

2019—2020 学年 第二 学期

# 实验报告书

课程名称 专业选修实验报告 2

学院名称 智能装备学院

专业班级 电科 17-2

学 号 201723010237

姓 名 张厚今

山东科技大学

实验名称	实验二 烟火传感器实验		
姓 名	张厚今	组别	
同组实验者			
指导教师	徐文正	实验日期	2020.05.23
指导教师评语			
指导教师签名: _____ _____ 年 _____ 月 _____ 日			
实验成绩			

# 山东科技大学实验报告书

## 实验二 烟火传感器实验

### 一、实验目的

掌握烟火传感器的静态特性计算方法，学会计算传感器的静态特性，掌握绘制烟火传感器的电路图、PCB 图和使用方法。

### 二、实验要求

根据要求举例计算出烟火传感器的静态特性，绘制烟火传感器的电路图、PCB 图和使用步骤。

### 三、实验步骤

#### 3.1 烟火传感器原理

烟火传感器的种类很多，其中最常见的是烟雾传感器。烟雾传感器就是通过监测烟雾的浓度来实现火灾防范的，烟雾报警器内部采用离子式烟雾传感，离子式烟雾传感器是一种先进技术，工作稳定可靠的传感器，被广泛运用到各种消防报警系统中，性能远优于气敏电阻类的火灾报警器。

它在内外电离室里面有放射源镅，电离产生的正、负离子在电场的作用下各自向正负电极移动。在正常的情况下，内外电离室的电流、电压都是稳定的。一旦有烟雾窜逃外电离室，干扰了带电粒子的正常运动，电流，电压就会有所改变。破坏了内外电离室之间的平衡，会导致无线发射器发出无线报警信号，通知远方的接收主机，将报警信息传递出去。如下图 3.1 所示。



图 3.1 离子式烟火传感器原理

烟雾传感器广泛应用在城市安防、小区、工厂、公司、学校、家庭、别墅、仓库、资源、石油、化工、燃气输配等众多领域。

# 山东科技大学实验报告书

烟雾探测器的底座上有 4 个导体片，片上带接线端子，底座不用设置卡位，便于调整探测器报警确认灯的方向。布线管内的探测器总线分别接在任意对角的二个接线端子上（不分极性），另一对导体片用来辅助固定探测器。

总之，烟雾探测器在生活中还是比较常见的，给我们的生活带来了很多便利的地方，对于维护我们的安全起到了很好的保障作用，让我们更加完善其进程。

## 3.2 烟火传感器分类

### 3.2.1 离子式烟雾传感器

该烟雾报警器内部采用离子式烟雾传感，离子式烟雾传感器是一种技术先进，工作稳定可靠的传感器，被广泛运用到各消防报警系统中，性能远优于气敏电阻类的火灾报警器。离子式烟雾传感器如下图 3.2 所示。

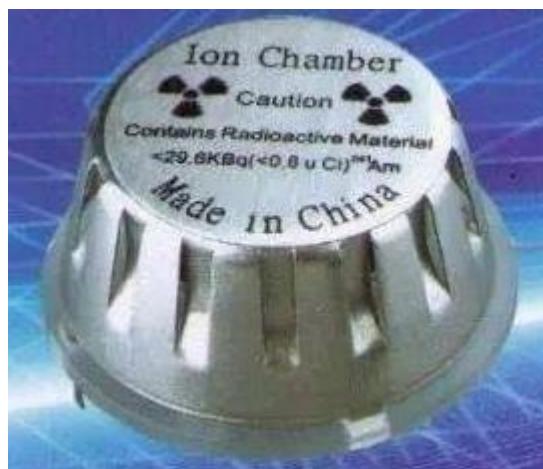


图 3.2 离子式烟雾传感器

离子烟雾报警器对微小的烟雾粒子的感应要灵敏一些，对各种烟能均衡响应；而前向式光电烟雾报警器对稍大的烟雾粒子的感应较灵敏，对灰烟、黑烟响应差些。当发生熊熊大火时，空气中烟雾的微小粒子较多，而闷烧的时候，空气中稍大的烟雾粒子会多一些。

如果火灾发生后，产生了大量的烟雾的微小粒子，离子烟雾报警器会比光电烟雾报警器先报警。这两种烟雾报警器时间间隔不大，但是这类火灾的蔓延极快，此类场所建议安装离子烟雾报警器较好。另一类闷烧火灾发生后，产生了大量的稍大的烟雾粒子，光电烟雾报警器会比离子烟雾报警器先报警，这类场所会安装光电烟雾报警器。

# 山东科技大学实验报告书

## 3.2.2 光电式烟雾传感器

光电烟雾报警器内有一个光学迷宫，安装有红外对管，无烟时红外接收器不能接收到红外发射管发出的红外光，当烟尘进入光学迷宫时，通过折射、反射，接收管接收到红外光，智能报警电路判断是否超过阈值，如果超过发出警报。如下图 3.3 所示。



