

多点环境温湿度监测系统

吴 渊

(成都信息工程学院 成都 610225)

摘 要: 设计了一种温湿度测量系统, 该系统由单片机测量系统和计算机数据管理系统组成, 可以对现场的温度、湿度进行实时采集, 并通过串行口与计算机进行数据发送与接收。开发过程中吸收了硬件软件化的思想, 大部分功能通过软件来实现, 使电路简单明了, 系统稳定性大大提高。本系统最大优点为温湿度测量的精度已经达到了工业标准, 成本低。该系统适用于气象、工业、农业等领域的温湿度监测。

关键词: 串行通信; 数据处理; 环境监测系统

中图分类号: TP723 **文献标识码:** B

Multi-point temperature and humidity monitoring system

Wu Yuan

(Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225)

Abstract: This paper designed a Dew-point temperature and humidity measurement system, which is consist of Single Chip Measurement System and Computer Data Management System. This system can carry on a real-time acquisition to the scene's temperature, humidity and dew point. It also can send and receive data to computer by serial and computer. During the development process, this system absorbed the idea of making hardware to the software, and most of the functionality through software to achieve, which can make the circuit simple, and greatly enhance system stability. The biggest advantage of this system is the accuracy of the temperature and humidity measurement has been achieved industry-standard, low cost. This system is suitable for the temperature and humidity measurement of the atmosphere, industry, agriculture.

Keywords: serial communication; data processing; environmental monitoring system

0 引 言

随着现代工业的逐步发展, 温度、压力、流量和液位是4种最常见的过程变量。其中, 温度湿度是非常重要的过程变量。例如: 在冶金工业、化工工业、电力工业、机械加工和食品加工等许多领域, 都需要对各种加热炉、热处理炉、反应炉和锅炉的温湿度进行控制。然而用常规的控制方法潜力有限, 难以满足较高的性能要求。采用单片机来对它们进行控制不仅具有控制方便、简单和灵活性大的优点, 而且可以大幅度提高被测温湿度的技术指标, 从而能够大大提高产品的质量和数量。

多点环境温湿度采集与控制网络监控系统是用来对多个生产设备(如锅炉)的温湿度进行分散采集和控制的系统, 在工业生产中有广泛的应用。这种分散控制包括对温湿度的检测及运算处理、控制策略的实现、控制信息的输出以及温度的实时控制等, 实现各回路或生产过程长期可靠地、无人干预地自动运行。该系统的另一个特点是集中管理, 即将各点工作状态、设定值、控制参数等信息上传

给管理计算机, 以实现对各点的实时监控。能对多址的温湿度进行实时巡检。检测结果不仅能显示, 而且对超出允许范围后报警。

1 系统整体设计

多路温湿度检测系统以8051单片机^[1]系统为核心, 能对多点的温湿度进行实时控制巡检。各检测单元(下位机)能独立完成各自功能, 根据主机的指令对温湿度进行实时或定时采集, 测量结果不仅能在本地储存、显示, 而且可以利用单片机串行口, 通过RS485总线^[2]及通信协议将采集的数据传送到主控机, 进行进一步的分析、存档、处理和研究。主控机负责控制指令发送, 控制各个从机进行温湿度采集, 收集测量数据, 并对测量结果(包括历史数据)进行整理、显示和打印。主机(上位机)与各从机(下位机)之间能够相互联系、相互协调, 从而达到了系统整体统一、和谐的控制效果。系统框图^[3]如图1所示。

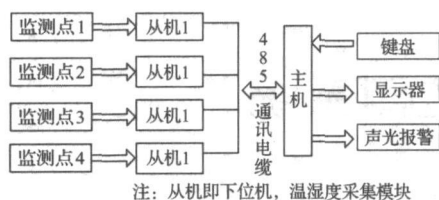


图 1 系统框图

本系统的特点:

具有实时检测功能, 能够同时检测 4 路环境参数;

使用 12 位 AD 转换, 采用采样和工频周期求均值技术, 分辨率达到 16 位, 检测温湿度变化最小值达到 0.007°C ;

