

基于STM32单片机的自动浇灌系统设计

赵翔宇

四川省眉山市四川大学锦江学院

摘要:千百年来,我国一直都是一个农业大国,农业在我国的经济和社会发展中占据着重要的地位。随着全球水资源日益紧缺农业生产中的灌溉效率和精准性变得尤为重要。不仅为人们提供了食物和生活必需品也是国家经济的基础和支撑。如今农业现代化已成为我国农业发展的必然趋势,其中,实现智能灌溉技术是农业发展的重要途径之一。本文是基于STM32单片机系列单片机为核心,采用了传感器技术,自动控制技术和无线电通信技术。通过传感器监测土壤含水量的实时信息和表层温度信息,判断是否符合浇灌条件,控制浇灌量和浇灌速度,实现在夏日土壤高温时节能浇水降温、精准灌溉。以及依靠手机APP对水泵进行开关切换,实现了对农作物的自动浇灌和管理。以此减少务农人员工作量,降低高温作业的风险,让务农工作者轻松农耕的同时,实现节约用水,精准浇灌,增加植物的存活率。

关键词: STM32单片机; 自动浇灌

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.11.207

一、研究背景与意义

(一) 自动浇灌的意义与价值

在农业种植技术中,浇灌的目的既是为了调节土壤湿润程度,为农作物生长提供必要的水分保障也是为了降低地表温度,提高农作物存活率。因此,浇灌在农业发展中起到了举足轻重的作用。然而在全球淡水资源稀缺,国家大力号召节约用水的大环境下,自动浇灌技术就显得至关重要。在传统农业灌溉的过程中,常常采用粗放式灌溉,例如大面积的漫灌或淹灌。这种方式极易造成水资源的过量使用。而自动浇灌系统不同于传统灌溉方法的是:自动浇灌系统能够通过控制器的指令,自主智能识别土壤湿润程度和土壤地表温度,再根据农作物实际需要的用水量或者预设的用水量从而对土壤适量灌溉直到符合预设标准,从而达到真正的节水节能,提高存活,提产增质。

二、系统需求分析

如今我国在农业灌溉的过程中,大部分地区仍然采用落后的灌溉方法,例如漫灌或淹灌这种粗放式灌溉方法。这些传统农业灌溉方式存在着明显的问题和缺陷:(1)消耗大量的水资源(2)难以调节水盐平衡和水土流失问题(3)增加了灌溉的成本高(4)灌溉系统不完善。由于不同种类的作物,对水土湿润程度,土壤水盐比例等要求不一,所以采用传统灌溉方式会导致水资源的消耗大且利用率低,间接的也增加了人力消耗和投入成本。

以及在炎炎夏日,务农工作者为了保证作物的存活率,会在地表温度较高的时刻进行浇水降温。这一行为会增加务农工作者的高温作业风险。

而自动浇灌系统会针对不同作物的农田进行湿度和温度的实时监测。通过传感器监测土壤含水量的实时信息或者土壤表面温度判断是否符合浇灌条件,再通过单片机控制浇灌量和浇灌速度,以及依靠手机APP对水泵

进行手动开关,实现了数据采集,传输和处理。具有高效,可靠,智能的特点。因此,为了解决传统农业灌溉问题和降低务农工作者的高温作业风险,自动浇灌系统就显得势在必行。

三、系统总体设计思路

由于自动浇灌系统需要实时监测土壤的温湿度,所以首先需要使用HS1101湿度传感器监测土壤湿度和DS18B20温度传感器监测土壤温度。然后将采集到的精确数据,通过ADC0832转换器从模拟信号转换成数字信号,在利用ZigBee网络将数据通过协调器发送给STM32单片机。STM32单片机控制器通过蓝牙与用户手机APP无线连接,将单片机接收到的温湿度信息与用户提前预设的信息相对比之后,迅速发出指令。若收集到的湿度小于预设的湿度,电磁阀将打开水泵进行灌溉,反之关闭水泵;若收集到的温度高于预设的温度,电磁阀将打开水泵进行浇灌,反之关闭水泵。当每次打开水泵直到收集的温湿度信息符合用户预设的关闭水泵的信息值,则关闭水泵且实时向用户手机APP发送浇灌记录。为了避免过涝或者过旱等特殊极端情况,系统添加了能够同时发出警报声音和警报指示灯的报警装置,并且会在手机APP中发送报警信息,从而减小极端情况对农作物的损害。

