

2018 Synopsys ARC 杯电子设计竞赛

技术论文

论文题目：

**植
物
管
家**

参赛单位：西安电子科技大学

队伍名称：西电 516

指导老师：董刚

参赛队员：罗朋 杨翔宇 苗俊杰

完成时间：2018 年 05 月 28 日

基本情况表

队伍名称	西电 516			单位名称	西安电子科技大学
项目名称	植物管家				
项目负责人	罗朋			联系方式	15529201295
指导老师	董刚			职务	教授
参赛 队员 信息	姓名	学历	证件号码	专业	分工情况
	罗朋	研一	510824199509075378	微电子学与 固体电子学	主要负责软件 编程
	杨翔宇	研一	350322199608161052	集成电路工 程	主要负责协调 分工
	苗俊杰	研一	410881199412207032	集成电路系 统设计	主要负责硬件 搭建
项目时间	2018 年 2 月 28 日 - 2018 年 5 月 28 日				
队伍简介	均由研一学生在老师带领下独立自主完成。				
参与项目					
获奖情况 (校级及 以上)					
研究专长					
其他					

摘 要

随着社会的发展和人们生活水平的提高，大家越来越注重生活质量的提高，使得盆栽在家庭中越来越普遍，但是家庭盆栽不同于普通的植物或作物，其对生长条件的变化比较敏感，对人们的培育技能要求较高，这使得对盆栽的管理尤其是对盆栽的浇灌成为困扰家庭用户的重要难题。

在盆栽种植中，人们对盆栽水分的需求情况并不十分了解，往往凭借经验和主观感觉对盆栽进行浇灌，同时，由于人工操作很难准确把握浇水量，经常导致盆栽植物烂根或干枯等情况，这对盆栽的生长十分不利。另一方面，随着人们生活节奏的加快，经常由于外出无法及时浇灌和照看盆栽，而发生因为不及时或过于频繁浇灌造成盆栽出现枯黄等现象。

为了解决上述问题，我们设计了一款智能花盆产品——植物管家。该花盆可通过环境温湿度传感器、土壤湿度传感器、光照传感器等对植物的生长环境的各项数据进行实时监控，利用 ARMAX 算法及实时网络数据结合植物信息库进行水量、肥料、光照的预测，从而实现光照、补充、光照的补充等相应措施，提高植物生存能力和质量，同时还可以通过 WIFI 无线传输将采集数据传回控制终端，实现植物生长的远程检测与控制。

关键词：智能浇灌 ARMAX 算法 CUSUM 检测 物联网 智能家居

ABSTRACT

With the development of society and the improvement of people's living standards, people are paying more and more attention to the improvement of quality of life, making potted plants more and more common in families. However, family pot plants are different from ordinary plants or crops, and they are sensitive to changes in growth conditions. The requirement for people's nurturing skills is high, which makes the management of potted plants, especially the irrigation of potted plants, become an important problem for home users.

In pot planting, people's demand for pot water is not well understood, and pots are often watered by experience and subjective sense. At the same time, it is difficult to accurately determine the amount of watering due to manual operations, often resulting in potted plants rot or dry. Situation, this is very unfavorable to the growth of potted plants. On the other hand, with the acceleration of people's life rhythm, potted plants often cannot be watered or taken care of in time, and the phenomenon of browning in pots due to untimely or frequent watering occurs.

In order to solve the above problems, we have designed a smart flower pot product - plant steward. The flowerpot can monitor the data of the growing environment of the plant in real time through the ambient temperature and humidity sensor, soil moisture sensor, light sensor, etc., and use the ARMAX algorithm and real-time network data in conjunction with the plant information database to predict the amount of water, fertilizer, and light. In order to increase the viability and quality of plants, corresponding measures such as lighting, supplementation, and lighting supplementation can be achieved. At the same time, the collected data can be transmitted back to the control terminal through WIFI wireless transmission to achieve remote detection and control of plant growth.

Keywords: Smart Watering ARMAX Algorithm CUSUM detection
Internet of Things Smart Home

目 录

基本情况表	ii
摘 要	iii
ABSTRACT	iv
目 录	V
第一章 方案论证	1
1.1 项目概述	1
1.2 资源评估	1
1.3 预期结果	2
1.4 项目实施评估	3
1.5 补充说明	3
第二章 作品难点与创新	4
2.1 作品难点分析	4
2.2 创新性分析	4
2.3 小结	5
第三章 系统结构与硬件实现	6
3.1 系统原理分析	6
3.2 系统结构	6
3.3 硬件实现	7
3.3.1 土壤湿度检测	7
3.3.2 环境温湿度检测	8
3.3.3 光照强度检测	9
3.3.4 水位检测	10
3.3.5 浇灌控制	11
3.3.6 WIFI 模块	12
3.3.7 其他模块	12
3.4 小结	13
第四章 软件设计流程及实现	14
4.1 软件设计流程	14
4.2 软件实现	14

4.2.1 算法一：ARMAX.....	14
4.2.2 算法二：CUSUM.....	15
4.3 小结.....	16
第五章 系统测试与分析	17
5.1 系统测试指标.....	17
5.2 测试环境.....	18
5.2.1 验证开发平台.....	18
5.2.2 测试方案.....	18
5.3 测试结果.....	18
5.3.1 功能测试.....	18
5.3.2 指标测试.....	20
5.3 结果分析.....	20
第六章 总结展望	21
参考文献.....	22

第一章 方案论证

1.1 项目概述

家庭盆栽不同于普通的植物或作物，生存环境的变化对其生长影响较大，由于其对环境特殊的敏感性使得人们的培育和管理要求较高，人们对于盆栽植物的用水量常凭主观猜测进行浇灌，同时生活节奏的加快使得人们管理盆栽的精力减少，造成盆栽因缺水或过分补给出现各种不良生长状况。

为解决上述难题，市面上已经出现很多依靠传感器实时监测土壤湿度的变化进行简单的控制浇灌，无法根据植物类型制定个性化浇灌方案，造成水资源的不合理利用。

本文针对上述问题，综合利用传感技术、ARMAX 算法(时间序列预测技术)、规则库设计、以及借助机智云平台进行数据传输和实时检测与控制，最终在移动通信设备上实现人机交互目的。通过土壤湿度、环境温湿度、光照等传感器采集实时数据，通过 ARMAX 模型及规则库确定盆栽的最佳浇灌时间和适宜的用水量，实现精准浇灌。同时将当前的传感器数据上传到机智云平台，通过 WIFI 无线传输到手机客户端使客户实时了解盆栽的生活状态。

目前上述方案在 ARC (V2.2 版本，内核 ARC EM7D) 开发板上已实现各种传感器（土壤湿度、环境温湿度、光照强度、光电水位等传感器），控制器（继电器、电机、电源电压转换等），LCD 显示屏，ADC 模数转换器的功能实现和协调工作，ARMAX 模型的建立和仿真已在 MATLAB 上实现了功能仿真，实现了多环境变量影响下土壤湿度的精准预测，以及人机交互方面也以实现机智云平台的数据点建立、传输、通信，能够在手机客户端实现交互目的。

1.2 资源评估

本系统硬件模块采用：电容式土壤传感器，AD 芯片，DHT22 温湿度传感器，BH175-0FVI 光照模块，WIFI 模块，光电式水位传感器，继电器，水泵，电源电压转换模块，LED 灯，LCD 显示屏等，详细内容见表 1.1。

