

基于 STM32 和云平台的智能浇灌系统设计

王卫华¹, 曹金华^{2,3*}

(1. 苏州城市学院 实验室建设与管理中心, 江苏 苏州 215104;

2. 苏州城市学院 计算科学与人工智能学院, 江苏 苏州 215104;

3. 苏州大学 计算机科学与技术学院, 江苏 苏州 215008)

摘要:为更好满足居民室内绿植养护的需求,设计了一款用于绿植智能养护的系统,采用 STM32F103 作为主控制器,使用 DHT11 和 YL-69 传感器对绿植生长环境温湿度、土壤湿度状况进行监测、采集;通过 ESP8266 通信模块实现数据传输,借助云平台将数据发送至客户端,同时触发系统完成智能浇灌作业。自主搭建简易试验装置,进行系统测试。结果表明:一旦检测到土壤湿度低于设定阈值时,水泵自动浇水,且系统报警以提醒用户。研究表明,此设计具有一定的合理性和可行性,可为绿植养护系统实际应用提供依据。

关键词:传感器;STM32;云平台;浇灌;ESP8266

中图分类号:TP277; TP368.1

文章编号:1000-0682(2024)06-0018-06

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.06.004

Design of intelligent irrigation system based on STM32 and cloud platform

WANG Weihua¹, CAO Jinhua^{2,3*}

(1. Laboratory Development and Management Centre, Suzhou City University, Jiangsu Suzhou 215104, China;

2. Computing Science and Artificial Intelligence College, Suzhou City University, Jiangsu Suzhou 215104, China;

3. School of Computer Science & Technology, Soochow University, Jiangsu Suzhou 215008, China)

Abstract:To meet the needs of residents' indoor green plant maintenance, a set of system for intelligent maintenance of green plants was designed. Taking STM32 core board as the controller, DHT11 and YL-69 sensors were used to monitor and collect data on the temperature, humidity of the green plant growth environment and soil moisture. The data were transmitted through ESP8266, and delivered to the phone application based on the cloud platform. The system received the command to complete the intelligent watering operation. A simple device was built and the test was obtained. The results show that once the soil moisture is beyond the threshold range, the pump automatically watering and the system alarms to alert the user. It can be concluded that the design and device is reasonable and feasible, which can provide a basis for the application of green plant maintenance system.

Keywords:sensor; STM32; cloud platform; watering; ESP8266

0 引言

随着社会的进步和计算机技术的快速发展,人们对居家办公环境的美化要求越来越高,已经从观赏绿植转变成主动养护。近年来,生活节奏逐渐加快,各种交往日渐频繁,随之暴露出有关绿植养护的各种问题。作为绿植养护的关键环节,浇灌的质量直接影响绿植的生长状况。目前,市场上有各种浇灌装置^[1-3],这些装置结构复杂,且为不间断地浇灌,造成资源浪费。近几年,一些学者也在研究自动

收稿日期:2024-05-07

基金项目:苏州城市学院 2023 年课程思政示范课程项目(依托“物联网工程”课程思政示范专业立项建设)(2910365023)

第一作者:王卫华(1986—),男,河南上蔡人,硕士研究生,讲师,研究方向为嵌入式与传感技术、机电系统动态行为及其控制。

E-mail:bjorker@163.com

通信作者:曹金华(1967—),男,江西进贤人,硕士研究生,高级实验师,研究方向为物联网技术、嵌入式系统应用。

E-mail:caojh@suda.edu.cn

浇灌系统,取得了一些成效。文献[4]提出一种方案并设计了定时定量浇灌的控制系统;文献[5]中系统以土壤湿度值作为参考,采用模糊控制方式,实现自动浇水,并进行了功能仿真;文献[6]设计一款以土壤湿度和光照强度作为条件,控制水泵启动和停止,而实现自动浇花的系统,并进行仿真验证;文献[7]设计一种以土壤湿度为依据的自动浇花系统,并进行了仿真测试;文献[8]设计的自动浇花系统,能够在花卉缺水的时候自动启动水泵进行浇水,通过测试验证了系统的功能;文献[9]和文献[10]分别设计了一款能根据花卉的土壤湿度控制水泵启停而实现自动浇花的系统,并进行了性能测试。但是,上述系统或只能定时定量浇灌,或处于仿真阶段,或仅可自动浇灌,具有一定的局限性。

