

农智谷

农智科技团队；彭竣；李丹；徐紫瑜；李松；居本祥

摘要

2022 年 10 月，习近平总书记在党的二十大报告中强调，全方位夯实粮食安全根基，牢牢把粮食主动权^[1]。农作物病虫害是影响粮食安全的关键因素，但传统方法存在监测不及时、治疗延误及农药滥用等问题，不仅直接影响了农作物的产量和质量，还加剧了环境污染，对经济社会环境造成了负面影响。

为了有效应对这一挑战，我们推出了农智谷——一款集成多项先进技术的智能化农业监测系统。该系统利用传感器技术，能够实时监测农田中的农作物生长状态以及土壤温湿度等关键参数，确保农民能够掌握农田环境的实时动态。同时，通过集成机器学习和图像处理技术，农智谷的视觉检测模块能够准确识别农作物病虫害，为农民提供及时的预警信息。此外，系统通过 LCD 屏幕直观展示关键数据和解决方案，帮助农民轻松管理农田，提升农作物产量和质量。

农智谷系统由星火一号主控板、视觉检测模块（vision broad）、温湿度传感器和 LCD 屏幕显示模块四大核心模块组成，这些模块协同工作，共同实现病虫害检测、温湿度监测、屏幕显示及云端数据传输与查看等多项功能。农智谷系统的多模块集成设计，有效提高了系统的整体性能和功能。各模块间互相协作，高效地提升了系统性能，为农业生产提供实时准确支持，助力农民丰收，促进农业可持续发展。

第一部分 作品概述

1.1 功能与特性

(1) 病虫害检测：结合视觉模块，装置能够对农作物进行图像识别，识别出可能存在的病虫害问题，提供及时方案处理和数据收集。

(2) 温湿度监测：通过温湿度传感器模块，装置能够实时监测环境中的温度和湿度数据，帮助用户了解植物生长环境的变化，并且给出湿度建议。

(3) 屏幕显示：在 lvgl 显示屏上显示处理建议，根据视觉分析结果和传感器数据。可以向用户提供实时反馈，以保护植物生长环境。结合视觉模块和传感器模块数据，为用户提供有效的病虫害识别和管理建议。

(4) 云端数据传输与查看：装置可以将采集到的数据上传至云端存储，用户可以随时通过手机或电脑上云查看实时数据和历史记录，方便远程监控和管理。

(5) 用户友好性：装置操作简单，界面友好，适用于农业生产者和爱好者使

用，提升种植效率和作物品质。

1.2 应用领域

(1) 农作物种植：农户和农业专业人员可以使用本产品对种植的作物进行监测，及时发现病虫害的迹象，从而采取适当的防治措施，减少作物的病害危害。

(2) 温室种植：在温室种植领域，本产品可用于监测温室内作物的病虫害情况，帮助种植者及时调整环境和管理措施，保证作物的健康生长。

(3) 生态系统保护：农户对农药使用规范的认知不足，过度依赖农药进行治疗^[2]。本产品可提供更规范的病虫害治理法，减轻对土壤生态系统的负面影响。

1.3 主要技术特点

采用多模块集成设计，融合了主控核心板、视觉检测模块、温湿度传感器等组件，提高农业病虫害检测系统的整体性能和功能。使用 RTT 官方机器视觉开发板 Vision Board，能够高清采集病虫害部位的图像，并实现图像处理和识别技术，准确快速地检测作物上的病虫害问题；搭载温湿度传感器，实时监测环境的温度和湿度数据，为病虫害的发生提供环境数据支持，帮助农民及时调整环境条件；进行相关数据传输与处理，实现对采集的病虫害图像和环境数据进行处理和存储，并将数据上云^[4]，用户可在手机端或电脑端实时查看农作物健康情况数据。最后将相关数据和防范措施和显示在 LCD 屏幕，用图形与文字结合的方式，更加通俗易懂。

1.4 主要性能指标

(1) 主控芯片采用 STM32F407ZGT6，主频 168MHz，性能强劲。

(2) 视觉检测模块（Vision Board）：采用 RA8 芯片，内核：480 MHz Arm Cortex-M85。

(3) 温度测量范围：支持-30° 到 70° 的温度测量，具有较高的测量精度。

湿度测量范围：测量范围为：0~100%，获取准确湿度数据。

稳定时间：<1 秒，响应时间：<1 秒。

(4) 模型性能：

采用轻量级的 MobileNetV2 模型（如图 2）进行迁移学习，能识别八种农作物上共 35 余种病虫害类型。其中，土豆病虫害分类模型的 F1 分数达 81.4%，推理时间为 34ms，如图 1 所示，其余农作物种类的分类模型均在 80%以上，推理时间在 40ms 以下，均满足项目需求。

