

# 1 软硬件开发平台

## 1. 1 硬件开发平台

本次设计采用主控硬件电路为 STM32F103ZET6，利用是配套的 Keil uVision5 编写 C 语言程序。

硬件电路是一种基于嵌入式处理器-微控制器芯片的大规模集成电路器件(IC)系统，微控制器采用高性能集成电路 ARM Cortex-M3 系列（Advanced RISC Machines Cortex-M3）内核。默认工作主频为 72MHz，芯体尺寸为 32 位，存储器容量为 256KB。该芯片拥有着价格低，外设品种多，型号数量丰富，控制单元性能优异，开发成本设计低等众多显著优点，强大的功能和丰富的接口完全满足本次设计的实时控制要求。芯片展示如图 2.1 所示。



图 2.1 STM32F103ZET6 芯片

片上集成了 64KB 的 SRAM 存储器、2 个基本定时器、2 个高级定时器、512KB 的 Flash 存储器和 112 个通用 I/O（Input/Output 输入输出）口，成本低廉，处理速度快，适合于本次智能风扇实用性强与高性价比的定位。该核心板还主要包括电源转换电路和复位电路等。使用的整体核心板如图 2.2 所示。



图 2.2 STM32F103ZET6 核心板

## 1) 电源转换电路

电源转换电路的作用为降压，STM32 芯片的供电电压为 3.3V，所以采用降压电路将 5V 电压转换为 3.3V 给芯片供电，工作原理为：电路中包含 2 个进行外部输入稳压转换的芯片：U10 和 U11，DC\_IN 用于外部直流电源输入，输入电压经过 U11 芯片电路进行转换后，变为 5V 输出。D4 是防反接二极管，避免外部直流电源极性错误时烧坏开发板。U10 为稳压芯片，为开发板提供 3.3V 电源。电源转换电路的原理图如图 2.3 所示。

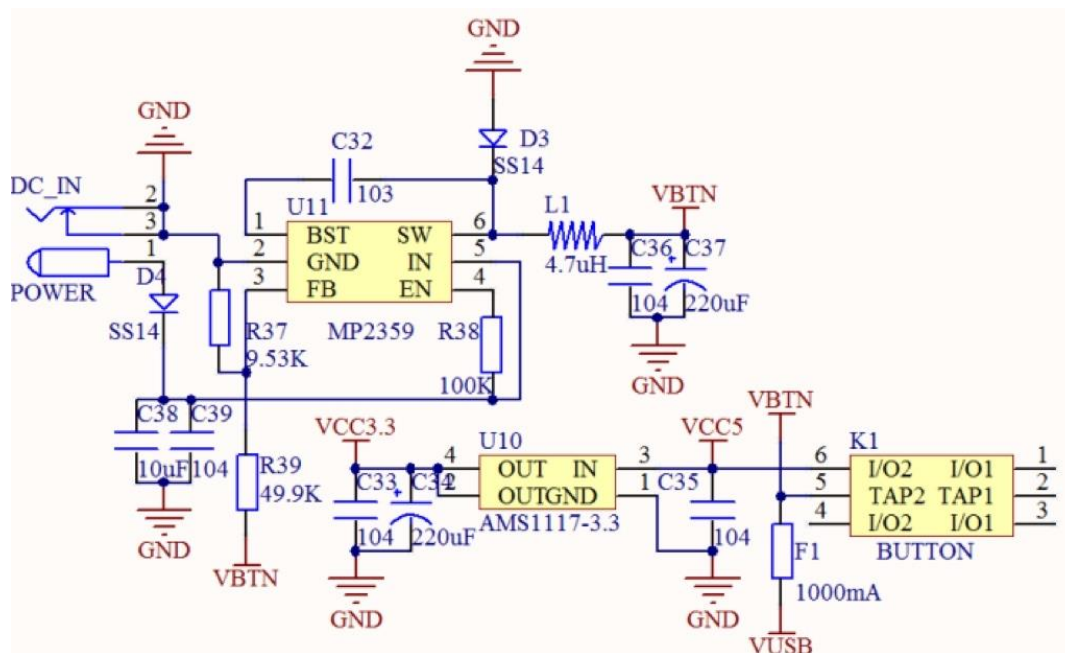


图 2.3 电源转换电路原理图

## 2) 复位电路

复位电路是 STM32 的最小系统，为低电平复位，总体电路组成简单，由电容、电阻和电源和复位按键四部分组成。其原理图如图 2.4 所示。

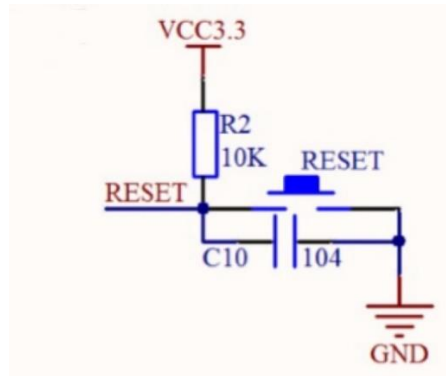


图 2.4 复位电路原理图

## 1. 2 软件开发平台

## 2 硬件设计

### 2. 1 整体硬件设计

### 2. 2 PWM 驱动电路设计

### 2. 3 温湿度采集模块设计

### 2. 4 OLED 显示模块设计

### 2. 5 光敏电阻传感器模块设计

## 3 软件设计

### 3. 1 软件整体设计

系统主程序为，系统初始化：为功能定义引脚，开启中断分组，初始化串口、初始化 IIC

通信、初始化 LED 显示、初始化按键、初始化定时器并显示默认值。初始化完毕后，读取各模块信息，OLED 开始显示数据，舵机复位，进入主循环。主程序流程图如图 4.1 所示。

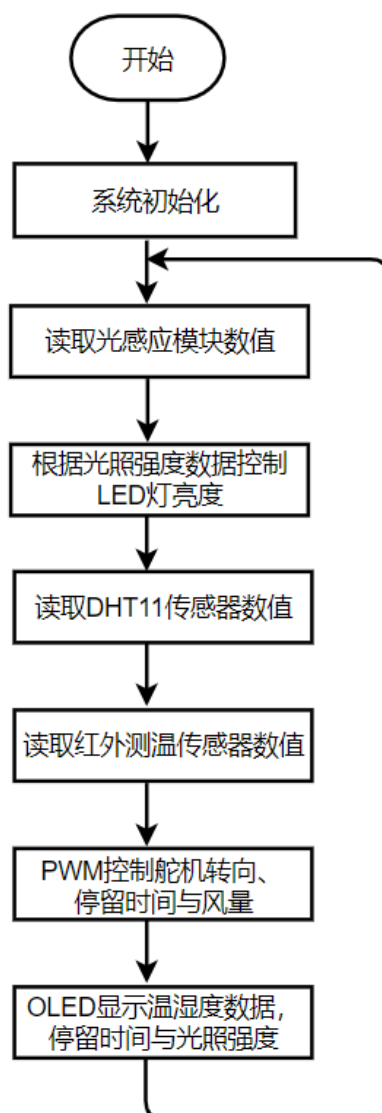


图 4.1 主程序流程图

系统初始化，OLED 显示屏初始化完成后，显示屏显示温湿度、风扇转头停留时间、PWM 数据。接着读取环境光感应强度和温湿度数据，并通过温度检测模块检测当前温度信号，程序判断当前测量温度值是人体温度还是物体温度，将判断结果显示在 OLED 显示屏。如果测量对象是物体，根据当前物体温度值，屏幕显示不同的停留时间长度与风量；如果测量对象是人体，根据当前人体温度值，屏幕显示不同的停留时间长度与风量。

## 3. 2 PWM 控制软件设计

### 3.2.1 舵机控制

PWM 波主要控制占空比，通过改变高电平或者低电平比例，来控制舵机转向以及停留时间。可以根据需要调节 PWM 占空比，控制舵机转向。通过调节 higt 来控制 PWM 高电平时间，从而控制舵机停留时间。本设计通过两个定时器进行计数：TIM3 用于舵机的控制，TIM4 用于输出电机 PWM 波进行控制。TIM3 使用比较输出模式，能够支持 PWM 波的输出。舵机转动是通过 TIM3 来控制的，通过比较 higt 数值，选择左右舵机，控制舵机摇摆方向，通过减少门限值来控制 PWM 占空比，控制舵机来回摇动。PWM 控制舵机软件设计流程图如图 4.2 所示。

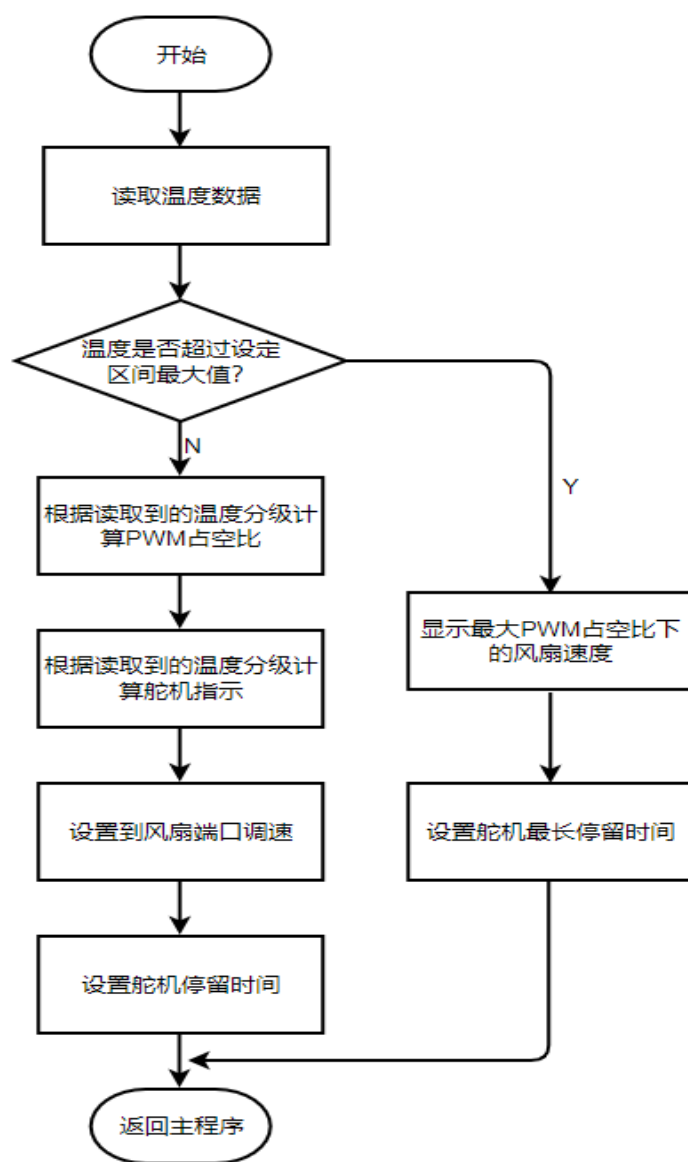


图 4.2 PWM 控制舵机软件设计流程图

单片机读取温度，分级计算 PWM 占空比，同时根据读取到的温度分级计算舵机指示，通过计算设置风扇端口调速，得到温度值是否超出预定值。若温度在预定值内，则根据转动指示逐步调节 PWM 占空比。如果已经达到最小占空比，则切换舵机，重新设置 PWM 变量；如果占空比达到最大，也将切换舵机，重新设置 PWM 值。

