

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2105887

基于 Qt 的大棚温湿度监控系统设计

李锦明 张志豪

(中北大学 仪器与电子学院 太原 030051)

摘要: 针对现代化大棚种植技术的需要,设计一种能够实时监控大棚温湿度变化,并将结果实时显示到电脑上,以便用户能够时刻了解大棚内部温湿度变化。系统采用 DS18B20 采集温度数据;采用 HR202L 采集湿度数据,以 XC7Z020 为逻辑控制核心对采集的温湿度数据进行编帧处理,通过串口总线将处理的数据发送到 Qt 上位机上,Qt 将接受到的数据进行可视化处理,以界面的形式实时显示大棚内部温湿度变化,并根据提前设置好的阈值对大棚内温湿度进行相应的调整。实验表明,与传统的人力劳动相比,该系统可以有效的减少成本,提高大棚内农作物的产量,增加人们的经济效益。

关键词: 实时监控;Qt 上位机;温湿度;编帧;可视化

中图分类号: TN91 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1

The design of the temperature and humidity monitoring system of the greenhouse based on Qt

Li Jinming Zhang Zhihao

(School of Instrument and Electronics, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In response to the needs of modern greenhouse planting technology, a design that can monitor the temperature and humidity changes in the greenhouse in real time, and display the results on the computer in real time, so that users can always understand the changes in temperature and humidity inside the greenhouse. The system uses DS18B20 to collect temperature data; uses HR202L to collect humidity data, uses XC7Z020 as the logic control core to frame the collected temperature and humidity data, and sends the processed data to the Qt host computer through the serial bus, and Qt processes the received data. Visual processing, real-time display of the temperature and humidity changes in the greenhouse in the form of an interface, and corresponding adjustments to the temperature and humidity in the greenhouse according to the threshold set in advance. Experiments show that compared with traditional human labor, the system can effectively reduce costs, increase the yield of crops in the greenhouse, and increase people's economic benefits.

Keywords: real time monitoring; Qt host computer; temperature and humidity; framing; visualization

0 引言

随着电子技术的飞速发展,现代化种植技术在农业大棚种植中发挥了越来越大的作用^[1]。众所周知,空气温湿度、光照强度、土壤湿度等对于农作物的生长影响较大,传统的大棚环境温湿度参数都需要人利用仪器设备进行实地监测,然后根据测试结果人工进行大棚温湿度调整,这不能保证大棚温湿度一直处于恒定区域,并且这也大大增加人工投入的成本。由于白天和夜晚的温湿度差异显著,为了保持全天温湿度处于一个恒定状态,设计一种自适应的大棚温湿度监控系统尤为重要。

目前,国内外有关温室大棚的研究也有很多,如:基于单片机的温湿度监控设计,某高清 LCD 温湿度显示设计等^[2-4]。这些研究往往只是针对温室大棚的单方面设计,而对智能化大棚既能实时采集大棚温湿度,又能在上位机美观地显示温湿度曲线没有系统研究。由于单片机处理指令是顺序执行的,而本系统采用 FPGA 作为主控, FPGA 处理指令是并行执行,从而大大提高了指令的执行效率。国内外监控显示一般都是通过在单片机编写 LCD 显示程序,由于在单片机上编写 LCD 显示需要大量的逻辑显示程序,维护性差,并且,设计的界面也不美观;而本系统采用 Qt 编写上位机进行显示,由于 Qt 是集 GUI 库于一身的面向对

收稿日期:2021-03-04

象的可视化设计软件,不仅界面美观、操作简单,而且维护性强^[5]。本系统采用一系列温度、湿度等传感器对大棚内农作物生长的环境进行精确的测量,利用闭环反馈系统对测量的数据进行及时的处理并对大棚内温湿度环境作出及时的调整,从而使大棚内的温湿度处于恒温、恒湿状态,并将大棚内的温湿度变化实时显示在上位机上。

1 系统硬件设计

系统硬件部分主要由 XC7Z020 主控、DS18B20 温度传感器、HR202L 湿度传感器、加湿器、通风机、电热器组成。XC7Z020 主控按照温湿度传感器的读写时序读取温湿度传感器采集的数据并将接受的数据进行编帧化处理,然后通过 RS232 总线传输到上位机;XC7Z020 主控根据上位机发送的报警信号对加湿器、通风机、电热器进行相应的控制,以此使大棚内的温湿度达到植物生长所需的要求。系统总体结构如图 1 所示。