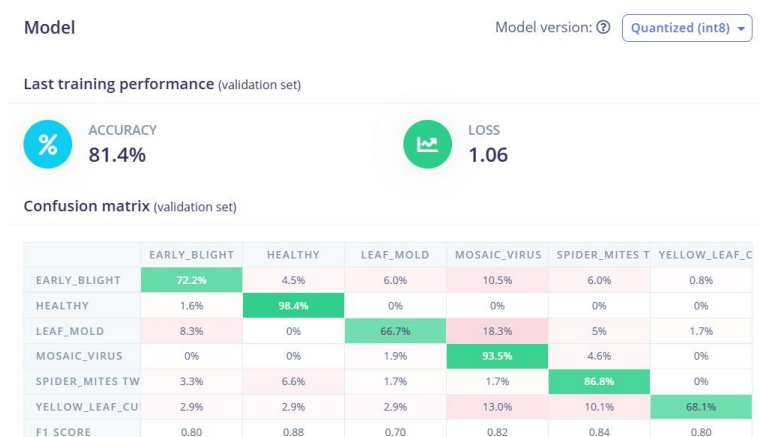


图 1 土豆病虫害模型混淆矩阵

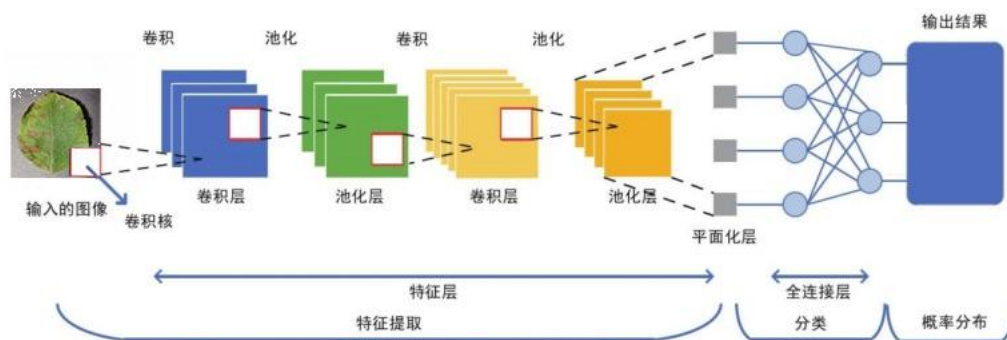


图 2 CNN 神经网络结构^[5]

(5) 代码性能：采用 RTOS 管理多个线程，确保 UART、485、LCD 等模块能同时运行并实时更新数据。

1.5 主要创新点

(1) 数据云端存储与分析：借助云端技术，将采集到的病虫害数据和环境数据进行存储和分析，为实现数据共享、追溯、大数据分析等提供支持，用户可在手机端或电脑端实时查看农作物健康情况数据，为农业生产提供更科学的决策。

(2) 多模块一体化设计：创新地将主控核心板、视觉检测模块和温湿度传感器进行一体化设计，实现多模块之间高效的数据交互和协作，简化设备结构，提高系统整体性能。

(3) 智能图像识别技术：引入先进的图像处理和识别算法，通过视觉检测模块对病虫害部位的图像进行高清采集和处理，实现智能识别和分析，提高检测的准确性和效率。

(4) 环境数据与病虫害关联：利用温湿度传感器实时监测环境的温湿度数据，与病虫害检测数据进行关联分析，探索环境因素对病虫害发生的影响机制，为农民提供更准确的防治建议。

1.6 设计流程

- (1) 需求分析：确定系统的核心功能，分析用户需求
- (2) 硬件选型与集成：选择合适的传感器和监测设备，将主控核心板、视觉检测模块、温湿度传感器等模块进行一体化集成。
- (3) 软件开发：开发数据采集与处理软件，建立预测模型，开发用户交互界面。
- (4) 系统集成与测试：集成硬件和软件系统，进行系统测试，训练并验证预警模型，提高预警的准确度。
- (5) 部署与运营：将系统部署到农田中，开始实际运行。

第二部分 系统组成及功能说明

2.1 整体介绍

系统主要包括主控模块、485 传感器、VisionBoard 视觉模块以及 RW007 WIFI 模块。视觉模块主要负责 OpenMV 视觉识别处理，包括离线训练模型。当按键选择要识别的农作物种类时，识别模块开始工作。首先，摄像头完成图像信息采集，然后将采集到的图像与处理器中的模型进行比对，生成识别结果（农作物病虫害种类），并将结果发送给主控模块。主控程序负责解析并显示从 OpenMV 获取的数据。系统的结构框图如图 3 所示。