### 3.2.2 光照强度控制

光照强度也是通过控制 PWM 占空比实现。PWM 控制光照强度软件设计流程图如图 4.3 所示。

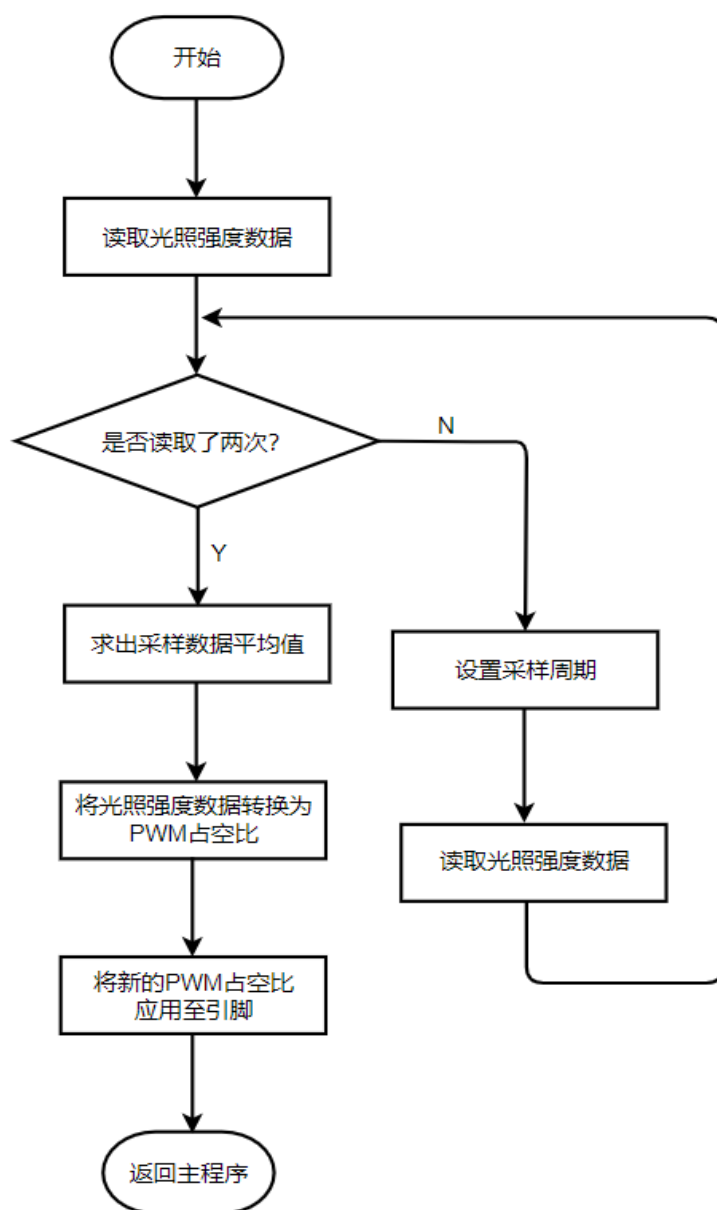


图 4.3 PWM 控制光照强度软件设计流程图

为了确保测量数据的准确性与减少系统误差，提高系采样精度，系统判断单片机是否采集两次光照信号，若采集满两次，则单片机直接求出平均值，进行 ADC 数据和 PWM 占空比转换，并将新的占空比应用到引脚上；如果没有采集满两次，则设置采样周期，进行 ADC 转换后，再次读取 ADC 值。

### 3.3 温湿度采集软件设计

本次智能风扇的温湿度采集模块分为 DHT11 温湿度传感器软件设计模块与 GY-906 红外测温传感器软件设计模块，前者测量环境温湿度，后者测量人体温度或物体温度。

#### 3.3.1 DHT11 温湿度传感器软件设计

DHT11 温湿度传感器软件设计模块程序的编写根据传感器采集温度信号原理来编写，DHT11 通过双向单线输出温湿度数据，一次数据输出为 40 位，其数据格式为：8 位湿度整数+8 位湿度小数+8 位温度整数+8 位温度小数+8 位校验和。校验和是前 4 个 8 位数据之和的后 8 位。

DHT11 温湿度传感器软件设计流程图如图 4.4 所示。

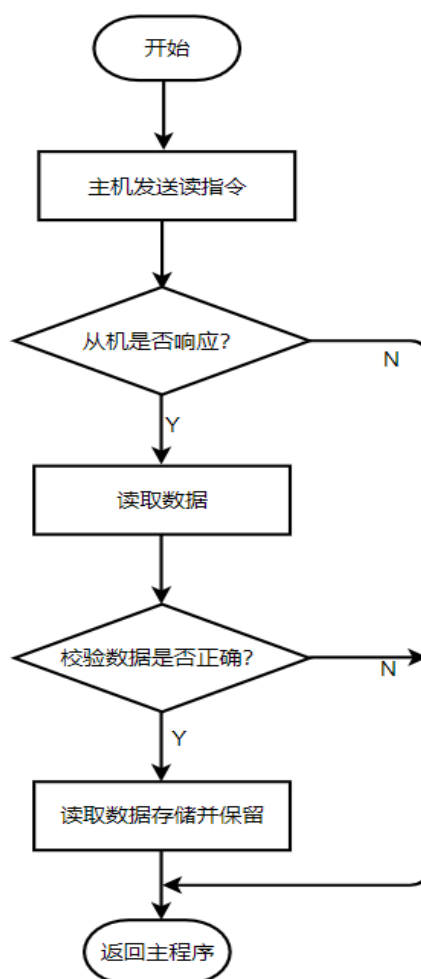


图 4.4 DHT11 温湿度传感器软件设计流程图

首先系统数据总线拉到低电平，系统延时 18ms 后，数据总线拉到高电平，数据总线到高电平时延时 30  $\mu$ s。主机设置输入信号后，系统判断从机是否响应，如果有响应，系统判断响

应信号是否结束，如果未结束，系统继续等待响应结束信号；如果从机发出  $80\ \mu\text{s}$  低电平，则代表响应信号结束，系统继续判断数据总线高电平是否结束，如果高电平结束，则读取数据，反之，则继续等待高电平信号结束。校验读取到的数据，若数据正确，读取并保存数据，若校验数据值错误或者系统判断从机没有响应，则程序结束。

### 3.3.2 GY-906 红外温度传感器软件设计

本设计要求智能风扇通过当前检测的温度值来设置停留时间长短，该模块采用 IIC 总线通讯模式。IIC 通讯是一种串行、同步、全双工通讯，它包括两条信号线路：SDA 和 SCL。GY-906 包含四个引脚 VIN、GND、SDA、SCL，VIN 引脚连接 3.3V 电源，数据线 SDA 和时钟线 SCL 连接单片机的两个 IO 口（PB6 和 PB7）进行模拟 IIC 通信，将温度数据传输到控制中心。软件设计流程图如图 4.5 所示。

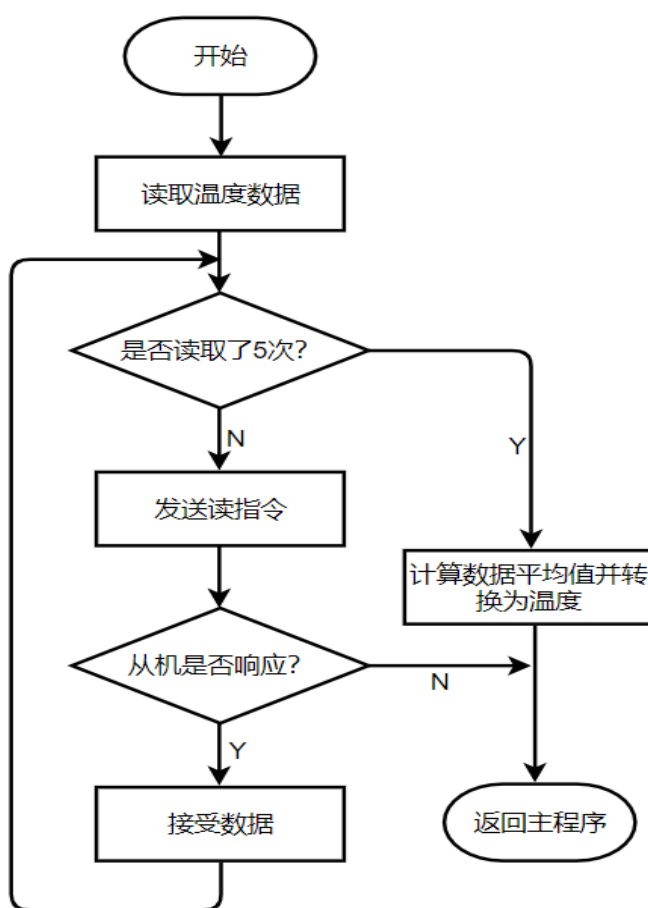


图 4.5 GY-906 红外测温传感器软件设计流程图

模块初始化完成后，开启 IIC 总线，传感器每次发出 8 位数据，单片机将读取的温度数据合并成 16 位数据存放在变量 OUT 中，此时程序将读取到的温度数据进行校验，若数据合格，



