

基于 STM32 的智慧农业大棚多传感器数据采集与远程 APP 监控系统

杨大春

广东松山职业技术学院, 广东 韶关 512126

DOI: 10.61369/TACS.2026060006

摘 要 : 伴随农业现代化的发展趋势, 智慧农业也应运而生, 在传统的农业大棚中, 对于环境的监控并不完善, 并不能够达到精确化的要求。文章设计实现了以 STM32 为核心的智能农业大棚多传感器数据采集及远程 app 监控系统, 提高农业生产智能化程度。本系统采用 STM32F103C8T6 单片机作为主控芯片, 并利用多种类型的传感器来获取温室内部的各项参数信息, 最后通过 WIFI 把收集到的数据传送到远方的服务器上, 在任何时间都可以用手机 app 来观察大棚内的情况, 并对其进行操作管理。经过一系列的测试发现此系统有着很高的精确度以及很好的稳定性和较低的成本, 提高了生产率, 有利于发展智能农业。

关 键 词 : STM32; 智慧农业大棚; 多传感器数据采集; 远程 APP 监控

Multi-Sensor Data Acquisition and Remote APP Monitoring System for Smart Agricultural Greenhouses Based on STM32

Yang Dachun

Guangdong Songshan Polytechnic, Shaoguan, Guangdong 512126

Abstract : With the trend of agricultural modernization, smart agriculture has emerged. Traditional agricultural greenhouses lack comprehensive environmental monitoring and fail to meet precision requirements. This paper designs and implements an STM32-based multi-sensor data acquisition and remote APP monitoring system for smart agricultural greenhouses to enhance agricultural production intelligence. The system utilizes an STM32F103C8T6 microcontroller as the main control chip and employs various sensors to collect internal greenhouse parameters. The collected data is then transmitted to a remote server via Wi-Fi, enabling real-time observation and operational management of the greenhouse through a mobile APP at any time. Testing demonstrates that the system offers high accuracy, excellent stability, and low cost, improving productivity and facilitating the development of smart agriculture.

Keywords : STM32; smart agricultural greenhouse; multi-sensor data acquisition; remote APP monitoring

引言

伴随着科学技术的发展, 以物联网技术为依托的智慧农业逐渐成为现代农业发展的趋势之一, 并将彻底颠覆传统的农业生产方式。智慧农业中运用了先进的物联网、云计算以及大数据等相关技术手段来实现整个农业生产活动的精确性及自动化控制。而在智慧农业的大棚种植过程中, 如何有效获取并调整好大环境下所存在的各种相关参数, 则直接影响到农作物最终所能获得的产量及其质量的好坏程度。所以设计一套基于多种类型的数据收集以及远程 APP 监控的相关设备组成的智慧农业大棚系统, 在一定程度上能够有效地改善当前农业生产中的管理模式并且使有限的资源得到充分利用。

一、基于 STM32 的智慧农业大棚多传感器数据采集

(一) 传感器选型与布局

在智慧农业大棚环境监测系统中, 正确地选取并安置好相应的传感器对于保证所收集的数据完整、准确至关重要。温湿度传

感器一般由一种用以感知温度变化的热敏电阻以及用于感应相对湿度改变的电容器组成, 这种类型的传感器反应速度较快、准确性较高并且价格便宜, 适合于在农业生产中长时间的观察记录。而对于光照强度这一参数, 则大多会选配 BH1750 这类数字式的光强传感器, 在其中应用了光电二极管将接收到的光线转化为电

项目信息: ARM 嵌入式系统, 2023JPKC03。

作者简介: 杨大春 (1983.03—), 女, 辽宁大连人, 广东松山职业技术学院, 讲师, 硕士, 研究方向为智能控制技术, 公开发表学术论文 6 余篇。

子形式再经过芯片处理从而达到非常高的精度，可以很好地适应各种植物所需要的光照条件。

土壤湿度传感器方面，利用频域反射（FDR）或者时域反射（TDR）方法工作的传感器如 YL-69 等，这种类型的传感器的工作方式就是根据所测得的土壤的介电系数的变化量来计算出土壤中的水分情况，在实际应用过程中具备较强的抵抗外界因素的能力，并且稳定性能良好，在土层内部可以长时间的应用。除此之外还可以选择 MQ 系列的气体传感器用来测定大棚内的空气状况，这样就可以有效的将其中的 CO₂ 以及一些挥发性的物质（比如 VOCs）给检测出来，以此为基础就能够更好的帮助植物成长。

