

基于土壤湿度控制的农业灌溉系统

江禹朋, 高继辉*, 陈 杨, 薛 飞, 芮 昕, 杨皓铎

天津农学院工程技术学院, 天津

收稿日期: 2025年8月4日; 录用日期: 2025年9月2日; 发布日期: 2025年9月12日

摘 要

本设计核心在于构建基于土壤湿度检测的智能浇灌系统, 其主要由三个功能模块构成: 以STC89C52微控制器为核心的控制单元、ADC0832模数转换模块以及LCD1602人机交互界面。系统通过YL-69湿度传感器实时获取土壤含水量模拟信号, 经ADC0832转换为数字信号后传输至微控制器。当系统需要获取实时数据时, 微控制器会发送控制信号启动模数转换过程。系统运行过程中, 预先在微控制器程序中设定湿度阈值参数, 当检测值低于预设阈值时自动启动灌溉装置; 当湿度值超出安全范围时, 系统将激活声光报警模块并切断供水通路, 从而实现精准的湿度调控和自动化灌溉管理。

关键词

浇灌, 湿度, AT89C52, ADC0832

An Agricultural Irrigation System Based on Soil Moisture Control

Yupeng Jiang, Jihui Gao*, Yang Chen, Fei Xue, Xin Rui, Haoduo Yang

College of Engineering and Technology, Tianjin Agricultural College, Tianjin

Received: Aug. 4th, 2025; accepted: Sep. 2nd, 2025; published: Sep. 12th, 2025

Abstract

The core of this design lies in constructing an intelligent irrigation system based on soil moisture detection, which primarily consists of three functional modules: a control unit centered on the STC89C52 microcontroller, an ADC0832 analog-to-digital conversion module, and an LCD1602 human-machine interface. The system acquires real-time soil moisture analog signals through the YL-69 humidity sensor, which are converted into digital signals by the ADC0832 and transmitted to the microcontroller. When real-time data acquisition is required, the microcontroller sends control

*通讯作者。

文章引用: 江禹朋, 高继辉, 陈杨, 薛飞, 芮昕, 杨皓铎. 基于土壤湿度控制的农业灌溉系统[J]. 电气工程, 2025, 13(3): 63-71. DOI: 10.12677/jee.2025.133007

signals to initiate the analog-to-digital conversion process. During operation, predetermined humidity threshold parameters are programmed into the microcontroller. The system automatically activates irrigation devices when detected values fall below the preset threshold, while triggering audible and visual alarm modules and cutting off water supply channels when moisture levels exceed safe ranges. This implementation achieves precise humidity regulation and automated irrigation management.

Keywords

Irrigation, Humidity, AT89C52, ADC0832

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在科技高速发展的今天，高效灌溉管理已成为农业生产的重要环节。然而农业生产节奏加快使人工管理效率受限，精准灌溉成为作物生长的关键问题。针对此现象，设计一款能自动检测土壤湿度并智能调控的灌溉系统具有现实意义。当前国外单片机浇灌系统虽技术成熟但价格高昂，国内主流的灌溉设备(如浙江产)虽经济实惠，却存在自动化程度低的短板。随着农业规模化发展与资源集约化需求提升，开发符合中国消费需求的高性价比智能灌溉系统，成为解决种植户管理难题的有效方案。与近 5~10 年智能灌溉领域产品相比，具有实时检测，自动化程度高，性价比较高，水资源利用率高的特点。

2. 系统的硬件设计

2.1. LCD1602 显示接口线路

本设计采用 LCD1602 液晶显示模块实现数值信息显示。该型号显示屏基于液晶分子电场控制原理，通过调节电极状态改变透光特性实现字符显示，相比传统显示器件具有显著的轻量化优势(在重量上比相同显示面积的传统显示器要轻得多[1])，且静态功耗极低(无背光时仅几微安，带背光时约 10~50 mA)，同时硬件成本与开发维护成本低。模块采用标准 16 引脚接口设计，其引脚配置及功能如表 1。