表 1.1 各模块资源使用情况

硬件模块	数据传输类型	数据引脚数	金额
电容式土壤传感器	模拟信号	1	7.85
DHT22	数字单总线	1	13.00
BH1750FVI 光照模块	IIC 总线	3	6.24
ADC	数字单总线	2	7.60
WiFi 模块	串口通信	2	9.30
光电式水位传感器	数字单总线	1	1.44
水泵	——	——	9.80
继电器	——	4 通道	8.05
电源模块	——	——	4.72
LED	——	——	1.00
LCD	IIC 总线	2	21.9
亚克力板	——	——	56.00

以上设备均可从淘宝直接购买。

1.3 预期结果

植物管家最终应具有的基本功能如下：

- (1) 实时检测土壤的湿度并上传数据
- (2) 实时检测空气中的温度与湿度并上传
- (3) 实时检测光照强度并上传
- (4) 人机交互显示植物生长环境状况，且能自定义植物生长环境
- (5) 结合 ARMAX 和规则库对植物进行光照补充、自动浇水、自动施肥
- (6) 养料、储水补充警报提醒
- (7) 可根据用户喜好关闭特定功能，实现不同工作模式

（8） 远程监测和控制植物生长状况

上述功能目前基本都已实现，但需要后期不断观察和升级改进。

1.4 项目实施评估

项目具体实施是在其上交的初步方案改进而来，通过参考初期方案，进行硬件配置，软件编程，但在实施过程中主要遇到三个难点：

- （1） 花盆造型预计设计 CAD 图，进行 3D 打印制成，但因为成本原因，改用亚克力板裁剪封胶制成。
- （2） 基于时间序列预测的 ARMAX 模型，由 ARMA 模型（单变量时间预测）演变过来，ARMA 运用较多，但基于 ARMAX 模型的多变量时间预测资料较少，给建模与编程仿真带来一定难度。
- （3） 在运用机智云平台实行数据的实时传输、监测、控制前，计划用 EMBARC 软件包搭建服务器，后因任务量过大且难度过大，故借助机智云平台实现数据实时传输目的。

对于项目分工配置没有过于明确的界限，三个人均参与整个项目的各个环节，目前上述难题基本已攻克，但还需后续的优化和升级。

1.5 补充说明

本项目基于 Synopsys ARC 开发板（版本 2.2,内核 ARC EM7D）实施，从方案确定及实施完成过程中完全在老师带领下自主独立完成。

第二章 作品难点与创新

2.1 作品难点分析

智能浇灌的关键在于确定最少的浇水量、养料液、合适的光照保证盆栽最佳的生活状态，主要关注点分为两面：①确定植物何时需要浇水以及浇水量；②浇水方式选择和浇灌最佳时间。在目前的农业浇灌方式中普遍存在着用水浪费问题，针对其的智能浇灌系统也已问世，但针对家庭盆栽的小型植株的智能浇灌系统还比较少。

传统浇灌过程中没有来自控制模块的反馈信息，大部分的控制系统是通过用户设定开始浇灌的时间和结束浇灌的时间等，这些参数都是在整个环节的开始就预先设定好了的。由于不能检测植物实时的土壤湿度情况，大部分情况下并不能对植物进行合理科学的浇灌。为了解决该问题，需要特定算法来实现智能浇灌。

本作品采用盆栽与监测设备可分离的方案，对于花盆造型的设计和硬件的搭建以及尽可能利用花盆空间是一个考验，同时基于时间序列分析的 ARMAX 的建模与仿真资料较少，需要深入了解学习，最后如何实现数据的实时传输，预测，以及远程监测和控制也是一个需要深入学习解决的问题。

2.2 创新性分析

本次设计的智能花盆——植物管家，充分利用传感器采集土壤和环境信息，构建带有外因输入的自回归移动平均模型(Auto Regressive Moving Average with eXogeneous inputs, ARMAX)对未来土壤湿度进行预测，将预测结果和库中相关规则进行决策，最终控制系统浇灌。同时利用历次浇灌用水量数据和环境变量构建 CUSUM 模型，预测当前浇灌用水量并完成自动浇灌。通过智能化分析，使盆栽植物的土壤湿度在该类植物适宜的范围内保持平稳，同时通过预测方法实现对盆栽的精准浇灌。

同时，在功能上，用户可以根据使用习惯和喜好，设置关闭自动浇水，自动施肥，余量警示提醒等特定功能，为不同的用户人群提供更合理的选择。

而结构上，整个花盆可以实现与底盘，液体槽，控制端分离，分离后的花盆可以与正常花盆无异，爱好花草人士既能体验到养护花草的乐趣，又可以实现智能养花的目的。

除此之外，花盆具有 WIFI 通信模块，通过互联网，用户在移动终端可以随时随地控制和管理植物的生长状况，还可以了解运行设备的状态及其它相关的信息。

2.3 小结

本文综合利用传感技术，ARMAX 预测及 CUSUM 检测算法，结合规则库设计设计了一套专门用于家庭盆栽的智能化自动浇灌系统。该系统利用 ARMAX 算法对土壤湿度进行预测，提前预测盆栽是否缺水，通过 CUSUM 算法检测并结合规则库，选择最佳浇灌时间，使盆栽的土壤湿度维持在适宜的范围内，同时 WIFI 模块可以实现在移动终端的实时读取和控制，保证盆栽的健康生长。

第三章 系统结构与硬件实现

3.1 系统原理分析

植物管家智能浇灌系统的数据采集与反馈控制模块主要由 ARC 主控板、土壤湿度传感器、环境温湿度传感器、浇水模块、WIFI 模块等组成，从而实现主要前台数据的采集、传输。

- (1) 前台数据采集与反馈控制模块：用于环境温湿度信息、土壤湿度信息的采集与传输，并对 ARC 开发板发出的命令进行响应与反馈；
- (2) 土壤湿度预测模块：对于前台采集的数据进行预处理，利用处理后的数据构建时间序列预测模型，对土壤湿度进行预测，判断是否需要对盆栽进行浇灌；
- (3) 规则库模块：将与植物相关的知识以产生式规则库中，用以土壤湿度预测模块决定是否实施浇灌；
- (4) 用水量预测模块：利用历史用水量和土壤湿度变化情况构建模型，根据当前土壤湿度情况和期望达到的土壤湿度，用模型预测所需用水量，使土壤湿度精确控制在规定的范围内。

在 ARC 开发板的控制下，土壤湿度、环境温湿度传感器按照一定时间间隔采集盆栽的土壤湿度信息和所处的环境的温湿度信息，这些原始信息数据通过 ARMAX 等算法经过处理和转换，可由主板上的 WIFI 接口以无线方式传到终端，系统经过对数据分析得出植物当前条件是否适宜，并做出浇水灌溉和光照等具体措施。