图 3.3 光电式烟雾传感器

光电感烟探测器可分为减光式和散射光式，分述如下：

### (1) 减光式光电烟雾探测器

该探测器的检测室内装有发光器件及受光器件。在正常情况下，受光器件接收到发光器件发出的一定光量；而在有烟雾时，发光器件的发射光到受到烟雾的遮挡，使受光器件接收的光量减少，光电流降低，探测器发出报警信号。

### (2) 散射光式光电烟雾探测器

该探测器的检测室内也装有发光器件和受光器件。在正常情况下，受光器件是接收不到发光器件发出的光的，因而不产生光电流。在发生火灾时，当烟雾进入检测室时，由于烟粒子的作用，使发光器件发射的光产生漫射。这种漫射光被受光器件接收，使受光器件的阻抗发生变化，产生光电流，从而实现了烟雾信号转变为电信号的功能。探测器收到信号然后判断是否需要发出报警信号，如下图 3.4 所示。

# 山东科技大学实验报告书

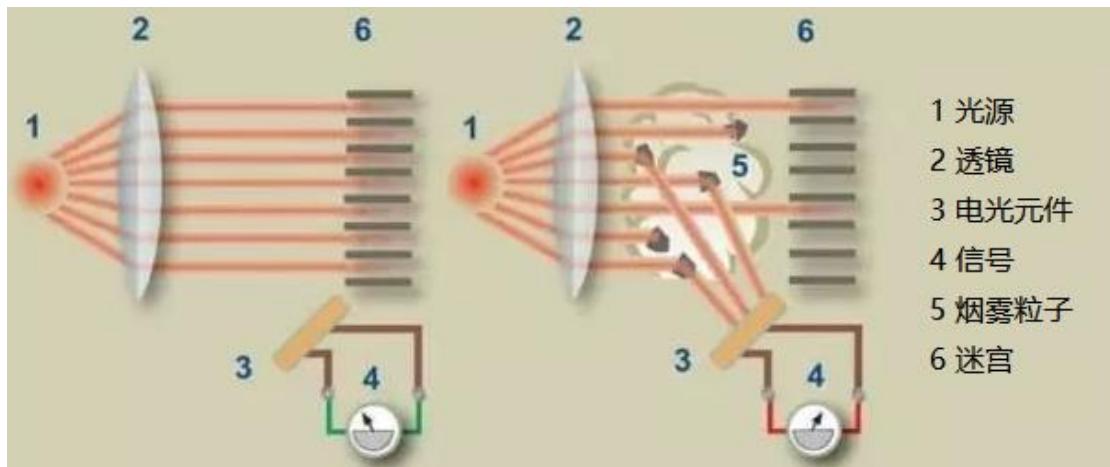


图 3.4 散射光式烟雾传感器

### 3.2.3 气敏式烟雾传感器

气敏传感器是一种检测特定气体的传感器。它主要包括半导体气敏传感器、接触燃烧式气敏传感器和电化学气敏传感器等，其中用的最多的是半导体气敏传感器。它的应用主要有：一氧化碳气体的检测、瓦斯气体的检测、煤气的检测、氟利昂（R11、R12）的检测、呼气中乙醇的检测、人体口腔口臭的检测等等。如下图 3.5 所示。



图 3.5 气敏式烟雾传感器

它将气体种类及其与浓度有关的信息转换成电信号，根据这些电信号的强弱就可以获得与待测气体在环境中的存在情况有关的信息，从而可以进行检测、监控、报警；还可以通过接口电路与计算机组成自动检测、控制和报警系统。

气敏烟雾传感器的典型型号有 MQ-2 气体传感器。该传感器常用于家庭和工厂的气体泄漏装置，适宜于液化气、丁烷、丙烷、甲烷、酒精、氢气、烟雾等的探测。其中气敏传感器有以下几种类型：

#### (1) 可燃性气体气敏元件传感器

可燃性气体包含各种烷类和有机蒸汽类(VOC)气体，可燃性气体气敏元件传感器大量应用于抽油烟机、泄漏报警器和空气清新机。

# 山东科技大学实验报告书

## (2) 一氧化碳气敏元件传感器

一氧化碳气敏元件可用于工业生产、环保、汽车、家庭等一氧化碳泄漏和不完全燃烧检测报警。

## (3) 氧传感器

氧传感器应用很广泛，在环保、医疗、冶金、交通等领域需求量很大。

## (4) 毒性气体传感器

毒性气体传感器主要用于检测烟气、尾气、废气等环境污染气体。

### 3.2.4 离子式与气敏式烟雾传感器的比较

火灾烟雾是由气、液、固体微粒群组成的混合物，具有体积、质量、温度、电荷等物理特性。离子型烟雾探测器是通过相当于烟敏电阻的电离室引起的电压变化来感知烟雾粒子的微电流变化装置。当烟雾粒子进入电离室，改变了电离室空气的电离状态，从而宏观表现为电离室的等效电阻增加引起电离室两端的电压增大，由此来确定空气中的烟雾状况。

气敏烟雾传感器是探测空气中某些可燃气体的成分，所以在火灾探测方面，气敏传感器性能并不如离子式传感器。气敏传感器可用于探测空气中可燃气体的含量，有效地探测煤气、液化石油气、然气、一氧化碳等多种可燃性气体的微量泄漏。适用于石油、化工、煤炭、电力、冶金、电子等工业企业，以及煤气厂、液化石油气站、氢气站等生产和贮存可燃性气体的场所。

