

摘 要

二氧化硫是大气中危害最严重的污染气体之一，对生态环境、建筑材料及人体的健康都有极大的影响。随着工业的发展，环境污染加剧，我国许多城市的空气中二氧化硫浓度都超过了国家标准。因此，当前除了从二氧化硫污染源上进行控制外，对空气中的二氧化硫浓度进行实时检测是非常有必要的。但是，目前国内所需的大气质量检测系统基本上是从欧美国家引进，这些仪器价格昂贵且维护费用高，而大气质量检测仪器的需求量相当大。所以，对作为大气中最有影响的污染气体之一的二氧化硫浓度检测仪器的研究是势在必行的。

在所有检测二氧化硫浓度的技术中，紫外荧光原理检测大气中二氧化硫浓度是世界多个国家、世界卫生组织的标准化方法，也是国家标准 GB3095-1996 中所规定的二氧化硫检测方法。针对这种形式，本课题设计了一种基于紫外荧光检测原理的二氧化硫浓度检测仪。具体的设计包括硬件和软件两个部分。其中硬件采用 Philips 公司的 32 位 ARM7TDMI 微处理器 LPC2138 为主控器，包括分别对九路模拟信号进行调理的九个信号调理电路、多路模拟开关电路、24 位高精度的 A/D 转换电路、键盘输入电路、LCD 显示电路和声光报警电路，还设计了 RS-232 与上位机通信的串行通信接口，分析了各芯片电路的设计原理及具体实现方法。软件部分移植了实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ，以嵌入式操作系统为开发平台，在 ADS1.2 的开发环境下，完成了程序装载，存储空间划分和命令文件的编写，并对软件的主体框架及各个功能子模块的程序设计思想做了详细的说明，设计各模块程序流程图和部分具体程序，实现系统的初始化、中断采样、数据实时显示、历史数据存储、声光报警和数据通讯等工作，为了加强系统的稳定性，还设计了去极值均值滤波的软件抗干扰程序和看门狗程序，一起构成了一个完整的软件系统。

最后分析了系统的硬、软件调试方法，做了相应的实验，给出了实验中的界面图形，实验表明该检测仪能够实现设计的所有功能，且性能稳定，能够达到预期的检测精度。还对后期的研究进行了总结和展望，提出了有待改进和提升的几个部分。

关键词：浓度监测仪，LPC2138，液晶显示， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

Abstract

As one of the most serious pollutants in atmosphere, sulfur dioxide has a tremendous impact on the ecological environment, building materials and human health. In many cities of china, sulfur dioxide concentration in the air have exceeded the national standards with the development of industry and increasing of pollution. Therefore, it is necessary to detect the concentration of sulfur dioxide in real-time besides of control it from source. However, most of the current air quality detections are introduced from Europe and the United States, although there is considerable demand in domestic. Therefore, the research of the sulfur dioxide concentration detector is imperative.

A sulfur dioxide detector was designed using the method provided in the national standard GB3095-1996- Ultraviolet fluorescence method, which was also defined as the standard method of many other countries and the World Health Organization. The specific design includes tow parts-hardware and software. The hardware parts take LPC2138 produced by Philips as microcontrollers, and consist of single regulating module, A/D conversion module, keyboard input module, LCD display module, alarm module and RS232 serial communication interface to communicate with the host computer for data transmission and preservation. The software part has transplants the real-time operating system- $\mu\text{C}/\text{OS-II}$. The program has been loaded, the storage space has been divided and command file has been prepared in the environment of ADS1.2.what more, programming has been finished for system initialization, interrupt sampling, real-time display of data, alarm and data communication, etc. In order to strengthen stability, anti-jamming and watchdog program were also designed.

At last, the system debugging method was analyzed, and the graphs got from experiment are displayed. For later study, summary and outlook was carried out, several parts which need for improvement were given

Keywords: concentration detector; LPC2138, liquid crystal display, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

独创性声明

本人声明,所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的
研究成果。尽我所知,除了文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他
人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得武汉理工大学或其它教育机构
的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均
已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生(签名): 徐孟娟 日期 2009.06.03

关于论文使用授权的说明

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定,即:学校有权
保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版,允许论文被查阅和借
阅。本人授权武汉理工大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检
索,可以采用影印、缩印或其他复制手段保存或汇编本学位论文。同时授权经武
汉理工大学认可的国家有关机构或论文数据库使用或收录本学位论文,并向社会
公众提供信息服务。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生(签名): 徐孟娟 导师(签名): 方培光 日期 2009.06.03

第 1 章 前言

1.1 研究意义

二氧化硫是大气中数量最大、分布最广、影响人类生命财产最严重的气体污染物之一^[1]，属于低浓度的长期污染，对生态环境是一种慢性、叠加性的长期危害。二氧化硫对人体健康的影响主要是通过呼吸道系统进入人体，与呼吸器官作用，引起或加重呼吸器官疾病。例如，长期吸入低浓度的二氧化硫往往引起鼻炎、咽喉炎、支气管炎等^[2]。它同时也是产生光化学烟雾和酸雨的根源之一，二氧化硫在大气中极易被氧化生成三氧化硫，三氧化硫经雨水冲刷形成酸雨，最终随雨水落下来造成污染。酸雨对水生生态系统、农业生态系统、森林生态系统^[3]、建筑物和材料以及人体健康等方面均有危害，并已造成了较大的损失。80 年代，中国的酸雨主要发生在西南地区，影响面积约为 170 万平方公里，到了 90 年代，酸雨污染逐步扩展到华中、华南、华东、华北和东北等地区，面积已占全国国土面积的 40%。二氧化硫及其所形的酸雨已成为制约我国社会经济可持续发展的重要因素之一^[4]。

随着我国经济的发展，环境污染问题越来越严重，很多城市空气中的二氧化硫的浓度都已经超过国家标准，因此除了在二氧化硫污染源处进行控制外，对我们生活的空气中的二氧化硫的浓度进行实时检测是非常有必要的，这不论是对个人，对国家，还是对世界都是具有非常重要的意义的。目前我国已经在北京、上海、广州等大城市建立大气自动监测系统，而国内所需的大气(包含二氧化硫、氮氧化物、臭氧、粉尘等的监测)质量监测系统基本上是从欧美国家引进的，这些仪器价格昂贵、维护费用高。而且这个世纪环境监测仪器的需求量是相当大的，我国作为一个大国，无论是从技术上来讲还是从经济方面来讲，都不能长期地依靠进口来解决这个问题。因此，大气质量检测系统仪器的研制对我国环保事业、增强我国的技术和经济实力都具有深远而又现实的意义。

1.2 国内外发展现状

在国外,以紫外荧光原理为基础的脉冲荧光监测法最先由美国使用并标准化。这种监测二氧化硫的方法已成为全球许多国家、世界卫生组织和全球监测系统的标准化方法。目前,生产以紫外荧光原理为基础的大气质量监测仪器的厂家有美国 MonitorLabsInc 公司、TE(ThermoEnvironmentalInstrumentsInc)公司、API(Atmospheric Pollution Instruments Inc.)公司等。

在国内,随着二氧化硫污染的日益严重,也开展了紫外吸收和紫外荧光法测量二氧化硫的研究。陈九江^[5]等 2000 年报道利用气体的紫外吸收,建立双光路测二氧化硫的数学模型,获得小于 50ppm 的测量数据;王式民^[6]等提出用于测量燃烧时产生的二氧化硫和一氧化氮的紫外吸收光学分析仪;2001 年 6 月,华南师范大学在国内制成基于紫外吸收荧光的烟气分析系统。2001 年,安徽光机所研制了烟气二氧化硫分析仪也通过鉴定。2001 年 6 月,深圳中兴公司研制的 ZE-CEMZO00 烟气连续监测系统通过国家电力总公司鉴定,由于考虑到开发周期长,经济效益差,该系统中的二氧化硫分析部分全部引进 MonitorLabs 公司的产品,这些技术只能适用于烟气的测量,不适合大气测量,因此,国内还没有掌握用于大气二氧化硫检测的紫外荧光技术。2001 年 6 月,我国开始大气二氧化硫浓度紫外荧光分析仪的研制,杨初平^[7]等进行了多波长紫外荧光二氧化硫检测实验研究,分析了荧光反应室的光学特性;何振江等进行了紫外荧光检测二氧化硫浓度系统的设计。

目前,我国重点城市已在利用建立的环境空气质量自动监测系统开展环境空气质量日报或预报工作。2000 年开始实施 130 个城市的环境空气质量监测系统的建设项目。与此同时,随着污染物排放总量制度的实施,各地相继开始建设污染源在线自动监测系统(重点是废气排放源和重点污水排放源)。随着社会的发展,对于大气质量信息的需要正在逐渐增加。立法的健全,科学的研究,对于环境的关注,城市建设的规划,对于大气质量信息检测提出了一系列复杂的要求。这就需要一个操作简单,价格合理的大气质量监测系统,它必须能够在最短的时间内提供大量的高质量大气信息。而我国当前正在运行的空气质量自动监测系统主要依赖进口^[8],国内自动监测设备的技术基础是薄弱的,必须学习、消化和吸收国外先进技术,开发具有自主知识产权的监测仪器,才能与世界互通,为交流研究成果建立无缝技术平台。

我国正在运行的监测系统除了运用传统的化学方法以外，主要为基于物理光学测量原理的干法仪器，需要采集气态样品。采用的方法有：不分光红外线法、紫外荧光法、分光光度法等，此类仪器造价昂贵，安装使用都不太方便，一台设备只能测量一种污染气体，扩展性相当有限，且主要依赖进口自美国几家专业生产厂家的产品。国内已有一些城市也引进以 DOAS 技术为核心的差分光谱设备，不仅可以同时测量几种主要污染气体浓度参数，还能扩展测量其他有机污染等，这种设备受到用户广泛好评。

1.3 本文主要工作

通过查找文献，深入研究二氧化硫检测仪的基本原理，最终研制出二氧化硫浓度检测仪。本人在读硕士期间，全面参与了二氧化硫分析仪的研制工作，主要工作如下：

（1）硬件电路设计，包括传感器的信号调理电路，模拟多路开关电路，按键输入电路，A/D 转换电路，LCD 显示电路等，串口通信接口电路。

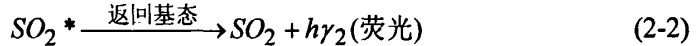
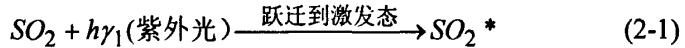
（2）软件设计。移植了 uC/OS-II 操作系统，编写了驱动程序和应用程序以辅助硬件更好的实现其功能，还设置了看门狗程序及软件抗干扰程序以提高程序的稳定性。

第2章 二氧化硫浓度检测仪的工作原理

目前已经提出了很多二氧化硫的浓度的检测方法,有紫外荧光法^[9],电导法,电量法,极谱法,分光光度法,色谱法^[10],化学发光法^[11],光谱吸收法^[12]等。此次二氧化硫浓度检测仪采用的是紫外荧光法。紫外荧光法是国家标准 GB3095-1996 中所规定的二氧化硫检测方法^[13],它的理论基础是分子发光理论,指出只要采用合适波长的光源,可以通过测量二氧化硫吸收紫外光后发出荧光来检测二氧化硫浓度^{[14][15]}。

2.1 紫外荧光法检测原理

根据物质分子吸收光谱和荧光光谱能级跃迁机理,有吸收光子能力的物质在特定波长的光(如紫外光)照射下,分子受激发跃迁到高能级(激发态),处于激发态的气体分子在返回基态瞬间发射出较激发光波长更长的光即荧光^[16]。二氧化硫分子便具有这个特点,其过程方程式如下:



由上式可以看出荧光强度与 SO_2 分子个数有一定关系,通过测量荧光强度可求出 SO_2 浓度。

根据朗伯—比尔定律,光反应腔体中被二氧化硫吸收的紫外光强度的表达式为:

$$I_{\text{吸}} = I_0 - I_{\text{透}} = I_0 - I_0 \exp(-\alpha l c) = I_0 [1 - \exp(-\alpha l c)] \quad (2-3)$$

式中: I_0 为紫外光入射光强, α 表示 SO_2 分子对紫外光的吸收系数, l 表示光程, c 表示 SO_2 气体的浓度。则光电倍增管接收到的荧光强度表达式为:

$$I_{\text{荧}} = G\phi I_{\text{吸}} = G\phi I_0 [1 - \exp(-\alpha l c)] \quad (2-4)$$

式中: G 表示光反应腔体的几何系数, ϕ 表示荧光量子效率。将式(2-4)在零点泰勒级数展开得到

$$I_{\text{荧}} = G\phi I_0 [\alpha l c - \frac{(-\alpha l c)^2}{2!} - \frac{(-\alpha l c)^3}{3!} - \dots - \frac{(-\alpha l c)^n}{n!}] \quad (2-5)$$