为了确保测量数据的准确性与减少系统误差，提高采样精度，根据系统设定，单片机将连续读取 5 次温度信号，计算平均值并转换成温度信号；反之，若某一温度信号校验不合格将跳过，继续采集后面的温度信号，直至 5 次温度信号校验合格。

程序判断当前温度采集模块模式人体或者物体，并根据温度值，控制舵机停留时间，温度越高，停留时间越长。通过调节 higt 来控制 PWM 高电平时间，从而控制舵机停留时间。

物体温度值=（温度传感器输出二进制数值\*0.02-273.15+2.0+物体温度变量）\*100；

人体温度值=（温度传感器输出二进制数据\*0.02-273.15+3.3+人体温度变量）\*100。

### 3. 4 OLED 显示软件设计

本次智能风扇的设计中，OLED 显示屏需要显示的内容依次为：人体或物体温度、环境温度、停留时间、光照强度与 PWM 控制的风量占比。并且可以通过按键改变当前测量对象，显示为 P（人体）模式与 Q（物体）模式。

OLED 模块使用两线 IIC 通信，通过单片机的两个 IO 口软件来模拟 IIC 通信。初始化 OLED 主要是配置驱动芯片，SSD1306 芯片是专门用于 OLED 点阵图形显示的一款驱动器。它由 128\*64 个点阵组成。由于 OLED 一次只能控制 8 个，一般采用列行式扫描。OLED 显示软件设计流程图如图 4.6 所示。

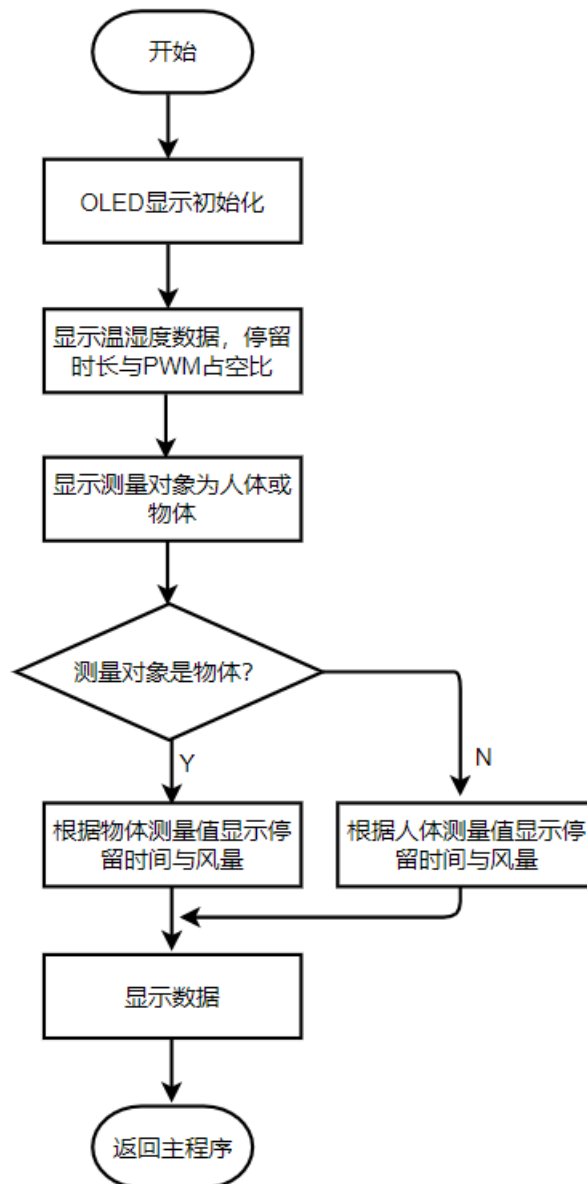


图 4.6 OLED 显示软件设计流程图

在系统初始化阶段，OLED 屏显示温湿度、停留时间与 PWM 占比。进入主循环阶段，读取子程序，当测量对象为物体时，显示物体温度与停留时间；当测量对象是人体时，显示人体温度与对应的停留时间，最后实时更新显示温湿度数据。

### 3. 5 按键控制软件设计

按键是通过外部中断 0 和外部中断 3、外部中断 4 来实现控制的，外部中断 0 主要用于 WK-UP 来实现检测人体或者物体模式切换，切换模式按键控制流程图如图 4.7 所示。

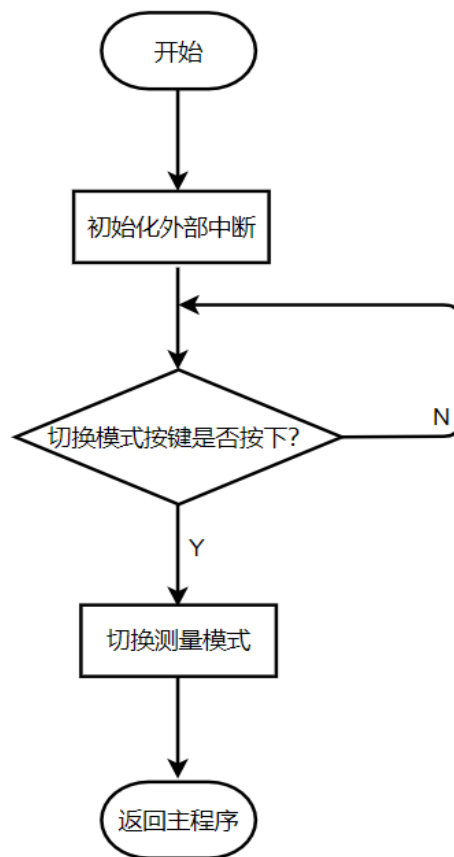
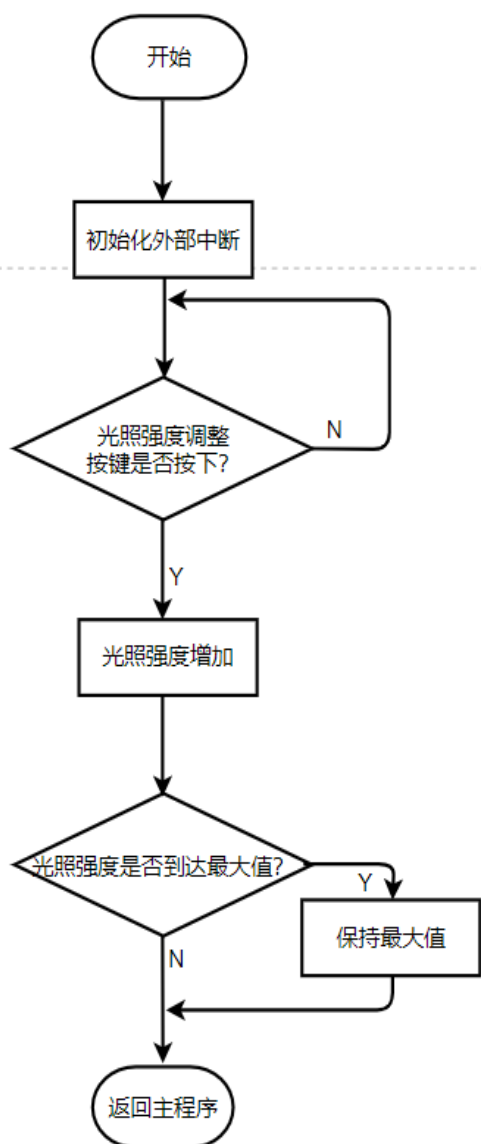
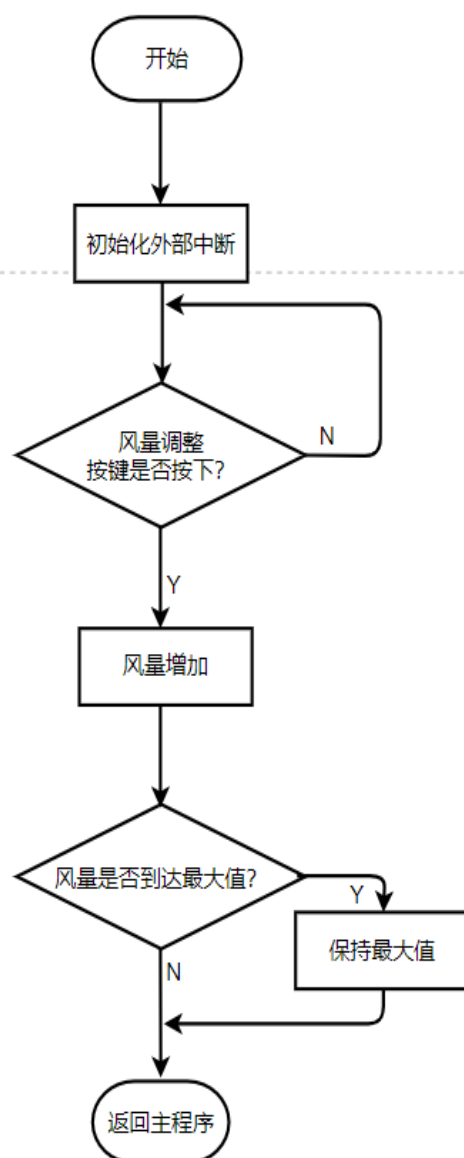


图 4.7 切换模式按键控制流程图

外部中断 3 主要用于 KEY1 实现手动调节光照 PWM 占空比，从而控制 LED 亮度；外部中断 4 主要用于 KEY0 实现手动调节风扇 PWM 占空比，增加风扇风量。光照强度与风量按键控制流程图如图 4.8 所示。



a) 按键控制光照强度流程图



b) 按键控制风量流程图

图 4.8 光照强度与风量按键控制软件设计流程图

外部中断初始化后，系统判断外部中断 0 是否抖动，若抖动，则切换测量模式，从测量人体切换至物体模式或是从物体模式切换至人体模式。若系统未检测到抖动，则不切换，判断外部中断 3 是否抖动，若抖动，则光照 PWM 占空比增加，即亮度增加，直至到达上限值。若不抖动，则判断外部中断 4 是否抖动，若抖动，则风扇 PWM 占空比增加，即风量增加，直至到达上限值。若外部中断 4 不抖动，则结束程序。

