

# 基于 STM32 的手持式气体检测仪

郭小焯<sup>1,2</sup>, 王洋<sup>1,2</sup>

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051;

2. 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051)

**摘要:** 在日常生活及工作中, 为了对有害气体进行有效的实时监测, 避免长期处于有害气体的环境中从而对人员健康产生危害, 针对目前国产气体检测仪最小检测浓度过高、响应时间过长、检测误差较大的问题设计了一种基于 STM32 的手持式气体检测仪; 主要从内部硬件设计以及软件设计两个方面完成了手持式气体检测仪的设计, 硬件方面的主控芯片选择 STM32F103 芯片, 软件方面基于嵌入式系统开发实现对于 VOC 气体、温度、大气压力的测量、显示、数据存储以及数据分析, 主要利用 C 语言来实现其功能; 通过对整个检测仪系统的调试, 证明这一系统能够对 100 ppb 以下气体浓度进行响应、响应时间能够小于 20 s、检测误差能够小于 5%FS; 本气体检测仪除了普通环境的气体浓度监测, 还能应用在有气体泄漏或空气质量要求的化学、工业、农业、动植物培育等场景。

**关键词:** 泄漏监测; STM32; VOC 气体; 气体检测; 手持式检测仪

## Study on Handheld Gas Detector Based on STM32

GUO Xiaoye<sup>1,2</sup>, WANG Yang<sup>1,2</sup>

(1. National Key Laboratory of Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement of Ministry of Education,

North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** In daily life, in order to effectively monitor the harmful gas in real time and avoid being in the environment of harmful gas for a long time, which is harmful to people's health, aiming at the problems of too high minimum detection concentration, too long response time and large detection error of domestic gas detector, a handheld gas detector based on STM32 microprocessor is designed; The system design of handheld gas detector includes two aspects: internal hardware design and software design. STM32F103 chip is selected as the main control chip in hardware. Based on embedded system, the measurement, display, data storage and data analysis of volatile organic compounds (VOC) gas, temperature and atmospheric pressure are developed in software, and its functions are mainly realized by C language; The results of the detector system show that, the response time can be less than 20 s under the gas concentration below 100 pp, and the detection error can be less than 5% FS; In addition to the gas concentration monitoring of ordinary environment, the gas detector can also be used in chemical, industrial, agricultural, animal and plant cultivation and other scenes with gas leakage or air quality requirements.

**Keywords:** leakage monitoring; STM32; VOC gas; gas detection; handheld detector

## 0 引言

在当今社会, 随着经济的快速进步、国家的不断发展, 越来越多的环境污染、人造垃圾也在危害着我们的生存环境, 对人们的健康造成较为严重的影响<sup>[1]</sup>。例如由于化工垃圾造成的可燃气体排放、由于新房装修造成的屋内甲醛超标等问题充斥着我们的生活<sup>[2]</sup>。我们可以常常从新闻中看到由于矿井由于易燃易爆气体过多造成安全事故, 场面令人不忍直视, 也正是这些悲惨的画面不断提醒着人们关于监测危险气体浓度的重要性, 人们也只有做到对于气体浓度的实时监测才能避免事故的一再发生<sup>[3]</sup>。

在安全事故时常发生的背景之下, 全世界各大领域及高校也越来越关注气体检测这一领域, 但由于各种原因, 成功

设计出的仪表始终存在着部分缺陷, 例如检测气体的单一性、响应时间较慢、检测精度不高等问题时常出现, 这也就激励着全世界的科研人员不断对这一领域进行开发。

随着科技的不断进步, 仪器仪表的发展也在不断进步, 人类的日常生活及日常工作也越来越离不开智能仪器仪表的使用, 同样地, 仪器仪表的不断改进和优化也在推动着科技的进步。在工业生产场合或者新装修家居中我们常常遇到需要判断环境内某一气体的含量, 这也就用到了气体检测仪。顾名思义, 气体检测仪能够通过气体传感器检测到对应气体浓度, 再通过主控芯片进行信号调理及数据处理, 最后实现气体浓度数据的显示和存储, 从而实现对于有毒、有害、易燃、易爆气体的实时监测<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 2022-03-31; 修回日期: 2022-05-17。

作者简介: 郭小焯(1995-), 男, 硕士研究生, 主要从事仪器仪表工程方向的研究。

引用格式: 郭小焯, 王洋. 基于 STM32 的手持式气体检测仪[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(9): 265-271.

气体检测仪从使用方法上大致可分为四类,分别是便携式、手持式、固定式以及在线实时式,从使用场合又可大体分为两类,分别为家用式和工用式,家用式气体检测仪主要用来监测房间内空气质量,工用式主要用在煤矿、冶金、油井等产业,用以监测易燃、易爆、有毒、有害气体<sup>[5]</sup>。

在 2017 年以后,气体检测仪行业在我国发展速度加快、趋势良好,行业领头羊企业营业收入普遍能达到 10 亿元以上,而且能保持每年三成的增长速度。从盈利状况来看,收益率约为七成,毛利与营业收入之比能够达到两成以上,整体来看较为稳定。从售价来看,各个产品之间的售价差距较大,最高可达 20 000 元左右,最低却只有 200 元左右,究其主要原因是原材料的使用不同,而随着我国对气体监测仪器仪表这一行业的越来越重视,技术也就会越来越完善和普及,生产成本便会一同缩水,产品的价格也会趋于稳定和平均。

