

# 基于 STM32 番茄种植自动管理系统

陈霸焱, 方如康, 陶建敏, 王宁\*

广州华商学院人工智能学院, 广东广州, 中国

\*通讯作者

**【摘要】**随着社会信息化水平的提升,对传统农业发展也提出了新的要求,传统农业发展逐步转向利用信息技术实现农业生产的新模式。STM32 番茄种植自动管理系统是一种基于单片机技术的智能化种植系统,旨在帮助用户更加高效地管理和种植番茄。系统具有多种功能,包括自动灌溉、温度和湿度控制、光照调节、土壤质量监测和数据分析等。本系统通过使用 STM32F103T8C6 微控制器,能够实时采集数据,并通过无线通信模块将数据发送到用户的移动设备上,方便用户进行远程监控和控制。此外,系统还提供了人机交互界面,用户可以通过触摸屏对系统进行操作和管理。该系统不仅能够提高番茄的产量和质量,还能够减少人工管理的时间和成本,具有广泛的应用前景。

**【关键词】**智慧农业; 物联网技术; 传感器; 智能温室大棚

## 1. 引言

近年来,人们对健康食品的需求日益增加,而番茄是其中重要的一种。然而,由于番茄的种植和管理需要一定的专业知识和经验,因此对许多人来说是一项具有挑战性的任务[1]。同时,不合理的管理方法也会导致番茄生长不良、爆发病虫害等问题。为了解决这些问题,自动化种植系统已经开始被广泛研究和应用[2]。自动化种植系统可以通过传感器检测土壤湿度、温度、光照强度等环境参数,自动调节水量、肥料浓度和光照强度等参数,从而实现对番茄生长过程的智能管理[3]。在自动化种植系统中,微控制器是一个重要的组成部分。STM32 作为一种高性能、低功耗的微控制器,具有丰富的外设接口和高度灵活的配置能力,已经被广泛应用于各种自动化控制系统中[4]。在番茄种植自动管理系统中,STM32 可以通过与传感器和执行器的接口连接,实现对环境参数和控制参数的精确测量和调节,从而实现智能化的番茄种植管理[5]。

本文通过搭建基于 STM32 的番茄种植智慧管理系统平台,利用 STM32 通信技术开发无线传感器和移动终端应用程序,不仅可以提高生产效率,还可以减少劳动力成本[6]。实验表明番茄种植自动化管理系统可以通过精准控制环境参数和自动调节设备运行时间,实现节能减排的目的[7]。本项目所提议的智慧控制策略,具有抗干扰能力强,响应速度快,控制精度高等优势,能让用户在产

量、人力成本投入等多角度获益,同时番茄种植自动化管理系统可以实现对土地和水资源的科学管理,减少化肥和农药的使用,降低对环境的污染,从而促进农业可持续发展[8-10]。

## 2. 系统的总体设计

### 2.1 系统架构设计

基于 STM32 的番茄种植自动管理系统需要实现对番茄的环境监测、生长状态监测、灌溉、补光等功能。系统总体设计方案如下:

硬件设计方案:

系统主控芯片采用 STM32F103T8C6 单片机,通过多个传感器采集温度、湿度、光照、土壤湿度等环境参数,采集番茄植株生长状态,控制水泵、补光灯、蜂鸣器等实现自动化管理。同时,设计一块 LCD1602 显示屏显示环境参数、生长状态和系统运行状态。

软件设计方案:

系统主要由环境监测、生长状态监测、灌溉、补光四个模块组成。

(1) 环境监测模块:采集环境参数并传输至主控芯片,主控芯片通过算法处理,根据温度、湿度、光照、土壤湿度等参数,控制水泵、继电器等实现环境控制。

(2) 生长状态监测模块:采集番茄植株生长状态,包括株高、叶片数量、果实数量等,根据生长状态的变化,通过控制环境参数实现最优生长环境的维持。

(3) 灌溉模块：根据土壤湿度传感器的数据，控制水泵进行浇水，同时实现定时浇水和定量浇水功能。

(4) 补光模块：通过控制补光灯进行补光，实现低于阈值后进行补光。

功能设计方案：

系统可以通过 LCD1602 显示屏进行参数设置，包括灌溉和补光的时间。同时，系统也具有报警功能，当温度、湿度等参数超出设定范围时，会发出报警信号。

以 STM32f103c8t6 单片机为主控芯片，通过各电路来对系统扩展，本系统结构框图如图 1 所示。

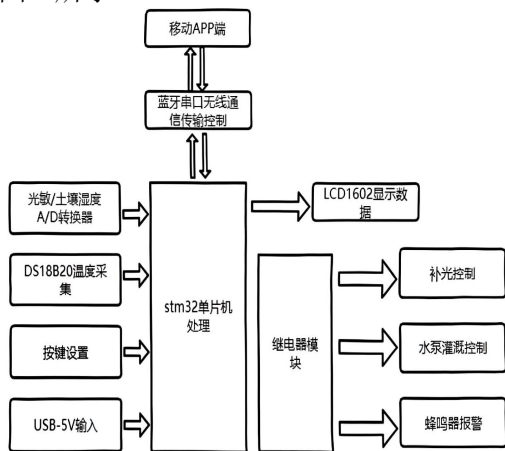


图 1.系统结构框图

## 2.2 系统功能分析

在本系统开发之前，基于 STM32 的番茄种植自动管理系统是一款智能化的植物种植管理系统，旨在提高番茄种植的效率 and 产量，减少人工管理的成本和时间。基于 STM32 的番茄种植自动管理系统需要实现对番茄的环境监测、生长状态监测、灌溉、补光等功能，配备了光照传感器，能够实时监测光照强度，并根据预设的参数控制 LED 灯的亮度，以满足不同生长阶段的番茄的光照需求。对大棚环境中参数因子的实时采集以及监控，并通过蓝牙功能模块在该系统和移动端设备之间建立通信，该系统采集到的信息发送至移动端，以实现可视化界面完成对温室的监控与管理。对该系统提出以下性能需求如表 1：

表 1.性能需求

性能需求	功能分享
系统响应速度	系统需要在环境变化发生时能够快速响应，确保实时性和可靠性。
稳定性	系统需要保持长时间稳定运行，不出现死机、重启等情况，并能够应

	对各种异常情况。
安全性	系统需要具备一定的安全性能，能够对用户数据和系统功能进行保护，避免被攻击和非法操作。
通信能力	系统需要支持多种通信方式，能够与外部设备或互联网进行通信。
数据存储能力	系统需要具备一定的数据存储能力，能够存储大量的数据，如传感器采集的环境数据、历史种植数据等。
数据处理能力	系统需要能够高效地处理数据，对采集到的数据进行分析、计算、转换等操作。
能耗管理	系统需要具备一定的能耗管理能力，能够通过低功耗模式等方式节约能源，延长系统使用寿命。

## 2.3 系统功能设计

本系统总体结构流程如图 2 所示。基于 STM32f108c8t6 单片机的番茄种植自动管理系统，主要以广泛应用的土壤湿度传感器 YL-69 作为湿度检测，以 DS18B20 作为环境温度采集，以 5528 光敏传感器用于光照采集，并可以通过按键设置不同植物所需要的湿度范围，通过 DS18B20 采集当前环境的温度，光敏电阻检测当前植物光照强度。通过蓝牙模块可以把数据传输到手机端进行显示和控制。通过外围器件控制当前环境的温度、湿度、光照重要参数。

本系统实现的基本功能和要求如下：

- (1) 通过 STM32F103C8T6 单片机进行程序的编译和运行来实现数据的控制处理
- (2) 通过 DS18B20 进行温度采集
- (3) 通过 YL-69 检测土壤湿度
- (4) 通过光敏电阻 5528 进行光照采集
- (5) 按键设置环境温度、光照范围
- (6) 设计蜂鸣器声光报警提醒
- (7) 通过三极管驱动继电器实现水泵、灯光
- (8) 通过无线模块 HC-05 进行数据传输和控制
- (9) 画出相关设计图，能做出实物，写出设计和总结报告

## 3.系统硬件设计

### 3.1 主控芯片

本次设计选择的单片机是 STM32F103C8T6 单片机。STM32F103C8T6 是 STMicroelectronics 公司生产的一款 32 位 ARM Cortex-M3 内核的单片机芯片，属于 STM32F1 系列，嵌入式 Flash 存储器的错误