3.2 系统结构

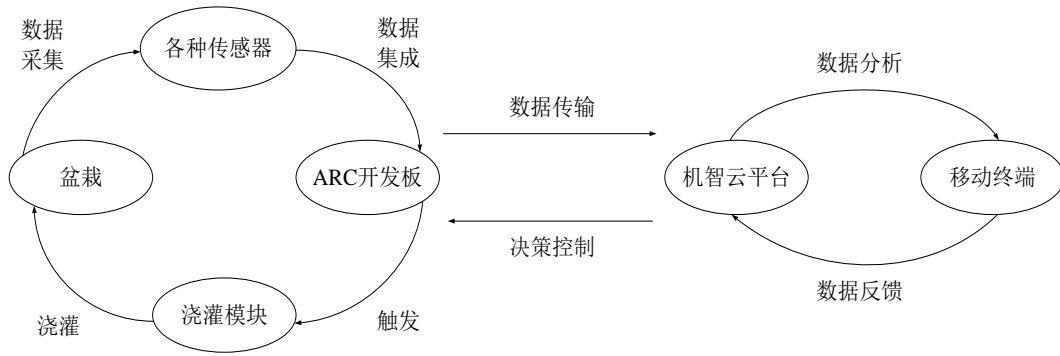


图 3.1 系统总体结构

系统内部工作流程为：①传感器按照设置的频率值（间隔时长 30s）采集盆栽的土壤湿度信息和所处环境的温湿度信息；②ARC 开发板负责将传感器采集的信息进行转换和集成，并将集成的信息通过 WIFI 模块以无线传输的方式送到机智云平台，与移动终端交互③智能分析与控制模块利用机智云平台与 ARMAX 算法进行分析和预测，将分析结果保存在机智云平台；④机智云平台向 ARC 开发板发送决策信号，同时在移动终端显示；⑤ARC 开发板结合 CUSUM 算法并根据决策信号控制浇灌模块采取相应措施，完成对盆栽的浇灌。

3.3 硬件实现

3.3.1 土壤湿度检测

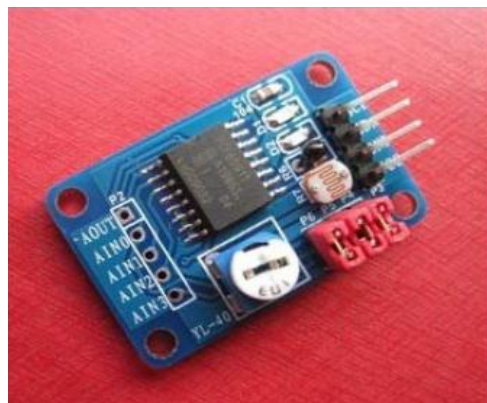
植物管家使用的土壤湿度传感器为电容式土壤传感器，电容式土壤湿度传感器区别于市面上绝大部分的电阻式传感器，采用电容感应原理来检测土壤湿度。避免了电阻式传感器极易被腐蚀的问题，极大地延长了工作寿命，如图 3.2（a）所示，该传感器小巧灵活，占用主控引脚少，检测湿度的精度较高的优点，可以满足本次项目要求。

AD 芯片采用 PCF8591，其具有单片集成，单独供电，低功耗，8-bits CMOS 数据获取等特点。PCF8591 具有 4 个模拟输入，1 个模拟输出和 1 个串行 I2C 总线接口。基于体积和功耗小，兼容性强等优点，PCF8591 被广泛运用。实物图见图 3.2（b）。

测试过程中采用 2 个土壤湿度传感器分别采集不同方位的土壤湿度，并将采集的模拟信息通过 AD 转换芯片转换为数字信号，土壤湿度传感器与 AD 模块的电路原理连接图见图 3.3。



(a)



(b)

图 3.2 (a) 土壤湿度传感器和 (b) PCF8951 模数转换模块

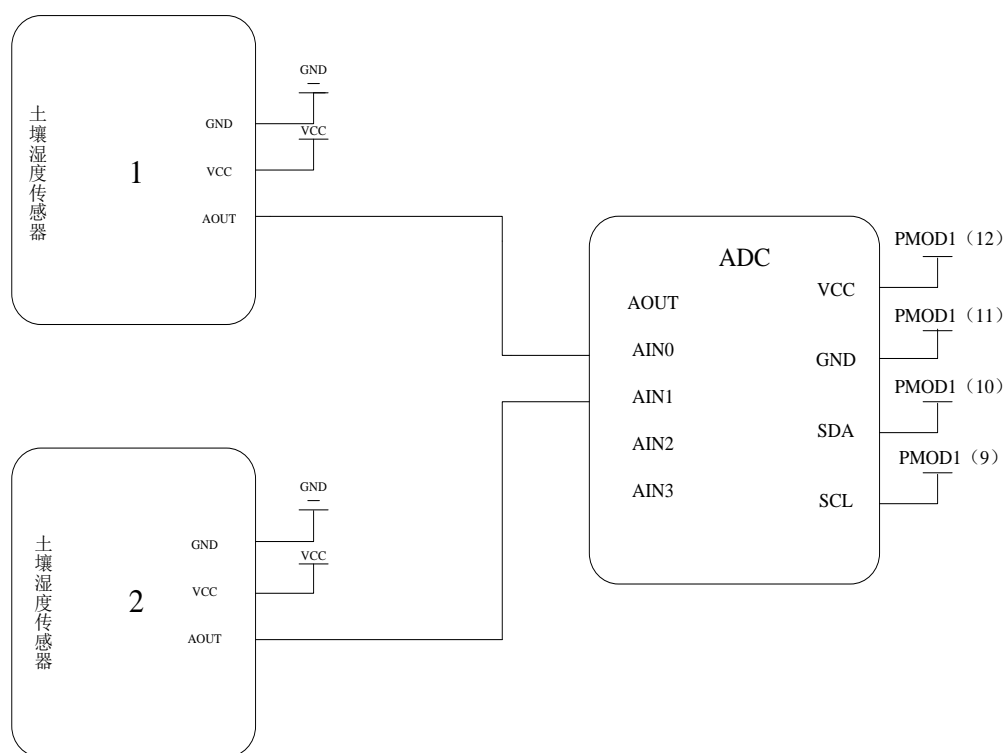


图 3.3 土壤湿度传感器与 AD 电路原理连接图

3.3.2 环境温湿度检测

本次项目中采用 DHT22 环境温湿度传感器检测环境温湿度的变化。该传感器具有较高的抗噪能力、响应快的特点。其测量之范围为湿度 0% 到 100% 度，温度 -20℃ 到 80℃，基本能够检测到盆栽正常生长所需的所有环境情况。其实物图见图 3.4。

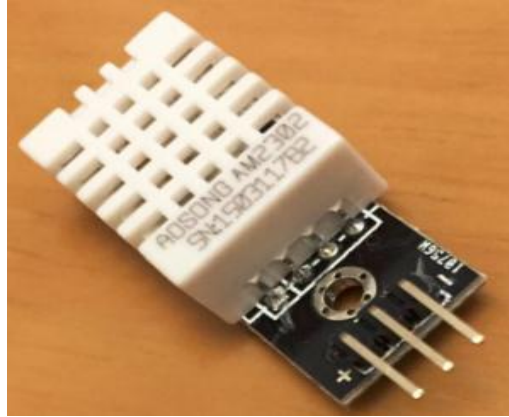


图 3.4 DHT22 环境温湿度检测模块

通过 GPIO 单独控制数据引脚，将采集到的环境信息显示出来，其电路原理连接图见图 3.5。

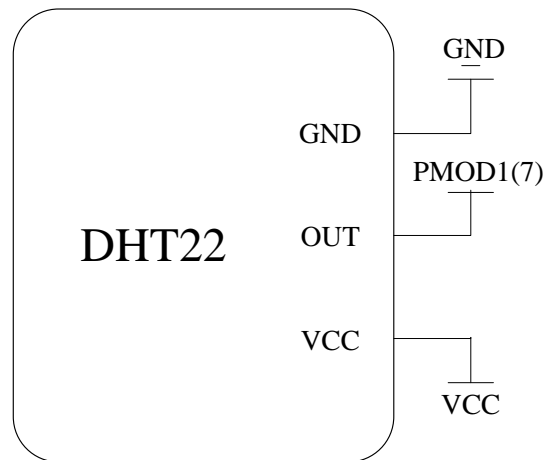


图 3.5 DHT22 与 ARC 开发板连接电路原理图

3.3.3 光照强度检测

本次项目采用光强度检测模块 BH1750FVI，如图 3.6 所示。该传感器的供电电源为 3-5v，其光照强度范围较为广泛，该传感器内部配置有 16 位模数转换器，通过 IIC 总线直接输出检测数据，其测量精度完全可以满足本花盆的要求。