在国外气体检测仪市场中,主要有以下几家生产商,分别是来自德国的 Drager AG 公司、来自加拿大的 Airstest Technologies Inc 公司、来自美国的 Honeywell International Inc 公司等。这些国外气体检测仪生产商的产品按照监测气体不同可以分为针对易燃易爆气体、有毒有害气体、空气质量检测、空气氧气含量检测等几类产品。按照供应领域的不同可使用在冶金、炼油、煤矿、汽车制造、室内等场合<sup>[6]</sup>。

对比国外气体检测仪领头羊企业,国内生产的气体检测仪的不足主要表现在技术水平不高、设备质量低下、产品性能不达标、使用年限较短、外观不够灵巧易用等方面,而相对的,国外生产的气体检测仪平均价格也会比国内高十几倍。

虽然就目前国内气体检测仪生产市场来看,新兴厂家数量每年都会快速增长,但与国外拥有先进技术的企业始终保持着合作、代售的关系,也就是我国暂时并不能独立生产出符合国际顶尖水平的气体检测仪,国内对于这一方面的研究始终处于缓速前进的状态。因此,在全国对于环境保护越来越重视、气体检测仪越来越离不开人们的生活和工作的情况下,就迫切需要科研工作者们加快对于国外先进技术的学习,针对国内实际使用环境做出适合国内市场的改进和创新,研制出性能稳定、使用方便、故障率低的气体检测仪器仪表<sup>[7]</sup>。

针对目前国产气体检测仪最小检测浓度过高、响应时间过长、检测误差较大的问题,本文通过对于传感器的选型、气体浓度算法的改进,设计了一款基于 STM32 的手持式气体检测仪。

## 1 系统结构及工作原理

### 1.1 系统结构框图

整个系统以 STM32 芯片为核心处理器,由主控模块、传感模块、信号采集模块、存储模块、电源模块、人机交互等部分构成了整个系统,并在外部设计了充电口、数据采集口、上位机连接口。气体检测仪系统框图如图 1 所示。

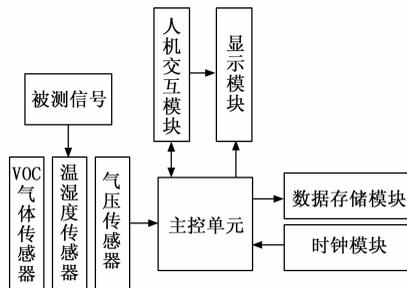


图 1 气体检测仪系统框图

### 1.2 系统工作原理

首先,被测气体通过扩散式气体检测仪预留的扩散口流入气体检测仪内部,通过与气体传感器充分接触,将检测到的气体浓度信息通过处理传输至 STM32 核心处理器,另外通过温度、湿度、气压传感器将温度、湿度、气压信号通过 IIC 接口传输至 STM32 中进行处理,同时,气体检测仪外部也预留了其他传感器的接口。经过处理的信号再通过 LCD 液晶显示器显示出被测气体、温湿度和气压的具体参数。另外,可以通过外部按键输入和液晶显示两部分完成人机交互功能,实现人工操作和测量结果的显示。检测仪配有 USB 接口方便利用该接口对数据进行提取和查看,还留有充电接口方便气体检测仪的续航使用。

## 2 系统设计要求

### 2.1 系统功能要求

室内有机气态物质的英文缩写是 VOC (Volatile Organic Compounds),而 TVOC 是对各种各样的 VOC 总和的统称,这种气体作为室内空气质量最严重的一种,VOC 由于其在大气压下的易挥发性,其气体对人体有较强的刺激性,甚至有致癌的严重后果。因此,本系统设计的气体检测仪目的在于监测室内 VOC 气体浓度,经过数据的采集和处理,将其显示在 LCD 屏幕上,并将采集到的数据进行存储<sup>[8]</sup>。

### 2.2 气体检测仪设计要求

- 1) 监测环境:根据室内空气监测的采样要求可知,采样点应避免接近通风口,距离墙壁的距离应大于半米,高度应与人类的平均呼吸高度一致,约为 1~1.5 m 左右;
- 2) 监测对象:一定范围内的 VOC 气体;
- 3) 检测误差:  $\leq 5\%FS$ ;
- 4) 响应时间:  $\leq 20$  s;
- 5) 气体最小检测浓度:根据国家颁布的《住宅设计规范》,室内建筑中 TVOC 的含量需  $\leq 0.5$  mg/m<sup>3</sup> ( $\approx 386.7$  ppb),因此设计气体检测仪的最小检测浓度需小于 100 ppb;

## 3 系统硬件设计

### 3.1 系统组成部分

本系统的设计初衷是能够设计出一种能够同时监测室内 VOC 气体浓度含量、温湿度、气压的多功能手持式气体检测仪,同时通过 LED 屏幕将各个参数显示出来,从而供用户判断室内空气质量是否符合要求。

