厨房空气质量监测实验报告（适合小学高年级）

# Arduino UNO R4 WiFi 厨房空气质量监测系统实验报告

## 实验原理

厨房作为家庭生活的重要场所,​空气质量对于我们的健康和生活安全有着重要影响。​在烹饪时,​厨房内往往会出现油烟、​一氧化碳、​二氧化碳、​PM2.5和PM10颗粒物增加,​噪音提高,​以及燃气泄漏、​烟雾等安全隐患12。​本实验通过智能传感系统,​实时检测厨房空气的变化,​特别关注油烟机开启前后的空气环境指标。​通过这些数据,​可以判断油烟机的排烟效率、​燃气安全和厨房通风效果,​为安全健康用厨提供科学依据。​

本实验采用的核心控制器是 Arduino UNO R4 WiFi。​它具有较强的计算能力,​兼容丰富外部传感器,​同时集成 WiFi 通信,​为将来数据云端上传和远程监控打下基础3。​实验设计通过面包板自由搭建,​每个传感器负责特定指标,​最终通过 OLED 显示屏和蜂鸣器进行本地信息提示和报警。​

厨房空气中主要有以下污染物和检测参数:​

* **温度、​湿度、​气压**:​直观反映厨房环境变化和通风状况。​
* **一氧化碳(CO)​、​二氧化碳(CO2)​**:​燃气燃烧不充分会产生 CO,​有中毒风险;​CO2 超标表明通风不良1。​
* **PM2.5/PM10**:​油烟和燃气燃烧是厨房细颗粒物的主要来源,​PM2.5 危害健康,​被世界卫生组织列为I类致癌物1。​
* **燃气浓度/烟雾/可燃气体(甲烷等)​**:​判断燃气泄漏和火灾风险。​
* **噪音**:​反映油烟机开机及厨房设备运行的情况。​
* **其他**:​如甲醛、​TVOC(挥发性有机物)​等成分,​在结合其他传感器时也可扩展。​

油烟机作为厨房污染治理的主要手段,​其开启本应降低 PM2.5、​CO、​CO2、​烟雾等浓度,​因此将油烟机开启前后作为对比,​有助于量化其净化效率和厨房通风状况。​传感数据既可以指导油烟机自动开关,​也提醒用户注意安全和健康。​

## 物品采购清单

下表汇总了制作该系统需要的主要电子元器件(包含 Arduino 标准学习套件中的常用配件,​以及建议选购的各类传感器)​:​

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分组 | 名称 | 推荐型号/规格 | 主要作用 | 是否必须 | 备注/建议购地 |
| 控制与通信 | Arduino UNO R4 WiFi | 官方正品/兼容品 | 主控、​数据采集、​通讯 | 必须 | 3 |
| 显示与报警 | OLED 显示屏 0.96寸 I2C | SSD1306/128x64 | 本地显示数据 | 必须 | I2C 通讯,​低功耗 |
|  | 蜂鸣器 | 有源或无源 5V | 超标报警 | 必须 | 有源优先,​简单接线 |
|  | 继电器模块 | 1路 5V | 控制油烟机开/关 | 必须 |  |
| 传感器类 | BME280 温湿度气压传感器 | I2C/SPI,​3.3/5V | 温度、​湿度、​气压检测 | 必须 | 小型多合一 |
|  | MH-Z19C 二氧化碳传感器 | UART/TXD/RXD, 5V | CO2 浓度检测 | 必须 | 需5V供电,​注意电平 |
|  | ZE07-CO 一氧化碳传感器 | UART/模拟输出, 5V | CO 检测 | 必须 | 气敏电化学型 |
|  | PMS5003 PM2.5/PM10传感器 | UART/5V | 颗粒物检测 | 建议 | 主流激光散射法 |
|  | MAX9814 噪音传感器 | 模拟输出, 5V, A0 | 噪音强度检测 | 建议 | 麦克风类型 |
|  | MQ-2 烟雾/可燃气体传感器 | 模拟/数字输出, 5V | 烟雾、​液化气/甲烷 | 必须 | 烟雾+气体多功能 |
|  | MQ-4 天然气传感器 | 模拟输出, 5V | 甲烷、​天然气浓度监测 | 建议 | 天然气泄漏报警 |
| 连接与搭建 | 面包板(标准/中号)​ | 400-800孔 | 无焊连接所有元件 | 必须 |  |
|  | 杜邦线套装 | 公对母、​公对公,​20cm | 连接元件信号/电源 | 必须 | 多色拣查线方便布线 |
|  | USB 数据线 | Type-C/Type-B | 供电+程序上传 | 必须 | 满足 Arduino 规格 |
| 电源 | 外接5V电源/电池盒 | 5V/2A(推荐)​ | 独立供电 | 建议 | 若需便携或长时间运行 |