### 3.3 烟雾传感器选型

本次实验以“为单片机选择烟雾传感器进行烟雾浓度检测”的实验场景为例，对不同种类的传感器进行挑选，选择合适的烟雾传感器进行烟雾检测。在单片机应用中，常用于检测烟雾的传感器为 MQ-2 烟雾传感器。因此本次实验就以 MQ-2 传感器为例，配合 51 单片机进行烟雾检测。

### 3.4 MQ-2 烟雾传感器概述

#### 3.4.1 MQ-2 简介

MQ-2 常用于家庭和工厂的气体泄漏监测装置，适宜于液化气、苯、烷、酒精、氢气、烟雾等的探测。因此 MQ-2 可以说是一个多种气体探测器。MQ-2 的探测范围极其的广泛。它的优点为灵敏度高、响应快、稳定性好、寿命长、驱动电路简单等等。其外观如下图 3.6 所示，封装结构如下图 3.7 所示。

# 山东科技大学实验报告书

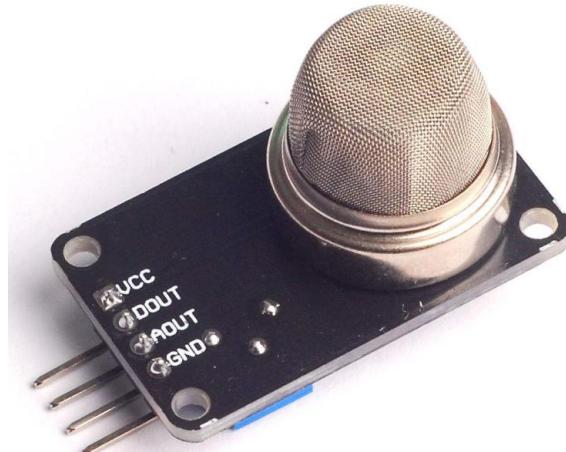


图 3.6 MQ-2 烟雾传感器

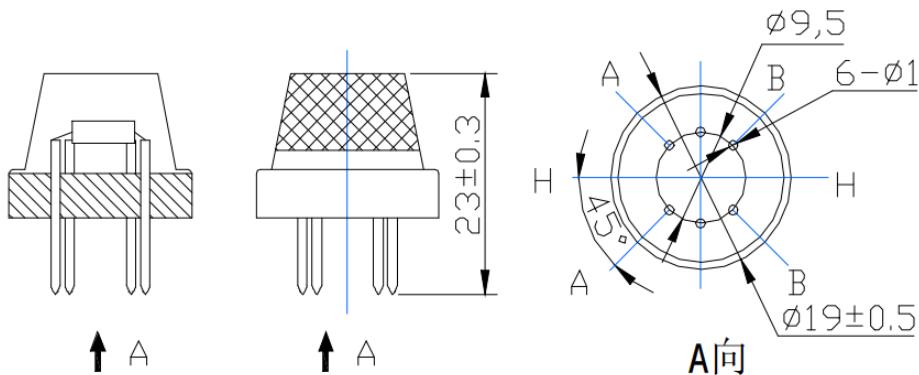


图 3.7 MQ-2 封装

## 3.4.2 MQ-2 工作原理

MQ-2 型烟雾传感器属于二氧化锡半导体气敏材料，属于表面离子式 N 型半导体。处于 200~300 摄氏度时，二氧化锡吸附空气中的氧，形成氧的负离子吸附，使半导体中的电子密度减少，从而使其电阻值增加。当与烟雾接触时，如果晶粒间界处的势垒收到烟雾的调至而变化，就会引起表面导电率的变化。利用这一点就可以获得这种烟雾存在的信息，烟雾的浓度越大，导电率越大，输出电阻越低，则输出的模拟信号就越大。

## 3.4.3 MQ-2 原件特性

(1) MQ-2 型传感器对天然气、液化石油气等烟雾有很高的灵敏度，尤其对烷类烟雾更为敏感，具有良好的抗干扰性，可准确排除有刺激性非可燃性烟雾的干扰信息。

(2) MQ-2 型传感器具有良好的重复性和长期的稳定性。初始稳定，响应时间短，长时间工作性能好。需要注意的是：在使用之前必须加热一段时间，否则

# 山东科技大学实验报告书

其输出的电阻和电压不准确。

(3) 其检测可燃气体与烟雾的范围是 100~10000ppm (ppm 为体积浓度。  
1ppm=1 立方厘米/1 立方米)

(4) 电路设计电压范围宽, 24V 以下均可, 加热电压  $5 \pm 0.2V$ 。如果加热电压过高, 会导致输入电流过大, 将内部的信号线熔断, 从而器件报废。

