

案例四：基于单片机的一氧化碳浓度监测系统

(气敏传感器)

摘要：一氧化碳检测系统是一种可以用于公共场所及室内具有检测和报警功能的系统。一氧化碳是无色、无臭、无味的气体，故容易忽略而致中毒。常见于家庭居室通风差的情况下，煤炉产生的煤气，液化气管道漏气或工业生产煤气以及矿井中的一氧化碳吸入而导致中毒。针对这种不安全因素，本文设计提出了一种基于 STC12C5A60S2 单片机的一氧化碳检测系统。该系统通过单片机和 MQ-7 气体传感器，实现对室内一氧化碳浓度实时采集、响应。还可根据环境人工设定报警值，当所测一氧化碳浓度超过设定的报警上限时自动报警，提醒相关人员及时采取相应措施，防止中毒事件发生。

这个方案基于 STC12C5A60S2 单片机，该单片机自带 8 路高速 10 位 A/D 转换。选择对一氧化碳灵敏度较高的 MQ-7 一氧化碳传感器。首先通过独立按键设定报警值。独立按键采用软件消抖，可分别实现对报警值的加值和减值。当传感器模块置于一氧化碳环境中时，输出的模拟电压信号通过该单片机内部自带的 A/D 转换处理后，由 LCD 显示一氧化碳浓度值。并将该浓度值与设定的报警值进行比较，如果一氧化碳浓度值超过人工设定的报警值，单片机将发出控制信号，使发光二极管亮起、蜂鸣器响起以达到检测报警的目的；反之，则不发出控制信号。

【关键词】 一氧化碳检测系统 STC12C5A60S2 单片机 MQ-7 气体传感器 A/D 转换

第一章 MQ-7 气体传感器概述

第一节 MQ-7 气体传感器原理

选择一氧化碳传感器主要考虑以下性能指标：

- (1) 输入和输出之间成比例，直线性好、灵敏度高、分辨力强、测量范围宽。
- (2) 滞后、漂移误差小
- (3) 动态特性好
- (4) 功耗小
- (5) 时间老化特性优良
- (6) 与被测体匹配良好，既不因接入传感器而使得被测对象受到影响，受被测量之外的影响小
- (7) 体积小、重量轻、价格低廉
- (8) 故障率低，易于校准和维护

本系统采用MQ-7气体传感器。因为二氧化锡(SnO_2)在清洁空气中电导率较低，所以二氧化锡作为该传感器的气敏材料使用，采用的是高低温循环检测方式低温（1.5V加热）检测一氧化碳。传感器的电导率和空气中一氧化碳气体浓度成正比关系，高温（5.0V加热）清洗低温时吸附的杂散气体。若一氧化碳浓度越高，则电导率越大，电阻越大，输出的模拟电压值也越大。简单的电路即可实现将电导率的变化，通过某种对应关系，转换为与该气体浓度相对应的输出模拟电压信号。MQ-7气体传感器灵敏度高，该传感器可检测多种含一氧化碳的气体，是一款适合广泛应用的传感器。

它的特点是针对一氧化碳有良好的灵敏度，使用寿命长成本低价，性价比高，驱动电路简单。主要应用于家庭用气体泄漏报警器，工业用一氧化碳气体报警器，便携式气体检测器等。

第二节 MQ-7 气体传感器相关参数

一、元件外形结构参数

MQ-7 气敏元件的结构和外形如图1.1所示，由微型A1203 陶瓷管、 SnO_2 敏感层，测量电极和加热器构成的敏感元件固定在塑料或不锈钢制成的腔体内，为了改善传感器的选择性，传感器气室用活性炭过滤层与外界隔开。加热器为气敏元件提供了必要的工作条件。封好的气敏元件有6只针状管脚，其中4个用于信号取出，2个用于提供加热电流。