各传感器模块可以在DFRobot、​立创商城、​淘宝、​京东等途径购齐。​标准学习套件一般自带杜邦线、​面包板、​部分通用电子元件(如蜂鸣器、​继电器等)​4。​如需搭建更完善系统,​还可选配SD模块进行数据存储,​或者 WiFi 云传输模块做远程监控。​

## 硬件安装说明

### 1. 控制主板介绍

**Arduino UNO R4 WiFi** 配有 Renesas RA4M1 32位主控芯片,​主频48MHz,​拥有丰富的 GPIO(数字/模拟引脚)​、​I2C/SPI/UART 通信接口,​集成 ESP32-S3 WiFi/蓝牙模块,​板载 12x8 LED阵列(可选用)​、​Qwiic/I2C快速扩展端口等资源,​非常适合物联网/智能家居和各类DIY实验3。​

板载常用引脚资源(部分)​:​

* **数字IO口(D0**
* **I2C (A4 SDA, A5 SCL);​UART (D0, D1);​SPI (D10**
* **5V/3.3V供电引脚与GND**
* **外部电源接口(电池/DC)​**
* **Type-C/USB供电与数据上传**

### 2. 传感器与配件模块基础接线原则

* **5V/3.3V供电**:​大部分模块取5V,​如有3.3V要求按手册供电。​
* **GND接地**:​所有模块 GND 必须与开发板 GND 共地。​
* **信号线**:​依照各模块的通信类型连接到指定的 Arduino 引脚。​例如:​
  + **I2C 总线模块(如 BME280、​OLED)​**共用 SCL、​SDA两个引脚(默认A4/SDA、​A5/SCL)​。​
  + **UART 串口模块(如 MH-Z19C、​ZE07-CO、​PMS5003)​**需要分配 RX/TX 引脚,​并避免与主板 USB/串口冲突。​
  + **模拟传感器(如 MAX9814、​MQ-2、​MQ-4)​**直接连接到 A0~A5 模拟采集口。​
  + **蜂鸣器/继电器等执行单元**:​接数字口D2~D13擅选。​

### 3. 关键器件接线与安装细节

### (1)​BME280 温湿度气压传感器(I2C)​

* **VCC -> 3.3V/5V(大部分模块兼容)​**
* **GND -> GND**
* **SCL -> A5 (SCL)**
* **SDA -> A4 (SDA)**

### (2)​MH-Z19C 二氧化碳传感器(UART)​

* **VCC -> 5V**
* **GND -> GND**
* **TXD -> Arduino 某一路 RX(如D2,​需软件串口支持)​**
* **RXD -> Arduino 某一路 TX(如D3)​**
* 注意:​传感器 UART 电平3.3V,​直接连接 Arduino 大多数情况下安全,​如有不放心可加分压保护。​

### (3)​ZE07-CO 一氧化碳传感器(UART/模拟)​

* **VCC -> 5V**
* **GND -> GND**
* **TX -> Arduino RX(如D4,​需软件串口)​**
* **DAC -> A1(如需读取模拟电压)​**