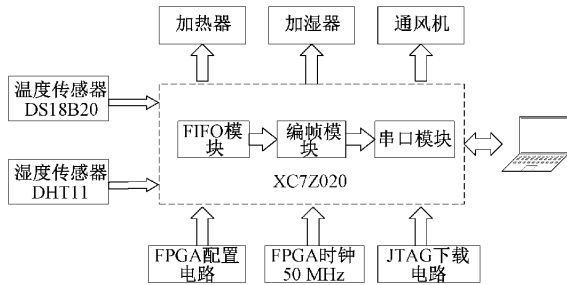


图 1 系统总体结构

1.1 温度传感器 DS18B20

由于大棚环境特殊,系统采用 DS18B20 采集大棚内的温度,该传感器提供 9~12 位摄氏温度测量。DS18B20 通过单总线与中央处理器通信,它的工作温度范围为 -55℃~+125℃,且精度为±0.5℃。此外,DS18B20 可以直接从数据线驱动电源,无需外部电源。最后,处理器可以在大面积的区域控制多个 DS18B20 温度传感器。DS18B20 具有体积小、可设分辨率、抗干扰能力强、精度高、报警功能、非易失性用户可编程的上下触发点等特点^[6]。DS18B20 的内部电路结构如图 2 所示。

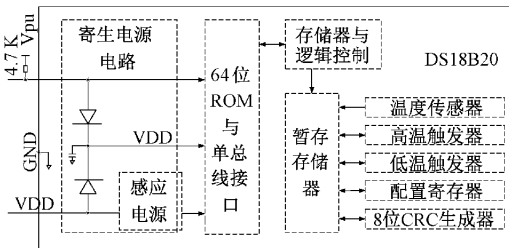


图 2 DS18B20 的内部电路结构

1.2 湿度传感器 HR202L

系统采用湿度传感器 HR202L 采集大棚内的湿度,HR202L 是采用有机高分子材料的一种新型湿度敏感元

件,具有感湿范围宽、响应迅速、抗污染能力强、无需加热清洗及长期使用性能稳定可靠等诸多特点。适用于大气环境测量、农业、测量仪表等应用领域。测量范围:95%RH 以下(非结露),它检测精度±5%RH。

1.3 串口电路设计

FPGA 将温湿度传感器采集的信号通过编帧处理,然后通过 RS232 串口发送至上位机。RS232 采用负逻辑进行传送数据,规定逻辑“1”的电平为 -5~-15 V,逻辑“0”的电平为 +5~+15 V^[7]。选用该电气标准的目的在于提高抗干扰能力,增大通信距离。系统采用 MAX232 作为传输芯片,芯片的第 7 引脚 T2OUT 与 DB9 的第 2 引脚 RX 端相连,芯片的第 8 引脚 R2IN 端与 DB9 的第 3 引脚 TX 端相连,从而完成 FPGA 与上位机的串口通信。串口收发电路如图 3 所示。

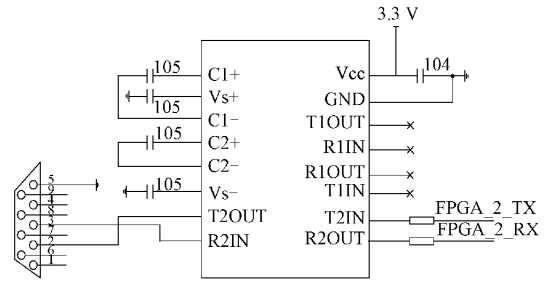


图 3 串口收发电路

2 软件设计

系统软件部分主要由 FPGA 数据采集和 Qt 编写的上位机组成^[8]。FPGA 程序是在 vivado 中通过 Verilog 语言编写完成的,系统接收来自大棚内各传感器采集数据,通过将这些数据进行编帧处理,通过串口传输到上位机,串口采用的波特率为 115 200 B/s。在 Qt 中用 C++ 语言编写上位机,上位机接收串口传输的数据,通过处理以曲线图的形式呈现给用户,可以让用户实时监测到大棚内的温度和湿度,以确保植物处于良好的生长环境。