在传感器布局策略上，根据大棚的位置及农作物种类的不同来合理地安排。如温度、湿度传感器要平均分布在各个地方，不能放在离热源或者风口太近的地方以免出现异常情况导致结果不准确，光强感应器最好放置在棚顶正中处以便得到最真实的光线信息，而土壤湿度过程需要按照植物根部生长范围分成几部分埋入地下才能得出比较真实的结果等。这样就可以使整个系统更加完善可靠，在以后的工作中可以起到很好的作用。

（二）传感器数据采集电路设计

利用 STM32F103 完成高效的环境检测也是由一个重要的步骤就是设计好传感器的数据采集电路，需要将信号处理成符合模数转换的要求，比如像 DHT11 这种类型的温湿度传感器提供的就是一个单总线上的数字信号，可以直接连接到 STM32 中的某个端口上，然后用程序去分析得到的结果来获得相应的数值信息。而像光强传感器 BH1750 这样的设备则是提供了 I²C 的数字信号，那么就只需要让与之对接即可，不需要任何其他的操作就可以轻松地读出结果，这样子也使得我们的硬件更加简单化。

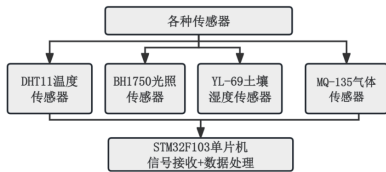


图 1：STM32 的传感器数据采集流程

对于土壤湿度传感器 YL-69 等模拟输出型传感器，因此还需要设计一个信号调理电路来满足 STM32F103 内部自带的 ADC 所要求的工作范围是（0 ~ 3.3）V。即利用运放实现比例放大功能将传感器发出的微小电压值进行放大，并且加上低通滤波器可以消除其中存在的高频率噪音影响，提升整体的质量。除此之外还可以在传感器与中间添加上光电隔离电路，这样就实现了对于两者间模拟信号以及数字信号的电气上的完全隔断，降低共模干扰所带来的误差。

（三）数据采集软件设计

在 STM32 上的数据采集软件设计对于保证整个智慧农业大棚环境监测系统的正常运行有着重要的意义。主程序中需要对 STM32 所使用的硬件设备进行相应的配置，例如要对其进行 GPIO 端口、定时器以及 I²C 接口还有 ADC 模块的设定等操作。然后就是利用中断函数来处理各个传感器的信息而不会影响到主程序做别的事情，这样就能加快反应速度，同时也能节省资源。

定时采集也是在设计中比较重要的一部分，在程序中可以利用 STM32 内部的定时器来达到定时的效果，以获取到相应的时间点的数据信息。比如温度、湿度等传感器的变化速度很缓慢，则可以在每隔 10min 的时候就对其进行一次数据的读取工作，而像光强这样的传感器，需要将其时间间隔减小，如每隔一分钟就可以对其实施一次数据的读取操作。当然也可以采取滑动平均法将多个数据值进行综合计算之后得到一个较为准确的结果，这样可以避免出现一些不稳定的状况。

（四）数据存储与处理

对于智慧农业大棚环境监测系统来说，在获取到相关数据之后需要将这些信息保存起来，并且对其进行一定的处理工作才能够保证其能够被利用以及方便后期的数据分析工作开展。而由于 STM32F103 所自带的 Flash 内存大小一般较小，大约只有 64K ~ 256K 左右，所以只能用来存放相关的程序代码或者一些重要的设置值等，不能够用作长时间地大量环境数据的储存用途。为能够安全地保存大量的环境信息，在实际应用中一般会选用一些外部的储存器来存放这些数据，比如 MicroSD 卡或者 EEPROM 芯片等。而由于 MicroSD 卡具有较大的容量、较低的成本以及方便扩充的特点，利用 SPI 总线将 MicroSD 卡与 STM32 相连接，则可以很好地完成对它的快速读取和写入工作，并且符合实时性要求。