本系统主要包括以下几个主要模块, 分别为主控模块、传感模块、存储模块、电源模块、人机交互模块、显示模块。主控模块以 STM32 芯片作为核心处理器, 设计以其为核心的最简电路, 同时也包含复位电路和晶振部分; 传感模块主要包括气体浓度传感器及其传感模块电路, 方便其将数字信号通过 IIC 接口传输至核心处理器; 存储模块通过 EEPROM 存储器将监测到的气体浓度、温湿度、气压数据保存下来, 可通过预留的 USB 接口进行查看; 电源模块通过可充电的锂电池对整个系统供电, 并通过电压转换芯片将电源电压调整至各个模块额定使用电压; 人机交互模块和显示模块可通过按键查看气体检测仪的实时数据, 同时通过 LCD 液晶显示屏实现气体浓度的可视化, 实现包括阈值调整、报警取消等功能。

### 3.2 主控模块

对于核心处理器的选型, 本系统选择了 STM32F103C6T6, 这是一款 32 位性能较高的微控制单元, 其中集成了 72 MHz 的 ARM Cortex M3 内核, 这款核心处理器一共具有 48 个引脚, 程序内存的闪存容量为 32 KB, 随机存储内存大小有 6 KB, 拥有 37 个增强型通用 I/O 端口和两条能够与 APB 总线相连的外设。该核心处理器提供了两个十二位的模数转换器、3 个 16 位定时器和一个 PWM 定时器, 有两个 IIC 接口, 典型工作电压为 2.0 V 至 3.3 V<sup>[9]</sup>。

在绘制微控制器硬件电路时, 在 8 和 9 引脚、23 和 24 引脚、35 和 36 引脚、47 和 48 引脚之间, 也就是电源和地之间都分别连接了一个大小为 100 nF 的电容, 以此来屏蔽高频的交流信号, 使得引脚连接的电源电压更为稳定。芯片进行复位操作之后从哪个位置运行程序取决于“BOOT0”和“BOOT1”两个引脚复位时的电平高低, 这两个引脚需要下拉一个大小为 10 k 的电阻, 以此避免核心处理器烧坏。

总的来说这款微处理器该芯片性能强大、运行稳定、尺寸较小, 完全符合本系统对于微处理器的要求。图 2 为 STM32F103C6T6 引脚电路图<sup>[10]</sup>。

### 3.3 传感模块

在传感模块元器件的选型中, 本系统选择 Cambridge CMOS Sensors 公司生产的 CCS811 作为 VOC 气体浓度传感器, 这种传感器集成模数转换功能的数字传感器, 并通过 IIC 接口与核心处理器进行数据传输, 而且这 3 种传感器都具有功耗低、尺寸小、外围电路简单、传输速度快、稳定性高的优点, 完全符合本系统对于传感器的要求<sup>[11]</sup>。

CCS811 这款气体传感器拥有十个引脚和一个焊盘, CCA811 支持 IIC 接口通信, 其十六位 IIC 地址位可配置成 0×5A 和 0×5B 两种, 可根据引脚的高低电平控制其地址位, 当传感器“ADDR”引脚电平低时, 则对应地址位 0×5A, 当传感器“ADDR”引脚电平高时, 则对应地址位 0×5B<sup>[12]</sup>。CCS811 的第二个引脚“nREST”引脚是可选复位引脚, 一般与核心处理器的“JNTRST”引脚相连接, 为了

