

# 基于 STM32 的互联网数据中心环境检测系统

沈剑峰, 丁金华, 董宇

(大连工业大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 大连 116034)

**摘要:** 根据电子信息系统环境要求, 互联网数据中心 (IDC) 环境检测系统不仅实现室内温度、湿度和空气中氢气密度与烟雾浓度环境数据的检测, 还可以通过无线网络将检测信息上传, 与工作人员保持联系, 从而在有人值守的情况下, 保障互联网数据中心内各设备的安全可靠运行。检测系统以 STM32 为核心, 选用的传感器包括温湿度传感器 DHT21、温度传感器 AD590、氢气密度传感器 MQ-2 和烟雾浓度传感器 MQ-8, 输入输出设备采用触摸屏, 并利用无线通信模块 TC35 与手机短信息连接。

**关键词:** 互联网数据中心; IDC; 环境检测; STM32; DHT21; AD590; 触摸屏; TC35

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 0258-7998(2012)06-0076-03

## Environment monitoring system of Internet data center based on STM32

Shen Jianfeng, Ding Jinhua, Dong Yu

(School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

**Abstract:** According to environmental requirements of electronic information systems, the environmental monitoring system of Internet data center (IDC) not only can achieve the environmental data detection of the indoor temperature, humidity and the density of hydrogen and smog in the air, but it convey the monitoring information through the wireless network, keep in touch with staff, so in the cases with attendant it can protect the safe and reliable operation of the equipments which are in the Internet data center. The monitoring system is based on STM32 core and uses sensors which include temperature humidity sensor DHT21, temperature sensor AD590, hydrogen gas density sensor MQ-2 and smoke concentration sensor MQ-8, the input and output device is touch screen, and connect with cellphone short message through wireless communication module TC35.

**Key words:** Internet data center; IDC; environment detection; STM32; DHT21; AD590; touch screen; TC35

对于互联网数据中心 (以下简称 IDC) 来说, 良好的环境状态是保证设备正常运转的条件, 而对 IDC 环境状态的检测是使其保持良好环境的重要措施<sup>[1-5]</sup>。根据电子信息系统 IDC 设计规范 (GB50174-2008), 开机时, IDC 设备最优的环境是温度为 22~24℃, 相对湿度为 40%~55%; 停机时, IDC 设备环境要求是温度为 5~35℃, 相对湿度为 40%~70%。因为 IDC 的不间断供电系统 (UPS) 工作时会释放出氢气, 可能发生爆炸或火灾等安全隐患, 所以为了保证 IDC 设备的安全运行, 除了温度和湿度的检测外, 还需检测 IDC 的空气中氢气密度和烟尘浓度。

系统还可以通过无线通信网络将检测信息与工作人员时刻保持联系。

### 1 IDC 环境检测系统的总体设计

IDC 环境检测系统的结构如图 1 所示, 主要由四部分组成: 数据采集、STM32 主板、无线通信和触摸屏。

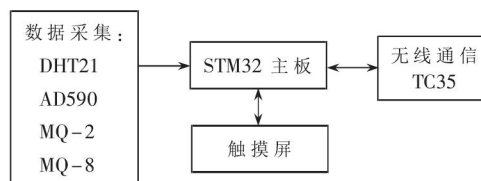
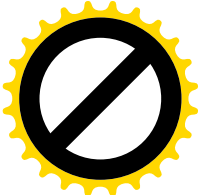
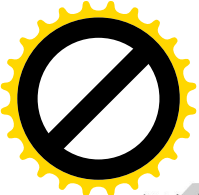


图 1 系统结构框图

#### 1.1 数据采集

IDC 环境检测系统采集环境的温度、湿度和空气中氢气密度、烟雾浓度。

由于 IDC 的空间较小, 本系统检测该空间 4 个点的温湿度。系统选用温湿度一体传感器 DHT21, DHT21 的温度测量范围是 -20℃~+60℃, 分辨率为 0.1℃。DHT21 湿度测量有效范围是 20~90% RH, 当温度控制在 25℃左右恒温时, 精度可达到 ±3% RH。DHT21 是数字传感器, DHT21 与 CPU 之间单通道串行通信, 传送距离在 20 m 以上<sup>[6]</sup>。