当前绿植养护愈发智能化,但是相关绿植监测与养护系统仍不够完善。基于此,该文设计一款用于绿植养护的智能浇灌系统,不仅可根据检测数据进行自动浇灌,还可以通过设定阈值范围实现远程控制,达到节约资源、提高工作效率的目的。

1 系统总体方案

系统以 STM32 作为主控,将采集到的土壤湿度和空气温湿度数据,经处理后显示在 OLED 屏上,再利用 Wi-Fi 模块,以云平台为媒介将数据上传至手机 APP,用户可以通过手机 APP 远程控制浇灌系统。图 1 为系统总体结构。

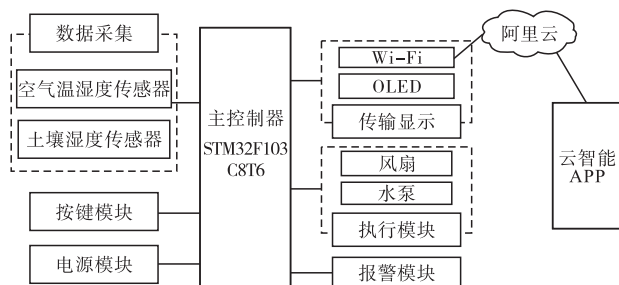


图1 系统总体结构图

2 硬件结构

系统硬件主要包括主控制模块、DHT11 温湿度模块、土壤湿度模块、Wi-Fi 通信模块、执行模块和 OLED 显示模块。

2.1 主控制模块

主控制器型号为 STM32F103C8T6,实物如图 2,其核心为 ARM Cortex-M3, +3.3 V 电压即可运行;采用 LQFP48 封装,主频为 72 MHz,搭载 64 KB

Flash、20 KB SRAM 和 2 KB EEPROM;提供丰富的定时器、通信接口、ADC 等模块;兼容 Arduino、JTAG、USB 等接口,支持多种开发环境,便于二次开发和调试,适合作为主控单元。

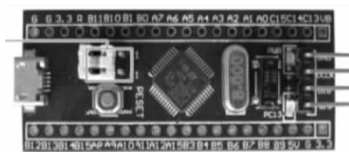


图2 STM32F103C8T6 核心板

2.2 环境温湿度硬件电路设计

选用 DHT11 传感器实现温湿度采集,可校正数字信号输出,采用单总线格式同步传输,以保证数据的实时性和准确性。图 3 为 DHT11 温湿度检测电路。通过 DATA 线与 STM32 进行数据传输,同时,连接 5 kΩ 的电阻,使其低电平有效,起到增强电路抗干扰性和限制电流的作用,保证传感器与 STM32 之间的正常通信^[11-12]。实际连线如图 4 所示。

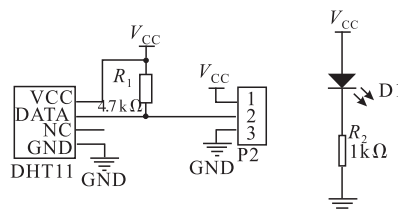


图3 DHT11 检测电路图

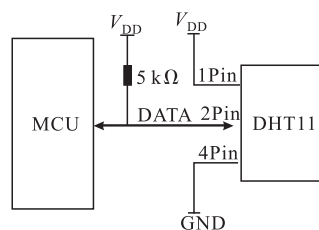


图4 DHT11 连线图

2.3 土壤湿度硬件电路设计

为检测土壤湿度,选用 YL-69 传感器,如图 5,由探头和湿度处理模块^[13-14]组成。该传感器为电阻型,土壤相当于一可变电阻,土壤电导率随着土壤水分变化而变化,水分越高,土壤电导率越高,土壤电阻越小,模拟量输出越小。