2.1 DS18B20 数据采集模块

根据 DS18B20 的工作原理,它是采用单总线与主控芯片 FPGA 进行通信的,由于它输出的就是数字信号,因此无需采用模数转换器。DS18B20 是在低功耗空闲状态下上电的。主控与 DS18B20 所有的通信的开始都源于主机向其发送复位脉冲信号,该复位脉冲信号的持续时间至少 480 μs,然后主控芯片释放单总线,等待 DS18B20 的应答,等 DS18B20 将总线拉低的时间为 60~240 μs,说明 DS18B20 已经准备好开始温度转换;为了启动 DS18B20 开始采集温度,就需要主控芯片向其发送温度转换命令 44H,在其转换过程期间,其采集的数据存储在暂存器 2 Byte 温度寄存器中,然后 DS18B20 返回空闲状态。如果 DS18B20 的供电是由外部电源提供的,主控可以在温度转换命令发出之后,再通过单总线向 DS18B20 发送“读时隙”,“读时

隙”命令发送完以后,如果 DS18B20 还处于温度转换期间,DS18B20 将通过单总线向主机发送低电平“0”信号;如果 DS18B20 温度转换完成,它将会向主机发送高电平“1”信号。当 DS18B20 温度转换完成以后,主控芯片向其发送存储器命令 BEH,然后再向 DS18B20 发送读时隙,DS18B20 才会将存储器中的数据发送给主控芯片;如果不向 DS18B20 发送读时隙,DS18B20 是不会对主控芯片进行响应的。当主控芯片接受完 DS18B20 中存储器数据后,需要重新给 DS18B20 发送初始脉冲复位,让 DS18B20 重新采集温度数据。图 4 为 DS18B20 温度采集流程。

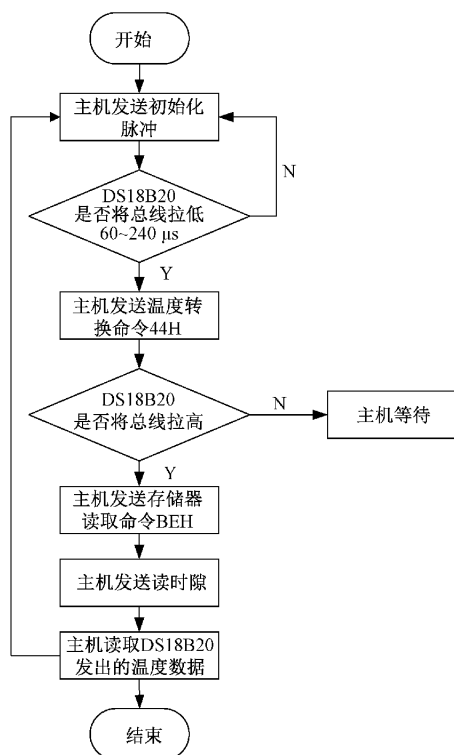


图 4 DS18B20 温度采集流程

2.2 FIFO 模块

为了同步 DS18B20 温度数据和 HR202L 湿度数据的采集,采用 FPGA 内部自带的 FIFO 模块^[9]。根据 DS18B20 温度采集模块数据采集时序图所知,本系统采用外部电源供电,时序分为初始化 DS18B20、ROM 命令、DS18B20 功能命令,完成这些时序命令至少需要 15 ms,而湿度传感器完成一次数据采集需要 30 ms,为了能够同时采集温湿度的数据,系统采用先大后小法,也就是先采集湿度数据,然后将湿度数据存储到 FIFO 中,最后采集温度数据,温度数据采集完以后,将数据存储到 FIFO 中,以便后续编帧模块处理数据。

2.3 编帧模块

由于系统要同时采集温湿度数据,因此为了防止温湿度数据混乱,导致上位机无法处理数据的情况发生,需要将 FIFO 中的数据在发送串口之前,给有效数据添加帧头和

帧尾,这样才有利于上位机对串口发送的数据进行解析处理。系统采用 2 Byte 的帧标记,帧头为 90H,帧尾为 91H。帧头,帧尾和有效数据如表 1 所示。

表 1 温湿度数据帧结构

信号	数据大小/Byte	编帧
帧头	1	90H
温度	2	XX
湿度	2	XX
帧尾	1	91H

2.4 上位机界面设计

本上位机的设计理念是将下位机采集的数据进行集中监控、显示。用户通过上位机可以实时观察大棚内的温湿度变化,实现用户对数据快速观测。上位机的系统界面主要包括:用户的注册界面、登录界面以及操作界面^[10]。