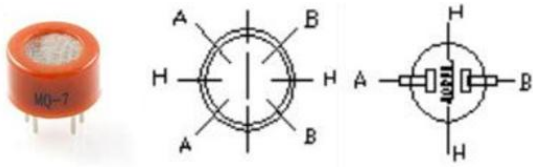


图 1.1 元件外形结构图

二、相关技术参数

由于 STC12C5A60S2 单片机内部集成了 8 路高速 10 位 A/D 转换 250KHz (25 万次/秒)，这样就可以直接将传感器模块输出的模拟电压信号与单片机的 A/D 输入通道 P1.0 口相连接。相关技术指标包含标准电路条件，标准测试条件下元件特性，标准测试条件等如表 1.1 所示。

表 1.1 相关技术参数

产品型号			MQ-7
产品类型			半导体气敏元件
标准封装			塑封
检测气体			一氧化碳
检测浓度			10-1000ppmCO
标准电路条件	回路电压	Vc	$\leq 10V$ DC
	加热电压	VH	5.0V \pm 0.2V AC或DC (高) 1.5V \pm 0.1V AC或DC (低)
	加热时间	TL	60 \pm 1S (高) 90 \pm 1S (低)
	负载电阻	RL	可调
标准测试条件下元件特性	加热电阻	RH	31 Ω \pm 3 Ω (室温)
	加热功耗	PH	$\leq 350mW$
	敏感体表面电阻	Rs	2K Ω -20K Ω (in100ppmCO)
	灵敏度	S	$R_s(\text{in air})/R_s(100ppmCO) \geq 5$

	浓度斜率	α	≤ 0.6 (R300ppm/R100ppm CO)
标准测试条件	温度、湿度	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; $65\% \pm 5\%\text{RH}$	
	标准测试电路	Vc: $5.0\text{V} \pm 0.1\text{V}$; VH (高): $5.0\text{V} \pm 0.1\text{V}$; VH (低): $1.5\text{V} \pm 0.1\text{V}$	
	预热时间	不少于48小时	

第二章 系统硬件设计

第一节 硬件总体结构设计

硬件部分涉及单片机最小系统，LCD 显示模块，按键模块，报警模块，传感器模块。由按键模块人工设定报警值，传感器模块采集一氧化碳浓度信息送入单片机 P1.0 口进行 A/D 转换处理，处理后的数据由 LCD5110 显示。并且单片机将实时数据与提前设定的报警值进行比较，若超过设定值则发出声光报警，提醒相关人员注意防范危险。硬件总体框图如图 2.1 所示：

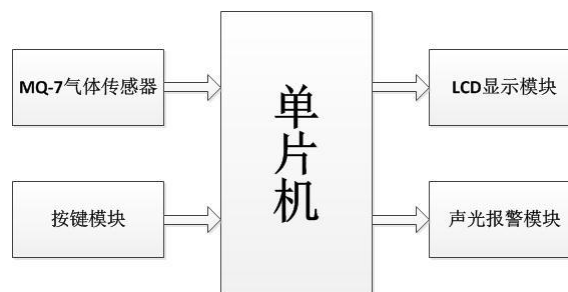


图 2.1 硬件总体框图

第二节 单片机最小系统

一、单片机简介

本工程的设计采用了增强型 51 内核的单片机 STC12C560S2，该单片机是宏晶科技生产的单时钟/机器周期(1T)的单片机，具有高速、低功耗、超强抗干扰性，不仅指令代码完全兼容传统 8051, 而且速度快 8-12 倍。还扩大了 8051 的功能模块及工作频率等，内部

集成 MAX810 专用复位电路, 2 路 PWM, 8 路高速 10 位 A/D 转换(250K/S), 该款单片机更适合本系统的需求。主要特性有:

(1) 增强型 8051 CPU , 1T, 单时钟 / 机器周期, 指令代码完全兼容传统 8051

(2) 工作电压:

STC12C5A60S2 系列工作电压: 5.5V - 3.3V (5V 单片机)

