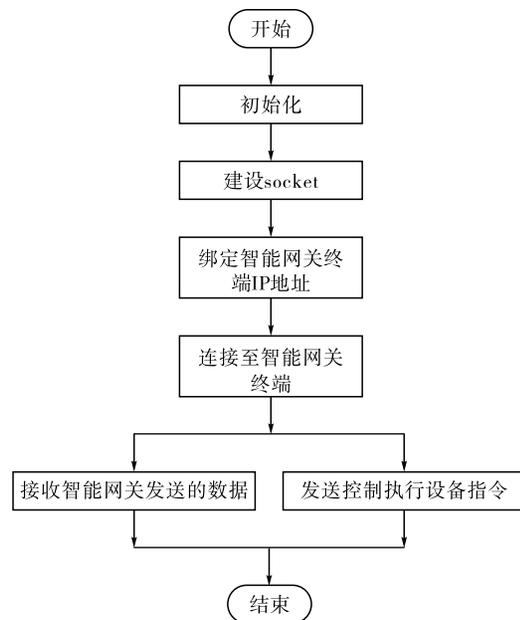


图 5 手机客户端软件设计流程图

4 系统测试

系统测试选择在北方种植的火龙果温室大棚内,种植时间一般为3月至4月,成熟期在7月至10月。该文以温室大棚火龙果生长所需的温度、光照、空气湿度、土壤湿度为例,在大棚内不同位置分别部署温度传感器、光照传感器、空气湿度传感器、土壤湿度传感器各5个进行数据采集,系统设置火龙果生长最适宜的温度在25~35℃,光照范围在20 000~50 000 Lux,要求的空气湿度保持在30~60% RH,土壤湿度在50~80% RH,当各类传感器采集的参数通过算法处理后,若不在以上数据范围内,数据采集及设备控制终端通过ARM处理器自动控制温室

大棚内的卷帘、加热器、喷灌、LED光源灯、风机等执行设备的工作。

启动数据采集及设备控制终端、智能网关终端、手机客户端,终端自动配置网络,三个终端网络连接成功;第二,在大棚中分别部署温度传感器、光照传感器、空气湿度传感器、土壤湿度传感器各5个进行数据采集,将采集的4类数据通过处理器中拉依达(PauTa)算法判断数据的异常,然后再利用加权求平均的算法分别计算当前温度、光照、空气湿度、土壤湿度,温室大棚温度、光照数据采集及算法见表1,温室大棚空气湿度、土壤湿度数据采集及算法见表2,表1和表2为6月30日10:15—11:00截取的数据,设置传感器采样间隔为15分钟。

表1 温室大棚温度、光照数据采集及算法

6月30日												
时间	温度/℃					算法		光照/Lux			算法	
10:15	27	27	24	26	32	27.2	47 351	46 020	43 120	45 450	46 345	45 657.2
10:30	29	28	32	30	30	29.8	47 893	48 389	48 290	46 899	48 390	47 972.2
10:45	33	33	35	34	36	34.2	47 939	48 993	49 892	51 030	49 232	49 417.2
11:00	35	36	36	38	38	36.6	49 292	50 393	53 229	51 010	50 210	50 826.8

表2 温室大棚空气湿度、土壤湿度数据采集及算法

6月30日												
时间	空气湿度/RH					算法		土壤湿度/RH			算法	
10:15	43	44	44	43	41	43	51	52	51	54	52	52
10:30	41	41	39	37	37	39	48	48	46	47	47	47.2
10:45	35	32	32	33	31	32.6	44	47	45	45	45	45.2
11:00	29	30	28	28	28	28.6	41	39	38	40	39	39.4

根据上述计算结果,判断是否控制相应的执行设备,本系统的执行设备分别为卷帘、加热器、喷灌、LED光源灯、风机,将计算的结果与设置的阈值进行比较,若计算出的结果在设定的参数范围内则表

示为0;反之,情况一,计算出的值大于设定参数则表示为1,情况二,计算出的值小于设定参数则表示为-1,表3是系统计算结果与执行设备之间的控制关系。

表3 计算结果与执行设备之间的控制关系

序号	计算结果与阈值比较				执行设备状态				
	温度	光照	空气湿度	土壤湿度	卷帘	加热器	喷灌	LED光源灯	风机
1	0	0	0	0	关闭	关闭	关闭	关闭	关闭
2	0	0	0	-1	关闭	关闭	打开	关闭	关闭
3	0	0	0	-1	关闭	关闭	打开	关闭	关闭
4	1	1	-1	-1	打开	关闭	打开	关闭	打开

