

# 基于 STC 单片机的智能化病房 温控系统设计与实现

李 裴<sup>1</sup>, 刘 慧<sup>1</sup>, 李满堂<sup>1</sup>, 朱 莉<sup>1</sup>, 王换换<sup>2</sup>

(1. 徐州医科大学附属医院 信息处, 江苏 徐州 221002; 2 徐州医科大学, 江苏 徐州 221000)

**摘要:** 该文以搭建具有模块化、智能化、精确化性质的病房温控系统为目标, 对部分三甲医院现有温控系统展开了具体研究, 对其现有问题展开了分析, 提出和设计了一种基于 STC 单片机的智能化病房温控系统; 该系统以 PC 端系统作为上位机端, 单片机硬件系统作为下位机端, STC89C51 作为单片机主控板, 温湿度测量使用 DHT11 传感器, 室内 CO<sub>2</sub> 浓度采用 T6713-5K 传感器测量, 并通过接口将数据传输至单片机, 温湿度及 CO<sub>2</sub> 浓度等信息通过 LCD1602 显示屏展示, 同时通过 PID 算法参数调整, 实现室温调节, 另外上位机端设置蜂鸣器对超出温湿度及 CO<sub>2</sub> 浓度阈值的进行预警; 经实验测试该系统实现了病房温湿度的有效控制及病房环境数据的可视化; 经实际应用满足了部分医院病房温湿度智能化控制要求, 使温湿度维持在 20~25 °C 和 40%RH~55%RH 之间。

**关键词:** STC 单片机; 病房温控系统; 下位机; 可视化

## Design and Mplementation of Intelligent Ward Temperature Control System Based on STC Single Chip Microcomputer

LI Pei<sup>1</sup>, LIU Hui<sup>1</sup>, LI Mantang<sup>1</sup>, ZHU Li<sup>1</sup>, WANG Huanhuan<sup>2</sup>

(1. Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221006, China;

2. Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China)

**Abstract:** With the goal of building a modular, intelligent and precise ward temperature control system, this paper conducts a specific study on the existing temperature control systems of some tertiary hospitals, analyzes their existing problems, and proposes and designs a An intelligent ward temperature control system based on STC single-chip microcomputer; the system uses the PC terminal system as the upper computer terminal, the single-chip hardware system as the lower computer terminal, the STC89C51 as the single-chip main control plate, the temperature and humidity measurements using DHT11 sensor, indoor CO<sub>2</sub> concentration measurement using T6713-5K sensor, and simultaneously the data is transmitted to the single-chip microcomputer through the interface, the temperature and humidity and CO<sub>2</sub> concentration and other information are displayed on the LCD1602 display screen, and at the same time, the PID algorithm parameters are adjusted to realize the room temperature adjustment and CO<sub>2</sub> concentration threshold for early warning; through experimental tests, the system realizes the effective control of ward temperature and humidity and the visualization of ward environmental data; through practical application, the intelligent control of temperature and humidity in some hospital wards is satisfied, which keeps the temperature of 20 °C to 25 °C and the humidity of 40%RH to 55%RH.

**Keywords:** STC microcontroller; ward temperature control system; lower computer; visualization

## 0 引言

医疗水平的快速发展使得人们对医院整体环境质量提出了更高要求, 尤其是病房区的条件配置, 是影响病患病情恢复的重要因素。而温湿度等作为病房环境重要组成因素, 如何对其进行有效控制, 并减少温控系统资源浪费, 是当前病房温控系统建设面临的主要问题。

据调研, 相似气候条件下, 与发达国家相比, 我国单位面积建筑所消耗的热量要高出 1~2 倍。据研究, 在国内

供暖系统中, 大型供暖系统的节能潜力平均约为 12.5%, 造成能源浪费的主要原因包括建筑保温性能差、热计量方法不合理, 室温调节机制不完善等<sup>[1-2]</sup>。

对于温控系统的设计, 科研人员已经开展了多项研究。并根据温度控制目标的不同, 分为动态温度跟踪与恒温温度控制, 在工业化生产、农业生产以及室温控制等方面均有涉及<sup>[3-5]</sup>。在已开展的各项研究中, 研究人员提出的 PID 控制算法<sup>[6-7]</sup>、智能温度控制法<sup>[8-9]</sup>、基于模糊逻辑描述

收稿日期: 2022-01-28; 修回日期: 2022-02-11。

基金项目: 江苏省科技厅产学研合作项目(BY2018124); 徐州市科技计划项目(KC20112)。

作者简介: 李裴(1981-), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事医疗卫生信息化相关方向的研究。

引用格式: 李裴, 刘慧, 李满堂, 等. 基于 STC 单片机的智能化病房温控系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(3): 126-132.

