

# 基于 STM32 的智能温室监测与自动灌溉系统硬件方案

## 一、方案概述

“基于 STM32 的智能温室监测与自动灌溉系统”硬件方案以功能闭环、供电可靠、接口清晰和便于调试为设计原则。系统从应用需求出发划分主控、输入采集、人机交互、通信、执行驱动和电源保护六个部分，先保证核心采集与控制链路稳定，再根据进度增加联网、数据记录或扩展交互功能。

总体设计采用模块化结构。传感器与输入模块负责获取被测对象状态，主控根据采样结果、用户设定和运行模式完成判断，显示与通信模块反馈状态，执行与报警模块完成实际动作。各模块均需明确供电电压、接口类型、引脚占用、信号方向和异常处理方法。

硬件实施分为开发板验证、原理图设计、PCB 或规范接线、焊接检查和整机联调五个阶段。每个模块先使用独立测试程序验证，再接入统一工程，避免在多模块同时工作时难以定位电源、时序或程序问题。

## 二、主控与固件方案

主控选用 STM32F103C8T6，负责完成采集、滤波、状态判断、参数设置、显示刷新、通信解析及执行控制。该型号的 GPIO、定时器、ADC 和常用通信外设能够覆盖本课题核心功能，并可通过 SWD 和调试串口进行程序下载与运行状态观察。

固件工程统一采用 STM32F10x 标准外设库。代码按板级支持、外设驱动、功能服务和应用状态机分层组织，每个传感器或执行器建立独立源文件与接口函数，主循环只负责调度，不在单个驱动中长时间阻塞。本地同类工程的标准库代码资料最完整，便于本科生理解寄存器、外设初始化和模块化驱动。

最小系统应包含稳定的 3.3V 电源、去耦电容、复位、时钟、启动配置和 SWD 接口。未使用引脚应避免悬空引起误动作；调试串口、关键电源点和重要信号线应预留测试点。

## 三、硬件系统框图

系统模块连接关系见下图。

## 硬件系统框图

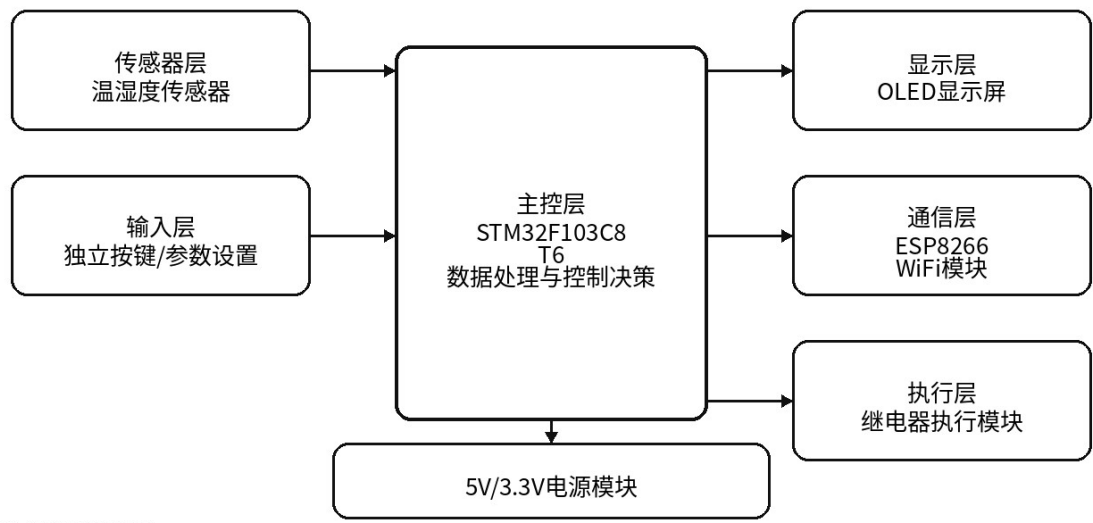


图1 硬件系统框图

图 1 硬件系统框图

## 四、模块选型

| 推荐模块                | 类别   | 主要作用                      | 接口                        |
|---------------------|------|---------------------------|---------------------------|
| STM32F103C8T6       | 主控   | 完成数据采集、状态判断、显示通信和执行控制。    | GPIO、ADC、定时器、UART、I2C、SPI |
| STM32F103C8T6 最小系统板 | 功能模块 | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。     | 按最终模块手册确定                 |
| 温湿度传感器              | 传感器  | 获取环境温度与相对湿度，支撑环境监测和联动控制。  | 单线 GPIO                   |
| 电容式土壤湿度传感器          | 传感器  | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。     | 按最终模块手册确定                 |
| BH1750 光照传感器        | 传感器  | 测量环境光照强度，为补光、调光或状态判断提供依据。 | I2C                       |
| 水位检测模块              | 传感器  | 检测容器内液位变化，用于缺水、溢出或饮水行为判断。 | ADC 或 GPIO                |

| 推荐模块                | 类别    | 主要作用                  | 接口        |
|---------------------|-------|-----------------------|-----------|
| 2 路继电器模块            | 执行与驱动 | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |
| 12V 微型潜水泵/电磁阀       | 功能模块  | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |
| ESP8266-01S WiFi 模块 | 通信模块  | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |
| 96 寸 OLED 显示屏 (I2C) | 人机交互  | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |
| 5V/12V 双路开关电源       | 供电与保护 | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |
| 光耦隔离驱动电路            | 功能模块  | 完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。 | 按最终模块手册确定 |