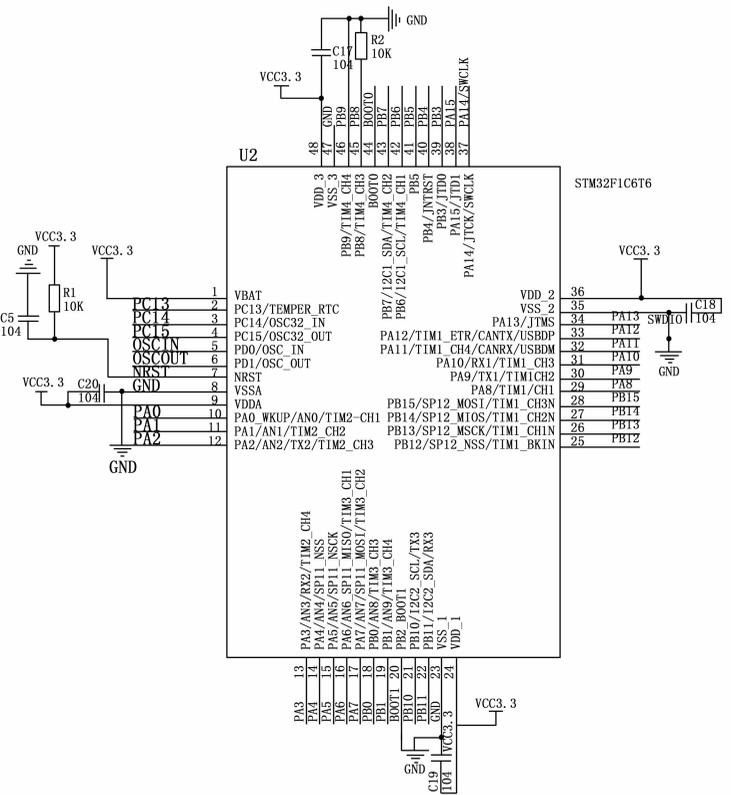


图 2 STM32F103C6T6 引脚电路图

防止由于外部噪声造成的异常复位, 可以将该引脚连接一个上拉电阻。当 CCS811 与微控制单元相连接时, “SDA”和“SCL”引脚分别与微控制单元的 IIC 数据线和时钟接口相连接, 为了加强抗干扰能力, 并分别上拉了一个 4.7 k 电阻至电源电压。“INT”引脚是需要中断时连接。“SENSE”引脚和“PWN”引脚需相连并分别上拉一个电阻至电源, “VDD”引脚是 CCS811 的内部工作电压, 可直接与电源相连。“AUX”引脚是可选引脚, 可利用外部热敏电阻感受周围温度, 如果不需要使用则可不连接。位于传感器底部的裸焊盘“Exposed Pad”直接接地。图 3 为气体浓度传感器电路图<sup>[13]</sup>。

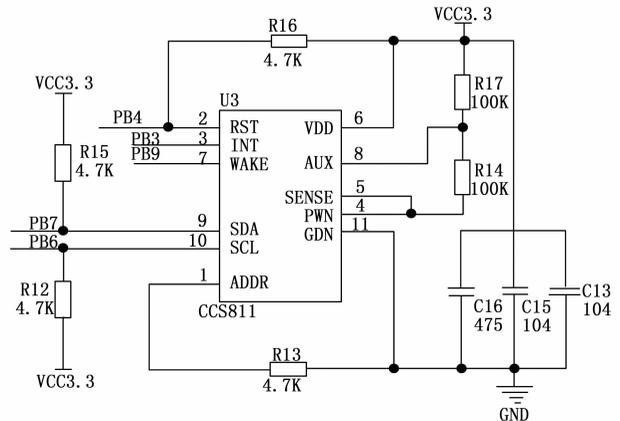


图 3 气体浓度传感器电路图

在众多 VOC 气体检测仪中，CCS811 气体检测精度较高，达到 1 ppb 级别，这款气体传感器的检测目标是 VOC 气体，VOC 气体浓度的检测范围是 0~1 187 ppb，响应时间较快，达到 1 s 左右，尺寸也是较小的，仅有 4.0 mm×2.7 mm，同时 CCS811 传感器是一款集成度极高的传感器，是一款数字传感器，其具有 IIC 接口，输出 IIC 信号，方便与核心处理器相通信和连接。与其他同类型 VOC 气体传感器相比优势明显，而且该产品在市场上较为成熟，在科研中的使用也已经成熟，所以本系统选择 CCS811 这一款气体传感器作为气体检测仪的核心传感器，符合系统设计中对于响应时间和最小检测浓度的要求<sup>[14]</sup>。

### 3.4 存储模块

对于本系统设计的手持式气体检测仪而言，需要储存较多的数据以实现历史检测数据的查看，并且必须保证这些数据不会被遗失，这就要求在设计过程中选择一款 EEPROM 芯片<sup>[15]</sup>。AT24C04C 是一款由 Ateaml 公司研制的得电可擦除存储芯片，该存储器采用两线并行的方式进行与核心处理器的数据传输，AT24C04C 拥有 4 k 存储空间，其内部的数据在断电情况下仍然能够保存超过一百年，其工作温度范围是 -40~85 ℃，支持 IIC 接口，传输速度高达 400 kHz<sup>[16]</sup>。这款芯片的外围电路简单，需要与核心处理芯片的连线数量很少，只需将“SCL”引脚和“SDA”引脚与核心处理器的 IIC 数据线接口和时钟线接口相连接，“WP”引脚是写保护引脚，将其接地以实现 AT24C04C 的读写。图 4 为数据存储电路图<sup>[17]</sup>。

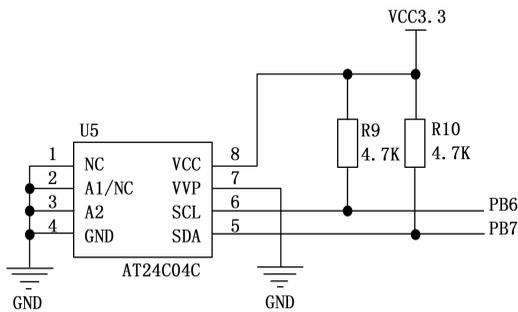


图 4 数据存储电路图

### 3.5 显示模块

HTC1622 是一款比较常见的 256 段的内置寄存器的 LCD 驱动芯片，这款芯片额定的工作电压为 2.4~5.2 V<sup>[18]</sup>。内置 RC 振荡器和电阻式偏压发生器，“VLCD”引脚连接大小为 20 k 的电位器以此来调节 LCD 电压，其最大特点是能够通过驱动多段 LCD 字符，操作温度为 -40~85 ℃。HTC1622 需要与核心处理芯片的连线数量很少，这样有助于缩小电路板的尺寸，同样也有助于降低整个系统的功耗，因此 HTC1622 十分符合本系统对于 LCD 驱动芯片的要求<sup>[19]</sup>。图 5 为 LCD 驱动模块电路。