STC12LE5A60S2 系列工作电压: 3.6V - 2.2V (3V 单片机)

(3) 工作频率范围: 0 - 35MHz, 相当于普通 8051 的 0~420MHz

(4) 用户应用程序空间 8K / 16K / 20K / 32K / 40K / 48K / 52K / 60K / 62K 字节等

(5) 片上集成 1280 字节 RAM

(6) 通用 I/O 口 (36/40/44 个), 复位后为: 准双向口 / 弱上拉 (普通 8051 传统 I/O 口) 可设置成四种模式: 准双向口 / 弱上拉, 推挽 / 强上拉, 仅为输入 / 高阻, 开漏每个 I/O 口驱动能力均可达到 20mA, 但整个芯片最大不要超过 55mA

(7) ISP (在系统可编程) / IAP (在应用可编程) 无需专用编程器, 无需专用仿真器, 可通过串口 (P3.0/P3.1) 直接下载用户程序, 数秒即可完成一片

(8) 有 EEPROM 功能 (STC12C5A62S2/AD/PWM 无内部 EEPROM)

(9) 看门狗

(10) 内部集成 MAX810 专用复位电路 (外部晶体 12M 以下时, 复位脚可直接 1K 电阻到地)

(11) 外部掉电检测电路: 在 P4.6 口有一个低压门槛比较器 5V 单片机为 1.32V, 误差为 +/-5%, 3.3V 单片机为 1.30V, 误差为 +/-3%

(12) 时钟源: 外部高精度晶体/时钟, 内部 R/C 振荡器 (温漂为 +/-5% 到 +/-10% 以内) 用户在下载用户程序时, 可选择是使用内部 R/C 振荡器还是外部晶体 / 时钟, 常温下内部 R/C 振荡器频率为: 5.0V 单片机为: 11MHz ~ 15.5MHz。3.3V 单片机为: 8MHz ~ 12MHz, 精度要求不高时, 可选择使用内部时钟, 但因为有制造误差和温漂, 以实际测试为准

(13) 共 4 个 16 位定时器: 两个与传统 8051 兼容的定时器 / 计数器, 16 位定时器 T0 和 T1, 没有定时器 2, 但有独立波特率发生器做串行通讯的波特率发生器, 再加上 2 路 PCA 模块可再实现 2 个 16 位定时器

(14) 2 个时钟输出口, 可由 T0 的溢出在 P3.4/T0 输出时钟, 可由 T1 的溢出在 P3.5/T1 输出时钟

(15) 外部中断 I/O 口 7 路, 传统的下降沿中断或低电平触发中断, 并新增支持上升沿中断的 PCA 模块, Power Down 模式可由外部中断唤醒, INT0/P3.2, INT1/P3.3, T0/P3.4,

T1/P3.5, RxD/P3.0, CCP0/P1.3(也可通过寄存器设置到 P4.2), CCP1/P1.4(也可通过寄存器设置到 P4.3)

(16) PWM(2 路)/PCA (可编程计数器阵列, 2 路)

--- 也可用来当 2 路 D/A 使用

--- 也可用来再实现 2 个定时器

--- 也可用来再实现 2 个外部中断(上升沿中断 / 下降沿中断均可分别或同时支持)

(17) A/D 转换, 10 位精度 ADC, 共 8 路, 转换速度可达 250K/S(每秒钟 25 万次)

(18) 通用全双工异步串行口(UART), 由于 STC12 系列是高速的 8051, 可再用定时器或 PCA 软件实现多串口

(19) STC12C5A60S2 系列有双串口, 后缀有 S2 标志的才有双串口, RxD2/P1.2(可通过寄存器设置到 P4.2), TxD2/P1.3(可通过寄存器设置到 P4.3)

(20) 工作温度范围: $-40 - +85^{\circ}\text{C}$ (工业级) / $0 - 75^{\circ}\text{C}$ (商业级)