的控制算法、模糊 PID 温度控制技术<sup>[10-11]</sup>等常用于工业化生产、农业生产以及数学模型构建等, 对于医院病房温度控制的研究相对较少。同时由于现有部分病房温控系统分辨率与精度低、管理人员水平有限、系统智能化程度不足, 导致病房温控效果并不理想。

在国外, 学者对温控系统及室内温控装置进行了较多研究, Monetti 等使用 Energ-yPlus<sup>[12]</sup> 软件对某住宅使用散热器温控阀使供暖能耗进行动态仿真模拟, 使节能效果提升 2%~10%; Tahersima<sup>[13]</sup> 等利用散热器温控阀的基础上提高了维护结构保温性能, 供暖能耗下降 50%; Baek<sup>[14]</sup> 等设计了一种基于模糊目标温差的水利地板辐射采暖自适应室外复位控制系统, 该系统能够确定热量供应时间和开关时间, 且系统具有有效性。

在国内, 宋春宁<sup>[15]</sup> 等提出了基于 ADHDP 的 PEMFC 温度控制方法, 利用 Matlab/ Simulink 仿真平台设计温度控制器, 使电堆温度超调量仅为 0.59%, 小于 HDP 的 0.94%; 窦子文等<sup>[16]</sup> 设计了基于前馈-反馈符合控制的光学晶体温度调节器, 通过引入双闭环控制的前馈补偿控制, 并基于 ARM+FPGA 架构的 TEC 驱动模块, 实现高频、高精度的 PWM 驱动控制, 使系统的精度可控制的宽温范围在-30℃~130℃; 宋佳良等<sup>[17]</sup> 对一种具有室温居里点的新型 PTC 材料 PID 控温性能展开研究, 降低了温度超调, 提高了控温精度。

学者对温控系统的设计开展了较多研究, 但适用于病房的温控系统却少有研究, 因此该文设计了一种基于 STC 单片机<sup>[10]</sup> 的智能化病房温控系统。该系统利用温湿度传感器以及 CO<sub>2</sub> 浓度传感器对病房温湿度及 CO<sub>2</sub> 浓度进行实时检测, 通过 LCD1602 显示屏显示。在病房温度调整过程中, 可通过 PID 算法<sup>[11]</sup> 的参数调整, 实现病房温度的自控制, 也可利用下位机通过 UART 串口通信将数据传输至 PC 上位机系统中, 管理员根据医院需要更改病房温度阈值, 调整病房区域温度, 病患也可通过室内控制器进行调整, 确保温控系统的灵活性。该系统的研究与设计对于提高温控调节器灵活性、降低医院资源消耗、提升病患入院诊疗满意度具有重要帮助。

## 1 系统整体设计方案

该系统由软件部分和硬件部分组成, 具体执行流程如下:

温湿度传感器 DHT11 对病房实际温湿度进行监测, CO<sub>2</sub> 传感器、CO 传感器等获取病房内各种气体浓度, 数据通过接口及时上传至单片机中。

单片机对收到的温湿度、一氧化碳、二氧化碳等数据后, 进行分析与处理; 同时对温度、湿度的具体值以及 CO 和 CO<sub>2</sub> 的浓度进行分析, 并通过 LCD1602 显示屏展示当前温湿度等的值。

对于所监测的各项参数, 通过单片机中独立的键盘模

块, 对温湿度的阈值进行设置, 当温湿度及各类气体监测值超过限值时, 蜂鸣器模拟的报警系统将发出警报。警报出现后, 模拟的控温系统、加湿系统以及通风系统将根据报警值自动调节, 直到数值恢复到正常范围。

在上述过程中, 单片机通过 UART 串口通信将传感器监测到的温湿度数据发送至 PC 端, 上位机将数据保存至数据库中, 并通过相关技术绘制温湿度的实时曲线。

### 1.1 系统相关参数设计

系统设计中需首先保证相关参数的设计要求, 及相关硬件的使用要求, 参数具体范围如表 1 所示。

表 1 单片机相关参数参考范围

监测内容	允许范围	允许误差	单位
温度	-20~60	±2	℃
湿度	5~95	±5	%RH
CO	0~40	±1	ppm
CO <sub>2</sub>	350~5 000	±7	ppm
供电电压	DC 3.3~5.5	/	V

### 1.2 系统设计目标分析

为确保基于 STC 单片机的智能化病房温控系统能够实时监测病房温湿度, 检测病房 CO<sub>2</sub> 等气体浓度, 灵活控制病房温湿度, 保证病患住院舒适度, 该温控系统的设计需实现以下几点目标。

1) 实时性: 由于病房存在长时间不通风状态, 尤其是较为寒冷的冬季, 会导致室内有害气体浓度上升, 对室内人员造成危害; 同时为确保病患舒适度提高疾病恢复速度, 需控制室内温度在设定阈值范围内, 因此, 该温控系统的设计需具备实时性。