## 4 调试与结果

### 4.1 系统调试步骤

本次设计的智能风扇需要的功能主要有：根据人体温度（P 模式）或者物体温度（Q 模式）自动调整风扇扇头转速（停留时间）和扇叶转速（即风量），采集环境湿度，根据环境光强度自动调整 LED 灯亮度，将温湿度数据，扇头停留时间，扇叶转速，光照强度实时显示在 OLED 屏上。具体调试步骤如下：

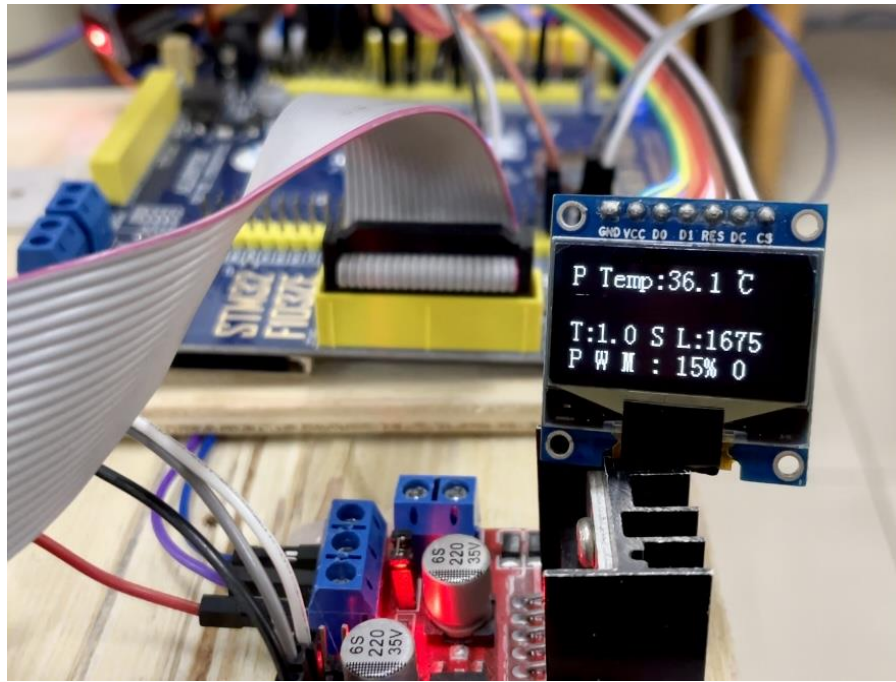
- 1) 搭建硬件平台，利用 Altium Designer 画出智能风扇的 PCB，制作电路板。焊接好各模块，使用充电设备给整个系统供电，系统成功上电后，将程序下载到开发板上调试程序。
- 2) 基本功能调试，开发板开始运行后，进入人体模式即 P 模式，当人位于扇头前方，观测 OLED 屏幕上的温度显示变化，风扇停留时间变化，风量是否发生变化；进入物体模式即 Q 模式，观察 OLED 屏幕上的温度显示变化，风扇停留时间变化，风量是否发生变化。
- 3) LED 灯照明功能调试，改变环境光强度，观察 LED 灯亮度与光照强度数值大小变化。
- 4) 手动调速模式调试，按下 KEY1,观察风量是否发生变化。
- 5) 手动调光模式调试，按下 KEY2，观察 LED 灯亮度与光照强度数值是否发生变化。
- 6) OLED 显示功能调试，观察显示屏是否实时显示温湿度数据，扇头停留时间，扇叶转速与光照强度。

### 4.2 系统调试结果

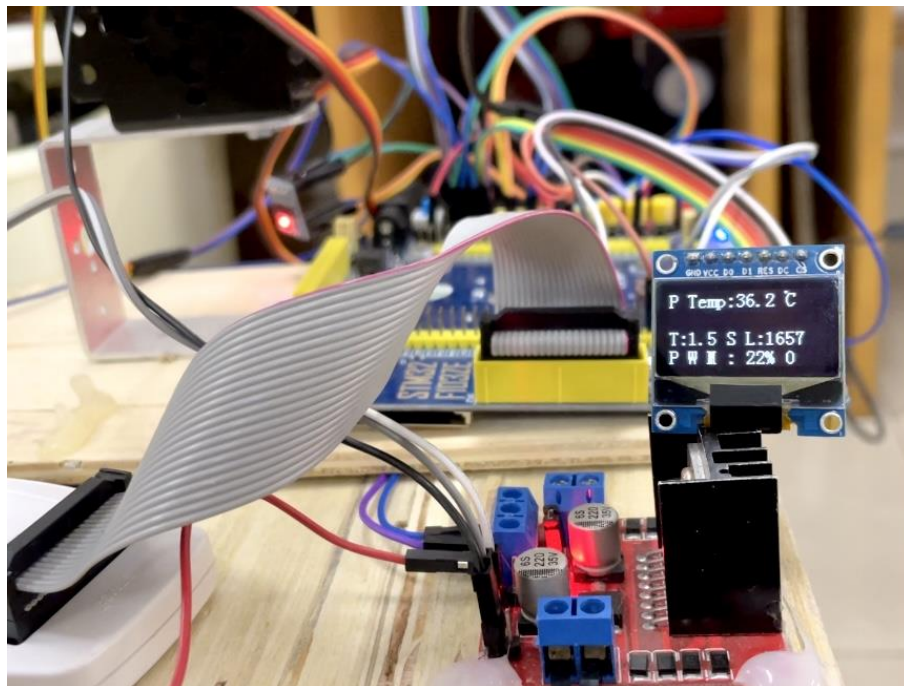
#### 4.2.1 基本功能调试

本设计分为 P,Q 两个模式，P 模式为根据人体温度改变风扇状态，Q 模式为根据物体温度来改变风扇状态，这两种模式通过按键改变当前运行模式，OLED 界面会进行显示。

- 1) P 模式下，红外测温传感器测量人体温度，此时以 36.1℃为基准，小于 36.1℃时为 1 秒，人体温度每增加 0.1℃，扇头停留时间增加 0.5 秒，增加上限为 4.5 秒。风扇停留时间变化如图 5.1 所示。