(21) 封装: PDIP-40, LQFP-44, LQFP-48 I/O 口不够时, 可用 2 到 3 根普通 I/O 口线外接 74HC164/165/595 (均可级联) 来扩展 I/O 口, 还可利用 A/D 做按键扫描来节省 I/O 口, 或用双 CPU, 三线通信, 还多了串口^[4]。

该单片机最小系统由电源、单片机、晶振震荡电路和复位电路构成, 本工程的单片机电源由 USB 端口进行供电, 方便电脑调试。最小系统如图 2.2 所示:

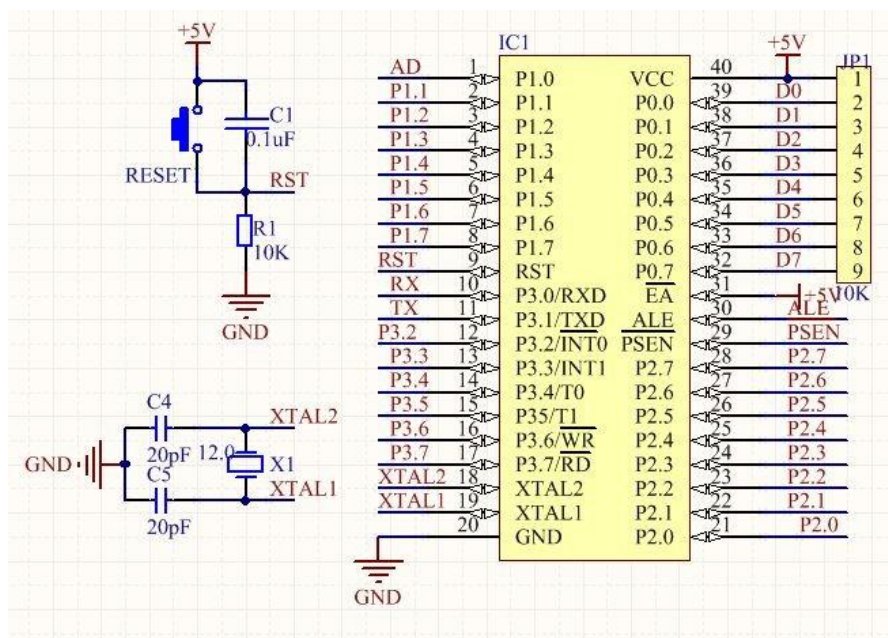


图 2.2 单片机最小系统

二、复位电路

单片机最小系统中，RST 引脚为高电平有效，即该引脚为高电平时，单片机发生复位，为低电平时，正常运行。在复位电路中，上电后，未按下按键时，由于电容有隔直通交作用，阻隔直流电的通路，按键也没有按下，两条通路均为断路，而单片机 RST 引脚连接 10K 电阻后，接入地中，此时，RST 引脚为低电平，即未按下按键时，单片机正常运行。而接入电容的目的是，为了保证单片机在一上电时，系统能够复位，即在上电的一瞬间，由于此时电容内无储能，电容充电，相当于短路，电流直接流入电阻中，此时 RST 引脚为高电平，单片机复位，待电容接近充满时，电容相当于断路，此时 RST 为低电平，则单片机可以正常运行。同理，在按下复位按键后，按键短路电容，使 RST 引脚变为高电平，从而达到复位的目的。复位电路如图 2.3 所示：

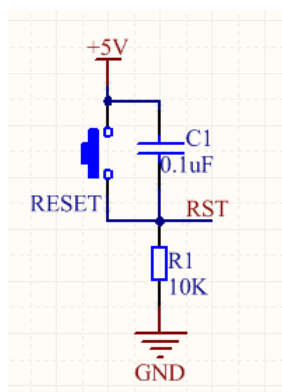


图 2.3 复位电路

三、时钟电路

单片机工作时，从取指令到译码再进行微操作，必须在时钟信号控制下才能有序地进行，时钟电路就是为单片机工作提供基本时钟的。单片机的时钟信号通常有两种产生方式：内部时钟方式和外部时钟方式。本课题采用内部时钟方式。

