

基于STM32F407的智能温室大棚系统

邓辉¹ 李烨²

(1. 国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心, 广东 广州 510555; 2. 仲恺农业工程学院, 广东 广州 510000)

摘要: 该文提出了一种基于STM32F407单片机的智能温室大棚系统。该系统通过温湿度传感器、光照强度传感器和土壤湿度传感器等采集大棚内的各项数据, 通过OLED显示屏显示当前环境信息, 并通过Wi-Fi模块ESP-01S把数据实时上传到OneNET平台并实现可视化操作, 同时还可在OneNET可视化操作界面设定各项数据的阈值并操作大棚内各种执行器的开关。通过该智能温室大棚系统, 用户可以足不出户对温室大棚进行监控, 还可以通过单片机控制执行器调节大棚内的空气温湿度、光照强度和土壤湿度等因素, 较好地降低了人工成本, 实现了自动化远程管理。

关键词: 温室大棚; 智能控制; 温度; 湿度; 光照强度

中图分类号: TP 273

文献标志码: A

随着5G技术的推广, 物联网技术逐渐成熟, 随即出现了大批传统行业与物联网相结合的新兴行业, 例如精准农业、智慧工厂和智慧城市等, 其中精准农业是未来农业发展的新潮流。农业现代化的重要标志是应用自动控制和电子计算机实现农业生产和管理的自动化。该文提出了一种基于STM32F407单片机的智能温室大棚系统。该系统操作简单, 价格低廉, 可满足用户的温室大棚种植需求, 帮助用户实现足不出户对大棚环境进行远程监控, 并远程控制灌溉、抽风和补光等操作。

1 系统功能

该智能温室大棚系统可帮助用户监控温室环境信息, 还可以远程检测和控制农作物在温室环境中生长所需要的温度、光照和土壤湿度等。该智能温室大棚系统包括5个功能模块, 分别如下: 1) 智能温控模块。可根据温湿度传感器模块采集环境数据, 继而判断温室大棚内的温湿度状况。如果温度太高, 则打开抽风机; 温度太低, 则关闭抽风机。2) 智能光照强度控制模块。可利用光敏电阻采集数据判断当前的光照强度。如果光照强度太低, 则开启补光灯; 如果光照强度太强, 则进行遮阳并关闭补光灯。3) 智能灌溉模块。利用土壤湿度传感器采集数据以判断是否缺水, 并通过执行器进行合理灌溉。4) 大棚内显示模块。通过OLED显示当前环境信息。5) 数据远程传输及可视化显示模块。智能温室大棚中采集的所有数据都可以通过Wi-Fi发送到客户端, 在客户端进行直观可视化展示, 并远程控制各模块操作。

该系统对灌溉、抽风和补光等操作进行自动控制和手动控制。在自动控制模式下, 系统内设置有不同植物在各

个生长阶段的灌溉、抽风和补光等参数, 并基于采集的数据自动进行灌溉、抽风和补光等操作。在手动控制模式下, 用户基于各种传感器采集的数据手动控制灌溉、抽风和补光等操作。该系统能够通过采集大棚内温湿度、光照和雨量等数据, 并且基于植物在不同阶段生长的适宜环境, 对温室大棚内空气温湿度、光照强度和土壤湿度等因素进行采集, 并上传到数据平台进行实时监测, 智能判断该环境数据是否适宜, 以保证大棚内种植物能在最适的环境下生长。该系统的整体结构如图1所示, 通过传感器、单片机获取环境信息, 各项信息可通过OLED在本地显示, 还能通过Wi-Fi模块将数据上传到云平台, 实现远程可视化操作。同时通过云平台下发指令控制执行器, 进行补光、灌溉及抽风等操作, 还可以通过比较采集的信息与阈值自动控制执行器。

2 系统硬件设计

该系统的硬件分为温控模块、光控模块、灌溉模块、OLED模块以及可视化模块。

2.1 温控模块

温控模块原理如下: 首先, 设置阈值为 T_1 、 T_2 , 其中 $T_1 > T_2$, 阈值 T_1 、 T_2 的设置与植物种类及生长周期相关。传感器采集当前温度信息 T_3 , 并将 T_3 与 T_1 比较, 如果 $T_1 < T_3$, 则认为温室大棚温度过高, 需要利用单片机控制电机打开风扇系统通风降温, 使 $T_3 < T_1$; 当 $T_3 < T_2$, 则检查风扇是否关闭, 并通过加热器加热, 使环境温度 T_3 满足 $T_1 > T_3 > T_2$ 。