取 $\alpha l c \rightarrow 0$, 式(2-5)可以表示为:

$$I_{\text{荧}} = G\phi I_0 \alpha l c \quad (2-6)$$

由该式可知, 入射光强不变时, 二氧化硫气体的荧光强度与其浓度成正比关系, 这为定量分析二氧化硫浓度提供了理论依据^[17]。

紫外荧光法二氧化硫浓度检测装置的结构如图 2-1 所示。

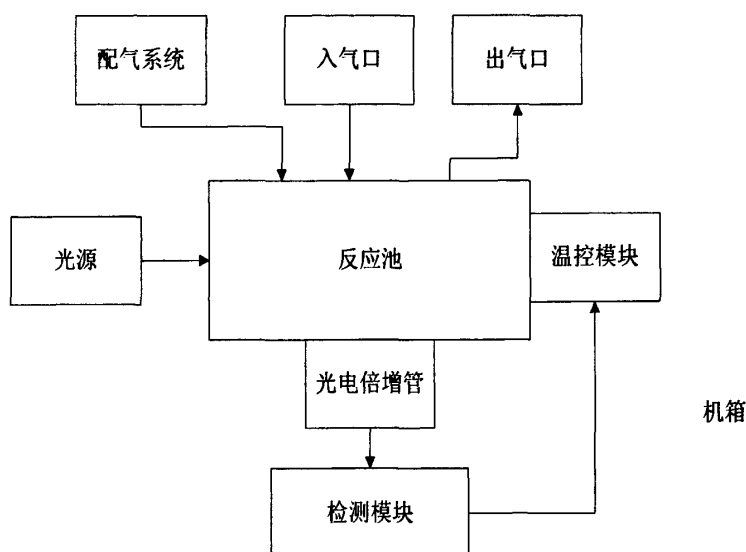


图 2-1 紫外荧光检测装置结构图

检测仪工作时首先通过出气口的真空泵将反应室内抽成接近真空, 然后由配气装置输入零气(二氧化硫的浓度为零的气体)到反应室, 给检测仪校零。校零完成后, 再次将反应室内零气抽光, 输入标准二氧化硫浓度(二氧化硫浓度为 50ppb)的气体, 实现对检测仪的校标。当校零和校标都完成后, 从入气口输入待测气体, 开始检测二氧化硫的浓度。

由激光源照射反应室中的待测气体, 待测气体中的二氧化硫激发后产生的荧光通过光电倍增管(PMT)转换为电信号。由于 PMT 的输出特性受到温度影响, 还需加上温控模块。

这里选择 Zn 灯做激发光源, Zn 灯是一种具有紫外辐射强度大及稳定性高

等特点的冷光源^[18]，由它做激发光源，尤其是当二氧化硫气体浓度较小时（浓度范围 0-500ppm），荧光强度与二氧化硫浓度成良好的线性关系。

光电倍增管是一种能将微弱的光信号转换成电信号的光电转换器件。它由光电发射阴极（光阴级）、聚焦电极、电子倍增管级和电子收集级（阳极）等组成^[19]。其主要工作过程如下：当光照射到光阴极时，光阴极向真空中激发出电子。这些电子按聚焦极电场进入倍增系统，并通过进一步的二次发射得到的倍增放大，倍增的电子被阳极收集作为信号输出。PMT 内部集成有高压电源、脉冲放大、整形电路，只要提供 $+5\pm5\%V$ 电压就可以工作。考虑到环境温度对 PMT 检测荧光会产生影响，需对其进行温度控制。光电倍增管在完全黑暗的环境下仍有微小的电流输出，这个微小的电流叫阳极暗电流，也叫 PMT 暗电流。

二氧化硫浓度检测仪将图 2-1 中所有装置封装在一个矩形的机箱内。

需要检测的主要模拟信号量为：反映 SO_2 浓度的 PMT 阳极电压，光源电压即为 Zn 灯电压，倍增管高压。考虑到环境温度对 PMT 暗计数会产生影响，需要对气体进行恒温控制，故需要用温度传感器测量 PMT 的工作温度（反应池温度）和冷却器温度。另外每次检测仪检测气体浓度前需要预热，仪器预热时间默认为 25min，每次开机时都要检测机箱温度，冷却器温度，如果机箱温度为 $42^\circ C$ 以上，冷却器温度为 $10^\circ C$ 以下，则预热时间自动缩短为 5min，因此，还需要测量机箱温度。

出于系统的需求，除上述需要检测的模拟信号外，还要检测反应池中的气体压力，配气系统的样气流量，直流电压一共九路模拟信号。

最后通过以下公式计算出二氧化硫的浓度：

$$SO_2 \text{ 浓度} = \frac{1}{2} \times SO_2 \text{ 系数} \times \frac{1}{LAMPRA} \times \text{斜率} (NOR.PMT - \text{截距}) \quad (2-7)$$

其中 SO_2 系数默认为 1.0，可修改的范围为 0.5—2.0

$$LAMPRA = \frac{\text{光源电压}}{\text{光源参考}} \times 100\% \quad (2-8)$$

光源参考为输入值，默认为 3500mV。斜率由校标时通过式(2-7)计算所得；校标是指直接利用二氧化硫浓度为 0.1PPM 的标准气体进行仪器校标。斜率的计算数据应在 1.000+/-0.3 范围内，否则，数据不保存，保留为上次的数据。

$$NOR.PMT = SO_2 \text{ 电压} - PMT \text{ 暗电流} \quad (2-9)$$

PMT 暗电流是指反应池中未加入待测气体时, SO_2 电压的读数。

截距: 校零时根据公式(2-7)计算截距, SO_2 浓度为软件配置中的零点浓度, 斜率为当前值, 其他为菜单中输入的数据。截距的数据应在 $-200mV \sim +500mV$ 范围内, 否则数据不保存, 保留上一次的数据。

在任何情况下, 斜率和截距的更改必须是校准正确的情况下进行, 即所计算的数据在其范围内, 否则不更改, 保留上一次的数据。

2.2 二氧化硫检测仪的功能

整个系统需检测九路模拟信号, 由于每路模拟信号的强度范围不一致, 因此需采用不同的调理电路。调理后的模拟信号由 A/D 转换电路进行转换成, 转换后的数字信号被送至 LPC2138, 对检测的数据经过计算即可得出二氧化硫的浓度。为了方便操作, 提供了人机交互操作界面, 由 LCD 显示器显示二氧化硫浓度, 机箱温度, 样气流量等数据。通过数据存储电路可以存储历史数据, 并设计了通信接口与上位机通信。此外, 还可以通过装置的键盘来设定二氧化硫浓度及测量参数的范围, 当它们超过预设的范围则通过声光报警单元实现声光提示。基于实现这些功能的要求, 检测仪由 Philips 的微处理器 LPC2138, 传感器探头, 信号调理电路, A/D 转换模块, 按键输入模块, LCD 显示电路, 数据存储模块, 报警模块和通讯接口组成。

二氧化硫浓度检测仪的功能框图如图 2-2 所示。

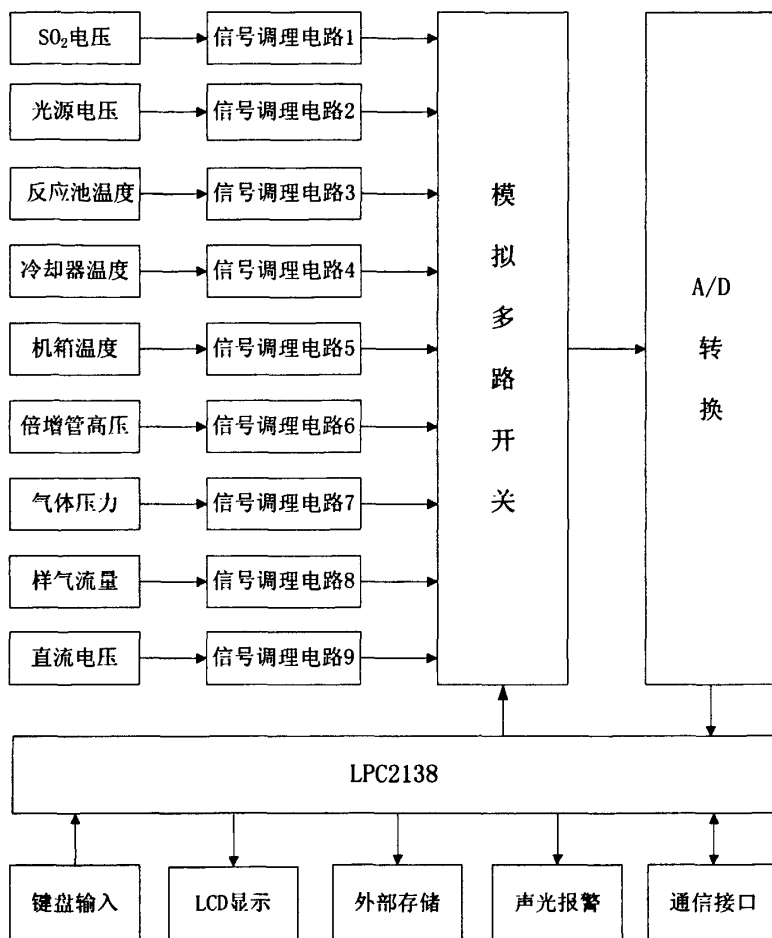


图2-2 二氧化硫浓度检测仪的功能框图

二氧化硫浓度检测仪主要包含的功能模块包括：

(1) 信号调理电路：包括传感器输出信号增益调整电路，模拟多路开关电路。

(2) A/D 转换电路：A/D 转换芯片采用 ADS1255，ADS1255 是 Δ - Σ 型的 24 位低噪音芯片。

(3) 键盘输入电路：可供操作人员设置检测仪的工作状态，设置时间日期，选择液晶显示的项目等。

(4) 液晶显示电路：可供操作人员查看检测仪的工作状态以及查看不同的数据等。

(5) 声光报警单元：当某个测量数值超过预设报警值时，就会启动报警电路，显示灯进行闪烁，蜂鸣报警器发出蜂鸣声。系统最初给每个参数的范围设定了一个默认范围值，如机箱温度：8.0~50.0，SO₂ 电压：2~4995MV 等，用户也可以根据具体需要通过键盘重新设定各个参数的范围。

(6) 通信单元：通过该模块与上位机通信，实现数据的保存和实时监控。

第 3 章 系统硬件设计

3.1 系统硬件框图

二氧化硫检测仪的硬件设计方案是在以 ARM 微处理器 LPC2138 为控制核心的基础上设计的。利用 LPC2138 自身强大的处理功能,减少外围硬件的开销,提高了系统的集成性,系统硬件框图如图 3-1 所示。

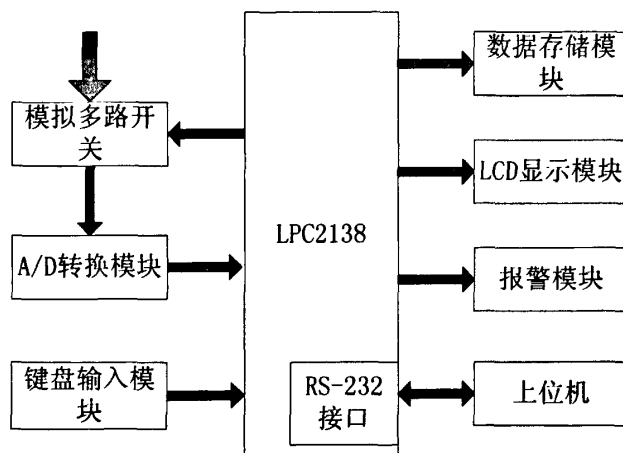


图 3-1 系统总框图

3.2 控制器的选择

系统采集了九路模拟信号,需要进行大量的计算才能得出二氧化硫的浓度,这就需要一款对数据运算能力较强的处理器。单片机虽然也能够实现检测仪系统的基本功能,但数据的运算能力不足,内部 RAM 有限,各种硬件资源也相对较少,加大了开发的难度。并且, LCD 显示部分要求能够同时显示二氧化硫的浓度和当时的各个参数,能够支持中文字库。因此该检测仪的设计选择了飞利浦的 32 位 RAM7 芯片 LPC2138。

Philips 公司生产的 LPC2138 是基于一个支持实时仿真和嵌入式跟踪的 32

位 ARM7TDMI CPU 的微控制器，采用 64 脚封装，低功耗，使它特别适用于小型系统中，如工业控制，医疗系统，访问控制和 POS 机^{[20][21]}。其特性如下：

- (1) 小型 LQFP64 封装的 16/32 位 ARM7TDMI-S 微控制器。
- (2) 32kB 片内静态 RAM，512kB 的片上 Flash。
- (3) 片内 Boot 装载软件实现在系统/在应用中编程 (ISP/IAP)，扇区擦除或整片擦除的时间为 400ms，1ms 可编程 256 字节。
- (4) 2 个 32 位定时器/计数器 (带 4 路捕获和 4 路比较通道)，PWM 单元 (6 路输出) 和看门狗。
- (5) 多个串行接口，包括 2 个 16C550 工业标准 UART，2 个高速 I2C 接口 (400 kbit/s)、SPI 和 SSP (具有缓冲功能，数据长度可变)。
- (6) 向量中断控制器，可配置优先级和向量地址。
- (7) 多达 47 个 5V 的通用 I/O 口 (LQFP64 封装)。
- (8) 通过片内 PLL 可实现最大为 60MHz 的 CPU 操作频率，PLL 的稳定时间为 100us。
- (9) 片内晶振频率范围：1~30 MHz。
- (10) CPU 操作电压范围：3.0~3.6 V (3.3 V+/- 10%)，I/O 口可承受 5V 的最大电压。