校验和纠正、供电监控和复位电路等，确保系统的稳定性和可靠性。

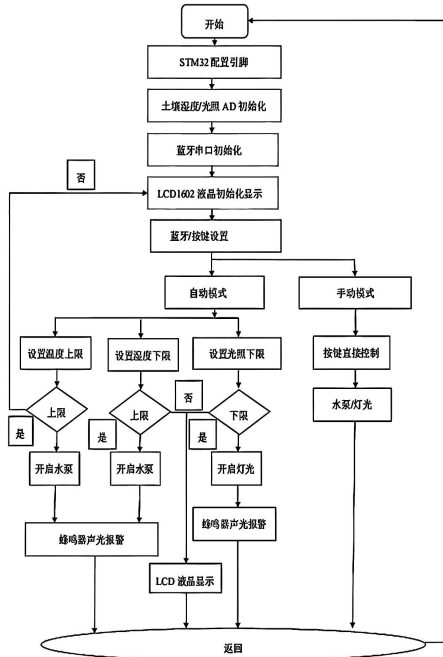


图 2.系统总体流程图

STM32F103C8T6 还具有许多其他特性，例如支持单片机编程和调试的 JTAG/SWD 接口、内置的 ADC 和 DAC 模块、可编程的 GPIO 引脚等。由于其强大的性能和广泛的应用领域，STM32F103C8T6 在物联网、嵌入式系统、机器人控制等领域都有广泛的应用。它还拥有丰富的开发工具和软件支持，包括 ST 公司的 IDE、编译器、调试工具以及周边芯片和模块等，方便开发者进行开发和调试。总之，STM32F103C8T6 是一款高性能、低功耗、丰富外设、易于开发的单片机芯片，广泛应用于智能家居、工业自动化、机器人等领域。STM32 实物图如图 3 所示：

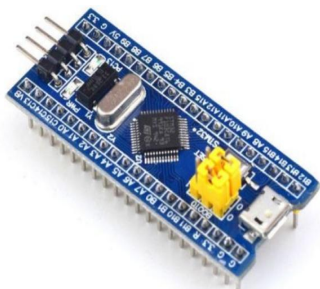


图 3. STM32F103C8T6 实物图

### 3.2 单片机最小系统

单片机的最小系统通常由以下几部分组成：

- (1) 单片机芯片：这是整个系统的核心，包括 CPU、内存、外设接口等。
- (2) 晶振：晶振是单片机工作的时钟

源，通常采用晶体振荡器。

(3) 电源：单片机需要一个稳定的电源，通常采用 5V DC 电源。

(4) 接口电路：单片机通常需要与其他设备进行通信，如 LED、LCD、键盘、麦克风等。接口电路可以将这些设备与单片机连接起来。

本系统使用的 STM32F103C8T6 单片机和外围电路构成了该单片机的最小系统，如图 4 所示。

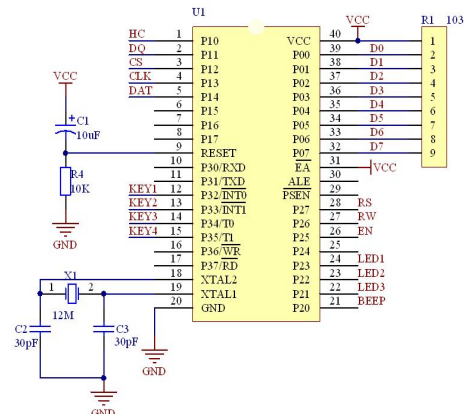


图 4. 单片机最小系统电路原理图

## 4. 系统软件设计

### 4.1 软件介绍

本系统所用到的编程软件为 Keil5，Keil5 是一款嵌入式系统开发软件，它提供了一种集成开发环境 (IDE)，使嵌入式系统开发人员能够在单个界面中编写、调试和测试程序。Keil5 支持多种嵌入式处理器架构。它提供了广泛的编译器、调试器和仿真器，支持多种编程语言和开发工具，包括 C、C++、汇编语言和 C# 等。

Keil5 还提供了强大的调试工具，如断点、观察点和单步执行等，可以帮助开发人员快速定位和解决问题。此外，Keil5 还提供了丰富的软件库和例程，使开发人员可以快速构建嵌入式应用程序，其开发界面如图 5 所示。

