

# 基于边缘计算的甲醛检测仪设计

梁超 关海龙

(南通理工学院, 江苏 南通 226002)

**摘要:** 随着时代发展,人们越来越重视生活品质的提升,但是室内各种家装材料残留的化学物质影响严重居住人群的健康。为了避免甲醛浓度值超标而身处其中的人们毫无察觉,本文提出一种基于边缘计算的甲醛检测仪设计。该仪器以STM32F103C8T6为主控中心,利用传感器实时检测甲醛浓度。采用边缘计算,将温、湿度等因素相结合,来预测甲醛数据。试验验证了该仪器甲醛检测数据准确度高,数据预测精度在普遍情况下相对准确。因此,本设计具有实时性高、准确性高、成本低和安全性高等优点。

**关键词:** 边缘计算; 甲醛检测; 数据预测

**中图分类号:** TP 212

**文献标志码:** A

甲醛是一种常见的有毒、有害气体,主要来源于家居装修材料,长期工作、生活在甲醛环境中会严重威胁人体健康<sup>[1]</sup>,因此检测室内环境中甲醛的检测尤为重要。现有市场上的手持式检测仪精度高、携带方便且测量简单,但是价格昂贵。传统的甲醛检测方法对检测人员要求高,难以普及、应用<sup>[2]</sup>。因此需要一种价格合理、智能化、时效性和精确性兼备的设备,帮助用户提前判断并及时预防甲醛超标问题。本文提出的基于边缘计算技术的新型甲醛检测设备是一种便捷、可靠的工具,既可以有效节约云端资源,又可以高效利用本地资源,避免算力浪费,从而进一步提高设备的实用性。

## 1 方案设计

本文的甲醛检测仪系统方案将STM32F103C8T6作为核心板,根据甲醛检测中可能出现的影响因素确定传感器选型。温/湿度传感器、甲醛传感器采集实时数据,并通过相关算法对未来的数据进行预测和显示,采用的三次指数平滑算法能降低服务器负载,并高效利用终端资源,以此更直观地了解甲醛检测状态。

## 2 系统硬件设计

系统硬件结构主要由单片机电路(MCU最小系统)、甲醛监测电路、温/湿度检测电路、无线通信电路和数据显示电路等组成,如图1所示。

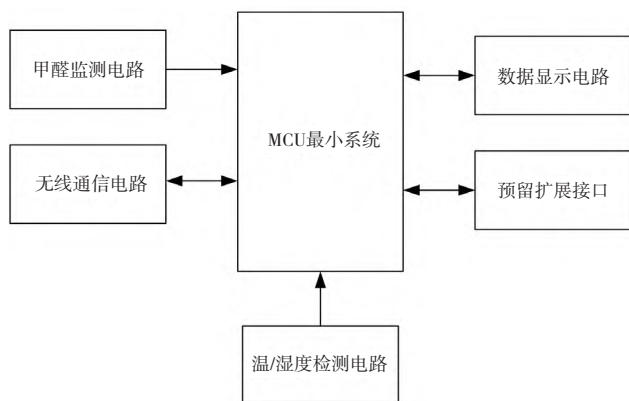


图1 硬件设计框图

在图1中,MCU最小系统为核心控制部分,用于对数据进行分析、处理;甲醛监测电路用于采集周围空气中的甲

醛浓度值;温/湿度检测电路用于采集影响甲醛浓度的环境参数;无线通信电路用于实时传输监测数据;数据显示电路由图形化界面显示实时监测数据。

### 2.1 检测模块电路

#### 2.1.1 温/湿度检测电路

为了实时监测环境中的温、湿度变化,并保证传感器的稳定性和精度<sup>[3]</sup>,需要选用性能稳定、测量范围适宜、接口简单且价格合理的温/湿度传感器。本文选择DHT11温/湿度传感器,DATA为传感器的单总线数字信号输出端,连接至单片机PB6引脚,根据单总线通信协议进行通信,并对温、湿度进行数据采集,如图2所示。

#### 2.1.2 甲醛监测电路

本文将SGP30传感器作为甲醛检测器件。SGP30传感器是一款集成多种气体传感器的数字式空气质量传感器,在测量甲醛气体浓度方面具有高精度和可靠性<sup>[4]</sup>。甲醛监测电路原理如图3所示。SGP30模块引出VCC、GND、SDA和SDL共4路引脚,模块支持1.8V~5V电平,VCC和GND引脚分别接至+5V和GND,将数据传输SDA引脚和同步时钟信号SCL引脚分别与单片机PB<sub>1</sub>、PB<sub>0</sub>进行连接。将SDA作为数据线与模块产生数据交互,SCL作为时钟信号线产生同步时钟脉冲,并完成数据获取。