将计算后的结果通过Wi-Fi模块发送至智能网关终端,智能网关将接收的各类数据通过5G网络发送至Android手机客户端,农户通过Android手机客户端实时掌握大棚内的环境信息,农户也可以

通过Android手机客户端控制温室大棚内的卷帘、加热器、喷灌、LED光源灯、风机等设备工作,智能网关初始化如图6所示,Android手机客户端接收数据如图7所示。

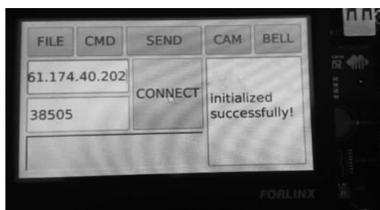


图6 智能网关初始化



图7 Android手机客户端接收的数据

5 结语

该文设计的基于 ARM 处理器的温室大棚智能监控系统,能够实现温室大棚精准化监控与控制。系统分为三个部分:一是数据采集及设备控制终端,二是智能网关终端,三是 Android 手机客户端,数据采集及设备控制终端通过 ARM 处理器实现温室大棚环境信息采集、数据处理、智能控制执行设备,将处理后的数据通过 Wi-Fi 模块发送至智能网关终端,智能网关终端实现多个数据采集及设备控制终端的数据处理及转发,将接收的数据通过 5G 模块发送至 Android 手机客户端,手机客户端实时查看数据或控制数据采集及设备控制终端中执行设备工作。

参考文献:

[1] 龚琴. 基于物联网的温室大棚智能监控系统在农业中的应用[J]. 电脑与信息技术, 2022, 30(01): 53-56.

- [2] 赵尚飞, 陈立万, 符译丹, 等. 温室大棚花卉智能监控系统设计[J]. 农业工程技术, 2021, 41(28): 50-53.
- [3] 邢玲玲. 基于物联网的智能温室大棚监控系统研究[J]. 电子制作, 2021(16): 26-29.
- [4] 陈慧. 基于物联网的温室大棚智能监控系统研究[D]. 杭州: 浙江科技学院, 2021.
- [5] 刘玉芹, 徐海华. 基于 LabVIEW 的温室大棚远程智能监控系统设计[J]. 自动化仪表, 2021, 42(01): 86-89.
- [6] 汪言康, 周建平, 许燕, 等. 基于物联网的温室大棚智能监控系统研究[J]. 机床与液压, 2019, 47(17): 103-107+70.
- [7] 肖云方. 温室大棚温湿度智能监控系统实现[J]. 信息技术与信息化, 2018(12): 80-83.
- [8] 巩师洋. 农业温室大棚远程智能监控系统的设计与实现[D]. 银川: 北方民族大学, 2018.
- [9] 张宝峰, 杨雷, 朱均超, 等. 温室大棚温湿度智能监控系统的设计与实现[J]. 自动化仪表, 2017, 38(10): 82-85.
- [10] 王冬梅, 路敬祯. 基于单片机的温室大棚智能监控系统设计[J]. 内燃机与配件, 2017(06): 6-8.
- [11] 程倩. 基于无线传感器的温室大棚智能监控系统设计[J]. 无线互联科技, 2016(16): 23-24.
- [12] 魏芬, 季宇峰. 基于无线传感网的温室大棚智能监控系统研究[J]. 测控技术, 2016, 35(02): 104-107.
- [13] 韩力英, 杨宜善, 王杨, 等. 基于单片机的温室大棚智能监控系统设计[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(01): 65-68+72.
- [14] 程剑. 基于 ZigBee 技术的温室大棚智能监控系统[J]. 福建电脑, 2014, 30(11): 118-119.
- [15] 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.
- [16] 杨宝贵. 基于 LabView 的温室大棚智能监控系统设计[J]. 中国新通信, 2013, 15(18): 114-116.
- [17] 陶平. 基于 ZigBee 的温室大棚智能监控系统研究[D]. 成都: 西华大学, 2012.
- [18] 雷文礼, 张鑫, 任新成, 等. 基于 ZigBee 的大棚环境监测系统设计[J]. 电子设计工程, 2022, 30(24): 1-4.

欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎刊登广告！