## 3.4.4 MQ-2 的应用电路

MQ-2 常用的电路有两种, 一种使用采用比较器电路监控, 另一种为 ADC 电路检测。

### (1) 比较器电路

MQ-2 的 4 脚输出随烟雾浓度变化的直流信号, 被加到比较器 U1A 的 2 脚, 与  $R_p$  构成比较器的门槛电压。当烟雾浓度较高输出电压高于门槛电压时, 比较器就会输出为低电平 ( $O_v$ ), 此时 LED 亮报警; 当浓度降低传感器的输出电压低于门槛电压时, 比较器翻转输出高电平 ( $V_{cc}$ ), LED 熄灭。调节  $R_p$  就可以改变比较器的门槛电压, 从而调节报警输出的灵敏度。电路如下图 3.8 所示。

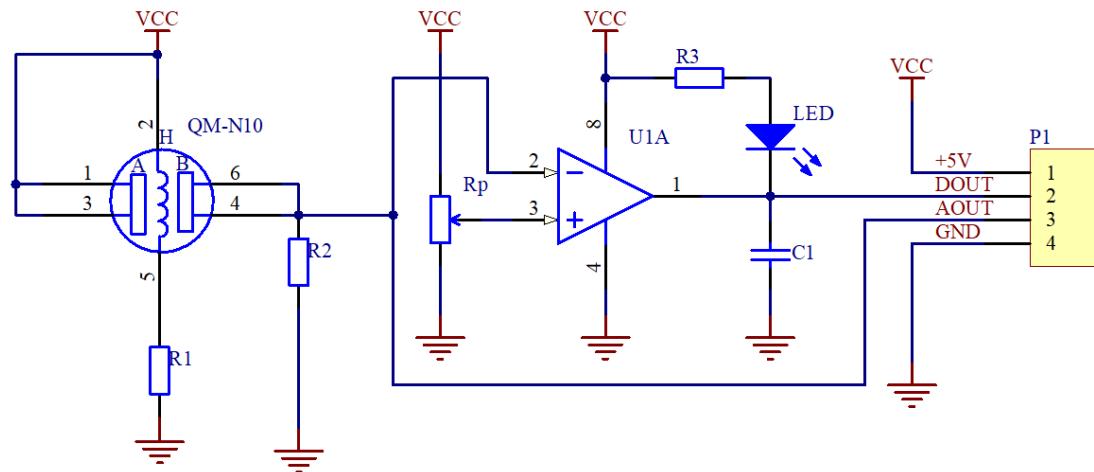


图 3.8 比较器电路

### (2) ADC 转换电路

MQ-2 传感器另外一个采集方法为 AD 信号采集, 即将电压信号转化为数字信号, 进而转化为精确的烟雾浓度值。如下图 3.9 所示。

# 山东科技大学实验报告书

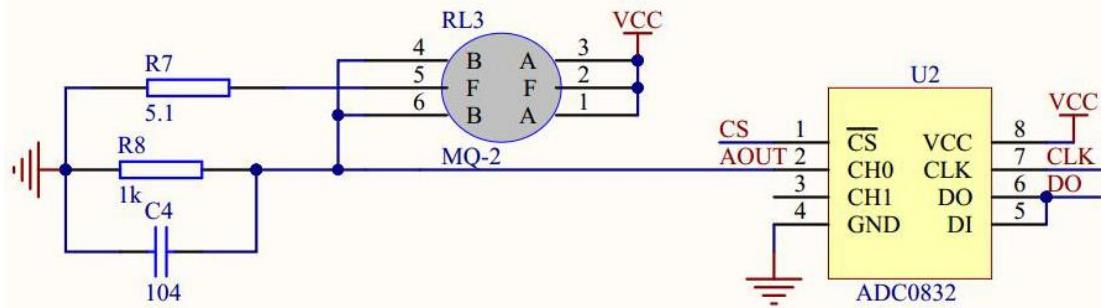


图 3.9 ADC 转换电路

MQ-2 传感器的 4 脚、6 脚的电压为输出信号,  $R_s$  为传感器的本体电阻。若气体浓度上升, 必导致  $R_s$  下降。而  $R_s$  的下降则会导致 MQ-2 的 4 脚、6 脚对地输出的电压增大。所以气体浓度增大, 其输出的电压也会增大, 最终通过 ADC0832 转换后数值增大。

## 3.4.5 MQ-2 检测原理

使用比较器电路可以测量出当前烟雾浓度是否高于设定的阈值。因为比较器电路处理的检测信号只有高电平和低电平两种状态; 当浓度低于阈值时, 信号为高电平; 浓度高于阈值时, 信号为低电平。所以单片机只需要将引脚配置为输入模式, 监控该信号的高低电平即可。

使用 ADC 转换电路可以进行烟雾浓度测量。实现对 MQ-2 烟雾浓度的采集, 只需实现 ADC0832 采集函数便可完成信号的采集。但通过 ADC0832 采集到的信号只为原始信号, 要转换为实际的烟雾浓度, 还需要根据 MQ-2 的特性进行校正和公式转换, 最终得到实际的浓度值。