BH1750FVI 与 ARC 开发板连接的电路原理图见图 3.7。

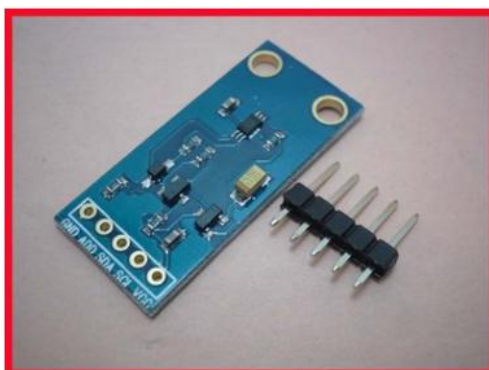


图 3.6 光强度检测模块 BH1750FVI

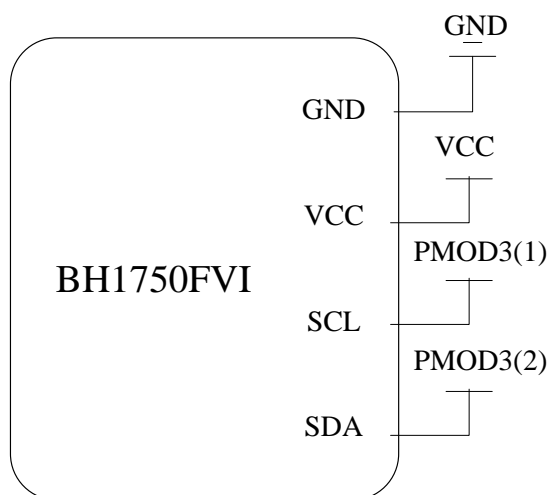


图 3.7 BH1750FVI 与 ARC 开发板连接电路原理图

3.3.4 水位检测

本次项目采用水位传感器是一款简单易用、性价比较高的水位/水滴识别检测传感器，如图 3.8 所示。其是通过具有一系列的暴露的平行导线线迹测量其水滴/水量大小从而判断水位。轻松完成水量到模拟信号的转换，输出的模拟值可以直接被 ARC 开发板读取，达到水位报警的功效。

项目中分别使用两个水位传感器分别对水槽和营养液槽实时监测，并将采集的水位信息连接至 ADC，将数据转化为数字信号被 ARC 开发板集成。其与 ADC、ARC 开发板的电路连接原理图见图 3.9。



图 3.8 光电式水位传感器

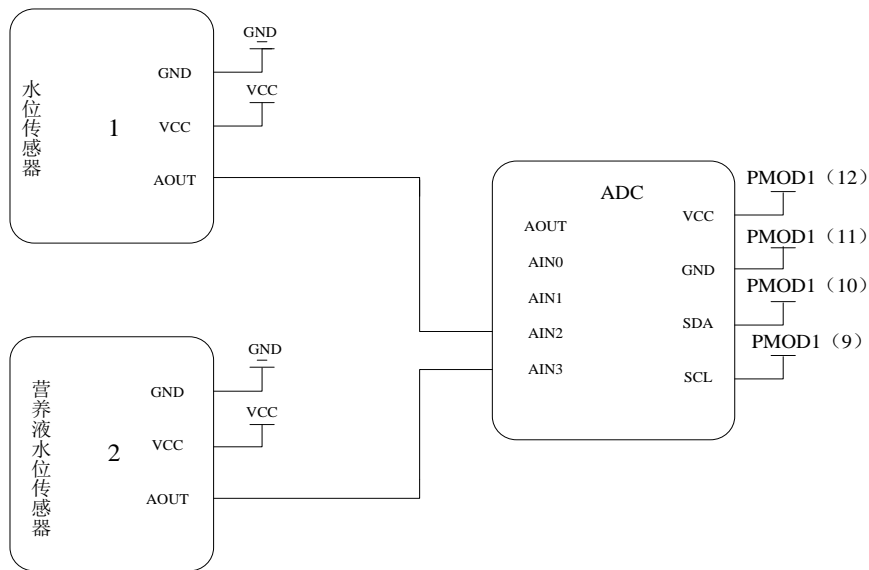


图 3.9 水位传感器与 AD、ARC 开发板连接电路原理图

3.3.5 浇灌控制

本次项目采用 4 通道继电器输出模块, 将环境传感器和土壤传感器监测的植物生长环境各项数据经过 ARMAX 算法处理后, 和标准的生长环境进行对比, 如果生长环境没有达到标准, 系统自动根据处理的数据结果, 输出控制信号, 控制继电器, 从而控制了水泵的通断, 完成定量的浇花施肥的工作。当光照不足时, 系统将会发出补充光照指令, 通过继电器控制 LED 灯的亮灭。

由于水泵正常工作时所需电压超过了 ARC 开发板 I/O 口的输出电压, 故增加了一块电源模块为其供电, 继电器、微型水泵、电源模块实物图分别如图 3.10 (a)、(b)、(c) 所示。

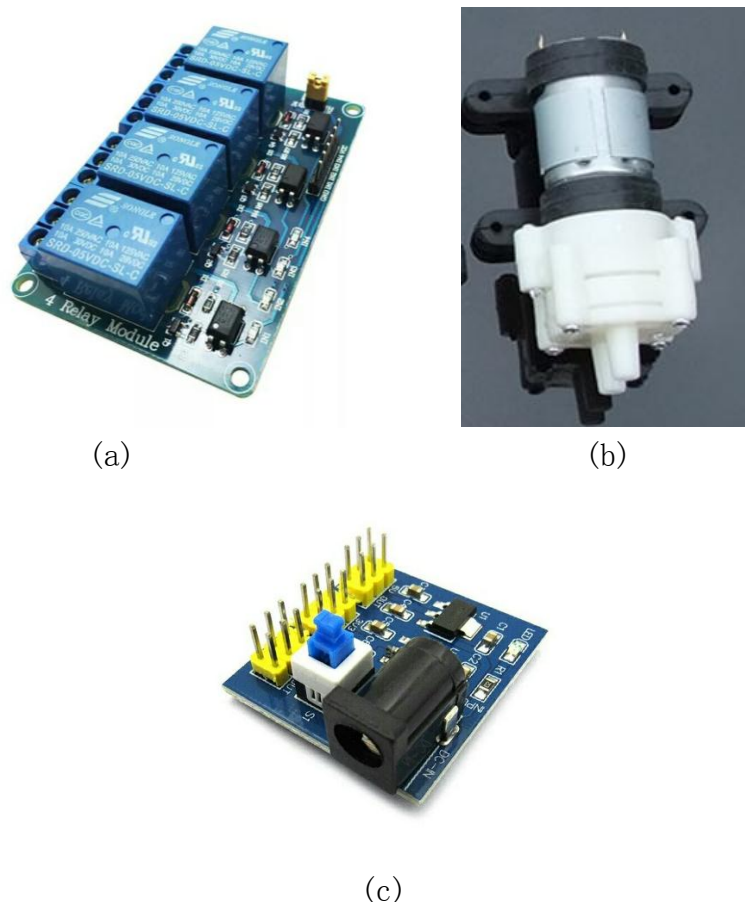


图 3.10 (a) 继电器、(b) 微型水泵、(c) 电源模块

3.3.6 WIFI 模块

本次项目采用的 WIFI 模块型号为 ESP8266, 是一个完整且自成体系的 WIFI 网络解决方案, 能够搭载软件应用, 或通过另一个应用处理器卸载所有 WIFI 功能。当无线上网接入承担 WIFI 适配器的任务是, 可以将其添加到任何基于微控制器的设计中, 连接简单易行, 只需通过 SPI/SDIO 即可。