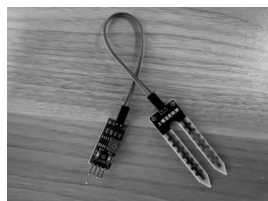


图5 YL-69 土壤湿度传感器

使用时,将两金属电极的探头插入土壤中,改变可变电阻大小,通过串联分压电路,输出正比例关系的模拟量电压,实现测量^[15-16]。图6为YL-69土壤湿度检测电路。

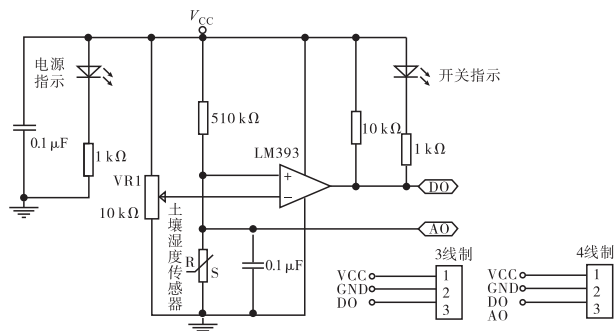


图 6 YL-69 土壤湿度检测电路

硬件连接时,将探头和湿度处理模块用导线连接,电压设在 3.3 ~ 5 V 之间,将湿度处理模块的 AO 引脚与 STM32 的 ADC 输入引脚 PA6 相连,DO 悬空,另两引脚 VCC、GND 分别与 STM32 的 VCC、GND 相连。其中,湿度处理模块可通过调节电位器设定阈值,将采集的土壤湿度与此阈值经由比较器 LM393 进行比较。当采集的土壤湿度低于阈值时,模块 DO 端输出“1”;反之,输出“0”。应用此模块,用户可实时监测土壤湿度,并及时调整灌溉量,保证植物生长。

2.4 Wi-Fi 通信模块

为实现各模块与手机端之间的数据传输,需设计通信模块,以保证传输的及时性和高效性。

常用的 ESP8266 是一款高性能的 Wi-Fi 通信模块^[17-18], 内部集成 MCU 能实现串口通信, 可实现数据透传。该设计采用 ESP-01S 系列, 图 7 为其电路图。

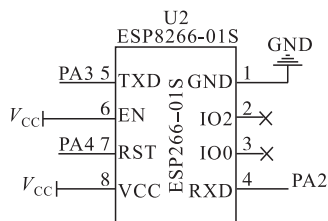


图 7 ESP8266 电路图

STM32 通过串口将数据发送给 ESP8266, 当 RXD 端接收到控制器的数据后, 自行通过路由器以网关的形式将数据上传给阿里云; 阿里云下发数据给手机端, 当手机端接收到来自阿里云的相应数据后, 由 TXD 将最开始传输的串口数据发给下位机。同理, 可以进行反向数据传输^[19]。其工作过程如图 8 所示。

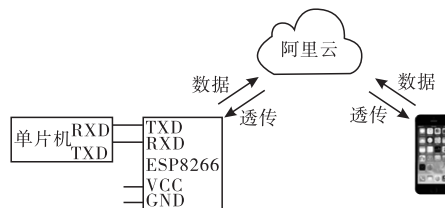


图 8 ESP8266 模块工作过程图

2.5 辅助模块

系统还使用了一些辅助模块,有电源模块、执行模块和 OLED 模块,这里仅介绍 OLED 模块。

OLED 模块是用来显示空气温湿度、土壤湿度数据及所设阈值等,可直观地观察植物的相关信息。系统选用 0.96 寸 OLED 显示屏,分辨率为 128×64 像素,具有低功耗、高分辨率、快速响应等优点。

电路设计时,应用 IIC 通信协议将 OLED 模块相应引脚,分别连接 STM32 对应的 PA5(作为 IIC 的 SCL 引脚)和 PA7 引脚(作为 IIC 的 SDA 引脚)。硬件电路如图 9 所示。