在数据初步处理方面，为消除噪音以及一些不正常的数据带来的影响，在获取到数据之后一般会利用各种数字信号的方法来进行一定的处理。比如将几个相邻的采样点相加取值得到一个结果，并以此作为当前时刻的结果来进行下一步操作就是一种常用的滑动平均法，可以有效地降低数据曲线并且可以减少其中存在的高频率成分。而另一种则是中位数滤波法，在某个范围内选择其中一个位置上的数值代替原有的数值，除此之外还可以采取周期性的校正措施或者运用相关的动态补偿算法等手段去解决由传感器漂变所造成的误差问题，这样就可以保证长时间内获得更加稳定的数据。

（五）数据采集系统性能测试

为检验所设计的基于 STM32 的智慧农业大棚多传感器数据采集系统的合理性和可行性，在对其进行实验时需要检测其精确度以及稳定性和功耗等方面的情况。对于精确度来说，则是利用高精密度的设备来测定本系统中的数据，并且将其同其他高精密的仪器得到的结果做比较，从而判断出该系统的准确程度如何。如用标准温湿度表来检测 DHT11 的数值大小，经过实验发现它的测得数据差值不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 3\% \text{ RH}$ ，在农业环境中是完全符合要求的，针对 BH1750 光照强度传感器来说，采用专业的光度仪做比较试验，偏差范围为 $\pm 5\%$ ，可以很好地反映出大棚中的光照情况的变化。

二、基于 STM32 的智慧农业大棚多传感器远程 APP 监控系统

（一）数据传输方式选择

对于智慧农业大棚多传感器数据采集与手机 APP 远程监控系统而言，数据传输方式的选型直接决定系统的实时性、运行稳定性与整体建设成本。目前适用于农业物联网监测的主流无线传输方式

主要包含 WiFi、蓝牙、GPRS 三种,各传输方式的性能与适用场景存在明显差异。其中蓝牙技术功耗较低,但传输距离短、传输速率有限,仅适用于设备近距离调试和本地数据查看,无法满足大棚远程监控的使用需求;GPRS 技术可实现远距离传输,适配无宽带的偏远场景,但需要配备物联网 SIM 卡、产生长期流量费用,且传输带宽较小、数据实时性较差,后期运维成本相对更高。

相比之下,WiFi 无线传输技术具备带宽充足、传输速率快、实时性强、硬件成本低廉、无需额外流量费用等核心优势,能够稳定、高效地传输大棚各类环境传感器数据。大棚园区普遍配有宽带网络,可直接搭建局域网 WiFi 环境,适配性极强。WiFi 模块可与 STM32 单片机稳定通信,快速完成数据上传与指令接收,完美支撑手机 APP、电脑终端的远程实时监控需求。综合传输速率、实时性、经济性、场景适配性等多方面因素,本系统最终选用 WiFi 无线传输方式完成大棚监测数据的远程传输工作。

(二) 远程服务器搭建

远程服务器是智慧农业大棚监控系统的核心枢纽,主要承担数据接收、储存管理、数据分析与指令下发等核心工作。本系统采用云端平台架构,依托中国移动 OneNET 物联网云平台搭建远程服务端,实现大棚环境数据的实时接收、解析、处理与展示。

系统整体采用分层设计架构,共分为数据采集层、数据传输层、数据存储层与应用服务层四个层级,架构清晰、功能完整。数据采集层主要部署各类环境传感器,实时采集大棚内温湿度、光照强度、土壤湿度、VOCs 气体浓度等环境参数;数据传输层通过 WiFi 无线通信技术,将 STM32 单片机处理后的传感器数据实时上传至 OneNET 云平台;数据存储层依托云端分布式数据库,分类存储大棚历史环境数据、设备运行状态数据,实现数据的长期留存与规范化管理;应用服务层面向用户开放数据查询、环境数据分析、设备状态监测、远程设备控制等功能,支持手机、Web 端多终端访问,最终实现对智慧农业大棚环境的全方位、智能化远程监控与管理。