### (4)​PMS5003 PM2.5/PM10 粉尘传感器(UART)​

* **VCC -> 5V**
* **GND -> GND**
* **TX -> Arduino 某一路 RX(如D5)​**
* **RX -> Arduino 某一路 TX(如D6)​**

### (5)​MAX9814 噪音传感器模块(模拟)​

* **VCC -> 5V**
* **GND -> GND**
* **OUT -> A2 (模拟口)**

### (6)​MQ-2、​MQ-4 传感器(模拟/数字)​

* **VCC -> 5V**
* **GND -> GND**
* **AOUT -> A3/A4(可自由分配模拟口)​**
* **DOUT(可选)​ -> D7(用于数字阈值报警)​**

### (7)​OLED 显示屏 0.96" SSD1306(I2C)​

* **VCC -> 3.3V/5V(建议5V)​**
* **GND -> GND**
* **SCL -> A5(与BME280共用)​**
* **SDA -> A4(与BME280共用)​**

### (8)​蜂鸣器、​继电器(开关/报警执行)​

* **有源蜂鸣器:​短脚GND、​长脚D8 或 D9**
* **继电器模块 DC+ -> 5V;​DC- -> GND;​IN -> D10**
* **继电器输出端接油烟机开关/插座的断路点(务必注意高压操作安全!​测试阶段不必实际接通220V电器)​**

## 面包板连接示意图

下面用「Fritzing」​或类似工具配合手绘/简化矢量图为例,​给出典型面包板搭建示意与布局(实际布局可根据器件尺寸、​电线长度灵活调整)​。​

|  |
| --- |
| ╔══════════════════════════════════╗ ║ 面包板示意图 ║ ╠═════╤═════╤═════╤═════╤═════╣ ║ A5 │ A4 │ A3 │ A2 │ A1 │ ← 模拟/数字引脚(部分)​  ╟─────┼─────┼─────┼─────┼─────╢ ║BME280 OLED MAX9814 MQ-2 ZE07-CO║ ║ | | | | | ║ ║ SDA SDA OUT AOUT DAC ║ ╟─────┼─────┼─────┼─────┼─────╢ ║ A4 A4 A2 A3 A1 ║ ╟─────┼─────┼─────┼─────┼─────╢ ║ GND/5V 电源轨 ║ ╚══════════════════════════════════╝ |

**示意图说明:​**

* 所有模块 VCC 并联接到面包板的 5V 电源轨,​GND 联到 GND 电源轨。​
* I2C总线(BME280 和 OLED)​共用 A4/A5。​
* PMS5003 和 MH-Z19C、​ZE07-CO 占用不同的 UART/模拟端口,​采用软件串口避免与开发板编程接口冲突。​
* 蜂鸣器、​继电器利用 D7~D10 等电平控制,​便于后期程序控制报警与油烟机开关。​
* MAX9814、​MQ-2/MQ-4 接入模拟口采集模拟信号。​

如下是一种典型面包板布局效果:​

【此处如用 Fritzing 软件可直接画出配线实物虚拟图,​实际图示可参考网上类似厨房空气质量检测仪搭建图,​也可参考PMS5003等模块官方接线图(示例见参考资料)​】5。​

## 软件开发流程

### 1. 开发环境准备

* **Arduino IDE**:​建议使用2.0.0及以上,​支持R4 WiFi开发板
* **库文件安装**:​
  + Adafruit\_BME280、​Adafruit\_SSD1306、​Adafruit\_GFX 用于BME280/OLED驱动
  + SoftwareSerial 用于UART传感器
  + 自制或第三方 PMS5003、​MH-Z19C、​ZE07-CO、​MAX9814驱动库