该系统采用型号为DHT11的传感器检测空气中的温湿度, 该传感器具有响应快、抗干扰能力强等优点, 其为

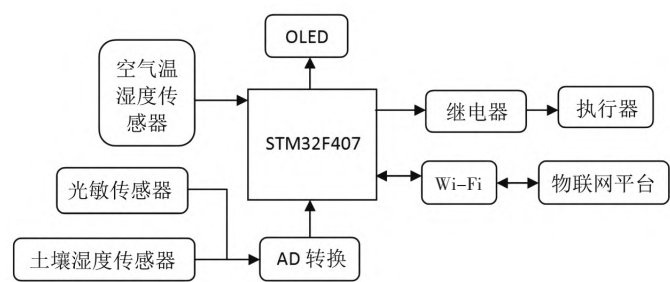


图1 系统结构框图

包括已校准数字信号输出的温、湿度复合传感器^[1]。DHT11 温湿度传感器的相关介绍见表 1,该传感器主要有 3 个引脚, VCC 接电源 3.3V, GND 接地, DATA 接单片 I/O 口。

表 1 DHT11 电气参数

参数	条件	min	max	单位
供电	DC	3	5.5	V
供电电流	测量	0.5	2.5	mA
供电电流	平均	0.2	1	mA
供电电流	待机	100	150	μA
采样周期	秒	1		次

2.2 光控模块

光控模块原理如下:设置 2 个阈值 G_1 和 G_2 , G_1 为高阈值, G_2 为低阈值, 阈值的设置与植物种类及生长周期等相关。当前光照强度信息为 G_3 , 采集当前光照强度信息 G_3 与 G_1 、 G_2 比较, 如果 $G_3 < G_2$, 则认为温室大棚光照强度不足。单片机判断窗帘状态, 如果窗帘为关, 则开启窗帘; 如果窗帘为开, 则开启 LED 模块进行补光; 如果 $G_3 > G_1$ 同时 $T_3 > T_1$, 则认为光强过高、温度过高, 需要关闭窗帘, 以确保大棚内光照适宜。

该系统利用光敏传感器采集光照强度数据。光敏电阻模块对环境光线较敏感, 一般用来检测周围环境的光照强度。当环境光线亮度达不到设定阈值时, DO 端输出高电平; 当外界环境光线亮度超过设定阈值时, DO 端输出低电平。光敏电阻是用硫化镉或硒化镉等半导体材料制成的电阻器, 其工作原理基于内光电效应。随着光照强度的升高, 电阻值迅速降低, 由于光照产生的载流子都参与导电, 在外加电场的作用下做漂移运动, 电子奔向电源的正极, 空穴奔向电源的负极, 从而使光敏电阻器的阻值迅速下降。其在无光照的情况下, 几乎呈高阻状态, 暗电阻很大^[2]。光敏电阻模块电路图如图 2 所示。

2.3 灌溉模块

灌溉模块原理如下: 设置阈值 S_1 , 该阈值的设置与植物种类及生长周期相关。采集当前土壤湿度信息 S_2 与 S_1 比较, 如果 $S_2 < S_1$, 则认为土壤缺水, 开启继电器控制水泵进行灌溉。同时设置计时器 t , 计时结束时则停止灌溉。

该系统采用土壤湿度模块 FC-28 进行数据采集。它通过 2 个电极检测土壤的导电性, 通过输出模拟量获取比较精确的土壤湿度数据, 以判断是否缺水。如果缺水, 则启动水泵进行适当灌溉。土壤湿度传感器内部电路与光敏电阻传感器模块大致相同, 可以大范围检测土壤的湿度。通过电位器调节控制相应阈值, 当土壤湿度低于设定值时, DO 引脚输出高电平; 高于设定值时, DO 引脚输出低电平。模拟量输出 AO 可以和单片机 AD 模块相连, 通过 AD 转换可以获得土壤湿度的准确数值^[3]。

