

涉密论文 ☐

公开论文 ☐

浙大宁波理工学院

NINGBOTECH UNIVERSITY

毕业论文（设计）



题目 基于 stm32 的农业智能灭虫系统设计

姓名 王宇康

学号 3200435060

专业班级 电气工程及其自动化 202

指导教师 陈宏波

学院 信息科学与工程学院

日期 2024 年 5 月 1 日

浙大宁波理工学院本科毕业论文（设计）承诺书

1.本人郑重承诺所呈交的毕业论文（设计），是在指导教师的指导下严格按照学校和学院有关规定完成的。

2.本人在毕业论文(设计)中引用他人的观点和参考资料均加以注释和说明。

3.与我一同工作过的同学对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示谢意。

4.本人承诺在毕业论文（设计）工作过程中没有抄袭他人研究成果和伪造数据等行为。

5.若本人在毕业论文（设计）中有任何侵犯知识产权的行为，由本人承担相应的法律责任。

6.本人完全了解浙大宁波理工学院有权保留并向有关部门或机构送交本论文（设计）复印件和电子文档，允许本论文（设计）被查阅和借阅。本人授权浙大宁波理工学院可以将本论文（设计）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索和传播，可以采用影印、缩印或者扫描等复制手段保存和汇编本论文（设计）。

作者签名：

日期： 年 月 日

致谢

首先，本人非常感谢在大学四年里的各位老师对我的谆谆教诲，教会我本专业的专业课知识以及与我毕设相关的课程与应用。老师们教会了我对待科学实验和课程实践要有科学严谨的态度，培养了我独立思考，自主学习的良好习惯。在大学四年里，我不仅仅学到了专业知识，更重要的是自学与刻苦钻研的能力，以及在遇到困难时保持乐观的心态。我相信，这将对我之后的研究生学习和工作有十分重要的意义。

其次，我要感谢我的家人、同学以及朋友。感谢我的父母对我的支持和鼓励，给我提供了良好的环境，让我专心自己的学业不去操心别的事情。在我遇到挫折和困难时，他们也给我提供了倾诉的通道，给予我第一时间的帮助。同时，感谢林鼎涵、郑光辉、宋一健等同学在我遇到困难时提供帮助，让我在程序编写时及时发现问题并进行解决，我想对他们表达我的感谢。

最后，我要感谢我的毕业设计指导老师陈宏波老师，他对待工作严肃认真，治学严谨，从题目的选择到论文的撰写都经过了她的层层把关，都离不开陈老师对我的悉心指导。陈老师不仅是我的指导老师，同时也是我的班导师，四年来他对我学习生活都有着无微不至的关心。在此谨向陈老师表达我最诚挚的感谢和最崇高的敬意！

谢谢你们！

摘要

我国作为农业大国,防治虫害是重中之重,由于从前对化学农药过多的使用,导致农产品的安全无法得到保障,影响了人们的身体健康。随着人们的生活质量不断提高,对农产品的质量要求也有所提升。

本文研究了基于 STM32 的农业智能灭虫系统,采用物理防治的方式诱杀害虫,它主要由 STM32 芯片、温湿度模块、对射式红外传感器模块、旋转编码器、舵机模块、光照传感器模块、wifi 模块、电机驱动等模块组成。通过 keil5 软件编程,实现白天关闭灭虫,夜晚开启诱虫。可设定运行天数,自动提醒清理,并通过 wifi 模块无线传输温湿度数据以及设备工作状态上云且能实现云端控制。本篇论文详细介绍了硬件系统,诱虫灭虫方法及软件系统流程。

关键词: 智能灭虫; STM32; wifi 模块

Abstract

As a major agricultural country, pest control is of utmost importance in China. Due to the excessive use of chemical pesticides in the past, the safety of agricultural products cannot be guaranteed, which has affected people's physical health. With the continuous improvement of people's quality of life, the quality requirements for agricultural products have also increased.

This article studies an agricultural intelligent pest control system based on STM32, which uses physical control to lure and kill pests. It mainly consists of STM32 chip, temperature and humidity module, infrared sensor module, rotary encoder, servo module, light sensor module, wifi module, motor drive module, and other modules. By programming with Keil5 software, it is possible to turn off pest control during the day and turn on trapping at night. The number of running days can be set, automatic reminders for cleaning, and temperature and humidity data can be wirelessly transmitted through the wifi module, as well as the device's working status can be uploaded to the cloud and can be controlled in the cloud. This paper provides a detailed introduction to the hardware system, pest control methods, and software system flow.

Keyword: intelligent pest control; STM32; WiFi module

目录

1 绪论	1
1.1 背景	1
1.2 研究现状	1
1.2.1 研究方向及进展	1
1.2.2 存在问题	2
1.2.3 发展趋势	3
2 系统整体设计	4
2.1 系统整体设计方案	4
2.2 控制核心选择	5
2.3 软件开发平台	6
3 系统硬件介绍	7
3.1 硬件总体设计	7
3.2 硬件模块	7
3.2.1 温湿度模块	7
3.2.2 舵机模块	8
3.2.3 旋转编码器模块	9
3.2.4 对射式红外传感器模块	10
3.2.5 电机及其驱动模块	11
3.2.6 WIFI 模块	11
3.2.7 光照模块	12
3.2.8 显示模块	13
3.2.9 按键模块	13
3.2.10 蜂鸣器模块	14
4 系统软件设计	15
4.1 软件总体设计	15
4.2 软件各功能设计	15
4.2.1 设备启停设计	15

4.2.2	电机驱动和调速设计	18
4.2.3	天数定时与提醒清理功能设计	20
4.2.4	OLED 屏幕显示设计	23
4.2.5	数据上云和控制功能设计	23
5	整体调试及成果展示	26
5.1	整体调试	26
5.2	成果展示	27
6	论文总结及展望	30
6.1	设计总结	30
6.2	展望	30
7	参考文献	31

图目录

图 2.1	系统整体设计框架图	4
图 2.2	STM32 最小系统板	5
图 2.3	系统结构图	5
图 3.1	整体电路图	7
图 3.2	DHT11 实物图	8
图 3.3	DHT11 电路图	8
图 3.4	舵机实物图	9
图 3.5	舵机电路图	9
图 3.6	旋转编码器实物图	10
图 3.7	旋转编码器电路图	10
图 3.8	对射式红外传感器实物图	10
图 3.9	对射式红外传感器电路图	11
图 3.10	电机及其驱动模块实物图	11
图 3.11	电机及其驱动模块电路图	11
图 3.12	WIFI 模块实物图	12
图 3.13	WIFI 模块电路图	12
图 3.14	光照模块实物图	12
图 3.15	光照模块电路图	13
图 3.16	显示模块实物图	13
图 3.17	光照模块电路图	13
图 3.18	按键模块实物图	14
图 3.19	按键模块电路图	14
图 3.20	蜂鸣器模块实物图	14
图 3.21	蜂鸣器模块电路图	14
图 4.1	系统总体流程图	15
图 4.2	系统启停流程图	16
图 4.3	TIM1 复用功能重映像图	17

图 4.4	舵机 PWM 控制图	17
图 4.5	按键抖动原理图	19
图 4.6	TIM1 复用功能重映像图	20
图 4.7	提醒清理流程图	21
图 4.8	EXTI 基本结构图	21
图 4.9	DHT11 通讯过程图	23
图 4.10	阿里云功能定义图	24
图 4.11	阿里云模型数据图	24
图 5.1	面包板接线图	26
图 5.2	PCB 原理图	27
图 5.3	装置结构图	27
图 5.4	装置结构侧面图	27
图 5.5	夜晚运行图	28
图 5.6	提醒清理报警图	28
图 5.7	上盖设计图	28
图 5.8	上盖开启图	29
图 5.9	阿里云在线调试图	29

表目录

表 4.1	GPIO 工作模式	22
-------	-----------------	----

1 绪论

1.1 背景

中国是农业强国，农作物产出情况直接影响到国家根本。由于国家对农作物的投资持续增加，农作物生产量持续提高，获得了明显效果，但是由于大量粮食作物的单一性栽培、天气环境的持续变化和自然环境的变化等条件作用下，中国大部分粮食作物的害虫灾害日趋严重，防治情况相当严重。中国农作物的主要害虫已达八百余种，其中重大害虫有 20 多种^[1]。

传统的农作物害虫防治方式长期以来过度依赖化学药剂，这不仅与现代农业可持续发展的理念相悖，而且无法满足对病虫害长期、有效控制的需求。与之相比，物理防治法提供了更为全面、安全、有效的替代选择。这些方法涵盖了人工捕捉、灯光诱控、色板诱导、辐射不育、物理屏障、温度调节和气调防治等多种手段，为农业生产提供了更加可持续和环保的解决方案^[2]。

在对害虫进行防治的过程中，人们发现可以利用昆虫的趋光性进行诱杀。随着绿色农业呼声愈来愈高，农用杀虫灯已经逐步成为一种有效的害虫物理防治措施，上世纪七十年代开始，我国农作物生产就一直依靠化学农药来预防农业病虫害。由于人类不断利用化学农药，不仅各类农作物、家畜和水产品的生产上大量使用了化学杀虫剂，而且杀虫剂的化学残留问题也在土壤和水体中相继出现。在另一方面，中国农产品的安全质量在出口上与发达国家还有一定差距，时常发生出口农产品的安全质量问题，造成经济损失^[3]。

1.2 研究现状

1.2.1 研究方向及进展

随着社会对绿色无公害农产品质量要求的日益提高，杀虫灯已成为防控农产品和森林害虫的不可或缺的技术手段^[4]。从诱虫杀虫方式上来看大多是利用害虫的趋光性，将害虫吸引至光源附近，再通过杀虫灯的杀虫装置进行捕杀。现有的灭虫灯多为水溺式、电杀式、风吸式等^[5]。