3.3 模拟多路开关

由于模拟信号输入量较多，也为了方便以后扩展成可以检测多种气体浓度的检测仪，设计了模拟多路开关电路。它的功能是利用微处理器较少的端口选择多路模拟输入，以节省硬件资源。

模拟多路开关使用的芯片是 MC14067B。MC14067B 采用 24 脚双列直插式封装，它有四根地址线 A、B、C、D 及控制线 \overline{INH} 来实现地址选择功能。当 \overline{INH} 被置高时，芯片各个通道处于高阻态，所有通道的模拟信号均无法通过相应的通道开关而到达公共输出端。当 \overline{INH} 为低时，通过地址选择端的状态译码就可以确定哪个开关导通，从而将此导通开关输入端的模拟信号送到公共输出端。

MC14067B 的管脚 X0~X15 端对应着各路模拟信号输入，A、B、C、D 的值，配合 \overline{INH} 就可以选择不同的模拟信号输入。例如 $\overline{INH}=0$ ，DCBA=0000，通道 X1 对应的开关导通，相应的模拟信号一样气流量就可以输出了。

在具体的电路设计中, MC14067B 由 LPC2138 的四个 IO 口控制 A、B、C、D 四个地址选择端, 由于本设计中需要用到循环采样, 所以 MC14067B 的使能端 INH 直接接地, 始终保持一个可选择的状态。MC14067B 的输出端连接到 ADS1255 上 AIN0, 将模拟信号送入 A/D 转换芯片当中。为了加强硬件抗干扰能力, 在 MC14067B 与 LPC2138 之间加上一个隔离芯片 ADUM1400, 它的作用是阻隔 LPC2138 与 MC14067B 之间信号的干扰。具体的连接电路图如图 3-2 所示。

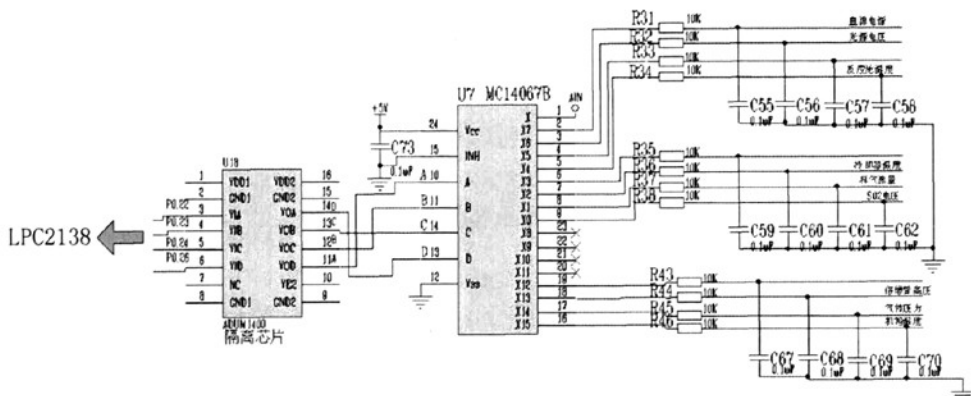


图 3-2 模拟多路开关电路

3.4 A/D 转换模块

3.4.1 A/D 转换芯片的选择

本装置测量的是大气中二氧化硫的浓度这种缓慢变化的信号, 因此并行总线型 A/D 并不是最适合、最经济的方案, 而与外围电路连线简单的串行 A/D 转换器为更佳选择。又因为本设计要求的精度较高, 要求二氧化硫电压精确到 $1\mu\text{V}$, 为保证系统的准确性以及可靠性, 本装置采用 TI 公司生产的噪声极低的 24 位模数 (A/D) 转换器 ADS1255^[22]。ADS1255 的有效位为 23, 其分辨率为 $V_{\text{REF}}/2^{23} = 4.94\text{mV}/2^{23} = 1\mu\text{V}$ 能满足系统要求。

该转换器由一个 4 阶 Δ - Σ 调制器与一个可编程数字滤波器组成。输入缓冲器显著提高了输入阻抗, 而低噪声可编程增益放大器(PGA)可提供二进制步长为 1 至 64 的增益^[23]。通过可编程滤波器, 用户可以在高达 23 位的无噪声分辨

率与高达 30k 次采样/秒(SPS)的数据速率之间进行优化。这些转换器不仅能够提供快速通道循环以测量多路复用的输入，而且还能执行只需一个周期即可建立的一次转换^[24]。

通过 ADS1255 的符合 SPI 标准的串行接口可以处理与微控制器的通信问题，该接口使用的是数据线和时钟线双线连接。对于所有 PGA 设置，支持失调与增益误差的自校正与系统校正。另外还提供了可通用的双向数字 I/O 与可编程时钟输出驱动器。ADS1255 采用 SSOP-20 封装^[25]，ADS1255 的主要特点如下。

- (1) 24 位，无遗漏码；
- (2) 高达 23 位低噪音分辨率；
- (3) $\pm 0.0010\%$ 的非线性；
- (4) 30KSPS 的数据输出速率；
- (5) 快速通道循环 1.45MHz 时 18.6bit 无噪音 (21.3 有效 bit)；
- (6) 一周完成一次转换；
- (7) SPI 接口；
- (8) 模拟供电电压：5V；
- (9) 数字供电电压：1.8V~3.6V。

ADS1255IDB 采用串行输入输出的方式与微控制器进行连接。通信上电后，片选 CS 必须从高到低，才能开始一次的工作周期。此时输入数据寄存器全被置零，输出数据寄存器的内容是随机的。开始时，片选为高，SCLK 和 DIN 被禁止，DOUT 为高阻态，DRDY 为高阻态。CS 变低，DRDY 为低，开始转换过程，此时 SCLK 和 DIN 使能，DOUT 脱离高阻状态。随着时钟信号的加入，控制字从 DIN 一位一位地在时钟信号的上升沿时被送入 ADS1255（高位先送入），同时上一个周期转换的 A/D 数据，即输出数据寄存器中的数据从 DOUT 一位一位移出。转换完成后 DRDY 变高，转换的数据在输出数据寄存器中，等下一个工作周期输出。此后，可以进行新的工作周期。转换完成后的结果将存储在芯片内部 RAM 中，当所有转换完成后，将产生一个中断信号，微处理器收到信号后，依次从 CH1 到 CH8 通道读出数据。通过外部程序对输入控制寄存器的设置可以对 ADS1255 的工作模式进行控制，输入控制器的工作模式如表 3-2 所示

表 3-3 输入控制寄存器:

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
PSEL3	PSEL2	PSEL1	PSEL0	NSEL3	NSEL2	NSEL1	NSEL0

Bit 7-4: 正极输入通道 (AINP) 选择

0000=AIN0(默认)

0001=AIN1

Bit 3-0: 负极输入通道 (AINN) 选择

0000=AIN0

0001=AIN1(默认)

3.4.2 ADS1255 与 ARM 及外围电路的连接

电路图如图 3-3 所示, ADS1255 有两个电源引脚(DVDD 和 AVDD)。DVDD 和 AVDD 的范围分别为: $1.65\text{ V} \leq \text{DVDD} \leq 3.6\text{ V}$; $4.75\text{ V} \leq \text{AVDD} \leq 5.25\text{ V}$; 取 $\text{DVDD} = 3.3\text{ V}$, $\text{AVDD} = 5$, 并在两个引脚端分别连接 $10\text{ }\mu\text{F}$ 的钽电容与 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ 的陶瓷电容, 可以取得最好的工作特性。在参考电压输入端 REFP 和 REFN 之间并联试用一 $10\text{ }\mu\text{F}$ 的钽电容与 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ 的陶瓷电容。模拟输入端采用 TL082 作为运放驱动芯片, 并 AINP 和 AINN 之间并联使用 $1\sim 10\text{ nF}$ 的电容。每个模拟输入端与地之间都应连接 100 pF 的电容以保持 AC 性能

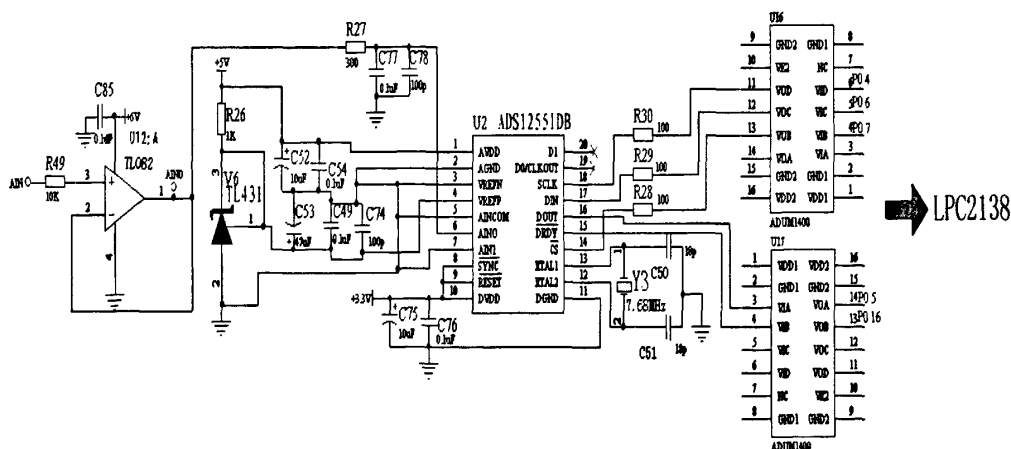


图 3-3 ADS1255 与 ARM 的连接电路

ADS1255的外部基准信号通过AIN0和AIN1输入。LPC2138的I/O口与ADS1255通过SPI口连接，它们的具体管脚连接如下。

由LPC2138的一个I/O端口P0.7发出信号给ADS1255的CS，作为ADS1255芯片的启动信号。

LPC2138的IO端口P0.4与ADS1255的SCLK相连接。串行时钟(SCLK)的特征是施密特触发输入，用做纪录ADS1255的管脚DIN, DOUT上的数据的输入输出。即使输入有些滞后，还是要求SCLK尽可能的保持干脆以防止数据意外漂移带来的错误。如果SCLK在32个周期内保持为低，串行接口将复位，下一个SCLK将启动一个新的通信周期。当串行接口传输杯中断时，这种暂时休息的特性可用来恢复通信。

LPC2138的IO端口P0.6, P0.5分别与ADS1255的DIN, DOUT连接。数据输入管脚(DIN)和SCLK一起被用来输送数据给ADS1255。数据输出管脚和SCLK一起被用做将数据从ADS1255读出。SCLK的下降沿到来时DIN中的数据将被输入，SCLK的上升沿到来时DOUT的数据将被读出。DOUT不被用到时一直保持高阻态，此时DIN和DOUT连接在一起，能被双向总线驱动。

LPC2138的IO端口P0.16与ADS1255的DRDY端连接。DRDY输出被用做转换数据准备被读取的状态指示信号。当已获取转换数据时，DRDY为低，当所有的24位都被Read Data(RDATA)或者Read Data Continuous(RDATAC)读回时，DRDY重新为高。当有新的转换数据要被更新时，DRDY也变高，在更新时，它也不会恢复。

3.5 液晶显示单元

3.5.1 液晶显示模块

作为仪器仪表的信息显示及人机交互的界面，LCD液晶显示器具有低压、低功耗、信息显示量大以及使用寿命长等特点逐步得到广泛的应用。本系统选用SED1335, 320 × 240点阵的液晶显示器，来实时显示有关数据。SED1335是SEIKDEPSON公司出产的LCD控制器，具有较强功能的I/O缓冲器。SED1335硬件结构可分为MPU接口、控制部分和驱动LCM部分，MPU接口主要由指令输入缓冲器、数据输入缓冲器、数据输出缓冲器和标志寄存器组成，这些缓冲器

通道的选择是由A0和读/写操作信号联合控制。‘忙’标志寄存器是一个只读寄存器，它仅有一位‘忙’标志位BF,当BF=1时，表示SED1335正向液晶显示模块传送有效数据，在传送完一行有效数据并显示到下一行开始之间的间歇时间内BF=0。当屏上的显示数据修改时，BF=0传送不会影响屏的显示效果。控制部分包括振荡器、功能逻辑电路、显示RAM管理电路、字符库管理电路以及产生驱动时序的时序发生器。振荡器可工作在1M-10MHZ范围内，SED1335能在很高的工作频率下迅速的解释MPU发来的指令代码，将参数置入相应的寄存器内，并触发相应的逻辑功能电路运行。驱动部分主要是显示各个区的合成显示能力，传输数据的组织功能及产生液晶显示模块所需要的时序。SED1335的结构图如图3-4所示^[26]。