本上位机的系统设计界面主要功能如下:

1) 用户数据信息注册与登录。该功能主要与数据库结合在一起,用来保存用户登录所需要的用户名与密码,数据库采用 Qt 自带的 QSQLITE 数据库。

2) 操作界面主要实时显示大棚内温湿度数值,也可以通过曲线图观测大棚内的温湿度变化。

(1) 结构设计

上位机界面设计简洁,主要实现用户的注册,登录,并实时显示大棚内温湿度变化^[11]。上位机的结构原理如图 5 所示。

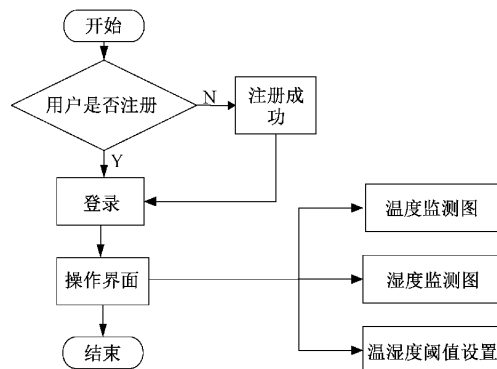


图 5 上位机的结构原理

(2) 上位机登录界面设计与实现

图 6、7 分别为用户登录界面与注册界面。当用户为新用户时,需要先注册,才能进行登录,负责无法登录,也就不能进入后面的操作界面;当用户已经注册完毕,数据库就会保存用户的个人信息,当登录时,系统就会从数据库中查找用户的个人信息,当查找成功时,系统就会进入操作界面^[12]。

(3) 上位机操作界面设计与实现

上位机操作界面采用清晰明了的界面,可以使用户快



图 6 用户登录界面

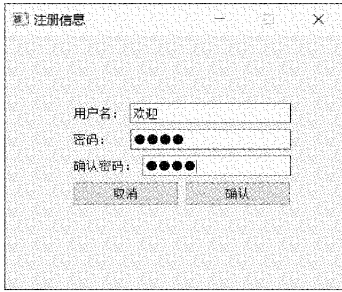


图 7 用户注册界面

速上手。该界面主要包括上位机与下位机是否连接成功、下位机数值显示、温湿度阈值设置、报警提示、温湿度周期采样设置、温度监测图、湿度监测图。如图 8 所示为上位机操作界面。



图 8 上位机操作界面

该界面设计核心主要是上位机与下位机的数据通信^[13]。在串口按钮打开之前,需要先设定大棚温湿度上下限阈值以及温湿度采样周期值,由于大棚内蔬菜生长所需的温度范围为 20℃~30℃,所需的湿度范围为 20%~45%,为了能够让蔬菜有最好的生长环境,本系统设置的大棚温度范围为 21℃~29℃,湿度范围为 25%RH~38%RH,为了能同时采集温湿度传感器,温湿度采样周期设置为 1 s。当上位机的串口成功打开时,会提示连接成功,否则会提示连接失败。当下位机向上位机传输数据时,上位机会先检测该数据是否有数据帧头 90H,若有,则进行数据计数,当数据个数记到 4 时,对第 5 个数据进行判断,若该数据是数据帧尾 91H 时,则对帧头和帧尾的数据进行温湿度

数值转换处理,使这些数值变成用户可以识别的温湿度数值,由于上位机对温湿度传感器采集的数据放大了 1 000 倍,所以上位机在处理数据时,需要将接收的数据缩小 1 000 倍,这样的数据才是现实中大棚实际的温湿度数值,然后在上位机上进行显示。

3 系统测试

系统将温湿度传感器与 FPGA 主控芯片连接在一起,通过 XC7Z020 将数据编帧传输给上位机;系统采用 Qt 编写上位机软件,提供了便捷的人机交互界面,用可视化界面显示大棚内部的温湿度数据^[14]。