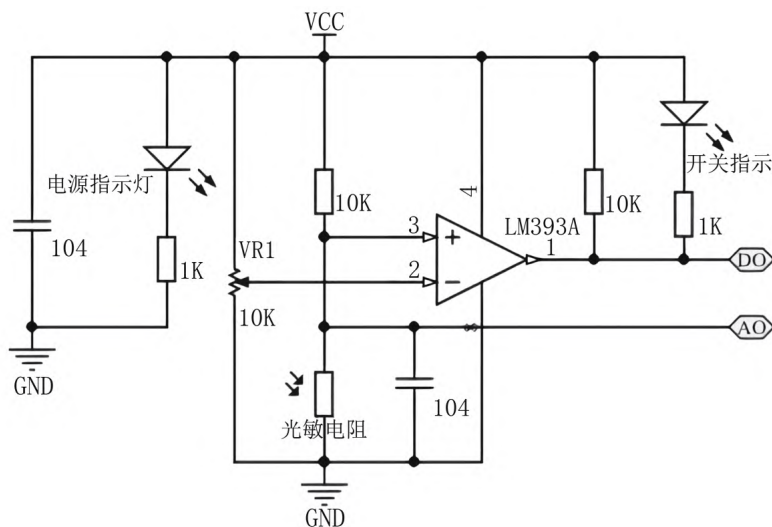
2.4 OLED 模块和可视化模块

OLED 模块置于温室大棚中, 用于实时显示大棚中的环境信息, 方便用户在大棚中观察数据信息。OLED 模块的显示芯片为 SSH1106。可视化模块主要是将传感器采集的数据信息通过 Wi-Fi 发送到客户端中进行记录并处理, 并以可视化的形式呈现, 便于查看。该系统选用 ESP-01S 模块作为 Wi-Fi 模块, 采用 32bit/80MHz 精简指令集处理器, 具有完备的 TCP/IP 栈, 可通过 AT 指令方便快捷地进行 TCP/IP 连接。

3 系统软件设计与实现

该系统软件设计流程图如图 3 所示。系统运行时先初始化各种硬件设备。当 Wi-Fi 模块初始化完成后, 判断是否成功联网, 如果没有成功联网, 则重连网络; 成功联网后, 采集传感器将采集各项数据传输至执行器及 OneNET 平台。并且系统还可连接 OneNET 的 EDP 服务器, 完成客户端配置, 配置信息包括服务器的地址、名称和端口号。所有配置完成后, 系统连接 EDP 服务器。连接成功后, 设备已经具有向服务器发送数据的功能, 最终通过执行器控制智能温室大棚系统的各种设置。

系统采集环境的数据包括空气温湿度、光照强度以及土壤湿度等, 通过 Wi-Fi 模块发送到 OneNET 的服务器, 并在客户端显示实时数据, 同时智能判断温湿度状况、光照强度状况和土壤湿度状况。如果温度过高, 则打开风扇; 温度过低, 则关闭风扇, 并打开加热器。判断光照强度, 如果光照强度过低, 则打开补光灯; 光照强度太强, 则关闭补光灯并进行遮阳。如果土壤湿度传感器判断为缺水, 则通过继电器控制水泵进行灌溉。总之, 系统通过各种传感器采集农作物生长环境信息, 通过 OLED 本地显示, 并通过物联网云平台远程显示温室大棚信息, 判断当前环境是否适合植物生长。可以通过手动和自动 2 种方式控制执行器来改善温室大棚



注: AO、DO 为输出端。

图 2 光敏电阻模块电路图

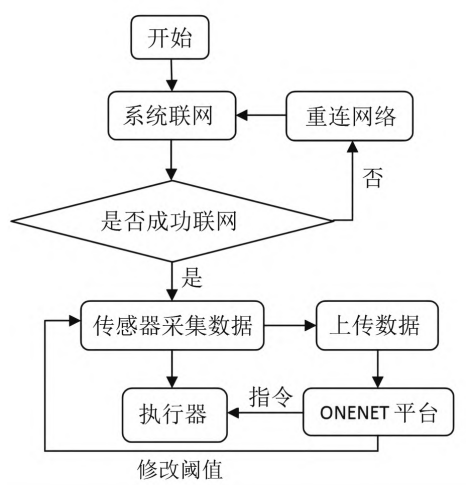


图3 系统软件设计流程图

中植物的生长环境。

4 执行器程序设计

执行器主要作用包括控制 LED 补光灯，并通过继电器控制灌溉水泵、散热风扇、加热器和遮挡窗帘。执行器程序流程图如图 4 所示。系统运行开始后先初始化设备，系统进入循环模式，判断是自动还是手动。选择自动模式时，则判断采集的数据是否超出阈值并使执行器自动进行相应操作；选择手动模式时，则手动控制执行器进行相应操作，同时将执行器状态上传至云端。