Table 1. Pin function
表 1. 引脚功能

引脚名	引脚功能
1 引脚	GND 电源端
2 引脚	VCC 5V 电源正极
3 引脚	V0 显示器对比调整端
4 引脚	RS 为寄存选择端
5 引脚	RW 为读写信号线
6 引脚	E 为使能端
7~14 引脚	D0~D7 为 8 位双向数据端
15 引脚	BLA 为背光正极
16 引脚	BLK 为背光负极[2]

由图看到显示屏的 RS 引脚和 E 引脚分别与单片机的 P1.0 与 P1.2 引脚相连，通过程序设定 P1.0 与 P1.2 引脚的高低电平的改变来控制液晶显示屏的命令选择和数据的读取。其中 RW 与单片机的 P1.1 引脚相连。RS 引脚与 RW 引脚同为低电平时，处于写指令状态；RS 引脚为高电平，RW 为低电平时处于写数据状态，而 E 引脚在高电平时处于读取信息状态，负跳变时才会执行指令[3]。显示线路如图 1 所示。

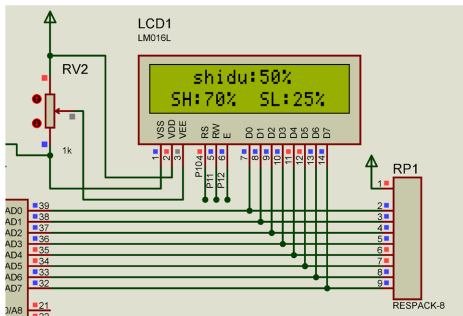


Figure 1. Liquid crystal display circuit
图 1. 液晶显示电路

2.2. ADC0832 简介

ADC0832 是 8 位逐次逼近式 A/D 模数转换器，它可以根据地址码锁存译码后的信号。只选通 8 路模拟输入信号中的一个进行 A/D 转换是目前国内应用最广泛的 8 位通用 A/D 芯片[4]。片选使能端(CS)连接至单片机 P1.3 端口，该引脚采用低电平有效机制。当 CS 保持低电平时芯片进入工作状态，进行模数转换期间必须维持该低电平直至转换完成，高电平时芯片进入禁用状态。时钟输入端(CLK)与单片机 P1.4 端口连接，负责接收单片机产生的时序脉冲。数据通道选择端(DI)与数据输出端(DO)采用分时复用设计，通过并联方式共同接入单片机 P1.5 端口，该设计基于芯片通信时序中 DI/DO 信号不会同时有效的特性。通道配置方面，CH0 (模拟输入通道 0)和 CH1 (模拟输入通道 1)为两路独立模拟信号输入端。特别注意：在首个时钟下降沿到来前，必须确保 DI 端维持高电平，该信号特征作为模数转换的启动标识。芯片工作时序要求：当 CS 置低电平启动转换后，单片机需通过 CLK 端口输出时钟脉冲序列，同时在时钟下降沿期间通过 DI 端发送通道选择控制字(包含输入通道选择及单/差分模式配置信息)，转换完成后通过 DO 端以串行方式输出转换结果数据，连接图如图 2 所示。

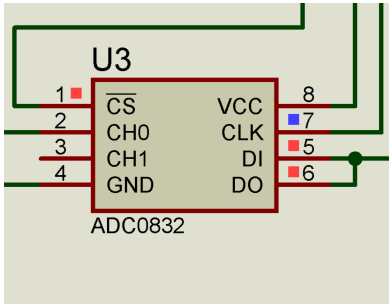


Figure 2. ADC pin connection diagram
图 2. ADC 引脚连接图

2.3. 湿度传感器介绍

此次设计所使用的是 yl-69 土壤湿度传感器，其具有测量精度高(误差可低至±3%)，稳定性好，性价

比高等优点。通过按键模块调节土壤湿度值，可以实现自动浇水，数字量输出 D0 可以与单片机直接相连，通过单片机来检测高低电平，由此来检测土壤湿度[5]。具体连接方式为传感器板上的 VCC 接电源，GND 接地，A0 接单片模拟输入，D0 接数据输入。湿度传感器模拟电路如图 3。