从诱虫灯波长来看，市面上杀虫灯的波长一般在 320~680 nm，不同昆虫对不同波段光谱的敏感性不同，使用广谱诱虫灯会引诱许多非靶标害虫趋向光源，因此针对不同昆虫趋光敏感波长进行实验筛选，提高杀虫灯产品的诱虫特异性，是杀虫灯研发的重点内容。LED 发光二极管常见的颜色包括白色、红色、绿色、蓝色和黄色等。它们的发光峰值波长因器件材料的不同而有所差异。蓝色、绿色、

黄色、红色发光二极管的波长分别约为 466nm、520nm、593nm、634nm。而白色发光二极管的波长范围大约在 400~600nm 之间。

通过阅读利用 LED 引诱并消灭温室昆虫的实验结果可知，灯光越亮，越能引诱昆虫，而且夜晚灯光更明显，昆虫对于诱虫灯发出的光线更加敏感，因此夜晚的诱虫效果显著高于白天。传统研究结论中的黄色是诱杀温室害虫的最佳颜色，但是通过研究使用不同颜色 LED 杀虫灯的比对试验，得出结论：白色诱虫灯对害虫的效果最好，其次是蓝色、绿色和黄色，效果最差的是红色^[6]。因此，昆虫对 LED 光谱的趋光性还有更广阔的研究空间^[7]。

在对粘虫板的研究中，发现不同病虫害的生活习性与颜色趋性有所不同，黄色粘虫板上枸杞木虱最多^[8]，白色粘虫板上，枸杞蓟马相对较多。对大多数害虫来说，黄色粘虫板的效果最好^[9]。

1.2.2 存在问题

通过对市场已有的灭虫灯的研究，我发现目前市场上的杀虫灯存在以下几个问题：

现有的灭虫灯多为水溺式、电杀式、风杀式，早期白炽灯或煤油灯没有固定的杀虫灯具，主要是利用装有洗衣粉或杀虫剂的水盆，在将昆虫引诱后，通过水淹的方式进行灭杀，但单纯的水溺式灭虫灯存在杀虫效率较低的问题。

电杀式的杀虫灯配有频振式的高压电网，可触杀害虫，但野外的高压电网对人和动物仍有一定的危险性，且电杀式灭虫灯经常会把飞虫电焦，容易产生飞溅的火花以及难闻的味道，存在安全隐患和空气污染。并且电杀式杀虫灯蓄电池容量要高，成本高且能耗高。

风吸式杀虫灯应用逐渐广泛，其原理是利用电风扇旋转，周围的空间中大气压更低，把虫子吸入到装置内，被诱虫灯引诱过来的害虫不需要接触诱虫灯的任何部位，就会被吸入。这种方法的诱捕范围更广，安全性更高，但是现有的风吸式灭虫装置只是简单的用风扇把飞虫吹进一个集虫网袋中，当风扇停止转动后，飞虫依旧能够轻易的从集虫盒或者集虫网袋中飞出，灭虫效果较差。

本文针对以上提出的问题，设计出一种农业智能灭虫系统，采用风吸以及粘捕的办法实现高效环保无污染诱捕害虫，并且智能检测环境，跟随环境变化开启关闭，同时能够通过远程操控，实现数据的上传与下发。解决功能单一、捕虫效率低、以及耗能高等问题^[10]。

1.2.3 发展趋势

随着人们生活质量的提升，越来越多的人开始注意农产品的安全问题。为了推动绿色农业、生态农业和环保农业的发展，人们开始加大力度。然而，昆虫的破坏严重威胁着农业的健康发展。除了选择优质的种子、肥沃的土壤和适宜的气候环境外，对害虫的控制至关重要^[11]。现如今，农民们喷洒农药以此来防治害虫，但农药的残留会污染土地，并对人们的健康产生影响。因此，实施绿色农业至关重要。

使用物理防治是解决这一问题的最佳途径，不仅能够控制病虫害，而且不会造成环境污染。近年来，随着研究与发展的深入，人们开始普遍采用灯光诱虫物理防治技术，将物理器械应用于植物保护，从而减少化学农药的使用量。这种技术可以确保农产品不含农药残留，符合绿色环保理念，有益于人们的健康^[12]。智能灭虫系统作为其中最有效、前景最广阔的技术之一，具有重要的发展前景和意义^[13]。

今后的智能灭虫系统应该会针对特定的害虫所受吸引的光谱的不同建立专门的靶标，通过各种不同光谱的诱虫灯一起使用，以此增强对特定害虫的诱虫效果。包括改变粘虫板的气味和颜色，实现对不同种类虫子的定向引诱。或者增加称重功能，自动清扫，智能 AI 识别昆虫种类等功能，让灭虫更具有目标性且能即使反馈。且具有更强的环境适应能力^[14]。

2 系统整体设计

2.1 系统整体设计方案

本次智能灭虫系统设计根据功能的不同分成了不同的模块，以 STM32 为控制核心，实现各个传感器模块对数据的采集以及对电机调速等各类功能的设计，并在到达设定时间后实现提醒清理的功能，同时将数据通过 OLED 屏幕和 WIFI 模块上云展现出来，同时能够实现云端控制启停、调速、报警等功能。系统整体框架图如图 2.1 所示。

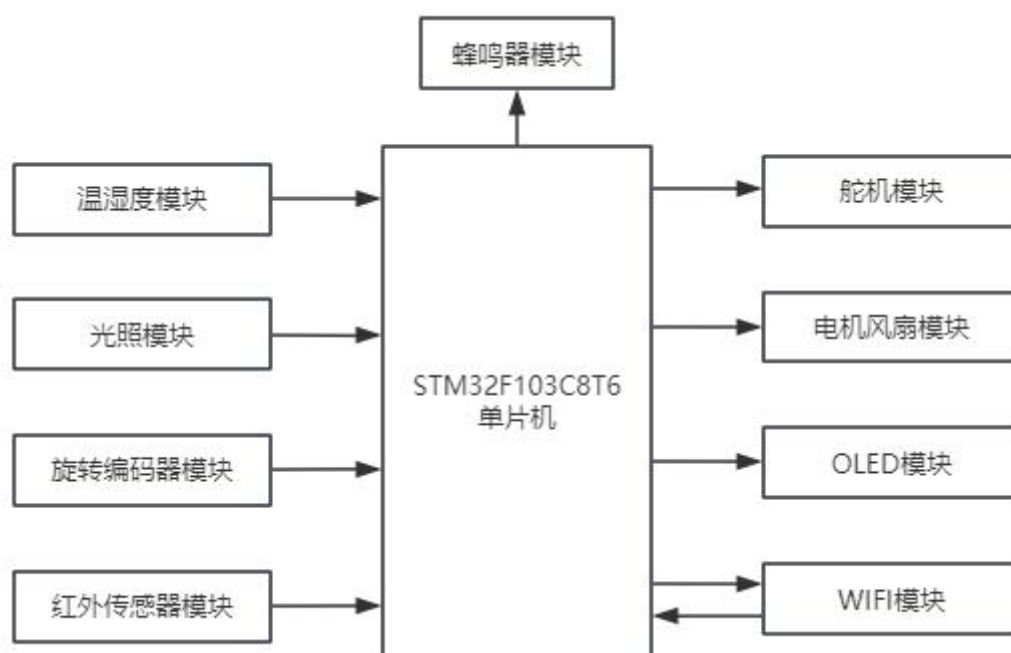


图 2.1 系统整体设计框架图

本系统的设计思路是由 STM32 单片机为运算和控制核心。在自动模式下运行时，通过光照传感器控制诱虫灯光的开启和电机的旋转，并操控舵机打开灭虫装置。考虑到运行功耗问题，在运行前或运行时，可以通过按键控制电机的转速，实现对风扇风力大小的调节，如果该地区的害虫普遍较小，即可设置最低档位，节约能耗。

由于不同地区与不同时节虫害的严重程度都有不同，以此为设计灵感。在使用前，可通过旋转编码器设定需要运行的天数，同时通过对射式红外传感器进行计数，在到达设定值后自动通过蜂鸣器和 led 报警提醒清理。利用温湿度传感器，实时监测农业大棚内部的温度和湿度，并显示在 OLED 屏幕上，同时当前舵机角度、电机转速、设定工作时间等数据都会在屏幕上进行显示。在上电后，温湿度、工作状态、电机转速等数据都会通过 ESP8266 模块上传至阿里云，同时，

在阿里云可以打开手动模式，并通过云端控制装置的启停，电机的转速，以及打开和关闭报警提示。让用户在电脑前就可以了解当前工作状态并对系统进行远程控制。

2.2 控制核心选择

本文中所设计的智能灭虫系统选用的是型号 F103C8T6 的 STM32 单片机作为整个系统的主要控制器，本文使用的是 stm32 最小系统板，其具有多个 GPIO 引脚使其能更方便地连接外部设备和传感器，同时具有丰富的外设与多个通信接口，适应各种的设计需求。stm32 最小系统板如图 2.2 所示。



图 2.2 stm32 最小系统板

STM32 是 ST 公司基于 ARM Cortex-M 内核开发的 32 位微控制器，为 MCU 用户提供新的自由度，相比于我在专业课学习中使用过的 MSP432 来说，STM32 功能强大、效率高、功耗低，是一款经典的嵌入式微控制器。系统结构如图 2.3 所示。