## 测控技术与仪器仪表 Measurement Control Technology and Instruments

普通的环境检测系统只针对空气中的温度测量,由于 IDC 设备局部空气不流通引起的温度失常则是无法检测到的。IDC 环境检测系统选用 8 路 AD590 温度传感器,专用于检测容易发生异常的设备的温度。AD590 是单片集成两端感温电流源,输出恒流模拟信号,接线的长短不会影响检测到的温度值,这样传感器可以安放在机房内的任何位置。AD590 的测温范围为  $-55^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ ,在测量范围内,非线性误差仅为  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

因为空气中氢气和烟雾密度异常的可能性较小,且检测精度要求较低,所以系统只设 1 路氢气密度和 1 路烟雾密度的测量。可以选用电压模拟信号的传感器,这样便于软件编程和电路设计。系统分别选用 MQ-2 和 MQ-8 这两个空气质量传感器。

### 1.2 无线通信

IDC 环境监控系统采用 TC35 短消息模块实现无线通信,TC35 短消息模块通过 RS-232 标准接口与 STM32 通信,通过移动通信网络与工作人员的手机进行通信。工作人员不必时刻守着机房,不仅减少了 IDC 设备对工作人员的辐射量,同时可以腾出时间做其他工作,提高了工作人员的利用率。

### 1.3 触摸屏

触摸屏的作用是显示系统的工作信息,对整个系统功能进行调试设置。通过 RS-232 标准接口与 STM32 通信。

### 1.4 STM32 主板

STM32 是整个系统数据处理中心。机房内用电设备众多,可能会产生多种信号干扰。为了保证 CPU 的工作正常稳定,必须选用安全可靠的处理芯片并对 CPU 进行电路隔离与信号屏蔽。

本系统是基于 ARM 体系型号为 STM32F103RBT6 微处理器进行设计的。STM32F103RBT6 包含 2 个 12 bit 的 ADC,分 12 个 I/O 通道,不需要外部辅助硬件就能实现多路传感器同时提取数据;具有 3 个 USART,满足液晶及远程控制部分的串行通信。

## 2 STM32 主板的电路设计

STM32 主板的电路设计主要分为传感器 DHT21 的电路设计、传感器 AD590 的电路设计、空气质量传感器

MQ-2 与 MQ-8 的电路设计和 RS232 通信电路的设计。

### 2.1 传感器 DHT21 的电路设计

DHT21 是数字传感器,DHT21 与 STM32 之间单总线串行通信。DHT21 与 STM32 之间选用单通道的高速光耦合器 6N137(如图 2 所示)。IDC 环境检测系统共有 4 路温湿度一体传感器 DHT21,分别连接到 STM32 的 4 个普通 I/O 口。

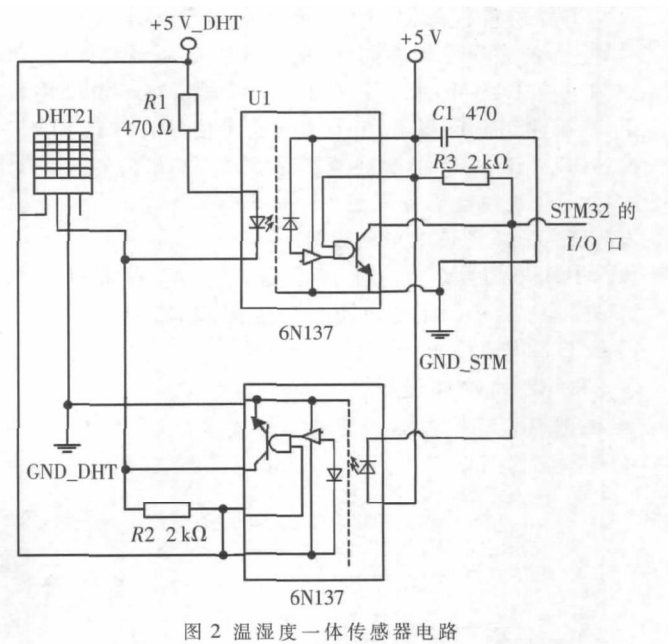


图 2 温湿度一体传感器电路

### 2.2 传感器 AD590 的电路设计

AD590 的信号转换电路如图 3 所示。AD590 输出电流以绝对温度零度 ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) 为基准,每增加  $1^{\circ}\text{C}$ ,它会增加  $1\mu\text{A}$  输出电流。在室温  $23^{\circ}\text{C}$  时,其输出电流  $I_o = (273+23) = 296\mu\text{A}$ 。 $V_o$  的值为  $I_o$  乘上  $10\text{K}$ ,以室温  $23^{\circ}\text{C}$  而言,输出值为  $10\text{K} \times 296\mu\text{A} = 2.96\text{V}$ 。当温度在  $-55^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$  内变化时,AD590 输出是  $2.18\text{V} \sim 4.23\text{V}$  的电压信号,通过差分放大电路,把信号调整到  $0.18\text{V} \sim 2.23\text{V}$ 。然后通过 AD7741 把电压模拟信号转换成相应的频率信号,经光电隔离,最后连接到 STM32 的 ADC 采样引脚。