本系统共分为五个模块,采用多层次设计来满足不同情况的浇灌需求,进而提高系统的普适性^[1]。STM32单片机控制器模块,传感器模块电磁阀驱动模块,无线通信模块,手机APP。其中由STM32单片机作为主控板,运用ADC0832将收集到的温湿度模拟信号转换成数字信号,利用ZigBee组网技术和蓝牙模块进行各个模块之间的数据传输,从而连接完每个模块,使数据传输全线贯通。系统总体结构如图1所示。

系统运行流程如下:首先用户需要从手机APP上蓝牙连接自动浇灌系统,等待系统初始化完成之后,用

户则需要根据农作物必需的水分在手机APP中个性化设置相应农田的土壤含水量范围。此时系统的温湿度传感器则会实时检测土壤温湿度。一旦低于用户设置的含水量下限，系统则会发出指令，命令电磁阀打开水阀开关，系统进行灌溉作业，直到湿度传感器检测到土壤含水量符合用户预设范围，则会停止灌溉作业。同样，当土壤温度高于用户预设温度上限时，温度传感器将信息发送给STM32单片机，单片机发出指令，系统开始浇水作业，直到土壤温度符合预设温度范围，系统则停止浇水作业。当温湿度传感器检测到土壤含水量高于预设湿度上限50%时，则会通过蓝牙模块，像用户手机APP发送“过涝报警提示”，同时报警装置开启，蜂鸣器发出报警声音，指示灯闪烁发出报警灯光。同理，当土壤温度高于预设温度上限50%或者土壤湿度低于预设温度下限50%时，系统则会像用户手机APP发送“过早报警提示”，报警声音和指示灯同样运行。系统信息全线贯通，实现了浇灌的智能化和用水管理，节约了人力物力，达到了预想的要求。

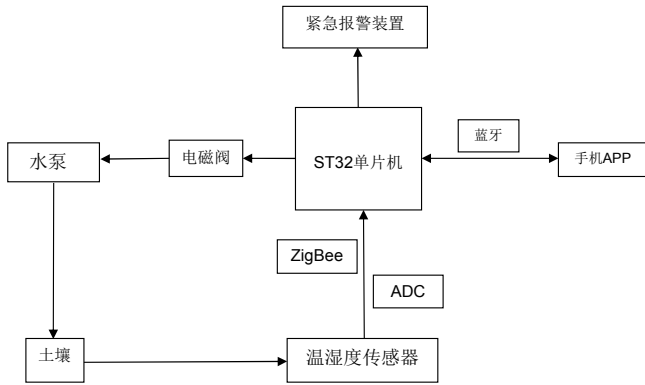


图1 系统总体结构设计思路图

四、硬件与软件的设计

(一) 硬件设计

1. STM32单片机控制器模块

STM32单片机控制器模块作为自动浇灌系统的核心部分，其采用了STM32单片机F103C8T 芯片，该芯片具有 64KB 的FLASH、20KB的SRAM、2个USART、3个SPI、2个I2C、1个USB、1个CAN等丰富的外设接口，能够满足系统的需求。使用5V直流电对STM32单片机控制器进行供电，能够保证控制系统的稳定运行^[2]。在智能灌溉系统当中，STM32单片机控制器的主要作用是用于接收传感器发送的土壤的温湿度实时数据，并将采集到的土壤湿度数据与用户设定的数据进行比对，根据实时的数值通过STM32单片机高低电频的输出对电磁阀驱动模块发出对应的指令。同时，利用蓝牙模块与手机APP建立联系，实时发送收集到的土壤湿度状态数据。还能够对用户端手机APP发送的数据进行存储，在紧急情况能够向用户端手机APP报警。

