

送检文献信息

【题名】基于边缘计算的智能农作物生长监测装置设计

作者：蔡佳辉

检测时间：2024-03-19 18:36:09

检测范围：☒ 中国学术期刊数据库☒ 中国博士学位论文全文数据库☒ 互联网学术资源数据库☒ 特色英文数据库☒ 优先出版论文数据库☒ 中国优秀硕士学位论文全文数据库☒ 学术网络文献数据库☒ 中国标准全文数据库☒ 国内外重要学术会议论文数据库☒ 中国优秀报纸全文数据库☒ 中国专利文献全文数据库☐ 中国法律法规数据库

14.98%

总相似比

详细检测结果

字

原文总字符数

13078

检

检测字符数

12712

参

参考文献相似比

10.74%

参

辅助排除参考文献相似比

4.24%

自

可能自引相似比

0.00%

自

辅助排除可能自引相似比

14.98%

相似文献列表（仅列举前10条）

序号	相似比(相似字符)	相似文献	类型	是否引用
1	9.02% 1146字符	基于单片机的农业监测控制系统设计 杨华, 刘玉, 底飞, 李亚东; 《河南科技》; 2021-07-02	期刊	是
2	1.72% 219字符	基于STM32单片机的温室大棚监控系统开发 满达 (导师: 师素娟); 华北水利水电大学, 硕士 (专业: 农业机械化); 2016	学位	是
3	1.02% 130字符	基于STM32的无线视频监控智能小车设计 李婕 (导师: 蒲忠胜); 兰州理工大学, 硕士 (专业: 物理电子学); 2014	学位	否
4	0.61% 77字符	一种基于AIOT的智能家居系统CN202022266760.0 青岛港湾职业技术学院; UTILITY_MODEL; 2020-10-11 00:00:00.0000000	专利	否
5	0.41% 52字符	基于STC15W408AD单片机的车载新型智能窗设计 王家豪, 绳鹏, 吴琦, 王钦正; 《科技与创新》; 2018-05-20	期刊	否
6	0.29% 37字符	一种可辨别噪声来源方向的环境噪声监测装置CN202210042035.6 浙江君正环境科技有限公司; INVENTION_PUBLICATION; 2022-01-12 00:00:00.0000000	专利	否
7	0.20% 26字符	Raspberry Pi IoT Projects John C. Shovic; 2016-01-01	英文	否
8	0.20% 25字符	处理垃圾渗滤液的装置201120507047.9 上海广联建设发展有限公司; 实用新型专利; 2011-12-06 00:00:00.0000000	专利	否
9	0.15% 19字符	基于TracePro与SpecWinLight的OLED照明器件设计及测试系统开发 吴义超 (导师: 于军胜); 电子科技大学, 硕士 (专业: 软件工程); 2014	学位	否
10	0.14% 18字符	电池的无线充电方法、装置及存储介质CN202310771193.X 中国第一汽车股份有限公司; INVENTION_PUBLICATION; 2023-06-25 00:00:00.0000000	专利	否

原文标注

目录

内容摘要 1

1 前言 2

1.1 研究背景 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 3

2 系统总体设计	4
2.1 系统设计意图	4
2.2 系统工作过程	4
2.3 系统设计方案论证	5
2.3.1 系统设计指标	5
2.3.2 系统硬件设计方案	5
2.3.3 系统软件设计方案	6
3 系统硬件设计	7
3.1 微处理器的选择	7
3.2 蓝牙通信模块设计	9
3.3 WiFi模块的硬件设计	10
3.4 温湿度模块的硬件设计	12
3.5 oled显示模块的硬件设计	13
3.6 蜂鸣器的硬件设计	14
3.7 光敏传感器的硬件设计	14
3.8 雨滴传感器的硬件设计	15
4 系统软件设计	16
4.1 系统软件主程序设计	16
4.2 STM32温湿度采集模块软件设计	17
4.3 oled数据显示模块软件设计	18
4.4 蓝牙模块HC-05软件设计	19
4.5 WiFi模块ESP32软件设计	20
4.6 蜂鸣器模块软件设计	21
4.7 光敏传感器的软件设计	22
4.8 雨滴传感器的软件设计	23
5 系统测试	24
5.1 测试目的	24
5.2 系统的实物测试	24
5.3 蓝牙连接测试	25
5.4 WiFi连接测试	26
6 总结与展望	27
6.1 总结	27
6.2 展望	27
致谢	29
参考文献	30
英文摘要	31
附录	32