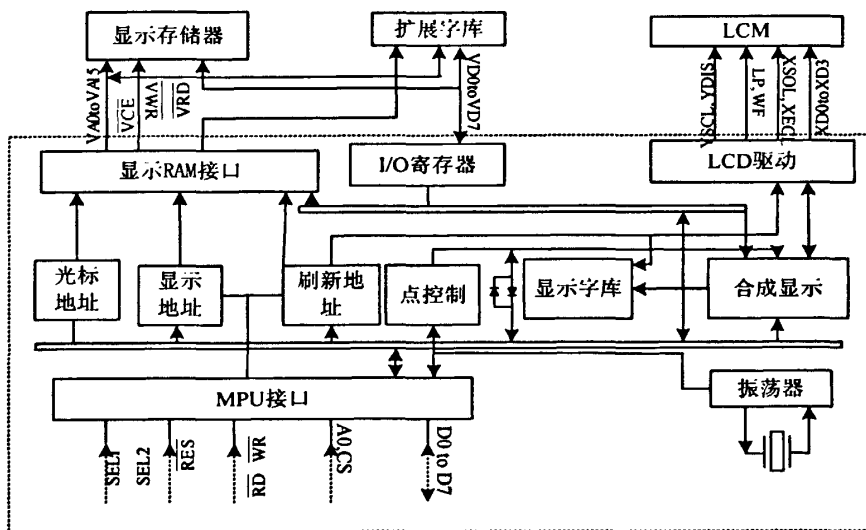


图 3-4 SED1335 的结构图

3.5.2 SED1335 与 LPC2138 的连接

本装置采用 SED1335 液晶显示模块的 8 位并行连接方式。在连接到 LPC2138 之前，先要经过电平转换芯片 74LVC4245IDB 将电平从 3.3V 转换到 5V。

在设计 LCD 与微控制器 LPC2138 的连接时，LCD 八位数据输出端 DB0—DB7 分别连在 LPC138 的八个 I/O 口 P1.16—P1.23。A0 为 I/O 缓冲器选择信号，为 A0 为 1 时，写指令代码或读数据，为 0 时，写数据和参数，它与

LPC2138 端口 P0.31 相连接。LCD 的片选 CS 接 LPC2138 的 P0.28 端口, RD、WR 分别为读操作信号和写操作信号, 低电平有效分别与 P0.30, P0.29 连接具体连接如图 3-5 所示。

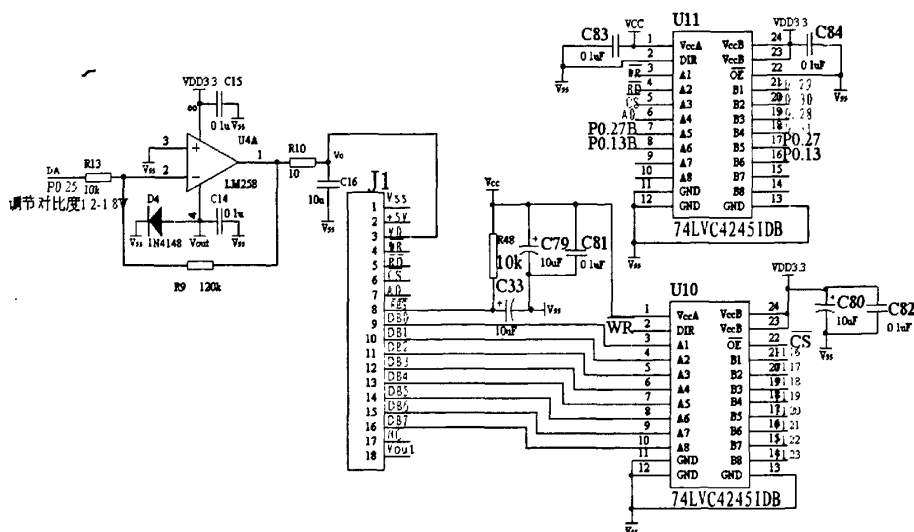


图 3-5 SED1355 与 LPC2138 的连接图

3.6 键盘输入单元

键盘是人机对话的设备, 借助键盘可以向系统设置参数, 选择显示界面的翻页, 上、下、左、右移动等。本装置有 6 个独立控制按键, 分别为上移(左移/前页)、下移(右移/后页)、增加(+)、减少(-)、确认(ENTER)、返回(BACK)。

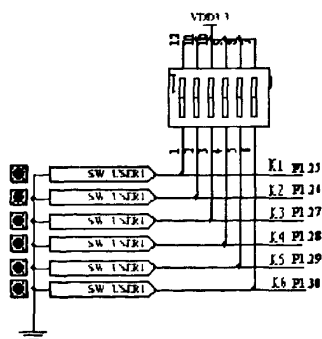


图 3-6 键盘电路

六个控制键与单片机的连接如图 3-6 所示。由于 ARM LPC2138 的 P0 口作为输入时，内部无上拉电阻，所以要使用六个上拉电阻。

3.7 外部数据存储单元

由于 LPC2138 片内部静态 RAM 只有 32K,片上 FLASH 有 512K,而程序和数据所需要的存储空间比较大（再加上为了进行防掉电保护）,并且液晶显示部分需要显示汉字，要存储汉字库，所以采用片外存储芯片来扩展其容量^[27]。本系统外扩存储器芯片是 M25P64。

M25P64 是一款容量为 64MB (8M×8) 的串行 Flash 的存储器，有着先进的写保护工艺，通过高速 SPI 读写数据。通过页编程指令，它一次可编写 1-256 字节。整个存储器被分为 128 个区，每个区包含 256 页，每一页有 256 字节宽。因此，整个存储器可被看作是包括 32678 页或者 8388608 字节。整个的存储空间可以通过 Bulk Erase 指令来一次性擦除，或者用 Sector Erase 指令每次擦除一个区。表 3-4 是 M25P64 的管脚说明。

表 3-4 M25P64 管脚列表：

引脚号	名称	说明
1	\overline{HOLD}	控制位
2	Vcc	电源
3-6	DU	未定义
7	\overline{S}	片选
8	Q	串行数据输出
9	\overline{W}	写保护
10	Vss	地
11-14	DU	未定义
15	D	串行数据输入
16	C	串行时钟

M25P64 采用 SPI 串行接口与微控制器连接，连接电路图如图 3-7 所示。

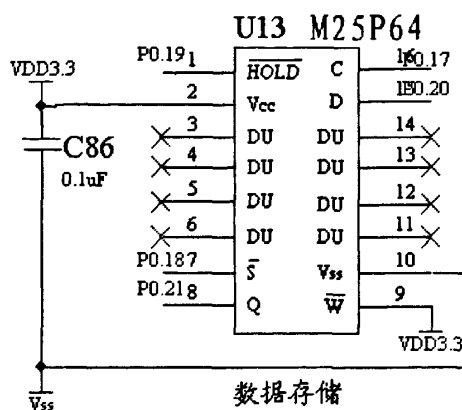


图 3-7 数据存储电路

3.8 报警模块设计

在二氧化硫浓度检测仪中，设计了声光报警功能，当部分参数和二氧化硫浓度超过预设的范围时，就启动报警电路工作。预设的参数正常范围为：机箱温度：8.0—50.0℃；冷却器温度：2.0—15.0℃；反应池温度 45.0—55.0℃；气体压力：86.00—120.00kPa；样气流量：200.0—999.0sccm；光源电压 2—4995mV；SO₂ 电压：2—4995mV；高压电源：400—900V；直流电源：2—4V；暗电流：-50—250mV。

图 3-8 是声光报警电路图。蜂鸣器连接在 LPC2138 的 I/O 口 P0.13 上。由于 I/O 口本身的驱动能力不是很高，故加入一个 PNP 三极管 8550。三极管的基极连接在 LPC2138 的 I/O 口端，故 LPC2138 只有在输出低电平时，蜂鸣器才会发声。

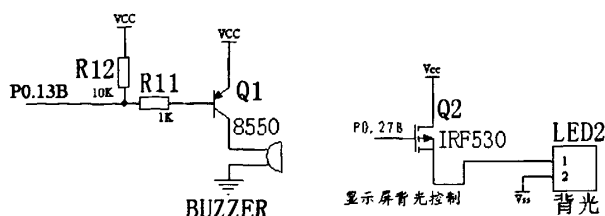


图 3-8 报警电路

3.9 串行通信接口电路

为了能把检测到的数据保存到计算机上，实现历史数据的存储和实时监控本系统选用 ARM 上的 UART 通信口进行数据的传输。UART 通信口的主要特征如下：

UART 是用于控制计算机与串行设备通信的设备。有一点要注意的是，它提供了 RS-232 数据终端设备接口，这样计算机就可以和调制解调器或其它使用 RS-232 接口的串行设备通信了。RS-232 标准的电平采用负逻辑，规定 +3~+15V 之间的任意电平为逻辑 ‘0’ 电平，-3~-15V 之任意电平为逻辑 ‘1’ 电平，与 TTL 和 COMS 电平是不同的。而计算机接口大都为 TTL 或者 COMS 电平，所以在通信时，必须进行电平转换，以便与 RS-232 标准电平匹配。本装置采用符合 RS-232 标准的芯片 SPE3232E 来完成电平转换这一工作。

接口电路如图 3-9 所示，SPE3232E 在+3.3V 到+5.0V 内的某个电压下发送符合 RS232 的信号。为了提高电路的稳定性，在 SP3232E 和 UART 之间外加一个 ADUM1402。整个电路简单，稳定性高。

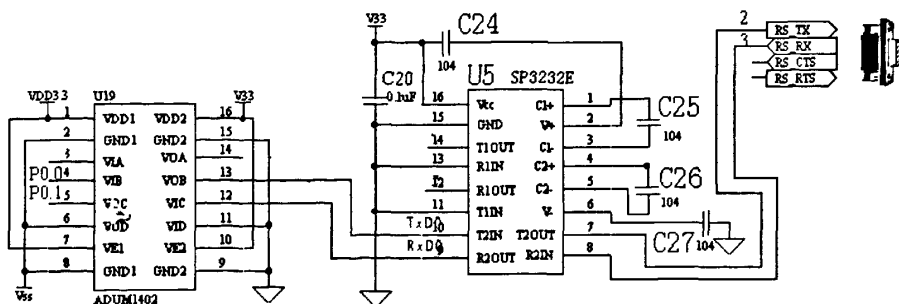


图3-9 通信接口电路

3.10 本章小结

根据大气二氧化硫浓度检测系统的功能的要求, 进行硬件电路的设计, 主要包括模拟多路开关电路、A/D 转换电路、报警电路、液晶显示电路、串行通信电路等内容, 充分利用了 LPC2138 片内的丰富的片内资源, 体现了硬件简单、体积小、可靠性高的特点。利用 SEED1335 液晶显示显示气体浓度, 提供了良好的人机界面。

第 4 章 系统软件设计

系统的软件开发环境为 ARM 公司开发的 ADS1.2, 并移植了嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, 以嵌入式操作系统为开发平台完成整个软件的设计。

4.1 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

系统的软件可以选择两种方法：无操作系统、有操作系统软件。

无操作系统的软件主要有两种实现方式：循环轮转方式、前后台系统。循环轮转的基本思想就是把系统的功能分解成多个任务，所有的任务被包含在一个无限循环的循环语句当中。他的优点是简单，直观，开销小，可预测。但这种系统过于简单，所有代码必须按照顺序逐一执行，无法处理异常事件。另外，这种方案没有硬件上的时间控制机制，无法实现定时功能。前后台系统就是在循环轮转方式的基础上增加了中断处理功能。由中断服务子程序（Interrupt Service Routine, ISR）负责处理异步事件，这一部分即为前台程序，而后台程序一般是个无限的循环，负责掌管整个系统软硬件资源的分配，管理以及任务的调度^[28]。

嵌入式操作系统是连接计算机硬件与应用程序的系统程序。操作系统有两个基本功能：使计算机硬件便于使用；高效组织和正确使用计算机的资源。有四个主要任务：进程管理，进程间通信与同步，内存管理和 I/O 口资源管理。嵌入式操作系统分为两种：实时操作系统和分时操作系统^[29]。实时操作系统是指具有实时性，能支持实时控制系统工作的操作系统。实时操作系统的首要任务是调度一切可利用的资源完成实时控制任务；其次才着眼于提高计算机系统的使用效率，其重要特点是要通过任务调度来满足对于重要事件在规定的时间内做出正确的响应。移植操作系统主要有以下优点：

（1）提高了系统的可靠性；

在控制系统中，出于安全方面的考虑，要求系统至少不能崩溃，而且还要有自愈能力，以往的前后台系统在遇到强干扰时，可能会使应用程序产生异常，出错，飞跑，甚至出现死循环的现象，造成系统崩溃。而在嵌入式操作系统管

理的系统中，这种干扰可能只是引起系统中的某一个进程被破坏，这时可以通过系统的监控进程对其进行修复。

(2) 提高了系统开发效率，降低了开发成本，缩短了开发周期。

在嵌入式操作系统环境下，开发一个复杂的应用程序，通常可以按照软件工程的思想，将整个程序分解为多个任务模块。每个任务模块的调试，修改几乎不影响其他模块。而且商业软件提供了良好的多任务调试环境，大大提高了系统的开发效率。

(3) 有利于系统的扩展和移植。

在嵌入式操作系统环境下开发应用程序有很大的灵活性，操作系统本身可供裁剪，外设，相关应用也可以配置，软件可以在不同的应用环境，不同的处理芯片之间移植，软件构建可以重复使用。

系统中有多处并行任务的要求：同时显示多个参数，数据采集和数据处理需要同时进行等。结合上述操作系统的优点，决定了系统软件要移植操作系统。本设计所选的是实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ，它已经有了近 9 年的使用实践，许多行业都有成功应用该实时内核的实例，这些应用的实践是该内核实用性、可靠性的最好证据。并且， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 小巧，灵活，在学校可以免费使用，这也是选择这个操作的系统的重要原因。下一节将详细介绍 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的特点。