IDC 环境检测系统共有 8 路温度传感器 AD590。为

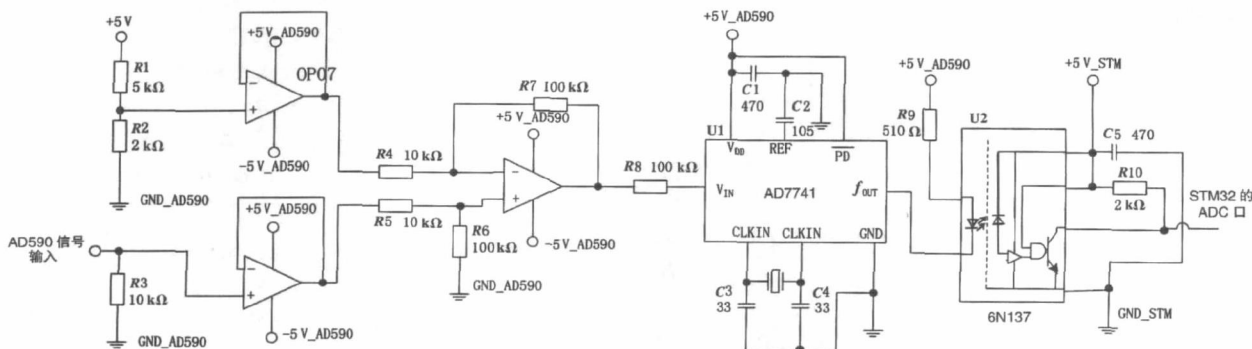


图 3 温度传感器信号转换电路





## 测控技术与仪器仪表 Measurement Control Technology and Instruments

了减少 AD590 的信号转换电路, IDC 环境检测系统对 8 个温度传感器 AD590 采用扫描的方式读数。通过 CD4028 依次对 8 个温度传感器供电, 再通过 CD4051 依次连接 8 个温度传感器到模拟信号转换电路。这里 STM32 输出到 CD4051 和 CD4028 的信号速度较慢, 选用光电隔离元件 TLP521 就可以满足要求。

### 2.3 传感器 MQ-2 和 MQ-8 的电路设计

空气质量传感器 MQ-2 和 MQ-8 输出电压模拟信号, 它们的工作原理相同, 这里以 MQ-2 为例设计电路。因为只有 1 路 MQ-2, 所以 MQ-2 可安装在 STM32 主板上, 不需使用光电隔离, MQ-2 的输出信号直接到 STM32 的 ADC 口上。RS 的变换范围是  $5\text{ k}\Omega\sim 20\text{ k}\Omega$ ,  $R1=5\text{ k}\Omega$ , 这样输出点的电压范围是  $1\text{ V}\sim 2.5\text{ V}$ 。

### 2.4 RS-232 通信的电路设计

TC35 和触摸屏的通信都是 RS-232 标准接口与 STM32 通信, IDC 环境检测系统选用 MAX232 芯片实现两路 TTL-RS232 电平转换。

## 3 STM32 的软件设计

根据 IDC 环境检测系统的工作要求, 设计 STM32 的主程序流程图如图 4 所示。

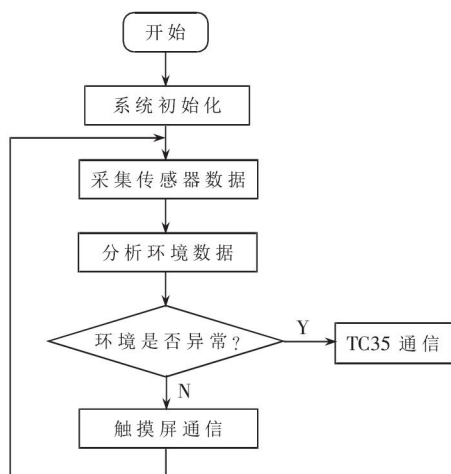


图 4 IDC 环境检测系统主程序流程图

STM32 的软件设计主要包括 3 个部分: 传感器数据的采集、与 TC35 模块的通信以及与触摸屏的通信。

### 3.1 STM32 采集传感器数据的软件设计

#### 3.1.1 DHT21 数据的采集<sup>[7-8]</sup>

STM32 与 DHT21 之间的通信采用单总线数据格式, 一次通信时间  $5\text{ ms}$  左右, 一次完整的数据传输为  $40\text{ bit}$ , 高位先出。数据格式为: 湿度高  $8\text{ bit}$ +湿度低  $8\text{ bit}$ +温度高  $8\text{ bit}$ +温度低  $8\text{ bit}$ +校验和  $8\text{ bit}$ 。