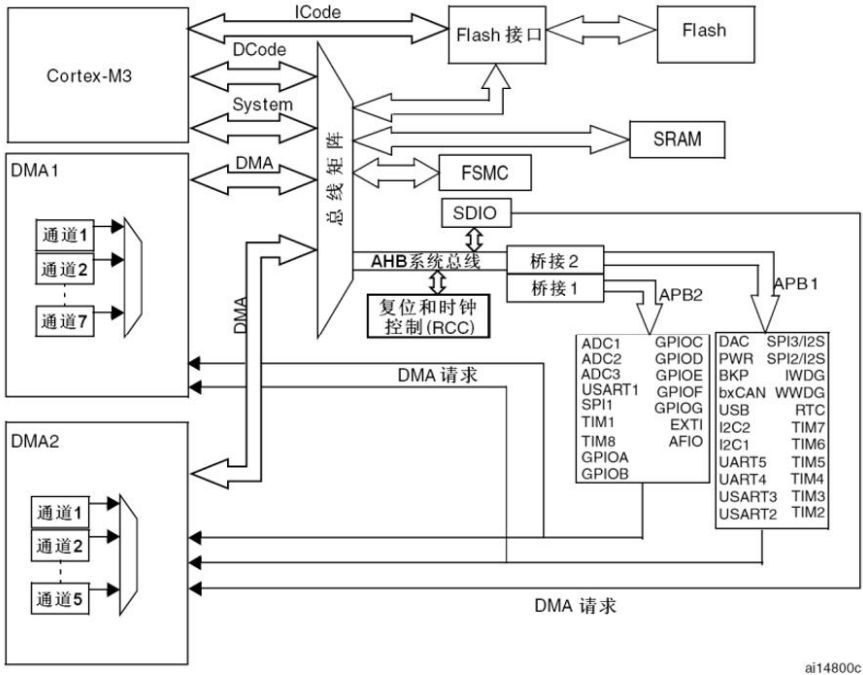


图 2.3 系统结构图

其中，本次实验设计用到最主要的功能就是 GPIO、ADC 数模转换模块、EXTI 外部中断、TIM 定时器以及 USART 串口通讯。考虑到其丰富的外设、接

口和强大的功能，而本设计需要温湿度、wifi 模块、电机驱动、舵机、红外传感器等众多模块协同配合，以实现智能灭虫系统的各个功能，我选择了这款单片机。

2.3 软件开发平台

本设计使用的软件编程平台是 Keil5（Keil μ Vision 5），这是一款由德国公司 Keil Software 开发的嵌入式软件开发工具。它提供了一个集成开发环境，包括编译器、调试器和仿真器等组件，使配置和管理更加方便，该软件适用于开发各种基于 ARM 架构的嵌入式系统，其中就包括 STM32。

Keil5 支持多种编程语言，同时具有强大的调试功能，让使用者可以尽快发现并解决问题。此外，Keil5 还提供了在实践过程中，从下载搭建环境，第一次新建工程，编写寄存器代码，用 gpio 点亮一个小灯，到熟练地使用库函数，封装不同模块所要求的程序，实现一个又一个设想的功能，Keil5 让我切实感受到它是一款功能强大且易于使用的嵌入式软件开发工具，可以快速帮助开发者构建高质量的嵌入式系统。

3 系统硬件介绍

3.1 硬件总体设计

电路的主控硬件是 stm32 最小系统板，有 40 个引脚，负责系统对数据的接收以及对各模块的控制，同时与云端进行数据的通信以达到控制的目的。被控模块有 DHT11 温湿度模块、OLED 显示模块、SG90 舵机模块、旋转编码器模块、对射式红外传感器模块、TB6612 电机驱动模块、光照传感器模块、按键模块、ESP8266WIFI 模块、LED 灯所组成。

在自动模式时，光照模块监测环境并判断，根据结果自动驱动电机旋转并操控舵机打开或关闭灭虫装置。旋转编码器通过正转与反转增加或减少计数，实现天数的设定。同时通过对射式红外传感器与灭虫装置硬件上的耦合，实现对天数的计数，最终实现到时间自动提醒清理的功能。按键模块用来控制电机转速。在上电后会先进行 WIFI 模块的连接，包括温湿度在内的各种数据将被发送到缓冲区，同时各种数据都会显示在 OLED 屏幕上。同时通过 wifi 模块数据下发，实现在云端对电机转速、装置启停等的控制。整体电路如图 3.1 所示。

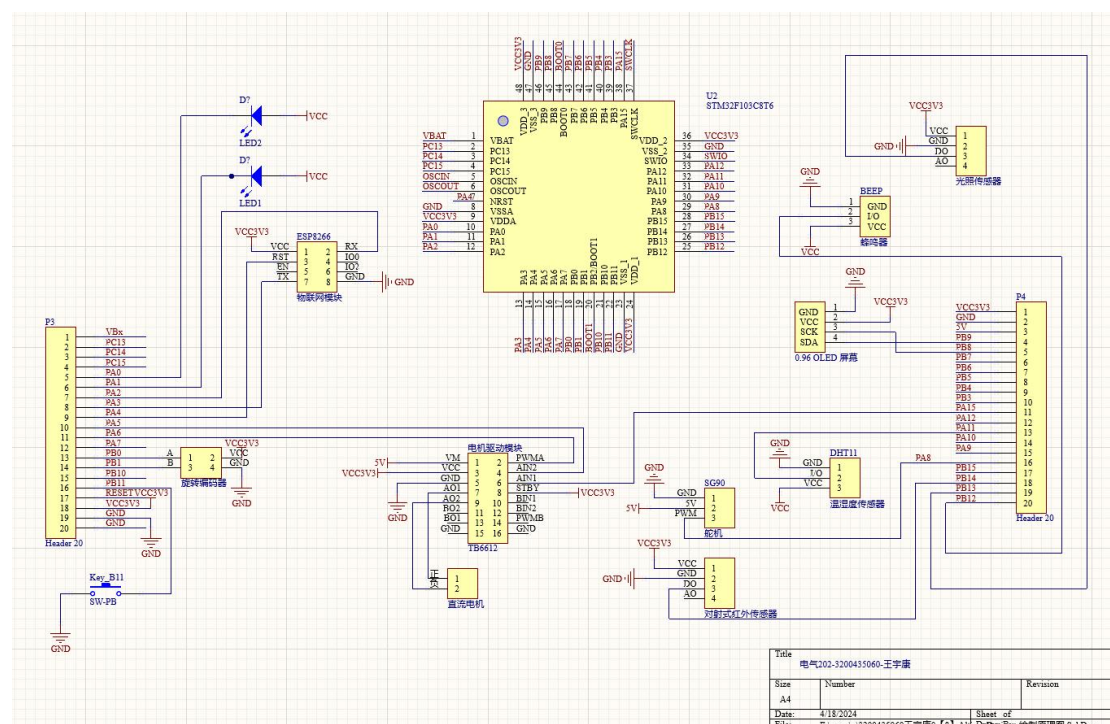


图 3.1 整体电路图

3.2 硬件模块

3.2.1 温湿度模块

在大学的课程实践中，我多次使用过 DHT11 温湿度模块。为了贴合农业灭虫的实际，方便农民实时检测大棚内的温湿度，本设计使用温湿度模块。DHT11 内部包含一个电阻式湿度传感器和一个 NTC 温度传感器。该产品响应快速、抗干扰能力强、可靠性高、价格便宜。DHT11 使用一个本质上是电阻的湿度计用于感测湿度以及热释电薄膜来感测温度。DHT11 的功耗很低，3~5.5V 都可以给它供电，本次接的是 stm32 最小系统板上的 3.3V 电压。实物图如图 3.2 所示。

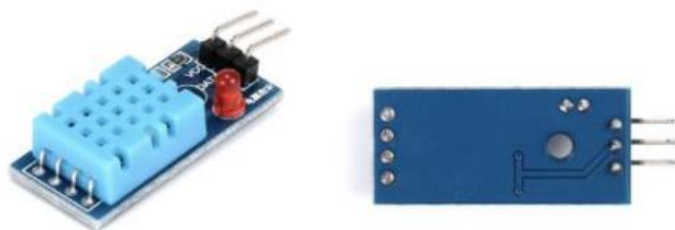


图 3.2 DHT11 实物图

DHT11 的控制方式为单总线，使整个系统快捷方便。只需要将模块上的 I/O 引脚连接单片机的一个 GPIO 口即可使用。本文使用 PA11 引脚实现数据的读取功能，并将其显示在 OLED 屏幕上，同时实时将数据上传到阿里云实现监测。电路图如图 3.3 所示。



图 3.3 DHT11 电路图

3.2.2 舵机模块

舵机是一种旋转指定位置的模块，根据输入的 PWM 信号占空比来控制旋转角度。本文使用的 SG90 就是舵机的一种，其工作角度为 0° ~ 180° 。舵机是通过内部的基准电压与单片机产生的 PWM 信号作比较，从而获得电压差输出。电压差的正负输出到电机驱动芯片上，从而决定正转和反转。实物图如图 3.4 所示。



图 3.4 舵机实物图

SG90 有三个引脚，分别是红线（VCC），棕线（GND）和橙线（信号线）。通常使用 5V 供电，信号线接单片机的引脚，用来接收单片机发送的 PWM。本文需要舵机来操控智能灭虫装置的打开与关闭，因此使用 PA8 引脚输出 PWM 波，控制舵机在 0° 和 90° 之间工作，实现关闭和开启功能。在调试时使用 STLINK 给舵机输出 5V 电压。电路图如图 3.5 所示。

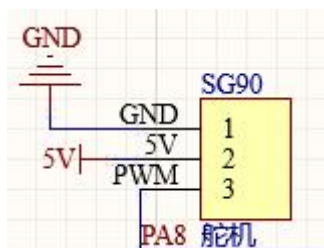


图 3.5 舵机电路图

3.2.3 旋转编码器模块

本文使用旋转编码器用于设定灭虫装置的工作天数，通过顺时针或逆时针旋转硬件旋钮，实现增加或减少设定天数。最终与红外传感器相结合，实现提醒清理的功能。

旋转编码器是一种检测位移、速率以及转动方式的设备，当其旋转轴旋转后，其输出端口即可产生与转动速率和方式相应的方波信号，通过读取方波信号中的时间和相位数据，可以了解自旋轴的运动速率和方式。目前最主要的旋转编码器有机械接触式、霍尔传感器式、以及光栅衍射式，而本文所使用的就是 EC11 旋转编码器。实物图如图 3.6 所示。