使用 RS485 串行总线进行传输, MAX485 驱动芯片进行电平转换, 传送距离大于 1200 m, 抗干扰能力强; 可由主机统一设置系统时间和温湿度的修正值;

可由主控机分别设置各从机的温湿度报警上下限, 主机、从机均具有声光报警功能;

具有定时、整点收集各从机数据功能, 使用 I²C 串行 EPROM, 可保存各从机以往 24 h 的数据, 具有数据更新与掉电保护功能; 具有数据分析功能, 能显示各从机以往 24 h 的温湿度变化曲线与平均值;

从机可显示当前温湿度、时间、报警阈值等信息; 从机之间可通过主机中转进行通信, 根据用户需要观察其他从机实时温湿度值;

主机从机均采用中文点阵式液晶显示器, 人机界面友好; 可扩展打印功能;

从机由 MCU 为控制核心, 具有以下功能: 1) 自检与自诊断功能; 2) 可靠的电磁抗干扰措施; 3) 供电系统的检测管理

从机由单片机(MCU)及外围电路、防死机看门狗电路、状态设置操作按键及显示指示灯电路, 并带小型液晶显示、温湿度传感器、温湿度测量模块、电源处理稳压电路组成的电源模块组成。从机工作环境较差, 箱体设计时具有防水功能, 同时结构上有较强的防护措施, 避免现场施工对设备的破坏。现场接线标志清晰, 方便现场的安装及将来的系统维护。从机构成如图 2 所示。

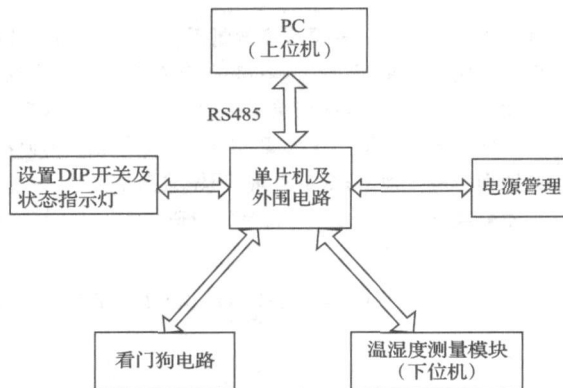


图 2 从机构成框图

2 各模块方案论证与设计

2.1 信号处理和显示单元

如图 3 所示, 信号处理及显示单元采用 8051 单片机作为信息处理单元, 它是从机的核心器件, 对传感器采集来的数字信号进行处理, 转换成相应的温湿度信号, 送液晶进行显示。而且从机能够通过通讯电路将测量数据上传, 接收主机数据(包括系统时间信息、修正值和报警上下限)进行自身信息设置。