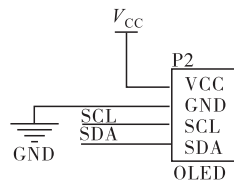


图 9 OLED 电路原理

3 软件设计

系统上电,对 DHT11、YL-69、OLED、ESP8266 等模块进行初始化,采集并监测植物周围环境状况。若采集的土壤湿度、环境温度超出阈值,则主控制器将控制电机驱动水泵、散热风扇做出相应动作,同时触发 Wi-Fi 模块向云平台传输数据并发出报警信息至用户手机端,直到采集的数据处于阈值范围内。图 10 为系统主程序流程。

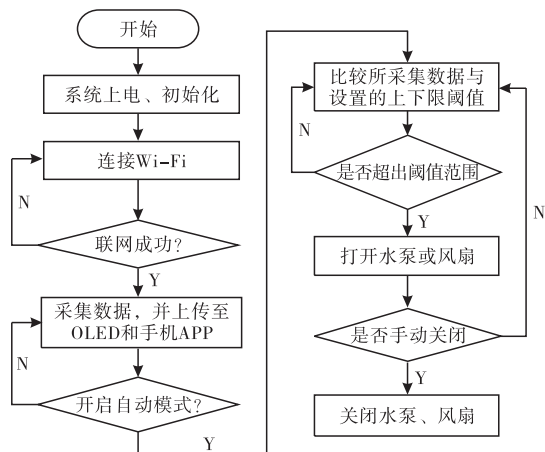


图 10 系统主程序流程图

3.1 温湿度程序设计

系统上电,会发送一个指令给 DHT11,完成对温湿度的采集和运算,将数据显示在 OLED 和手机 APP 上,同时传输给主控制器。STM32 将得到的数据与所设阈值进行比较,若在范围内,则继续采集;若超出,则发出指令控制风扇开启,同时反馈给云平台,控制手机 APP 发出警报。DHT11 温湿度检测子程序执行流程如图 11 所示。

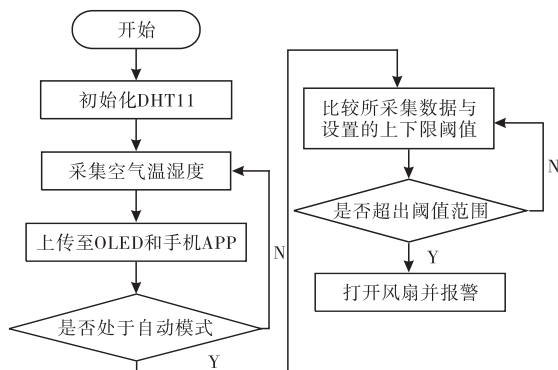


图 11 DHT11 温湿度检测流程图

3.2 土壤湿度模块程序设计

通过湿度处理模块的 AO 引脚获取土壤湿度的模拟电压值,再经 ADC 模块转换成数字信号,以获取土壤湿度数据。程序流程如图 12 所示。

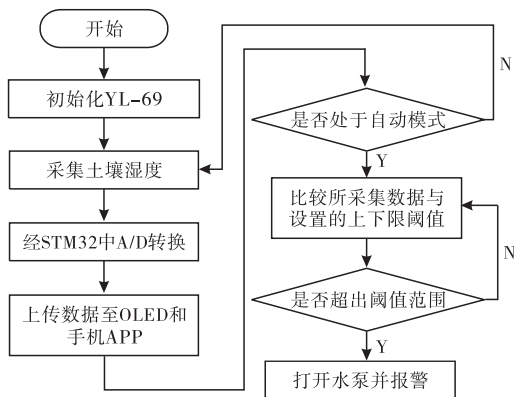


图 12 YL-69 土壤湿度检测流程图

具体实现过程如下:

- (1) 获得 ad 值函数;
- (2) 对 ad 值求平均,返回滤波数据。

3.3 OLED 显示模块程序设计

系统上电,先对 OLED 进行初始化,实时读取 YL-69 和 DHT11 采集的数据,写入 OLED 模块。模块实现了数据的读写、显示操作。执行流程如图 13 所示。

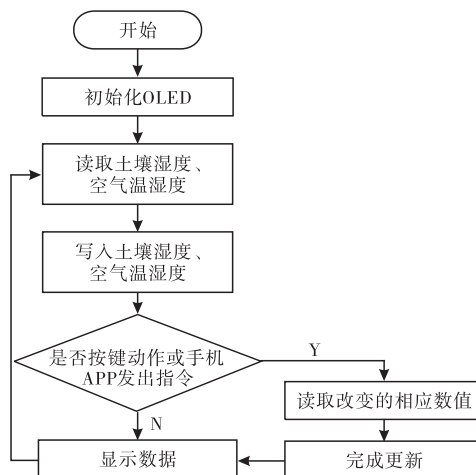


图 13 OLED 显示流程图

3.4 通信模块程序设计

模块直连阿里云,以此为中介,完成与手机 APP 的交互。不仅使 ESP8266 能够接收来自手机端的指令,还能够上传土壤湿度、空气温湿度等并下发至手机端。主要包括三方面:

- (1) Wi-Fi 模块 I/O 口初始化;
- (2) 设置路由器 Wi-Fi SSID 和密码;
- (3) ESP-01S 连接 Wi-Fi 和服务器;其流程如图 14 所示。

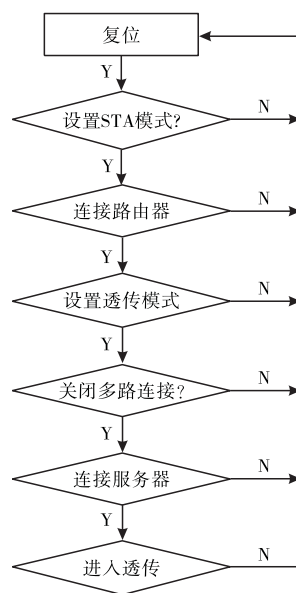


图 14 ESP-01S 连接 Wi-Fi 和服务器流程图

4 系统测试

搭建简易模型,完成系统测试。为更好地呈现效果,需在手机端显示,故需设计手机 APP 模块。

4.1 手机 APP 模块设计

选择云智能 APP 作为操作端,其面板设置如图

15 所示,具体实现功能如下:

- (1) 显示土壤湿度、空气温湿度数值;
- (2) 设置土壤湿度、温度上下限;
- (3) 控制风扇、水泵开启或关闭;
- (4) 手动/自动模式选择。

APP 的警报设置如图 16 所示。

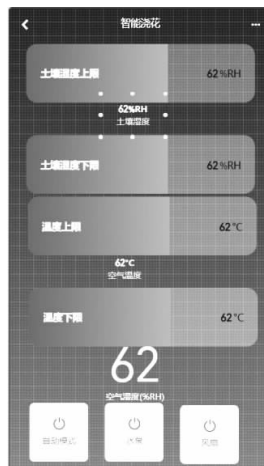


图 15 手机 APP 界面

云智能App		+ 新建告警	
告警名称	属性	状态	操作
[严重警告]土壤湿度过低	触发规则: 湿度报警 等于 1 通知方式: 通知管理后台、消息中心、应用推送 (强提醒) 通知企业: 是	<input checked="" type="checkbox"/> 启用	编辑 无法删除
[严重警告]土壤湿度过高	触发规则: 湿度报警 等于 0 通知方式: 通知管理后台、消息中心、应用推送 (强提醒) 通知企业: 是	<input checked="" type="checkbox"/> 启用	编辑 无法删除
[严重警告]空气温度过低	触发规则: 温度报警 等于 0 通知方式: 通知管理后台、消息中心、应用推送 (强提醒) 通知企业: 是	<input checked="" type="checkbox"/> 启用	编辑 无法删除
[严重警告]空气温度过高	触发规则: 温度报警 等于 1 通知方式: 通知管理后台、消息中心、应用推送 (强提醒) 通知企业: 是	<input checked="" type="checkbox"/> 启用	编辑 无法删除