2) 高分辨率、高精度: 长时间不通风状态下易产生 CO<sub>2</sub> 气体, 对病房人员造成不良影响。对此, 需要具有高分辨力和高精度的检测设备来实现对有害气体的检测和记录, 当浓度接近阈值时, 下位机产生预警信息, 通过无线传输至上位机系统, 蜂鸣器警报, 确保病患安全。

3) 灵活性: 通常病房湿湿度的控制由医院温控系统统一管理, 但由于病房类型和病患需求的不同, 要求温控系统具有一定的灵活性, 保证病患或病区医生能够自主设定温湿度阈值, 加快病患病情恢复速度。

### 1.3 系统功能设计分析

为实现该温控系统的预期设计目标, 在该病房温控系统的设计中需实现以下功能:

1) 系统各功能模块独立运行, 当模块出现错误时, 上位机控制端具备错误追踪能力, 能够快速定位错误点, 加快系统恢复进程, 降低系统故障影响。

2) 对于病房的温湿度等环境参数, 系统具备对病房湿湿度的实时监测功能, 同时能够满足病患和管理人员的灵活自调整需求。

3) 当病房温湿度及有害气体超出设定的温湿度与气体

浓度限值时,系统具备报警功能,当出现问题时,能够及时提醒管理员进行调整,提升医护人员处理速度,提高病患入院诊疗满意度。

### 1.4 系统模块化设计

该文设计的基于 STC 单片机<sup>[18]</sup>的智能病房温控系统采用模块化的设计原则,将系统分为主控模块、数据采集模块、数据处理展示模块、串口通信模块以及自动控制模块,各模块功能如下。

1) 主控模块:该模块负责系统的整体运行,提供下位机终端设备与各传感器的控制功能,并通过中央处理器 CPU、程序存储器 RAM、数据存储器 ROM、多种 I/O 口和终止系统、定时器/计数器以及 UART 串口通信与各模块进行通信,保证硬件系统稳定运行。

2) 数据采集模块:数据采集模块包含温湿度采集板块和气体监测模块,由 DHT11 传感器、CJMCU-MiCS-6814 传感器以及 T6713-5K 传感器组成,可利用主控模块将传感器和 A/D 转换器将传输的电压信号转化为数字信号,然后在 LCD 屏显示。

3) 串口通信模块:该模块是单片机将检测到的数据值发送到 PC 端的重要通道。

4) 自动控制模块:该模块是当温湿度和相关气体浓度超过既定阈值,蜂鸣器开启报警,温控板块、加湿板块以及通风板块自动工作调节温湿度至正常范围。

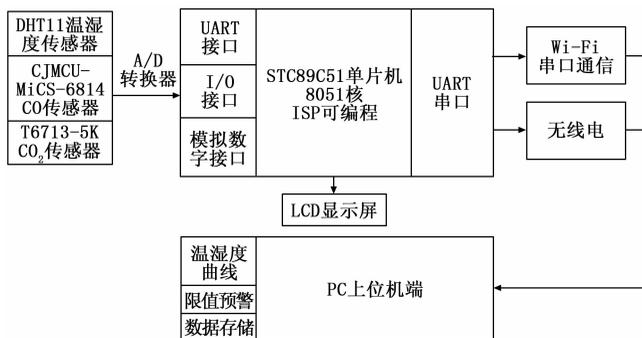


图 2 系统硬件架构图

构,芯片集成通用 8 位中央处理器、ISP Flash 存储单元以及 MAX810 专用复位电路(外部 20 M 以下时,可省外部复位电路)。

CPU 结构采用流水线和简化的指令集和,工作电压为 5 V,时钟频率为 0~35 兆赫兹,正常工作时电压为 48 兆赫兹,应用程序存储空间为 12 k、10 k、8 k、6 k、4 k、2 k Byte,随机存取存储器为 512 字节,EEPROM 以 512 字节为一个扇区,起始地址为 Flash+1 (0×2 000),有 23 或 27 个通用 I/O 口,电压幅为之后准双向口可设置成准双向口/弱上拉、推挽/强上拉、仅为输入/高阻以及开漏 4 种模式,内部集成 MAX810 专用复位电路,当外部晶体晶振低于 20 兆赫兹,外部复位电路省略不用。时钟源部分,外部有高精度晶体,内部采用 R/C 振荡器。常温下内部 R/C 振荡器频率为 5.2~6.8 兆赫兹。

本次设计中,单片机选用 PDIP 封装方式,引脚部分 P<sub>0</sub> 口由 8 个相同结构引脚组成;P<sub>1</sub> 口通常用作通用 I/O 端口,可用作按拉寻址处理;P<sub>2</sub> 口可作为普通输入输出,也可以在系统外部扩展存储器,输出高 8 位地址;RST 为复位端口,ALE/PROG 输出 1/6 角频率的方波;PSEN 作为外部程序存储器选通讯号;EA/VPP 作为访问外部程序存储器的控制信号,XTAL1 是振荡器逆变放大器和内部时钟发生器电路的输入端,XTAL2 是 XTAL1 的输出端。