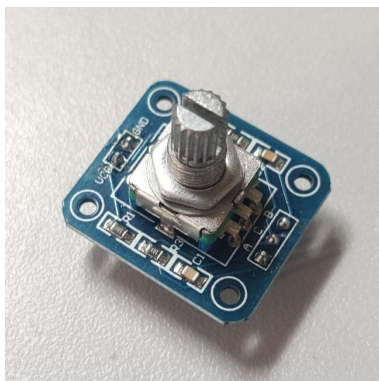


图 3.6 旋转编码器实物图

本文使用的旋转编码器拥有 A、B、C 三个输出通道，当编码器正转时，A 相的输出信号超前 B 相 90° ；当编码器反转时，A 相滞后 B 相 90° 。因此在程序中可以根据 A、B 两相信号输出的先后顺序，来判断旋转编码器是正转还是反转。本文通过 PB0 引脚输出 A 相信号，通过 PB1 引脚输出 B 相信号。电路图如图 3.7 所示。

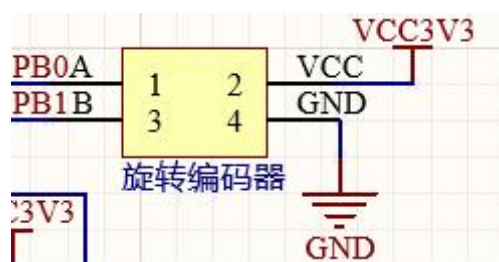


图 3.7 旋转编码器电路图

3.2.4 对射式红外传感器模块

为了结合舵机和光照传感器对装置的开合控制，实现对运行天数的计数。使用对射式红外传感器模块，其使用 ITR9606 高灵敏度槽型光耦器件，它由一个红外发光二极管和一个 NPN 光电三极管组成，槽宽度为 5mm。广泛用于电机转速检测，脉冲计数，位置限位等。实物图如图 3.8 所示。

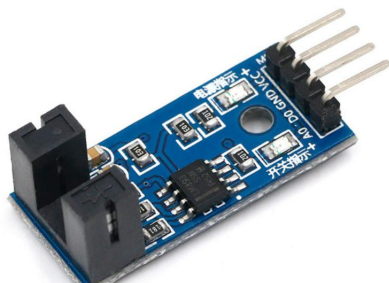


图 3.8 对射式红外传感器实物图

该模块工作电压为 3.3V-5V，本文使用 stm32 输出的 3.3V 进行供电。该模块输出数字量 D0 输出即 0 和 1，因而模拟输出 A0 引脚无效，因此使用 PB14 引脚接收模块数据。电路图如图 3.9 所示。

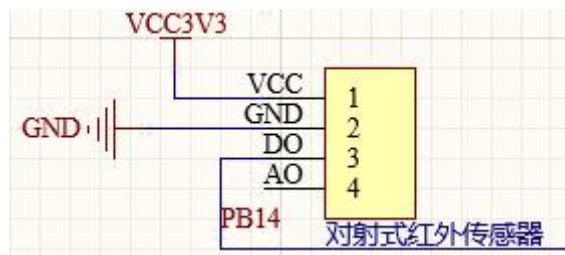


图 3.9 对射式红外传感器电路图

3.2.5 电机及其驱动模块

本文设计的智能灭虫系统，通过灯光诱虫，为解决害虫飞到附近而不进入装置的问题，考虑采用风吸法将虫吸入装置内。因此需要直流电机，并配合电机驱动模块，解决 GPIO 口电压不足的问题。实物图如图 3.10 所示。



图 3.10 电机及其驱动模块实物图

TB6612 是一款双路 H 桥型的直流电机驱动芯片，可以驱动两个直流电机并且控制其转速和方向。电路图如图 3.11 所示。

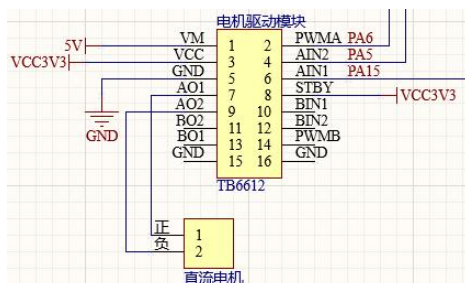


图 3.11 电机及其驱动模块电路图

其中 VM 为驱动电压输入端，采用 STLINK 的 5V 电压供电。VCC 接 stm32 的 3.3V 电压。STBY 为正常状态或待机状态控制输入端，因此直接接高电平表示正常工作。AO1 和 AO2 为电机驱动输出端，把直流电机接入即可，交换 AO1 和 AO2 也是快速改变电机转向的方式之一。由于本设计只用到 1 路电机，因此没有用到 PWMB 等接口。

3.2.6 wifi 模块

为了实现数据上云和无线远程控制功能。本设计使用了 ESP-01S 物联网模块进行数据的上传与下发。

ESP-01S 是一款基于 ESP8266 芯片的 Wi-Fi 模块，可以很好地满足物联网需求。具有强大的处理能力和 Wi-Fi 连接功能。尺寸小巧，非常适合于空间受限的项目。它通过串行 UART 接口与主控制器进行数据传输。本设计就是将 wifi 模块连上手机热点，实现与阿里云数据上的传输。实物图如图 3.12 所示。

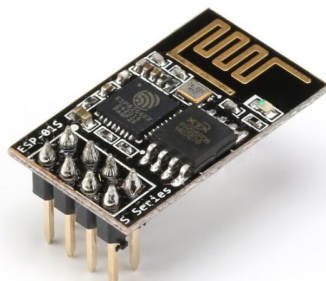


图 3.12 WIFI 模块实物图

ESP-01S 模块有 8 个引脚，本设计并没有全部使用到，在画板子时也进行了合理地分配。使用时将 STM32 的 PA2 引脚连接到 wifi 模块的 RX 引脚。将 STM32 的 PA3 引脚连接到 wifi 模块的 TX 引脚。为了确保稳定的通信，还需要将两者的地（GND）连接在一起。ESP-01S 模块通常工作在 3.3V 的电压下，通过 stm32 供电。RST 为复位引脚，低电平有效。电路图如图 3.13 所示。



图 3.13 WIFI 模块电路图

3.2.7 光照模块

本设计由于是通过灯光诱虫，白天效果欠佳，因此需要实现天黑自动启动装置灭虫的功能。最初想使用 BH1750 来监测光照强度，但是考虑到实际需求，没有必要监测出一个具体的光照强度值，因此选用了普通的传感器模块。传感器元件的电阻会随外界模拟量的变化而变化，通过电路原理中学习的串联电路大电阻分大电压的原理，即可得到模拟电压输出，再用电压比较器，将结果二值化，最终得到数字量输出。实物图如图 3.14 所示。



图 3.14 光照模块实物图

只需要通过 PB13 监测 DO 口的数字电压输出。电路图如图 3.15 所示。

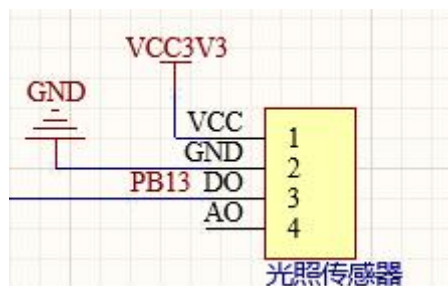


图 3.15 光照模块电路图

3.2.8 显示模块

为了方便地进行调试与实时显示数据和当前状态例如温湿度、设定天数、当前天数、舵机角度、旋转速度，本设计使用 0.96 寸 oled，没有采用大学课程设计中使用过的全蓝色或者蓝黄双色屏幕。

0.96 寸 OLED 模块性能强大，是一种功耗低、响应速度快、轻薄柔韧的新型显示屏。实物图如图 3.16 所示。



图 3.16 显示模块实物图

0.96 寸 OLED 有 4 针脚和 7 针脚的区别，4 针模块通常使用 SPI 或 I2C 接口进行通信，7 针接 SPI 接口，本设计为了节约最小系统板的引脚，使用 4 针脚的 OLED，通过单片机的 3.3V 电压供电，SCK 和 SDA 引脚分别接 PB8 引脚和 PB9 引脚。电路图如图 3.17 所示。

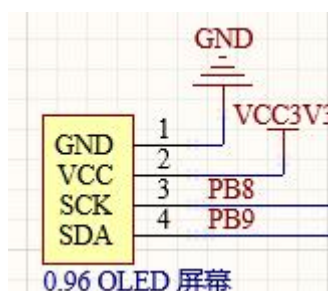


图 3.17 光照模块电路图

3.2.9 按键模块

本设计要求在自动模式下，实现按键控制电机转速，使其从 0 到 30%，60%，90%三档的递增。按键模块是一种常见的输入设备，主要还是依赖软件的设计。实物图如图 3.18 所示。



图 3.18 按键模块实物图

按键模块的是依靠检测按键按下后对应引脚的输入寄存器状态，可以有上拉输入和下拉输入两种实现方式，本设计采用上拉输入，读取 PB11 输入寄存器状态。按键电路图如图 2.19 所示。

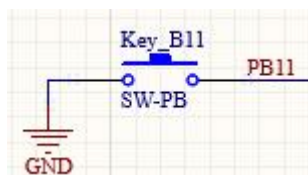


图 3.19 按键模块电路图

3.2.10 蜂鸣器模块

市面上的蜂鸣器有两种，有源蜂鸣器内部自带振荡源，只能发出频率固定的声音，无源蜂鸣器，可以通过调整脉冲的频率，发出不同频率的声音，因此可以用来实现简单的曲子的播放。本设计只需要蜂鸣器发出声响实现提醒清理的报警功能。因此只要使用最简单的有源蜂鸣器即可。实物图如图 3.20 所示。



图 3.20 蜂鸣器模块实物图

本设计通过 PB12 输出引脚电平，低电平蜂鸣器响起，高电平不响。电路图如图 2.19 所示。

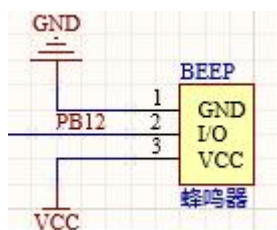


图 3.21 蜂鸣器模块电路图

4 系统软件设计

4.1 软件总体设计

在本文系统的软件设计方面，本文将结合其各种主要功能所包含的所有原件模块进行软件上的详解，而不是像硬件介绍那样，基本每个模块都分开介绍。本设计使用 STLINK 连接 STM32 最小系统板，使用 KEIL5 软件进行编程。为了程序设计的清晰，设计中使用的各种模块，都在工程文件的硬件文件夹下提前构造好库函数；所要用到的传输协议，中断、定时等功能都会提前进行初始化函数的编写。本设计分为上电后立即执行的自动模式，和阿里云可以进行控制的手动模式，会在下面的各大功能介绍中详细描述。