为了更好地检测大棚温湿度监控系统,根据农作物生长环境的要求,将大棚内的温度阈值设置为 20℃~30℃,大棚内的湿度阈值设置为 25%RH~38%RH,然后人为地调整大棚内的温湿度变化,为了能够精确的反映大棚内的温湿度数据,每次在调整完大棚内的温湿度后,在该条件下,测量 60 个温湿度数据,从而求得该条件下的大棚温湿度平均值,将该值作为当前大棚内温湿度值。表 2 为大棚温度变化设备状态表;表 3 为大棚湿度变化设备状态表。

表 2 大棚温度变化设备状态表

大棚内温度/℃	设备状态
-10.5	加热器工作
0	加热器工作
5.7	加热器工作
20.6	无
25.4	无
30.7	通风机工作
40.4	通风机工作

表 3 大棚湿度变化设备状态表

大棚内湿度/%RH	设备状态
5.5	加湿器工作
10.6	加湿器工作
25.7	无
30.9	无
35.6	无
40.8	通风机工作
50.7	通风机工作

由表 2 和 3 所得,首先将大棚内的温度设置到 -10.5℃,上位机检测到此时大棚的温度低于上位机所设的最低阈值 20℃,于是,将会向下位机发送大棚温度过低报警指令 01H, FPGA 接受到上位机的报警指令后,根据接收到指令的数值,来判断该报警指令属于哪一种,从而控制下位机中的外设进行工作,当下位机检测到 01H 指令后,立即控制加热器进行工作,只要上位机检测大棚的温度小于上位机所设的最低温度阈值时,就不会向下位机发送停止报警指令 10H,下位机也就一直保持加热器进行工作,当

大棚温度一直升上到上位机所设的最低温度阈值时,上位机就会向下位机发送停止报警指令 10H,下位机接到停止报警指令 10H,就会停止加热器进行工作,也就是表 2 中显示的大棚温度从 -10.5°C 上升到 5.7°C ,大棚内的加热器一直处于工作状态,直到大棚内的温度大于 20°C ,加热器停止工作,和表中 20.6°C 外设状态一致。当温度处于 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$,上位机不发送报警指令,下位机的外设也就不进行工作,和表中 20.6°C 和 25.4°C 下位机外设表现一致;当大棚温度高于上位机所设最高温度阈值 30°C 时,上位机就会向下位机发送 02H 报警指令,下位机接收到 02H 指令后,就会控制通风机进行工作,直到温度低于 30°C 时,上位机发送停止报警指令 20H,下位机接受到 20H 后,就会停止通风机进行工作,表中 30.7°C 和 40.4°C 与理论一致;同理,当大棚内的湿度低于上位机所设最低湿度阈值 $25\%\text{RH}$ 时,上位机就会向下位机发送 03H 报警指令,下位机接受到 03H 指令后,就会控制加湿器进行工作,当大棚内湿度高于 $25\%\text{RH}$ 时,上位机就会发送 30H 停止报警指令,下位机接受到 30H 时,就会控制加湿器停止工作,和表中 $5.5\%\text{RH}$, $10.6\%\text{RH}$ 表现一致;当大棚内的湿度处于最低湿度和最高湿度之间时,下位机控制外设不工作;当大棚湿度高于上位机所设最高湿度阈值 $38\%\text{RH}$ 时,上位机就会向下位机发送 02H 报警指令,下位机接收到 02H 指令后,就会控制通风机进行工作,直到温度低于 $38\%\text{RH}$ 时,上位机发送停止报警指令 20H,下位机接受到 20H 后,就会停止通风机进行工作,表中 $40.8\%\text{RH}$ 和 $50.7\%\text{RH}$ 与理论一致;通过以上分析,从而可以使大棚内的温湿度一直处于上位机所设的温湿度阈值范围内,如图 9 和 10 分别为系统正常工作下温度曲线和湿度曲线。