在单片机 XTAL1 和 XTAL2 引脚上跨接上一个晶振和两个稳频电容，可以与单片机片内的电路构成一个稳定的自激振荡器。晶振频率取 12 MHz。外接电容的作用是对振荡器进行频率微调，使振荡信号频率与晶振频率一致，同时起到稳定频率的作用，本课题选用 33pF 的电容。易知，本单片机最小系统的振荡周期= $1/(12\text{MHz})=1/12\mu\text{s}$ ，时钟周期= $1/6\mu\text{s}$ ，机器周期= $1\mu\text{s}$ 。时钟电路如图 2.4 所示：

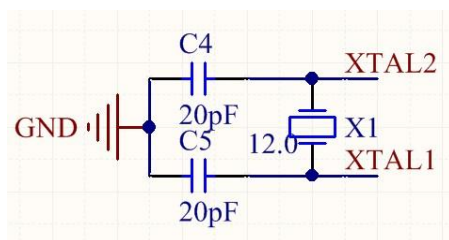


图 2.4 时钟电路

第三节 LCD 显示模块

本工程需要通过 LCD 对采集到的浓度进行显示，本工程采用 Nokia5110 液晶显示屏对接收信息进行显示。Nokia5110 性价比高，LCD1602 可以显示 32 个字符，而 Nokia5110 可以显示 15 个汉字，30 个字符。Nokia5110 裸屏仅 8.8 元，LCD1602 一般 15 元左右，LCD12864 一般 50-70 元。其接口简单，仅四根 I/O 线即可驱动，LCD1602 需 11 根 I/O 线，LCD12864 需 12 根。Nokia5110 速度快，是 LCD12864 的 20 倍，是 LCD1602 的 40 倍。工作电压 3.3V，正常显示时工作电流 200uA 以下，低功耗，具有掉电模式，适合电池供电的便携式移动设备。该 LCD 具有 84×48 个点阵，可显示较多信息，所有必须的显示功能集成在一块芯片上，包括 LCD 电压及偏置电压发生器，只须很少外部元件且功耗小，完全满足本项目的需求。5110 显示屏与单片机之间的数据传输为串行传输，占用 I/O 口资源较少^[5]。各管脚功能描述如表 2.1 所示：

表 2.1 各管脚功能描述

管脚	功能描述
GND	接地
BL	背光控制开关，低电平打开背光
VCC	接电源
CLK	串行时钟输入端
DIN	串行数据输入端
DC	数据命令选择端，高电平为数据，低电平为命令
CE	芯片使能，低电平有效
RST	复位脚

具体接口电路如图 2.5 所示：

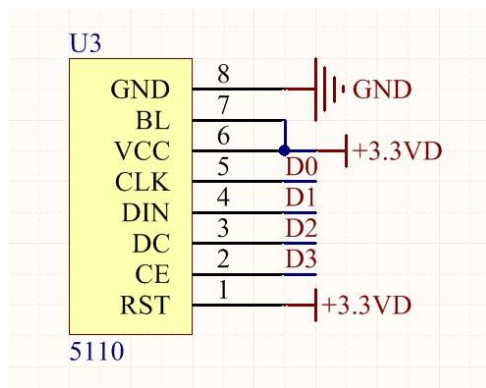


图 2.5 LCD 显示模块电路

由于 NOKIA 5110 显示模块需要 3.3V 供电，而 USB 供电口输出电压为 5V，因此需要稳压芯片进行降压。本工程的设计采用了 AMS1117-3.3V 线性 LDO 稳压芯片。AMS1117 是一个正向低压降稳压器，在 1A 电流下降压为 1.2V。AMS1117 有两个版本：固定输出版本和可调版本，固定输出电压为 1.5V、1.8V、2.5V、2.85V、3.0V、3.3V、5.0V，具有 1% 的精度；固定输出电压为 1.2V 的精度为 2%。AMS1117 内部集成过热保护和限流电路，是电池供电和便携式计算机的最佳选择，具有压差小稳压特性好等优点，具体电路如图 2.6 所示：