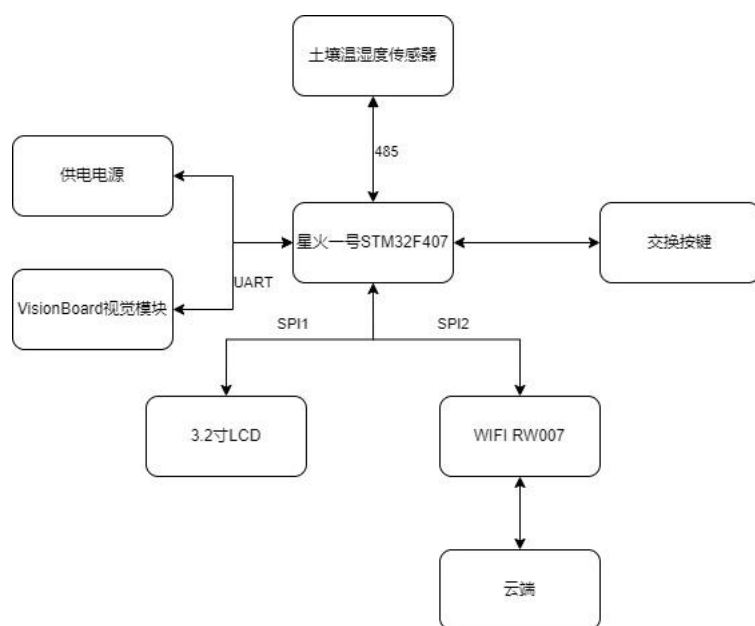


图 3 系统结构框图

2.2 硬件系统介绍

2.2.1 机械设计介绍

外壳采用 2mm 厚度亚克力板组装，亚克力板设计如图 4 所示。

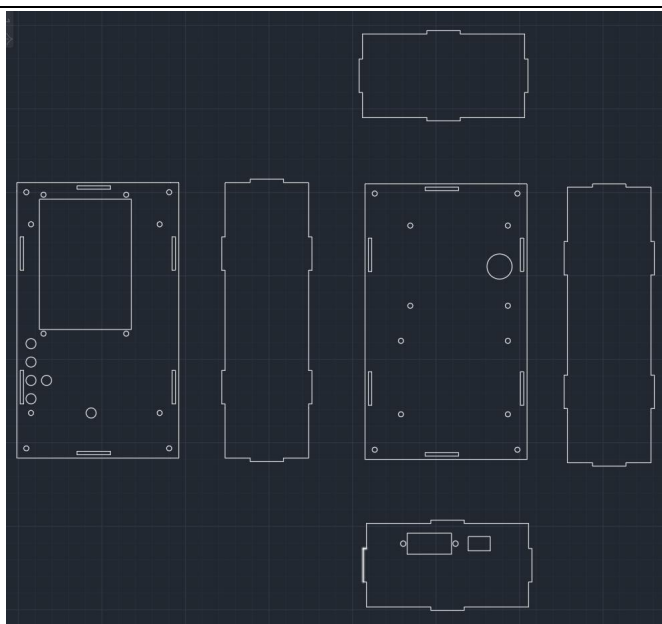


图 4 CAD 外壳设计

2.2.2 电路各模块介绍

(1) 供电电源

供电模块采用 TP5400 的 1A 锂电池充电和 5V/1A 升压控制芯片，设计 U4 用于连接开关，U1、U2、U3 三个 5V 输出端子，可输出最大 1A 的电流，满足设计产品需要。

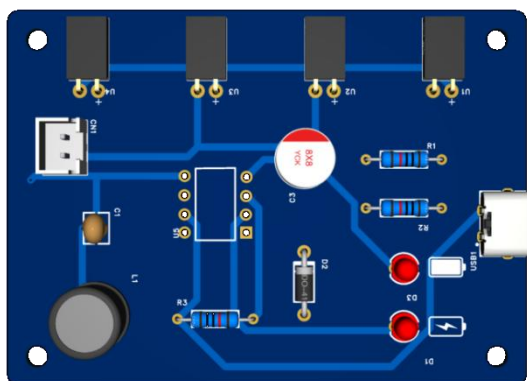


图 5 供电模块正面



图 6 供电模块背面

(2) 土壤温湿度传感器

采用隔离型土壤温湿度传感器，可用于测量土壤温度、湿度参数，通过 RS485（标准 Modbus-RTU 协议，设备默认地址：01）发送如图 7 所示查询码，反馈传感器测得数据，并在 RTOS 的操作系统下创建单独线程，不断更新传感器数据。

地址	功能码	起始寄存器地址高	起始寄存器地址低	寄存器长度高	寄存器长度低	CRC16 低	CRC16 高
0X01	0X03	0X00	0X00	0X00	0X02	0XC4	0X0B

图 7 土壤传感器查询数据

(3) VisionBoard 视觉模块

基于 RT Thread 给 VisionBoard 视觉模块烧写 OpenMV 固件，基于 OpenMV IDE 进行代码编写与调试，并借助 AI 训练平台 Edge Impulse，快速地训练多个农作物病虫害模型。

(4) 3.2 寸 LCD

LCD 采用 ILI9431 驱动芯片，通讯协议为 SPI，我们把 LCD 挂载到 SPI1 总线上，并为其移植驱动函数。

(5) WIFI RW007

RW007 是由上海睿赛德电子科技有限公司开发的高速 WiFi 模块，模块基于 Realtek RTL8710BN (Ameba Z 系列) WIFI SOC，使用 SPI/UART 与主机通信，支持 IEEE 802.11b/g/n 网络、WEP/WPA/WPA2 加密方式和 STA 和 AP 模式。

通过 WiFi 能够连接到无线网络，使设备能够通过 WiFi 网络与互联网通信，实现实时检测数据和远程查看。设备实时监测数据并将数据及时传输至云端，实现数据存储、分析和云端处理，为用户提供更多智能的建议，也可以通过手机 App 或电脑远程实时查看设备状态。

(6) 交互按键

使用星火一号开发板四个自带按键，复用 GPIO 为下拉输入模式，再 RTOS 操作系统创建单独线程，循环执行，不断检测按键按下状态，并添加防抖，记录上一次按下比较时间，防止误触。