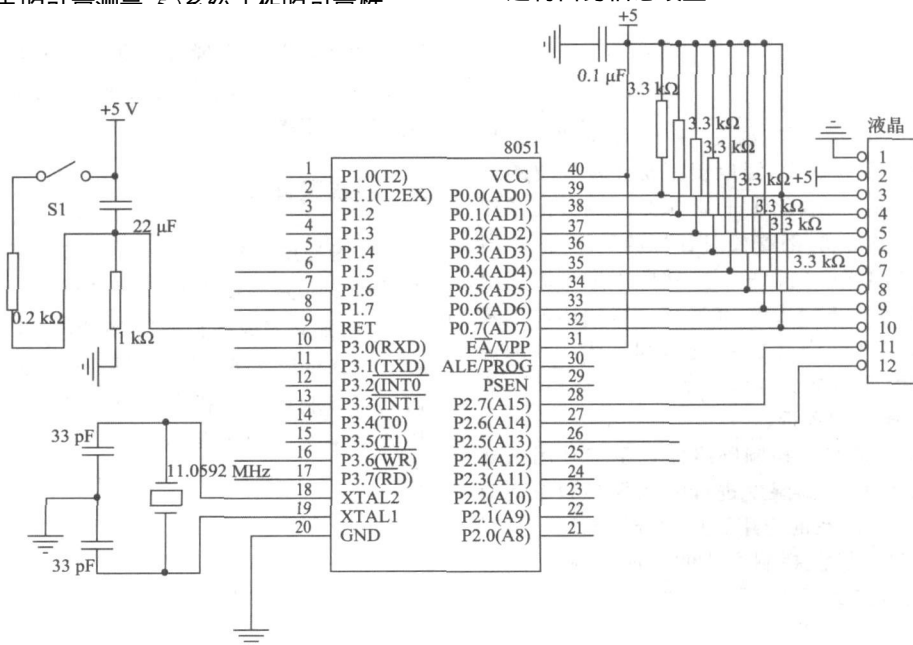


图 3 从机单片机部分电路原理图

2.2 声光报警部分

多路温湿度检测系统^[3]有声光报警功能, 当检测温度超过上下限时, 进行声光提示。本系统在从机和主机部分均设计了报警电路。各从机的报警上下限由主机预置, 从机实时监测的过程中, 一旦发现检测温湿度值^[4]连续超出阈值范围, 便启动自身报警电路, 同时向主控机发送报警信号。报警电路原理如图 4 所示。

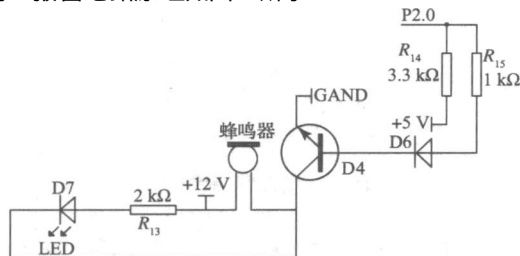


图 4 声光报警电路原理图

2.3 通讯部分

2.3.1 电路设计^[5]

由于单片机串行口输出的是 TTL 电平, 要想实现多机通讯, 必须要将其转换成常用的串行通信总线标准接口电平, 如 RS232 或 RS485。

RS232 适于短距离或带调制解调器的通信场合, 其逻辑电平与 TTL、MOS 逻辑电平完全不同, 需要用 MAX232 驱动芯片^[7]进行电平转换。其主要缺点是数据传输速率慢、传送距离短 (不超过 30 m), 抗干扰能力差, 不能满足题目的要求。RS485 标准接口为差分驱动结构, 它通过传输线驱动器把逻辑电平变换为电位差, 完成信号的传递, 具有传输速率快、传送距离长 (可传 1200 m)、抗干扰能力强等优点, 允许一对双绞线上一个发送器驱动多个负载设备。所以本系统使用 RS485 总线进行传输, 采用 MAX485 驱动芯片进行电平转换。原理图如图 5 所示。

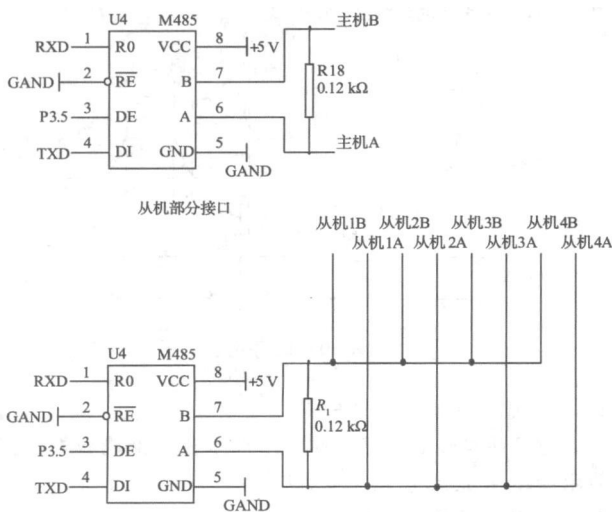


图 5 RS485 总线接口电路原理图

2.3.2 通讯协议建立

作为一种具有分布式控制思想的温湿度测控系统, 本系统首先要解决的是主机与从机之间的数据通讯问题, 除了建立硬件电路基础外, 还要定义系统的软件通讯协议^[8]。协议规定如下:

- 1) 主、从双方波特率均设置为 9600 bps。
- 2) 主从双方初始状态均设置为串行中断方式。
- 3) 主机发送的格式为: [起始符] [从机地址] [命令字] [数据] [数据/命令字校验] [地址校验]

当从机接收到主机发送的命令时, 从机先检验是否为自己的地址, 如果是则回复主机且执行相应命令, 否则不做响应。

- 4) 从机应答的格式为: [起始符] [本机地址] [命令字] [数据] [数据/命令字校验] [地址校验]

5) 主机接收到从机应答后, 知道从机完成响应。则去干其他事情; 否则继续发送。发送 3 次不响应则视为线路故障;

6) 从机发送与从机应答基本相同, 主机发送与主机应答基本相同。

7) 从机不主动发送命令或数据, 一切都由主机控制。

系统进行温度检测工作的过程: 首先, 主控机针对需要检测的从机发出巡检指令, 通过串口送出, 经接口电路加载至通讯线电缆端口, 成功确认应答信号后转为数据接收状态; 各从单片机同时接收到经通讯接口输入的巡检指令, 并与自身地址编码比较, 若编码一致则产生应答信号, 然后将采集到的数据发送回主机, 发送完毕在切换至采集信号并等待响应接收中断状态; 主机将接收到的全部数据经校验判断无误后, 发送数据处理机构计算、显示, 如数据传输有误, 则指令从机重发数据。

2.4 数字温湿度传感器部分

2.4.1 数字温湿度传感器 DHT9x 介绍

数字温湿度传感器 DHT9x (如 DHT 90), 用于相对湿度、湿度测量。DHT9x 是利用 SHT1x 传感器, 重新在国内封装得到。因为 SHT1x 不方便手工焊接, 很容易在焊接的时候, 由于温度过高造成传感器直接损坏, 因此我们采用了 DHT90 温湿度传感器。它利用回流焊机, 极为精确地控制焊接温度, 保证传感器不会在焊接过程中受损。焊接完成后逐一对传感器进行电性和精度检测, 以确保每一个传感器都是合格的。DHT9x 采用标准的 2.54 mm 插针, 可以直接与标准 2.54 mm 插座配合使用。DHT9x 外形接近 SHT7x, 性能和 SHT7x 完全一样, 价格又比 SHT7x 便宜很多, 是替换 SHT7x 的理想产品。

优点:

- 1) 全标定输出, 无需标定即可互换使用;
- 2) 卓越的长期稳定性;
- 3) 两线制数字接口, 无需额外电路;
- 4) 超小尺寸;
- 5) 自动休眠;

- 6) 超快响应时间;
7) 比 SHT7x 更低的价格。

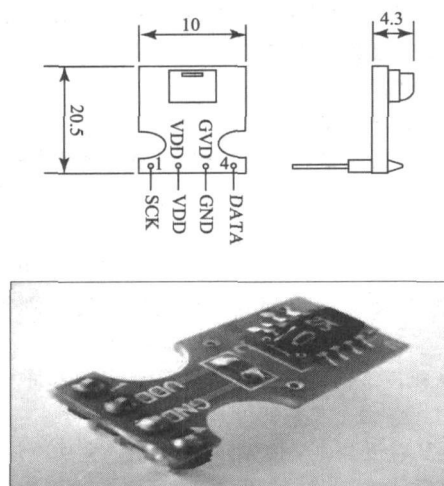


图 6 传感器结构及外观

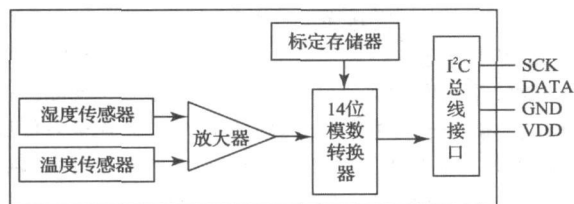


图 7 传感器内部结构框图

2.4.2 典型应用电路(图 8)