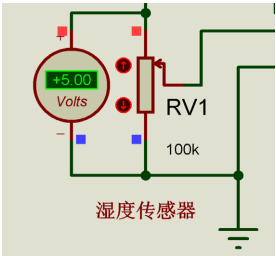


Figure 3. Humidity sensor analog circuit
图 3. 湿度传感器模拟电路

2.4. 报警器模块

蜂鸣器作为电子发声器件，根据驱动原理可分为有源型与无源型两类。在本报警器模块设计中，选用具有内置振荡电路的有源蜂鸣器作为声学输出装置。电路中三极管 Q1 承担电子开关的核心功能：当其基极接收低电平信号时，三极管进入饱和导通状态，为蜂鸣器提供完整工作回路，使其产生报警音效；当基极输入高电平信号时，三极管截止关断，蜂鸣器供电回路被切断，从而停止发声[6]。这种电平控制方式实现了对报警器工作状态的精准控制。蜂鸣器报警电路如图 4。

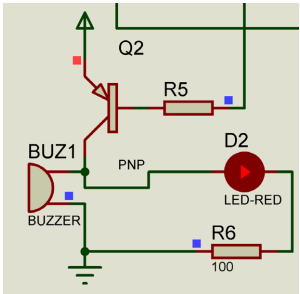


Figure 4. Buzzer alarm circuit
图 4. 蜂鸣器报警电路

2.5. 按键模块

本设计采用的是低电压读取按键的方法，单片机先是处于高电压的状态，当按下按键时给单片机发送一个低电压[7]。以此来调节显示屏上的数值(图 5)。

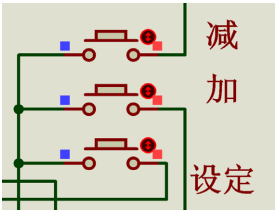


Figure 5. Key-press module
图 5. 按键模块

此次设计主要用到了四个按键，单片机处是复位键，其他三个分别是湿度值上调键、湿度值下调键和湿度值确认键。为了提高设计的精确度，在按键部分要注意抖动，联系以前学过的知识，对此所做出的解决方法就是先查询是否有低电平出现，有的话立即延迟，需要注意的是当延迟过后需要再读一次 I/O 口的值，如果读出的是 1 的话，则表示没有按按键，当读出的是 0 时，表示有按键按下[8]。

3. 系统的软件设计

该主程序流程图是硬件初始化之后，设定好数值。然后采集湿度样本，把湿度样本传给单片机之后，单片机系统处理该湿度数值，判断湿度值是不是在设定值范围内。如果高于湿度值，停止灌溉；假如低于湿度值，返回到湿度采样，再次判断湿度值，直到达到湿度值结束。主程序流程图如图 6 所示。

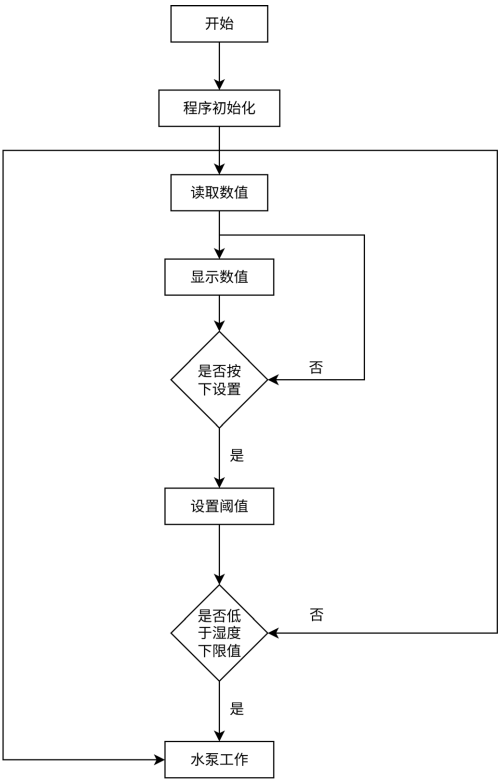


Figure 6. Main program
图 6. 主程序

报警器模块描述的是在采集到湿度样本以后，对采集到的样本值进行判断，是否达到预定值，如果未达到预定值，也就是土壤湿度过于干燥，报警器则会报警，开始浇灌。如果采集到的值高于预定值，报警器不报警。具体流程图如图 7 所示。