本设计主要功能有：装置开启与停止（光照、舵机、电机、灭虫灯）、电机驱动和调速功能、天数设定与计数提醒清理功能（旋转编码器、对射式红外传感器、蜂鸣器、led）、OLED 屏幕显示功能（温湿度），以及最重要的数据上云和控制功能（WIFI）。系统总体流程图如图 4.1 所示。

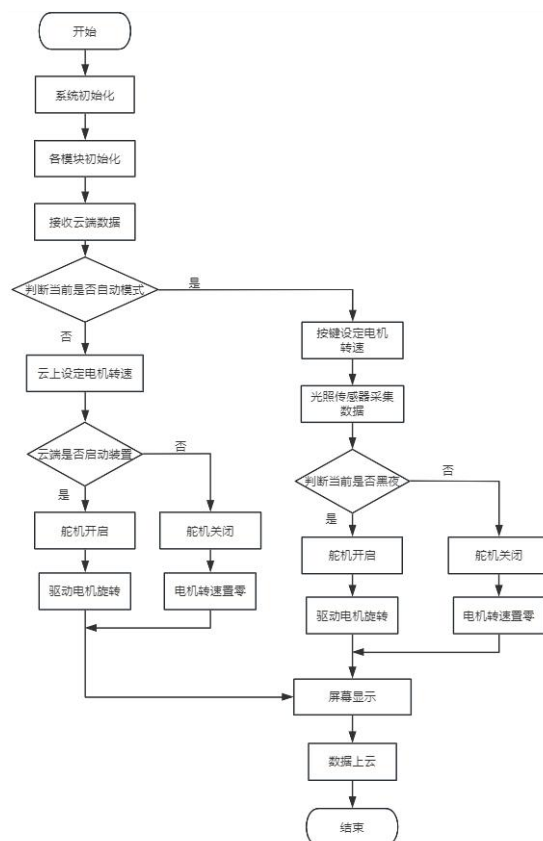


图 4.1 系统总体流程图

4.2 软件各功能设计

4.2.1 设备启停设计

设备的启动与停止是本设计自动模式下的重要功能之一，所要用到的模块有光照传感器模块，SG90 舵机模块，电机及其驱动模块，以及灭虫灯模块。具体实现思路是由光照传感模块接收光照强度，当检测到夜晚时，舵机进行 90° 旋转，同时打开诱虫灯且电机按照设定值旋转。其中，电机用按键调速的具体方式在 4.2.2 再详细介绍。设备启停流程图如图 4.2 所示。

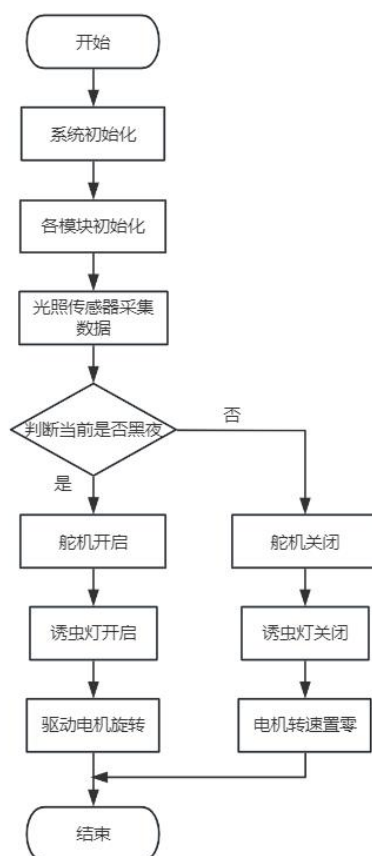


图 4.2 系统启停流程图

在使用光照传感器时，由于只需要通过检测二值化的数字量来判断是白天还是黑夜，本文使用 PB13 口接光照模块的 DO 口，将 PB13 引脚初始化为上拉输入（GPIO_Mode_IPU）。因此编写函数返回 PB13 输入寄存器的状态，当返回值为 1 时，当前即为夜晚状态，于是舵机旋转至 90° 开启装置，开启电机，同时打开诱虫灯诱虫；当返回值为 0 时，当前即为白天状态，于是舵机旋转至 0° 关闭装置，关闭电机，同时关闭诱虫灯节约电量。

对舵机的控制是使用 TIM1 定时器，利用定时器的输出比较功能产生 PWM 驱动舵机，STM32F103C8T6 的定时器资源包括 TIM1-4 四个定时器，其中 tim1 为高级定时器，除了正常的开启时钟，初始化等，高级定时器会用到重复计数器，设置为 0。

在定时器时基单元初始化函数中，需要先后设置：1、时钟分频，选择不分频。2、计数器模式，选择向上计数 TIM_CounterMode_Up。3、计数周期，即 ARR 的值。4、预分频器，即 PSC 的值。

最后进行 PWM 的初始化，因为使用的是高级定时器，在编程时还需要选择 TIM2 为内部时钟，但是经过研究，如果不调用 TIM_InternalClockConfig 函数，TIM 默认也为内部时钟。

在使用 tim 定时器时，要注意引脚的选择。需要参照手册，TIM1 复用功能重映像如图 4.3 所示。

复用功能映像	TIM1_REMAP[1:0] = 00 (没有重映像)	TIM1_REMAP[1:0] = 01 (部分重映像)	TIM1_REMAP[1:0] = 11 (完全重映像) ⁽¹⁾
TIM1_ETR	PA12		PE7
TIM1_CH1	PA8		PE9
TIM1_CH2	PA9		PE11
TIM1_CH3	PA10		PE13
TIM1_CH4	PA11		PE14
TIM1_BKIN	PB12 ⁽²⁾	PA6	PE15
TIM1_CH1N	PB13 ⁽²⁾	PA7	PE8
TIM1_CH2N	PB14 ⁽²⁾	PB0	PE10
TIM1_CH3N	PB15 ⁽²⁾	PB1	PE12

图 4.3 TIM1 复用功能重映像图

本设计使用 PA8 引脚接收 PWM 信号，如图所示 CH1，因此在编写程序时要注意该引脚用的是通道 1，使能或者失能 TIM1 在 CCR2 上的预装载寄存器时只能用 OC1 否则就会出错。在最后控制舵机角度时也要 TIM_SetCompare1(TIM1, Compare)；函数否则也会因为通道不同无法控制。

本设计使用的是 180° 的舵机。其调节所要求的 PWM 如图 4.4 所示。



图 4.4 舵机 PWM 控制图

如图所示，由于舵机输入 PWM 信号要求周期为 20ms，高电平宽度为 0.5ms~2.5ms，由此可以得出要使舵机转到 90°，需要 1.5ms 的脉冲高电平时间，对应 7.5% 的占空比。

根据 PWM 频率公式（4.1）和 PWM 占空比公式（4.2）

$$\text{Freq} = \frac{\text{CK_PSC}}{(\text{PSC} + 1)} \div (\text{ARR} + 1) \quad (4.1)$$

$$\text{Duty} = \frac{\text{CCR}}{(\text{ARR} + 1)} \quad (4.2)$$

在式(4.1)和(4.2)中：

Freq——PWM 频率；

CK_PSC——内部时钟频率；

PSC——预分频系数；

ARR——自动重装器系数；

CCR——捕获/比较器系数。

其中 CK_PSC 恒为 72Mhz 不变，PSC 和 ARR 分别由 TIM_Prescaler 和 TIM_Period 设置，CRR 由 TIM_Pulse 设定。

由式（4.1）可得，舵机要求周期为 20ms，因此频率为 1/20ms=50Hz。而 PSC 和 ARR 的值并不固定，因此经过试验，选取 PSC+1=72，ARR+1=20000，可以满足周期为 20ms 的条件。由式（4.2）可知当 ARR+1=100 时，占空比就等于 CCR 的值。此时 ARR+1=20000，所以当 CCR=500 时，就是 0.5ms，对应占空比 2.5%，也就对应 0° 的角度；当 CCR=2500 时，就是 2.5ms，对应占空比 12.5%，也就对应 180° 的角度。可以算出，要转过 90°，CCR 应该等于 1500，满足占空比等于 7.5%。

需要注意的是，在 pwm 初始化时，要注意 TIM_OCpolarity 是置为 Low 还是 High，分别代表 pwm 的计数方式是向下计数还是向上计数。举例来说，如果是向下计数，那么设置 90° 的 CCR 时就需要 TIM_SetCompare1(TIM1, 200000-1500)，设置 0° 的 CCR 时就需要 TIM_SetCompare1(TIM1, 200000-500)；而向上计数设置 90° 时需要 TIM_SetCompare1(TIM1, 1500)，设置 0° 的 CCR 时就需要 TIM_SetCompare1(TIM1, 500)。这点需要注意，容易造成无法正常控制舵机的情况。

电机的旋转程序将在 4.2.2 中详细说明，诱虫灯的开启目前由一个普通的 led 灯代替，将 PA1 引脚初始化为 GPIO_Mode_Out_PP 推挽输出，并设置为默认高电平，GPIO_ResetBits 设置 PA1 引脚为低电平打开诱虫灯，GPIO_SetBits 设置 PA1 引脚为高电平关闭诱虫灯。

4.2.2 电机驱动和调速设计

电机的驱动和调速在智能灭虫系统中用来吸入被灯光引诱到附近的害虫，此处的程序设计仍然是在自动模式下的运行。在电机驱动和调速功能的实现上，需要用到一个按键模块，一个电机驱动模块和一个直流电机，本设计实现按一下按键，增加一次转速，直到重新回到 0 速状态，以多个挡位的调节来实现电机转速的增加。