### (1) 烟雾浓度计算公式

阻值 R 与空气中被测气体的浓度 C 的计算关系式

$$\log R = m \log C + n \quad (m, n \text{ 均为常数})$$

常数 n: 与气体检测灵敏度有关, 除了随传感器材料和气体种类不同而变化外, 还会由于测量温度和激活剂的不同而发生大幅度的变化。

常数 m: 表示随气体浓度而变数的传感器的灵敏度(也称作为气体分离率)。对于可燃性气体来说, m 的值多数介于 1/2 至 1/3 之间。

### (2) 传感器的电阻的计算

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

式中  $V_c$  为回路电压,  $V_{RL}$  是传感器 7 脚、6 脚输出的电压即 U 输出,  $R_L$  是负

# 山东科技大学实验报告书

载电阻。更具上式即可算出传感器电阻 $R_s$ 。

(3) MQ-2 烟雾传感器的输出电压计算:

根据 MQ-2 的工作原理, 其电导率随着气体浓度的增大而增大, 其电阻是电导率的倒数, 所以其电阻是减小的, 其特性相当于一个滑动变阻器。并且参考图 MQ-2 Datasheet 的测试电路, 可以得到下面的公式:

$$U = \left( \frac{R_{11}}{R_{11} + R_s} \times V_C \right)$$

$V_C$ 为回路电压即电源电压, 其加在 MQ-2 传感器的 1 脚、3 脚之间。U 是传感器 4 脚、6 脚输出的电压,  $R_s$ 为传感器的体电阻。其中若气体浓度上升, 必导致 $R_s$ 下降。而 $R_s$ 的下降则会导致, MQ-2 的 4 脚、6 脚对地输出的电压增大。所以气体浓度增大, 其输出的电压也会增大。

## 四、实验结果

### 4.1 原理图绘制

根据 MQ-2 比较器电路以及 ADC 采集电路的基本结构, 设计并绘制本实验的原理图。本次实验设计主要由烟雾探测传感器电路、单片机、负载驱动电路、控制程序和编解码程序等组成。系统的组成结构如下图 4.1 所示:

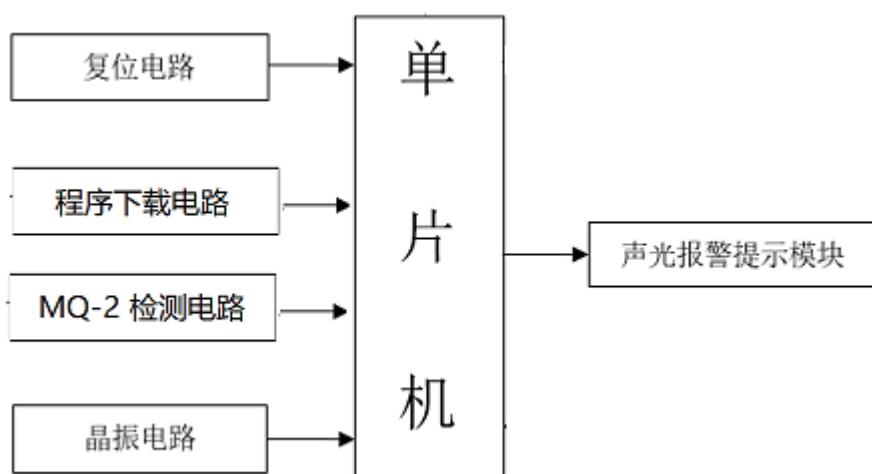


图 4.1 系统结构图

系统以 AT89S52 单片机为控制核心, 以 MQ-2 烟雾传感器检测烟雾浓度, 灵敏度高, 响应快, 以 8 位 AD 转换器 ADC0832 将模拟的电压信号转换为数字信号, 经单片机处理运算得出浓度值, 通过 1602 液晶实时显示。根据探测的烟雾浓度, 通过 BMP5008 语音录放板进行语音警示并 LED 警示灯闪烁提醒。系统流程图如下图 4.2 所示。