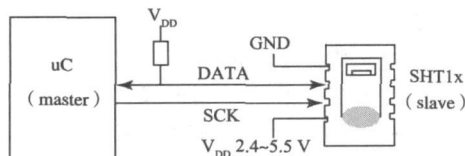


图 8 典型应用电路

1) 电源引脚: SHTxx 的供电电压为 2.4~5.5 V。传感器上电后,要等待 11 ms 来完成“休眠”状态。在此期间无需发送任何指令。电源引脚 (V_{DD} , GND) 之间可增加一个 100 nF 的滤波电容。

2) 串行接口(两线双向): SHTxx 应用的串行接口技术,在传感器信号读取及电源损耗方面都做了优化处理;但与 I²C 接口不兼容。

串行时钟输入(SCK): SCK 用于微处理器与 SHTxx 之间的通讯同步。由于接口包含了完全静态逻辑,因而不存在最小 SCK 频率。

串行数据(DATA): DATA 三态门用于数据的读取。DATA 在 SCK 时钟下降沿之后改变状态,并仅在 SCK 时钟上升沿有效。数据传输期间,在 SCK 时钟高电平时,DATA 必须保持稳定。为避免信号冲突,微处理器应驱动

DATA 在低电平。需要一个外部的上拉电阻(例如: 10 k Ω)将信号提拉至高电平(参见图 2 数据采集电路)。上拉电阻通常已包含在微处理器的 I/O 电路中。

发送命令:在程序开始,用一组“启动传输”时序表示数据传输的初始化,如图 9 所示。它包括:当 SCK 时钟高电平时 DATA 翻转为低电平,紧接着 SCK 变为低电平,随后是在 SCK 时钟高电平时 DATA 翻转为高电平。



图 9 “启动传输”时序

后续命令包含三个地址位(目前只支持“000”),和五个命令位。SHTxx 会以下述方式表示已正确地接收到指令:在第 8 个 SCK 时钟的下降沿之后,将 DATA 下拉为低电平(ACK 位)。在第 9 个 SCK 时钟的下降沿之后,释放 DATA (恢复高电平)。

发布一组测量命令(‘00000101’表示相对湿度 RH, ‘00000011’表示温度 T)后,控制器要等待测量结束。这个过程需要大约 11/55/210 ms,分别对应 8/12/14 bit 测量。确切的时间随内部晶振速度,最多有 $\pm 15\%$ 变化。SHTxx 通过下拉 DATA 至低电平,表示测量的结束。控制器在触发 SCK 时钟前,必须等待这个“数据就绪”信号。接着传输 2 个字节的测量数据和 1 个字节的 CRC 奇偶校验。uC 需要通过下拉 DATA 为低电平,以确认每个字节。所有的数据从 MSB 开始,右值有效(例如:对于 12 bit 数据,从第 5 个 SCK 时钟起算作 MSB;而对于 8 bit 数据,首字节则无意义)。用 CRC 数据的确认位,表明通讯结束。如果不使用 CRC-8 校验,控制器可以在测量值 LSB 后,通过保持确认位 ack 高电平,来中止通讯。在测量和通讯结束后,SH Txx 自动转入休眠模式。

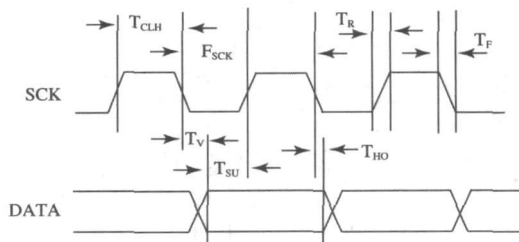


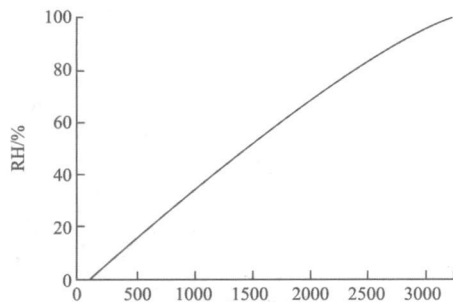
图 10 时序图

2.4.3 输出转换为物理量

为了补偿湿度传感器的非线性以获取准确数据,建议使用如下公式修正读数: $RH_{linear} = c_1 + c_2 \times SO_{RH} + c_3 \times SO_{RH}^2$ 。 SO_{RH} 为传感器相对湿度测量值,系数 c_1 c_2 c_3 的取值如表 1 所示。