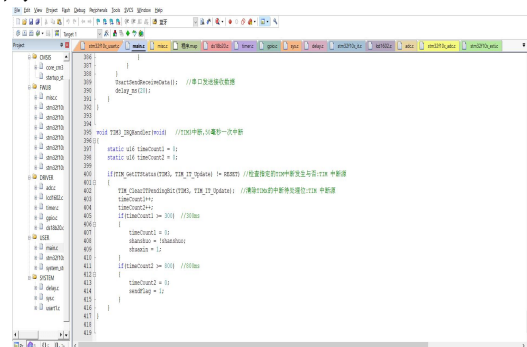


图 5. Keil 5 开发界面

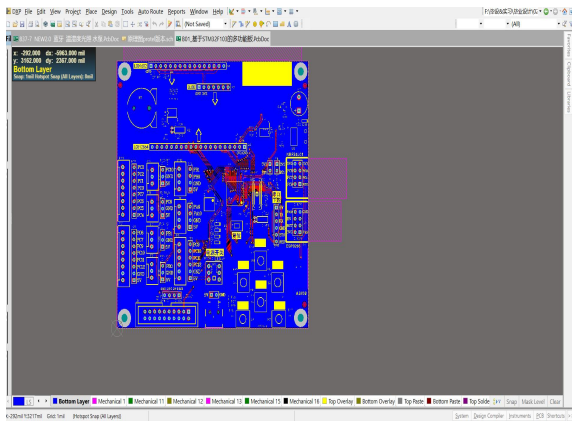


图 6. Altium Designer 开发界面

本系统原理图所用到的设计软件为 Altium Designer，简称 AD。Altium Designer 具有直观的界面和丰富的功能，可用于设计各种类型的电路，包括模拟电路、数字电路、嵌入式系统等。它还支持多种文件格式，包括 DXF、DWG、STEP、IGES、PDF 等，使设计师可以轻松导入和导出设计文件。除了基本的设计功能外，Altium Designer 还具有强大的协作和管理功能，使设计师能够更好地管理项目和团队。此外，它还提供了一系列工具，如模拟仿真、布线和布局规则检查、3D PCB 可视化等，可以帮助设计师更快速和高效地完成设计任务。其界面如图 6 所示。

#### 4.2 主程序设计

基于 STM32 的番茄种植智慧管理系统的设计，本系统使用湿度传感器采集湿度数据，并使用单片机对数据进行补偿算法处理，并将结果显示在液晶显示器上。系统还具有上下限报警功能，并采用了适当的抗干扰措施，以确保数据采集的准确性和可靠性。系统的结构化和模块化设计方法，这使得系统具有良好的可扩展性和可维护性。系统上电以后，初始化，读取存在湿度，温度和光照上下限报警值。进入主循环程序首先对按键是否触发进行判断，如有按键触发则进入设置上限报警值界面设置相应的上限报警值；而后访问湿度，温度和光照采样芯片获取湿度采样二进制值经补偿处理转换成精确数据，然后判断当前湿度值是否超限，若湿度超限，则驱动蜂鸣器报警，直到环境的湿度都下降到报警值以下则停止报警，主程序流程图如图 7 所示。

C 语言编程使得软件设计具有较高的效率和可移植性。在数据采集方面，由于工业现场常常存在各种干扰信号，所以必须采取

适当的抗干扰措施。在电源、地线、去耦电路和硬件设计等方面采用了单片机上电复位电路，并在软件设计中加入了抗干扰措施。这些措施可以有效地减少干扰信号对数据采集的影响，提高数据采集的准确性和可靠性。一种基于 STM32 的番茄种植智慧管理系统的设计，该系统具有良好的可扩展性和可维护性，采用了适当的抗干扰措施以确保数据采集的准确性和可靠性。