按键模块的设计方便对智能灭虫装置的风扇风速进行调节，不用再去程序里修改，通过+=操作实现转速的逐级递增最终重新回到 0，也节省了按键的使用个数。初始化 PB11 脚为 GPIO_Mode_IPU 上拉输入，读 PB11 输入寄存器的状态，如果为 0，则代表按键 1 按下，同时将设定的键码值幅值为 1 或者其他值，这么做的好处是可以通过一个键码返回值的不同，检测多个按键具体哪一个被按下，并执行后续控制。

需要注意的是，由于机械式按键是由弹簧片组成的，因此在触发的一瞬间会出现不可避免的抖动，因此再程序上需要进行软件消抖。按键抖动原理如图 4.5 所示。

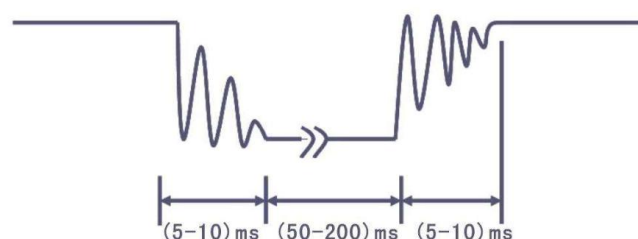


图 4.5 按键抖动原理图

具体实现方法是使用 if 语句，在读取 PB11 输入寄存器的状态为 0 时，也就是按键按下时，如图所示进行一个 20 毫秒的延迟，经过 20 毫秒后再次读取 PB11 输入寄存器的状态，如果仍然为 0，即可输出键码值，也就代表这个按键确实已经被按下。可以防止按键误触或者按下未触发的情况。

直流电机的功率较大，无法通过 GPIO 引脚供电，因此要用到 TB6612 模块，电机模块的使用与舵机模块类似，也需要 PWM 波驱动。使用 PA6 给 TB6612 上的 PWMA 引脚提供 PWM 信号，使用 TIM3 定时器，同样利用定时器的输出比较功能产生 PWM 波。TIM3 复用功能重映像如图 4.6 所示。

复用功能	TIM3_REMAP[1:0] = 00 (没有重映像)	TIM3_REMAP[1:0] = 10 (部分重映像)	TIM3_REMAP[1:0] = 11 (完全重映像) ⁽¹⁾
TIM3_CH1	PA6	PB4	PC6
TIM3_CH2	PA7	PB5	PC7
TIM3_CH3	PB0		PC8
TIM3_CH4	PB1		PC9

图 4.6 TIM1 复用功能重映像图

如图所示，PA6 引脚对应 TIM3_CH1，和控制舵机的 PWM 一样要注意其使用的通道。此外，还需要初始化两个 GPIO 引脚用于输入信号调节电机的控制模式，将 PA15 和 PA5 引脚初始化为 GPIO_Mode_Out_PP 推挽输出，如果 PA15 置高电平 PA5 置低电平，设置方向为正转，反之设置方向为反转。本设计只需要电机朝着一个方向旋转即可，如果在调试时与其需要吸出空气的方向相反，最简单的方式可以将电机驱动模块的 AO1 和 AO2 反接。在定义电机转速函数时用到库函数 TIM_SetCompare1(TIM3, Compare)，这与给舵机设置占空比的方式相同。简单理解就是 Compare 的值就是 PWM 占空比 CCR，可以设定为 0~100。本设计将转速分三档，分别是 30%占空比，60%占空比和 90%占空比的时候，占空比越大，平均电压越大，电机转速就越快。实际上考虑过使用旋转编码器实现无级调速，但在 4.2.3 中需要旋转编码器实现天数的设定，所以实行分档位调节，同样可以满足需求。

最后，在本设计中，由于直流电机中是线圈和磁铁，因此再 PWM 的驱动下会发出蜂鸣器的噪音。为了减小噪音，可以增大 PWM 的频率，经过查询，人耳无法听到频率 20KHz 以上的声音，因此由式（4.1）和式（4.2）可知，在不影响占空比的前提下，也就是不改变 ARR+1=100 的前提下，减小 PSC 的值至 36，即可求出此时的 PWM 频率为 $72000000/100/36=20\text{KHz}$ ，超出人耳所能听到的频率。

4.2.3 天数定时与提醒清理功能设计

天数定时与提醒清理功能也是本设计自动模式下的重要功能之一，所要用到的模块有旋转编码器模块，对射式红外传感器模块，蜂鸣器模块，以及 led。具体实现思路是在工作前由旋转编码器设定工作天数，向左旋转减少，向右旋转增加，同时对射式红外传感器模块会记录当前运行天数，当检测出设定天数等于当前运行天数时，蜂鸣器进行鸣响，同时亮红色 led 示警。设备提醒清理功能流程图如图 4.7 所示。

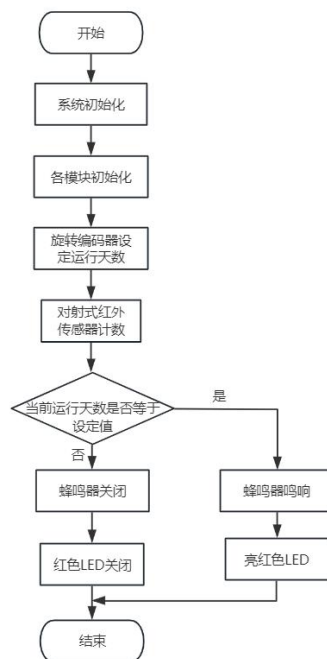


图 4.7 提醒清理流程图

由于 tim 定时器不够用，旋转编码器和对射式红外传感器都使用 EXTI 外部中断。什么是中断，举例来说，把一个人的主程序比作工作，当他在工作时突然来电话了，也就是检测到中断源，这时就需要停下手头的工作去接电话，打完电话再放下电话继续工作，回到主程序继续运行，中间接电话的时间，就是去执行中断程序。EXTI 基本结构如图 4.8 所示。

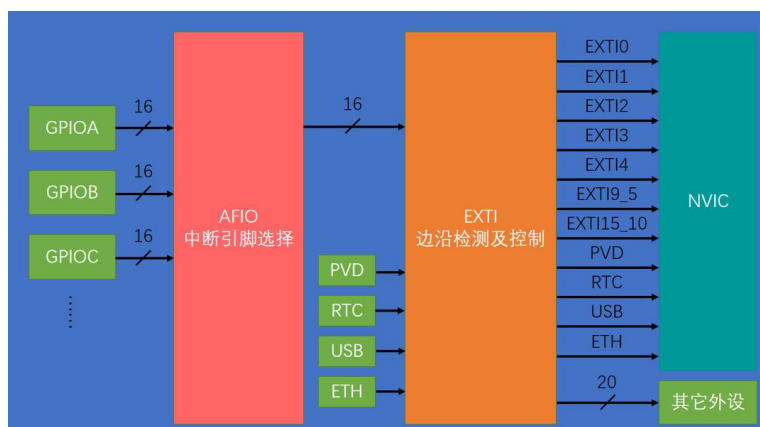


图 4.8 EXTI 基本结构图

如图所示，EXTI 一共有 20 个通道，其中 GPIO_Pin 有 16 个，外加 PVD 输出、RTC 闹钟、USB 唤醒、以太网唤醒。此外，EXTI 支持的 GPIO 口为所有 GPIO 口，但相同的 Pin 不能同时触发中断，举例来说，就是 PA1 和 PB1 无法同时使用。本设计中的旋转编码器模块，将 PB0 和 PB1 引脚初始化为 GPIO_Mode_IPU 上拉输入。AFIO 选择中断引脚时，选择 PB0 和 PB1 为外部中

断引脚，也就是对应外部中断的 0 号线和 1 号线。EXTI 初始化时选择配置外部中断的 0 号线和 1 号线，并指定其为下降沿触发。

中断的优先级是由响应优先级和抢占优先级决定的，本设计中的 NVIC 中断分组都定为分组 2，其抢占优先级和响应优先级都是 2 位，取值都为 0~3。此外，中断也是可以嵌套的，也就是在中断中再次执行中断。当外部中断 0 号线触发中断时，即 PB0 的下降沿触发中断时，用 PB1 的电平来反映是顺时针旋转还是逆时针旋转，如果 PB1 的电平也为下降沿，则为逆时针旋转，设定一个可变值减小。同理，顺时针正转时计数变量自增。

在配置红外传感器程序时，由于 NVIC 中断也定为分组 2，设置其抢占优先级和响应优先级都为 1。根据原理，此时就会按中断号排队，选择 PB14 引脚对应配置外部中断的 14 号线，而 14 号线在 NVIC 的 EXTI15_10 线中，因此配置使能时要注意区别。

此外，EXTI 支持许多触发方式，此处指定对射式红外传感器的外部中断线为 EXTI_Trigger_Falling 下降沿触发，在遮挡离开时才会增加计数，如果想要上升沿触发则将 Falling 改为 Rising，上下都触发改 Rising_Falling，这样每遮挡一次就会增加两次的计数，可以根据需要选择功能。

最后，一定不要忘记清除清除外部中断的中断标志位，否则中断将连续不断地触发，导致主程序卡死。在设计时，为了避免出现上电后设定天数和运行天数都为 0 直接报警，因此将其默认工作时间设定为 1 天，在此基础上再进行增加或减少。

在本设计中，蜂鸣器和 led 的引脚初始化都是进行推挽输出。GPIO 的八种工作模式如表 4.1 所示。

表 4.1 GPIO 工作模式

浮空输入	GPIO_Mode_IN_FLOATING	可读取引脚电平，若引脚悬空，则电平不确定
上拉输入	GPIO_Mode_IPU	可读取引脚电平，内部连接上拉电阻，悬空时默认高电平
下拉输入	GPIO_Mode_IPD	可读取引脚电平，内部连接下拉电阻，悬空时默认低电平
模拟输入	GPIO_Mode_AIN	GPIO 无效，引脚直接接入内部 ADC
开漏输出	GPIO_Mode_Out_OD	可输出引脚电平，高电平为高阻态，低电平接 VSS
推挽输出	GPIO_Mode_Out_PP	可输出引脚电平，高电平接 VDD，低电平接 VSS
复用开漏输出	GPIO_Mode_AF_OD	由片上外设控制，高电平为高阻态，低电平接 VSS
复用推挽输出	GPIO_Mode_AF_PP	由片上外设控制，高电平接 VDD，低电平接 VSS