4.1.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是由美国人 Jean J. Labrosse 于 1992 年编写的一个开源代码的、微内核嵌入式实时操作系统。程序开发人员可以改写源代码，使之符合自己的要求。裁减掉不需要的部分，使操作系统变得小巧、灵活，并且能满足用户特定操作系统的需要。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 对于学校研究完全免费，只有在应用于盈利项目时才需要支付少量的版权费，特别适合一般使用者的学习、研究和开发。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 有如下特点^[30]。

(1) 开源代码，且源代码中有详细的注释，源代码清晰易读且结构协调、组织有序，对实时操作系统的基本原理做了非常详细的解释，其实时内核让人一目了然，简单易懂。

(2) 移植性好，绝大部分 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的源码是用移植性很强的 ANSI C 写的。和微处理器硬件相关的那部分是用汇编语言写的。汇编语言写的部分已经压到

最低限度，使得 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 便于移植到其他微处理器上。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可以在绝大多数 8 位、16 位、32 位以至 64 位微处理器、微控制器、数字信号处理器 (DSP) 上运行。

(3) 可裁剪，用户可以根据自己的寄存器空间的大小和实际需要，只保留 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中应用程序需要的那些系统服务，这样可以大大减少产品中 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 所需要的存储器空间(RAM/ROM)。这样使得 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 适合中小系统，灵活应用。可剪裁性是靠条件编译实现的。

(4) 可固化 (ROMable)， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是为嵌入式应用而设计的，这就意味着只要用户有固化手段 (C 编译、连接、下载和固化)， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可以嵌入到用户的产品中成为产品的一部分。

(5) 多任务， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可以管理 64 个任务，然而，目前这一版本保留 8 个系统，应用程序最多可以有 56 个任务。

(6) 稳定性和可靠性高，抗干扰能力强。

4.1.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植

内核层、配置层、接口层三个部分。结构如图 4-1 所示^[31]：嵌入式系统的宿主对象的差异极大，所以嵌入式系统的硬件也是五花八门。因此，作为嵌入式操作系统，提供一个统一的硬件抽象层是不现实的。基于上述原因， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 只是提供了一个微内核，并没有提供硬件的抽象层，也就是说，使用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的用户必须自己根据使用的硬件来编写其硬件的抽象层^[32]。

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统体系结构包括了以下内容。

表 4-1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统体系结构图

应用软件层		
$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核层（与处理器无关）		$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 配置层 （与应用软件相关） OS-CEGJ INCLUDES.H
OS-CORE.C	OS-FLAG.C	
OS-MOBXC	OS-MEM.C	
OS-MUTEX.C	OS-Q.C	
OS-SEM.C	OS-TASK.C	
OS-TIME.C	$\mu\text{C}/\text{OS-II.C}$	
$\mu\text{C}/\text{OS-II.H}$		
$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 接口层（与处理器无关）		
OS_CPU.J OS_CPU_A.ASM OS_CPU_C.C		

将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植到 ARM 处理器上, 需要完成的工作主要是以下三个与体系结构相关的文件: `OS_CPU.H`, `OS_CPU_A.ASM`, `OS_CPU_C.C`。由于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系统没有独立 BSP(板级支持包)层, 在移植时必须直接和硬件打交道。熟悉系统的硬件结构是非常重要的。实际移植工作是在 ADS1.2 环境下进行的, ADS1.2 是针对 ARM 处理器核的 C 语言编译器。

4.1.2.1 文件 OS-CPU.H 的编写

这一部分主要的内容有: 不依赖于编译器的数据类型, 利用软中断实现底层接口, 根据堆栈方向定义 `OS_STK_GROWTH`。

(1) 不依赖于编译器的数据类型

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 不使用 C 语言中的 `short`, `int`, `long` 等与处理器类型有关数据的数据类型, 而代之以移植性强的整数数据类型, 这样既直观又便于移植, 不过这就使这部分内容成了必须移植的代码。根据 ADS 编译器的特性, 在文件 `OS_CPU.H` 中这些数据类型的定义如下:

```
typedef unsigned char    BOOLEAN; /*布尔变量*/
typedef unsigned char    UINT8; /*无符号 8 位整型变量*/
typedef signed char      INT8; /*有符号 8 位整型变量*/
typedef unsigned short   UINT16; /*无符号 16 位整型变量*/
typedef signed short     INT16; /*有符号 16 位整型变量*/
typedef unsigned int     UINT32U; /*无符号 32 位整型变量*/
typedef signed int       INT32; /*有符号 32 位整型变量*/
typedef float            FP32; /*单精度浮点数 (32 位长度) */
typedef double           FP64; /*双精度浮点数 (64 位长度) */
typedef INT32U           OS_STK; /*堆栈是 32 位宽度*/
```

(2) 利用软中断实现底层接口

由于 ARM7 处理器允许用户任务使用两种不同的模式——用户模式和系统模式, 当应用程序进入系统模式后, 它就会具有使用系统全部资源的权力, 而在用户模式中, 为了安全起见, 系统的某些资源是不应该也不允许应用程序访问的。于是, 如何使用应用程序在需要时可以由用户模式进入系统模式来调用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统的功能函数, 就是在移植时必须考虑的一个问题。而解决这个问题

题的方法之一就是使用 ARM7 的软中断 SWI^[33]。

ADS 编译器允许用户使用关键字 `_swi` 作为前缀来声明一个利用软中断的调用，其格式如下：

`_swi(功能号)`返回值类型 名称 (参数列表)

μ C/OS-II 中须用软中断实现的各函数的声明如下：

```
__swi(0x00)void OS_TASK_SW(void);          /*任务级任务切换函数*/
__swi(0x01)void OS_StartHighRdy(void);      /*运行优先级最高的任务
*/

__swi(0x02)void OS_ENTER_CRITICAL(void);    /*关中断*/
__swi(0x03)void OS_EXIT_CRITICAL(void);     /*开中断*/
__swi(0x80)void ChangeToSYSMode(void);      /*任务切换到系统模式*/
__swi(0x81)void ChangeToUSRMode(void);      /*任务切换到用户模式*/
__swi(0x82)void TaskIsARM(INT8U prio);      /*任务代码是 ARM 代码*/
__swi(0x83)void TaskIsTHUMB(INT8U prio);    /*任务代码是 THUMB 代码
*/
```

(3) OS_STK_GROWTH

虽然 ARM 处理器对堆栈上向上及向下的两种增长方式都给与了支持，但由于编译器 ADS 仅支持堆栈从上往下长，并且必须是满递减堆栈，所以在文件中用来定义堆栈增长方式的常量 `OS_STK_GROWTH` 的值应该为 1，即

```
#define OS_STK_GROWTH 1
```

4.1.2.2 文件 OS-CPU-C.C 的编写

`OS_CPU_C.C` 的移植要编写以下函数：任务堆栈初始化函数 `OSTaskStkInit()`；关中断函数 `OS_ENTER_CRITICAL()`；开中断函数 `OS_EXIT_CRITICAL()`；处理器模式转换函数 `ChangToSYSMode()` 和 `ChangeToUSRMode()`；设置任务的初始化指令集的函数 `TaskIsARM()``TaskIsTHUMB()`；运行优先级最高的任务 `OSStarHighRdy()`。

除上述函数外， μ C/OS-II 为了用户在系统函数中书写自己的代码而预置了函数名带有 Hook 的钩子函数：`OSSTaskCreateHook()`、`OSTaskDelHook()`、`OS-TaskSwHook()`、`OSTaskStatHook()`和 `OSTimeTickHook()`。这些函数在移植时

可全部为空

4.1.2.3 文件 OS-CPU-A.S 的编写

OS_CPU_A.S 文件是依照编译器的惯例由 OS_CPU_A.AMS 文件更名而来的。OS_CPU_A.S 文件的移植须要对处理器的寄存器进行操作，所以必须通过汇编语言来编写。须要编写的汇编函数有：软件中断服务程序 SoftwareInterrupt；任务级任务切换函数 OS_TASK_SW()和中断级任务切换函数 OSIntCtxSw()；启动多任务环境函数 OSStart()前调用的函数_OSStartHighRdy。

4.2 系统主程序

主程序是一个顺序执行无限循环的程序，通过对各个模块的合理调用来实现气体的检测、处理、显示和报警等功能。其流程图如图 4-1 所示。

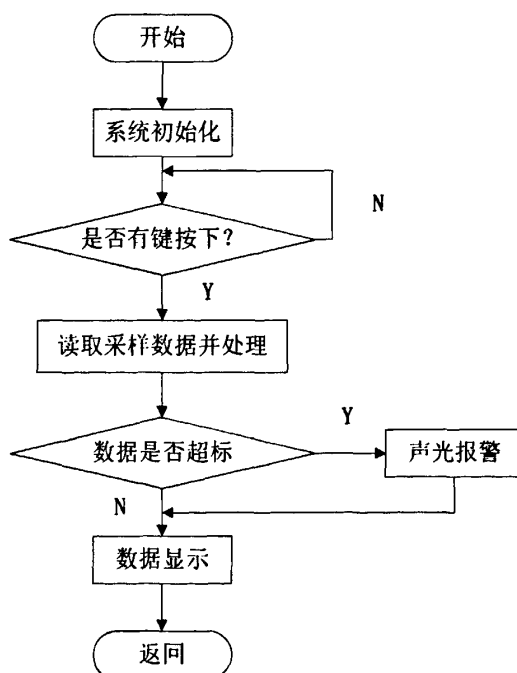


图 4-1 主程序流程图

4.3 按键输入程序设计

监测仪共有六个按键，分别为上移（左移/前页），下移（右移/后页），增加（+），减少（-），确认（ENTER,），返回（BACK）。装置通过对按键进行扫描，实现对按键的变化进行监控。并对参数进行设置，在上电复位之后应用新的上限值，以满足不同应用需求。

首先要定义 KEY 的头文件，对按键程序对应的缓冲区长度，按键扫描时间和各个按键对应的中断入口地址进行规定。

头文件定义如下。

```
#ifndef __KEY_H
#define __KEY_H
#define KEY_QUIVER_DLY 30 /* Number of milliseconds to de-quiver */
#define KEY_NO_KEY 0x3F
#define KEY_1_KEY 0x3E
#define KEY_2_KEY 0x3D
#define KEY_3_KEY 0x3B
#define KEY_4_KEY 0x37
#define KEY_5_KEY 0x2F
#define KEY_6_KEY 0x1F
```

通过初始化函数 void KeyInit(void) 定义按键程序的句柄，具体如下

```
void KeyInit (void)
{
    KeyScanState = KEY_STATE_UP;          /* Keyboard should not have a key
                                           pressed */

    KeyBufInIx = 0;          /* Key codes inserted at the beginning of the buffer */
    KeyBufOutIx = 0;         /* Key codes removed from the beginning of the buffer
    */

    KeySemPtr=OSSemCreate(0); /*Initialize the keyboard semaphore */
    KeyInitPort();           /* Initialize I/O ports used in keyboard driver
    */

}
```

在断口设置函数里，通过管脚选择寄存器设置 P1.16~P1.25，P1.26~P1.36 为 GPIO，通过 GPIO 方向寄存器 IO1DIR 定义 P1.25~P1.30 为按键数据的输入端，具体函数如下。

```
void KeyInitPort (void)
{
    PINSEL2 &= ~(0x0C);          /*P1[25:16],P1[36:26] set as GPIO*/
    IO1DIR  &= ~(0x3F << 25);    /*P1[30:25] set as input*/
}
```

下面的程序是判断是哪个键按下：

```
static INT8U KeyDecode(INT8U data)
{
    switch (data)
    {
        case KEY_1_KEY:
            return 1;
        case KEY_2_KEY:
            return 2;
        case KEY_3_KEY:
            return 3;
        case KEY_4_KEY:
            return 4;
        case KEY_5_KEY:
            return 5;
        case KEY_6_KEY:
            return 6;
        default:
            return 0;
    }
}
```

4.4 A/D 转换程序设计

A/D 转换子程序的功能是完成 A/D 转换并将结果存入存储寄存器。此次二氧化硫浓度检测仪器采用 A/D 转换芯片 ADS1255, 输出 24 位数据, 需要四个字节存储转换之后的结果。

A/D 转换的流程图如图 4-2 所示。

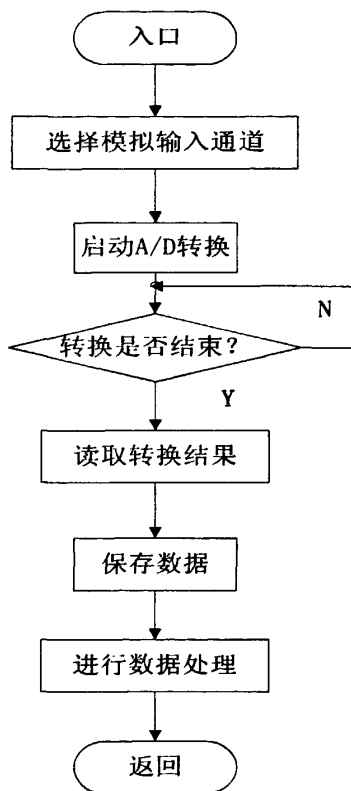


图 4-2 A/D 转换流程图

ADS1255 通过 SPI 接口与 LPC2138 通信。首先通过 SPI 初始化函数设置连接的端口, 并设置数据传输的波特率为 55296sps。具体代码如下。

```

void SPI_Init (uint32 Fspi)
{
    PINSEL0 = (PINSEL0 & (~0xFF00)) | 0x1500    // P0.4 连接 SCK0
                                                // P0.5 连接 DOUT