2. 传感器模块

土壤温湿度数据采集是自动浇灌系统的眼睛。“眼

睛”观察的信息越确，是整个自动浇灌系统运行的前提。为达到准确的土壤温湿度监测，本系统分别采用了HS1101湿度传感器和DS18B20温度传感器来完成目标。

HS1101湿度传感器是一款供电电压为10V AC的无铅环保电容元件，湿度范围为1-99%相对湿度，工作温度为-40℃-100℃，灵敏度为0.34pF/%RH，精确度为±2%@10-90%RH @25℃，响应时间为5s（33至76%RH，在63%静止），输出为电容，电源电压为5V-10V，电容为180pF@55% RH。该传感器在本系统中的主要作用是采集土壤湿度数据并发送至STM32单片机。由于HS1101芯片采集到的数据属于模拟信号，而单片机不能直接接收模拟信号。那么，这时则需要使用到ADC0832转换器，将采集到的模拟信号转换成数字信号再发送至STM32单片机^[3]。通过STM32单片机对接收到的数据进行比对和分析，则会将相应的指令以控制信号的形式发送至电磁阀模块。电磁阀模块中的继电器通过吸合线圈来调节水泵的开关，实现了自动浇灌系统的自动化与智能化。且具有无铅环保、低温度系数、快速响应、能够在标准条件下不需要重新校正的等特点。

温度传感器采用的是DS18B20芯片。该芯片具有较高的温度分辨率，是常用的数字温度传感器。其输出的是数字信号，与HS1101湿度传感器相比则减少了ADC0832将模拟信号转换成数字信号这一环节，降低了成本的投入。且该芯片具有体积小、单线通信、适应电压范围宽、温度分辨率高、抗干扰能力强、精度高的特点。其适应电压3.0V~5.5V的范围，并且支持多节点组网功能，多个DS18B20可以并联在一根总线上，实现组网多点测温^[4]。DS18B20芯片测温范围在-55℃~+125℃之间，且在-10~+85℃范围内，测量精度能够达到为±0.5℃之内的误差，从而达到了土壤温度数据的精确采集要求。

3. 电磁阀驱动模块

电磁阀驱动模块采用了继电器驱动电磁阀的开关，通过STM32单片机输出控制信号，由继电器执行命令，调节水泵开合，实现自动浇灌。继电器是一种自动切换器件，能够实现远距离控制，自动执行的功能。将继电器引脚连接到STM32单片机的一个GPIO引脚上，再通过STM32单片机中根据灌溉要求编写控制逻辑代码，即可在传感器采集到土壤温湿度数据的同时自动判断与用户设定值的大小，立即实施开关水泵指令。继电器也会通过带电吸合线圈实施水泵的开关。如果在电磁阀继电器控制电路中增加二极管，则会起到防止在断电时，继电器产生的感应电压太大，导致三极管被击穿的情况^[5]。

4. 无线通信模块

无线通信模块分别采用了ZigBee组网技术和蓝牙技术。在系统的数据采集、接收、发送的过程中，每个设备本质上都属于一个节点，每个节点都属于一个路由器，需要将数据发送到其他节点。这很符合ZigBee组网

技术。故本系统采用的是ZigBee组网技术，其主要功能用于实现传感器和控制模块之间的数据传输。当采集节点完成对土壤温湿度数据的采集时，则会通过ZigBee网络将采集到的数据发送给协调器^[2]。通过协调器再将温湿度数据转发给组网的最终节点，最终节点再与STM32单片机对应的GPIO串口相连接，则实现了系统的整体贯通。ZigBee无线通信技术具有低功耗，低成本，高可靠性等特点，适用于农业物联网的应用。蓝牙模块主要用于实现STM32单片机控制器与手机APP之间的无线通信。其硬件设计包括蓝牙模块接口设计、天线设计等。具有简单易使用，短距离通信低功耗，无线连接等特点。

5. 手机APP

手机APP采用了Android平台开发，用于实现用户与系统之间的交互。手机APP的功能包括实时显示土壤湿度和温度、远程控制灌溉电磁阀的开关、设置湿度阈值、特殊情况报警等。

(二) 软件设计

1. STM32单片机控制器软件设计

在自动浇灌系统当中，软件设计起到了画龙点睛的作用。通过编程与配置，使整个系统的各个部分依次连接起来，使得整个系统全线贯穿，相互作用。STM32单片机控制器软件设计采用了C语言编写，主要包括初始化模块、传感器数据采集模块、电磁阀控制模块、无线通信模块等。初始化模块负责初始化系统的各个模块，包括时钟、串口、I/O口等。传感器数据采集模块负责采集土壤湿度和温度数据，并将实时监测的数据发送给STM32单片机控制器与用户设定的温湿度范围值进行数值比较。根据比较得出的结果，执行相应的开关水泵阀门指令。电磁阀控制模块则负责接收STM32单片机控制器的控制命令，控制电磁阀的吸合线圈来控制水泵阀门的开关。而无线通信模块负责实现STM32单片机控制器与手机APP之间的无线通信。从而使各个散落的部分合并成一个整体。