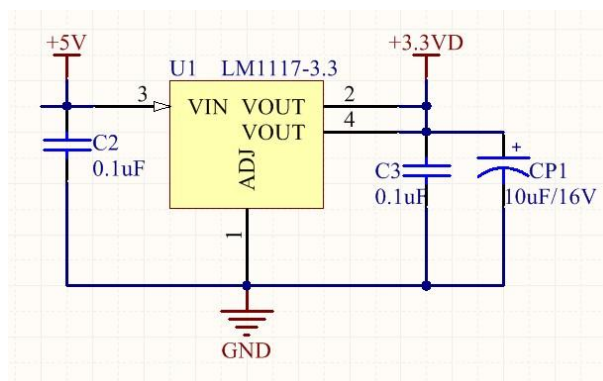


图 2.6 AMS1117-3.3V 稳压电路

第四节 按键模块

系统中由于需要的控制按键比较少，故采用独立按键式键盘。单个按键电路直接用 I/O 口线构成独立式按键，每个独立式按键占有一根 I/O 口线，且各根 I/O 口线之间不会相互影响。功能按键有 3 个，主要实现一氧化碳报警值的设定、A/D 初始化功能。他们分别与单片机的 P2.0、P2.1、P3.2 口连接。其中，key1 控制 A/D 初始化功能，用于调试传感器是否正常，key2 实现报警值增加 10mv/次，key3 实现报警值减少 10mv/次。通常情况下给这几个引脚以高电平，当按键被按下时引脚变成低电平，因此，只要用软件查询这几

个引脚的电平状态，就可以确定是否有按键按下，从而进入相关的子程序。

通常的按键所用开关为机械弹性开关，当机械触点断开、闭合时，由于机械触点的弹性作用，一个按键开关在闭合时不会马上稳定地接通，在断开时也不会一下子断开。因而在闭合及断开的瞬间均伴随有一连串的抖动。抖动时间的长短由按键的机械特性决定，一般为 5ms-10ms。按键稳定闭合时间的长短则是由操作人员的按键动作决定的，一般为零点几秒至数秒。按键抖动原理如图 2.7 所示：

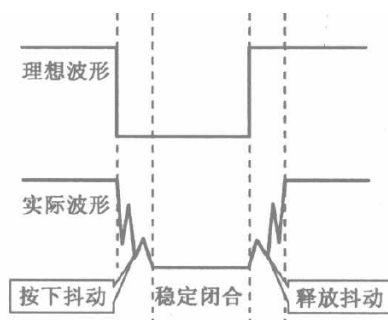


图 2.7 按键抖动原理

由此可见，键抖动会引起一次按键被误读多次。为确保单片机对键的一次闭合仅作一次处理，必须去除键抖动。在键闭合稳定时读取键的状态，并且必须判别到键释放稳定后再作处理。键盘抖动的消除可以分为硬件消抖和软件消抖两种方式。本工程主要通过程序延时的方式实现软件消抖。按键模块电路如图 2.8 所示：

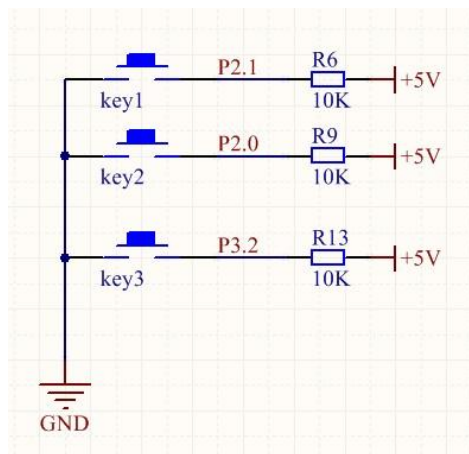


图 2.8 按键模块电路图

第五节 报警模块

由于本系统要对 CO 浓度进行检测并在浓度超过设定值时报警，警示用户 CO 泄露可能引发危险。因此本系统采用压电式蜂鸣器和 LED 灯进行声光组合报警，以保证用户的安全。