ARROW KEYS

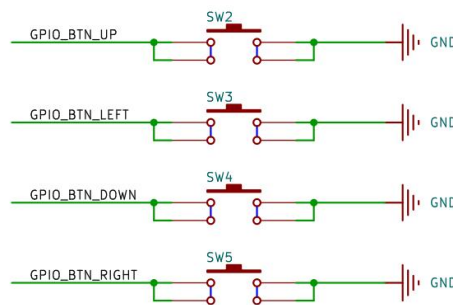


图 8 按键接线图

2.3 软件系统介绍

2.3.1 软件整体介绍

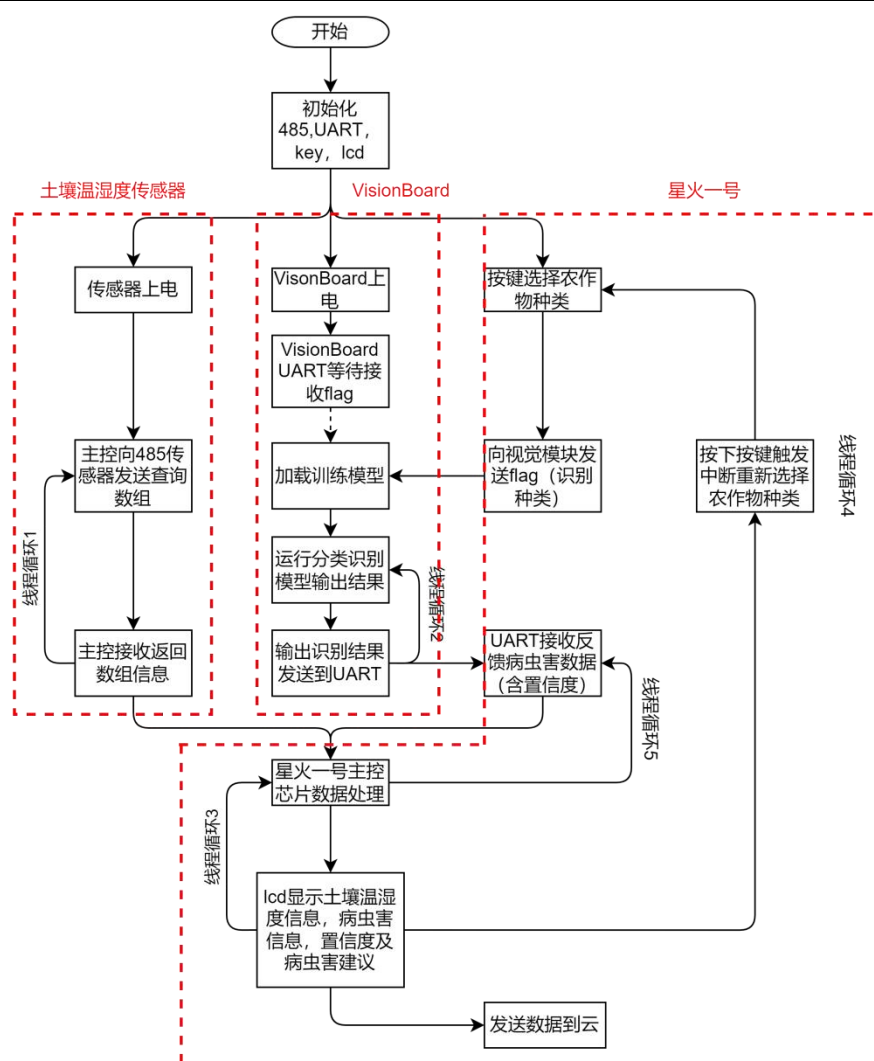


图 9 流程图

2.3.2 软件各模块介绍（根据总体框图，给出各模块的具体设计说明。从顶层到底层逐次给出各函数的流程图及其关键输入、输出变量）；

(1) 主线程如图 10 所示，首先判断按键所选择的农作物种类，调用串口函数向视觉模块发送识别种类，并接收回馈数据和数据库病虫害防护措施比对，将结果显示在 LCD 上。

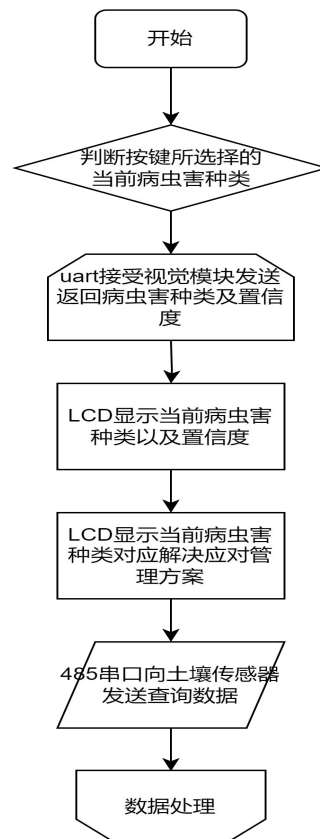


图 10 主线程

(2) 读取按键状态线程流程如图 11 所示，函数首先初始化按键 GPIO，然后创建并启动 RT-Thread 线程不断进行按键检测。该线程周期性地调用按键读取函数，结合防抖逻辑确保稳定检测，避免误判。检测到按键按下后，输出按键信息。

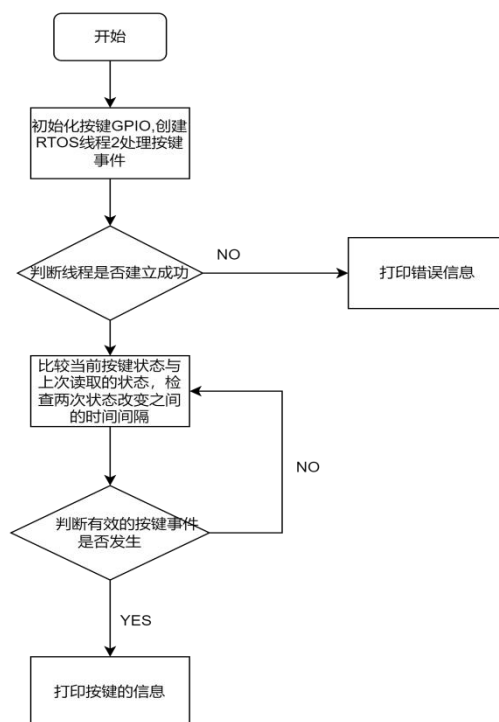


图 11 读取按键状态线程

(3) 传感器数据采集线程流程如图 12 所示, 代码首先初始化串口设备, 并启动"sensor"线程, sensor_thread_entry 循环调用 Sensor485data, 通过 RS485 与传感器通信, 接收解析数据更新湿度温度变量并显示。关键输入为 RS485 串口数据, 输出为解析后的湿度和温度值。

