



桂 | 林 | 学 | 院
GUILIN UNIVERSITY

科技论文写作报告

论文题目：基于边缘计算的智能农作物生长监测装置设计

二级学院：理工学院

专 业：电子信息工程

学 号：202013007455

姓 名：蔡佳辉

指导老师：朱新波

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 内容摘要..... | 1 |
| 1 前言..... | 2 |
| 1.1 项目设计意图..... | 2 |
| 1.2 国内外研究现状..... | 2 |
| 1.3 设计主要研究内容..... | 3 |
| 1.4 系统的整体需求及关键技术..... | 4 |
| 1.4.1 系统的整体需求..... | 4 |
| 1.4.2 系统设计关键技术..... | 4 |
| 2 系统硬件设计..... | 5 |
| 2.1 微处理器的选择..... | 5 |
| 2.2 总体硬件的设计方案..... | 7 |
| 2.3 蓝牙通信模块设计..... | 8 |
| 2.4 WiFi 模块的硬件设计..... | 9 |
| 2.5 温湿度模块的硬件设计..... | 11 |
| 2.6 oled 显示模块的硬件设计..... | 12 |
| 2.7 蜂鸣器的硬件设计..... | 13 |
| 2.8 光敏传感器的硬件设计..... | 13 |
| 2.9 雨滴传感器的硬件设计..... | 14 |
| 3 系统软件设计..... | 15 |
| 3.1 系统软件设计需求分析..... | 15 |
| 3.2 STM32 温湿度采集模块软件设计..... | 16 |
| 3.3 oled 数据显示模块软件设计..... | 16 |
| 3.4 蓝牙模块 HC-05 软件设计..... | 17 |
| 3.5 WiFi 模块 ESP32 软件设计..... | 18 |
| 3.6 蜂鸣器模块软件设计..... | 19 |
| 3.7 光敏传感器的软件设计..... | 20 |
| 3.8 雨滴传感器的软件设计..... | 21 |

| | |
|--------------------|----|
| 4 系统测试..... | 22 |
| 4.1 测试目的..... | 22 |
| 4.2 系统的实物测试..... | 22 |
| 4.3 蓝牙连接测试..... | 23 |
| 4.4 WiFi 连接测试..... | 24 |
| 致 谢..... | 25 |
| 参考文献..... | 26 |
| 英文摘要..... | 27 |
| 附 录..... | 28 |

基于边缘计算的智能农作物生长监测装置设计

专业：电子信息工程 学号：202013007455 学生姓名：蔡佳辉 指导老师：朱新波

【内容摘要】随着科技的进步，人们希望通过智能设备实现更加方便、舒适的生活，同时也希望以低成本、低功耗的方式体验科技带来的幸福感。本文介绍了一种基于边缘计算的智能农作物生长监测装置的设计，该设计的主要目的是将农作物环境科技化和信息化，为人们提供一种便捷、快速、实时监测农作物生长情况的装置，并及时反馈相关信息，以便做出正确的决策。针对农业领域农作物生长环境的温湿度不能实时监控，引起的农作物过热产能下降与湿度过高或过低导致的农作物旱死或涝死问题，结合物联网技术，基于 STM32 嵌入式设备，利用温湿度传感器实时监控环境温湿度数据，使用户能够通过 oled 显示模块与蓝牙模块及时使用户接收到数据并及时处理，同时利用 WiFi 模块将数据同步显示到云端小程序与服务器数据中，使其可以通过互联网远程监测。针对农业领域农作物生长环境状况不能有效测量，导致用户不能再第一时间得知农作物植株的生长环境状况，引起不便。基于 STM32 嵌入式设备，利用光照传感器与雨滴传感器有效监控农作物植株的生长环境，使用户对其的监测更加便利。

【关键词】边缘计算；智慧农业；STM32

1 前言

1.1 项目设计意图

民以食为天，粮食问题关乎国计民生，随着越来越多的人从农村走向城市，农村劳动力日益短缺，城市化进程的加大进一步加剧了可耕种面积的减少，农业安全生产问题日益凸显，如何在土地和劳动力减少的情况下保证高产和优产，智能化农业生产需求日益扩大，在此背景下，我计划开发一款智能农作物长势监测装置，本装置利用多种传感器测量土壤、空气、以及作物生产的各项有用数据，并将数据保存在数据库中，并不断更新数据，并根据作物生长情况供生产者实时监测和管理，已达到高产优产的目的。

1.2 国内外研究现状

农业智能化是将物联网技术与通讯技术有机结合，应用于农作物的生长过程中，通过多种传感器、通讯技术和物联网控制技术的结合，实现对农作物生长过程的智能化采集、智能化分析以及控制一体化处理。这种智能化系统能够实时采集环境温度、湿度等参数，并通过通讯技术将这些数据传输到主控模块，控制系统根据这些数据采取相应的降温和继电器控制灌溉处理，对于物联网的农业可持续发展提供了巨大的帮助。

2013 年，英国政府率先推动农业智能化，提出了“农业技术战略方案”，旨在利用智能化技术解放农业劳动力和资源，显著提高农业产量。这是农业领域首次与智能化、信息化和数字化相结合。为此，政府成立了专门的英国农业智能化负责小组，负责制定农业智能化整体战略方案。在智能化农业技术的发展过程中，小组委员统一进行农业生产管理和资源分配工作，实现了种植和农作物培养的智能化，并且快速推动了智慧农业的发展。这一举措为农业产业带来了巨大的变革和提升。

随着美国智慧农业的部署，政府正致力于解决自身地广人稀、无法有效管理农作物生长发展的问题。为此，政府大力发展智慧农业，并扩大农村智能化管理的规模，以此增加农村网络覆盖范围，实现每家每户的网络智能化，从而实现智慧农业的目标。随着智能化设备的普及应用，政府开始将互联网与农业相结合，并构建农业智能化系统。同时，农产品设备也得到了快速发展，农户借助全球 GPS 定位系统建立农业智能化平台，实时监控农作物的生长环境，从而实现农作物生长的智能化监管。这一系列措施极大地推动了智慧农业的发展，并对农作物的生长产生了积极影响。

法国的气候和自然环境非常适合农作物的生长。与此同时，法国在科技水平方面也处于领先地位，政府正在积极支持智慧农业的建设。根据相关政策，法国政府计划打造一个

智能化的“智慧农业”体系，将互联网技术与实际的农业种植和灌溉相结合。农民可以通过远程监控农业种植环境，随时了解环境是否适宜农作物的生长，实现农业的灌溉和降温，利用物联网技术有效了解农产品的生长情况。

日本人口较少，农作物种植和收成缺乏足够劳动力。政府针对人力短缺问题，致力于发展信息技术，建立农产品信息数据库。不断收集环境温湿度等数据，了解各国农业生长情况，为农业智能化奠定坚实基础。

近年来，我国农业智能化技术的发展取得了较大的进步。起初，为了促进智慧农业的发展，政府购买了一些国外的智能化设备。然而我国的土壤和气候条件与国外存在较大差异，这些设备的适用性并不理想。随着我国科技水平的不断提升，我们开始借鉴国外推广的智能化农业案例，并逐渐优化了自己的通信技术和传感器类型。这使得我国的农业智能化水平逐步提高，农户管理人员能够远程查看农作物的环境参数，并进行远程监控，无需离开家门。其中，甘肃省兰州市的榆中县是农业智能化成果最具有代表性的地方之一。榆中县积极响应政府的号召，大力推广“农业领域互联网+”模式，在农村的土地上实现了网络覆盖，逐渐实现了农作物的智能化管理。

1.3 设计主要内容

传统农业中存在着一些问题，如耗费人力物力、不便于管理以及生长环境不可控等，本文旨在通过了解现代农业的智能化发展与物联网通讯技术，分析实现农业智能化设计的技术方案与实现路线，基于 STM32 嵌入式单片机构建一套农业智能化检测控制系统，主要研究内容包含以下几个方面：

1. 基于 STM32 的复位电路及电源模块构建主控制系统，结合温湿度传感器与激光测距传感器构建环境实时采集子系统，结合 oled 模块与蓝牙模块构建实时反馈子系统。
2. 利用温湿度传感器实时监控环境温湿度数据，设计蜂鸣器模块，当湿度检测阈值超过设定的范围值，利用蜂鸣器的示警来提示用户。
3. 利用温湿度传感器实时监控环境温湿度数据，设计风扇模块，当温度检测阈值超过设定的范围值，利用风扇来给植株进行降温。
4. 利用光照传感器有效监测植株光照状况，可以实时地将光照强度显示在 oled 显示屏上，并将其通过蓝牙发至用户手机。
5. 利用雨滴传感器实时监测下雨情况，并在单片机内部通过所读的值判断是否下雨，结合 oled 模块与蓝牙模块将其数据透明化。