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]随着技术的发展，农业生产的科技化和信息化也在不断的进步。针对农作物生长环境状况不能有效测量，如土壤、空气温湿度等信息不能实时监控，容易引起农作物生长过程过早或者过涝，从而导致农作物减产。针对上述问题，本文设计了一种基于边缘计算的智能农作物生长监测装置，该系统结合物联网技术，采用STM32处理器，利用温湿度传感器、光照传感器和雨滴传感器等模块实时检测环境温、湿度数据，采用与检测，并通过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，使用户可以通过互联网远程监测农作物生产情况。实验证明，该设计能有效调节农作物生长环境，提高产量，同时为地区农业生产的科技化和信息化推动，起到一定的促进作用。

[关键词]边缘计算；智慧农业；STM32

1 前言

1.1 研究背景

随着时代的发展，经济飞速增长，城市化进程不断加快，人口规模膨胀，土地荒漠化加剧，耕地面积逐年减少，环境污染问题严重，资源短缺日益突出。如何应对人口众多、土地有限的突出矛盾，对于未来社会发展和农业生产具有重要意义。尽管我国拥有较大的耕地面积，但人口众多，人均耕地面积仅为世界平均水平的三分之一左右。此外，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。农业智能化管理提升单位面积的产量已经形成了一种趋势，运用各种传感

器以及物联网技术，对农作物进行实时的监测，通过这种措施，农作物的产量可以得到巨大的提升[1]。

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 and 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，推进农业生产实现智能化[2]。

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，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[3]。

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[4]。

1.3 设计主要研究内容

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：

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。

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。

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。

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。

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。

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

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。

2 系统总体设计

2.1 系统设计意图

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，设计与开发智能农作物长势监测装置显得尤为关键，本装置利用多种传感器测量温湿度、光照、以及天气等各项有用数据，并对数据进行处理，根据作物生长情况供用户实时监测和管理，以此达到高产优产的目的。

2.2 系统工作过程

智能农作物生长监测系统的工作过程由五个部分组成：STM32处理信息、环境信息采集、植株生长环境、环境调控设备和无线信息传输。如图为系统的工作流程，通过对环境信息的采样将数据送到STM32单片机处理信息，通过无线传输设备将数据信息进行传输，同时STM32将环境信息采集的数据与标准数据进行对比，并对环境调控设备发出指令，启动或关闭相应设备，直至数据与设定好的参数相符为止[5]。

图1 系统工作过程

2.3 系统设计方案论证

2.3.1 系统设计指标

(1) 系统的稳定性

系统的稳定性主要是指系统完成给定的指令不受环境影响，达到预期的规划能力。本文在设计农业监测系统时，充分考虑了不同传感器之间的相互作用、电子元件特性范围内满足系统规划要求的能力、数据采集子系统不会出现数据丢失问题、硬件系统的硬件设计、电路规范和抗干扰能力等。

(2) 整体的精简性

在整个系统的设计阶段，就应该考虑到系统的简易性和用户的接受程度。同时，系统实现的简易性和操作的简便性，提高了用户的学习速度，可以在系统实际的应用中对人们产生很大的吸引力，为推进农作物监测系统的智能化发展提供更多的帮助。

(3) 性价比

系统的性价比也是系统选型的重要考虑因素，需要选用低功耗、性能稳定的元器件，或在性能相同的情况下选用低成本的元器件，可以节省相当多的预算。在实现相同功能的前提下，选择使用硬件电路和软件，在系统设计条件允许的情况下选择软件，可以节约资金，节省系统成本预算，提高农作物监测系统的性价比。