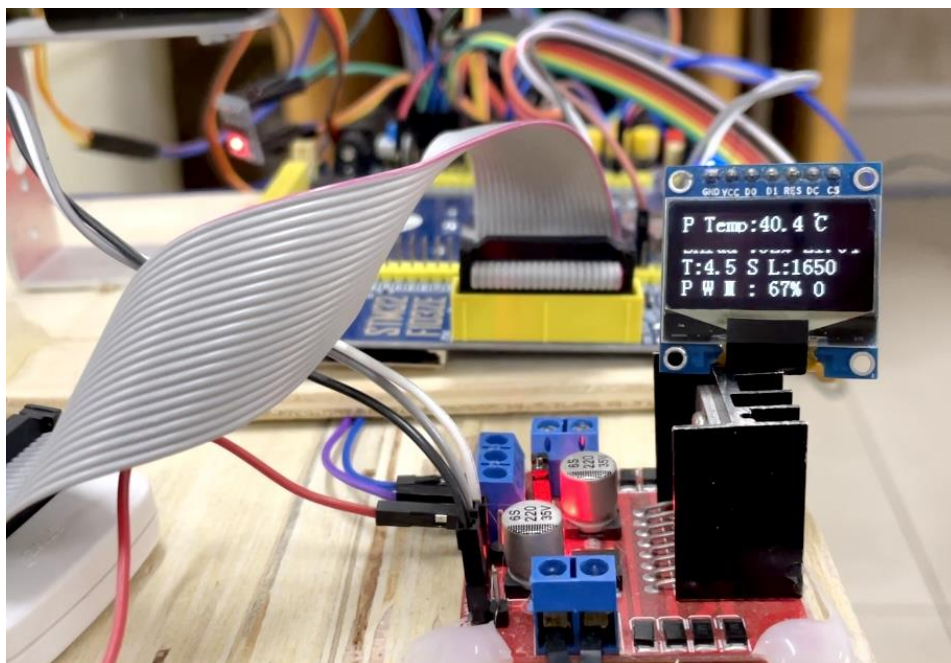


a) P 模式下 36.1℃时风扇的停留时间



b) P 模式下 36.2℃时风扇的停留时间

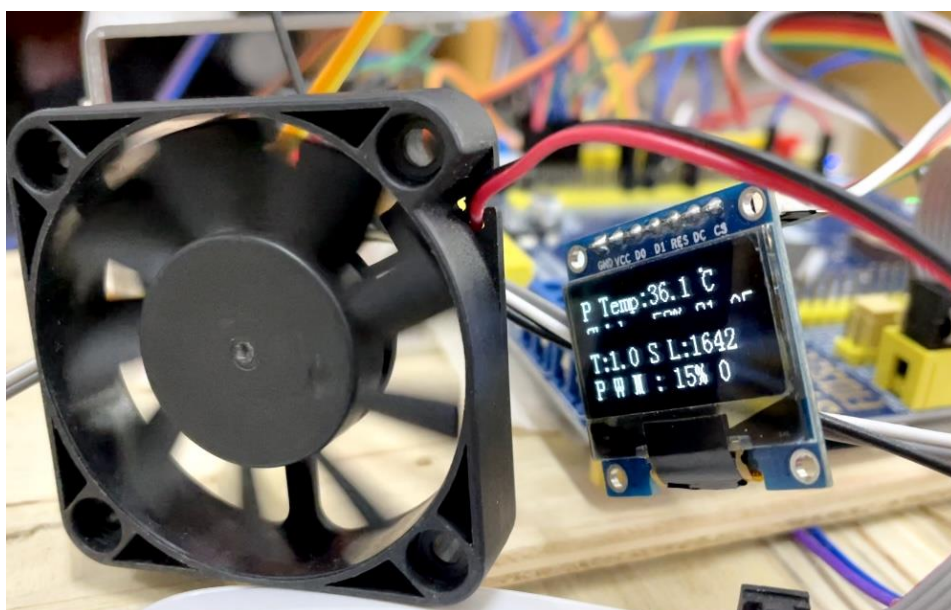




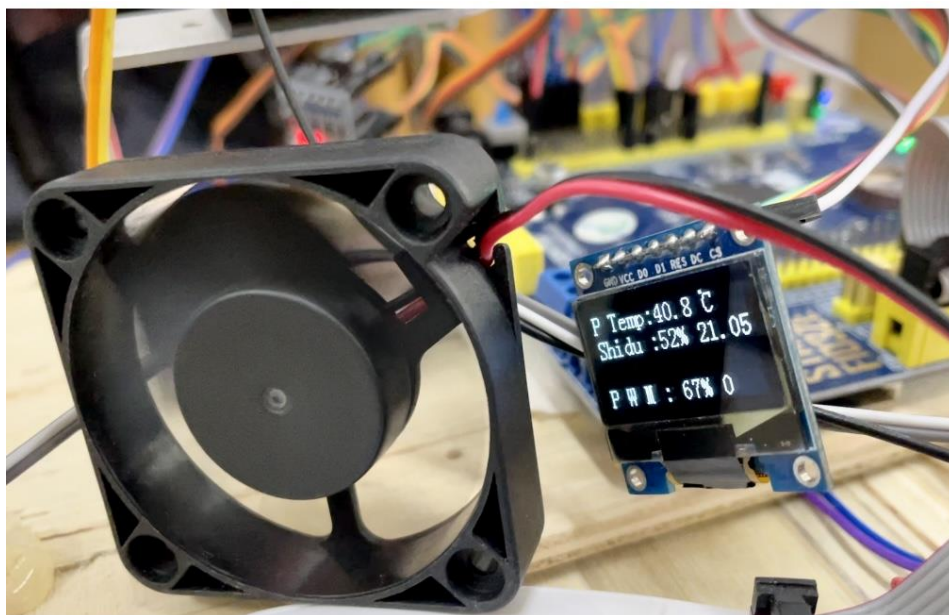
c) P 模式下 40.4℃时风扇的停留时间

图 5.1 P 模式下风扇的停留时间变化

随着人体温度的变化，风扇风量的变化如图 5.2 所示。



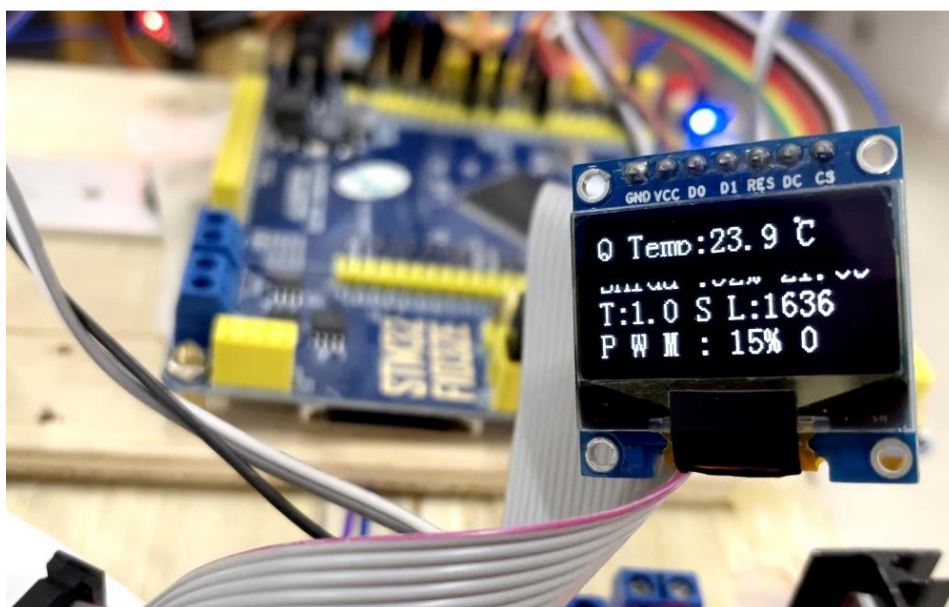
a) P 模式下 36.1℃时风扇的风量



b) P 模式下 40.8℃时风扇的风量

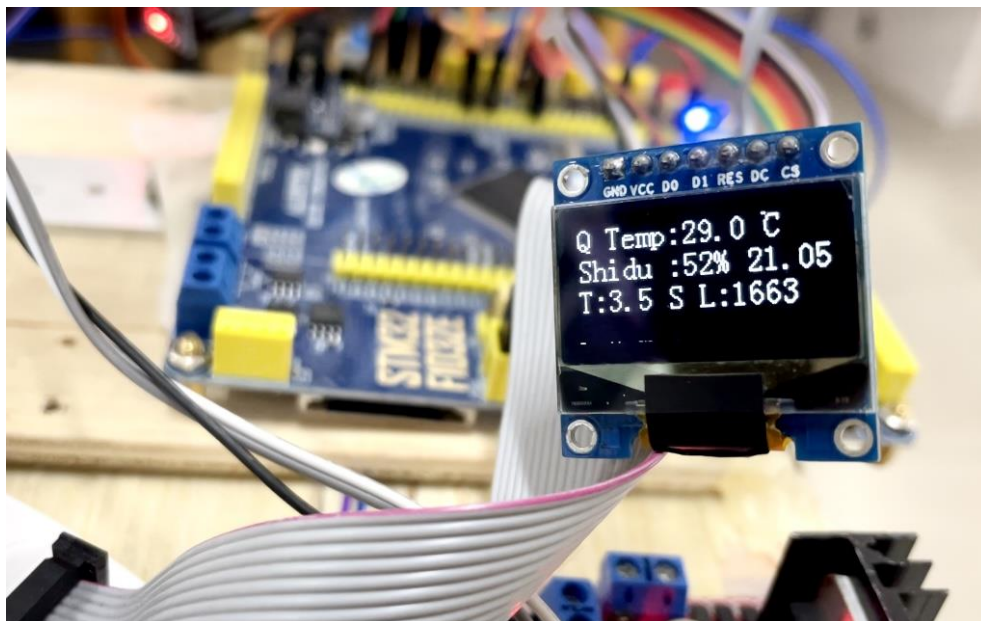
图 5.2 P 模式下风扇的风量变化

2) Q 模式下，红外测温传感器检测环境物体温度，此时以 25℃为基准，小于 25℃时为 1 秒，每增加 1℃，扇头停留时间增加 0.5 秒，增加上限为 4.5 秒。风扇停留时间变化如图 5.3 所示。