6. 利用 WiFi 模块将温湿度数据传入云端服务器中，并将数据显示在小程序中，实时变化，实现初步的物联网，将温湿度的重要数据与网络连接。

1.4 系统的整体需求及关键技术

1.4.1 系统的整体需求

本系统实现的农业智能化管理主要实现对环境的温湿度进行监控，能够有效的管理农作物生长环境，构建农作物生长的适宜环境，推动农业智能化检测与控制的发展。温度和湿度对于农产品的生长具有极大的作用，当温度较高时，害虫滋生率以及农产品病变率直线上涨，而温度相对较低时，农产品果实的生长率又会大大受减，大大影响农产品的产量。当湿度较高的时候，农产品会过涝，影响产量与产值。湿度较低的时候，农产品自身枝叶吸水又会受影响，水分过少会影响农作物自身的生长与结果，不利于生长发育。总的来说，不管是湿度值还是温度值过高或过低都会不利于农产品的生长发育，影响其产量。

本文设计的智能化农业检测控制系统，根据现代农业的实际状况研究得到以下需求：

（1）需要实时采集农产品生长环境的温度与湿度参量，农作物生长环境光照强度的测量，以及判断是否有降雨。

（2）在进行每个参量的采集、传输和显示后，需要设计一个主控制系统来为环境参量设置相应的值，这些阈值的设定应基于农产品的实际生长适宜性。

（3）通过显示系统，我们可以实时查看已采集的阈值，并在环境温度过高或湿度较低时采取相应的措施，这样的设计能够帮助农产品在最适宜的环境条件下生长。

1.4.2 系统设计关键技术

（1）系统的稳定性

系统的稳定性，主要指系统完成实现设定的指令，不受环境影响，能够达到预期规划的能力。本文的农业监控系统的设计，要充分考虑好各个传感器之间的合作性，元器件内部的电子特性能否达到系统规划的要求，并且数据采集子系统会不会出现数据丢失问题，硬件设计部分考虑原理图布线的规范性，以及硬件系统的抗干扰能力。

（2）整体规划简单方便

本系统总体设计阶段，要考虑系统的简易性以及用户的接受性。同时系统实现的简单方便并且易于操作，降低了专业术语接受的难度性，提高用户的学习速度，可以大大吸引系统的实用者，更有助于农业监测控制系统的推广，为农业智能化发展提供较大的助力。

（3）性价比

系统的性价比部分也是系统选型的重要考虑因素，元器件的选型在相同的价钱下，选用性能稳定、功耗较低的元器件，或者性能相同的情况下选用价钱较低的元器件，可以大大节省预算。如果同等功能下，分别使用硬件电路和软件设计都能实现的条件下，系统的设计可以选择软件设计，节省系统的成本预算，节省开销，提高农业检测控制系统的性价比。

2 系统硬件设计

2.1 微处理器的选择

微处理器设计是农业检测控制系统的核心主控部分，其性能好坏直接决定着整个控制系统能够正常稳定的运转，是否达到预期的实现目的。同时微处理器的选型也要满足农业检测控制系统的稳定性、实时性、性价比较高特性。农户根据传感器采集的环境参数，传输到主控系统，微处理根据环境数据的分析作出判断，针对性的对环境温度进行控制，有效的控制风扇电机或灌溉控制的继电器开关，进行有效降温灌溉，实现农产品的智能化管理控制。当下使用率与稳定性较高的处理器芯片有 FPGA、DSP 以及单片机等，而不同的处理器芯片对农业监控系统的作用也是不同的。下面对比这三种芯片，根据其稳定性、可靠性及性价比选择本系统的控制芯片。

FPGA 全称为现场可编程门阵列，内部电路由 GAL、CPAD 等可编程逻辑器件组成，同时作为集成电路的代表性控制芯片，FPGA 的出现解决了电路内部构造产生的问题。FPGA 内部电路主要由三部分构成，输入单元、输出单元以及模块间的构线连接。使用者根据预先设想的逻辑电路，对其内部逻辑模块进行修改，对其输入模块以及输出模块进行相应的设定，针对逻辑电路中门电路较少引起的资源不足问题，改变 FPGA 的工作状态，不需要更换其功能，修改内部芯片的程序即可改变硬件电路的形成。达到使用程序改变电路模块的目的。FPGA 自身的资源丰富，功能扩展性较强，但是其芯片自身的成本过高，并且不利于开发者简便上手，不是本农业检测控制系统的合理选择。

DSP 全称为数字信号处理器，常常对相关输入信号进行相应变换处理，其内部电路主要由超大规模的集成电路构建完成，以较短时间内处理大量信号而闻名。DSP 内部结构采用的是哈佛结构，具体内部的数据控制器与指令控制器分开工作，指令数据分开处理存储，从而使输入信号的数据吞吐量大大提高，极大节省了处理时间，提高运行效率。同时 DSP 内部电路由大量的累加器以及乘法器构建而成，数据处理运算量特别快，每秒钟可运算上

亿次数据；同时具有较多的硬件寄存器，并可以同时支持直接寻址、间接寻址以及寄存器寻址等三种寻址方式，资源广阔，这样可以保证数据间的实时处理，又能大大提高数据的传输速度。但唯一不足为上手较为复杂，操作繁琐。

单片机又被称为单片微型控制器，是一种集合中央处理器、只读存储器、随机存储器、EEPROM、不同定时器以及各个 I/O 口的集成电路控制器。相较于 FPGA、DSP 等处理器，单片机具有结构简单、性价比高、功耗较低、稳定性较强的功能。而常用的单片机又根据其地址位与数据位之间的宽度不同分为 8 位、16 位和 32 位单片机。不同位数的单片机也决定着其性能的高低，常用的 32 位处理器中，又以 STM32 使用率及性价比低、稳定性强等优点应用率较高，资源更加丰富，并且官方开发的库函数为开发者提供极大的便利性，上手简单易懂，内部大量的寄存器，为开发者构建农业监测控制系统提供极大的便利性。

STM32 处理器作为 ARM 处理器的一种，市场应用率以及技术开发率都是首屈一指。内核为 Cortex-M3，内部资源丰富，性能稳定，代码的可移植性较强，同时具有功耗低、性价比较高等有优势，本文考虑农业检测控制系统的总体设计与预期目标，结合设计原则，最终选定了型号为 STM32F103ZET6 的处理器作为本文的主控芯片，其优势与特点如下：

(1)内核:基于哈佛结构的 Cortex-M3 内核，晶振为 12MHz。工作频率达到 72MHz,资源丰富，能够快速计算指令程序的与和或操作，完成硬件间的乘法。