图 16 云智能 APP 警告设置

4.2 调试环境

系统设计完成后,需借助相应的环境进行调试。

4.2.1 阿里云

阿里云平台是基于 Web 的云管理控制台,可用于管理和监控个人云资源、应用程序和服务,完成计算、存储、网络、安全等配置。设计以阿里云为中介连

接 STM32 和手机端,利用其生活物联网平台创建项目,完成手机 APP 的功能定义、界面制作和设备调试。

4.2.2 FlyMcu

FlyMcu 是一款用于嵌入式系统开发的在线烧录软件,通过 CP2102 驱动模块完成 STM32 的烧录,过程如图 17 所示。

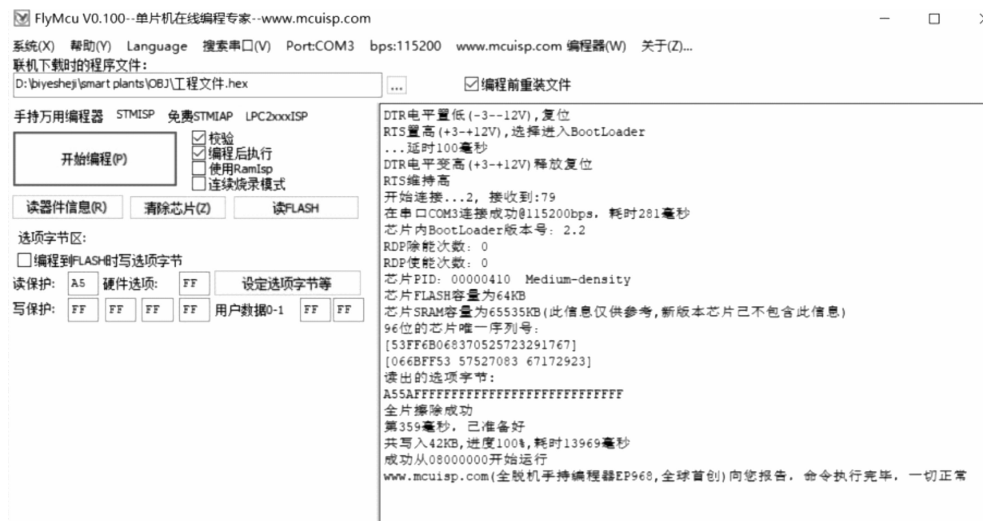


图 17 烧录过程

4.3 测试结果与分析

首先,新增调试设备;其次,修改设备证书的相关信息并将其复制到 Keil 中,图 18 为设备信息代码,包括产品 ID、名称和密钥等;最后,将修改好的

程序烧录至开发板,等待连接服务器。当设备处于在线模式时,下载配网二维码,利用云智能 APP 扫描,智能浇灌的程序就会出现在手机端。

```
#define PRODUCTKEY "a1BfwJ5z6Gt" //产品ID
#define PRODUCTKEY_LEN strlen(PRODUCTKEY) //产品ID长度
#define DEVICENAME "ABCD" //设备名
#define DEVICENAME_LEN strlen(DEVICENAME) //设备名长度
#define DEVICESECRE "56194b58b873ee9444ef249fb93ca350" //设备密钥
#define DEVICESECRE_LEN strlen(DEVICESECRE) //设备密钥长度
#define S_TOPIC_NAME "/sys/a1B0sp4i6DH/ABCD/thing/service/property/set" //需要订阅的主题
#define P_TOPIC_NAME "/sys/a1B0sp4i6DH/ABCD/thing/event/property/post" //需要发布的主题
```

图 18 设备信息代码

4.3.1 测试结果

下载程序,完成系统测试,结果如下:

- (1)系统通电,指示灯亮,电路正常运行;
- (2)测试时,DHT11、YL-69 等传感器均能完成相应数据采集,OLED 能正常显示且可实时更新;
- (3)根据 DHT11 和 YL-69 采集数据及阈值条件,主控制器发出信号可控制水泵、风扇等部件动作;
- (4)ESP-01S 借助云平台与手机端能够正常通信。

4.3.2 结果分析

STM32 主要完成对植物所处环境的温湿度、土壤湿度进行数据采集和处理,并将处理后的数据显示在 OLED 上,同时传输给 ESP-01S,再经云平台发送至云智能 APP 端,实现远程监测;手动模式下,用户也可改变阈值条件,远程控制系统作业。

实验测试装置验证了硬件、软件设计的正确性和合理性,能够较好地实现对植物的浇灌作业。

5 结论

设计了一款用于绿植养护的智能浇灌系统,对绿植生长环境和土壤湿度进行实时采集,对采集数据进行处理并输出控制信号,实现环境温湿度和土壤湿度信息的实时显示及智能浇灌的远程控制。

依托自主搭建的实验装置进行实验测试,由获得的结果可知:根据检测到的环境温湿度和土壤湿度等数据,一旦超出设定阈值范围,系统即自动开启水泵和风扇,同时发出报警信息以提醒用户,且用户可改变阈值条件,实现远程控制,可以满足对绿植智能养护系统的迫切需求。

参考文献:

- [1] 熊亮,祝爱萍.家用自动浇花机的设计[J].宁夏工程技术,2013,12(01):18-19.
- [2] 周晓蓉,黄宏星,唐伟力,等.一种采用钟表式定时开关装置的自动浇器:CN104396704A[P].2015-03-11.

- [3] 王薇,祖静,张瑜.简易自动浇花机的设计[J].电子测试,2011(06):106-109.
- [4] 崔庆权,尹逊和.一种简易盆栽浇花控制系统的设计与实现[J].电子测量技术,2015,38(02):109-112.
- [5] 张博,刘景艳,霍倩.基于 STC89C52 的家用自动浇灌装置[J].河北农机,2017(08):65-66+68.
- [6] 桂彩云,党学立,王娟.智能自动浇花系统设计[J].电子测试,2019(13):32-34.
- [7] 俞纪良,刘壮林,范海平,等.基于单片机的自动浇花系统设计[J].电子设计工程,2022,30(18):11-15.
- [8] 王波,王晋美,孙毅浩,等.基于 STM32 单片机的自动浇花系统设计[J].现代信息科技,2023,7(12):166-169.
- [9] 刘瑞妮.基于单片机的自动浇花系统的设计[J].微型电脑应用,2019,35(07):63-65.
- [10] 李明,任鹏,孔德龙,等.基于 Arduino 的自动浇花机[J].电气时代,2019(12):72-74.
- [11] 倪天龙.单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用[J].单片机与嵌入式系统应用,2010(06):60-62.
- [12] 周建民,尹洪妍,徐冬冬.基于 ZigBee 技术的温室环境监测系统[J].仪表技术与传感器,2011(09):50-52.
- [13] 张伟,宋梓源,王明茜.基于 STM32 智能灌溉系统的设计与实现[J].计算机技术与发展,2020,30(09):205-209.
- [14] 李阳.基于物联网的智能花卉养护系统的研究[D].哈尔滨:黑龙江大学,2017.
- [15] 迟天阳,杨方,果莉.节水灌溉中土壤湿度传感器的应用[J].东北农业大学学报,2006(01):135-137.
- [16] 王帅.自动计量麦田水肥一体化装置研究设计[D].泰安:山东农业大学,2019.
- [17] 李升红.基于 STM32 和 WIFI 技术的家居盆栽植物智能监控系统[D].武汉:武汉轻工大学,2018.
- [18] 张恒强,安霆,王乙涵,等.基于 ESP8266 的物联网技术应用研究[J].仪表技术,2022(03):26-29.
- [19] 张悦斌,李金娟,余钊炜,等.基于 IoT 的智能病床系统设计及实现[J].电子制作,2022,30(11):68-70.