土壤温湿度采集与显示系统以单片机 STC89C52 为控制核心，通过软件设置达到显示的目的。土壤的温湿度是由 ADC0832 和两个点位器进行模拟并送入单片机，通过单片机的 I/O 口把检测到的土壤温湿度值用 LCD 显示出来。同时，如果系统在智能浇水设置情况下，则该值与设定的浇水上下限值相比较，若低于下限值，则单片机发出一个控制信号，开始浇水；若高于上限值时，单片机再发出一个控制信号控制，停止浇水[9]。该模块主要简述了 LCD1602 显示的土壤湿度值的流程，通过传感器模块对采集到的湿度样本进行判断后，将最终的数值显示出来。显示模块流程如图 8 所示。

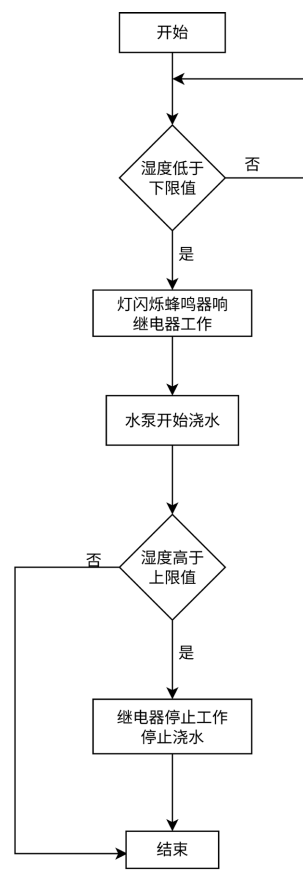


Figure 7. Alarm and automatic watering program
图 7. 显示模块流程图

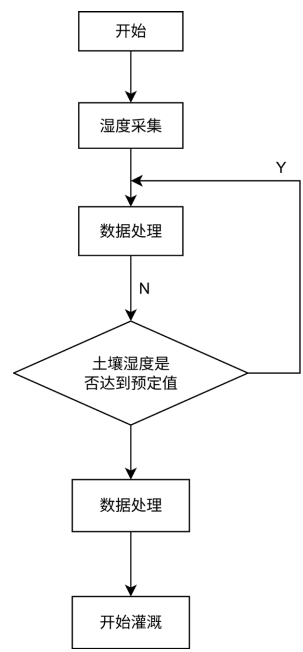


Figure 8. Display module flowchart
图 8. 报警及自动浇水程序

4. 系统仿真与分析

这款专业仿真软件在功能设计和性能表现上均具备显著优势：(1) 创新性地实现了 SPICE 高精度仿真电路与嵌入式单片机系统的深度整合；(2) 配备完整的虚拟实验平台架构，提供示波器、逻辑分析仪等多样化的专业虚拟仪器设备。这种集成化设计不仅显著提升开发效率，更能有效满足从基础电路验证到复杂系统开发的多元化项目需求；(3) 具备软硬件相结合的系统仿真功能。不仅如此，Proteus 软件也可以通过第三方软件的开发环境，与 Keil 等软件进行联合使用，从而获得更加理想的仿真结果[10]。在完成硬件架构设计与嵌入式软件编程后，本阶段通过 Proteus 仿真平台开展系统级联合调试。具体实施流程体现为：依托 Proteus 集成的精准器件模型库，可快速完成元件筛选与参数配置；运用直观的布线工具构建电路，并验证电气连接可靠性。继而用 Keil μ Vision 集成开发环境生成的机器码(.hex 文件)载入 AT89C51 微控制器内核，依托 Proteus 虚拟示波器、逻辑分析仪等诊断工具，实现硬件电路与软件算法的实时交互验证，利用 PC 机写进 proteus 程序图芯片内进行仿真测试，并对其出现的错误进行修改。Keil 编译程序成功如图 9 所示。