```

```

// P0.6 连接 DIN
//P0.7 连接  $\overline{CS}$ 

GPIO(ADS1255_CS)
IO0DIR |= (1<<ADS1255_CS);           // P0.7 设置为输出
SPI_SPCR |= (SPI_SPCR_BIT_CPHA | SPI_SPCR_BIT_MSTR |
SPI_SPCR_BIT_SPIE);
if (Fspi%2) Fspi--;
if (!Fspi) return;
if (Fspi>Fpclk/8) Fspi = Fpclk/8;
SPI_SPCCR = Fpclk/Fspi;               // 0x12C=300 波特率 =
                                       11059200/200=55296s
                                       ps

SPI_SPCCR &= (~0x01);
}

AD 转换作为一种外部中断程序在本次设计中设置为外部输入中断零，连
接到 LPC2138 的 P0.16 通道。通过写外部中断寄存器，设置 EINT0 为下降沿触
发产生中断，对应的就是 DRDY 为低电平时开始进行 AD 转换。具体代码如下。
void EINT0_Init(void)
{
    extern void EINT0_Handler(void);
    SET_ADS1255_DRDY_EINT0();         // 设置 P0.16 连接到 EINT0
    EXTMODE |= 0x01;                   // EINT0 是边沿触发
    EXTPOLAR &= (~0x01);               // EINT0 是下降沿触发
    VICIntSelect &= ~(1<<14);          // EINT0 中断通道设置为 IRQ 中断
    VICVectCntl3 = (0x20 | 14);
    VICVectAddr3 = (uint32)EINT0_Handler;
    EINT0_Disable();
    ADRDYSemPtr = OSSemCreate(0);
}

```

4.5 液晶显示程序设计

液晶显示模块主要使用来实时显示二氧化硫浓度和机箱温度，冷却器温度等测量值，选用的液晶为 SED1335。SED1335 有 13 条指令，多数指令带有参数^[34]，参数值由用户根据所控制的液晶显示模块的特征和显示需要来设置，MPU 把指令写入指令缓冲器内即（A0=1），指令的参数根据数据随后通过数据输入缓冲器（A0=0）写入，带有参数指令代码的作用之一就是选通相应参数的寄存器，任一条指令的执行，都会产生在附属参数的输入完成之后。当写入一条新的指令时，SED1335 将在指令参数运行完成之后等待新的参数到来。MPU 可用写入新参数与余下的旧参数有效地组合成新的参数组。

SED1355 液晶显示模块没有字模库，首先要对显示的汉字，数字以及字母等通过字模软件取模^[35]。将这些取得的数据一次写入显示缓冲区的制定位置。液晶显示程序先判断 SED1355 控制器是否处于‘忙’状态，假如不忙，调用清屏子程序，设置显示位置，然后调用显示子程序，流程图如图 4-3 所示。

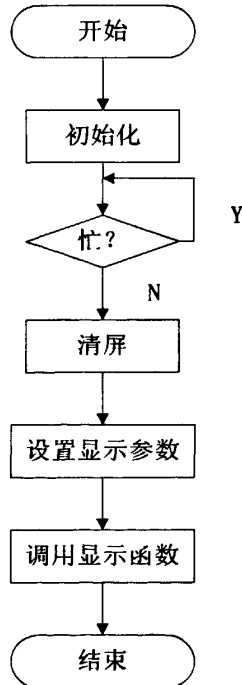


图 4-3 液晶显示程序流程图

4.6 串口通信程序设计

二氧化硫检测系统检测的数据需要发送到上位机，以便于上位机控制和对数据进行保存。这部分主要完成的功能就是接受和发送数据，均采用中断方式。其中断响应级别为 INT1。当 SCI 接收到的数据从 RXSHF 移位到接收器缓冲器 (SCIRXBUF) 时，标志位 RXRDY 被置位，中断被响应。当 SCIRXBUF 被读出时，RXRDY 标志位被复位。

整个串口通信子模块包括四个部分：

(1) 串口初始化子程序：

```
int8 UART0_Init(uint32 baud,uint8 datab,uint8 stopb,uint8 parity)
```

该函数要完成的功能有：设置字长，设置停止位，设置奇偶校验位。即：1(起始)+数据长度(5, 6, 7, 8)+1(若奇偶校验被使用)+停止位(1)。例如，1 个(起始)，8 位数据，无校验，1 个停止位，则空闲字符 MAX-IDL 为 10 位。

(2) 串口中断子程序（接受子程序），它完成的功能是开启串口中断，接受串口发送的数据，将数据存储到缓冲区。具体代码如下：

```
void Uart0_Exception(void)
{uint8 i;
    VICIntEnClr |= (1<<6);
    if ((U0IIR & 0x0F) == 0x04)
    {
        rcv_new0 = 1;                // 设置接收到新的数据标志
        for (i=0; i<8; i++)
        {
            Rx_buf0[i] = U0RBR;      // 读取 FIFO 的数据，并清除中
断
        }
    }
    OSSemPost(Uart0SemPtr);
    VICIntEnable |= 1 << 6;
    VICVectAddr = 0x00;              // 中断处理结束
}
```

(3) 串口发送字符子函数:

`void UART0_SendStr(char const *str)` 发送字符到串口

(4) 串口发送数据子函数:

`void UART0_SendBuf(void)` 发送缓冲器的数据到串口

4.7 软件抗干扰程序设计

为了提高二氧化硫浓度监测系统的抗干扰性能,在设计软件时采取的软件滤波的方法。

数字滤波是通常软件滤波的方法,采用数字滤波方法可以很好地抑制有效信号的干扰成分,保证系统的正常工作。数字滤波具有高精度、高可靠性和高稳定性的特点,因此在智能检测系统中被广泛应用。

本系统采用的数字滤波方法是去极值平均滤波方法,算术平均值滤波对抑制随机干扰效果好,但对于脉冲干扰的抑制能力比较弱,明显的脉冲干扰会使平均值远离实际值。而中值滤波对脉冲干扰的抑制却非常有效,因而可以将两者结合起来形成去极值平均滤波法,去极值平均滤波的算法是:连续采样 N 次,去掉一个最大值,去掉一个最小值,再求 $N-2$ 个采样值的平均值其滤波。由于这种滤波方法兼容了算术平均值法和中值法的优点,所以无论是缓慢变化的过程信号还是快速变化的过程信号,都能起到很好的滤波效果,因此本系统采用的是这种滤波方法。主要程序代码如下:

```
static void Filter(void)
{uint8 i,k;
  fp32 sum,t;
  uint16 MAXSIZE;
  MAXSIZE =(uint16)SystemCanShu[fpLvBoShiJian].dat;
  fpSO2NongduPtr[num_ptr] = fpSO2Nongdu_pre;
  num_ptr = (num_ptr + 1)%MAXSIZE;
  for(i=0,sum=0; i< MAXSIZE; i++)
  for(k=0;k<MAXSIZE-i;k++)
    if(fpSO2NongduPtr[k]>fpSO2NongduPtr[k+1])
    {
```

```

        t=fpSO2NongduPtr[k];
        fpSO2NongduPtr[k]=fpSO2NongduPtr[k+1];
        fpSO2NongduPtr[k+1]=t;
    }
    for (i=2,sum=0; i< MAXSIZE-2; i++)          /* 排序后首尾各去掉 2 个数据*/
        sum += fpSO2NongduPtr[i];
    fpSO2Nongdu = sum/(MAXSIZE-4);
    if(fpSO2Nongdu>5000.0)    fpSO2Nongdu= 5000.0;    /*限幅*/
    if(fpGuangYuanDianYa<500)  fpSO2Nongdu =0.0;
}

```

4.8 本章小结

本章详细介绍了整个系统的软件设计过程，包括 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统的移植，主程序的设计，AD 转换程序，键盘输入程序，液晶显示程序，串口通信子程序，为了加强系统的稳定性，另设计了抗干扰的滤波程序。构成了一个完整的软件系统。

第 5 章 调试与结果分析

5.1 系统调试

完成了系统的硬件和软件后，就需要对系统进行调试。硬件和软件是试验和调试的基础，同时试验和调试又是完善硬件和软件的必备条件。调试分为对硬件和软件两部分的调试。硬件调试主要包括对各个器件的组装和整个样机的线路连接。软件调试主要是利用仿真器开发各个功能子模块，将调试好的程序烧写到 FLASH 中。整个过程大体分为以下几个步骤：

(1) 硬件调试

首先要保证所有的电子元器件，布线都是正确的。检查元器件的型号，规格，安装是不是跟原理图中设计的一样，管脚是不是插正确，尤其是电容等有极性的元器件，一定要检查以避免插反。在布线方面，要检查系统总线是否有短路，或者与其他信号线短路。然后才能给仪器样机加电。在加电后检查个插件上引脚的电位，仔细测量各点电位是否正常。

最后在不加电情况下，除去 LPC2138 以外，插上所有的元器件，用仿真插头将样机的 LPC2138 插座和仿真接口相连接，为联机调试做好准备

(2) 软件测试阶段

软件测试分为单元测试、集成测试和确认测试几个部分。首先对各个模块进行测试，对于每个基本模块，如按键输入程序，A/D 转换程序等，都是要先进行单独编程，然后分别进行调试。对于各个模块的测试主要是在仿真情况下，检查模块是否正确，检查的标准是其能否对输入的测试数据产生正确的输出结果，更进一步的测试就是选择不同的测试用例，并对其进行跟踪，检查每步的执行结果。

另一个阶段是集成测试阶段。虽然所有模块都通过了单元测试后，当它们组装在一起的时候，也是有可能出问题的。软件组装在一起又可能会出现两个问题。其一是接口问题，数据通过接口可能回丢失或者引起其他功能模块的功能。另一个问题就是误差的累积。几个模块的小误差累积在一起被放大。因此，组装测试就是为发现并解决这些问题而进行的。这里采用一种增值式集成测试

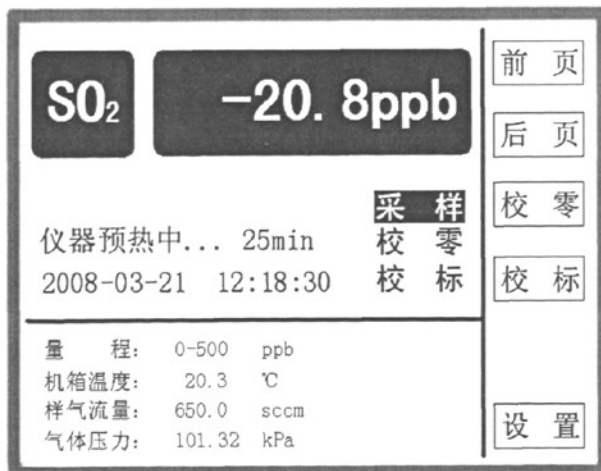
方式,即将已经测试过的各个模块逐步组装成较大的系统,在集成的过程中每加一模块测试一遍。先编写好一个简单的主控程序,再将调试好的各模块依次调入,且在每调入一个模块后,都和其它的模块之间的接口再进行测试。例如,在写好主程序后,先组装 LCD 显示模块,在主程序中送出测试数据,能正确显示后,再调入其他模块,进行装配。

最后是确认测试。在组装测试之后,系统软件已装配完成,各模块间的接口错误也已经发现并纠正,这时可以开始对软件进行最后的测试,即确认测试。确认测试又称为有效性测试,它的任务是验证软件的功能和性能及其它特性是不是与要达到的目标一致。作为二氧化硫浓度监测系统,功能是否正常的一条最重要的评价标准是否能正确的反应被测二氧化硫浓度值和环境温湿度及压力的大小。所以,这部分的测试工作主要就是和外围硬件进行联合调试,对样品气体中二氧化硫浓度和温湿度进行实测,看监测到的气体和温湿度是否和真实值一致。