将 WIFI 模块与机智云平台通信配置好后, 可以与机智云平台建立实时的数据通信, 并通过机智云平台将数据实时显示在移动终端。

WIFI 模块的实物图及引脚说明图分别见图 3.11 和图 3.12。其与 ARC 开发板连接的电路原理图见图 3.13。

3.3.7 其他模块

本次项目采用的 LED、输水管道等其他硬件部分详见植物管家实物图。

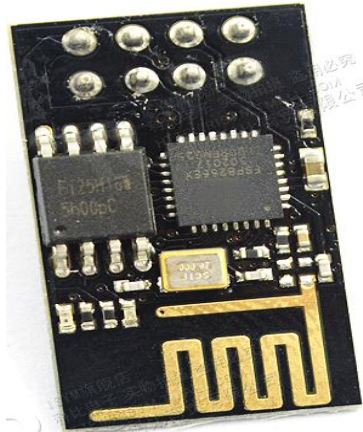


图 3.11 WIFI 模块

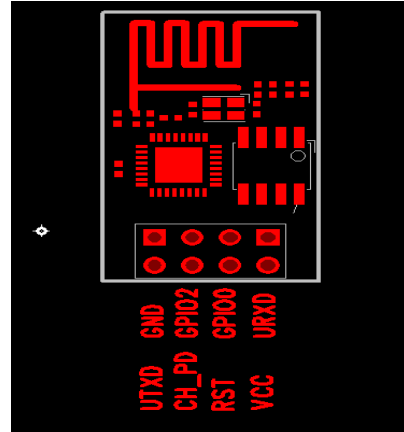


图 3.12 WIFI 引脚图

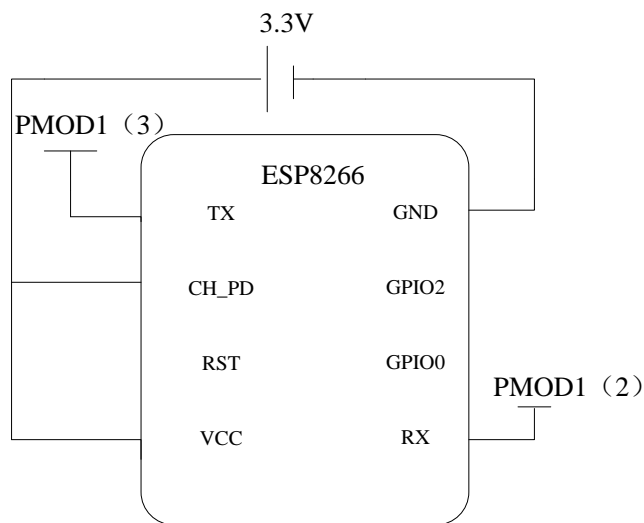


图 3.13 WIFI 模块与 ARC 开发板连接电路原理图

3.4 小结

本次项目采用系统结构如图 3.1 的系统结构，基于控制各模块之间的协调工作，通过 ARC 主控制板各传感器的连接，实时监测植物生长环境，并通过 ARMAX 算法进行实时预测，通过 WIFI 来实现数据与移动终端的实时交互，实现对植物的监测与培育。其中 ARMAX 算法利用从各传感器得到的数据在主控制板中实现。并对浇灌系统和光照系统控制。

第四章 软件设计流程及实现

4.1 软件设计流程

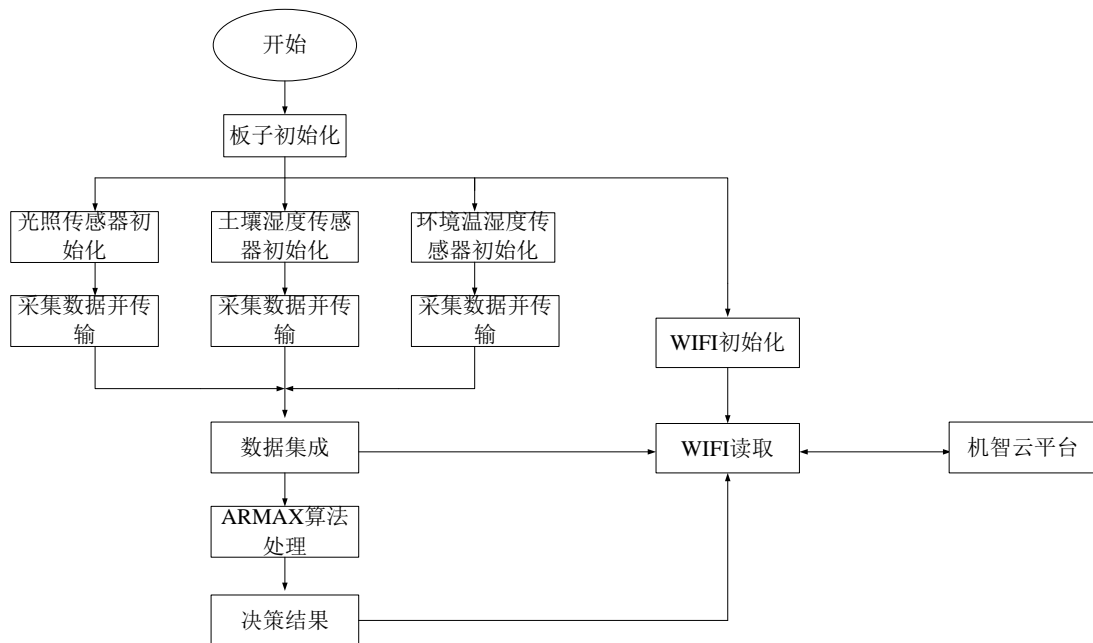


图 4.1 软件流程图

4.2 软件实现

本项目中所采用的各个模块的驱动程序均基于 EMBARC 软件包中的示例编写而成，用到了 GPIO，I2C，串口通信等通信方式，其程序的详细信息见上传的软件包。用于预测土壤湿度的 ARMAX 算法，是基于时间序列算法 ARMA 演变而来，算法具体编程仿真基于 MATLAB 完成，预测结果良好，证实 ARMAX 的可预测性，其具体编写程序详见上传软件包，其算法的基本过程如下：

4.2.1 算法一：ARMAX

土壤湿度的变化受多种因素影响，其一般随天气和周围环境的变化而变化，当光照充足温度较高时，土壤中的水分蒸发比较快，土壤湿度下降快，反之，土壤湿度下降慢。传统的时间序列预测模型通常使用单变量模型(ARMA) 进行预