2.3.2 系统硬件设计方案

本文设计的农作物监测控制系统主要由三部分组成：主控模块、环境温湿度、植株所受光照强度与下雨信息参量采集子系统、信息显示与传输子系统。其中主控模块主要根据传输的温湿度参量、植株所受光照强度与下雨信息参量，同时将温湿度、植株所受光照强度与是否下雨的信息实时显示在oled显示屏上，根据实际农作物生长状况设定相应阈值，使蜂鸣器与风扇做出相应的反应。环境温湿度、植株所受光照强度与下雨信息参量采集子系统，主要是结合温度传感器以及湿度传感器不断采集环境的参量，通过I/O口通信技术传输到主控模块。信息显示与传输子系统，主要是接受到主控模块的相应指令后，控制oled显示相应的数值，并且将数据通过蓝牙与WiFi进行传输。其中硬件主控系统采用STM32主控模块，采集的环境参量为农作物的温湿度、所受光照强度与下雨信息，选用的传感器为SHT30温湿度传感器、光敏电阻传感器、雨滴传感器。装置的结构如图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。

2.3.3 系统软件设计方案

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：数据采集模块采集的温湿度、光强、天气信息等数据，经主控系统软件驱动后，借助oled显示模块实时显示出来。

(3) 数据的处理模块：数据采集模块采集的温湿度数据，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。

(4) 数据的无线通信模块：数据采集模块采集的温湿度、光强、天气信息等数据，通过蓝牙与WiFi这两个无线通信模块进行数据传输，并且以蓝牙软件、网站、小程序等方式呈现出来。

3 系统硬件设计

3.1 微处理器的选择

微处理器的设计是农作物监测系统的核心，其性能的好坏直接影响到整个控制系统能否正常、稳定地运行并实现目标。同时，微处理器的选择应符合农作物监测系统的稳定性、实时性和经济性等特点。用户分析环境数据后，根据传感器采集到的环境参数进入主控系统，微处理器将传输回来的环境温度，光强，天气情况等信息，高效控制风扇电机和蜂鸣器以及其他通信和显示设备，高效降温预警，实现农产品的智能化管理和控制。目前，利用率高、稳定性好的处理器芯片主要有FPGA、DSP和单片机，不同的处理器芯片在农作物监测系统中的作用也不同。然后根据稳定性、可靠性和性价比对这三种芯片进行比较，从而选择控制芯片。

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[6]。

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[7]。

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[8]。

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[9]。

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。STM32F103xx内部总体结构框架如图3所示。

图3 内部总体结构

3.2 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4 蓝牙模块

表1 蓝牙模块接口功能

3.3 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[10]。

图5 WiFi模块接口

表2 WiFi模块接口功能

图6 WiFi模块接口电路原理图

将其5V引脚与GND分别连接至主板上5V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）。

3.4 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[11]。

图7 温湿度采集模块

图8 SHT30模块电路原理图

图9 SHT30模块电路时序图

3.5 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10 oled显示模块

表3 oled引脚

图11 oled接口电路

3.6 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12 蜂鸣器模块

图13 蜂鸣器模块电路原理图

3.7 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14 光敏传感器

图15 光敏传感器电路原理图

3.8 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16 雨滴传感器

图17 雨滴传感器电路原理图

4 系统软件设计

4.1 系统软件主程序设计

首先对所有的传感器进行初始化，通过设计的子函数控制传感器将数据传回STM32芯片，同时在子程序中对其传回来的数据进行处理。对温湿度模块的数据进行处理后，可以使得其超出阈值时，风扇与蜂鸣器对其作出反应，同时将其数据通过oled进行显示，通过蓝牙模块连接手机、WiFi模块连接云端进行传输与显示。对光敏传感器模块的数据进行处理后，可以使得其数据显示在oled上，并且通过蓝牙模块连接手机进行传输与显示。对雨滴传感器模块的数据进行处理后，可以使得其天气下雨状况显示在oled上，并且通过蓝牙模块连接手机进行传输与显示。以下为软件主程序设计流程图。