4.2.4 OLED 屏幕显示设计

OLED 屏幕显示设计，更方便农户在线下观察当前大棚内的温湿度，旋转编码器设定运行天数直接在 OLED 屏幕上显示，并且显示当前已经运行的天数，同时显示当前电机转速和舵机所在角度。

DHT11 的工作原理是通过检测内部的湿度和温度传感器的信号变化，并转换为数字信号输出。它采用简单的串行通信协议与外部设备通信，发送包含温湿度数据的数据帧，用户则获取数据帧进行相关的处理使用。本设计使用 PA11 引脚进行数据的传输。DHT11 通讯过程如图 4.9 所示。

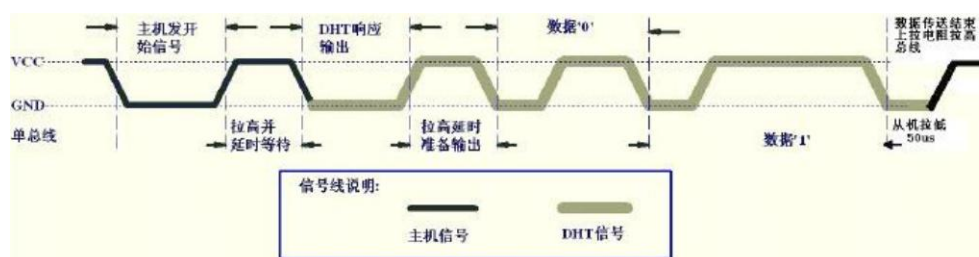


图 4.9 DHT11 通讯过程图

总线空闲时为高电平，当接收到 18 毫秒以上的低电平信号，表示主机开始发送信号，然后拉高信号并延迟等待 DHT11 响应。直到接收到 80 微秒的低电平表示响应输出，微处理器发送完启动信息后，经过 20-40 微秒的延时等待，即可切换为输入模式，读取 DHT11 的响应信息。当总线处于低电平时同理，表明 DHT11 准备发送数据。

本设计使用的 4 针脚的 OLED 使用的是 I2C 协议，分辨率为 128*64 点阵，用其显示字符实际上就是用一个一个像素点拼成字符的形状，在保证清晰可辨认的前提下，一个字符所需要的像素点为 16*8，汉字也是同理，需要 16*16 个像素点组成一个方形的汉字。功能强大的汉字取模软件也可以自动根据输入的汉字生成对应的字模，只需要将其添加到字模库中即可正常调用。由于 OLED 上显示了较多的信息，考虑到显示的美观和方便，只显示了 DHT11 的整数部分。

4.2.5 数据上云和控制功能设计

数据上云和云端控制是本设计实现远程智能化十分重要的功能。为了实现这一功能，达到更智能，更有实用价值的目的。本设计使用 ESP8266 物联网模块，连上手机热点后，将运行时的各种数据通过该模块上传到阿里云。具体定义了 7 个功能，其中包括显示数据用的速度、湿度、温度功能；数据下发用于控制的调

速、报警功能；以及用来改变当前工作模式的手动开关功能。阿里云功能定义如图 4.10 所示。

功能名称 (全部) ▾	标识符 1k	数据类型	数据定义
手动开关 自定义	b	bool (布尔型)	布尔值: 0 - 手动关闭 1 - 手动开启
模式 自定义	a	bool (布尔型)	布尔值: 0 - 自动 1 - 手动
速度 自定义	Speed1	int32 (整型)	取值范围: 0 ~ 100
提醒清理 自定义	led_0	bool (布尔型)	布尔值: 0 - 停止报警 1 - 开启报警
调速 自定义	key	bool (布尔型)	布尔值: 0 - 关 1 - 开
湿度 自定义	humi	float (单精度浮点型)	取值范围: 0 ~ 100
温度 自定义	temp	int32 (整型)	取值范围: 0 ~ 100

图 4.10 阿里云功能定义图

之前的程序设计都是在自动模式下的，本设计定义了远程控制模式，实现在阿里云里对设备状态的控制。远程控制模式就是不管当前是白天还是晚上，都可以通过阿里云控制其开启和关闭，而自动模式就是根据环境的光照强度，自动开启和关闭装置。因此，要实现模式的切换，首先要定义一个模式的变量 **a**，除此之外还需要一个可以控制在手动模式下进行开关的变量 **b**。通过变量 **a** 与光照传感器检测结果的综合判断，可以有效避免手动控制后仍然受外界光照强度影响的情况。阿里云模型数据如图 4.11 所示。

调速 查看数据 查看日志 0 (关) ④ 2024/04/24 11:28:22.896	模式 查看数据 查看日志 0 (自动) ④ 2024/04/24 11:28:22.896	温度 查看数据 查看日志 45.0 % ④ 2024/04/24 11:28:22.896
手动开关 查看数据 查看日志 0 (手动关闭) ④ 2024/04/24 11:28:22.896	速度 查看数据 查看日志 0 % ④ 2024/04/24 11:28:22.896	提醒清理 查看数据 查看日志 0 (停止报警) ④ 2024/04/24 11:28:22.896
湿度 查看数据 查看日志 24 °C ④ 2024/04/24 11:28:22.896		

图 4.11 阿里云模型数据图

在线调试时要注意每次下发数据时只能发送一个模型的数据，无法同时发送多个模型的数据，这是因为处理命令缓冲区数据时是由多个 if、else if 语句组成的，每次最多只能执行一个标识符。在接收到下发的特定数据后，就可以执行手

动控制的功能。例如要实现报警后的远程关闭功能，在接收到标识符后，可以对旋转编码器的计数 Num 实现增加或减少操作，这样既不影响其提醒清理功能的正常运行，也能在云端开启或停止报警；在电机的调速与手动模式的开启和停止功能中，也同样用了特定的标识符进行检测，并将自动模式时按键调速的实现方法复制到其中即可。

最后，整合主程序时，本设计先将 OLED 上需要显示的数据名称显示上去，在连上阿里云后，再将具体数据进行显示，方便使用者清楚知道什么时候上云成功功能正常使用。

5 整体调试及成果展示

5.1 整体调试

在实现各部分功能后需要进行代码程序的整合工作，在整合的过程中，原本用来给舵机提供 PWM 的普通定时器 TIM2 在上云的程序中被占用。因此才选择了 TIM1 高级定时器。原本还考虑过用同一个定时器给舵机和电机提供 PWM 波，最后由于频率不同，无法使电机正常旋转。

在使用面包板进行接线时，出现了电机转速越快，对射式红外传感器计数值开始增加的情况。当 PWM 的占空比小于 40% 时还不会出现这种情况。随着挡位的提升，该计数值的增加速度越变越快。我本以为是红外模块误触导致的，于是我使用延迟函数进行消抖，在一定时间内连续检测是否有遮挡的存在，但是没用。最后我发现在电机转速过快时，红外模块的电源指示灯会闪动，应该是电压不够导致的。于是我将电机驱动模块的 5V 供电接在同学买的独立供电的电源模块上，虽然解决了电压不够的问题，但是该电源模块功率太低，无法支持电机 60% 及以上速度的持续旋转。因此，我最后使用充电宝接最小系统板上的 micro-USB 接口，同时用自带的 5V 给舵机和电机驱动模块供电。因为方便调试和学习，最开始用的是面包板，用到后面发现接线太多太乱。面包板接线图如图 5.1 所示。

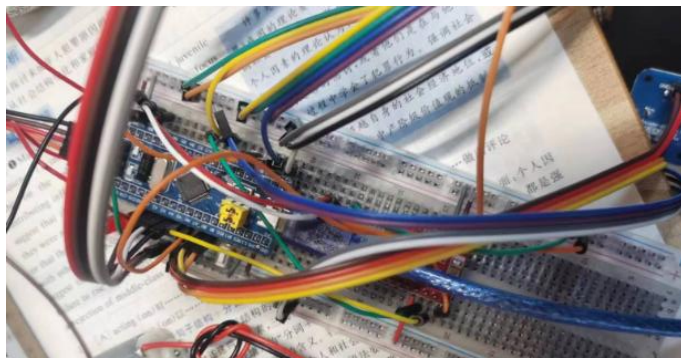


图 5.1 面包板接线图

考虑到工程的完整性和实用性，因此画了 PCB 板，以此减少杜邦线的使用，让模块看起来更整洁。PCB 原理图如图 5.2 所示。

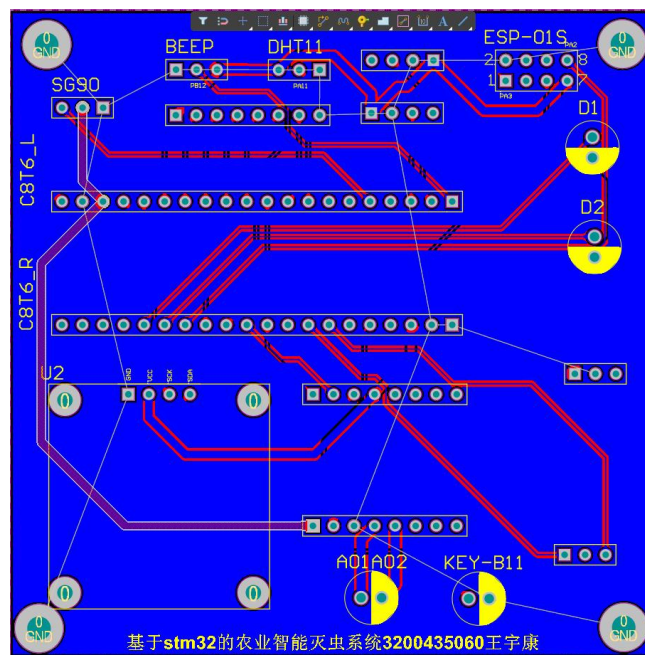


图 5.2 PCB 原理图

5.2 成果展示

为了能够实现具体的灭虫功能，本设计进行了灭虫装置的制作，购买的亚克力板由于工具较钝无法切割，最后部分用硬纸板进行模拟。为了避免害虫进入后出逃，风吸式结构加上细密的铁纱网，底部铺上粘虫板。具体构造如图 5.3 所示。