### 2.2 数据采集模块

数据采集模块包括温湿度信号采集板块、CO 气体浓度采集板块、CO<sub>2</sub> 气体浓度检测模块。

温湿度传感器选用 DHT11 传感器,包含 3 个引脚,P1 (GND),接地,电源负极;P2 (DATA),船型数据,单总线,接单片机 IO 口;P3 (VCC),电源引脚。数据由 8 bit 湿度整数数据+8 bit 湿度小数数据+8 bit 温度整数数据+8 bit 温度小数数据+8 bit 校验位;微处理器(M<sub>0</sub>)与 DHT11 通信约定,其中 M<sub>0</sub> 作为主机,DHT11 为从机。具体过程 M<sub>0</sub> 通知相应信息准备接收数据,DHT 发送信号准备结束内部信号,DHT 的测试环境的温湿度数据和记录数据的开始信号为下次 M<sub>0</sub>。整个过程中,DHT 输出 80 μs 低电平作为应答信号,输出 80 μs 高电平,作为通知微处理器准备接收数据的通知。

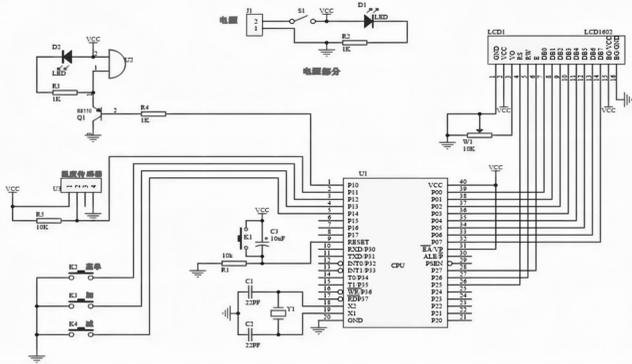


图 1 系统电路图

## 2 系统硬件设计

病房温控系统由主控模块、数据采集模块、数据处理与显示模块、串口通信模块以及自动控制模块组成。整体系统硬件架构如图 2 所示。

### 2.1 主控模块

主控模块作为下位机核心单元,需保证下位机端各模块稳定运行,设计中采用基于 8 位单片机处理芯片 STC89C51RC 系统的 STC89C51 单片机,该单片机基于 51 核心板,作为 8051 核的 ISP 可编程芯片,最高时钟频率为 80 MHz,内含 4 k Bytes 的可反复擦写一千次,Flash 只读程序存储器,兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结

CO 传感器采用 CJMCU-MiCS-6814, 该传感器除可检测 CO 浓度外, 还可对 NH<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub> 等气体进行监测。该传感器具有体积小、适应能力强、功耗低、检测灵敏度高、监测范围广等优势, 传感器的 5 个引脚分别对应 CO、NH<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、GND、+5 V。具体参数配置如表 2 所示。

表 2 CJMCU-MiCS-6814 参数表

项目	参数范围
工作电压	DC 4.9~5.1 V
工作温度	-30~85 °C
工作湿度	5~95%RH
模块尺寸	16.9 * 14.1 * 3.2 mm
CO 浓度范围	1~1 000 ppm
NO <sub>2</sub> 浓度范围	0.05~10 ppm
NH <sub>3</sub> 浓度范围	1~500 ppm

CO<sub>2</sub> 传感器选用 T6713-5K 气体传感器, 传感器大小为 30 mm×15.6 mm×8.6 mm, 准确率的范围为 400~5 000 ppm±/-30 ppm±3% 到 400~2 000 ppm±/-25 ppm±3% 之间, 温度依赖性为每摄氏度 5 ppm 或每摄氏度读数的 0.5%, 以较大者为准, 压力一般为每毫米汞柱读数 0.13%, 90% 的跃阶变化响应时间 < 3 分钟, 信号每 5 秒更新一次, 传感器本身的存储条件在 -30~70 摄氏度之间。该传感器融合了体积小、精度高、可靠性强、功耗小、测量范围大、响应时间短等优势, 相关参数如表 3 所示。

表 3 T6713-5K 参数表

项目	参数
工作电压	DC 4.5~5.5 V
工作温度	-10~60 °C
测量精度	400~5 000 ppm±70 ppm
CO <sub>2</sub> 测量范围	0~5 000 ppm
允许湿度范围	0~95%RH