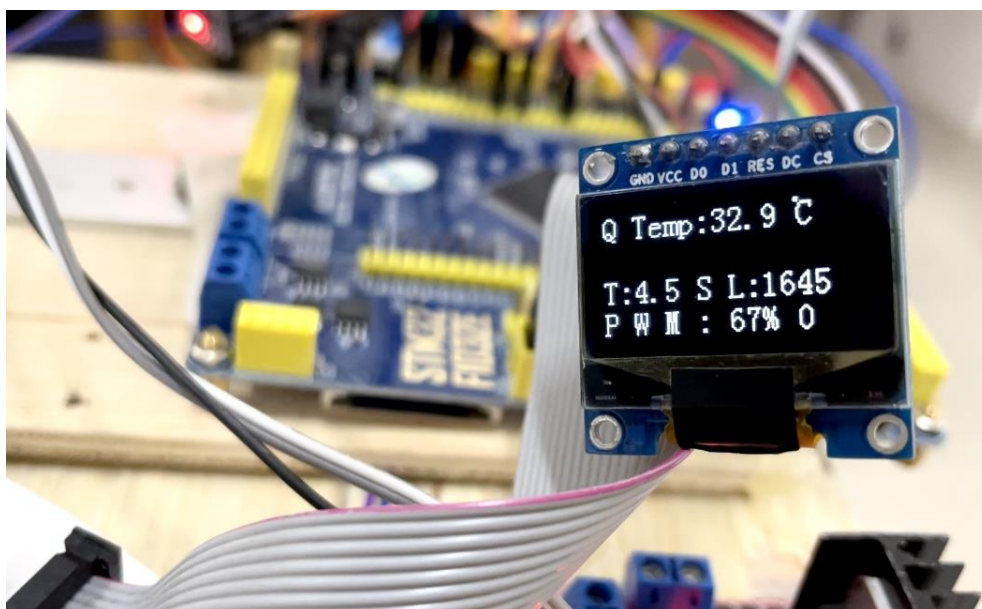


a) Q 模式下 23.9℃时风扇的停留时间





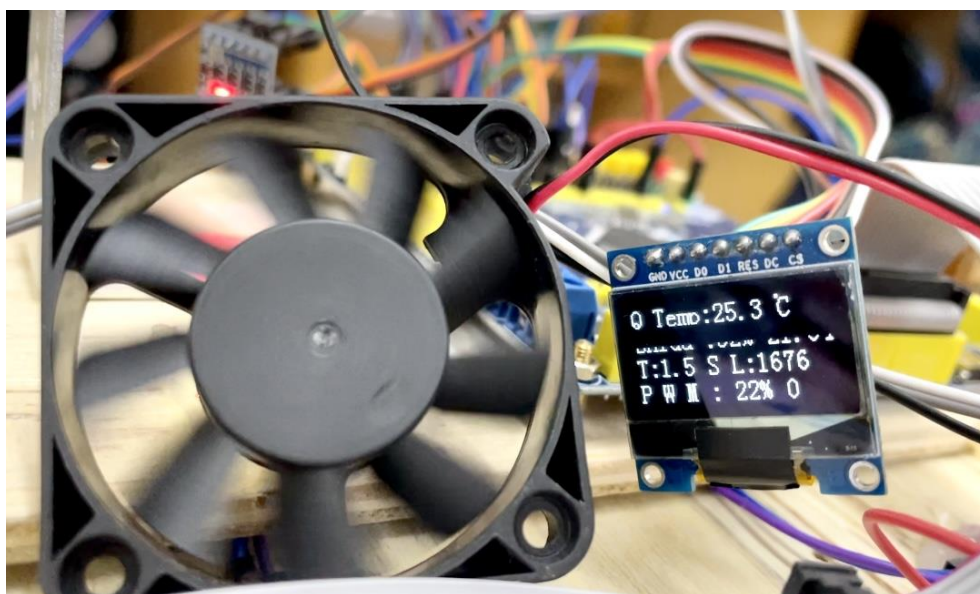
b) Q 模式下 29.0℃时风扇的停留时间



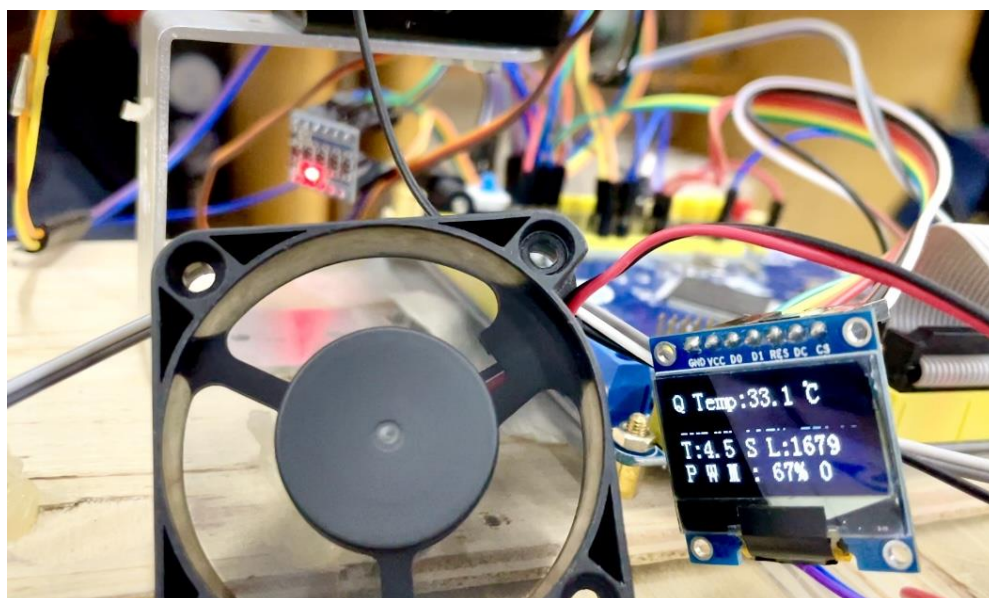
c) Q 模式下 32.9℃时风扇的停留时间

图 5.3 Q 模式下风扇的停留时间变化

随着环境物体温度的变化，风扇风量的变化如图 5.4 所示。



a) Q 模式下 25.3℃时风扇的风量



b) Q 模式下 33.1℃时风扇的风量

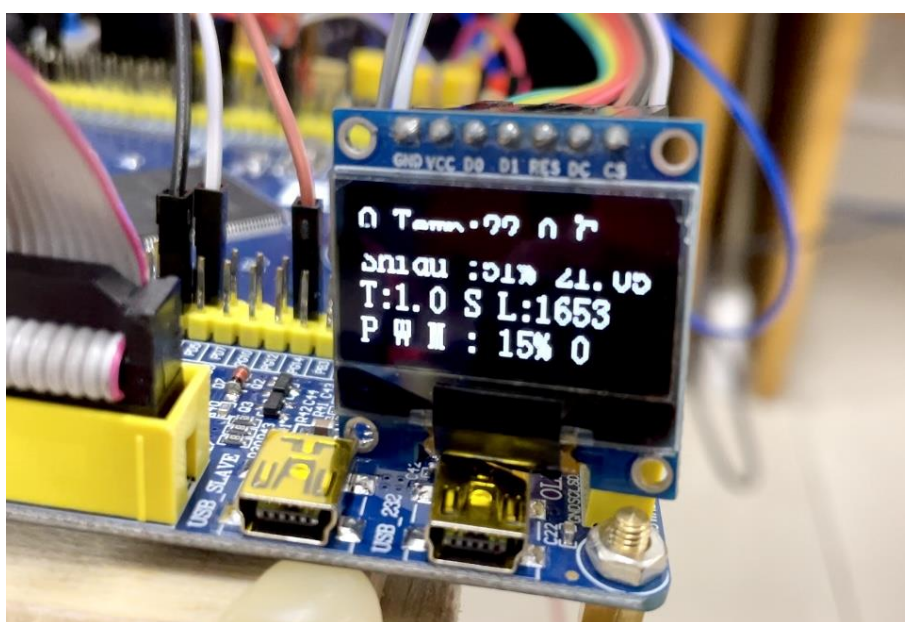
图 5.4 Q 模式下风扇的风量变化

#### 4.2.2 LED 灯照明功能调试

在正常环境光下，LED 灯亮度与显示光照强度数据如图 5.5 所示。



a) 正常光下的 LED 灯亮度

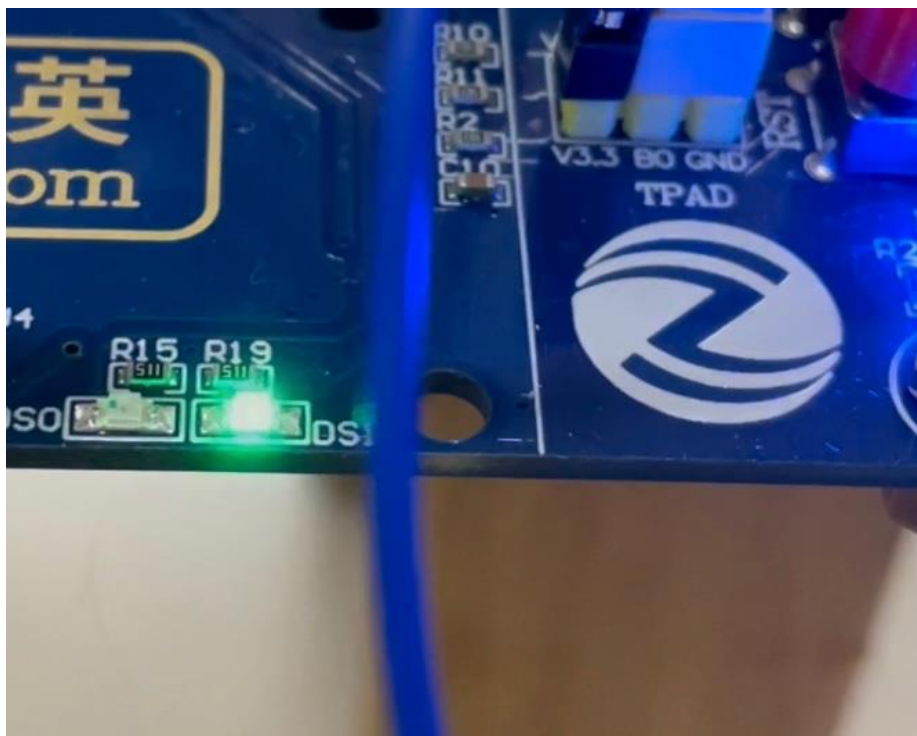


b) 正常光下的光照强度数据