### 3.6 供电模块

#### 3.6.1 系统供电框图

本系统中的主控模块、传感模块、存储模块、人机交

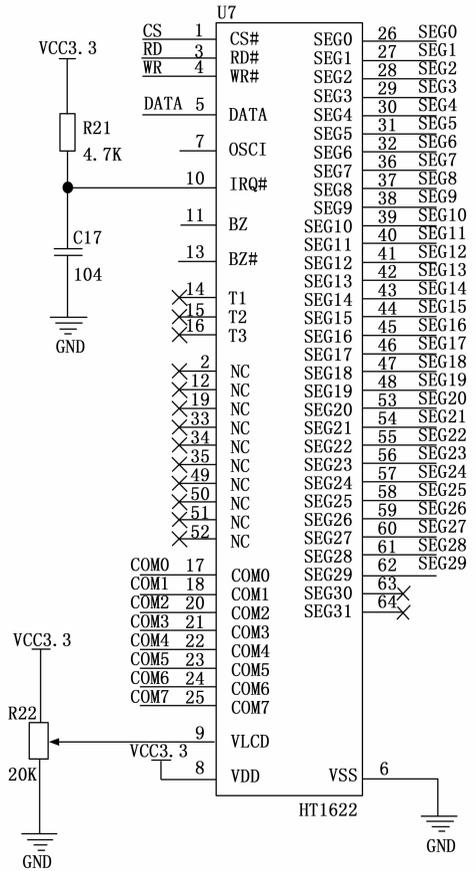


图 5 LCD 驱动模块电路

互模块、LCD 显示模块均需要 3.3 V 的供电电压，由于充电管理芯片的输出电压为 5 V，因此需要增加一款电压转换芯片将电压转换至 3.3 V，以此实现对整个系统的稳定供电。下图 6 为本系统的供电框图。

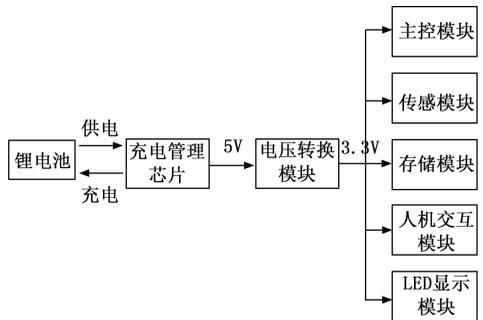


图 6 系统供电框图

#### 3.6.2 锂电池充放电管理

锂电池选择 SONY 公司出品的 18 650 锂电池，“18”和“65”分别表示锂电池的直径和长度为 18 mm 和 65 mm，“0”表示该电池为圆柱形电池，根据型号不同，可提供 3.6 V/4.2 V 的电压，电池容量范围为 2 200~3600 mAh，这款电池具有容量大、使用寿命长、输出稳定性高、安全性高、没有记忆效应的特点，因此完全符合本系统对于锂电池的要求。

本供电模块中选择 IP5306 作为充电管理芯片，这款芯

片一共有 8 个引脚和一个焊盘。其中“VIN”引脚是 5 V 充电输入引脚, 连接 5 V 的直流输入, “LED1”、“LED2”和“LED3”引脚为 LED 驱动引脚, 可用来表示电池充电状态, “KEY”引脚是按键输入, 是照明灯驱动复用引脚, 不使用可不连接, “BAT”是升压输入引脚, 一般与锂电池的正极相连接, “VOUT”是升压输出引脚, “GND”为芯片底部的接地焊盘。

IP5306 芯片功能强大, 包括升压转换器、锂电池充放电管理、电池充电状态显示等功能, 而且其外围电路十分简单, 只需要连接一个电感就能达到升压和降压的目的。这款芯片的同步升压系统能够输出 2.4 A 的电流, 转换效率高达 90% 以上, 不充电时芯片自动进入休眠状态, 静态电流小于 50  $\mu$ A。IP5306 的充电电压精度为  $\pm 0.5\%$ , 升压效率为 96%, 支持边充电边放电, 同时支持 4.2 V、4.3 V、4.35 V、4.4 V 电池, 具有防止过压、过充、过放、短路的保护功能, 因此这款锂电池充电管理芯片符合本系统设计的要求。图 7 为锂电池充电管理电路图。

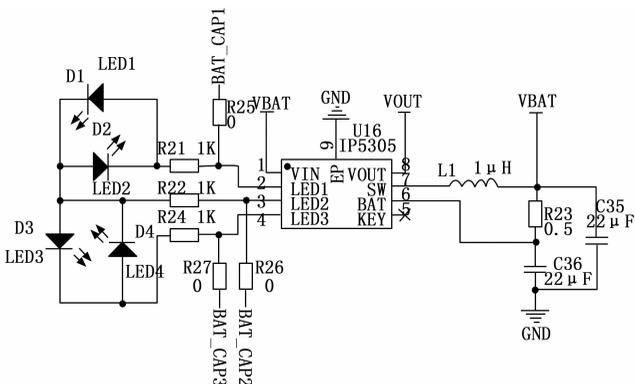


图 7 锂电池充电管理电路图

### 3.6.3 电压转换模块

AMS1117 是一款可调、可固定的低压差线性稳压器。AMS1117 一共含有 3 个引脚, “GND”引脚接地, “VOUT”引脚是输出电压, “VIN”引脚是输入工作电压, 引脚与地之间的电容起到滤除杂波的作用。它与传统的三端稳压器的区别在于 AMS1117 的自耗很低, 这款稳压器内部集成了由二极管、采样电阻、分压电阻等元器件组成的硬件电路, 同时具备防止过压、过温、过放、短路的保护功能, 而且拥有延时安全供电的功能。该稳压器的正常工作结温的范围是  $-40 \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$ , 输出电压为 3.267~3.333 V。综上所述, AMS1117 十分符合本系统对于稳压器的要求, 如图 8 为稳压器电路图。