### 2.2 数据显示电路

数据显示电路原理如图4所示。该电路分为触摸部分和驱动显示部分,T\_IRQ~T\_CLK为触控通信引脚,连接单片机PA和PC口对应引脚。SDO~CS为驱动显示屏所用引脚,连接PB口对应引脚,以此完成LCD液晶模组的触控与显示。系统采用软件SPI通信方式,这是由STM32F103C8T6的引脚数量决定的,该方式虽然传输速率相对较低,但是可以保证在I/O口数量有限的情况下具有驱动显示屏功能。

### 2.3 无线通信电路

无线通信电路采用ESP8266-01S WIFI SOC模组,该模块支持标准的IEEE802.11b/g/n协议<sup>[5]</sup>,内置完整的TCP/IP协议栈,可以通过该模块访问云服务器端。无线通信电路原理如图5所示,该模块通过UART串口与STM32F103C8T6微控制器进行连接,发送引脚TXD、接收引脚RXD与单片机对应引脚交叉相连。

### 3 系统软件设计

#### 3.1 算法设计

本算法以指数平滑预测法为基础,再根据甲醛与温、湿度关系比例<sup>[6]</sup>,与预测值相结合,从而得到准确的预测数据。在时间序列中,如果波动占优,那么运用一次指数平滑模型;如果趋势占优,那么运用三次指数平滑模型;如果波动和趋势相近,那么运用二次指数平滑模型<sup>[7]</sup>。一次指数平滑预测通式如公式(1)所示。

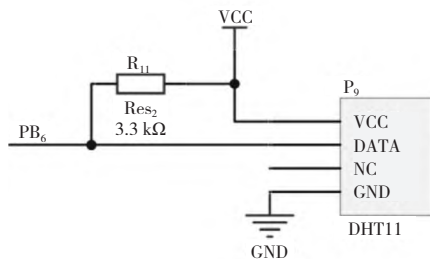
$$F_{t+1} = ax_t + (1-a)F_t \quad (1)$$

式中: $F_{t+1}$ 为 $(t+1)$ 时刻的预测值; $a$ 为权值(也称为平滑系数); $x_t$ 为 $t$ 时刻实际值。

其中 $a$ 越小,参考之前的时间点越多<sup>[8]</sup>;  $a$ 越大,参考之前的时间点越少。

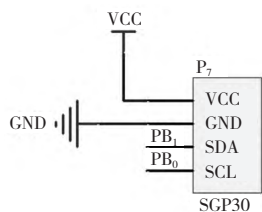
根据公式(1)进行迭代计算,可以得到公式(2)。

$$F_{t+1} = ax_t + (1-a)ax_{t-1} + (1-a)^2ax_{t-2} + (1-a)^3ax_{t-3} + \dots + (1-a)^nax_{t-n} + \dots + (1-a)^nF_1 \quad (2)$$



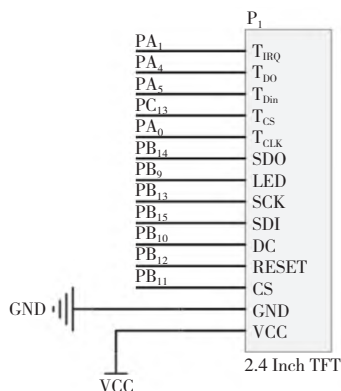
注: VCC为电源引脚; GND为地引脚; DATA为数据引脚; NC为空引脚; PB<sub>6</sub>为单片机对应连接标号; R<sub>11</sub>为上拉电阻; Res<sub>2</sub>为电阻R<sub>11</sub>对应标号; P<sub>9</sub>为DHT11温/湿度传感器对应标号。

图2 温/湿度检测电路原理



注: P<sub>7</sub>为SGP30传感器对应标号; SDA为数据传输引脚; SCL为同步时钟引脚; PB<sub>0</sub>、PB<sub>1</sub>为单片机对应连接标号。

图3 甲醛监测电路原理



注: T<sub>Irq</sub>~T<sub>CLK</sub>为触控通信引脚; SDO~CS为驱动显示引脚; PA、PB和PC为单片机对应连接标号; 2.4 Inch TFT为2.4英寸TFT显示屏。