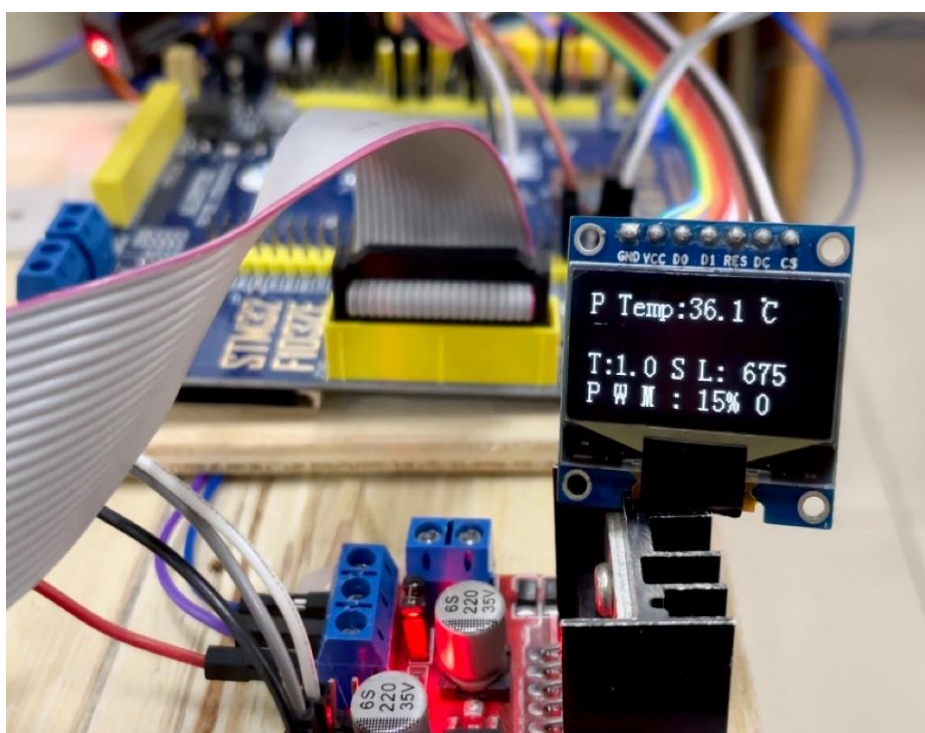
图 5.5 正常光环境下的 LED 灯亮度与光照强度数据

利用手电筒照射光敏电阻传感器，当环境光强度增大时，LED 灯亮度减小，光照强度数值减小。LED 灯亮度与显示光照强度数据如图 5.6 所示。





a) 环境光强度增大时的 LED 灯亮度



b) 环境光强度增大时的光照强度数据

图 5.6 环境光强度增大时的 LED 灯亮度与光照强度数据

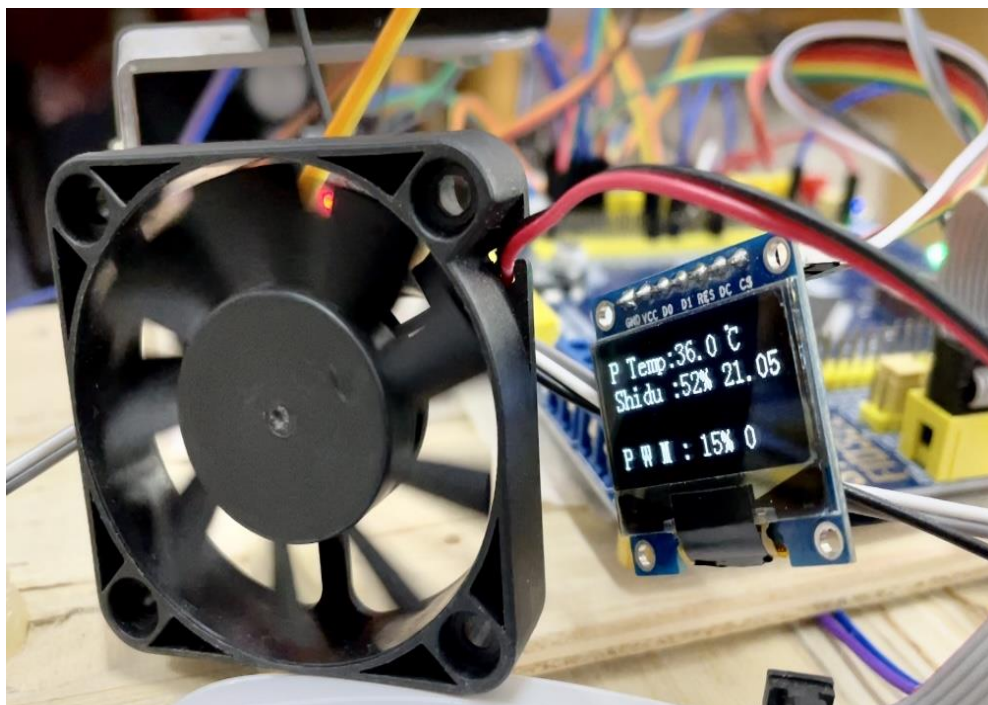
手动遮挡光敏电阻传感器，当环境光强度减小时，LED 灯亮度增大，光照强度数值增大，LED 灯亮度与显示光照强度数据如图 5.7 所示。



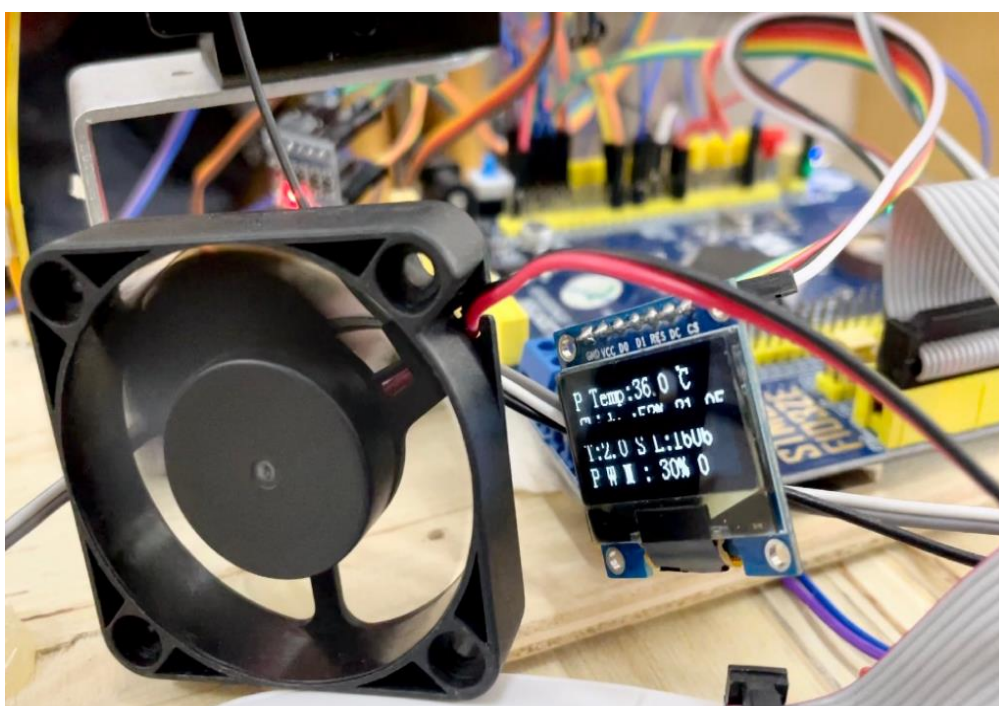


### 4.2.3 手动调速模式调试

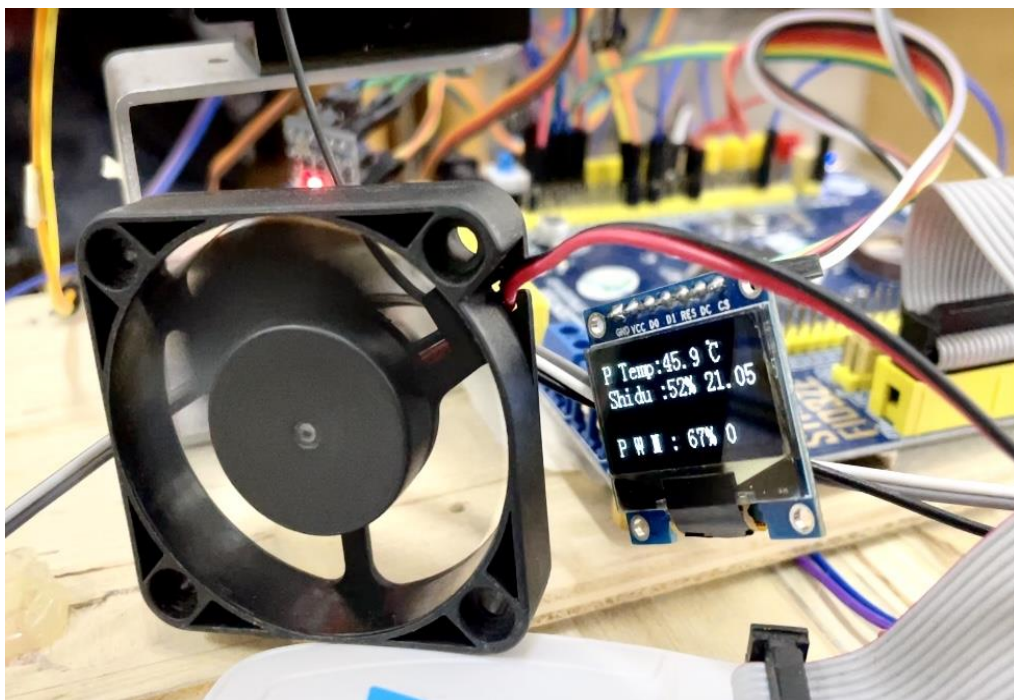
手动调速模式是指通过按键改变风扇风量，随着 KEY1 的按下，风扇风量依次增大，变化如图 5.8 所示。