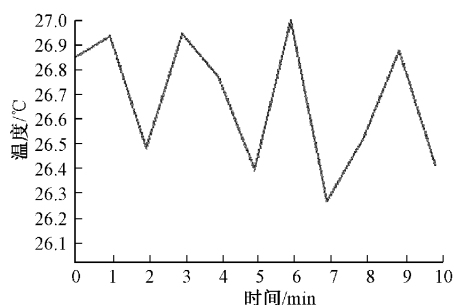


图 9 温度曲线

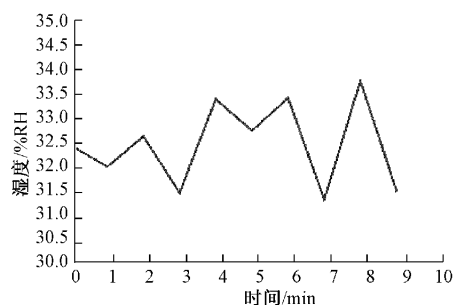


图 10 湿度曲线

通过以上测试,表明该系统能正常工作。大棚内的温湿度一直处于植物最适宜生长的程度,与传统的人力劳动相比,可以有效的改善农作物的生长环境,提高农作物的产量,增加用户的收入。

4 结 论

系统针对传统大棚所需大量劳动力,成本高,效率低,农作物产量低的特点,设计了一种自反馈的温湿度环境调节系统。在系统测试与调节过程中,系统能够实时采集大棚内的温湿度数据,并且能通过串口实时发送到上位机上,供用户观测大棚内的温湿度变化;并且该系统具有自调节功能,使大棚内的温湿度时刻处于用户要求的范围内,大大节约了用户的成本,提高了农作物的产量^[15]。在远程传输数据方面,该系统有所不足,在之后的研究中,将采用网络通信替代串口通信,使数据可以实现远距离通信,从而更加方便用户管理大棚^[16]。

参考文献

- [1] 冯文杰,殷同同,李金平. 温室中温度和湿度无线传感系统的设计与应用[J]. 计算机科学与应用,2013(3): 42-48.
- [2] 王欢,黄晨. 高精度无线环境温湿度测量系统设计研究[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(3):211-216.
- [3] 李刚,程志峰. 基于FPGA的实时电子稳像[J]. 仪器仪表学报,2013,34(S1):8-13.
- [4] 王春宇,张斌,韩旭,等. 基于STM32的大口径望远镜温湿度监测系统[J]. 电子测量技术,2020,43(16): 28-31.
- [5] 周颖,张海宇,刘翔. 四旋翼飞行器的温湿度环境采集系统[J]. 国外电子测量技术,2019,38(10):88-92.
- [6] 贾福荣,王俊伟. 基于52单片机串口通信温度显示仪表设计[J]. 河套学院学报,2015,12(4):73-75.
- [7] 常子欣. 基于labVIEW的温室大棚测控系统设计[J]. 中国科技信息,2019(9):74-75.
- [8] 崔琪,顾金良,刘庆国,等. 基于DSP+FPGA的高速数据采集系统的设计[J]. 国外电子测量技术,2020, 39(1):93-98.
- [9] 聂晓音,王宁,李悦,等. 蔬菜大棚的温湿度监控系统设计[J]. 自动化应用,2016(12):38-40.
- [10] 楼泽宇. 一种汽车安全预警装置的设计[J]. 数字技术与应用,2017(5):206-209.
- [11] 方雨纯. 基于CSerialMFC的串口调试助手程序实现[J]. 科技创新与应用,2016(12):89-89.
- [12] 吕玄兵,陈智杰,宋子建,等. 异步串行通信的研究与实现[J]. 计算机系统应用,2015(6):231-234.
- [13] 燕丽红,林志雄,杨星. 基于Windows 7操作系统和Qt技术的电子相册设计[J]. 现代电子技术,2014, 4(37):30-34.

- [14] 张树军,丛秋梅,蒋丹丹. 温室内温湿度检测系统设计[J]. 国外电子测量技术,2017,36(10):119-122.
- [15] 刘有奇,刘通,钟琪,等. 农村温室大棚智能监控系统新方向进展研究[J]. 现代农业研究,2020,49(1):36-37.
- [16] 陈宏,王维洲,廖志军,等. 基于智能控制的温室大棚监控系统研究[J]. 国外电子测量技术,2019,38(3):117-121.

作者简介

李锦明,副教授,硕士生导师,主要研究方向为动态测试、数据采集。

E-mail:44382214@qq.com

张志豪,硕士,主要研究方向为数据采集、存储。

E-mail:1142204676@qq.com