## 4 系统软件设计

### 4.1 软件框图

本系统的软件部分采用模块化编程的思路, 使用 C 语言对系统的各个组成部分, 包括传感模块、数据处理模块、存储模块、液晶显示模块和按键模块, 从而组成整个系统软件的编写。图 9 为系统软件总框图。

### 4.2 软件流程图

当气体检测仪启动后, 第一步是核心处理器以及各个

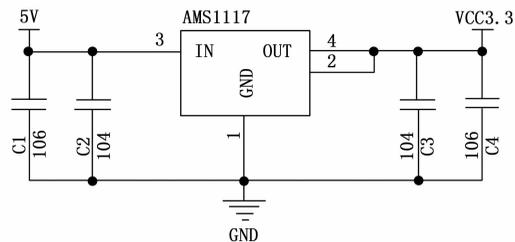


图 8 稳压器电路图

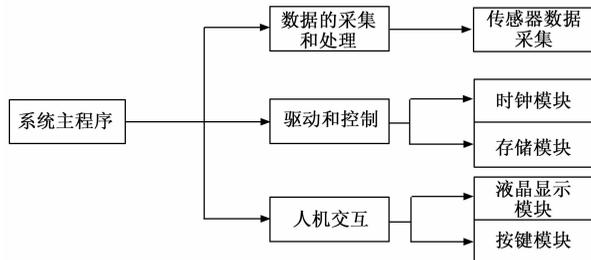


图 9 系统软件总框图

外设的初始化, 接着检查电池电量是否满足使用条件, 若不足则关机, 若电量充足则进入下一步, 在各个传感器完成数据采集的过程中, 对整个系统完成自检操作, 然后是数据的处理阶段, 判断周围气体浓度是否超过阈值, 若超过则报警, 若未超过则继续进行数据采集, 等待用户进行按键操作并按照按键指令执行命令<sup>[20]</sup>。图 10 为系统软件流程图。

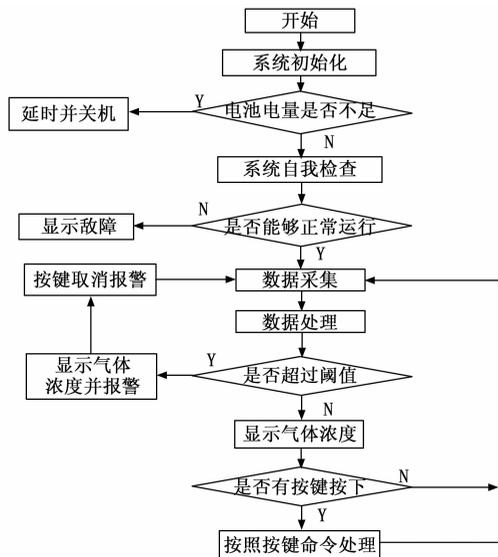


图 10 系统软件流程图

### 4.3 滤波算法

传感器采集的信号经过处理后仍存在干扰噪声, 这些干扰噪声也会被 STM32 的 ADC 采集。为了提高测量的精度和可靠性, 针对这些干扰噪声设计了数字滤波程序对采集到的信号进行滤波处理。

设计采用滑动平均值滤波。滑动平均值滤波器是一种

低通滤波器，其原理是将  $X$  个 ADC 的采样结果看成一个数组，数组的长度  $X$  固定不变，每当 ADC 采样到新的数据时，新的采样结果会被放入数组的最后一个位置中并丢掉原来数组的第一个数据，这样在数组中始终保存有  $X$  个最新的采样数据。在进行滤波时，取当前队列中的  $X$  个数据的平均值得到滤波后的结果。在本系统中  $X$  的取值为 4。图 11 为滑动平均值滤波的软件设计流程图。

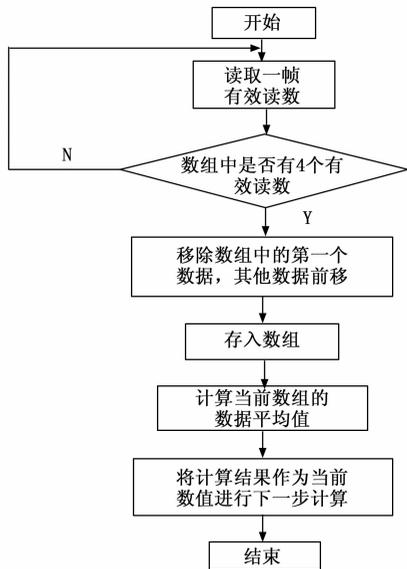


图 11 滑动平均值滤波软件设计流程图

## 5 实验结果与分析

### 5.1 实验目的

验证本气体检测仪是否能达到预先设计要求，最小检测浓度能否  $\leq 100$  ppb，响应时间能否  $\leq 20$  s，检测误差能否  $\leq 5\%$ FS。