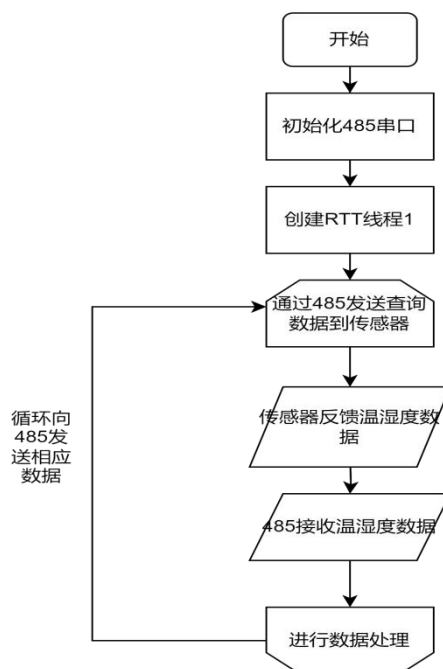


图 12 传感器数据采集线程

(4) 串口数据接收函数流程如图 13 所示，首先初始化串口设备并配置参数，设置接收回调函数处理数据。数据通过消息队列传递给 serial_thread_entry 线程，线程解析消息提取标识符和概率值，存储于全局变量 uart_flag 和 probability。关键输入为按键所选择农作物的代号，返回值为解析得到的标识符和概率值，供后续应用逻辑使用。

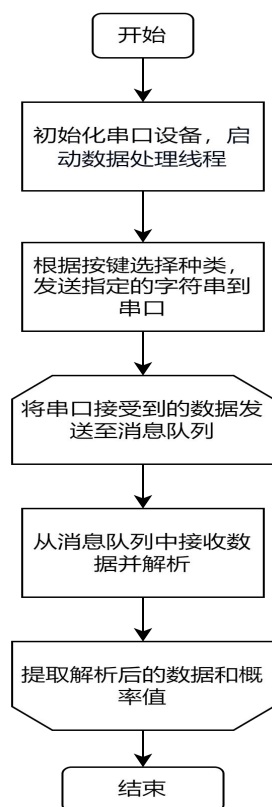


图 13 串口数据接收线程

(5) ILI9341 LCD 驱动函数流程图如图 14 所示，代码通过 spi_lcd_init 初始化 SPI 设备以通信，LCD_Init 初始化 LCD 并执行复位操作。LCD_WR_REG 和 LCD_WR_DATA 通过 SPI 写入 LCD 初始化数据。

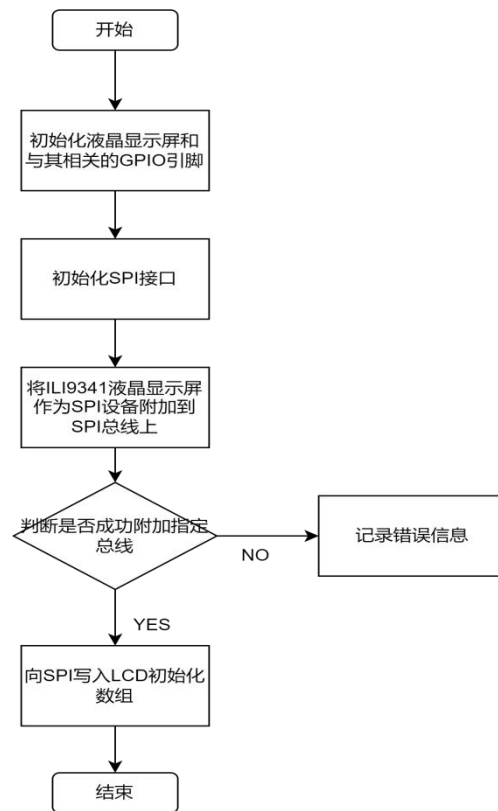


图 14 ILI9341 LCD 驱动函数

(6) OpenMv 部分代码流程图如图 15 所示，首先初始化摄像头、UART，然后判断星火一号要是别的农作物种类，然后加载训练的模型并识别出结果，最后将识别结果打包发送到星火一号进行下一步处理。