设计中选择的各种传感器所需满足的各种工作条件互不排斥, 且均具有较高的精确度, 能够在复杂环境中稳定运行, 保证了温控系统整体的可靠性。

### 2.3 显示模块

采用 LCD1602 液晶显示屏, 双行显示, 每行 16 字符, 工作电压为 4.5~5.5 V, 工作电流为在 5 V 电压下为 2 毫安, 字符尺长为 2.95×4.35 (长×宽) 毫米, 显示屏中包含 16 个引脚, 第 2 引脚为 VCC 接 V 电压, 第 3 引脚 VL 为液晶屏显示对比度调节端口, 第 4 脚 RS 选择寄存器, RS=0, 选择数据寄存器, RS=1, 选择指令寄存器, 第 6 引脚 E 为 Enable, 高电平转低电平时, 表示可用, 能实现命令, 第 7~14 引脚, D0~D7 是 8 位双向数据线。另外 LCD1602 中关键性指令设置了清屏指令、设置模式指令、显示开关控制指令、功能设定指令等。

### 2.4 预警模块设计

预警模块主要负责对超出预警值的监测信息进行报警,

确保病房环境安全。具体硬件设计如下。

预警模块由蜂鸣器、发光二极管以及 LED 组成。电子蜂鸣器作为集成结构, 选用直流稳压电源, 应用场景广泛, 设计中通过设置不同的频率使蜂鸣器发出不同声音, 作为不同监测值的报警信息。设计中使用有源蜂鸣器, 在其两端加载 5V 的直流电压, 当单片机 P1.5 输出一个低电平时, 蜂鸣器响, 实现报警。

发光二极管由含镓 (Ga)、砷 (As)、磷 (P)、氮 (N) 等化合物制成, 由于 LED 体积小, 常作为电路指示灯。该文设计中使用红色发光二极管作为自动控制模块中的一部分, 当蜂鸣器报警时, LED 模拟加湿系统, 调节病房湿度, 控温系统调节病房温度, 通风系统调节病房空气质量。

### 2.5 按键模块设计

该系统对硬件系统按键模块的设计中采用独立键盘的方式, 一个按键对应单片机的一个 I/O 口引脚。设计的总份数从 K1 到 K3, 共有 3 个按键式开关, K1、K2、K3 分别连接单片机 P3.1、P3.0 以及 P3 的 2 个 I/O 口, 用来改变湿度的上下限阈值。键盘模块为低电平, 按键未按下时, 上拉电阻确保单片机 I/O 口具有一定的高电平, 当某个按键按下时, I/O 口变成低电平。

## 3 系统软件设计

系统的软件设计主要分为上位机和下位机两部分, 软件部分采用 STC89C51 系统进行 C 语言的编辑, Keil C51 提供了完整的开发方案, 本次设计在 Win10 环境下运行。

### 3.1 单片机软件系统

主程序控制各模块, 负责接收温湿度传感器的温湿度数据、接收 CO 传感器和 CO<sub>2</sub> 传感器检测的气体数据, 并向 PC 端传送串口数据、LCD 液晶屏显示温湿度, 进行按键检测调节温湿度上下限。主程序设计如下:

```
void main()
{
    uchar i;
    UsartInit(); // 串口初始化
    LcdInit(); // 液晶功能初始化
    LcdShowInit(); // 显示功能初始化
    Flengshan = 0;
    AlarmTL = EEPROM_Read(0x2000);
    //从 EEPROM 的 0x2000 位置读取温度的报警下限
    AlarmTH = EEPROM_Read(0x2001);
    AlarmHL = EEPROM_Read(0x2002);
    AlarmHH = EEPROM_Read(0x2003);
    while(1)
    {
        sendSerialPortMessage(); // 串口传输
        Datapros(); // 接收 CO2 数据
        ReadDhtData(); // 检测温湿度数据
        LcdGotoXY(1,2); // 光标定位温度处
        LcdPrintNum(temp); // 显示温度值
```

```
LcdGotoXY(1,11); // 定位湿度处
LcdPrintNum(humi); // 显示湿度值
AlarmJudge(); // 判断报警信息
for(i=0;i<25;i++)
{
    KeyScanf(); // 按键扫描
    DelayMs(20); // 延时
}
}
```

### 3.2 DHT11 温湿度数据收集程序设计

DHT11 能够读取 5 个字节，连续读 40 bit。当遇到低电平时，是 while（低电平），等待；为高电平时，就延时 30 μs，然后读电平，若读到低电平，说明已经到达第二个 bit，而之前那个 bit 是 0，返回（1）；如果是高电平，说明我们还在这个 bit，bit 是 1，则 while（高电平）等待，等转换到 bit 的低电平，返回（1），具体程序设计如下。

```
while(DHT11_P); //将测量数据赋予定义好的变量
HumiHig = DhtReadByte();
HumiLow = DhtReadByte();
TemHig = DhtReadByte();
TemLow = DhtReadByte();
Check = DhtReadByte();
DHT11_P = 1;
if(check HumiHig+HumiLow+TemHig+TemLow)
{
    Temp = TemHig;
    Humi = HumiHig;
}
}
```