图18 软件主程序设计流程图

4.2 STM32温湿度采集模块软件设计

该模块的功能是实时测量环境中的温湿度值，它的软件设计主要结合IIC协议得以实现，运用温湿度传感器对环境温湿度进行实时的监测，并将监测到的数据结果传输至主控系统。首先对传感器里的数据进行清除，避免传感器数据的冗余，之后调用SHT30_read_result（）函数，运用IIC协议，将数据传输到STM32单片机主控模块，通过其他模块对传回来的数据进行处理。

如图为温湿度模块的流程图。

图19 SHT30温湿度模块流程图

4.3 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20 oled显示模块流程图

4.4 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21 蓝牙模块流程图

4.5 WiFi模块ESP32软件设计

该模块的作用是实现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。arduino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22 WiFi模块流程图

4.6 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23 蜂鸣器模块流程图

4.7 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24 光敏传感器流程图

4.8 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25 雨滴传感器流程图

5 系统测试

5.1 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。

5.2 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26 系统连接图

5.3 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27 蓝牙模块数据显示

5.4 WiFi连接测试

为了检验WiFi模块能否成功连接上WiFi，并且在这之后，是否能成功连接到腾讯云服务器的物联网平台的实例。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28 腾讯云网页显示连接在线

图29 手机小程序数据显示

6 总结与展望

6.1 总结

本文基于STM32设计一套智能化的农作物监测系统，包含了硬件的挑选与连接设计，以及系统的软件程序的编写。主要完成的功能如下所示：
根据控制系统的总体方案，确定了本系统的微处理器、温湿度传感器、电机驱动芯片、稳压芯片以及继电器驱动芯片的选型，保证系统的稳定性与可靠性。
针对农业领域农作物生长环境的温度不能实时监控，导致农作物过热产量下降的问题，针对农业领域农作物生长环境的湿度不能有效监控，导致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度湿度数据，通过oled、蓝牙通信以及WiFi上传云端的方式及时提醒用户。
设计农作物监测系统的风扇模块，当温度超过设定阈值时，风扇将会转动，对植株进行物理降温。
设计农作物监测系统的蜂鸣器模块，用蜂鸣器模块来警示环境湿度是否超出设定阈值。
针对农作物生长环境的光强不能实时监控，导致植株时常生长在光强不足的环境中，基于STM32嵌入式设备，设计农作物监测系统的光敏传感器模块，有效监测环境实时的光强值并将数据传给STM32设备，通过oled与蓝牙将数据显示给用户。
针对农作物生长环境是否有降雨不能实时监控，导致不能判断是否需要人工灌溉，基于STM32嵌入式设备，设计农作物监测系统的雨滴传感器模块，有效监测环境是否下雨并将数据传给STM32设备，通过oled与蓝牙将数据显示给用户。
设计农作物监测系统的数据显示模块，采用OLED显示屏实时显示温湿度参数、光照强度以及是否下雨的信息。
设计农作物监测系统的蓝牙模块和WiFi模块，蓝牙模块可以使用户比较近距离得无线接收数据，WiFi模块将数据上传到云端，使得用户远距离也可以接收数据。

6.2 展望

本文设计的智能农作物生长监测系统，在一定程度上有效控制环境的温湿度参量，为农作物生长提供舒适的生长环境，但仍有一些不足，尚需改进。
环境参量的检测对于农作物生长环境的检测参量虽然系统能够检测温湿度，但仍缺乏其他参量，不够全方位的实现环境的调控，未来可设计更全面的采集子系统，额外

采集土壤的PH值、空气的颗粒浓度、植株一定时间内生长的高度等参量，更全面的满足农业的需求。

农作物种植模式单一，缺乏农业知识库。为解决这一问题，可以设计农业智能化权威专家平台。该平台能够借助农业专家的指导，提供更专业、更权威的种植方式。可以通过远程咨询，获得种植技术的指导，从而提高作物产量。

在WiFi传输的数据上以及数据显示的形式上仍然具有欠缺，本系统是通过腾讯云物联网平台的服务器，并且通过官方的小程序得以实现功能。未来还可以通过在自己的服务器上搭建一个网站，将WiFi模块传输的数据存储在后端数据库中，通过javaweb的框架，将前后端关联起来显示在前端构建的网站上。

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

方箫.基于STM32的温室环境控制系统的设计与研究[D].武汉大学,2014(03):1-2.