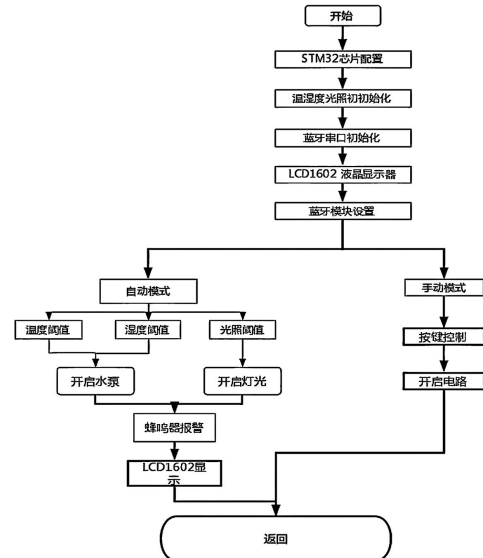


图 7. 主程序功能流程图

### 5. 系统测试

#### 5.1 系统的实现

首先要做的是根据功能对电路的焊接，共分为十个模块，分别是电源模块、LCD1602 显示模块、四个独立按键模块、JDY-31 蓝牙模块、DS18B20 温度检测模块、YL-69 土壤湿度检测模块、两个继电器模块、程序下载模块、5528 光敏传感器光照检测模块和蜂鸣器。

(1) 四个独立按键进行切换界面和调整温度、湿度、光照强度阈值。

(2) 显示模块采用的是 LCD1602 显示屏来显示温度、土壤湿度、光照强度等测量值。

(3) 温度检测模块采用的是 DS18B20 温度传感器。

(4) 光照检测模块采用 5528 光敏电阻。

(5) 当土壤湿度不在设置的范围值内时，蜂鸣器进行报警。

(6) 蓝牙串口通信采用的是 JDY-31 模块。

以下图 8 为焊接完整实物图。



图 8.系统实物图

## 5.2 自动模式测试

### 5.2.1 湿度模块测试

测试步骤:

(1) 连接电路: 将 YL-69 土壤湿度模块连接到电路中, 连接方式包括将其与单片机或 Arduino 板连接。具体的连接方式取决于电路设计和 YL-69 土壤湿度模块的引脚布局。

(2) 插入传感器: 将 YL-69 土壤湿度模块插入到土壤中, 插入深度大约为 2/3。

(3) 程序设计: 使用 STM32 单片机的编程语言, 编写代码来读取 YL-69 土壤湿度模块输出的湿度值。使用模拟输入 (模拟电压) 来读取模块输出的湿度值。

(4) 测试模块: 使用测试代码和工具来检查 YL-69 土壤湿度模块的输出是否正常。可以通过使用数字万用表或示波器来读取模块输出的电压, 以及通过改变模块周围土壤的湿度来测试模块的响应性, 如图 9 所示。

(5) 结果分析: 根据测试结果分析模块的性能。模块输出的电压值与湿度值成正比, 因此, 当土壤湿度上升时, 模块输出的电压值也会上升。

(6) 测试结果: 番茄种植环境光照强度数据显示正确, 各硬件设备正常运行。



图 9.土壤湿度监测模块

### 5.2.2 湿度模块测试

测试步骤:

(1) 确认测试设备是否正常: 将测试设备 (如数字万用表、示波器等) 与光敏传感器模块连接, 并确认其工作状态正常。

(2) 搭建测试电路: 将光敏传感器模块与电源连接, 并将数字万用表或示波器连接到模块的输出引脚上。

(3) 准备光源: 将光源置于距离光敏传感器模块一定距离处, 并调整光源的亮度, 以获得所需的测试光照强度范围。

(4) 测试光敏传感器模块: 将光源照射在光敏传感器模块上, 并记录输出电压或电流数据。根据需要, 可以重复此步骤以获得更多数据点。

(5) 分析数据: 将记录的数据与所需的光照强度范围进行比较, 并验证光敏传感器模块是否符合规格要求, 数据如图 10。

(6) 结束测试: 完成测试后, 将光源关闭并断开所有连接。将测试设备归位并记录测试结果。

测试结果: 番茄种植环境光照强度数据显示正确, 各硬件设备正常运行。

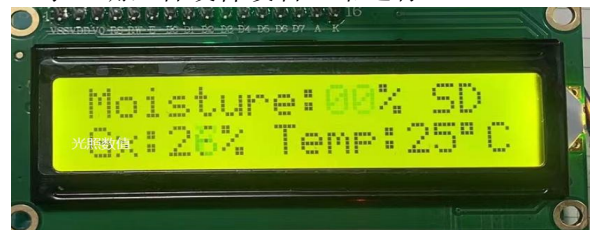


图 10.光照采集测试数据

### 5.2.3 环境温度模块测试

测试步骤:

(1) 连接硬件: 将 DS18B20 传感器连接到您的开发板或单片机上。连接需要三个引脚: VCC (电源正极)、GND (电源负极) 和数据引脚 (DQ), 硬件如图 11。

(2) 初始化引脚: 在开始通信之前, 需要将数据引脚 (DQ) 拉高。在代码中使用 GPIO 引脚初始化函数来完成此操作。

(3) 发送复位序列: 在开始通信之前, 需要向传感器发送复位序列。发送复位序列会使传感器进入搜索模式, 以便单片机可以检测到传感器。

(4) 发送指令: 使用单片机向传感器发送指令, 指示传感器执行相应的操作。例如, 您可以发送读取温度值的指令。

(5) 接收响应: 传感器将向单片机发送响应, 指示它是否已成功执行指令。在读取

温度值的情况下，传感器将向单片机发送 16 位温度值。

(6) 解析数据：在接收到传感器的响应后，解析数据以获取温度值。将 16 位数据转换为实际温度值需要进行一些计算，接收数据如图 12。

测试结果：番茄种植环境环境温度数据数据显示正确，各硬件设备正常运行。



图 11.环境温度测试模块

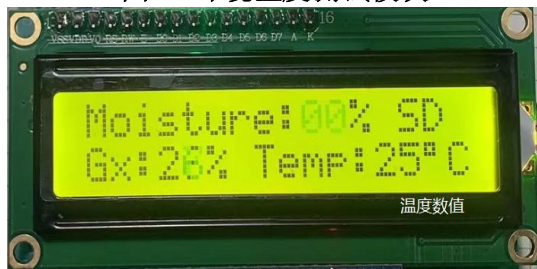


图 12.环境温度采集数据

### 5.3 手动控制测试

以下是番茄种植系统手动模式控制测试步骤：

(1) 检查番茄种植系统的电源是否连接，并确认所有设备和传感器的正常工作状态。

(2) 打开系统主控制面板，并将系统设置为手动模式，如图 13。

(3) 检查温度、湿度和灯光等参数的设定值是否正确，并进行必要的调整。

(4) 手动控制灯光开关，观察番茄种植环境内的光照强度变化是否符合预期。

(5) 手动控制温度调节器，观察番茄种植环境内的温度变化是否符合预期。

(6) 手动控制湿度传感器，观察番茄种植环境内的湿度变化是否符合预期。

(7) 手动控制水泵和补光灯等设备，观察水的喷洒和湿度变化是否符合预期。

(8) 检查大棚内的番茄生长情况，并与预期结果进行比较，以确认手动控制系统的

有效性。

(9) 在测试完成后，将系统设置回自动模式，并进行必要的记录和总结。

(10) 在进行手动模式测试时，要时刻关注番茄种植环境内的环境变化，以避免过度或不足的控制。



图 13.手动按键控制模块

### 5.4 蓝牙模块测试

下面是 JDY-31 蓝牙模块的测试步骤：

(1) 接线：将 JDY-31 蓝牙模块连接到电路板上。如图 14。

(2) 电源：连接电源，确保电压符合模块的规格要求。在此之前，可以先检查一下模块是否有损坏或短路。

(3) 配置：使用 AT 指令设置模块的参数。可以使用串口调试工具连接模块并输入指令。使用 AT+NAME 指令设置模块名称，AT+BAUD 指令设置波特率等。更多指令可以参考模块的数据手册。

(4) 测试：使用蓝牙设备连接到模块。手机 APP 接收数据，在连接后，可以发送数据并检查接收是否正确。可以使用串口调试工具或开发板自带的串口进行数据收发测试。确保数据传输的可靠性和稳定性。

(5) 调试：如果测试中遇到了问题，可以通过 AT 指令调试模块。传输数据采集如图 14 所示。

(6) 集成：当模块测试通过后，可以将其集成到实际系统中。可以使用 PCB 设计软件设计电路板，按照引脚定义连接模块。然后进行软件开发，实现与模块的数据收发等功能。