(2)存储器:内部电路集成大小为 512KB 的 Flash 处理器，同时具备 ROM 与 RAM 处理器，处理速度较快。

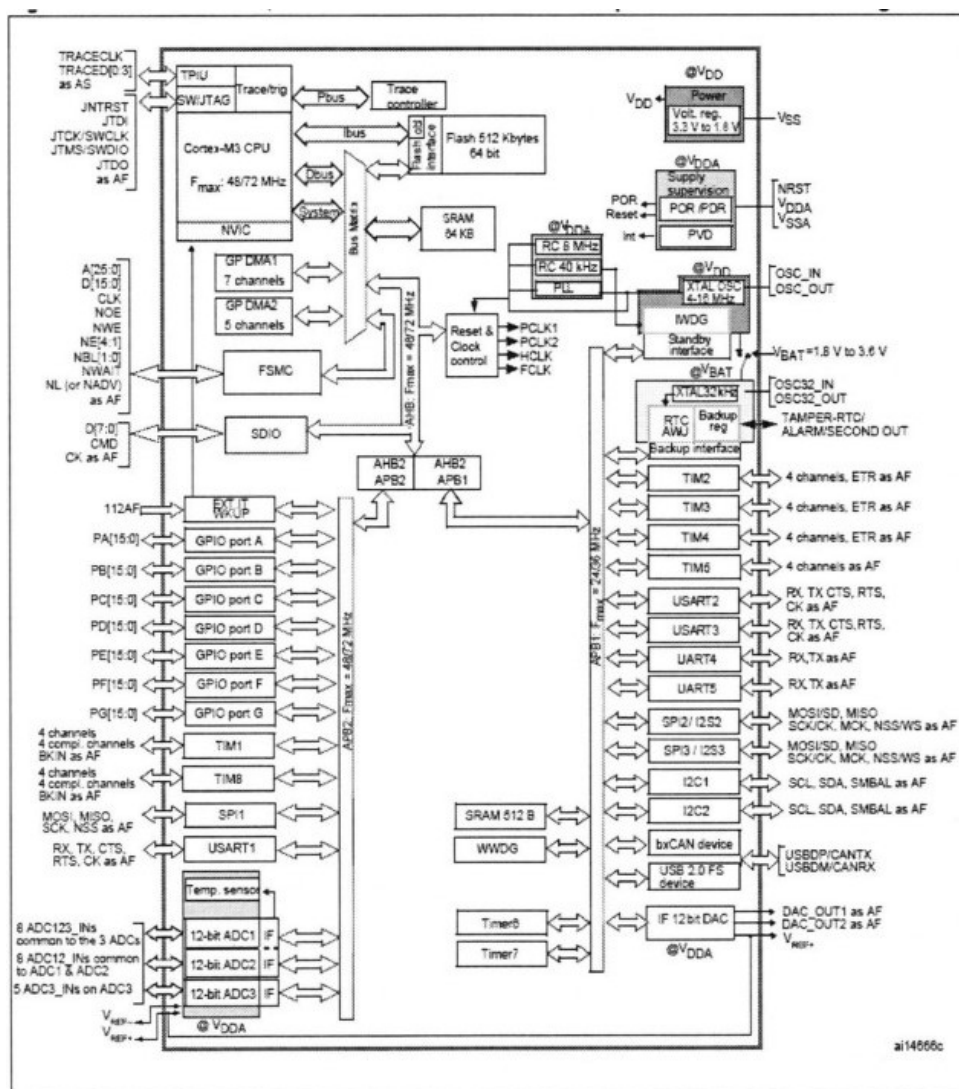
(3)主控处理器的功耗低，具有内部时钟模块，管理外设的时钟开关，进而控制每个外设的功耗，能够处在待机，休眠以及停止三种功耗模式下，当系统电源断电时有后备电池为实时时钟和各份寄存器供电。

(4)时钟、复位和电源管理方面，电源电压范围在 2.0~3.6V，芯片内部集成有 8 MHz RC 振荡电路，有基于 RTC 校准用的 32kHz 晶振。

(5)资源较多，STM32 片上处理器具有丰富的 IO 口,可以扩展实时处理传感器的数据。

(6)外设比较丰富，处理器的外设扩展性较强，同时通信协议的支撑性以及可延展性较强，芯片内部有两个 12 位的 A/D 转换器，电压转换范围在 0~3.6V，含有 5 个 USART、2 个 DMA 控制器，并且支持大量的通信协议，例如 SPI、CAN、USB、IIC、串口等。

除了以上优点之外，STM32 的电源模块的组成较为广泛，可利用电源模块从 3.6-12V 之内电压调节供电处理，同时开发语言也是开发者使用率较高的 C 语言，开发性较强。



2.2 总体硬件的设计方案

为 SHT30 湿湿度传感器、光敏电阻传感器、雨滴传感器。装置的结构如下图 2 所示。

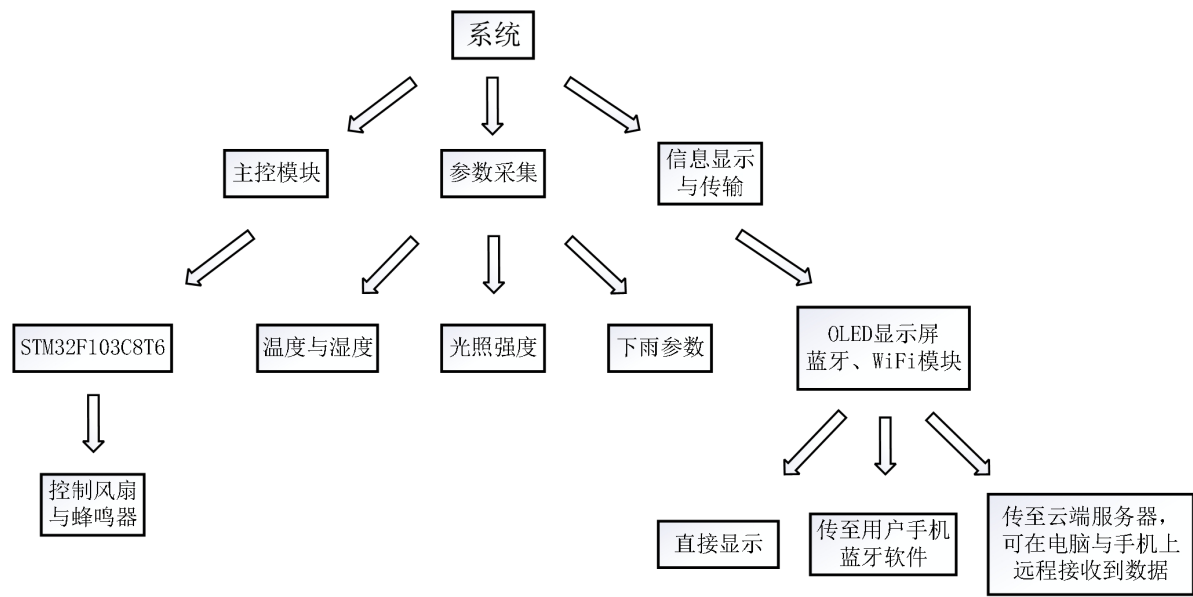


图 2 装置系统结构

本系统是以 STM32F103C8T6 芯片作为主要控制中心，构建周边设备传感器、继电器、蓝牙模块以及无线通信 ESP32 模块，共同构成硬件系统。在本系统中，传感器的信号通过串口传入芯片，经过处理后将信息通过蓝牙模块与 WiFi 模块传输至用户的手机与云端服务器中，同时将其显示在 oled 显示器上，方便用户查询信息，及时处理。

2.3 蓝牙通信模块设计

本系统所采用的蓝牙模块型号是 HC05，该模块是一款常用于无线通信的硬件设备，它具有小巧、易于使用、低功耗等特点，广泛应用于各种电子设备中。支持蓝牙 2.0+EDR 标准，具有较高的传输速率和稳定性，通过蓝牙技术，HC05 蓝牙模块可以实现设备之间的无线通信，如手机与耳机、手机与电脑等设备之间的音频、数据传输等。与此同时，该模块还考虑到了低功耗的需求，它采用了低功耗蓝牙技术，使得其在待机状态下的功耗非常低，延长了电池寿命。同时，它还支持自动休眠和唤醒功能，进一步降低了功耗。此系统中，HC05 蓝牙模块的主要作用是与手机进行通信，将手机等蓝牙通信设备的蓝牙打开，同时打开用作蓝牙接收的软件，与 HC-05 进行匹配，配对成功后就可以将温湿度与植株的光照强度以及是否下雨的信息传至手机等蓝牙通信设备，便于用户的查看。

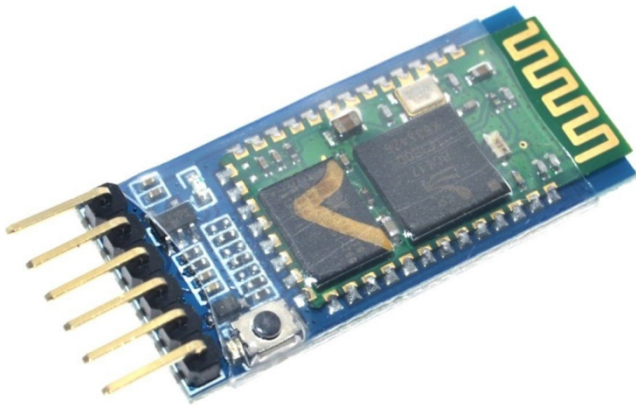


图 3 蓝牙模块

表 1 蓝牙模块接口功能

| 序号 | 名称 | 说明 |
|----|-----|--|
| 1 | LED | 配对状态输出；配对成功输出高电平，未配对则输出低电平。 |
| 2 | KEY | 用于进入 AT 状态；高电平有效（悬空默认为低电平）。 |
| 3 | RXD | 模块串口接收脚（TTL 电平，不能直接接 RS232 电平!），可接单片机的 TXD |
| 4 | TXD | 模块串口发送脚（TTL 电平，不能直接接 RS232 电平!），可接单片机的 RXD |
| 5 | GND | 地 |
| 6 | VCC | 电源（3.3V~5.0V） |