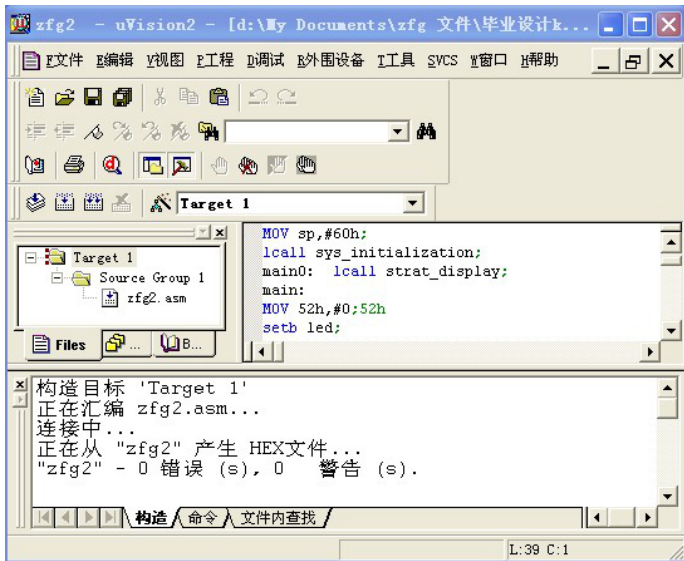


Figure 9. The program was successfully compiled in Keil
图 9. Keil 编译程序成功

仿真结果见图 10~12，图 10 当模拟湿度为 10 时基于土壤湿度控制的智能农业灌溉系统效果图，可见蜂鸣器鸣叫，LED 灯闪烁，水泵开始旋转，同时液晶显示屏显示正常。图 11 为通过调节滑动变阻器使得设置湿度增加到 50，此时蜂鸣器和 LED 灯停止供电，而水泵还在持续转动，液晶显示屏显示正常。图 12 为模拟湿度为 80 时的效果图，此时水泵也停转，只有液晶显示器正常工作。由此可见，该系统能对不同的土壤湿度做出准确的反应。

通过计算机仿真模拟可以精准识别系统存在的缺陷和短板，基于仿真数据可对系统进行针对性改进以提升运行效能和可靠性。当系统响应速度不理想时，可采取两种优化路径：一是改进控制核心算法，通过降低积分和微分环节的时间常数或采用预测控制等高效策略缩短响应延迟；二是优化设备物理参数，例如对水泵的电感、电阻等关键参数进行数值微调，并借助仿真平台反复验证参数组合效果，最终形成算法与硬件参数的最优匹配方案。这种基于数字模型的闭环优化方式，能够在虚拟环境中快速验证改进措施，确保系统在提升响应速度的同时维持稳定运行。

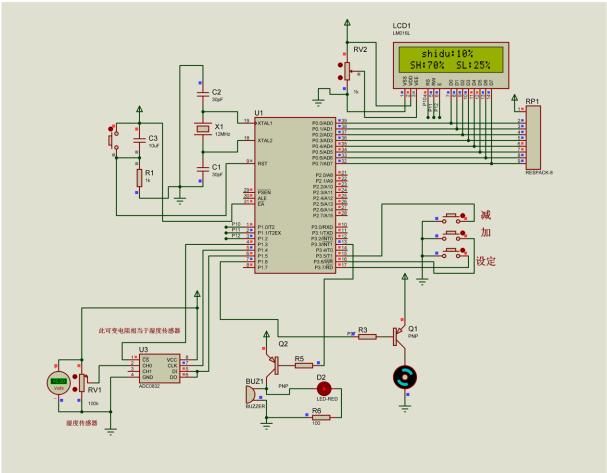


Figure 10. Simulation results (the relative humidity is 10%)
图 10. 仿真结果图(湿度为 10)