### 3.3 接收串口数据关键代码

接收串口数据前首先对串口进行初始化操作，注册串口驱动程序，在初始化过程中，先取出相应的 UART \_ Port，然后对其初始化，获取虚拟机地址，获取终端号，复位 FIFO；接着添加 UART \_ Port-UART \_ add \_ one \_ Port，创建属性文件，最后初始化动态频率调节，关键代码如下。

```
SerialPort1 = newSerialPort("COM5", 4800, Parity. None, 8, StopBits. One); //初始化串口设置
Public delegate void Displaydelegate (byte[] InputBuf);
Byte[] OutputBuf = new Byte[128];
public Displaydelegate disp_delegate;
string str;
Public From1()
{
    disp_delegate = new Displaydelegate (DispUI);
    serialPort. DeataReceived += new;
    SerialDataReceivedEvent Handler(Comm_ DataReceived);
    InitializeComponent();
}
```

### 3.4 绘制实时曲线

该部分的设计为实现温湿度的实时监测，并实现温湿度的可视化，便于管理员实时监测温湿度变化趋势，进行相应的限值调整，具体设计如下。

```
private void timer1_Tick(object sender, Event args e)
{
    timer1. Interval = 500;
    Double newX, newY, newZ;
    newX = i;
    newY = Convert. Todouble(temp);
    newZ = Convert. Todouble(humi);
    Chart1. Series[0]. Points. AddXY(newX, newY);
    Chart1. Series[1]. Points. AddXY(newX, newZ);
    i++;
    if(chart1. Series[0]. Points. Count > 10)//绘画坐标点超过 100 个时,更新 X 时间坐标
```

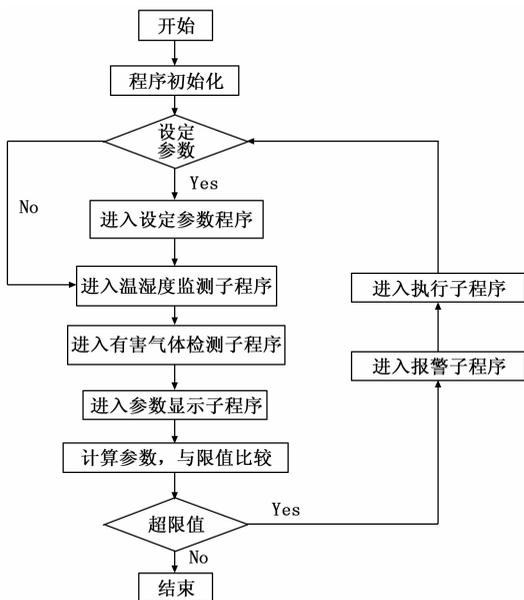


图 3 相关参数监测流程图

```
void ReadDhtData()
{
    uchar HumiHig; //分别设置温湿度的限值
    uchar HumiLow;
    uchar TemHig;
    uchar TemLow;
    uchar check;
    DHT11_P = 0;
    DelayMs(20);
    DHT11_P = 1;
    Delay10us();
    Delay10us();
    Delay10us();
    while(! DHT11_P); //等待
```

```

{
Chart1.ChartAreas["ChartArea1"].AxisX.Minimum = i-
10;//设置 Y 轴最小值
Chart1.ChartAreas["ChartArea1"].AxisX.Maximum = i+
10;//设置 Y 轴最大值
Chart1.ChartAreas["ChartArea1"].AxisX.Interval = 2; //设置
每个刻度的跨度
}
}

```

### 3.5 PID 算法

此外,为实现病房温控系统的智能化,系统设计中使 用 PID 算法<sup>[19-21]</sup>,通过 PID 算法中的参数调整,智能调节 病房温度。

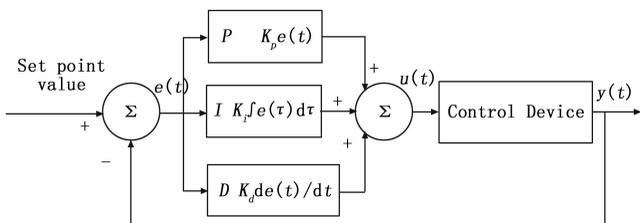


图4 PID 算法框架图

PID 是比例、积分与微分的简称,该算法的关键是控制 参数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  的设置。作为比例控制参数  $K_p$ ,其能够 提高系统的动态响应速度,迅速反应误差,从而减少误差, 但不能消除误差,即  $K_p$  值越大越快, $K_p$  值越小越慢; $K_i$  为积分控制作用,一般用于消除静态误差,静态误差指系 统稳定后输入输出之间存在的差值,当系统存在误差,积 分作用便会致误差不断叠加,便需要输出控制量来消除 误差,当误差为零时,积分停止; $K_d$  则是对偏差的变化趋 势做出反应,根据偏差的变化趋势实现超前调节,提高反 应速度。PID 算法数学表达如下。