2.4 WiFi 模块的硬件设计

本系统 WiFi 模块的作用是实现与云端服务器之间的数据传递。ESP32-WROOM-32 是一款集成了 WiFi 和蓝牙功能的低功耗系统级芯片模块，该模块由 Espressif Systems 设计和生产，广泛应用于物联网、智能家居、工业自动化等领域。首先，模块的尺寸小巧，适合在各种设备中进行集成，其标准的表面贴装技术（SMT）封装使得焊接方便快捷，同时也提高了系统的稳定性。其次，该模块采用了先进的双核处理器架构，具备高性能和低功耗的特点。这使得模块在处理大量数据时能够高效运行，并且在节能方面表现出色。同时，模块支持多种存储器接口，如 SPI Flash 和 PSRAM，以满足不同应用场景的需求。此外，ESP32-WROOM-32 模块还具备丰富的外设接口，包括多个通用输入输出引脚（GPIO）、模拟输入引脚、I2C、SPI 等。这些接口可以与其他硬件设备进行连接，实现更广泛的功能扩展。该模块的设计也考虑到了可靠性和安全性。模块内置了多种保护机制，如过热保护、过电流保护等，以确保系统的稳定运行。

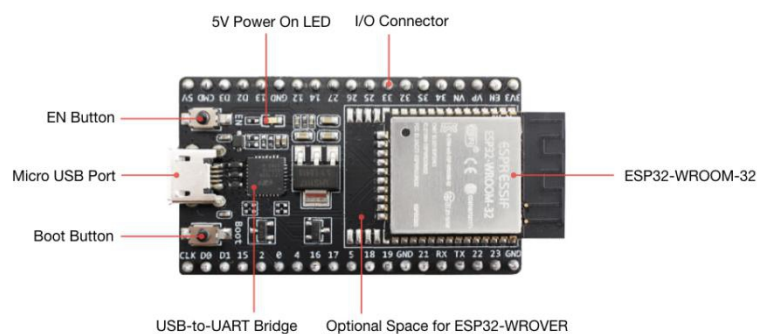


图 4 WiFi 模块接口

表 2 WiFi 模块接口功能

| 主要组件 | 基本介绍 |
|-----------------|--|
| ESP32-WROOM-32 | 基于 ESP32 的模组。更多详情，请见《ESP32-WROOM-32 技术规格书》。 |
| EN | 复位按键。 |
| Boot | 下载按键。按下 Boot 键并保持，同时按一下 EN 键（此时不要松开 Boot 键）进入“固件下载”模式，通过串口下载固件。 |
| USB-to-UART 桥接器 | 单芯片 USB-UART 桥接器，可提供高达 3 Mbps 的传输速率。 |
| Micro USB 接口。 | USB 接口，可用作电路板的供电电源，或连接 PC 和 ESP32-WROOM-32 模组的通信接口。 |
| 5V Power On LED | 开发板通电后（USB 或外部 5 V），该指示灯将亮起。更多信息，请见 相关文档 中的原理图。 |
| I/O | 板上模组的绝大部分管脚均已引出至开发板的排针。用户可以对 ESP32 进行编程，实现 PWM、ADC、DAC、I2C、I2S、SPI 等多种功能。 |

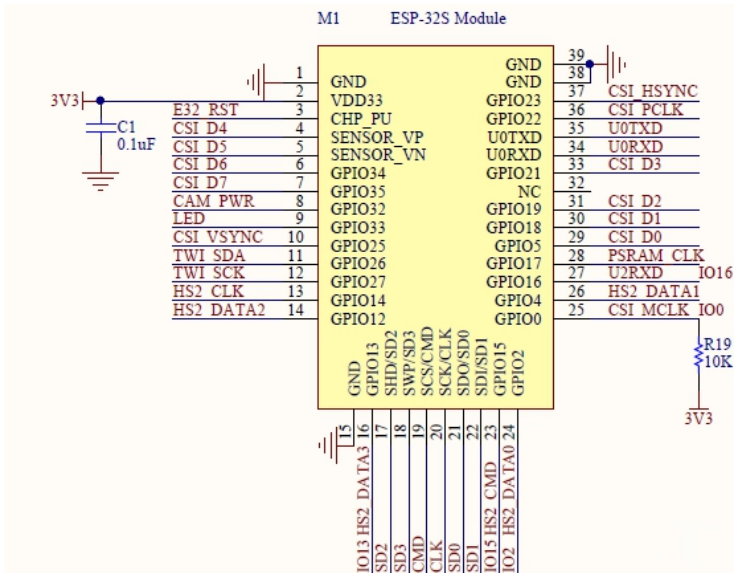


图 5 WiFi 模块接口电路原理图

将其 5 V 引脚与 GND 分别连接至主板上 5 V 的电压与 GND，将其 TX 与 RX 引脚分别连接至主板的 RX 与 TX 的引脚上（TX 连 RX，RX 连 TX，交错连接）。

2.5 温湿度模块的硬件设计

本系统选用的温湿度传感器的型号为 SHT30, 该温湿度模块是一种高性能的传感器模块，广泛用于各种应用领域。其采用了精密的数字温湿度传感器，可以实时准确地测量环境的温度和湿度，具有快速响应和高精度的特点，能够满足各种应用场景的需求。在此系统中，该模块的作用是测量植株周围的温度高低以及湿度大小，以此来判断是否符合植株的生长条件，主控芯片通过 IIC 通信协议与其进行交互。



图 6 温湿度采集模块

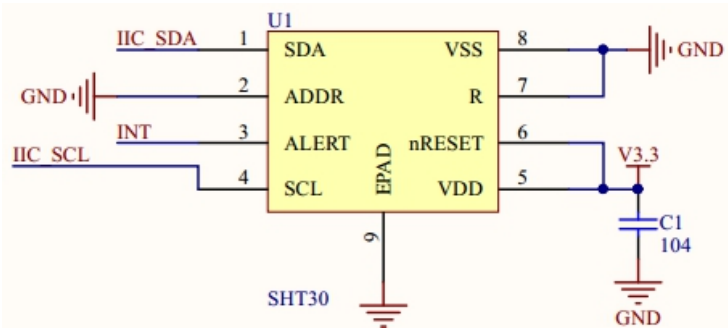


图 7 SHT30 模块电路原理图

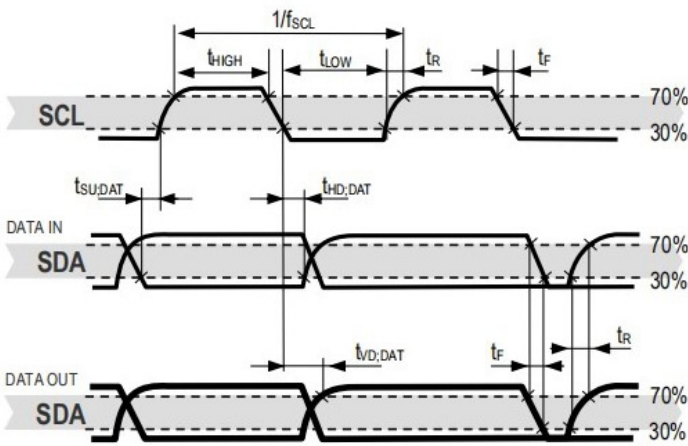


图 8 SHT30 模块电路时序图

2.6 oled 显示模块的硬件设计

oled 显示模块（有机发光二极管）是一种新型的显示技术，它具有高对比度、快速响应、广视角和薄型轻便等优势。它包括显示屏、控制电路和电源三个主要部分，显示屏采用了主流的 AMOLED 技术，具有较高的像素密度和色彩还原能力，控制电路通过驱动芯片和信号处理器实现对显示屏的控制和数据传输，电源模块则提供稳定的电能供给。此系统中，oled 模块的主要作用是显示监测到的数据，主控芯片通过 IIC 通信协议与其进行交互。

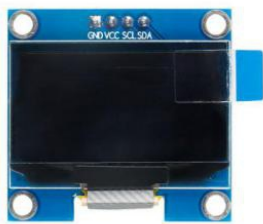


图 9 oled 显示模块

表 3 oled 引脚

| 符号 | I/O | 描述 |
|------------------|-----|---|
| V _{DD1} | 电源 | 电源输入：1.65-3.5V |
| V _{DD2} | 电源 | 3.0-4.2V 电源引脚，用于电荷泵电路的电源。 当外部提供 V _{PP} 时，应断开此引脚 |
| V _{SS} | 电源 | GND |
| V _{SL} | 电源 | 这是段电压参考引脚。 该引脚应从外部连接到 V _{SS} |
| V _{CL} | 电源 | 这是一个公共电压参考引脚。 该引脚应从外部连接到 V _{SS} 。 |