2. 手机APP软件设计

手机APP主要功能是为用户提供一个远程控制和个性化设置的平台。用户能在手机APP中设定浇灌量、浇灌条件等指令，也能通过手机APP实时观测土壤温湿度数据。手机APP还会记录土壤温湿度数据并进行分析，也会在出现紧急情况时接收到报警信息。极大的简化了浇灌流程、减少了高温作业的风险，使得用户控制浇灌轻而易举。

手机APP软件设计采用了Java语言编写，主要包括蓝牙通信模块、数据显示模块、远程控制模块等。蓝牙通信模块负责实现手机APP与STM32单片机控制器之间的无线通信。数据显示模块负责将STM32单片机控制器发出的数据进行传输，实时显示土壤湿度和温度数据。远程控制模块能够将用户的指令发送给STM32单片机控

制模块，负责实现用户对灌溉电磁阀的开关控制。软件控制系统流程图如图2所示。

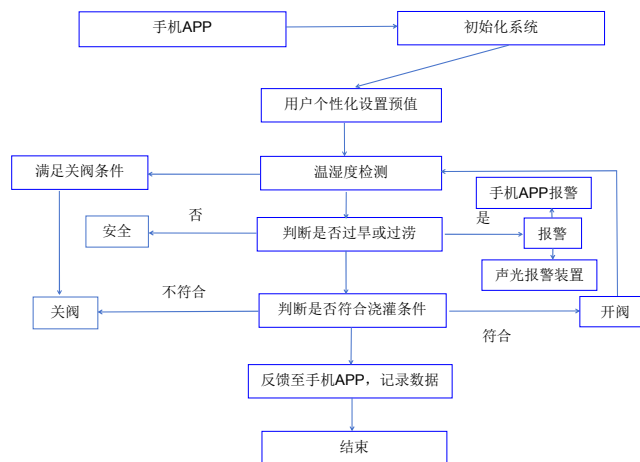


图2 软件控制系统流程图

五、结束语

本文设计了一种智能高效的自动浇灌系统，达到了精确水管理、提高浇灌效率、提产增质、降低高温作业风险的目的。系统以STM32单片机为核心，采用了精确、低耗能、高效率湿度传感器和温度传感器对土壤湿度实时监测。再利用转换器将采集到的实时数据发送至STM32单片机，再通过对比用户预设的浇灌数值判断是否符合浇灌条件，再通过STM32单片机发出指令，自主控制电磁阀对水泵阀门进行开关，对农田实施之智能浇灌，减少农业工作量的同时也合理的管理了水资源。自动浇灌系统也能在烈日天气自动浇水，从而减少务农工作者的高温作业风险，提高了农作物的存活率。该系统还设有能在过早或者过涝等极端恶劣情况自动报警，能通过蜂鸣器和指示灯发出警报声和报警指示灯，同时运用蓝牙模块向用户手机APP发出警报提示，最大程度减小极端情况下作物的损失。该系统可运用于大面积的作物农田，通过不断检测土壤实时数据实现智能浇灌，减少了农业作业的成本，降低了人力资源、物理资源、水资源的浪费。不过该系统无法智能识别农作物，因此达不到智能针对不同作物自动设置浇灌水量，还需要用户在手机APP个性化设置浇灌量，从而完整整个浇灌系统。

参考文献

- [1] 杨淳清. 基于嵌入式的农田自动灌溉系统设计[J]. 技术与市场, 2022, 29(10): 94-96.
- [2] 汤心韵, 李政廉, 周力行. 基于雷电电流冲击温升特性的带串联间隙线路避雷器状态监测系统. 电瓷避雷器, 2020(05).
- [3] 乔琳君, 魏严锋. 基于STC89C52单片机的自动换气扇系统设计[J]. 电子设计工程, 2021, 29(8): 173-176+181.