(三) 远程 APP 设计

远程 APP 作为智慧农业大棚多传感器数据采集及监控系统中的一个用户操作平台,其功能模块的设置将影响到用户的感受以及该应用软件的实际作用程度,本研究开发配套远程监控 APP,以期能够给用户带来更加方便快捷的视觉效果。主要的功能模块有用户登陆、数据显示、数据查看、警报提示、设备操控等等。其中在用户登陆这一部分采用的是 OAuth2.0 来完成对于用户的身份验证工作,并且保证只有被允许的人才能进入应用程序当中去获取相关的数据信息。数据实时显示也是该软件的一个重要组成部分,在远程中,采用 WebSocket 的方式与远程服务端建立一个长时间的链接,并且可以及时地了解在大棚中的各种环境因素的变化情况。用户可以在屏幕上看到这些数据并且以图形或者表格的方式来展示出来,例如温度、湿度以及光强等等。历史数据查询中可以设置时间段以及设备种类来查找相应环境数据并能将查找到的结果保存下来以供查看,在此过程中还能够选择是否需要将结果进行导出以便于后期研究。在报警提醒中根据设定好的条件一旦发现环境参数超出了正常的数值就会通过手机短信或者电子邮件的方式告知使用者。



图2: STM32+ESP8266 云端监测系统流程

(四) 系统安全性设计

对于智慧农业大棚中的多个传感器的数据收集以及通过手机 APP 实现远距离的监控,在整个系统的设计当中,安全性的考虑也是非常重要的一环。本文主要通过对数据的传送、用户的登录验证及访问权限等几个方面来建立一套较为完善的安全性保护机制。其中,在数据的传送这一块儿主要是利用了 AES-128 加解密的方式将所获取到的原始信息进行了加密操作,从而保证这些数据在整个传递的过程中不被盗用或者修改。

(五) 远程监控系统性能测试

为检验系统是否达到预期效果,在本次实验过程中针对该系统的数据传输稳定性和响应速度以及兼容性等方面进行全面检测与分析。其中对于系统的响应速度方面主要就是检查手机应用程序(简称 APP)通过服务器获得最新信息时所花费的时间长短问题。经过一系列的试验发现,该软件程序的平均响应时间是 1.2s,最长不会超过 3 s,完全符合用户的需要。为让其更快地作出反应,在服务器上改进了数据库查找的方法并且利用缓存技术将经常使用的数据提前存储起来以减少搜索所需要的时间。

在兼容性测试中,本文针对各种主流手机如 Android 以及 iOS 平台对其进行了全方位的测试,在各个设备及操作系统的版本下都可以正常使用。同时还可以通过多个浏览器来对其进行访问,用户可以通过 pc 机上的 chrome 或者 firefox 等浏览器来进行登陆并查询相关的数据,从而实现对于设备的相关控制,提高了其应用范围。

三、结束语

本文提出采用 STM32 的智慧农业大棚中多个传感器数据收集以及 APP 远程监控系统的方案,在合理的选用并布置各种传感器的基础上,配合精确的数据采集电路和程序的设计,能够达到对整个大棚内部环境参数进行全面且准确地检测的目的。并且利用了高效的通讯手段和稳定可靠的远端服务器结构使得用户可以随时用手机等设备查看到大棚内的状况并对之实施远程操控。经实际验证,所提出的方法不仅具有较高的数据采样精度而且有着较好的数据传输效果和较强的远程监控能力,为生产活动提供了一个良好的参考标准。

参考文献

- [1] 张步峰;李国利;刘培玉.基于 STM32 的农业大棚远程监控系统设计[J].科学技术创新,2023,(27):205-208.
- [2] 郑敏桦;曾鹏宇;陈浩.基于 STM32 的智能一体化智慧农业大棚设计与实现[J].电子制作,2024,32(1):106-108.
- [3] 洪进;洪允廷.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.
- [4] 张伟涛;刘保菊.智能化蔬菜大棚的设计与实现[J].工业控制计算机,2023,36(5):154-155.
- [5] 李联鑫;梁冀;林雪琼;李才懿.物联网大棚农作物生长环境参数监测系统的设计[J].电子制作,2024,32(2):50-53.