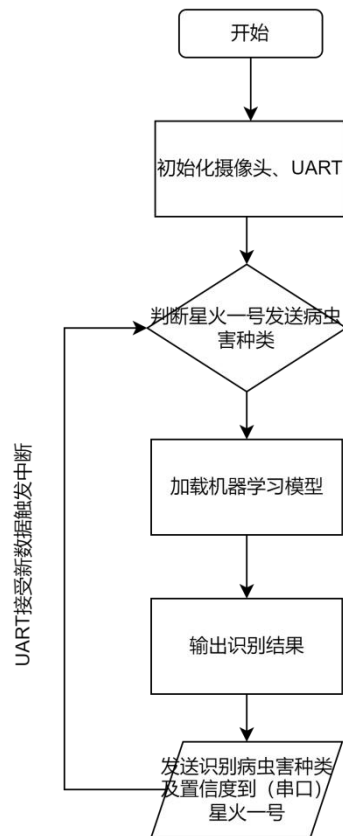


图 15 OpenMV 函数

第三部分 完成情况及性能参数

阐述最终实现的成果（图文结合，实物照片为主）

3.1 整体介绍（整个系统实物的正面、斜 45° 全局性照片）



图 16 系统实物正面

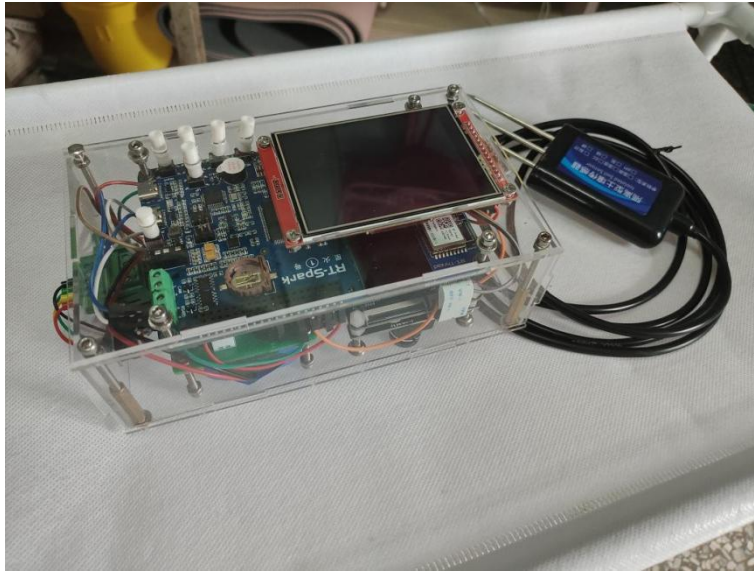


图 17 系统斜 45° 全局性照片

考虑星火一号核心控制板和 VisionBoard 视觉模块等多个主要板块大小及排版布置，设计外壳造型，整体展现出轻便的特点。

3.2 工程成果（分硬件实物、软件界面等设计结果）

3.2.1 机械成果；（实物照片）

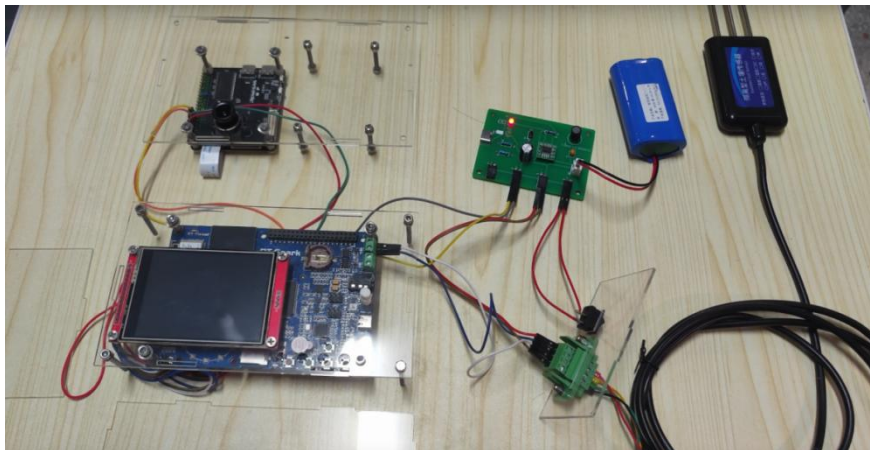


图 18 农智谷机械成果

外壳主要材质：亚克力板

3.2.2 电路成果；



图 13 供电模块正面

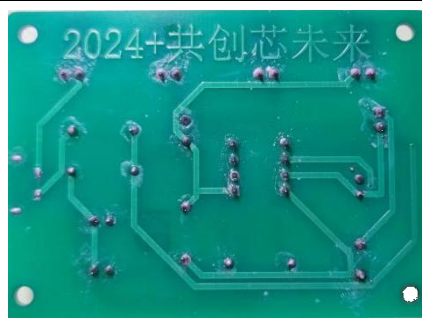


图 14 供电模块背面

3.2.3 软件成果；

将训练好的苹果病虫害模型导入视觉模块，用 OpenMV 调试，显示当前病虫害种类为苹果黑星病，如图 19 置信度高达 99%。

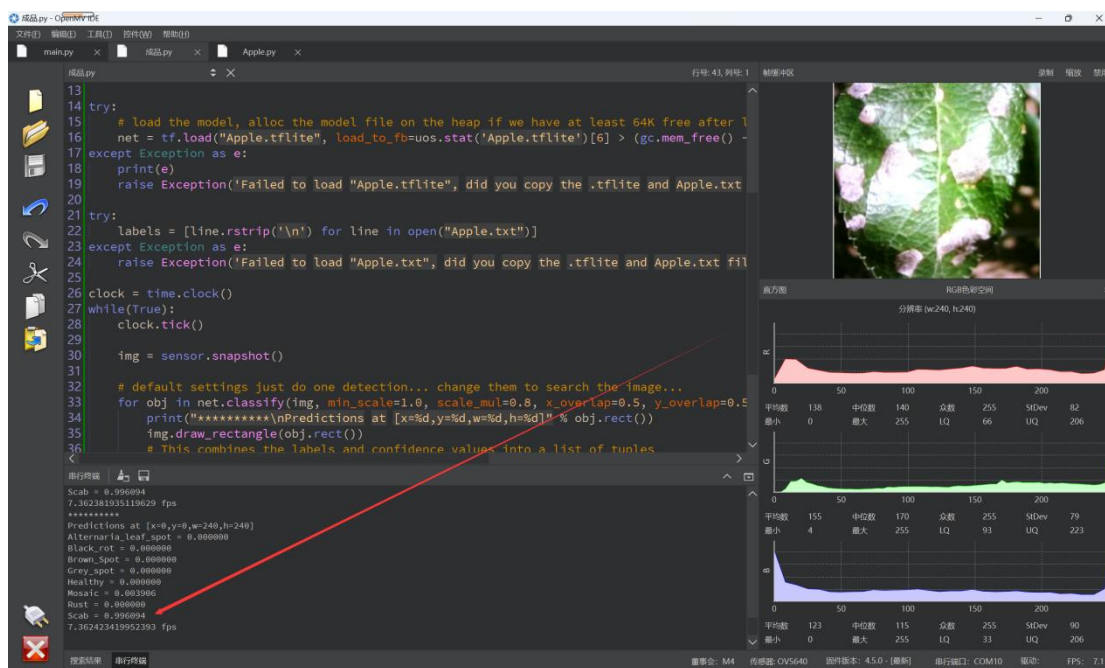


图 19 OpenMV 在苹果种类下识别结果

本系统采用的是 RT-Thread 开发平台进行农智谷的控制系统设计。使用 ali 云平台完成手机端查看数据。

在 RT-Thread 开发平台编写各部分初始化与运行代码，使各部分正常运行。