5 试验结果

5.1 远程环境监控模块测试

OneNET 平台界面显示如图 5 所示，采用 OneNET 中国移动物联网开放平台进行界面显示，用户可以远程查看温室大棚的环境，包括土壤湿度、空气湿度和光照强度等信息，做到足不出户对温室环境信息进行远程监控，时刻掌握农作物生长环境信息，还可通过手动远程控制执行器，并同时查看执行器状态。

5.2 手动控制执行器测试

测试条件：通过控制操作界面上的执行器开关查看系统中各个执行器的状态。根据实际记录的数据统计见表 2。如在操作界面点击 LED 按钮后，LED 被点亮，OneNET 平台上的按钮开关显示开启状态，点击关闭，LED 灭，开关状态显示关闭。

6 结语

该文提出了一款基于 STM32F407

的智能温室大棚系统，该系统包括 PC 端的上位机客户端和基于 STM32F407 的数据采集端。系统具有调节温室大棚空气湿度功能、控制大棚光照强度功能、采集土壤湿度功能以及自动灌溉功能，OLED 可实时显示当前大棚环境信息，还实现了数据的远程传输，在远程端可进行可视化直观展示，使该文研究的智能温室大棚系统具有成本低、安全性高且性能稳定的优势。

表 2 执行器状态测试记录

执行器	指令	执行器状态	OneNET显示
LED	开	亮	ON
LED	关	灭	OFF
灌溉系统	开	开	ON
灌溉系统	关	关	OFF
遮光布电机	开	开启	ON
遮光布电机	关	关闭	OFF

参考文献

- [1] 祁建伟, 姜丕杰, 赵天阳, 等. 基于 ZigBee 无线通信的粮库温湿度监控系统[J]. 科教导刊(上旬刊), 2019(31): 44-45.
- [2] 孙硕硕, 郭刘飞, 徐志业, 等. 智能温室大棚控制系统设计[J]. 黄河科技学院学报, 2019(2): 76-78.
- [3] 李康, 周晓, 何慧华, 等. 基于物联网的温室大棚环境监测控制系统[J]. 信息与电脑(理论版), 2018(21): 86-90.

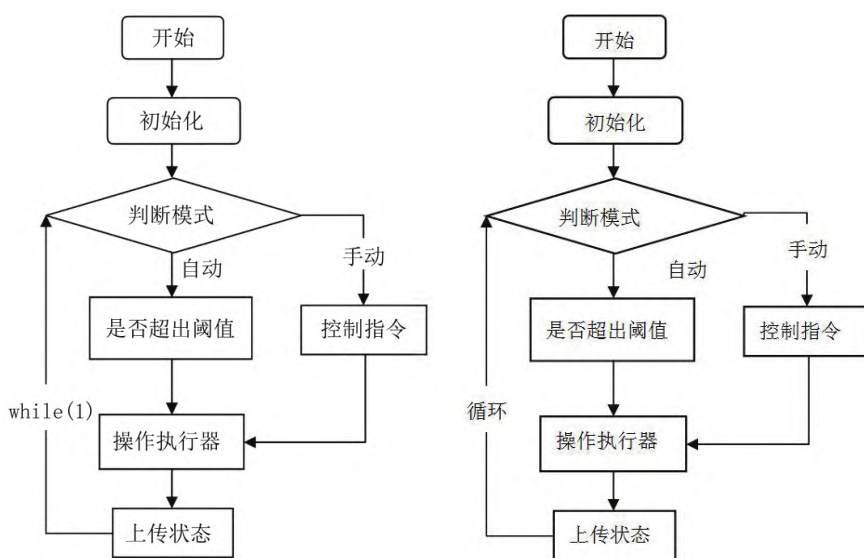


图4 执行器程序流程图

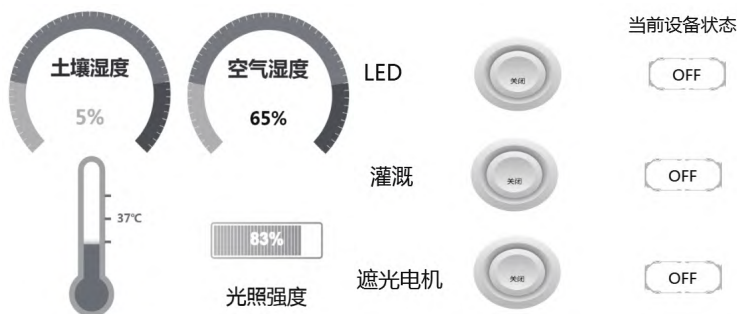


图5 OneNET 平台界面显示