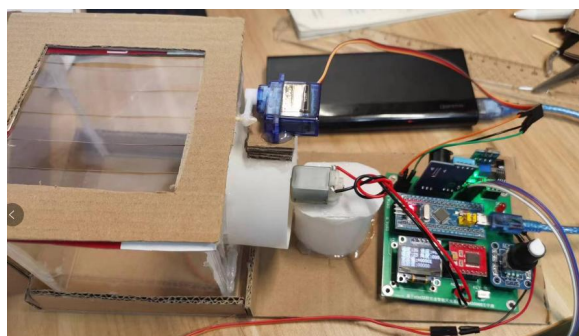


图 5.3 装置结构图

用充电宝上电后，装置结构侧面如图 5.4 所示。

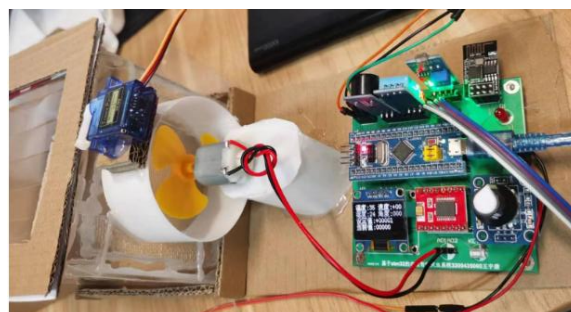


图 5.4 装置结构侧面图

遮住光照传感器后，模拟夜晚自动运行，诱虫灯打开，舵机旋转开启上盖，风扇转动吸风。如图 5.5 所示。

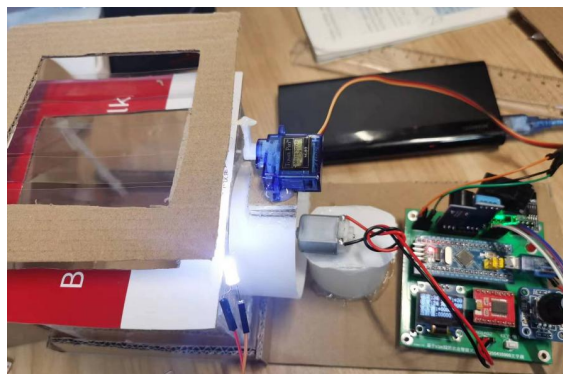


图 5.5 夜晚运行图

当再次到白天后，对射式红外传感器计数为 1，开启清理提醒。如图 5.6 所示。

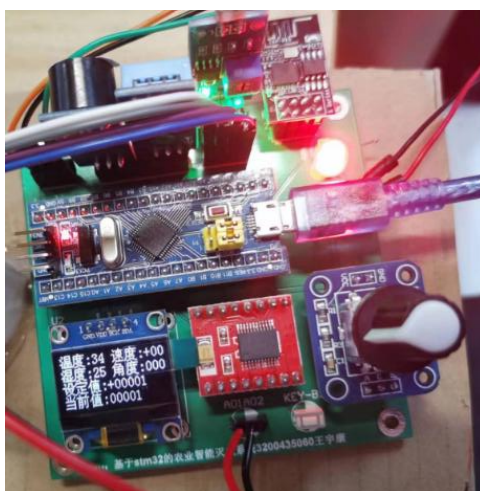


图 5.6 提醒清理报警图

其中，上盖的开启和关闭以及对射式红外传感器的正常计数是十分重要的。本设计使用一个简易的百叶窗，用舵机的转动巧妙地实现了开启，同时可以让虫子正常进入。上盖设计如图 5.7 所示。

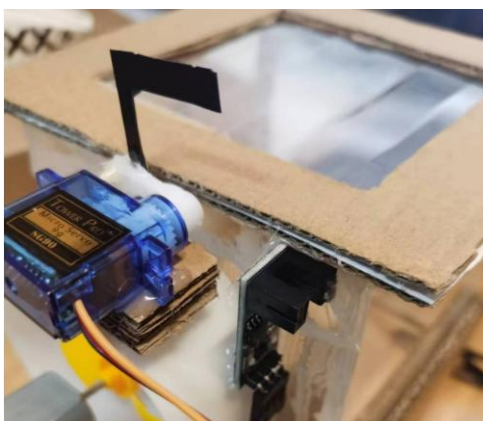


图 5.7 上盖设计图

同时，将黑色遮光片固定在舵机上，巧妙地实现了夜晚开启上盖自动遮挡，白天关闭上盖进行计数。上盖开启如图 5.8 所示。



图 5.8 上盖开启图

最后，在阿里云的在线调试功能中，可以对电机转速，开启关闭报警，以及手动控制装置的开启与关闭进行设置，不受环境的影响。阿里云在线调试如图 5.9 所示。

温度(temp) ?	26	调试
湿度(humi) ?	38.0	调试
调速(key)	关-0	调试
提醒清理(led_0)	停止报警-0	调试
速度(Speed1) ?	0	调试
模式(a)	自动-0	调试
手动开关(b)	手动关闭-0	调试

获取

设置

设置期望值

重置

图 5.9 阿里云在线调试图

6 论文总结及展望

6.1 设计总结

本文基于 stm32 的农业智能灭虫系统设计经过了多次软件程序上的修改，已经可以基本实现设计之初所预想的功能。

首先，在硬件的使用上没有设置湿度高报警，也没有设置雨水传感器，主要考虑在农业大棚内部使用，同时方便农户准确地监测大棚内部的温湿度，以方便对农作物的生长环境进行调节。本系统的所有的硬件设计都是站在实用性的角度上考虑的，在最能保证使用实际的情况下，例如旋转编码器对天数的设定和红外模块的计数功能，都是将硬件和软件充分地进行了结合与思考，进行硬件的选择和软件程序的编写，尽管还有提升的空间，但都是尽我所能想到的最优解。在软件的使用上，充分运用到了 stm32 的各类外设、协议等，该单片机的四个定时器都被充分使用，这让我感受到了定时器功能的强大，也让我意识到在选择核心控制模块是要充分考虑。

其次，本设计在具体装置的实现上仍然有进步的空间，由于没有专业的工具，以此只能大致进行模拟实现，各模块之间的联动配合也需要进行更加合理的构造。例如红外模块的遮光片显得较为突兀，风扇的吸力也因结构问题没有那么强劲。

最后，本设计对我大学四年单片机方面学习的专业课知识有着不小的挑战，让我对 stm32 这款单片机有了更加深入的学习，同时，让我对一个具体工程的实现流程，进行了更加完整的搭建与认识。也让我更加系统地让自己的对单片机的使用，积累了许多有用的经验。

6.2 展望

作为一名大学生，毕业设计不仅仅是完成任务，更是对自己四年来的学习生活画上一个句号。本次设计不仅是一个普通的毕业设计，更是我大学四年来第一次独立地实现一个完整的项目，让我学到了许多单片机相关的知识，提升了我自己发现问题，解决问题的能力，也让我认识到了自己的不足，为我在今后的研究生学习中打下了坚实的基础。我也真心实意地希望能有更加绿色环保，更加完善智能的农业灭虫系统使用在越来越多的农田中，充分解决我国虫害问题，减少化学药剂的使用。

7 参考文献

- [1] 桑文, 高俏, 张长禹, 黄求应, 雷朝亮, 王小平. 我国农业害虫物理防治研究与应用进展[J]. 植物保护学报, 2022, 49(01): 173~183.
- [2] 曹家郝. 一种智能太阳能杀虫灯系统的设计与研究[D]. 贵州大学, 2018.
- [3] 靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, (03): 198~203.
- [4] 刘利兰, 王菲菲, 陈超等. 智能风吸式太阳能杀虫灯在蔬菜上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2023, (08): 4~6.
- [5] 张广学, 郑国, 李学军等. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用[J]. 昆虫知识, 2004, (06): 532~535.
- [6] 林闽, 姚白云, 张艳红等. 太阳能 LED 杀虫灯的研究[J]. 可再生能源, 2007, (03): 79~80.
- [7] 王彬, 程雪. LED 灭虫灯诱杀害虫的应用[J]. 农业网络信息, 2010, (06): 146~147.
- [8] 陈永燕, 普松权, 张汉学. 粘虫板不同颜色和悬挂高度对梨园桔小实蝇的诱集效果[J]. 云南农业科技, 2023, (04): 38~39.
- [9] 聂莉. 有色粘虫板在枸杞病虫害防治中的应用研究[J]. 西北园艺(综合), 2023, (02): 46~49.
- [10] Y Song and H Ren, A New Hypothesis of Insect Phototaxis Principle and its Application in Photoelectric Control of Agricultural and Forestry Pests[C], 2021 International Conference on Electronic Information Technology and Smart Agriculture, Huaihua, China, 2021, 505~509.
- [11] E C Kumar, B Vigneshwaran, S J Santhosh and A J Devaprakash, Intelligent UV-Based Insect Hunter for Countryside Farming[C], 2023 Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS), Tuticorin, India, 2023, 136~140.
- [12] Y Hu, H Ji, X Cai, Z Zhu and H Chen, Design of LED Intelligent Insect Monitoring Device Based on STM32[C], 2022 20th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), Shenzhen, China, 2022, 1~3.
- [13] 宋国义, 金洪利. 智能型太阳能灭虫技术在设施农业中的应用[J]. 农业工

程, 2015, 5 (S1): 37~38+77.

[14] 邵天玉, 王克勤, 李新民等. 太阳能灭虫灯的灭虫效果及改进建议[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2012, 13(01): 102~104.