# 山东科技大学实验报告书

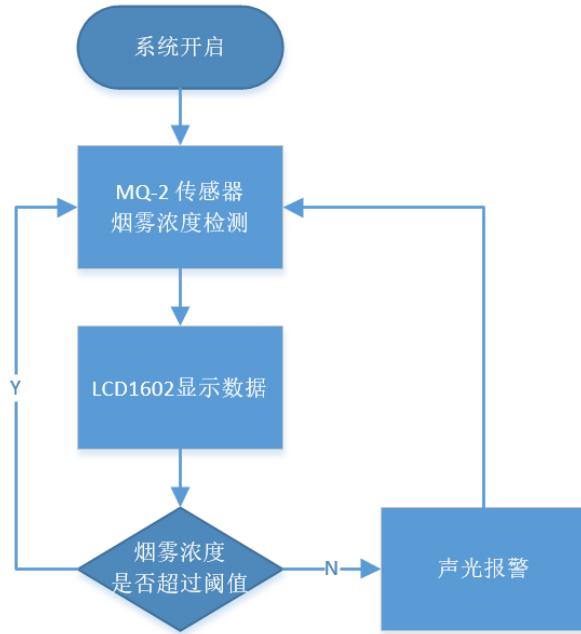


图 4.2 系统流程图

采用 AT89S52 单片机，绘制其最小系统如下图 4.3 所示。

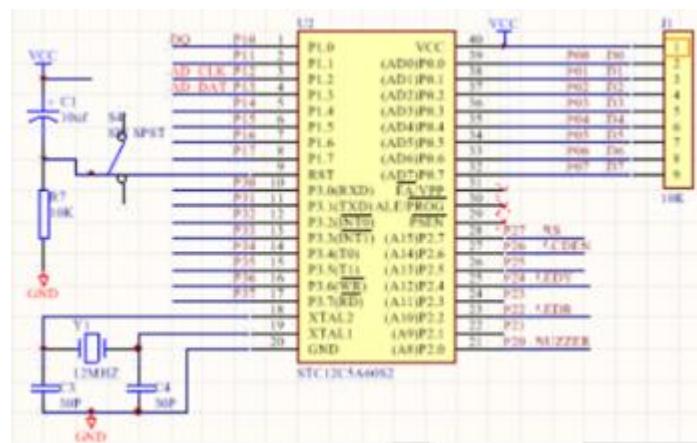


图 4.3 单片机最小系统

显示模块采用 LCD1602 显示屏，原理图如下图 4.4 所示。

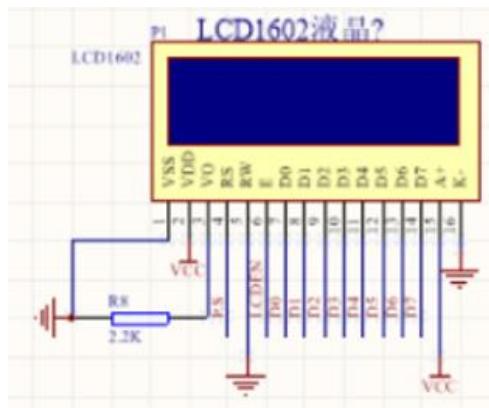


图 4.4 显示模块

# 山东科技大学实验报告书

MQ-2 传感器采集模块如下图 4.5 所示。

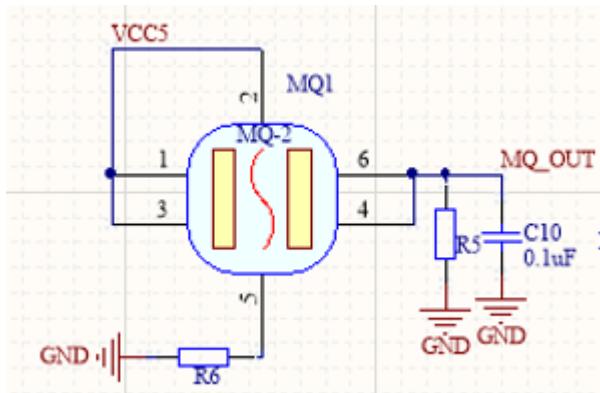


图 4.5 传感器采集模块

最终绘制电路原理图如下图 4.6 所示。

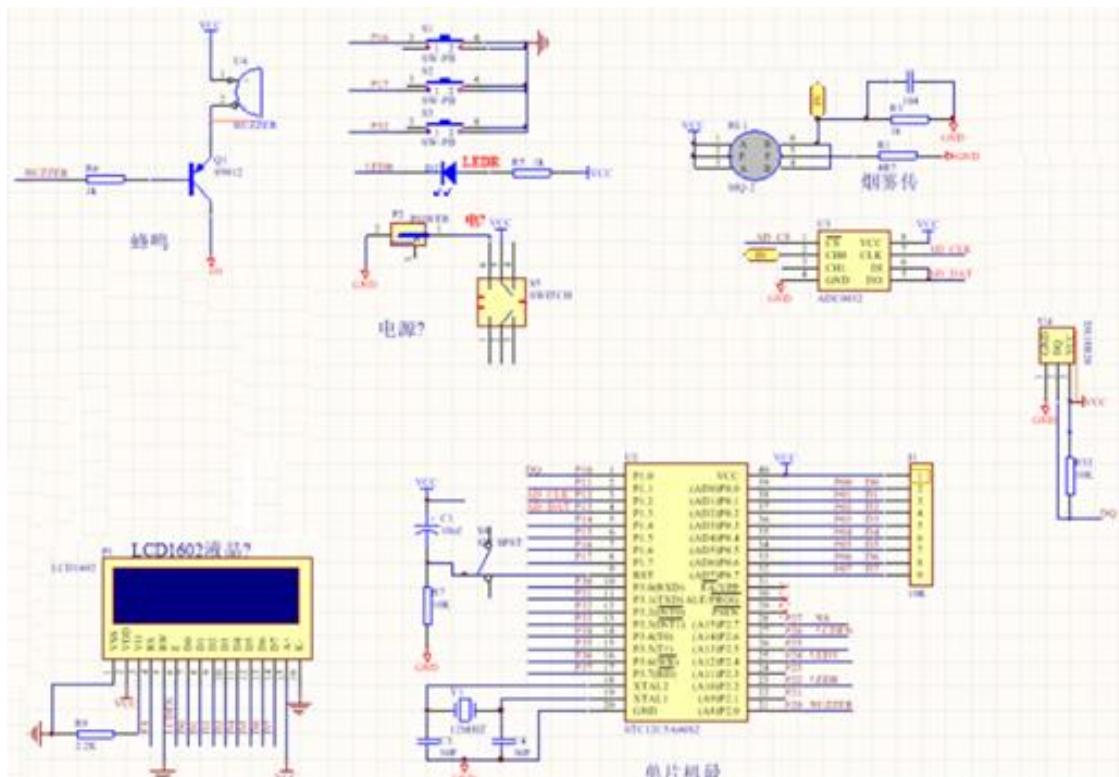


图 4.6 原理图

## 4.2 PCB 绘制

根据原理图的电路连接，将原理图中的原件导入 PCB 文件中，如下图 4.7 所示。

# 山东科技大学实验报告书

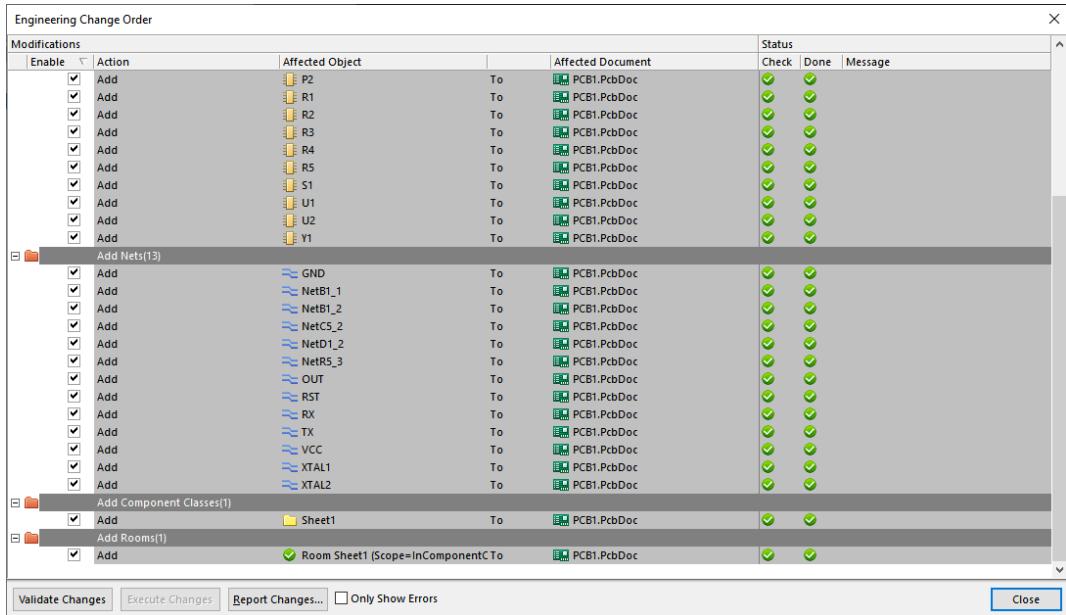