### 5.2 实验准备

#### 5.2.1 实验环境

实验环境使用全钢实验室用通风橱 FUME HOOD，以方便实现对于测试环境噪声的滤除和实验与实验之间余留气体的影响。

#### 5.2.2 试验用模拟干扰气体

本实验模拟干扰物为 65 号冷却液，65 号冷却液主要组成部分为乙二醇液体，该液体可在常温状态下微量挥发 VOC 气体，满足实验中对于检测痕量级气体浓度的要求。

#### 5.2.3 第三方检测仪

使用 Honeywell-PGM7340 手持式气体检测仪检测 VOC 气体作为第三方检测，将检测结果作为标准值，与本系统实际测量结果做对比。

### 5.3 实验步骤及方法

1) 利用通风橱对环境进行通风操作，使用第三方检测仪对环境进行检测直至环境内气体浓度小于 100 ppb 后继续实验；

2) 打开气体检测仪，观察回读数据是否对 100 ppb 以

下浓度变化有响应以及最小数据变化量；

3) 用 30 ml 注射器注射三滴乙二醇溶液在气体检测仪周围，同时使用秒表开始计时；

4) 记录下气体检测仪在与危险气体源头距离不同的情况下，气体浓度达到峰值接着保持稳定所需要的时间，记录下多次试验的气体浓度监测响应时间并进行比较和分析；

5) 同时使用 Honeywell-PGM7340 第三方气体检测仪检测 VOC 气体浓度作为第三方检测，将检测结果作为标准值，与本系统实际测量结果做对比，分析测试误差；

### 5.4 实验结果与分析

表 1 为气体浓度测试表，测试了本检测仪的最小检测浓度，以及同一环境下本系统与第三方检测仪之间的测试误差。

表 1 气体浓度测试表

测试时间/s	测试值/ppb	检测仪测量值/ppb	相差大小/ppb	测量误差/%	实验结果
0	59	37	22	1.85	合格
5	76	59	17	1.43	合格
10	185	167	18	1.52	合格
20	765	731	34	2.86	合格
30	811	796	15	1.26	合格
40	895	856	39	3.29	合格
50	803	779	24	2.02	合格

合格观察上述试验数据可知，在霍尼韦尔气体探测仪测得 VOC 浓度低于 100 ppb 时，利用气体检测仪进行实验操作，本系统探测值普遍低于霍尼韦尔气体检测仪，并且差值不固定，且无规律性。一方面这是由于霍尼韦尔气体检测仪与本检测仪使用的传感器原理不同，霍尼韦尔气体检测仪采用光离子化检测器 (PID) 原理，对气体吸入并进行检测；而本检测仪使用的传感器为金属氧化物传感器，采用扩散式气体接触检测；主动吸气与被动接触造成探测对象存在差异，因此探测结果也必然不同。另外，霍尼韦尔气体检测仪和 CCS811 气体传感器由不同厂家生产，其校准存在差异也属正常。从上述两种产品的测量范围参数和实际实验数据两方面观察，无论霍尼韦尔气体探测仪还是本气体检测仪均可对低于 100 ppb 浓度的 VOC 气体做出明显响应，因此，本系统的气体检测精度能够达到 100 ppb 以下。

同时通过比较同一环境同一时间点下第三方检测仪与本气体检测仪对于 VOC 气体浓度的检测误差 (标准值与测量值之间的差值与传感器最大检测范围 1 187 ppb 的高) 能够小于 5%FS。

表 2 为本气体检测仪的响应时间测试结果。

不合格在相对密闭的空间内，由于排除了监测环境中的空气不稳定流动、外部噪声等干扰因素，VOC 气体浓度变化较稳定，随机性较小。经过试验表明，当危险气体源头距离气体检测仪小于 50 cm 时对于 VOC 气体的响应时间满足  $\leq 20$  s 的要求，但是对于 60 cm 及以上的检测距离响应时间大于预设时间，不满足设计要求。

表 2 响应时间测试结果

测试范围/cm	设计要求 响应时间/s	测试响 应时间/s	实验结果
5	≤20	12	合格
10	≤20	15	合格
20	≤20	14	合格
30	≤20	15	合格
50	≤20	17	合格
60	≤20	22	不合格
70	≤20	25	不合格

## 6 结束语

本文针对目前国产气体检测仪最小检测浓度不低、响应时间过长、测试误差较大等问题, 通过对于传感器的选型、气体浓度算法的改进, 设计了一款基于 STM32 的手持式气体检测仪。通过多次试验验证, 该气体检测仪能够实现对于 100 ppb 以下的 VOC 气体浓度的进行响应, 检测误差小于 5%FS, 响应时间小于 20 s。但是本气体检测仪的响应时间受与气体源头的距离影响较为明显, 当距离较远时响应时间达不到系统设计要求, 后续可将本检测仪的检测方式优化为泵吸式气体检测仪, 通过泵吸的原理减少因检测距离较远而产生的误差。同时本气体检测仪检测对象过于单一, 只能监测 VOC 气体一种, 对于空气质量的定义过于狭隘, 后续可增加多种气体浓度检测传感器, 如甲醛、PM<sub>2.5</sub>、一氧化碳等, 丰富产品监测对象。