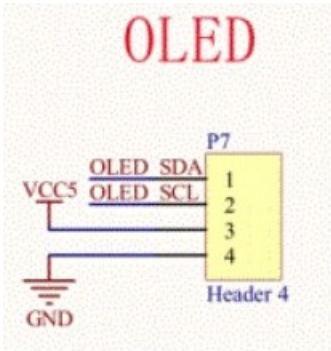


图 10 oled 接口电路

2.7 蜂鸣器的硬件设计

蜂鸣器是一种常用的声音输出设备，广泛应用于电子产品中，其工作原理是基于震荡电路，通过电流的变化产生声音。蜂鸣器的硬件设计需要考虑频率响应和音量控制，我们可以通过选择合适的电容和电阻来控制频率，而通过改变电压或电流来调整音量。在此系统中蜂鸣器的主要功能则是发出声音，当实际值超出或低于阈值的时候进行示警。



图 11 蜂鸣器模块

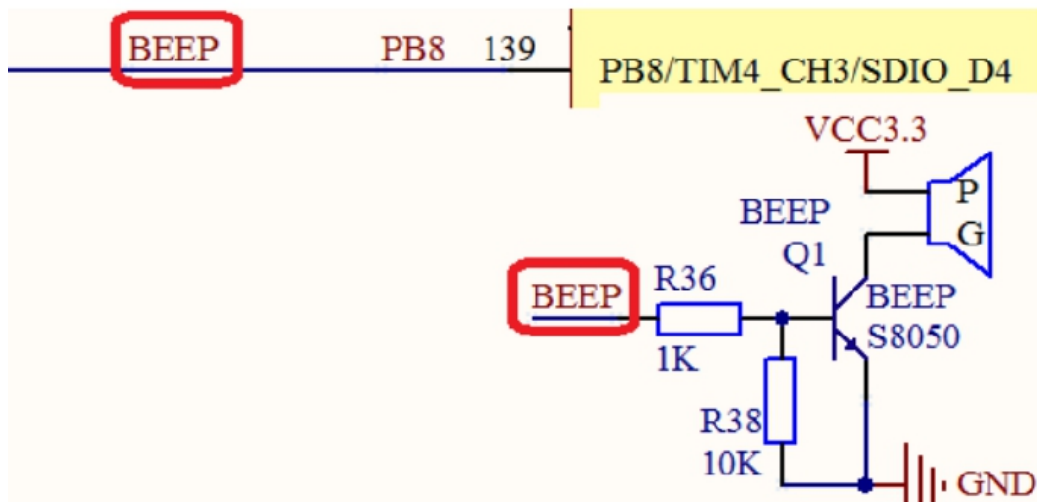


图 12 蜂鸣器模块电路原理图

2.8 光敏传感器的硬件设计

光敏传感器是一种重要的光电子器件，广泛应用于光通信、光测量和图像传感等领域，其优点包括高灵敏度、快速响应和低功耗。光敏元件是传感器的核心，它能够将光线转化为电信号，常见的光敏元件包括光电二极管和光敏电阻。光电二极管是一种能够将光线转化为电流的器件，其输出电流与入射光的强度成正比。而光敏电阻则是一种能够将光线转化为电阻变化的器件，其电阻值与入射光的强度成反比。此系统运用光敏传感器对环境中的光照强度进行监测，使植株生长在适宜的光照强度下。

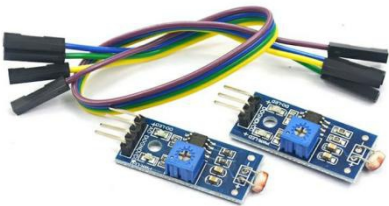


图 13 光敏传感器

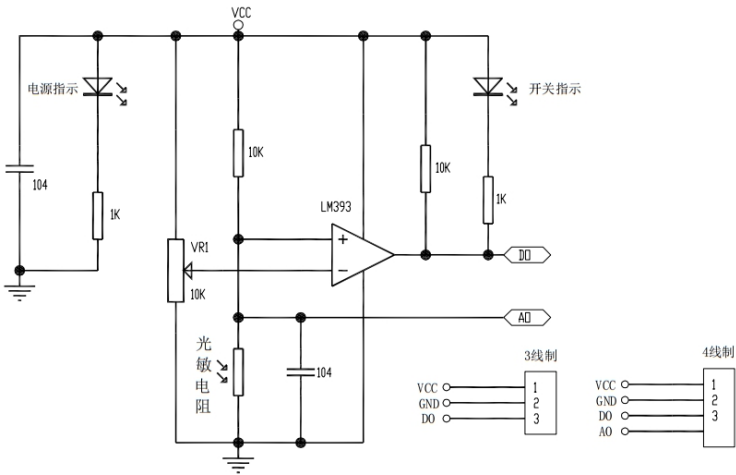


图 14 光敏传感器电路原理图

2.9 雨滴传感器的硬件设计

雨滴传感器是一个模拟（数字）输入的模块，也叫雨水、雨量传感器。可用于各种天气状况的监测，检测是否下雨及雨量的大小，转成数字信号（DO）和模拟信号（AO）输出，并广泛应用于农业。传感器采用高品质 FR-04 双面材料，超大面积 5.0*4.0 CM, 并用镀镍处理表面，具有对抗氧化，导电性，及寿命方面更优越的性能。此系统运用雨滴传感器对天气阴晴进行监测，遇上下雨的天气，及时提醒用户。

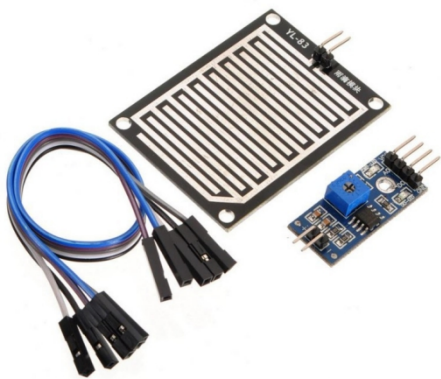


图 15 雨滴传感器

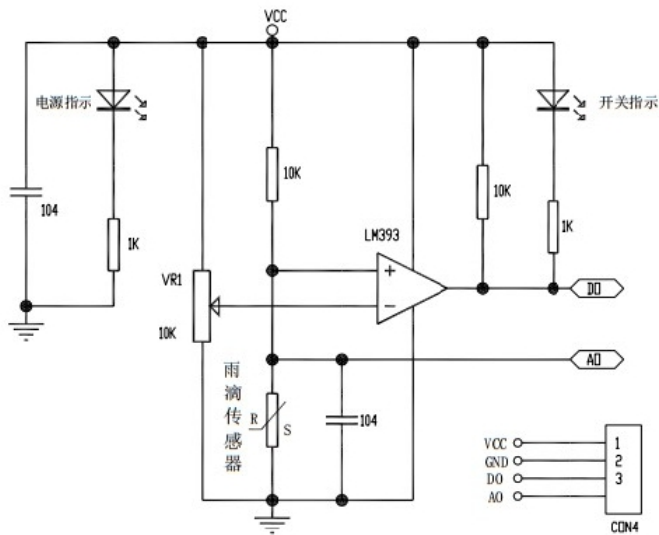


图 16 雨滴传感器电路原理图

3 系统软件设计

3.1 系统软件设计需求分析

农业检测控制系统的软件部分对整个控制系统的完成起到不可缺少的一部分，为了达到整个系统最终实现功能的稳定性及实时性，本文对整个系统的软件部分的子系统进行讨论，预计实现的功能主要有以下几个部分：

- （1）数据的采集模块：基于温湿度传感器对农产品生长的温湿度实时采集，基于光敏传感器与雨滴传感器对农产品环境状况实时采集，整合数据传输到主控系统。
- （2）数据的显示模块：数据采集模块传输的温湿度数据，经主控系统软件驱动后，借助oled模块实时显示环境温湿度数据。

(3) 数据的处理模块：数据采集模块传输的温湿度数据，经主控系统根据农作物生长环境温湿度设定的相应值进行数据的处理，当超过阈值时使蜂鸣器响起，风扇转动。

3.2 STM32 温湿度采集模块软件设计

农作物生长环境数据采集模块的主要实现功能为借助结合 A/D 技术，采用温湿度传感器实时采集环境温湿度，并向主控系统进行传输。首先，软件设计中需要先对传感器进行初始化操作，避免传感器数据的冗杂，软件程序调用 SHT30_read_result()函数，先控制单片机读取温湿度传感器采集到的模拟信号，经过一段时间的采样保持，调用 A/D 转换技术，将传感器采集的模拟信号转化数字信号，通过数字信号的 buff 位进行读取环境的温湿度，然后通过 I/O 的形式，将数据传输到 STM32 单片机主控模块。