### 2. 程序结构设计

1. **初始化部分**
   1. 各传感器初始化及自检
   2. OLED初始化,​显示欢迎信息
   3. 继电器、​蜂鸣器初始化为安全状态
2. **主循环(loop)​**
   1. 依次采集所有传感器数据
   2. 判断是否出现超标或异常(如CO、​可燃气体、​烟雾/PM2.5/CO2超标)​
   3. OLED屏轮流或分屏显示各项空气质量数据
   4. 数据超标时驱动蜂鸣器报警,​油烟机自动开关(继电器控制)​
   5. 数据通过串口/串口监视器输出(便于调试)​;​后续可扩展WiFi上报
3. **附加功能**
   1. 历史数据存储(如外接SD卡)​
   2. 数据校准和补偿(如BME280温湿度补偿)​
   3. 数据图像化(OLED实时折线/柱状图显示空气质量变化)​

### 3. 基本代码流程(伪代码/示意)​

|  |
| --- |
| #include <Wire.h> #include <Adafruit\_BME280.h> #include <Adafruit\_SSD1306.h> #include <SoftwareSerial.h> // ...其他传感器库  // 定义各传感器端口 #define BME\_SDA A4 #define BME\_SCL A5 #define OLED\_ADDR 0x3C  #define BUZZER\_PIN 8 #define RELAY\_PIN 10 #define MQ2\_PIN A3 #define MQ4\_PIN A4 #define MAX9814\_PIN A2 // ... 以及串口分配  Adafruit\_BME280 bme; Adafruit\_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1);  void setup() {  Serial.begin(9600);  Wire.begin();  pinMode(BUZZER\_PIN, OUTPUT);  pinMode(RELAY\_PIN, OUTPUT);  // 各传感器初始化  bme.begin();  display.begin(SSD1306\_SWITCHCAPVCC, OLED\_ADDR);  // ...更多初始化 }  void loop() {  // 1. 读取温湿度气压  float temp = bme.readTemperature();  float humid = bme.readHumidity();  float pres = bme.readPressure() / 100.0;    // 2. 读取颗粒物浓度  float pm25 = readPMS5003\_PM25();  float pm10 = readPMS5003\_PM10();  // ...类似MQ-2返回烟雾气体ADC数    // 3. 读取CO/CO2等  float co = readZE07CO();  float co2 = readMHZ19C();  float gas = analogRead(MQ4\_PIN);  float noise = analogRead(MAX9814\_PIN);   // 4. 显示数据  display.clearDisplay();  display.setTextSize(1);  display.setCursor(0,0);  display.print("T:");  display.print(temp);  display.print("C H:");  display.print(humid);  display.print("% P:");  display.print(pres);  display.print("hPa");  display.setCursor(0,16);  display.print("PM2.5:");  display.print(pm25);  display.print(" PM10:");  display.print(pm10);  display.setCursor(0,32);  display.print("CO:");  display.print(co);  display.print(" CO2:");  display.print(co2);  // ...(依次显示其它数据)​  display.display();    // 5. 判断空气质量报警  if(co > 10 || co2>2000 || pm25 > 75 || pm10 > 150 || gas > X || noise > Y) {  digitalWrite(BUZZER\_PIN, HIGH); // 蜂鸣器警示  digitalWrite(RELAY\_PIN, HIGH); // 启动油烟机  } else {  digitalWrite(BUZZER\_PIN, LOW);  digitalWrite(RELAY\_PIN, LOW);  }    delay(1000); //每秒采样 } |

说明:​readPMS5003\_PM25()、​readZE07CO()、​readMHZ19C()等函数需要根据各模块官方示例代码开发。​

### 4. 数据采集与显示流程

* 采集周期:​1秒~10秒,​根据实际场景灵活设定。​
* 每项数据实时刷新,​OLED屏采用轮播或多页显示,​避免信息拥挤。​
* OLED 数据包含:​时间戳、​各指标数值、​超标/正常状态直观提示。​
* 报警状态高亮显示,​如蜂鸣符号、​气体超标闪烁。​

### 5. 程序上传与调试

* 使用 Arduino IDE 通过 USB 连接开发板,​选择正确定义板型及串口号。​
* 代码上传后,​利用串口监视器实时观察各项原始数据。​
* 逐步测试各模块功能,​出现问题时逐项排查(电源、​连线、​逻辑、​电平兼容等)​。​