图4 数据显示电路原理

新预测值基于预测误差对原预期值进行修正获取,  $a$ 的大小证明了修正幅度<sup>[8]</sup>。 $a$ 值愈大, 修正幅度愈大, 反之幅度愈小。因此,  $a$ 值既能表示对时间序列数据变化的反应能力, 又能体现出修正误差能力。

当时间序列变化出现直线趋向时, 使用一次指数平滑法进行预测具有明显的滞后差异<sup>[9]</sup>, 因此需要采取修正措施。具体方法是在一次指数平滑的基础上再进行二次指数平滑, 根据滞后偏差的规律分析出曲线的发展方向和趋势, 构建直线趋势预测模型。二次指数平滑的计算过程如公式(3)所示。

$$\begin{cases} F_{t+1}^{(1)} = ax_t + (1-a)F_t^{(1)} \\ F_{t+1}^{(2)} = aF_{t+1}^{(1)} + (1-a)F_t^{(2)} \end{cases} \quad (3)$$

如果时间序列变化显示出二次曲线趋势, 那么需要采用三次指数平滑法进行预测, 其计算过程如公式(4)所示。

$$\begin{cases} F_{t+1}^{(1)} = ax_t + (1-a)F_t^{(1)} \\ F_{t+1}^{(2)} = aF_{t+1}^{(1)} + (1-a)F_t^{(2)} \\ F_{t+1}^{(3)} = aF_{t+1}^{(2)} + (1-a)F_t^{(3)} \end{cases} \quad (4)$$

基于上次预测再次迭代, 并进行平滑计算, 在不断迭代平滑计算中使预测值更准确, 最终完成甲醛检测数据预测<sup>[7]</sup>。

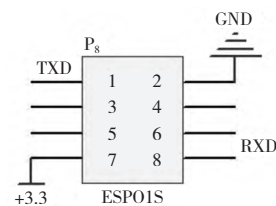
#### 3.2 程序设计

主程序设计包括系统的线性流程顺序、各模块初始化和中断处理等方面。主程序需要完成对所有硬件外设的初始化设置, 并调用各个功能模块函数, 其中甲醛检测、温/湿度检测、算法执行和无线通信等需要考虑优先级顺序、系统同步等关键问题。主程序流程如图6所示。首先, 在主程序的起始阶段, 初始化后对读取的数据进行相应处理和转换, 与DHT11传感器进行通信, 获取温、湿度数据。输出、显示SGP30获取的甲醛数据, 同时将数据由串口或无线模块发送至上位机或云端, 以便进行进一步处理和存储。其次, 进行时间判断, 如果需要执行预测算法, 那么利用算法对检测到的数据进行预测, 并发送至LCD显示预测数据。再次, 对联网进行判断, 如果没有联网, 那么数据只显示在本地, 反之数据同时上传至云端。最后, 设置相应的延时和循环等待, 以保证程序的稳定运行和响应速度。

### 4 系统测试

#### 4.1 甲醛检测准确度测试

本测试准备了一个低浓度含醛的被测物, 与一个精确



注: TXD为发送引脚; RXD为接收引脚; ESP01S为无线通信模组; P<sub>8</sub>为对应模组标号; +3.3为供电引脚。

图5 无线通信电路原理

度较高的市场同类设备进行比较。在测试过程中做好防护,防止有害气体损害健康。使用含千分之一甲醛的溶液进行测试,试验结果见表1。

表1 甲醛检测试验数据

温度/℃	湿度/%	实测值/(mg·m <sup>-3</sup> )	参照组/(mg·m <sup>-3</sup> )
26	45	0.025	0.024
26	70	0.031	0.031
17	40	0.019	0.020
30	40	0.021	0.022
23	50	0.039	0.040

本试验分别在同等温度、不同湿度下和不同温度、相同湿度下进行比较,由表1数据可知,实测值和参照组所检测的值几乎一致,说明测量准确度符合设计要求。

4.2 甲醛数据预测准确度测试

在正常情况下,分别对5 min、30 min和60 min的预测数据进行准确度测试。首先,将温度和湿度控制在一个相似的范围内,控制含甲醛物平缓地释放甲醛气体。其次,测试5 min、

30 min和60 min后预测的数据,分别见表2、表3。分析表2、表3数据可知,5 min后的预测数据是相对准确的,30 min和60 min后的预测数据稍有偏差,接近±0.005 mg/m<sup>3</sup>。