a) 未按下 KEY1 时的风量



b) 第一次按下 KEY1 时的风量

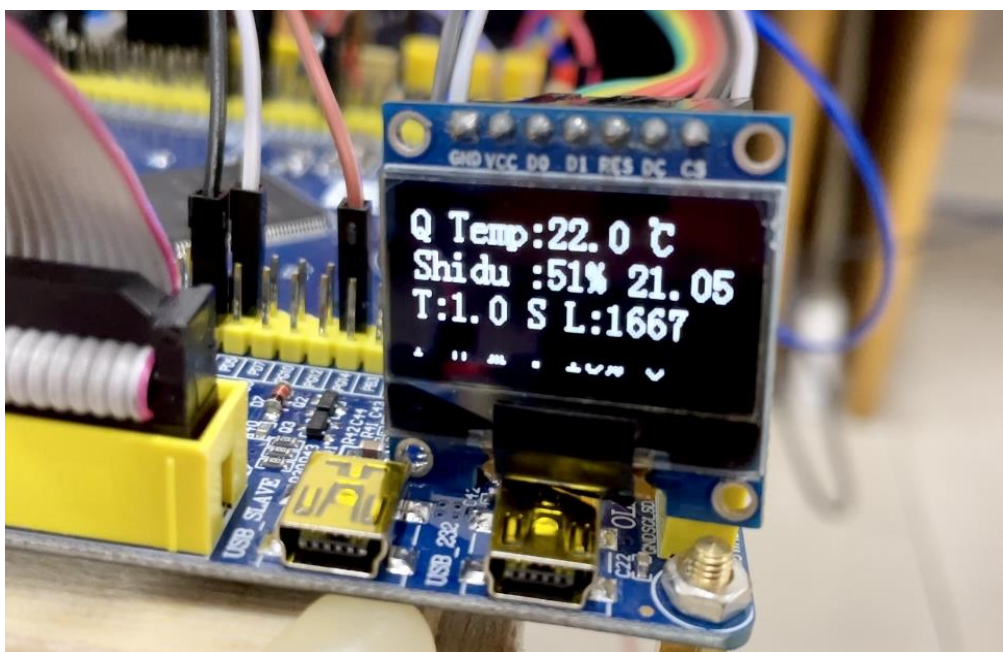


c) 第二次按下 KEY1 时的风量

图 5.8 手动调速模式下的风扇风量变化

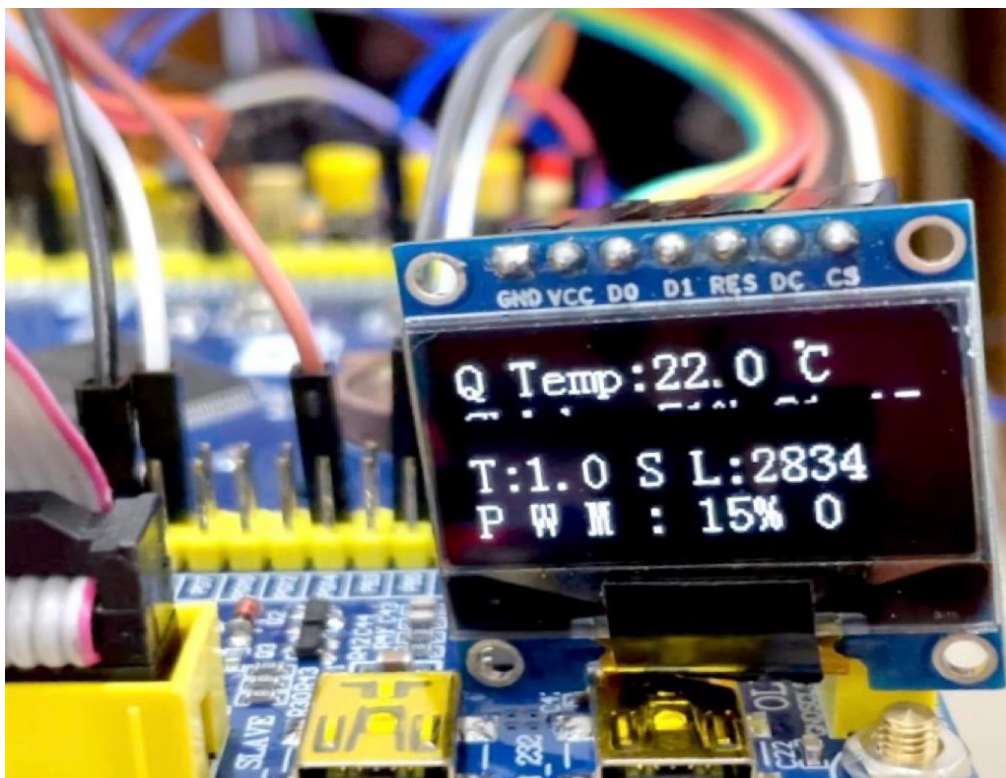
#### 4.2.4 手动调光模式调试

通过按键改变 LED 灯光照强度，随着 KEY1 的按下，LED 光照强度数值依次变大，变化如图 5.9 所示。

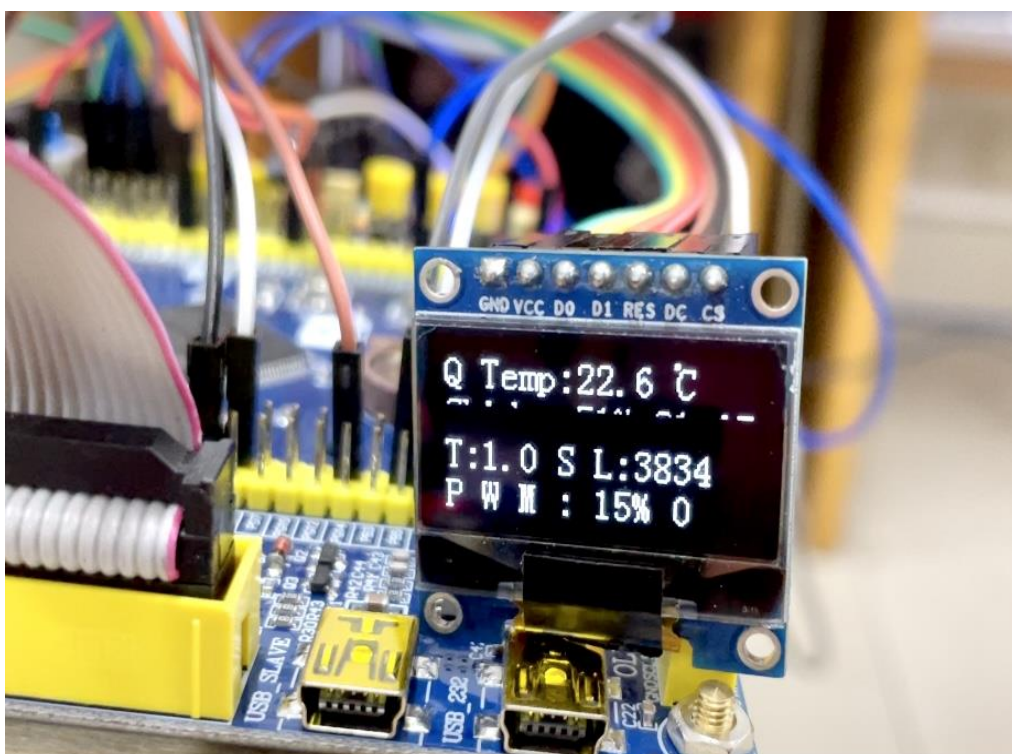


a) 未按下 KEY1 时的光照强度





b) 第一次按下 KEY2 时的光照强度



c) 第二次按下 KEY2 时的光照强度

图 5.9 手动调光模式下的光照强度数值大小变化



#### 4.2.5 OLED 屏显示功能调试

观察 OLED 屏是否实时显示相关数据。显示的数据从上到下依次为温度，湿度与环境温度，停留时间与光照强度，PWM 控制的风量占比。OLED 屏显示如图 5.10 所示。

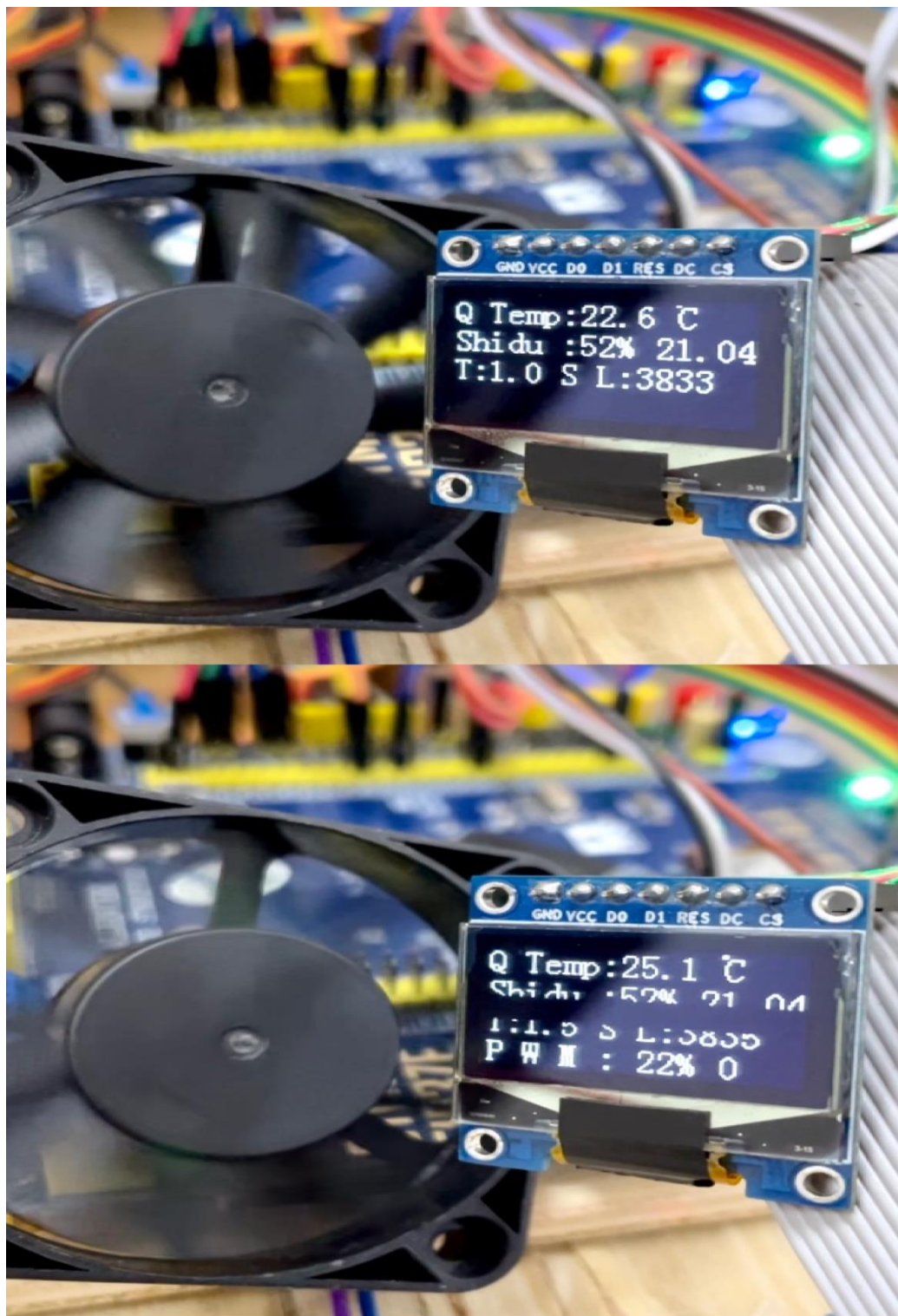


图 5.10 OLED 屏显示状况

## 结 论

本文从风扇的发展历史开始，概述了相关的背景知识，针对市场需求，在风扇中加入了智能化的功能，设计了一款具有自动调整风量与停留时间，自动调光，手动调速，手动调光与实时显示数据功能的智能风扇。具体实现功能如下：

1) 测量人体温度或物体温度、环境温度：通过红外测温传感器测量人体温度与物体温度，通过温湿度传感器模块测量环境温度与环境湿度。

2) 自动调整风量与停留时间：P（人体）模式下，人体温度以  $36^{\circ}\text{C}$  为基准，小于  $36.1^{\circ}\text{C}$  时为 1 秒，人体温度每增加  $0.1^{\circ}\text{C}$ ，扇头停留时间增加 0.5 秒，增加上限为 4.5 秒。Q（物体）模式下，物体温度以  $25^{\circ}\text{C}$  为基准，小于  $25^{\circ}\text{C}$  时为 1 秒，每增加  $1^{\circ}\text{C}$ ，扇头停留时间增加 0.5 秒，增加上限为 4.5 秒。风扇风量通过 PWM 控制进行智能调整。

3) 自动调光：通过光敏电阻传感器调整 LED 灯亮度，当环境光强度增大时 LED 灯亮度减小，当环境光强度减小时 LED 灯亮度增大。

4) 手动调速：通过按键改变风扇风量，随着 KEY1 的按下，风扇风量依次增大。

5) 手动调光：通过按键改变 LED 灯光照强度，随着 KEY2 的按下，LED 光照强度数值依次增大。

6) 实时显示：将人体或物体温度、环境温湿度，扇头停留时间与光照强度，PWM 控制的风量占比实时显示在 OLED 屏上。

经测试上述功能都达到了预期效果。

当然，由于本人经历有限，本次设计可以从以下方面进行功能扩展：

1) 增加 WIFI 模块，用户能够利用手机 APP 唤醒并控制风扇。

2) 实现语音控制，根据语音指令对风扇进行相关调整。