图 4.7 原件导入

初始化导入的原件如下图 4.8 所示。

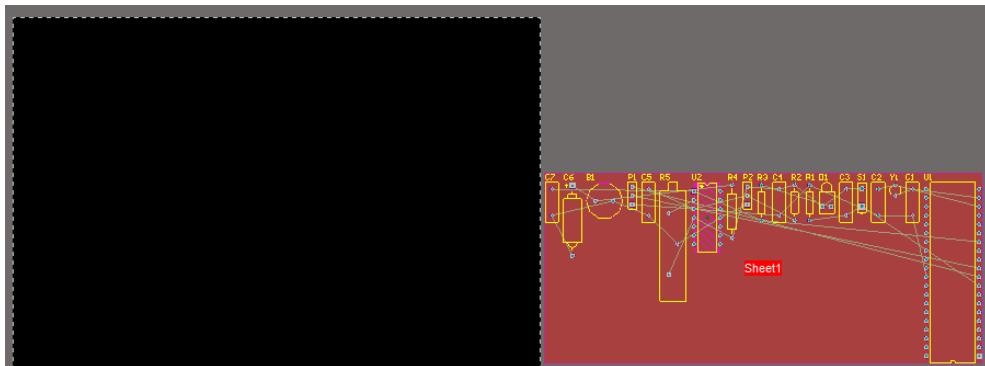


图 4.8 原件位置

经过位置调整和手动布线，得到 PCB 图如下图 4.9 所示。

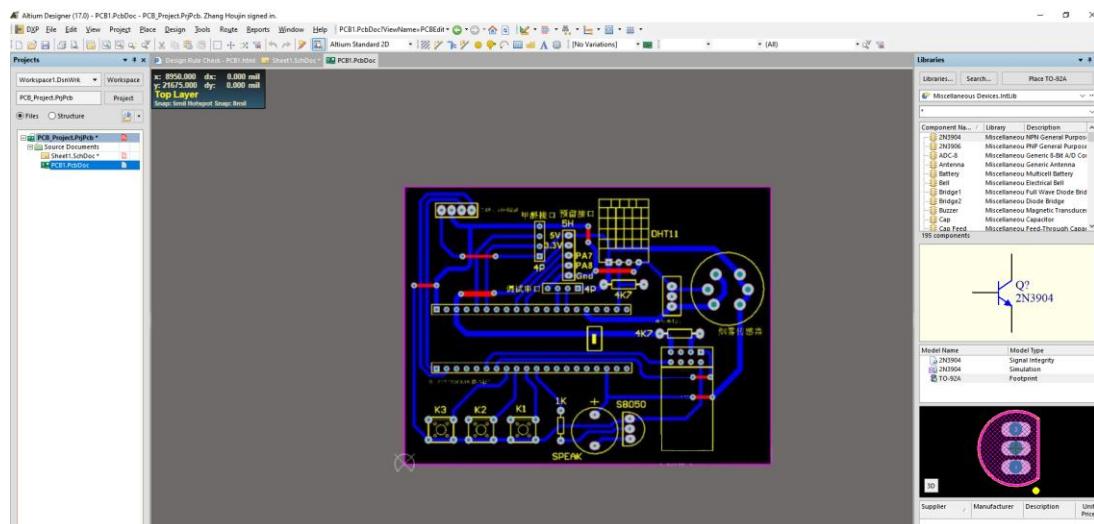


图 4.9 PCB 布线

# 山东科技大学实验报告书

## 4.3 实验检测

由于没有实际硬件，因此无法进行实际检测，不能获取真实数据。通过查阅 MQ-2 元件手册，可以找到 MQ-2 传感器的灵敏度特性曲线，如下图 4.10 所示。

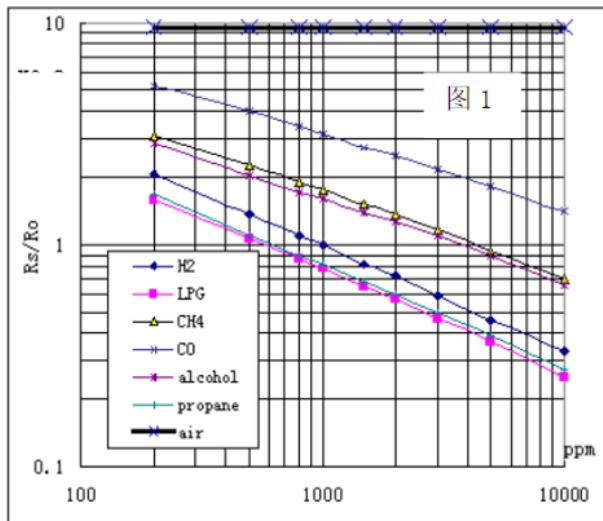


图 4.10 灵敏度曲线

图中纵坐标为传感器的电阻比 ( $R_s/R_o$ )，横坐标为气体浓度。 $R_s$  表示传感器在不同浓度气体中的电阻值  $R_o$  表示传感器在 1000ppm 氢气中的电阻值。

另外，在元件手册中可以找到 MQ-2 传感器典型的温度、湿度特性曲线，如下图 4.11 所示。

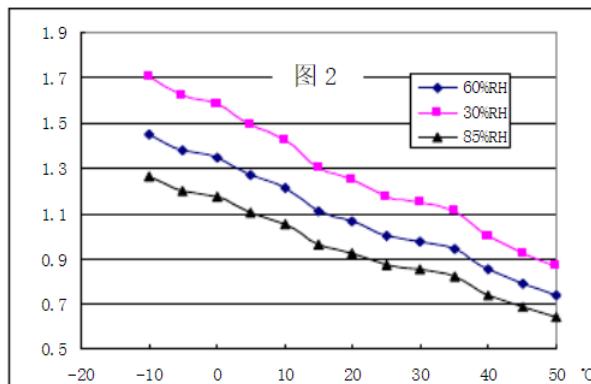