表2 甲醛平缓释放试验数据

温度/℃	湿度/%	实测值
23	45	0.017
23	44	0.019
24	44	0.020
25	46	0.022
25	45	0.021

表3 甲醛平缓释放后预测试验数据

实测值	5 min后的预测值	30 min后的预测值	60 min后的预测值
0.024	0.026		
0.029		0.032	
0.040			0.044

由上述试验分析可知,在被测环境中,甲醛自然释放状态下的检测数据准确度较高,甲醛数据预测精度在普遍情况下相对准确。

5 结论

本文提出了一种基于边缘计算的甲醛检测仪设计,该设计将甲醛传感器、温/湿度传感器、数据显示模块和无线通信模块等传感器与嵌入式系统相结合,能够实时、准确地对甲醛浓度进行检测和预测。试验结果表明,本文设计具有较高的灵敏度和响应速度,能够进行稳定的甲醛浓度检测。因此,本文设计具有较高的准确性和较好的效果应用,能够满足实际需求,具有较好的应用前景,尤其在家庭、办公室等场所的甲醛检测方面具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 侯森. 室内环境甲醛的危害及控制措施探讨[J]. 科技风, 2019(32): 226.  
[2] 赵莉. 浅析室内环境中甲醛的危害及检测[J]. 中国建材科技, 2019, 28(5): 39-42.  
[3] 高莉娜. 基于嵌入式的车内空气质量检测仪的设计与实现[J]. 南方农机, 2022, 53(10): 20-23.  
[4] 卢志强, 姚鸷. 空气质量传感器在室内甲醛和TVOC浓度监测中的应用研究[J]. 清洗世界, 2022, 38(8): 58-60.  
[5] 夏侯如超. 基于边缘计算的室内空气质量监测方法及其预测模型研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2019.  
[6] 王善美, 周晓雯. 室内墙涂料中的游离甲醛含量检测技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2023(13): 68-70.  
[7] 徐齐利. 回归法设定指数平滑模型的最优预测参数[J]. 统计学报, 2021, 2(4): 84-93.  
[8] 秦蒙等. 基于物联网自带温度气压补偿的甲醛检测系统设计[J]. 物联网技术, 2022, 12(10): 24-27.  
[9] 罗磊, 马超, 蔡振华, 等. 居民住宅室内甲醛现状及温湿度影响分析[J]. 干旱环境监测, 2022, 36(2): 81-87.

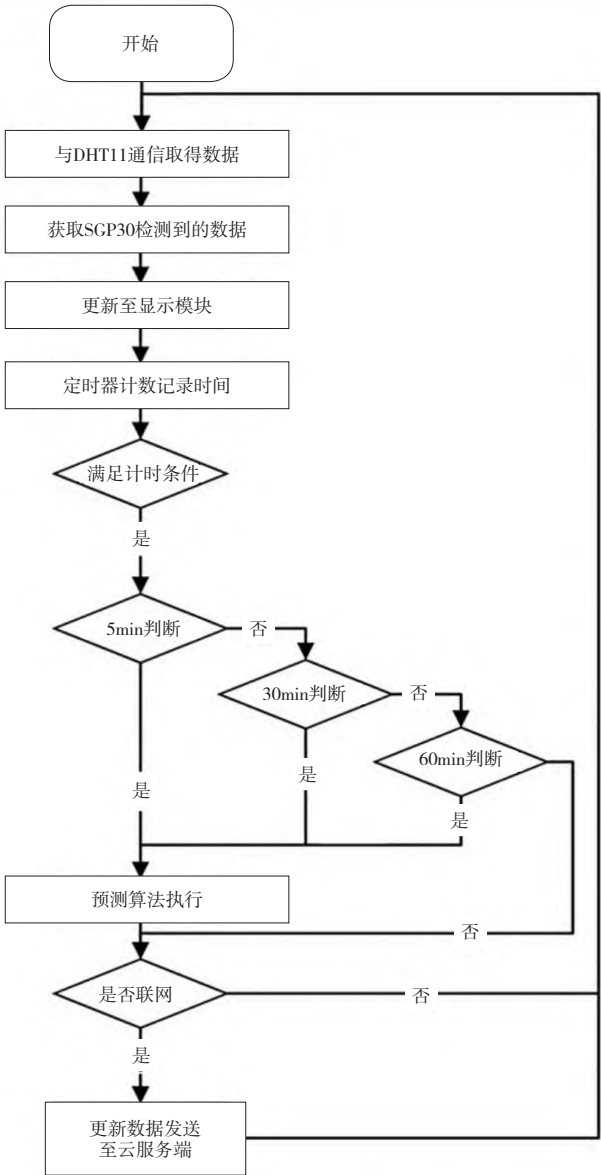


图6 主程序流程