表 1 系数取值

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-4	0.0405	-2.8×10^{-8}
8 bit	-4	0.648	-7.2×10^4

图 11 从 SO_{RH} 转换到相对湿度

相对湿度对于温度依赖性的补偿由于实际温度与测试参考温度 25°C ($\sim 77^{\circ}\text{F}$) 的显著不同, 应考虑湿度传感器的温度修正系数, 如表 2 所示。

$$RH_{\text{ref}} = (T_c - 25) \times (t_1 + t_2 \times SO_{RH}) + RH_{\text{linear}}$$

表 2 温度修正系数

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

由能隙材料 PTAT (正比于绝对温度) 研发的温度传感器具有极好的线性。可用如下公式将数字输出转换为温度值:

$$\text{Temperature} = d_1 + d_2 \times SO_T$$

VDD	$d_2 [^{\circ}\text{C}]$	$d_1 [^{\circ}\text{F}]$
5 V	-40.00	-40.00
4 V	-39.75	-39.50
3.5 V	-39.66	-39.35
3 V	-39.60	-39.28
2.5 V	-39.55	-39.23

SO_T	$d_2 [^{\circ}\text{C}]$	$d_1 [^{\circ}\text{F}]$
14 bit	0.01	0.018
12 bit	0.04	0.072

2.5 主机部分^[7]

主机主要负责控制从机(温湿度采集模块), 包括设置从机信息和收集从机检测信号, 然后将收集到的数据进行存储、分析、显示、打印, 并能根据用户设置的报警阈值进行声光报警。这部分硬件电路设计除了键盘、液晶、打印机等常规设备外, 增加了一片 24C04 用来保存温度数据, 另外, 可增加一片日历时钟芯片 PCF8563。

24C04 是基于 I^2C 总线的串行 E2PROM, 存储容量 512 个字节, 它占用单片机资源很少, 仅占用了两根 I/O 线, 数据一旦写入可保存 100 年, 避免了普通 RAM 掉电保护的麻烦, 非常适合于各类仪器仪表和控制装置的参数保存。

主机每个整点收集一次数据, 并将数据保存到 E2PROM。每个温度数据占用 2 个字节, 这样, 我们设计共保存 24 组历史数据。当存满 24 组数据后, 整点再次接收数据时, 将最早保存的数据删除, 其他数据依次前移为新数据空出位置。

PCF8563 是低功耗的 CMOS 实时时钟/日历芯片, 它提供一个可编程时钟输出, 一个中断输出和掉电检测器, 所有的地址和数据通过 I^2C 总线^[8] 串行传递。