### 参考文献:

- [1] 黄洪勋. 环境空气质量自动监测的发展及优势研究 [J]. 新型工业化, 2021, 11 (12): 45-46, 52.
- [2] 铁风莲, 林思嫔. 基于单片机的空气质量监控系统 [J]. 信息技术与信息化, 2021 (11): 55-57.
- [3] 顾 快, 胡 伟, 李 亮, 等. 手持式气体分析仪应用于窑系统漏风治理 [J]. 中国水泥, 2020 (10): 101-102.
- [4] 朱良奇, 耿进珂, 段满意, 等. 基于 STM32F103 的手持式多气体检测仪的设计 [J]. 信息通信, 2016 (12): 130-132.
- [11] 蔺一帅, 李青山, 陆鹏浩, 等. 智能仓储货位规划与 AGV 路径规划协同优化算法 [J]. 软件学报, 2020, 31 (9): 2770-2784.
- [12] 印 美, 洪荣晶, 刘 林. 基于非支配遗传算法的自动化仓库动态货位优化 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2015 (3): 31-34, 37.
- [13] 朱 杰, 张文怡, 薛 菲. 基于遗传模拟退火算法的立体仓库储位优化 [J]. 计算机应用, 2020, 40 (1): 284-291.
- [14] 薛亚莉, 侯媛彬. 基于优化 Memetic 算法的立体仓库货位优化策略 [J]. 计算机测量与控制, 2013 (12): 3387-3389, 3395.
- [15] DEB K, PRATAP A, AGARWAL S, et al. A fast and elitist multi-objective genetic algorithm: NSGA-II [J]. IEEE trans-

- [4] 张 梅, 张双双, 袁宏永, 等. 燃气管道泄漏的次声源定位算法研究 [J]. 电子测量与仪器学报, 2020, 34 (3): 187-194.
- [6] 唐荣军, 徐驰波. HGVI 手持式复合传感器气体检测仪 [J]. 医疗卫生装备, 2013, 34 (11): 139.
- [7] 吕运朋, 禹金标, 薛 好, 等. 基于多功能气体检测仪的温度补偿及数据融合 [J]. 仪表技术与传感器, 2013 (11): 31-34.
- [8] 邓林青, 余建星, 阴炳钢, 等. 海底管道气体泄漏率模型及实验研究 [J]. 海洋工程装备与技术, 2019, 6 (5): 726-731.
- [9] 徐 源, 邢兰昌, 张树立. 基于多通道声发射检测系统的管道气体泄漏位置定位方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (4): 36-40.
- [10] 张 锋, 李凯亮. 石化厂区有毒气体泄漏在线监测平台的构建 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (11): 3623-3626, 3630.
- [11] 刘 胜. 复杂屈式结构内泄漏监测及漏点定位技术研究 [D]. 太原: 中北大学, 2021.
- [12] 王志斌, 李世中, 崔 巍. 煤气泄漏自动报警与自动排气装置设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (6): 233-236.
- [13] 张 玮. 现代智慧农业设施大棚环境监测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (8): 135-138.
- [14] 高建丰, 周韶彤, 何笑冬. 提升小波改进阈值算法在输气管道泄漏信号降噪处理中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (7): 223-226.
- [15] 张华杰, 陈海永, 兰淑静, 等. 环境空气 TVOC 在线监测系统的研究与开发 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (11): 39-42, 47.
- [16] 张晓莹. 基于物联网多传感器数据融合技术的智能区域监控系统研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2019.
- [17] 朱 亮, 严 龙, 邹 兵, 等. 工业有害气体泄漏安全监护系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (1): 4-7.
- [18] 王敏杰, 卓文钦. 几种便携式有毒气体检测仪检定中的标定方法 [J]. 计量与测试技术, 2021, 48 (2): 92-93, 98.
- [19] 李晓红, 王瑞荣. 便携式可燃气体检测仪设计 [J]. 电子测试, 2020 (14): 31-32, 67.
- [20] 王 瑞, 耿彦红, 董亮华. 半导体式气体检测仪湿度补偿校准装置研究 [J]. 工业计量, 2020, 30 (1): 27-29.
- actions on evolutionary computation, 2002, 6 (2): 182-197.
- [16] 徐 明, 张剑铭, 陈松航, 等. 柔性作业车间调度问题的多目标优化算法 [J]. 计算机与现代化, 2021 (12): 1-6.
- [17] 吴 聪, 陈侃松, 姚 静. 基于改进自适应遗传算法的物流配送路径优化研究 [J]. 计算机测量与控制, 2018 (2): 236-240.
- [18] 孙文静, 李军华, 黎 明. 基于自适应支配准则的高维多目标进化算法 [J]. 电子学报, 2020, 48 (8): 1596-1604.
- [19] ZITZLER E, DEB K, THIELE L. Comparison of multi-objective evolutionary algorithms: Empirical results [J]. Evolutionary computation, 2000, 8 (2): 173-195.
- [20] 周 巍, 金 娜, 余娟娟. 基于非支配排序遗传算法的应急物资自动化调配模型 [J]. 自动化与仪器仪表, 2021 (8): 131-134.