### 6. 数据可视化及后续拓展

* 除本地显示外,​数据可通过 Arduino 串口输出到上位机 Excel/PLX-DAQ 实现实时曲线记录与分析6。​
* 具备 WiFi 能力后,​实验可拓展到云端数据上传,​实现移动设备远程察看室内空气质量。​
* 有经验可接入家庭智能音箱或油烟机品牌云平台,​做智能场景联动。​

## 实验步骤与注意事项

### 一、​实验具体步骤

1. **器材清点与场地准备**
   1. 按采购清单准备所有元器件,​检查面包板、​电源线、​传感器无损坏。​
   2. 选择厨房(或模拟厨房环境)​作为实验场地,​确保操作区域干燥安全。​
2. **原理分析、​流程设计**
   1. 理解各监测指标的意义及传感器工作原理,​明确监测点与阈值。​
   2. 讨论油烟机开启与关闭时空气参数的变化过程,​预估各参数合理区间。​
3. **面包板电路搭建**
   1. 依据前述连线说明逐步将各元件固定到面包板上,​确保供电和信号全连通。​
   2. 用多色杜邦线按照“同色同功能”布线习惯,​便于后续查找故障。​
   3. 检查一遍有无短路、​松动、​电源反接等现象。​
4. **软件开发与下载**
   1. 按照模板代码逐步实现每个传感器的测量、​显示与报警功能。​
   2. 编写调试程序时先单独测试每个模块,​再组合多模块联合调试。​
   3. 使用示例数据检查 OLED 显示、​继电器开关、​蜂鸣器报警正常。​
5. **实验实操与数据采集**
   1. 完整搭建后先让系统在厨房静态环境中运行,​对比无油烟机工况下的数据基线。​
   2. 启动燃气灶,​未开油烟机时静态观察5~10分钟,​记录温度湿度、​颗粒物、​气体等数值。​
   3. 打开油烟机,​继续同等时间采集数据。​重点关注 PM2.5、​CO、​CO2、​噪音等变化曲线。​
   4. 结合 OLED/串口/蜂鸣器报警情况评估油烟机自动开关和各类异常报警功能的效果。​
   5. 整理实验期间典型数据与现象。​
6. **结果分析与科学讨论**
   1. 统计油烟机开启与未开启状态各指标的平均值、​峰值、​回落速度等。​
   2. 分析油烟机工作对 PM2.5、​CO、​CO2、​噪音等指标的影响,​评估通风效果与污染改善程度。​
   3. 对比国家及医学建议的厨房空气质量标准、​阈值,​讨论实验数据的意义。​
7. **设备善后与安全检查**
   1. 关闭外接电源,​拔下电池和板载插头。​
   2. 保持传感器干燥、​无尘,​模块妥善分类存放。​
   3. 工作完成后洗手,​避免烟雾、​气体、​油污残留对皮肤产生影响。​

### 二、​注意事项

1. **电源安全与电路保护**
   1. 所有模块在安装与连接前必须断电操作。​
   2. 传感器电源入板前确认电压匹配。​BME280等有的只支持3.3V,​强行接5V会烧坏。​
   3. 继电器用于控制220V油烟机时务必请成人协助,​严禁未成年人独自操作高压电。​
2. **环境影响与数据准确性**
   1. 厨房应在实验期间保持一定密封,​避免外界风干扰实验变量。​
   2. 传感器采样窗口应远离明火、​直接蒸汽/水珠冲刷点,​避免误报。​
   3. MQ-2、​MQ-4等气敏模块需要预热(通常2-3分钟后数值逐步稳定)​。​
3. **传感器校准与常见问题处理**
   1. 初次使用气体/颗粒物传感器最好与标准仪器比对校准一次。​
   2. 数值异常可多测几次,​排除“呼吸直接对口”、​“短时间温差骤变”等人为因素。​
   3. 软件串口调试要防止与USB编程接口冲突(选择不常用数字IO)​。​
4. **实验记录与总结**
   1. 建议制作实验台账,​每次采集后的典型数据、​报警时间、​油烟机响应等内容都记下来,​便于科学总结。​
   2. 通过数据与生活体验结合分析,​比如烹饪满屋油烟时如何通过数值预警,​督促安全规避。​
5. **长期维护与拓展建议**
   1. 传感器长期使用要定期清理表面,​必要时进行软件校零,​避免数据漂移。​
   2. 可尝试用更多图示/动画等提升OLED显示趣味性,​激发小学高年级学生探索兴趣。​
   3. 系统支持WiFi后可考虑上传数据、​远程手机查看和家庭智能联动。​