测在 ARMA 模型中只考虑历史变量对预测结果的影响，并未考虑环境因素的影响。为更精确预测将来某一时刻的土壤湿度情况，需要考虑植物所处环境等因素的影响，因此本系统采用了多变量时间序列模型(ARMAX) 预测土壤湿度的状态。ARMAX 模型是一种具有多输入变量的自回归移动平均模型，将环境变量引入了回归预测函数中，其模型表示如下：

$$y_k = a_{1,k}y_{k-1} + \dots + a_{n_A,k}y_{k-n_A} + b_{0,k}^{(1)}u_{k-d^{(1)}}^{(1)} + \dots + b_{n_B,k}^{(1)}u_{k-d^{(1)}-n_B^{(1)}}^{(1)} + \dots + b_{0,k}^{(n)}u_{k-d^{(n)}}^{(n)} + \dots + b_{n_B,k}^{(n)}u_{k-d^{(n)}-n_B^{(n)}}^{(n)} + \varepsilon_k + c_{1,k}\varepsilon_{k-1} + \dots + c_{n_C,k}\varepsilon_{k-n_C}$$

其中 $\{y_k, \dots, y_{k-n_A}\}$ 代表k时刻前 n_A 个历史土壤湿度， $\{u_k^{(1)}, \dots, u_k^{(n)}\}$ 代表的是k时刻的环境温度、湿度等环境变量， $\{\varepsilon_k, \dots, \varepsilon_{k-n_C}\}$ 代表的是噪声项； $a_{i,k}$ 、 $b_{j,k}^{(i)}$ 和 $c_{i,k}$ 表示随时间变化的模型参数， $b_{j,k}^{(i)}$ 中的 $i = 1, \dots, n$ ， $j = 0, \dots, n_B^{(i)}$ ， n 表示的环境变量的个数； n_A 和 n_C 表示的模型阶数， $n_B^{(i)}$ 表示的第 i 个环境变量的模型阶数； $d^{(i)}$ 表示的是由于数据传输导致的第 i 个变量的输入延迟。

时间序列模型可以改写为线性回归方式，其形式如下：

$$y_k = \varphi_{k-1}^T \hat{\theta}_{k-1} + e_k = \hat{y}_k + e_k$$

y_k 和 \hat{y}_k 分别表示第k个采样时刻系统监测到的实际值和模型计算出的估计值。 e_k 表示由模型引起的残差。 φ_{k-1}^T 表示历史观测值向量， θ_{k-1} 表示随时间变化的模型参数的估计值。对于多变量模型，其 φ_{k-1}^T 和 θ_{k-1} 分别表示如下：

$$\varphi_{k-1} = \left[y_{k-1} \dots y_{k-n_A} \dots u_{k-d^{(i)}}^{(i)} \dots u_{k-d^{(i)}-n_B^{(i)}}^{(i)} \dots e_k \dots e_{k-n_C} \right]^T$$

$$\hat{\theta}_{k-1} = \left[\hat{a}_{1,k-1} \dots \hat{a}_{n_A,k-1} \dots \hat{b}_{0,k-1}^{(i)} \dots \hat{b}_{n_B,k-1}^{(i)} \dots \hat{c}_{1,k-1} \dots \hat{c}_{n_C,k-1} \right]^T$$

用来计算模型参数的加权最小二乘法如下：

$$\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_{k-1} + K_k e_k = \hat{\theta}_{k-1} + K_k \{y_k - \varphi_{k-1}^T \hat{\theta}_{k-1}\}$$

$$K_k = \frac{P_{k-1} \varphi_{k-1}}{\lambda + \varphi_{k-1}^T P_{k-1} \varphi_{k-1}}$$

$$P_k = \frac{1}{\lambda} \left[P_{k-1} - \frac{P_{k-1} \varphi_{k-1} \varphi_{k-1}^T P_{k-1}}{\lambda + \varphi_{k-1}^T P_{k-1} \varphi_{k-1}} \right]$$

其中， K_k 和 P_k 分别表示估计收益向量和误差变量矩阵的估计值， λ 是遗忘因子($0 < \lambda \leq 1$)

4.2.2 算法二：CUSUM

CUSUM 算法在工业异常检测中经常用到，是用来检测异常的常用算法，具有计算简单、效率高的特点，并能连续的监控输入的随机变量，因此被广泛应用到需要实时检测的环境中。而且，通过对算法设置不同的检测参数、修改期望值产生方式、阈值的动态产生等方法，可以使该算法具有很好的自适应性。

CUSUM 算法是检测一个统计过程其均值变化的算法，如果参数模型是已知的，则该算法是渐进最优的。依据随机序列的概率分布随着过程发生变化而改变，CUSUM 算法可以实现其检测。将报警阈值设为 $h>0$ ，假设在观测点 n 处发生了 $Z_n>h$ 办 ($Z_i\leq h, i = 1,2, \dots n-1$)，则触发报警，确定在观察点 n 以前的统计量发生了均值偏移。CUSUM 算法对变化较小的序列检测较为敏感。CUSUM 算法的定义如下：

$$C_k = \sum_{i=1}^n \hat{y}_{k+i|k} - (\mu_0 + K)$$

其中， μ_0 是稳态过程的均值， K 是参考值，其值通常取为 μ_0 与需检测出的过程偏移 μ_1 的一半，如下：

$$K = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2}$$

若 C_k 小于零，令 C_k 为 0；若 C_k 比决策值 H 大，

$$H \approx 5\sigma$$

则认为过程均值偏移到了 μ_1 ， σ 为标准差。

ARMAX 与 CUSUM 算法详见编写过程见上传的软件包。

其经过 MATLAB 仿真程序预测结果见图 4.2。

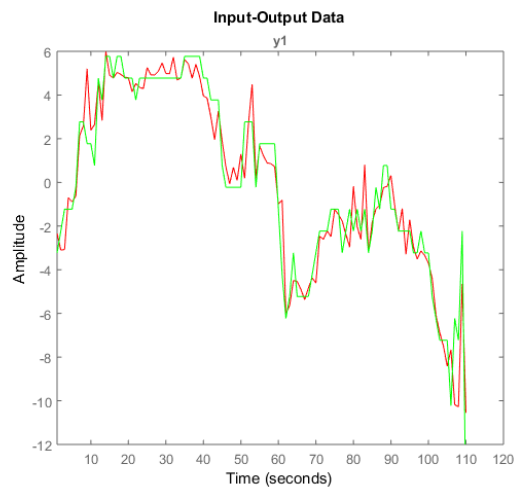


图 4.2 MATLAB 仿真结果图

由此可以看出此算法的可预测性，中间数据和过程见上传的 MATLAB 程序。

4.3 小结

本次项目利用 ARC 开发板，及 EMBARC 软件包，编写各个模块的驱动程序，采集的植物生长信息通过 ARMAX 算法进行数据处理整合，并通过 WIFI 与机智云平台进行数据通信，实时监测和控制植物的生长状况。

第五章 系统测试与分析

5.1 系统测试指标

为了结构化的存储系统数据，方便数据之间的关系表达和数据的管理，提高数据的共享性和独立性，同时减少数据冗余，系统中的数据使用机智云数据管理机制存储，需要存储的数据有用户信息、盆栽种类信息、前台采集的温湿度信息等，详细数据点见图 5.1。

				+ 新建数据点		管理 ▾
显示名称: soil_moisture	标识名: soil_moisture	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: 1 - 100	分辨率: 1	增量: 1				
备注: 无						
显示名称: enveriment_wet	标识名: enveriment_wet	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: 1 - 100	分辨率: 1	增量: 1				
备注: 无						
显示名称: enveriment_Temp	标识名: enveriment_Temp	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: -40 - 100	分辨率: 1	增量: -40				
备注: 无						
显示名称: relay_water	标识名: relay	读写类型: 可写	数据类型: 布尔值			
备注: 无						
显示名称: water_line	标识名: water_line	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: 0 - 30	分辨率: 1	增量: 0				
备注: 无						
显示名称: nutrition_line	标识名: nutrition_line	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: 0 - 30	分辨率: 1	增量: 0				
备注: 无						
显示名称: relay_nutrition	标识名: relay_nutrition	读写类型: 可写	数据类型: 布尔值			
备注: 无						
显示名称: light_level	标识名: light_level	读写类型: 只读	数据类型: 数值			
数据范围: 0 - 65536	分辨率: 0.1	增量: 0				
备注: 无						