如图为以下代码的流程图，在初始化过后，用此函数来读取温湿度并且将其传输打印出来。

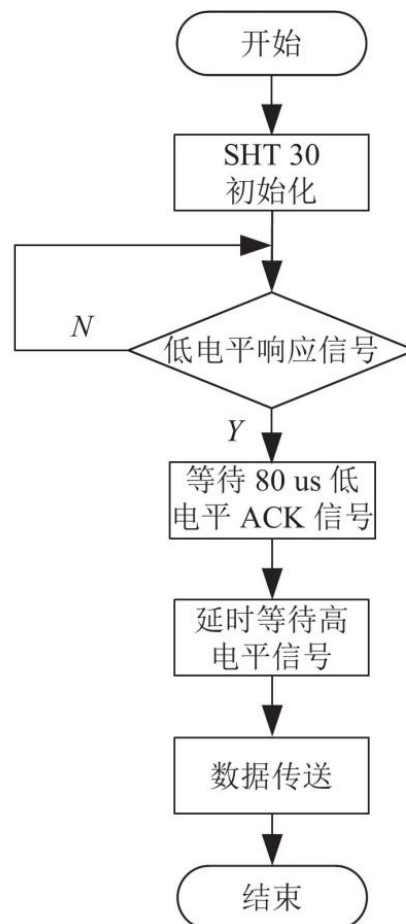


图 17 SHT30 温湿度模块流程图

3.3 oled 数据显示模块软件设计

数据显示模块的主要功能是实现显示植株生长时环境的温湿度、光强、降雨量的大小，

通过 I/O 口传输，oled 显示模块可以实时监测显示环境的温湿度、光强以及是否有降雨的信息。在显示模块中，首先 STM32 单片机通过 IIC 通讯技术与 oled 软件驱动相连接，软件组成部分实现 IIC 技术间的通信功能。oled 成功驱动后，若温湿度数据、光照强度数据以及降雨量数据传输过来，便调用 oled 模块的字符显示模块 oled_number() 函数进行温湿度、光强以及是否有降雨的显示。

此为 oled 模块的流程图，在 oled 显示的过程中，先需要初始化模块，然后再确定输出的地址与输出的值。

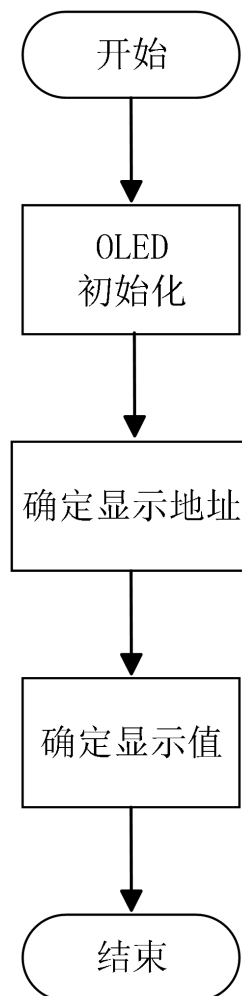


图 18 oled 显示模块流程图

3.4 蓝牙模块 HC-05 软件设计

该模块的作用是实现与有蓝牙通讯设备之间的数据传递。运用 AT 指令修改 HC-05 模块的波特率，使其与串口传输的波特率匹配，只需要在 STM32 端将 uart 串口进行初始化，就可以通过此模块传输信号。

此为 HC-05 蓝牙模块的流程图，HC-05 蓝牙模块先与具有蓝牙通信的设备进行连接，

之后再传入数据至连接设备。

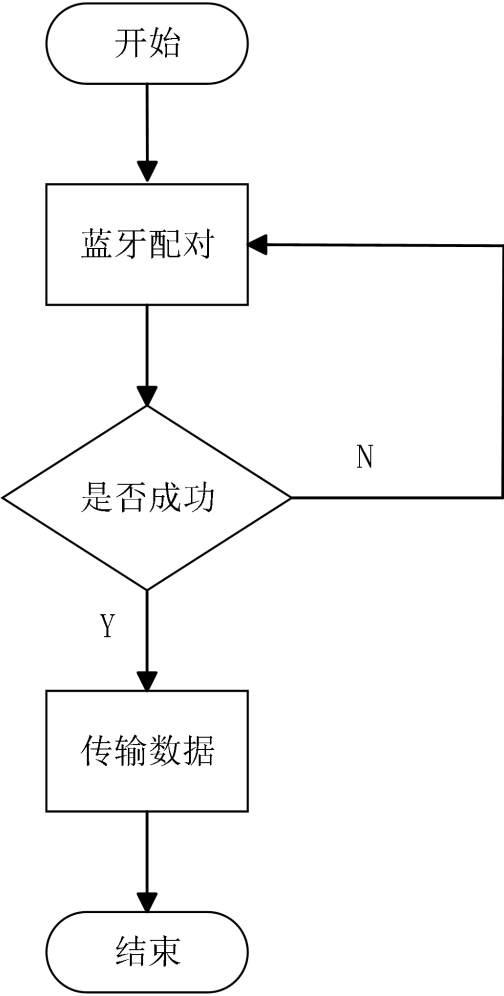


图 19 蓝牙模块流程图

3.5 WiFi 模块 ESP32 软件设计

该模块的作用是实现在与云端服务器的数据传输。运用 `arduino` 环境将代码导入，将其封装为一个独立的模块，只需修改导入 ESP32 模块中代码的波特率，使其与串口传输的波特率匹配，再使得 STM32 端 `uart` 串口初始化，就可以进行两个模块间的数据传输。`aduino` 环境的代码设计中,首先需要对模块进行初始化，先将接受和发送两个串口的波特率全定义为 115200Hz,再进行 WiFi 的连接，在代码中需要提供可连接的 WiFi 名称以及密码，WiFi 确认连接无误后，进行与腾讯云服务器的连接，在代码中需要提供服务器的地址、工程实例 ID、实例的用户名以及密码，连接成功后，就可以通过 MQTT 传输协议，在搭建的通道中进行数据传输，将从 STM32 接收到的数据传输到腾讯云服务器上。

此为 ESP32 封装模块的流程图，STM32 只负责用 `uart` 传输数据，处理以及发送都在 ESP32 上进行，大大提高了可移植性。

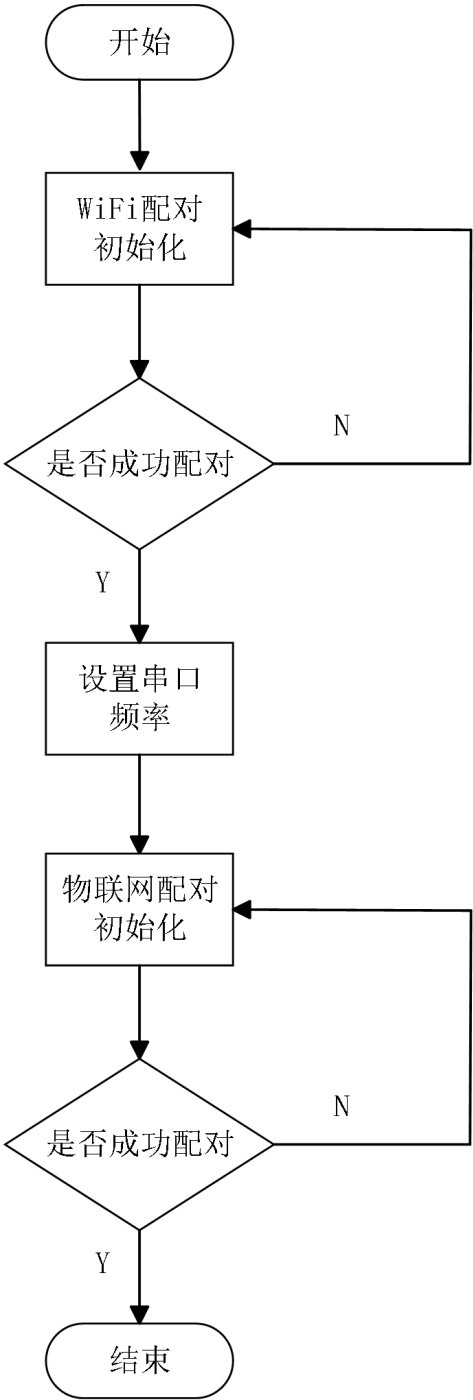


图 20 WiFi 模块流程图

3.6 蜂鸣器模块软件设计

该模块的作用是及时提醒用户环境的温湿度超过设定的阈值，以发出警报的形式让用户及时做出对策，在其软件设计中，对 STM32 的 B8 引脚进行初始化，并且设定一个阈值，使得温湿度模块传回来的数据在经过处理后与设定的阈值进行比较，超出阈值就使得 B8 引脚的电平置 1，以此达到发出警报声的效果，以下蜂鸣器模块的流程图。