## 附加:​常用示意图快速绘制工具简介

* **Fritzing**:​开源电子布局设计工具,​可生成美观直观的面包板连线图,​是 Arduino 圈常用配线图示官方推荐工具。​适合初学者和教师画面包板连接原理5。​
* **Inkscape**:​开源矢量制图工具,​可编辑SVG,​为Fritzing自定义元件开发和面包板矢量图导入提供支持。​
* **在线手绘**:​如无专用软件,​可用马克笔/铅笔在白纸上模拟“元件连线-端口编号-短标签”等方式,​辅以不同线条颜色区分传感器、​电源线等。​
* 实际课堂教学时,​鼓励学生尝试用A4纸手绘连线示意,​有助于加深面包板连接理解和空间逻辑组织能力。​

## 小学生实验心得与科学故事化建议

本实验让学生通过动手搭建完整的厨房空气质量监测系统,​不仅仅是堆砌电子模块,​更重要的是培养科学探索精神--认识“看不见摸不着”的空气中污染物,​理解健康生活和科学烹饪环境背后的智慧。​实验能够激发学生以下几点科学素养:​

1. **数据背后有人身安全**:​油烟、​燃气、​PM2.5等都可能危害健康,​靠肉眼看不见,​只有用仪器测量才知危险。​
2. **主动观察和假设**:​通过实际测量油烟机开和关的空气质量变化,​学会因果推理与实验对照方法。​
3. **科学与日常结合**:​家里做饭炒菜时多关注厨房环境,​学会用科学办法守护家人健康和厨房安全。​
4. **团队协作与逻辑思考**:​实验离不开分工协作,​逻辑推理和创新精神同样重要。​

## 总结展望

本实验系统性地实践了 Arduino + 多种环境传感器在家庭厨房空气质量监测中的应用,​涵盖了温湿度、​气体、​颗粒物、​噪音、​烟雾等感知,​结合 OLED 显示与本地报警,​具有实用性和系统性。​通过油烟机开关前后的环境数据对比,​学生能够量化厨房空气改善过程,​并学会将智能硬件技术应用到生活实际场景。​未来结合 WiFi云端或AI分析,​系统可进一步升级为真正的“健康厨房管家”,​助力智能家居科学、​安全、​环保健康发展。​

**祝同学们动手愉快、​科学成长!​家里的厨房更安全,​生活更健康!​**

# References (9)

1. *家庭厨房IAQ环境--数字化测评 - 知乎*. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/589126217>

2. *室内空气品质的测定实验指导书 - 百度文库*. <https://wenku.baidu.com/view/65fe558b1937f111f18583d049649b6648d70995.html>

3. *Arduino UNO R4 WiFi 官方介绍文档 - 小鹏STEM*. <https://www.xpstem.com/article/2000209>

4. *Arduino 完全实验套件 - Arduino 实验室 - NXEZ*. <https://arduino.nxez.com/complete-experimental-kit-of-arduino>

5. *Fritzing 简单使用-CSDN博客*. <https://blog.csdn.net/MicroMehhh/article/details/136666210>

6. *15、​数据收集小工具:​Arduino 传感器数据处理与采集-CSDN博客*. <https://blog.csdn.net/agile9scrum/article/details/149589736>