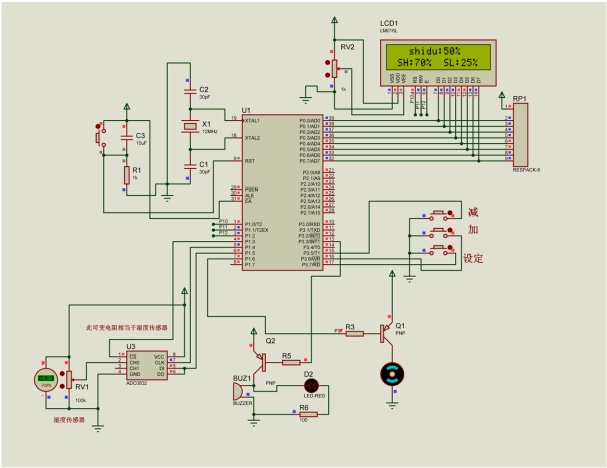


Figure 11. Simulation results (the relative humidity is 50%)
图 11. 仿真结果图(湿度为 50)

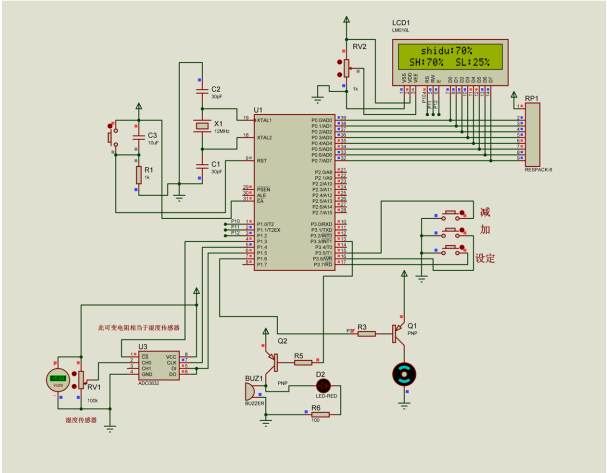


Figure 12. Simulation results (the relative humidity is 80%)
图 12. 仿真结果图(湿度为 80)

5. 总结与展望

此次 C52 单片机自动浇灌系统主要介绍了基于土壤湿度控制的智能农业灌溉系统的设计思路和设计原理, 通过湿度传感器间的电压差来反映土壤湿度, 从而向单片机传递信号, 再由单片机控制水泵与报警装置。这款基于土壤湿度控制的智能农业灌溉系统设计主要用到了 C52 系列单片机、湿度传感器、LCD1602 显示器。整个自动浇灌由采集显示土壤湿度和湿度值设置两个部分组成, 可以完成数据处理, 湿度测量, 阈值湿度显示等功能。实验结果表明, 该系统能够实现对土壤湿度的测量显示和水泵的动作。该系统在性能与实用性上展现出多重优势: 检测精度高, 能精准捕捉土壤湿度的细微变化; 响应速度快, 可迅速对监测信息作出反馈与调整; 稳定性强, 在复杂工况下仍能保持持续可靠运行。同时, 它具备实时检测能力, 可动态掌握土壤湿度状况; 自动化程度突出, 能实现灌溉流程的智能自主调控, 大幅减少人工介入; 性价比优势显著, 以合理成本实现高效功能; 通过更科学的灌溉策略显著提升水资源利用率, 兼顾精准、高效与节水等优点。

参考文献

- [1] 李泉溪. 单片机原理与应用实例仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009: 3-4.
- [2] 李敏, 孟臣. 数字式温湿度传感器及其应用技术[J]. 电子元器件应用, 2004(11): 8.
- [3] 孙荣超, 孙德超. 数字温湿度数据记录仪的设计[J]. 现代电子技术, 2005(7): 74-76.
- [4] 黄鸿, 吴石增. 传感器及其应用技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008: 20-21.
- [5] 宗光华, 李大寨. 多单片机系统应用技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 18-19.
- [6] 王芳琴. 单片机控制的节水灌溉系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [7] 赵振德. 单片机原理及实验/实训[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009: 112-114.
- [8] 艾永乐, 付子仪. 数字电子技术基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 47-52.
- [9] 汪晓晨. 基于 AT89S52 自动浇花系统的设计[J]. 电子制作, 2015(2): 2.
- [10] 倪建宏. Proteus 仿真软件在单片机教学中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(4): 52-53.