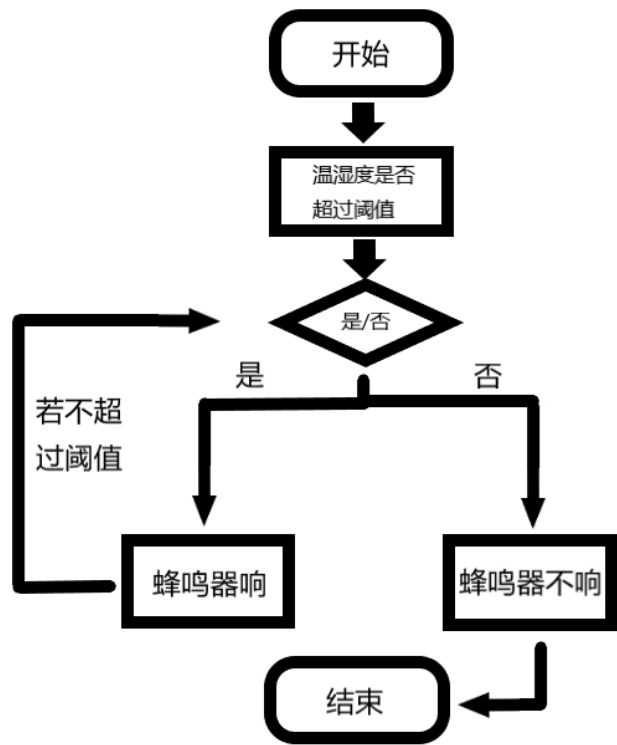


图 21 蜂鸣器模块流程图

3.7 光敏传感器的软件设计

该模块的作用是及时提醒用户环境光照强度的变化，将其所测得的光照强度以电压大小的方式传回单片机，调用 STM32 中可以使得串口为 ADC 模式的寄存器，将串口进行初始化，通过 ADC 转换（模数转换）读取测得的电压数据并与数据表中的电压、光强进行比对，找出对应电压的光强值，将其通过蓝牙发送出去并显示在 oled 上。

此为光敏传感器模块的流程图。

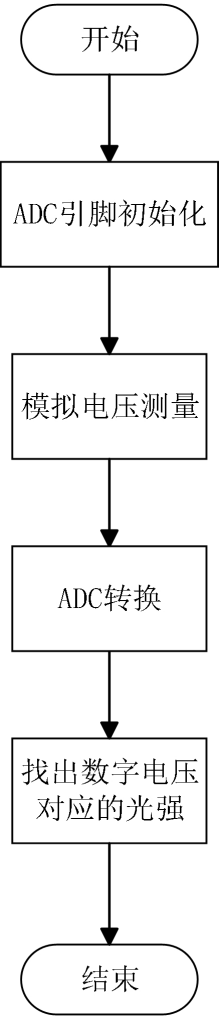


图 22 光敏传感器流程图

3.8 雨滴传感器的软件设计

该模块的作用是及时提醒用户环境是否有降雨，在其硬件设计中，通过改变电阻的大小已经设定了一个是否降雨的阈值，软件设计中，我将 B4 引脚进行初始化，用来接收从雨滴传感器硬件传回来的电平信号，通过其本身自带的阈值，对是否有降雨进行一个准确的判断。

此为雨滴传感器模块的流程图。

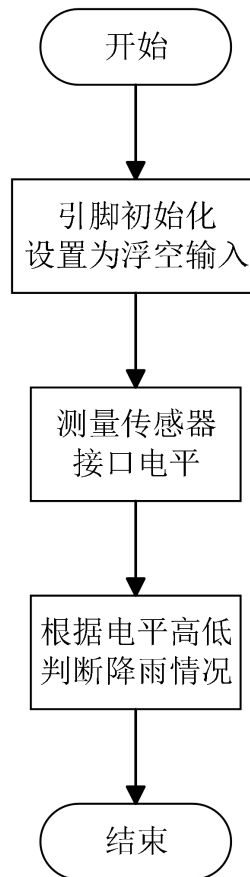


图 23 雨滴传感器流程图

4 系统测试

4.1 测试目的

为了检测系统硬件连接部分是否达到预期的目标要求，同时检测整个系统是否能够监测温湿度、光强与降雨并将其显示到 oled 上，以及是否能通过蓝牙与 WiFi 进行数据的传输，是否能正确传输数据等。

4.2 系统的实物测试

通过对监测系统的软硬件设计，搭建了一个能够实现其设计功能地设备，测试所需要的装置主要包括手机、笔记本电脑、STM32 开发板以及各个传感器模块、输出控制模块等。智能农作物生长监测装置的硬件实物如图所示。

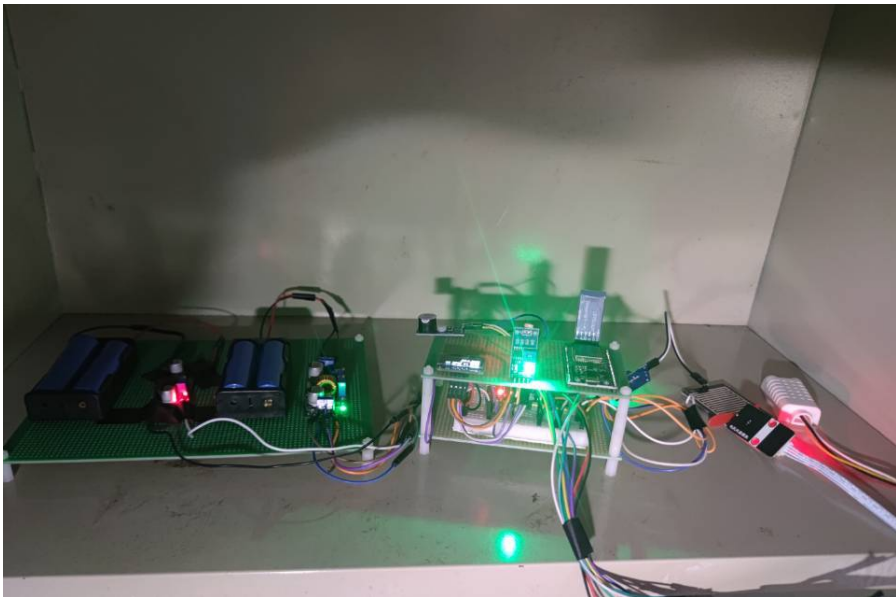


图 24 系统连接图

4.3 蓝牙连接测试

为了测试用户连接蓝牙后能否接收到温湿度、光强与降雨信息。打开蓝牙经过测试，蓝牙功能正常可运行。其数据传输数值正确，由 STM32 中传感器测得的数值可以通过蓝牙模块传入手机中。



图 25 蓝牙模块数据显示

4.4 WiFi 连接测试

为了检验 WiFi 模块能否能成功连接上 WiFi，并且在这之后，是否能成功连接到腾讯云服务器物联网平台的实例。检验完连接之后，测试温湿度这个关键的数据信息是否通过 WiFi 模块传输到云端服务器并且在官方微信小程序显示出数据。经过测试，WiFi 模块可以成功连接上 WiFi 并且连接到腾讯云服务器的物联网平台的实例，打开腾讯云的网页，可以看到实例部分显示成功连接，打开微信小程序可以看到数据实时地进行更新，通过与oled上显示数据的比对，得出小程序上显示的数据与测得的数据相同，测试成功。

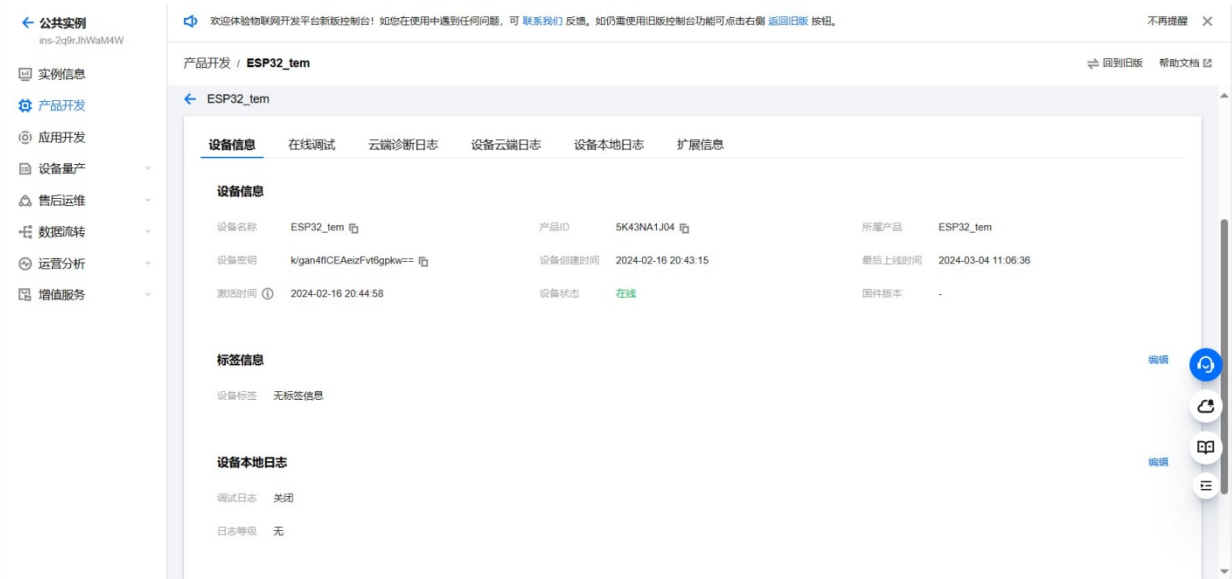


图 26 腾讯云网页显示连接在线



图 27 手机小程序数据显示

致 谢

四年的本科学习生活就要结束了，蓦然回首入学仿佛就是昨天的事情。回忆起这四年的点点滴滴，我很庆幸有一个很好的学习环境，遇到了许多良师益友，是你们的帮助使我能够顺利的完成学业。