图 4.11 温湿度特性曲线

## 五、收获与心得

本次实验首先讨论了烟雾传感器的分类，主要研究了离子式烟雾传感器、光电式烟雾传感器、气敏烟雾传感器的检测原理及其常见的应用场景。查找了有关减光式光电烟雾探测器、散射光式光电烟雾探测器、可燃性气体气敏元件传感器、一氧化碳气敏元件传感器、氧传感器、毒性气体传感器等多种传感器的资料。之

# 山东科技大学实验报告书

---

后以“为单片机选取烟雾传感器进行烟雾检测”场景为例，对烟雾传感器进行了选型。最终选择了 MQ-2 传感器作为本次实验场景下的烟雾传感器。

接下来对 MQ-2 烟雾传感器的性能特征进行详细探讨。通过查阅手册资料的方式找到了该传感器的部分性能指标，包括传感器的外观及封装、工作原理、传感器特性以及常用电路。详细说明了比较器电路和 ADC 转换电路，这两种常见的电路类型。与实际需求相比较，符合本次实验的传感器要求。

最后简要描述了 MQ-2 传感器在 51 单片机中的使用方法。通过绘制原理图、绘制 PCB、编写简单代码等方式，对烟雾进行模拟检测。

通过本次实验，掌握了烟雾传感器的选择方法，研究了烟雾传感器的种类、精度等静态性能，通过查阅资料了解了烟雾传感器的动态性能、使用方法等，掌握了烟雾传感器的性能分析步骤。