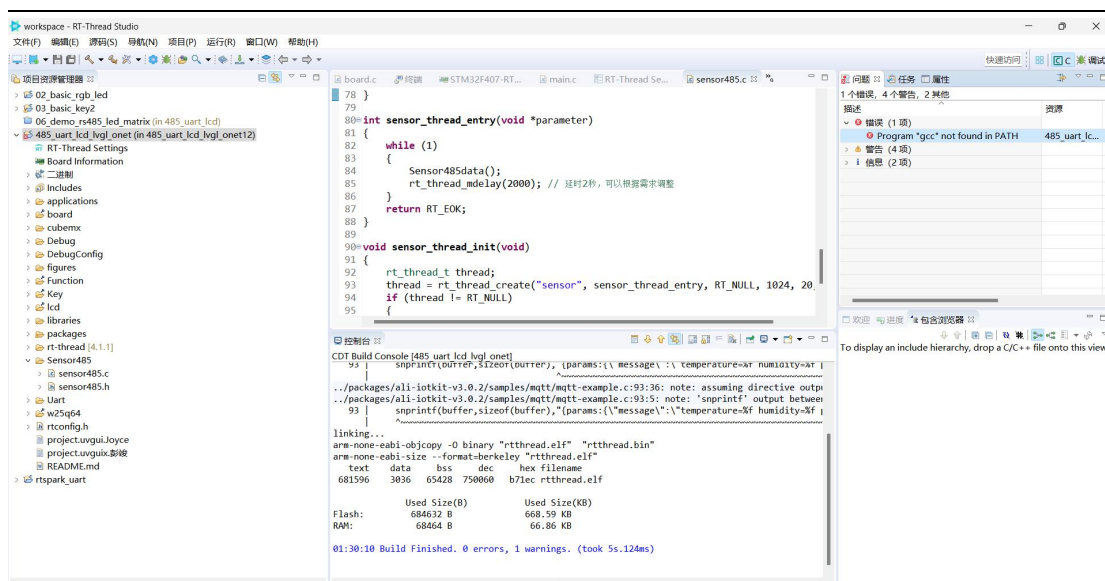


图 20 RT Thread 开发平台界面

阿里云查看湿度

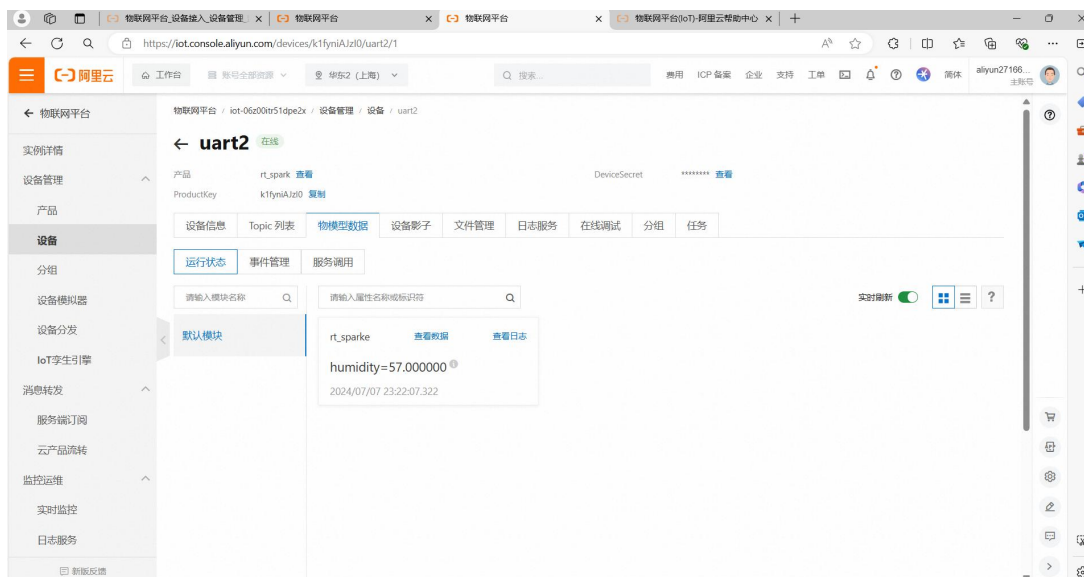


图 21 阿里云界面

3.3 特性成果（逐个展示功能、性能参数等量化指标）（可加重要仪器测试或现场照片）；

1.温湿度传感器检测数据并显示（可知当前土壤温湿度）

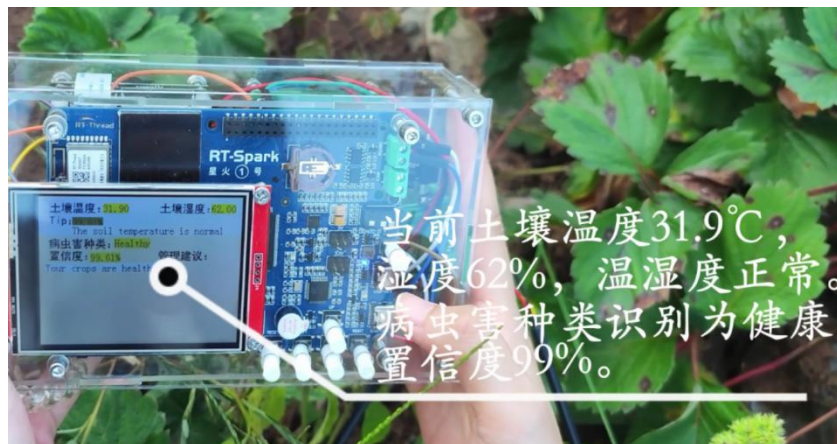


图 22 功能展示 1

2.视觉模块识别结果与建议（显示当前病虫害给出防治建议）



图 23 功能展示 2

3.云端数据查看（可查看湿度）

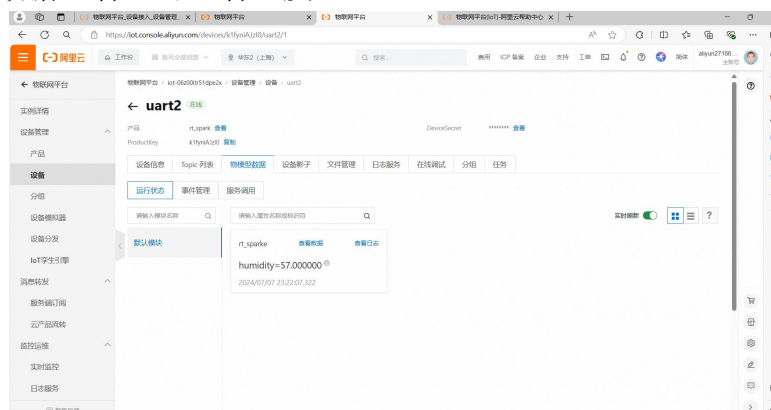


图 24 功能展示 3

第四部分 总结

4.1 可扩展之处

- (1) 增加外设设备，获得更多数据，诸如增加土壤盐分，磷分传感器，为农业生产提供更加全面的管理建议。
- (2) 增加图片训练集，提高机器学习视觉识别的准确度。
- (3) 增加可识别农作物种类，覆盖大部分农作物，满足不同地区和不同作物的农业生产需求。
- (4) 加入 LVGL 开发，增加中文字库，为用户提供更加人性化的交互界面。
- (5) 搭配农田巡逻机器人，实现自动化及远程监控。

4.2 心得体会

本次比赛让我们小组收获到与以往不同的实践经验，并且从零开始走到现在感触十分深刻。本次学习也让我们也对 RT-Thread 有了更加深入的学习和理解，我们学习了 RT-Thread 的内核，线程管理及其以及通信等方面内容，并且能够使用 RT-Thread 开发平台编写代码。