首先，我想感谢我的指导老师朱新波老师，朱老师在我的大学的学习生活中给了我很大的帮助，在大一的学习中，是朱老师将我带入了编程这一门槛，我认为，正因为这样才为我后来的学习打下了基础。

其次，我想感谢我的辅导员蓝贤斯老师，蓝老师就像我们的姐姐一般，在我们的大学生活中给了我们许多关照。

此外，感谢桂林学院理工学院的各位老师，是你们悉心的教导和培育，才有了我今天丰硕的成果。感谢 2020 级电子信息工程专业的全体同学，是你们的陪伴与关怀，伴我度过了本科这四年的生活。

参考文献

- [1] Corma A, Garcia H. Zeolite-based photocatalysts[J]. Chemical communications, 2004 , 13: 1443-1459.
- [2] TM Boers, S Schubert, A Ghafoor, et al. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities[J]. Agric Water Manage, 20 03, 62(3): 165-185.
- [3] 唐立伟,刘理云.基于 PLC 的智能温室综合控制系统的研发[J].自动化技术与应用,2009,28(7): 106-108.
- [4] 季宝杰,邹彩虹,王永田.基于单片机的温室自动控制系统设计[J].计算机测量与控制,2007,15(1): 73-75,105.
- [5] 戴勇,周建平,梁楚华等.基于 AT89S52 单片机的多功能智能温室测控系统[J]. 农机化研究,2009,31(5): 135-139.
- [6] 耿海龙.基于 ARM 嵌入式的蔬菜大棚监测系统设计与实现[D].[硕士学位论文].武汉理工大学: 信息工程学院,2013.
- [7] 傅仕杰.基于 STM32 的分布式智能温室控制系统[D].[硕士学位论文].山西太原:太原理工大学,2011.
- [8] 侯晓茜.基于嵌入式系统的温室大棚参数采集与传输[D].[硕士学位论文].辽宁沈阳:沈阳工业大学,2013.
- [9] 满达.基于 STM32 单片机的温室大棚监控系统开发[D].华北水利水电大学,2016(05).
- [10] 李刚.基于 STM32 单片机的温室大棚智能监控系统的设计[D].四川农业大学,2020(10).

Design of Smart Crop Growth Monitoring Device Based on Edge Computing

Abstract: With the progress of science and technology, people want to realize a more convenient and comfortable life through smart devices, and they also want to experience the happiness brought by science and technology in a low-cost and low-power way. This paper presents the design of an intelligent crop growth monitoring device based on edge computing, which is mainly designed to technologize and informatize the crop environment, provide people with a convenient, fast, real-time monitoring device for crop growth, and provide timely feedback of relevant information in order to make the right decision. For the agricultural field of crop growth environment temperature and humidity can not be monitored in real time, caused by crop overheating capacity decline and humidity is too high or too low resulting in crop drought or flooding problems, in conjunction with the Internet of Things (IoT) technology, based on the STM32 embedded devices, the use of temperature and humidity sensors real-time monitoring of the environment temperature and humidity data, so that the user can be through oled display module and bluetooth module in time to enable the user to receive the data and timely processing, while using WiFi module to synchronize the data display to the cloud applet and server data, so that it can be monitored remotely through the Internet. For the agricultural field of crop growth environment conditions can not be effectively measured, resulting in the user can no longer be the first time to know the growth environment of crop plants, causing inconvenience. Based on the STM32 embedded device, the light sensor and raindrop sensor are utilized to effectively monitor the growing environment of crop plants, making it more convenient for users to monitor them.

Keyword: Edge Computing; Smart Agriculture; STM32

附 录

```
/* 此为 ESP32 模块的封装代码 */  
  
#include <Arduino.h>  
  
#include <WiFi.h>  
  
#include "PubSubClient.h"  
  
  
const char *ssid = "danke";  
const char *pwd = "12345678";  
const char *mqtt_server = "5K43NA1J04.iotcloud.tencentdevices.com";  
const char *mqtt_username = "5K43NA1J04ESP32_tem;12010126;X0L2C;1709985823";  
const char *mqtt_userpwd =  
"be50859e488c790e2f1ed16df63ff4f53dbfb44590b4ed291c428b8959ded110;hmacsha256";  
const char *mqtt_clientid = "5K43NA1J04ESP32_tem";  
const char *mqtt_pub_topic = "$thing/up/property/5K43NA1J04/ESP32_tem";  
const char *mqtt_sub_topic = "$thing/down/property/5K43NA1J04/ESP32_tem";  
  
#define REPORT_DATA_TEMPLATE  
    "{\"method\":\"report\",\"clientToken\":\"123\",\"params\":{\"current_humidity\":%d,\"current_temp\":%d}}"  
  
WiFiClient espClient;  
PubSubClient mqttclient(espClient);  
  
long lastMsg = 0;  
int tem = 17;  
int hum = 60;  
char report_buf[1024];
```

```
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length)
{
    Serial.print("--->Message arrived [");
    Serial.print(topic);
    Serial.print("] ");
    Serial.println();
    Serial.print("payload [");
    for (int i=0;i<length;i++) {
        Serial.print((char)payload[i]);
    }
    Serial.println();
}
```

```
void setup_wifi()    //进行 WiFi 初始化连接
{
    Serial.printf("Connect to %s ", ssid);
    WiFi.begin(ssid, pwd);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.printf(".");
        delay(500);
    }
    Serial.println("Connected!");
    Serial.print("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}
```

```
void setup() {        //模块初始化
    Serial.begin(115200);
    Serial2.begin(115200);
```



```
setup_wifi();

// connect mqtt server
mqttclient.setServer(mqtt_server, 1883);
mqttclient.setCallback(callback);
mqttclient.setKeepAlive(65535);
while (!mqttclient.connect(mqtt_clientid, mqtt_username, mqtt_userpwd)) {
    Serial.println("mqtt connect fail, reconnect");
    delay(2000);
}
Serial.println("mqtt connected!");

// sub topic
boolean ret = mqttclient.subscribe(mqtt_sub_topic);
if (ret != true) {
    Serial.printf("mqtt subscribe topic [%s] fail\n", mqtt_sub_topic);
}
Serial.printf("mqtt subscribe topic [%s] ok\n", mqtt_sub_topic);
}

void loop() {
    // client loop
    mqttclient.loop();

    // pub topic
    long now = millis();
    if (now - lastMsg > 3000) {

        if(Serial2.available()){
```

```
// 读取接收到的数据

Serial.printf("get ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! \n"); //收到消息

String data1 = Serial2.readStringUntil('\n'); // 读取串口接收到的数据
String data2 = Serial2.readStringUntil('\n'); // 读取串口接收到的数据

data1.trim(); // 去除字符串两端的空格
data2.trim(); // 去除字符串两端的空格

int numData1 = data1.toInt();
int numData2 = data2.toInt();

Serial.printf("[%d][%d]\n", numData1,numData2);

tem = numData1;
hum = numData2;
}

lastMsg = now;
memset(report_buf, 0, 1024);
sprintf(report_buf, REPORT_DATA_TEMPLATE, hum, tem);
Serial.println(report_buf);

if (mqttclient.publish(mqtt_pub_topic, report_buf)) {
    Serial.printf("mqtt publish topic [%s] ok\n", mqtt_pub_topic); //发布成功
}
else {
    Serial.printf("mqtt publish topic [%s] fail\n", mqtt_pub_topic); //发布失败
}

}

}
```