5.2 试验结果及分析

(1) 待机测量界面

图 5-1 是五个待机测量界面,按“前页”或“后页”键五页循环显示,当屏幕背景灯关闭时界面停留在第一页。



a

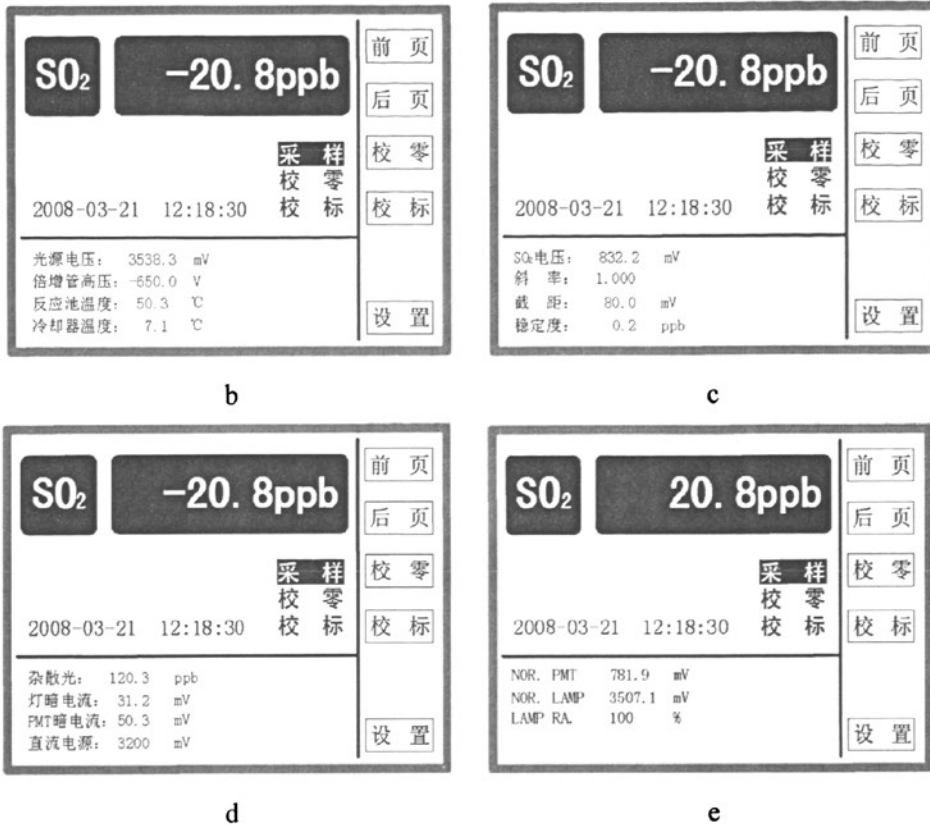


图 5-1 五个待机测量界面

开机后进入预热状态，浓度显示为 0.0ppb，仪器是否预热，以“机箱温度”和“稳定度”的数据为判断标准，当机箱温度大于 40 $^{\circ}\text{C}$ ，稳定度 < 20.0ppb 时，自动退出预热，进入到测量界面，显示实时浓度。如果稳定度大于 2.0ppb，说明测量浓度不稳定，屏显会在该状态上反显并闪烁（1.5s/次），如果稳定度小于 2.0ppb，则停止闪烁，一直停留在该状态反显。图中“采样”“校零”“校标”表示仪器的运行状态，仪器处于什么状态，该状态就反显。仪器预热时，“校零”和“校标”按键不显示，不能进行“校零”和“校标”操作。

(2) 校零、校标界面



图 5-2 校零界面

按下“校零”按键后进入如图 5-2 所示界面，要求输入时间，该时间为校零的时间长度，范围为 00-99 分钟，如果输入 00 时，表示没有时间限制，为手动设置校零后返回；输入为 01-99 时，按“确认”后倒计时，时间走完后自动退出校零程序并切换电磁阀返回到测量菜单，修改截距和杂散光。

校零时间默认值为 25 分钟，按“确认”后进入校零程序并切换电磁阀，仪器状态进入到校零状态，如图 5-3 所示。如图 5-4 所示，仪器倒计时走时，按“校零”键也可以校零并修改截距和杂散光，但数据应在 -200mV ~ +500mV 范围内，否则数据不保存，保留上一次的数据。

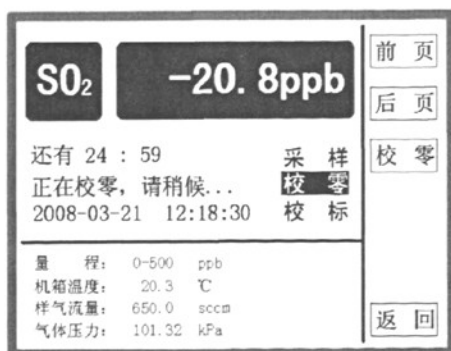


图 5-3 系统默认校零界面



图 5-4 手动校零界面

图 5-5 至图 5-7 为校标程序界面，与校零过程相同，只是要输入标准浓度，默认校标浓度为 400ppb，浓度的输入范围为：20-5000ppb。其它与校零相同。

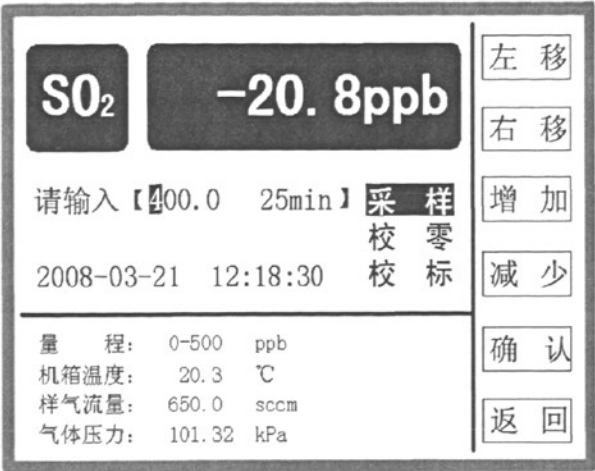


图 5-5 校标界面

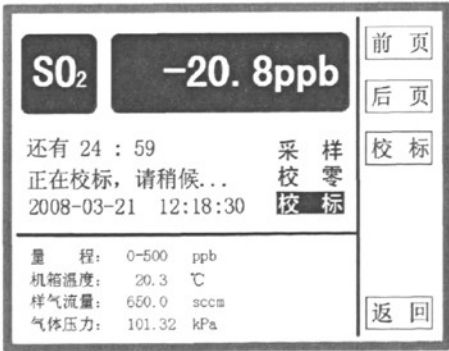


图 5-6 系统默认校标界面

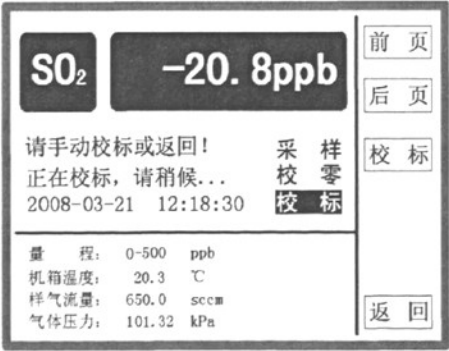


图 5-7 手动校标界面

(3) 主菜单界面

图 5-8 是主菜单界面，如果长时间停留在主菜单界面中，背景灯会自动关闭，程序自动返回到待机测量界面一，不包括校零、校标界面。

图 5-9 是修改实时时钟界面，可以通过“左移”、“右移”、“增加”和“减少”四个按键来修改当地时间。

图 5-10 为量程选择界面，如果“量程”为低时，测量范围为：0-500，如果量程为高时，测量范围为：0-50。测量的单位可以自由选择：ppb、ppm、UGM

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、MGM (mg/m^3)。它们的换算关系为：

$$1 \text{ MGM} = 2.86 \times 1 \text{ ppm} = 1000 \text{ UGM}$$

$$1 \text{ ppm} = 1000 \text{ ppb}$$

滤波时间的设置范围在 15-150 s 之间设置，光闸间隔在 10-99 之间设置。

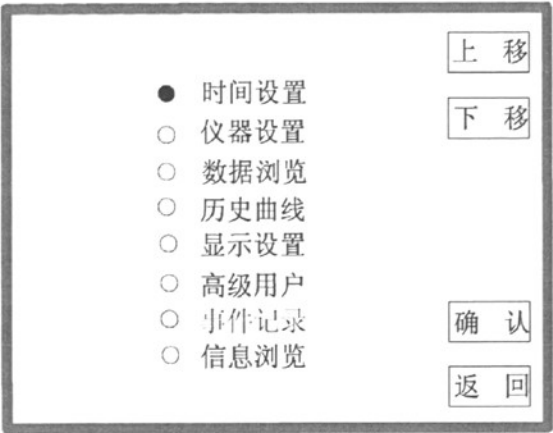


图 5-8 主菜单界面



图 5-9 修改实时时钟界面



图 5-10 量程选择界面

该二氧化硫浓度检测仪还可以记录监测的数据并安需要显示某时刻的数据或者某个时间段的浓度变化曲线，选择界面如图 5-11 某时刻数据浏览界面和图 5-12 某时间段 SO_2 浓度变化曲线选择界面所示。



图 5-11 某时刻数据浏览界面 图 5-12 某时间段浓度变化曲线选择界面

(4) 高级用户界面

在图 5-13 高级用户启动界面中,输入 8088 点确认进入高级用户,输入 9199 进入超级用户,点“返回”到菜单界面,密码错误就提示“密码错误!”,重新刷新显示“0000”。图 5-14 为进入高级用户后界面图,从图中可以看出,进入高级用户后可以设置报警值、进行电测试、光测试、开关测试以及一键恢复。

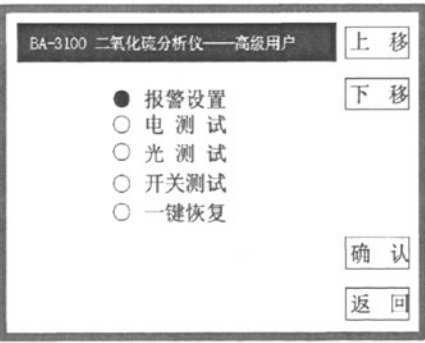
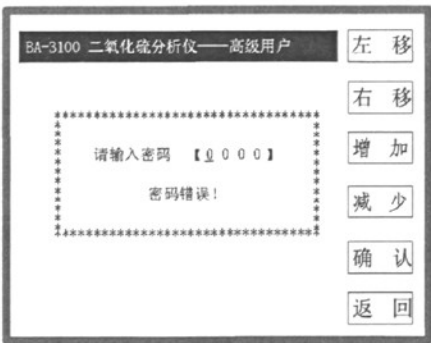


图 5-13 高级用户启动界面 图 5-14 进入高级用户后界面

图 5-15 为报警参数设置界面图,可设置报警范围,图中为默认值,可修改。在此范围内为正常。否则该参数报警,该参数反显并闪烁,直至恢复正常。



图 5-15 报警参数设置界面



图 5-16 电测试界面



图 5-17 光测试界面

图 5-16 和图 5-17 分别为该二氧化硫检测仪电测试和光测试界面图，不过该检测仪的电测试和光测试也仅仅是测试，进入测试状态中所测量的数据并不是真实的有效数据，不能存储并上传，更不能更改斜率、截距等重要参数。按“前页 后页”查询参数，按“返回”将返回到测量界面中。仪器背景灯关闭时，自动返回到测量界面一中。

图 5-18 是开关测试界面图，进入开关测试中后，程序控制的开关量失去控制，返回后正常工作，该设置不保存，仅供测试用。状态为：开/关，表示 H/L，手动控制开关量。仪器背景灯关闭时，自动返回到测量界面一中。

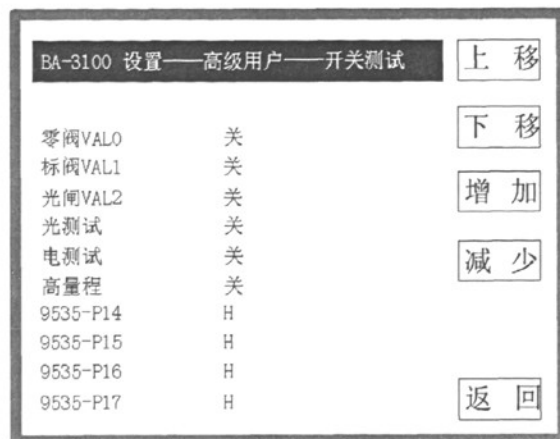


图 5-18 开关测试界面

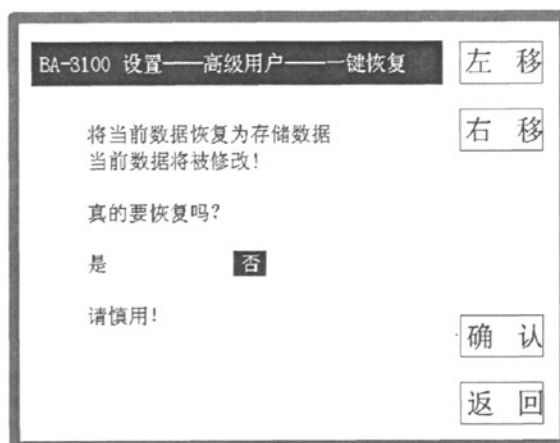


图 5-19 一键恢复界面

图 5-19 是一键恢复界面，点击是后，所有的设置都将恢复到出厂前的数据。出厂前所有的设置、校准的数据将被自动保存到 EEPROM 中，一般出厂前要进行数据备份，即将 EEPROM 中的数据备份到 FLASH-M25P64 中，EEPROM 中的数据一旦丢失，系统将瘫痪，此时用户可进行一键恢复，执行此操作时，是将 FLASH-M25P64 中读出并写入 EEPROM 中。