通过这次比赛的项目实践，积累到许多调试与整合经验，增强了实践能力和往前走的决心。最后感谢主办方提供了优秀平台以供学习，不仅是在 RT-Thread 论坛中受到了指导，也得到了展示自己的机会，学到很多知识，希望以后可以在 RT-Thread 论坛帮助其他人，贡献出自己的力量。

第五部分 参考文献

- [1]崔梦银,邓茵,崔盼盼.基于深度学习的农作物病虫害图像识别方法[J].沧州师范学院学报,2024,40(1):15-21.
- [2]朱翠霞.农作物病虫害防治中农药使用污染问题及治理对策[J].河北农机,2024(7):67-69.
- [3]朱晓智,张蕾,韩媛媛,等.基于 RT-thread 的小麦病虫害检测系统的研究与应用[J].河南科技,2023,42(18):23-26.
- [4]谢莹.基于 RT-Thread 的智慧农业大棚监控系统设计[J].电子技术与软件工程,2023(6):206-209.
- [5]钱铖,沈凯文,王淳,王小英.一种基于 MobileNet 模型的医疗废弃物品收集小车[J].常熟理工学院学报,2023,37(5):51-56.

第六部分 附录

在嵌入式系统开发的道路上，开源精神如同一盏明灯，为我们指引前行的方向。开源不仅仅是技术上的分享和交流，更是一种共同进步的理念。它让更多的开发者能够共享和改进软件，推动技术的快速发展和创新。在开源的世界里，我们能够借助他人的经验和成果，避免重复造轮子，提高开发效率。同时，参与开源项目也能积累宝贵经验，拓展视野，共同推动整个行业的发展。我们非常荣幸能够贡献我们参加嵌入式大赛的开源项目，您可以在这里找到它：
[https://github.com/PPP614/RT-Thread_rt-spark.git]。