这两部分电路设计原理图如图 12 所示。

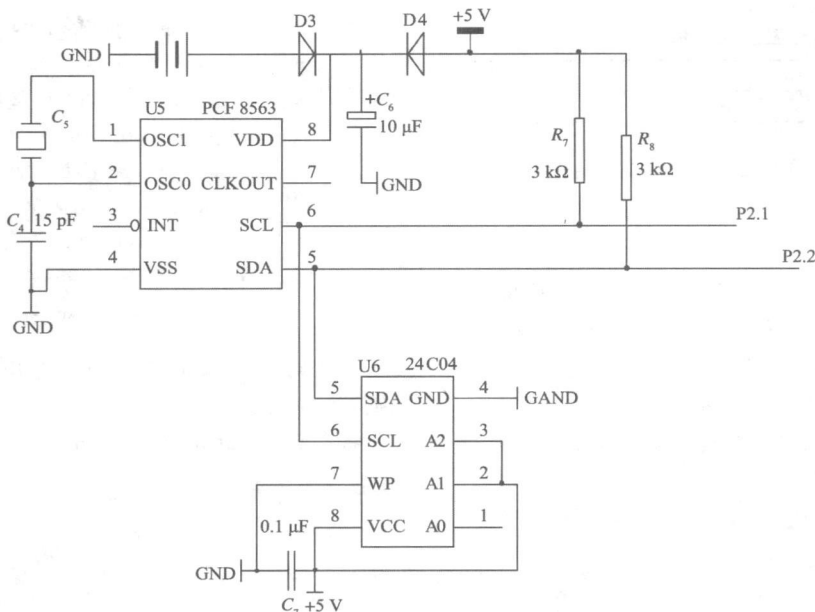


图 12 主机 24C04 与 8563 部分电路原理图

3 系统软件设计

软件流程如图 13 所示。

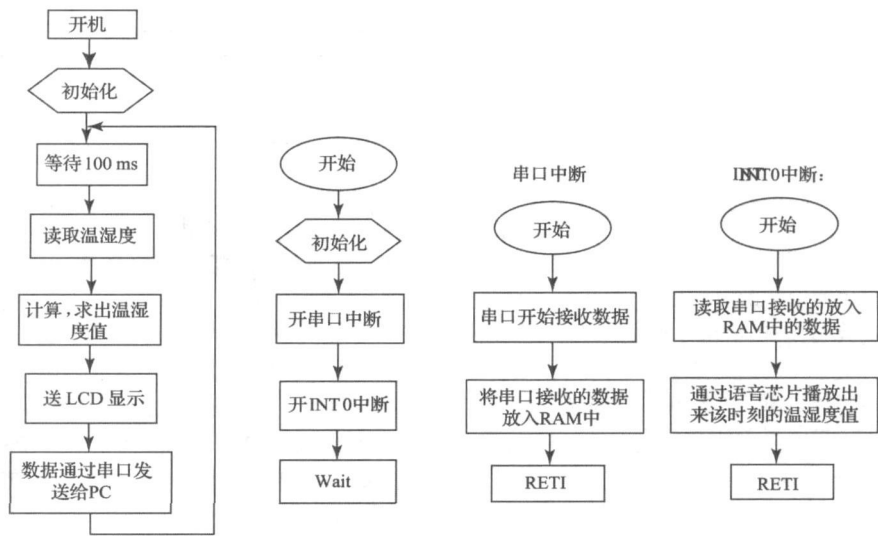


图 13 软件流程图

4 系统测试与分析

测试数据如表 3、表 4 所示。

表 3 温度测试值					
实际温度/℃	19.5	18.8	25.2	34.4	37.3
测试温度/℃	19	19	25	34	37

表 4 湿度测试值					
实际湿度(%)	35	47	57	65	67
测试湿度(%)	37	49	58	66	70

经测试, 所测数据均符合要求, 达到技术指标的要求。

5 结 论

多点环境温湿度监测系统可用于很多场合的温湿度实时监测, 成本低且可靠, 温湿度测量的精度已经达到了工业标准, 具有很好的推广价值。

参 考 文 献

[1] 刘辉. 基于 8051 单片机的数据采集与通信接口设计

[J]. 软件导报, 2008(12): 72-74.
[2] 孙宇翔. 基于 RS485 的远程控制系统设计[J]. 现代电子技术, 2009(19): 49-52.
[3] 何凤琴. 多点温度实时监控系统[J]. 机电一体化, 2006(2): 89-90.
[4] 马永强. 图书馆环境温湿度检测仪设计[J]. 电子测量技术, 2009(11): 118-120.
[5] 刘宝元. 基于单片机的温湿度监控系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2009(12): 77-83.
[6] 毕崇伟. 基于 C8051F002 的温度控制系统设计[J]. 电子测量技术, 2009(8): 81-84.
[7] 张志利. 基于 RS232 协议的单片机多机通信网络研究[J]. 通信与信息处理, 2009(4): 54-55.
[8] 崔寅生. 基于多串口通信的实时温度采集系统设计[J]. 微计算机信息, 2009(12): 72-73.

作 者 简 介

吴渊, 男, 1981 年出生, 本科学历, 助教, 主要研究方向为信号与信息处理。
E-mail: wuyuan@cuit.edu.cn