(5) 超级用户界面

超级用户下可以设置通信、进行参数校准、硬件配置、软件配置和一键备份。图 5-20 是超级用户界面，图 5-21 为通讯设置界面。

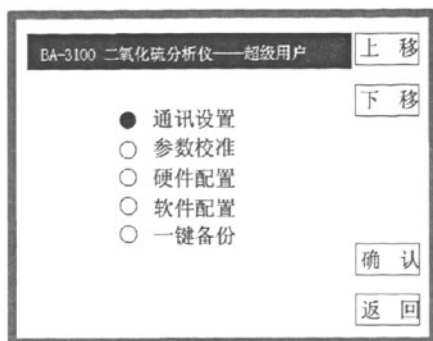


图 5-20 超级用户界面



图 5-21 通讯设置界面



图 5-22 参数校准界面

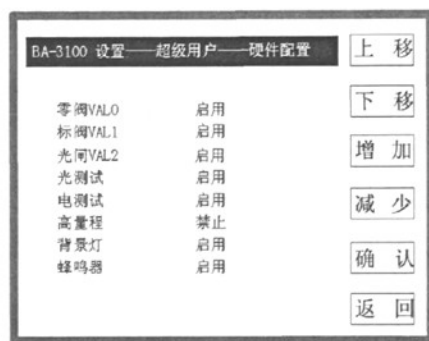


图 5-23 硬件配置界面

图 5-22 为参数校准界面。参数校准时，前面为实测值，由用户输入，一行输入完按确认后，程序自动进行计算校正系统，默认为 1.000。

图 5-23 为硬件配置界面，用户可对图中所示硬件进行选择“启用”或“禁用”，图中显示为默认状态，如果选择该项为“禁用”，则在运行过程中该项无效。

图 5-24 是软件配置界面，可在此设置光源参考、零点浓度和 SO_2 系数。其中参数的设置如下：

光源参考：默认为 3500 mV，范围为 1000-5000 mV。

零点浓度：即零气的浓度，比如零点浓度为“0”，校零后则显示零；零点浓度为“5”，校零后则显示“5”。在校零时一般默认为 0ppb，此时用户可更改，范围为：-20~+20ppb。

SO_2 系数：修改范围为：0.5-2.0，默认为 1.0。

图 5-25 是一键备份界面，一键备份是将 EEPROM 中的数据复制保存到

FLASH 存储器中。

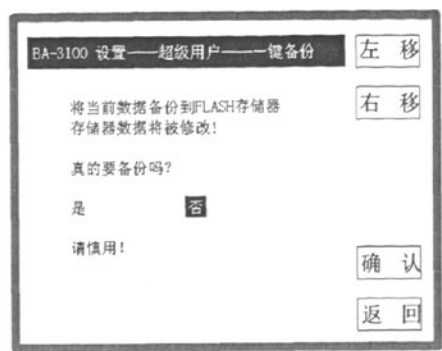


图 5-24 软件配置界面

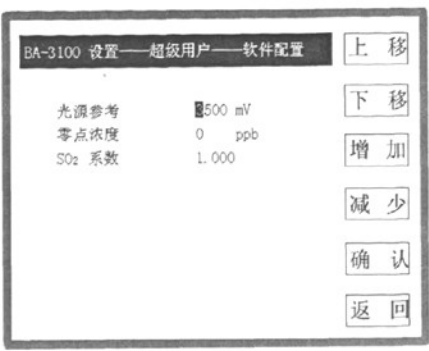


图 5-25 是一键备份界面

第 6 章 总结与展望

6.1 总结

本课题设计了一种基于 ARM 微处理器的二氧化硫浓度检测系统。为完成该系统的设计和开发，翻阅了大量的文献资料，进行的大量的试验和研究。完成了系统硬件和软件的设计。纵观整个系统，本课题主要完成的工作有：

(1) 对二氧化硫浓度的检测进行了深入的研究，在参考国内外一些参考资料的基础上，提出了一个合理的设计方案，并对检测系统的各个部分进行了详细的分析。

(2) 研究了紫外荧光检测二氧化硫浓度的原理，设计了整个系统的模型，并推算出二氧化硫浓度的计算公式

(3) 完成了二氧化硫浓度检测仪器的硬件电路的设计，主要包括：模拟多路开关电路，A/D 转换电路，键盘输入电路，液晶显示电路，报警电路，串行通信接口、外部存储器电路的设计原理与具体实现。

(4) 完成了二氧化硫浓度检测仪的软件的设计。移植了实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ，以嵌入式操作系统为开发平台，在 ADS1.2 的开发环境下，完成了程序装载，存储空间的划分和命令文件的编写。并针对各硬件模块设计了系统主程序、按键输入程序设计，A/D 转换程序设计，液晶显示模块程序设计、串口通信程序设计，看门狗程序设计及软件抗干扰程序设计。

(5) 完成了检测仪的硬件软件调试，并进行了简单分析，做了相应的实验，给出了实验中的界面图形并对图形做了说明，实验表明该检测仪能够实现设计的所有功能，且性能稳定，能够达到预期的检测精度。

6.2 展望

该二氧化硫浓度检测系统能够检测出大气中二氧化硫的浓度，具有极大的实用价值。但由于时间关系，该系统在以下几个方面还可以继续完善：

(1) 在二氧化硫气体传感器的检测精度上，还要进一步研究。本系统主要

是采用了再用了自外荧光发，设计了高精度的 A/D 转换器，并通过软硬件的抗干扰程序来保证系统的精度，但高精度的 A/D 转换不可避免的带来噪音的干扰，在这一方面还有待改进。

(2) 可以进一步完善系统的显示功能，把液晶显示气体浓度改为更直观的图形数字同时显示。

(3) 可进一步扩展系统，由单一的二氧化硫浓度检测仪扩展成多种气体的浓度检测仪器。这样可以节约大气质量监测的成本，使得大气监测也更加方便和直观。

参考文献

- [1] 国家环境总局. 酸雨控制区和二氧化硫污染控制区规划方案[J]. 环境保护, 1998, (3): 7-11
- [2] 刘艳芳. 郭学农. 大气污染与人体疾病. 山东[J]. 山东环境, 1994, 3: 14-16
- [3] 中国科学院植物研究所二室编著, 环境污染与植物[M]. 北京: 科学出版社, 1978
- [4] 徐明. 烟气二氧化硫污染控制技术现状及发展[J]. 安徽师范大学学报自然科学版, 2001, 24 (2): 187-189
- [5] 陈九江等. 二氧化硫浓度的双光路紫外吸收测量法[J]. 光学技术, 2000 (5): 27-29
- [6] 王式民. 徐溢谦. 测量 NO 和 SO₂ 浓度的荧光光学分析仪[J]. 燃烧科学与技术, 1997, (3): 253-257
- [7] 杨初平. ppb 级大气二氧化硫紫外荧光检测理论与实现技术研究[D]. 华南师范大学博士研究生学位论文, 2002, 50-55
- [8] 魏复盛. 发展我国环境监测仪器工业的意见[J]. 现代科学仪器, 1999, (1): 3-5
- [9] Ruiz E, Santillana MI, De Alba M, Nieto M T and Garcia-Castellano S. J. Liq. Chromatogr. 1994, 17:447
- [10] P. Bruno, M. Caselli, M. Della Monica and A. Di Fano, Talanta, 1979, 26:1011-1014
- [11] Rethmeter J, Rabenstein A, Lauger M and Fischer U. J. Chromatogr. 1997, 760:295
- [12] Moyer D. Thomas, Robert J. Cross, automatic apparatus for determination of small concentration of sulfur in air. Industrial and engineering chemistry. 1928, 20(6): 645-648
- [13] Meiner F X and Jacschke W A, Int. J. Environ. Chem. 1981, 10:51
- [14] Bradshaw, J. D, Rodgers, M. O, Davis, D. D. Appl. Opt. 1982, 21:2493-2500
- [15] Hideo Okabe, Paul L Splitstone, and Joseph J Ball, Journal of The Air Pollution control Association, 1973, 23:514-516
- [16] H. Okabe, et al Ambient and Source SO₂ Detector Based on a Fluorescence Method[J]. Journal of Air Pollution Control Association, 1998 (23): 514-516
- [17] 熊建文, 杨初平, 何振江, 杨冠玲. 多波长紫外荧光二氧化硫检测试验研究[J]. 光电子. 激光, 2002, (8)
- [18] 杨初平等. 大气二氧化硫监测反应室的光学特性研究[J]. 光学技术, 2003. 12
- [19] 饶明辉. 大气二氧化硫浓度紫外荧光分析仪的研制及优化[D]. 华南师范大学硕士研究生学位论文, 2004. 6
- [20] Han, A. H. Young-Si Hwang Young-Ho An So-Jin Lee Ki-Seok Chung. Virtual ARM Platform for embedded system developers. Audio Language and Image Processing, 2008. ICALIP 2008.

- [21] Philips Semiconductor Corporation, LPC2138 datasheet. 2005,4
- [22] 李灵华, 何丽君. 24 位高带宽 Δ - Σ 模/数转换器 ADS1271 的原理及应用[J]. 元器件应用, 2007, (16)4—6
- [23] 房慧龙. A/D 转换技术及其发展[J]. 中国西部科学, 2007, 81—83
- [24] 石会路, 穆克毫, 李向阳. 基于 ADS1255 的数据采集系统的设计与应用[A]. 仪表, 自动化及先进集成技术大会, 重庆, 2007
- [25] Texas Instruments, ADS1255 datasheet 2008, 7
- [26] 郭强. 液晶显示应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007
- [27] 焦培胜. 煤矿气体检测仪表的研制与开发[D]. 大连: 大连理工大学, 2007
- [28] 任哲等. 嵌入式操作系统基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006
- [29] 周立功等. ARM 嵌入式系统软件开发实例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004
- [30] JEAN J. LABROSSE, 邵贝贝译. μ C/OS-II 源码公开的实时嵌入式操作系统[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003, 24—56
- [31] 孙红波. ARM 与嵌入式技术[M]. 电子工业出版社, 2006.3
- [32] Zhou Bo, Qiu WeiDong. SHUM-UCOS: A real-time operation system for reconfigurable systems using uniform multi-task model. EI 2006, 208-218
- [33] 贺鑫. 基于 ARM 的气体传感器阵列数据采集卡的研制. 电子科技大学硕士生学位论文, 2007.5
- [34] 王小凤, 乔学光, 贾振安. DSP 实现液晶显示图象的技术及应用[J]. 液晶与显示, 2005
- [35] 赵祺. 智能便捷式可燃气体检测仪的开发与研制[D]. 吉林大学硕士生学位论文, 2006
- [36] Salvador, M.Z. Resmini, R.G.Gomez, R.B. Detection of Sulfur Dioxide in AIRS Data With the Wavelet Packet Subspace, Geoscience and Remote Sensing, 2007
- [37] Smulko, J. The Measurement Setup for Gas Detection by Resistance Fluctuations of Gas Sensors . Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2006. IMTC 2006.
- [38] Sjöholm, M. Somesfalean, G. Persson, L. Hong, G. Zhang, Z.G. All-diode-laser ultra-violet absorption spectroscopy and temporal gas correlation spectroscopy. Svanberg, S. Lasers and Electro-Optics Europe, 2005.
- [39] 张晓花, 朱昌平, 单鸣雷, 王瑞华, 梁行健. 超声宽量程微量气体浓度检测的仿真研究[J]. 声学技术, 2008 年 01 期
- [40] 王殊, 朱振宇, 刘丽婧. 微弱气体浓度检测的弛豫平滑处理算法[J] 应用科学学报, 2008 年 02 期
- [41] Young-Si Hwang, Young-Ho An, So-Jin Lee. Virtual ARM Platform for embedded system developers . Audio Language and Image Processing, 2008. ICALIP 2008.

致 谢

本论文工作是在导师卢珞先副教授的悉心关怀和精心指导下完成的。值此论文完成之际，我首先要向我的导师——卢珞先副教授致以深深的谢意。在作者攻读硕士学位期间，导师在生活、学业和工作上始终给予了莫大的关怀和帮助，从论文的选题、科研的过程到论文的撰写，无不凝结着导师的心血。可以说正是由于导师无私的帮助和教导，作者才得以顺利完成硕士论文。在与导师相处的两年多时间来，她精准独到的学术眼光、一丝不苟的工作态度、深厚博大的学术功底都在我人生中留下了坚实的烙印，必将使我在以后的科研工作中受益无穷。此时心中涌起的感动只能用我最真挚的祝福来表达，祝愿他身体永远健康。

在论文工作的两年时间里，黄涛老师提出了许多富有建设性的指导意见并给予了具体指导，黄老师开阔的学术视野、严谨的治学态度以及正直的为人给我留下了深刻的印象，在此向黄老师表示衷心的感谢。同时几年来一直得到廖传书老师的关心、鼓励和帮助，在此谨向他们致以衷心的感谢。

另外，还要感谢教研室的卢少武、任立志，卓伟，吴恒等同学，是他们一起创造了研究所和课题组团结和谐的工作环境，与他们的交流和讨论使我拓宽了思路并受到很多启发，对作者提供了许多帮助和支持，谢谢他们！

最后，特别感谢我的父母及家人多年来给予我的关心和帮助，感谢他们多年来为我的成长而付出的巨大心血。

攻读硕士学位期间发表的学术论文

- [1] 卢珞先, 徐孟娟. 二氧化硫浓度检测仪的设计. 武汉理工大学学报信息与管理工程版, 2009, (5).