首先初始化 STM32 的 I/O 口, 使之作为推挽式输出, 输出  $18\text{ ms}$  以上的低电平, 然后输出  $20\sim 40\text{ }\mu\text{s}$  的高电平。然后改变 I/O 口为上拉式输入, DHT21 会发送  $80\text{ }\mu\text{s}$  的低电平, 说明 DHT21 发送响应信号, DHT21 发送响应信号后, 把总线拉高  $80\text{ }\mu\text{s}$ , 准备发送数据, 每一位数

据都以  $50\text{ }\mu\text{s}$  低电平时隙开始, 高电平的长短确定了数据位是 0 还是 1, 高电平时间为  $26\sim 28\text{ }\mu\text{s}$  表明该数据为 0, 高电平时间为  $70\text{ }\mu\text{s}$  表明该数据为 1。

#### 3.1.2 AD590 数据的采集

IDC 共有 8 路 AD590, 采用循环扫描的方式。首先 CD4028 的地址引脚 DCBA 输入 0001, CD4051 的地址引脚 CBA 输入 001, 抬高 CD4051 的输入使能引脚 INH 电平, 这样开通 AD590\_1, 然后等待  $200\text{ ms}$ , 预热 AD590, 最后读取一定时间 AD7741 的脉冲次数。所读取 AD7741 的次数反映 AD590 检测温度的大小, 这样即读完一路 AD590 检测的温度值。通过改变 CD4028 和 CD4051 的地址重复上述步骤, 依次读取 8 路 AD590 检测的温度值。

#### 3.1.3 MQ-2 和 MQ-8 数据的采集

MQ-2 和 MQ-8 输出的是电压信号, STM32 可以直接通过带有复用功能 ADC (模拟数字转换器) 的 I/O 口, 把电压模拟信号转换成 12 位数字信号, 通过 STM32 内部集成 DMA 控制器, 把 ADC 读取的数字信号传输到 STM32 内存, 每次需要传输 200 个数据, 并求平均值, 这样可以保证最后输出的空气中氢气密度和烟雾浓度值稳定。

### 3.2 STM32 与 TC35 模块通信的设计<sup>[8]</sup>

使用 TC35 模块前, 要在 TC35 模块上插入一张 SIM 卡, 确定 TC35 模块连接上移动网络。STM32 与 TC35 模块之间是通过串口通信的。首先 STM32 向 TC35 模块发送初始化指令: AT+CNMI=2,1 (指令功能: 短信提示), AT+CMGF=1 (指令功能: 英文方式发送)。初始化之后, 如果 TC35 模块接收到信, 向 STM32 发送指令: +CMTI: "SM",1 (表示有短信接收, 存在 SIM 卡的第 1 个位置); 此时 STM32 向 TC35 模块发送指令: AT+CMGR=1; (指令功能: 读取 SIM 卡的第一个位置的短信); 然后 STM32 会接收到: +CMGR: "REC UNREAD", "+8613\*\*\*\*\*", "10/06/07,15:02:08+32" (表示短信未读, 短信来源号码, 接收时间); abc (表示短信内容); STM32 接受到任何短信, 识别短信来源号码是否是事先设定的号码, 如果是, 则发送: AT+CMGS="13\*\*\*\*\*" (功能: 向设定好的号码发送短信); STM32 等待 TC35 回复, 等收到回复后, 发送 IDC 环境数据信息: ab\*\*\*\*\* (IDC 环境数据); STM32 发送信息结束标识: 1A; STM32 收到指令: +CMGS: 11 (IDC 环境数据发送成功)。

#### 3.3 STM32 与触摸屏通信的软件设计<sup>[9]</sup>

触摸屏用来显示 IDC 环境数据和设置对应环境值的安全范围。首先要将设计好的背景图片存储在触摸屏的 Flash 里面, 存入触摸屏的控制程序 (此程序设定触摸屏按键代码)。