显示名称: LED	标识名: LED	读写类型: 可写	数据类型: 布尔值		
备注: 无					
显示名称: soil_moisture_1	标识名: soil_moisture_1	读写类型: 只读	数据类型: 数值		
数据范围: 1 - 100	分辨率: 1	增量: 1			
备注: 无					

图 5.1 系统指标数据

图中数据点从上到下依次是 soil_moisture(土壤湿度 1), envirement_wet(环境湿度), envirement_Temp(环境温度), relay_water(控制水槽开关的继电器控制口), water_line(水槽水位线), nutrition_line(营养液水位线), relay_nutrition (控制营养液槽开关的继电器控制口), light_level(光照强度), LED, soil_moisture1 (土壤湿度 2)。

5.2 测试环境

基于 EMBARC 软件包, MATLAB 仿真工具, 机智云平台, 移动终端 (智能手机), 通过 C 语言编程验证上述数据的采集及处理。

5.2.1 验证开发平台

EMBARC 软件包, MATLAB 仿真工具, 机智云平台, 移动终端

5.2.2 测试方案

将各个模块按照硬件介绍部分的连接方法连接至 ARC 开发板, 下载程序, 并设置局域网连接 WIFI, 同时打开 PC 登录机智云平台, 打开手机机智云 APP, 绑定设备, 通过刷新可以实时获取数据, 并且可以通过手机控制是否浇灌和补充光照, 详细操作流程见上传视频。

5.3 测试结果

5.3.1 功能测试

通过 WIFI 实时传输数据, 在移动终端可以实时读取到当前的环境状况, 见图 5.2 (a) 和 (b), 也可以通过移动终端控制灯光和浇灌设置, 见图 5.3 (a) 和 (b), 也可以在 ARMAX 预测之后系统自动浇灌 (此部分详见上传视频)。