设定一个目标温度值,设为  $y_p(t)$ ,实际温度是  $y(t)$ , 则偏差值为:

$$err(t) = y_p(t) - y(t) \tag{1}$$

由图 6 知,得出偏差值  $err(t)$  后,根据 PID 算法的比 例、积分和微分运算,得到控制量  $u(t)$ ,其表达式如下:

$$u(t) = K_p[err(t) + \frac{1}{T_i} \int err(t)dt + \frac{T_d derr(t)}{dt}] \tag{2}$$

其中: $u(t)$  为控制器输出值, $K_p$  为比例系数, $T_i$  为 积分时间常数, $T_d$  为微分时间常数。

积分项  $K_i$  可以化简为:

$$\frac{1}{T_i} \int_0^k err(t)dt = \frac{T}{T_i} \sum_0^k err(k) \tag{3}$$

微分项  $K_d$  可以化简为:

$$\frac{T_d * derr(t)}{dt} = \frac{T_d}{T} [err(k) - err(k-1)] \tag{4}$$

综上,控制量  $u(t)$  公式化简为:

$$u(t) = K_p * err(k) + K_i * \sum_0^k err(r) +$$

$$K_d * [err(k) - err(k-1)] \tag{5}$$

算法执行过程如下:

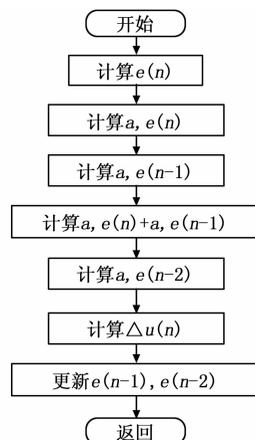


图5 算法执行流程图

## 4 实验结果与分析

系统设计完成后,为确保系统各模块能够正常运行, 将病房温控系统设计的软件、硬件、网络等板块相结合, 开展现实环境中的实践测试,以便及早发现潜在问题并进 行处理。本次实验主要针对硬件系统是否正常运行、温湿 度的限值设置、温湿度的实时曲线显示,结果如下。

### 4.1 硬件系统检测

该部分对电源模块、主控模块、液晶显示模块以及 DHT11 传感器是否正常工作进行检验,首先接通电源查看 电源指示灯是否正常亮起,其次检测 DHT11 传感器是否正 常监测温度,以及 LCD1602 显示屏是否正常开启,并能显 示温湿度传感器上传的温湿度数值,最后检测单片机按键 模块是否能调整温湿度的限值,经检验一切正常。

### 4.2 温湿度阈值设置

本次实验针对冬季病房温度阈值进行设置,考虑病患 舒适度与病患病情恢复速度等因素,决定将温度范围设置 为 20~25℃,湿度为 40%RH~55%RH,结果如下。

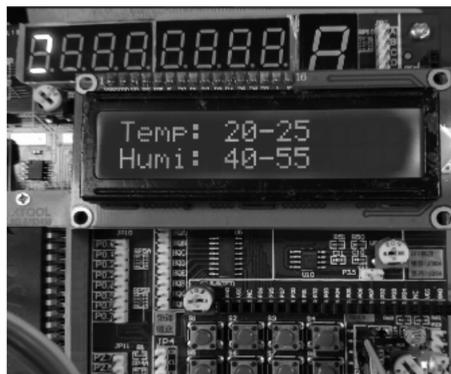


图6 温湿度范围设置测试

### 4.3 温湿度实时监测

为更好地观察病房内温湿度的变化过程,以及全天病

房温湿度变化趋势, 系统设计中在上位机部分设置了温湿度实时变化曲线监测功能, 横坐标为时间变化, 纵坐标为温湿度范围, 具体结果如下。

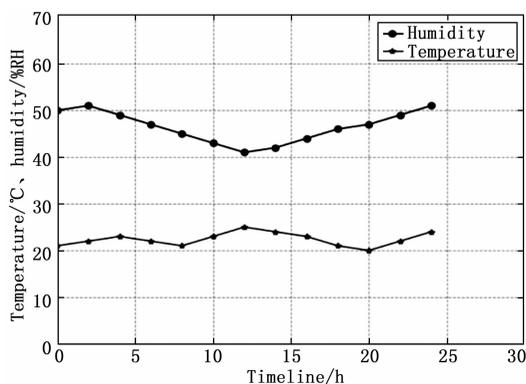


图 7 温湿度实时曲线

经检验, 该文设计的温控系统各部分能够正常运行, 温湿度传感器、一氧化碳和二氧化碳等气体传感器能够正常监测环境温湿度以及其中气体浓度, 并能通过接口将数据上传至单片机中, LCD 显示屏对数值进行显示, 之后通过 UART 串口将数据上传至 PC 上位机端, 实现温湿度曲线的实时绘制, 实验结果达到预期目标。