## 五、传感器与模块介绍

### 1. 温湿度传感器

用途与原理：获取环境温度与相对湿度，支撑环境监测和联动控制。传感器内部完成温湿度采样与数字化，通过单线时序输出测量结果。

接口与参数：接口为单线 GPIO，供电要求为 3.3V~5V。采样周期较慢，适合秒级环境监测；具体精度按最终型号数据手册确认。

选型及注意事项：接口简单、价格低、教学资料丰富，可快速完成环境参数采集。远离发热器件和强气流，按规定采样周期读取，通信失败时保留重试与超时机制。可替代方案为 SHT30 或 AHT20，可获得更好的精度与 I2C 接口体验。

### 2. 电容式土壤湿度传感器

用途与原理：完成题目对应的采集、交互、通信或执行功能。按照模块数据手册完成信号采集或控制，并由主控统一调度。

接口与参数：接口为按最终模块手册确定，供电要求为按模块手册确认并与主控电平匹配。关键量程、精度、响应时间和负载能力以最终选型手册及实测结果为准。

选型及注意事项：本地存在相近工程资料，适合分模块验证和本科毕业设计实现。确认供电、电平、接口时序和安装条件，预留测试点并设置异常处理。可替代方案为选择接口兼容、资料完整且购买方便的同类模块。

3. BH1750 光照传感器

用途与原理：测量环境光照强度，为补光、调光或状态判断提供依据。光敏转换电路将照度转换为数字量，由内部 ADC 处理后通过 I2C 输出。

接口与参数：接口为 I2C，供电要求为模块通常支持 3.3V~5V，芯片电平需按模块电路确认。适用于宽范围环境照度检测，分辨率和量程由工作模式决定。

选型及注意事项：数字输出减少模拟噪声影响，驱动资料成熟，便于阈值控制。避免遮挡与直射饱和，确认 I2C 地址和上拉电压，安装位置应代表实际环境照度。可替代方案为光敏电阻加 ADC，成本更低但需要标定且线性度较差。

4. 水位检测模块

用途与原理：检测容器内液位变化，用于缺水、溢出或饮水行为判断。液位变化引起电阻或电容特性变化，模块输出模拟量或开关量。

接口与参数：接口为 ADC 或 GPIO，供电要求为 3.3V/5V，输出电平需与主控匹配。有效量程取决于探头尺寸和安装位置，应通过实物标定建立阈值。

选型及注意事项：功能直观且便于与温度、提醒和报警逻辑联动。探头防腐、防水并避开液体晃动强烈区域；软件增加迟滞和多次采样确认。可替代方案为浮球开关、压力式液位传感器或超声波测距模块。

六、主控芯片要求与接口规划

| 主控芯片要求  | 用途              | 掌握要求  |
|---------|-----------------|-------|
| GPIO    | 按键、状态输入、片选及执行控制 | 必须掌握  |
| 定时器/PWM | 周期任务、功率调节和蜂鸣器控制 | 必须掌握  |
| ADC     | 模拟传感器和电源状态采样    | 按方案掌握 |
| UART    | 调试串口和无线模块通信     | 按方案掌握 |
| I2C     | 显示屏和数字传感器通信     | 按方案掌握 |
| SPI     | RFID、存储器或高速外设通信 | 按方案掌握 |
| EXTI    | 按键和外部事件响应       | 建议掌握  |

## 七、电源与接口保护

1. 先建立完整电源树，分别统计 3.3V、5V 和功率负载电流，稳压器和适配器保留足够余量。
2. 主控和传感器电源采用就近去耦；功率执行器单独规划电源回路，但控制地保持可靠参考。
3. 继电器、电机、电磁锁和加热负载必须通过晶体管或 MOS 驱动，并配置续流、过流、过温或反接保护。
4. 所有进入主控的信号必须核对电平，5V 输出经分压、电平转换或开漏方式接入 3.3V 引脚。
5. 外部接口靠近板边并标注针脚与电压，必要时增加串联电阻、滤波、电气隔离或静电保护。

## 八、原理图与 PCB 设计注意事项

1. 原理图完成后逐项执行电源、封装、网络名、上拉下拉、晶振、复位、启动脚和调试口检查。
2. PCB 按主控、模拟采集、通信和功率执行进行分区，保持连续地平面并控制大电流回流路径。
3. 晶振、模拟输入和传感器接口远离 PWM、继电器、无线天线及高电流走线，去耦电容紧贴电源引脚。
4. 制造前核对封装尺寸、极性、孔径、线宽、安全间距和接口方向，并保留主要信号测试点。

## 九、调试与替代方案

1. 先检查断电状态下的短路和极性，再限流上电测量各级电压，确认主控能够稳定下载和运行。
2. 每个模块使用独立测试程序验证接口和数据，记录原始值、稳定值、异常值及环境影响。
3. 整合时逐个加入模块并保留串口日志，对通信超时、采样异常、负载动作和复位原因设置明确处理。
4. 传感器缺货或性能不足时，优先选择接口兼容、工作电压一致且具有完整数据手册的替代型号。
5. 完成核心功能后开展连续运行、负载切换、异常输入和断线恢复测试，形成问题闭环记录。