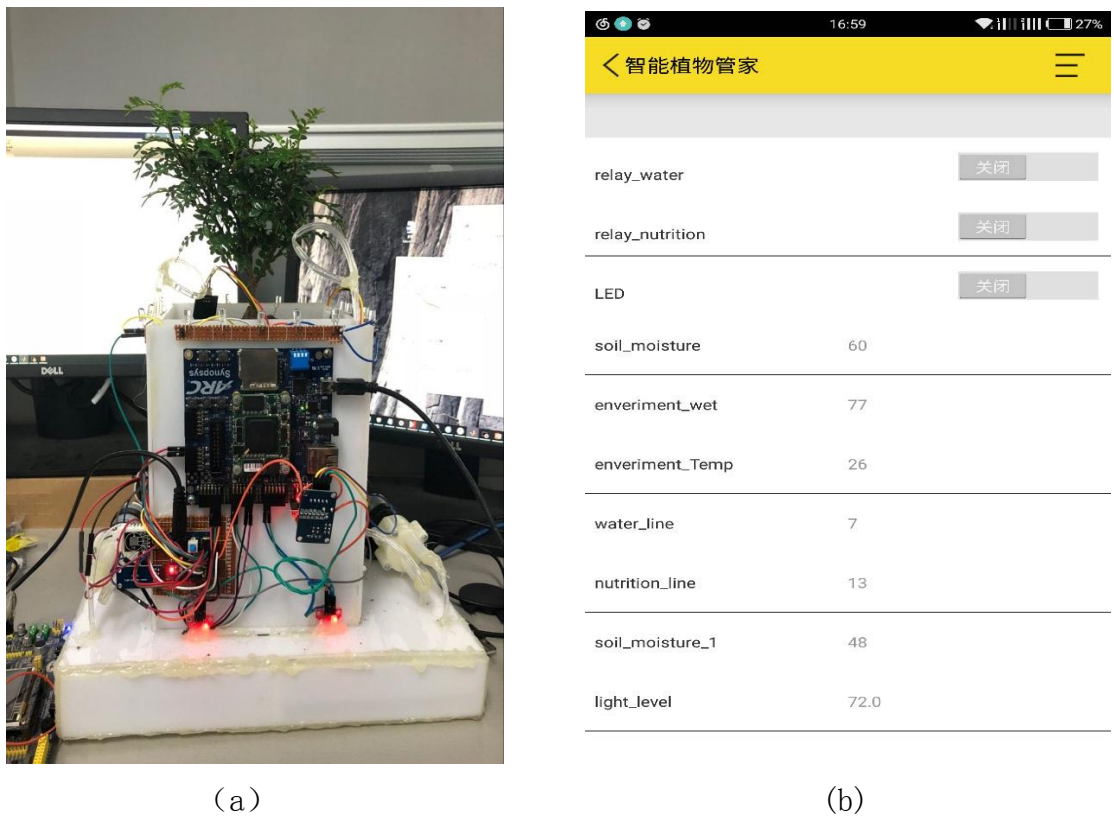


图 5.2 监测数据图过程图

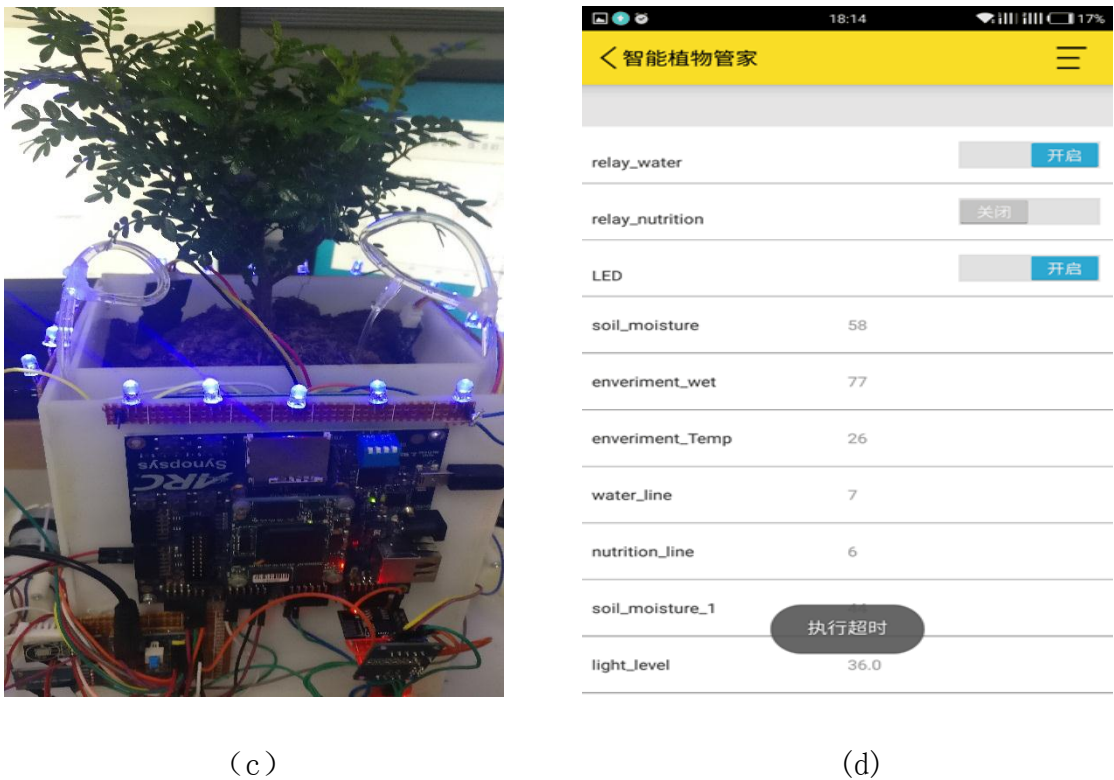


图 5.2 监测数据与控制过程图

由图可以看出所采用的硬件模块的功能均可正常实现。

5.3.2 指标测试

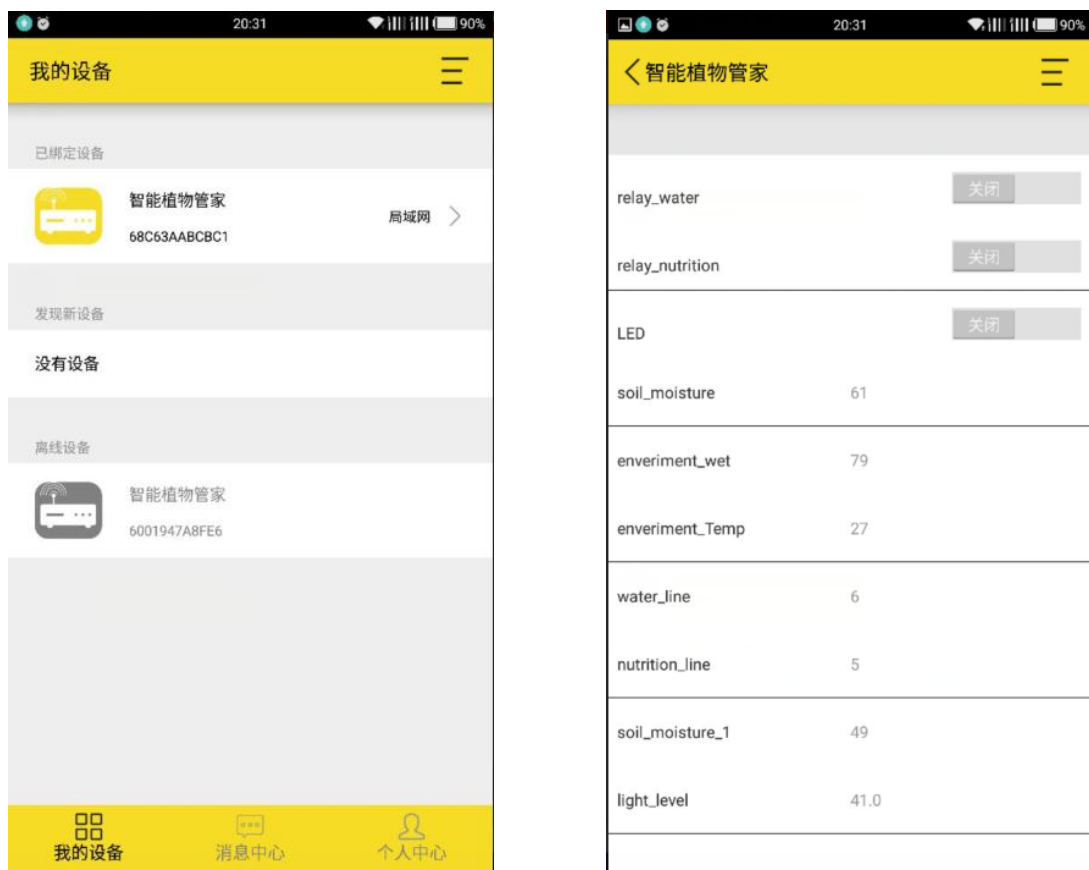


图 5.3 各个测试指标的实时数据

由图 5.3 可知，各指标测试正常。

5.3 结果分析

当前已经存在很多的智能浇灌系统，这些系统从不同方面和程度实现了对盆栽的智能浇灌，减少了人力，且在一定程度上有助于盆栽的生长，节省了水资源。

通过各个传感器采集数据，通过内置 ARMAX 算法对土壤湿度进行实时预测，并将数据经 WIFI 通过无线传输方式实时传输，通过机智云平台，采用移动终端绑定设备实时显示和控制设备，基本实现功能。

第六章 总结展望

随着技术的不断发展，当前人工浇灌已不能满足生产发展的要求，智能灌溉系统应运而生，并将成为未来灌溉的主要工具。通过对当前智能灌溉系统的研究，在分析和总结了当前智能灌溉系统中存在的问题的前提下，本项目以对盆栽的浇灌为背景，通过引入当前流行的传感器、时间序列预测等技术，并结合规则库，设计并实现了基于 ARC 开发板的盆栽智能浇灌系统，该系统能实现对盆栽的科学合理和个性化的浇灌，不仅能够减少劳动力付出，还能节省大量水资源，并能在很大程度上为盆栽的健康生长提供保障。

通过将传感器、时间序列预测技术和专家规则库等引入到智能浇灌系统中，通过土壤湿度预测，可使系统对盆栽的需水情况提前掌握，使盆栽的土壤湿度在该类盆栽适宜的范围内保持平稳的变化；通过结合规则库对当前条件是否适宜浇灌进行判断，实现科学浇灌，有利于盆栽的生长；并通过对盆栽耗水量的预测，实现对盆栽的精准浇灌，能减少水资源的浪费和流失，提高水资源的利用率。综上所述，本文的主要工作和研究成果包括：①利用时间序列预测技术和规则库选择最佳浇灌时间；②通过盆栽耗水量预测实现对盆栽的浇灌水量的精确控制；③基于 ARC 开发板的盆栽智能浇灌系统的设计与实现。

但本次项目还需要进一步观察和完善，改进算法精度，规则库完善，减少实时数据传输丢失，增强实时性读取和控制等，这些都是后续要着重改进的关键。

参考文献

- [1] WaterSense Labeled Irrigation Controllers. <http://www.epa.gov/watersense/products/controltech.html>.
- [2] 李凤菊, 宋治文, 刘绍伟等. 监控系统在设施农业中的应用研究【J】. 天津农业科学, 2010, 16(1): 127-129.
- [3] 李刚. 蔬菜温室智能测控系统关键技术研究与应用【J】. 硅谷, 2011, (18): 94-95.
- [4] 郭心睿. 家庭用盆栽植物智能浇水器【J】. 农村青少年科学探究, 2010, (Z1): 73-74.
- [5] 秦双龙, 赵海峰. 基于无线传感器网络的智能节水灌溉系统[J]. 电气自动化, 2012, 34(3): 18-21.
- [6] 霍战鹏, 魏正英, 张梦等. 手机短信远程控制灌溉系统[J]. 西安交通大学学报, 2012, 46(10): 36—41.
- [7] 林少钦. 无线智能灌溉系统设计[J]. 农机化研究, 2012, (7): 146—149.
- [8] 于嵩, 敖长林, 袁成明. 智能灌溉系统的可靠性仿真研究[J]. 农机化研究, 2012, (2): 63—65.
- [9] 李冬伟, 白鸿伯, 齐晓慧. 机械振动结构的ARMAX建模及模态参数识别帆. 机械科学与技术, 2005, 24(12): 1515 • 1518.
- [10] 孙知信, 唐益慰, 程媛. 基于改进CUSUM算法的路由器异常流量监测. 软件学报, 2005, 16(12): 2117—2123.