## 5 结束语

目前, 构建智能化的病房温控系统是解决或缓解医院病房温控资源浪费的重要手段, 其中通过精密有效的测量方式与仪器形成的软硬件系统则是智能化病房温控系统建设的重点。该文利用 STC 系列, 基于 51 核心板的 8051 核 ISP 可编程芯片, 设计基于 PID 算法的智能病房温控系统, 通过温湿度传感器实时监测病房温湿度变化趋势, 期间单片机通过转换器接收传感器上传的温湿度等数据, 利用 UART 串口将数据上传至上位机端进行可视化。通过设置温湿度限值, 使用蜂鸣器建立预警系统, 对超出限值的项进行报警, 管理员通过操作软件系统或硬件系统按键模块, 实现对病房温湿度的范围控制, 确保病房整体环境质量, 为病患提供更良好的病房环境, 有助于病患疾病的恢复。另外, 所选用的各类仪器能够在低功耗下, 长时间稳定运行, 且能保证精确度, 有效降低了管理人员的管理难度。针对该文设计的系统存在的不足, 下一阶段研究中, 将不断完善该温控系统的智能化建设, 并通过引入深度学习算法, 实现系统的高效自我管理。

## 参考文献:

[1] 徐冲, 王海超. 供暖室内温度控制技术综述 [J]. 煤气与热力, 2020, 40 (2): 8-12.

[2] 吴豪, 方潜生, 杨亚龙. 室内环境温控系统建模研究 [J]. 自动化与仪表, 2015, 30 (10): 5-9.

[3] 雷钧, 殷国鑫. 基于太阳能的大棚温控系统设计及试验 [J]. 农机化研究, 2021, 43 (6): 210-213, 218.

[4] 胡扬, 陈成, 华桑曦, 等. 逆流式冷却塔的热力计算研究

与红外热像温控系统设计 [J]. 红外技术, 2021, 43 (3): 225-229.

[5] 王响雷, 杨雨, 薛正兵. 主动制冷型温控系统在捷联式重力仪上的应用 [J]. 导航与控制, 2021, 20 (4): 73-79.

[6] 谭加加, 刘鸿宇, 黄武, 等. PID 控制算法综述 [J]. 电子世界, 2015 (16): 78-79.

[7] 王思孝, 赵文军, 张浩, 等. 基于微分跟踪器的共轴反浆无人机串级 TD-PID 控制算法 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2021, 55 (12): 2359-2364.

[8] 林海波, 王晓曦, 刘爽昕. 一种基于增量式数字 PID 算法的智能温度控制器 [J]. 长春工程学院学报 (自然科学版), 2011 (3): 86-89.

[9] 张迪. 模糊智能控制算法的电阻炉温度控制系统设计 [J]. 九江学院学报 (自然科学版), 2017, 32 (2): 37-39.

[10] 刘礼威. 热电偶自动检定炉模糊 PID 温度控制系统的设计 [J]. 无线互联科技, 2019, 16 (5): 72-75.

[11] 王卫兵, 张惠, 徐倩. 减温减压系统模糊 PID 温度控制器的设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2016, 21 (5): 96-100.

[12] MONETTI V, FABRIZIO E, FILIPPI M. Impact of low investment strategies for space heating control: application of thermostatic radiators valves to an old residential building [J]. Energy and Buildings, 2015, 95 (may): 202-210.

[13] TAHERSIMA F, STOUSTRUP J, RASMUSSEN H. An analytical solution for stability-performance dilemma of hydronic radiators [J]. Energy & Buildings, 2013, 64 (SEP.): 439-446.

[14] BAEK J, CHOI J Y, JANG S Y, et al. Simulation Analysis of Adaptive Outdoor Reset Control based on a Fuzzy Target Temperature Gap for a Hydronic Radiant Floor Heating System [J]. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2010, 9 (1): 251-257.

[15] 宋春宁, 宁正高, 盛勇, 等. 基于 ADHDP 的 PEMFC 温度控制 [J]. 电池, 2020, 50 (5): 4.

[16] DOU Z W, ZHU J C, ZHANG B F, et al. Optical crystal temperature tuner based on feedforward-feedback compound control [J]. Optik, 2019, 183: 423-432.

[17] SONG J L, CHENG W L, XU Z M. Study on PID temperature control performance of a novel PTC material with room temperature Curie point [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2016, 95 (APR.): 1038-1046.

[18] 吴霞, 王燕杰, 李弘洋. 基于 STC 单片机的紫外火焰探测器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (12): 3.

[19] 郭兆明, 李树江, 张俊. 基于模糊 PID 前馈控制的 VRV 空调控制方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (12): 5.

[20] 周艳平, 庄岩. 一种粒子群模糊 PID 控制算法在温室中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (8): 116-119.

[21] 景希, 高国伟. 基于 PID 调节的恒温控制系统 [J]. 计算机测量与控制, 2021, 29 (4): 110-114.