杨华,刘玉,底飞,等.基于单片机的农业监测控制系统设计[J].河南科技,2021,40(24):37-39.

关金森.外国“智慧农牧业”的做法与经验[J].农业工程技术,2018,38(15):59-75.

任端阳.我国农业知识产权与智慧农业发展对策研究[D]中国科学技术大学,2017(09):31-32.

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):5-6.

王博,石睿,刘敏俊,曾雄,王洲.基于FPGA的卷积神经网络核素识别硬件加速方法研究[J].核电子学与探测技术.

张文静.基于STM32的农业物联网智能网关设计[D].河北工业大学,2015(03):7-8.

王晓.基于STM32F103C8T6电气化铁路供电实训系统研究与设计[D].石家庄铁道大学,2019(03):20-21.

杨百军.轻松玩转STM32Cube[M].北京:电子工业出版社,2017.

张宾,王辰,洪轲.基于ESP32的智能三角警示牌设计[J].电子制作,2023,31(24):88-89.

黄文静,卢雨博,杜雨静,宗凌轩,马华红.基于STM32的老人健康手环系统设计[J].山西电子技术,2023,No.231(06):6-7.

Design of Smart Crop Growth Monitoring Device Based on Edge Computing

Abstract:With the development of technology, the technologization and informatization of agricultural production is also progressing. For crop growth environmental conditions can not be effectively measured, such as soil, air temperature and humidity information can not be monitored in real time, which can easily cause the crop growth process is too drought or flooding, which leads to crop yield reduction. In view of the above problems, this paper designs an intelligent crop growth monitoring device based on edge computing, the system combines the internet of things technology, using STM32 processor, using temperature and humidity sensor, light sensor and raindrop sensor and other modules real-time detection of the environment temperature and humidity data, using and detection, and through oled display module and bluetooth module in time so that the user receives the data and processed in time. At the same time, the use of WiFi module will synchronize the data display to the cloud applet and server data, so that users can remotely monitor crop production through the Internet. The experiment proves that the design can effectively regulate the growing environment of crops, improve the yield, and at the same time, promote the technology and informationization of regional agricultural production, play a certain role in promoting.

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 servermqttclient.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 topicboolean 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 loopmqttclient.loop();
// pub topiclong 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} } }

```

- 原文总字符数：即送检文献的总字符数，包含文字字符、标点符号、阿拉伯数字（不计入空格）
- 检测字符数：送检文献经过系统程序处理，排除已识别的参考文献等不作为相似性比对内容的部分后，剩余全部参与相似性检测匹配的文本字符数
- 总相似比：送检文献与其他文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 参考文献相似比：送检文献与其标明引用的参考文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 可能自引相似比：送检文献与其作者本人的其他已公开或发表文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 法律法规文献相似比：送检文献与“中国法律法规数据库”中文献的相似文本内容在原文中所占比例
- 单篇最大相似比：送检文献的相似文献中贡献相似比最高一篇的相似比值
- 是否引用：该相似文献是否被送检文献标注为其参考文献引用，作者本人的可能自引文献也应标注为参考文献后方能认定为“引用”

检测报告由万方数据文献相似性检测系统算法生成，仅对您所选择的检测范围内检验结果负责，结果仅供参考
万方检测官方网站：<https://check.wanfangdata.com.cn/> 检测报告真伪验证官方网站：<https://truth.wanfangdata.com.cn/>
北京万方数据股份有限公司出品