STM32 控制触摸屏的主要代码如下:

AA 52 CC 33 C3 3C (清屏指令)

AA 70 01 CC 33 C3 3C (背景图片选择指令, 其中 01 表示图片的地址)

(下转第 81 页)



(a) 暴雨天气原图 (b) 参考文献[4]算法结果 (c) 本文算法结果  
图3 暴雨天气图像结果比较



(a) 大雪天气原图 (b) 参考文献[4]算法结果 (c) 本文算法结果  
图4 大雪天气图像结果比较



(a) 霾天气原图 (b) 参考文献[4]算法结果 (c) 本文算法结果  
图5 霾天气图像结果比较

像模糊,对比度明显提高,路面交通状况清晰可辨,并且算法实时性较高。下一步的工作是在保证算法时效性的同时,进一步改善图像恢复过程中的颜色失真,以及完成算法的硬件实现。

#### 参考文献

- [1] OAKLEY J P, SATHERLEY B L. Improving image quality

(上接第78页)

AA 53 00 80 00 F0 32 32 46 35 CC 33 C3 3C (在温度后面显示22.5,其中00 80和00 F0是显示文字的坐标,32 32 46 35是22.5的ASCII码)

触摸屏按键返回码:

AA 71 00 01 CC 33 C3 3C(其中00 01表示键码)

通过实际测试IDC环境检测系统,系统检测到的环境温度、湿度和空气中氢气密度、烟雾浓度数值稳定,精度符合要求,通过移动通信网络,管理人员就可以随时查看IDC环境状况,减轻了IDC工作人员的负担。IDC环境检测系统的优势已经得到体现,帮助解决了很多IDC环境保护问题,对同类检测系统的实现也有一定的参考价值。

#### 参考文献

- [1] 史水娥,杨豪强.基于ARM9处理器的机房环境远程监测系统[J].河南师范大学学报(自然科学版),2010,38(3):57-59.  
[2] 王剑锋,林宜雄.环境监控(监测)建设与发展过程的思考[J].中国环境监测,2006,22(5):9-12.  
[3] 朱伟.数据中心机房环境监控系统的研究和应用[J].金



(a) 沙尘天气原图 (b) 参考文献[4]算法结果 (c) 本文算法结果  
图6 沙尘天气图像结果比较

in poor visibility conditions using a physical model for contrast degradation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1998,7(2):167-179.

- [2] NARASIMHAN S G, NAYAR S K. Removing weather effects from monochrome images[A]. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001:186-193.  
[3] Zhu Pei, Zhu Hong, Qian Xueming. An image clearness method for fog[J]. Journal of Image and Graphics, 2004,9(1):124-128.  
[4] He Kaiming, Sun Jian, Tang Xiaoou. Single image haze removal using dark channel prior[C]. CVPR, 2009:1956-1963.  
[5] LEVIN A, LISCHINSKI D, WEISS Y. A closed form solution to natural image matting[C]. CVPR, 2006:61-68.

(收稿日期:2012-01-06)

#### 作者简介:

李欧迅,男,1982年生,硕士研究生,讲师,主要研究方向:信号与信息处理。

邓莉,女,1983年生,硕士研究生,讲师,主要研究方向:信号与信息处理。

融电子化,2008(4):53-55.

- [4] 陈亮. 鹤煤集团机房环境监控的应用与发展[J]. 科技创业, 2010(8):189-190.  
[5] 姜云安. 大中型机房环境监控系统浅谈[J]. 智能建筑与城市信息, 2010(8):12-15.  
[6] DHT21 产品说明书[EB/OL]. (2011-02-25). <http://wenku.baidu.com/view/d3b37e23bcd126ff7050b38.html?from=rec&pos=0&weight=33&lastweight=13&count=5>.  
[7] 倪天龙. 单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2010(6):60-62.  
[8] 杨小平. 基于 AT89S52 和 DHT21 的温湿度测量系统设计[J]. 无锡职业技术学院学报, 2011, 10(1):62-63.  
[9] 张华, 高需. 基于 TC35 模块实现短消息收发[J]. 电脑知识与技术, 2010, 17(6):4817-4819.  
[10] 翟霄翔, 郝久玉, 郑军. 电阻式触摸屏在嵌入式系统中的应用[J]. 电子测量技术, 2006, 29(2):36-37.

(稿日期:2012-01-03)

#### 作者介绍:

沈剑峰,男,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:机电一体化和检测技术。