通过移动端设备手机 app 可以查看到相

关的光照强度、环境温度、土壤湿度值。首先根据番茄的生长特点对大棚室内的光照强度、土壤湿度、温度设置一定的阈值。根据传感器的最大量  $1000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  光照强度将值设置为 50%，土壤湿度专业上通常使用“田间持水量”的百分比来表示，设置为 60%，温度设置为  $30^\circ\text{C}$ 。通过相应的温度、湿度、光照传感器实际测得的值分别是温度为  $25^\circ\text{C}$ ，土壤湿度为 42%，光照强度为 48%。

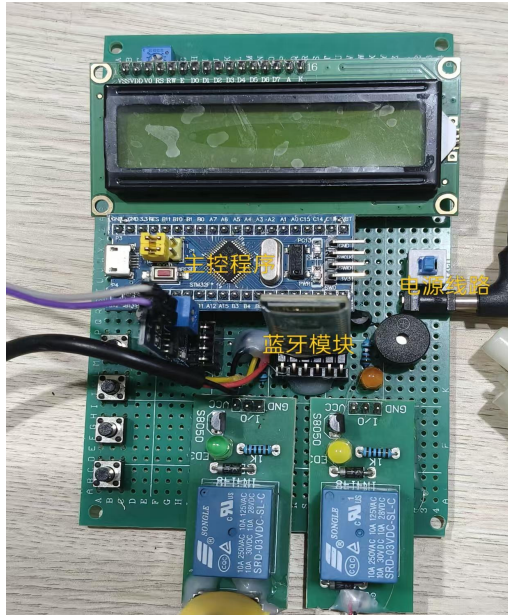


图 14. 蓝牙模块

## 6. 总结

基于 STM32 的番茄种植自动管理系统可以实现对番茄生长过程中的温度、湿度、光照等参数的自动监测和控制，从而提高了番茄生长的质量和产量，并且降低了人工管理的成本和工作量。具体来说，该系统可以通过传感器实时采集环境参数，并且通过 STM32 控制芯片进行处理和控制，根据番茄生长需要进行自动喷水、施肥、通风等操作，实现对番茄生长环境的精准调控。同时，该系统还可以通过 LCD1602 显示屏展示番茄生长的实时数据和控制参数，方便用户进行管理和掌握生长情况。下面是对基于 STM32 的番茄种植自动管理系统的总结和展望：

总结：

(1) 传感器采集：通过传感器采集大棚内部的环境数据，包括温度、湿度、光照等，通过 STM32 的单片机进行数据处理。

(2) 数据分析：通过对传感器采集到的数据进行分析，得出番茄生长所需的最佳环境条件，以提高番茄的产量和品质。

(3) 控制设备：STM32F103T8C6 可以控制大棚内的设备，例如喷水、通风、灯光等，实现对环境的精确控制。

(4) 远程控制：基于蓝牙技术，可以实现远程对大棚进行控制和监测。

## 参考文献

- [1] 韩东. 一种基于物联网技术的智能农业大棚系统研究[J]. 电声技术. 2019.43 (10) : 24-25.
- [2] 张洲. 基于物联网的智慧农业系统设计及实现[D]. 电子科技大学. 2019.
- [3] 易政彪. 基于互联网技术的温室大棚智能监控系统的设计与实现[D]. 湖南大学. 2018.
- [4] 白鲁尧. 基于物联网技术的智慧农业系统开发与实现[D]. 内蒙古科技大学. 2021.
- [5] 洗进, 洗允廷. 基于 STM32 的智慧农业大棚系统设计[J]. 现代电子技术. 2023.46 (4) : 70-74.
- [6] 刘志军. 基于 STM32 的智慧农业系统设计[J]. 电脑知识与技术. 2020.16 (13) : 255-257.
- [7] 刘迪. 一种基于物联网技术的智能温室大棚系统设计[J]. 智慧中国. 2024.20 (23) : 25-27.
- [8] 郑立玲, 谢锡锋. 基于 ZigBee 技术的智能停车场管理系统设计[J]. 电脑知识与技术. 2014.10 (08) : 1790-1792.
- [9] 叶青青, 林梓健, 陈锐鸿, 杨泰鑫, 吴佳楷. 智能种菜机器人[J]. 机电工程技术. 2019.48 (04) : 27-29.
- [10] 袁秋风. 远程无线空气质量监测系统的设计[J]. 宁德师范学院学报 (自然科学版). 2018.30 (04) : 408-412.