压电式蜂鸣器主要由多谐振荡器、压电蜂鸣片、阻抗匹配器及共鸣箱、外壳等组成。有的压电式蜂鸣器外壳上还装有发光二极管。多谐振荡器由晶体管或集成电路构成。当接通电源后（1.5~15V 直流工作电压），多谐振荡器起振，输出 1.5~2.5kHz 的音频信号，阻抗匹配器推动压电蜂鸣片发声。在蜂鸣器电路中，由于压电式蜂鸣器对电流要求也较大，需要约 10mA 的驱动电流，若直接由单片机驱动蜂鸣器，蜂鸣器的响度相对较低，从而需要使用 NPN 三极管进行扩流。由 $i_c = \beta i_b$ 可知，单片机电流为 i_b 时，可使蜂鸣器中流过的电流为 i_c ，当在蜂鸣器两引脚上加 1.5~15V 直流工作电压，就能产生 1.5~2.5kHz 左右的蜂鸣振荡音响。若 P2.3 口输出高电平，则三极管导通，蜂鸣器通电而发音；若 P2.3 口输出低电平，则三极管截止，蜂鸣器无响应。

发光二极管 D3 的作用是验证 NPN 三极管是否通路并作为发光报警使用，理论上导通电压为 0.7V，因为 PN 结的特性差异，实际导通电压约为 1.1V。发光二极管与蜂鸣器共同组成声光报警。报警模块电路如图 2.9 所示：

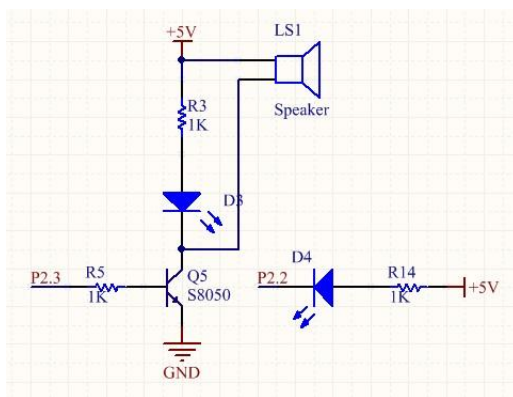


图 2.9 报警电路图

第六节 MQ-7 气体传感器模块

本系统对 CO 的检测采用了 MQ-7 气体传感器，该传感器对一氧化碳气体有良好的灵敏度，驱动电路简单，寿命长，成本低，线性度较好，完全符合本工程的使用需求。若一氧化碳浓度越高，则传感器电阻越大，AC 端输出的模拟电压值也越大。AC 输出端接单片机 P1.0 口进行 A/D 转换处理。经测定，该 AC 端输出的电压值为几十毫伏到两千毫伏之间，而 STC12C560S2 单片机内置 A/D 分辨率为 4.88mV，完全满足单片机具备 A/D 功能的 P1.0 口采集条件，所以不用加放大器。其中，AC 端还通过接入比较器 LM393 的反相输入端，与通过调节滑动变阻器 R6 设定的参考电压值进行比较，若 AC 输出电压大于参考电压，则 OUT 端输出低电平；反之，则输出高电平。OUT 输出端可以接单片机 P3.3 口，通过一氧化碳浓度的变化导致的高低电平变化来检测外部中断，从而开始进行 A/D 转换。但本课题中由于实际情况简单，未使用中断程序也能达到目的。电路如图 2.10 所示：

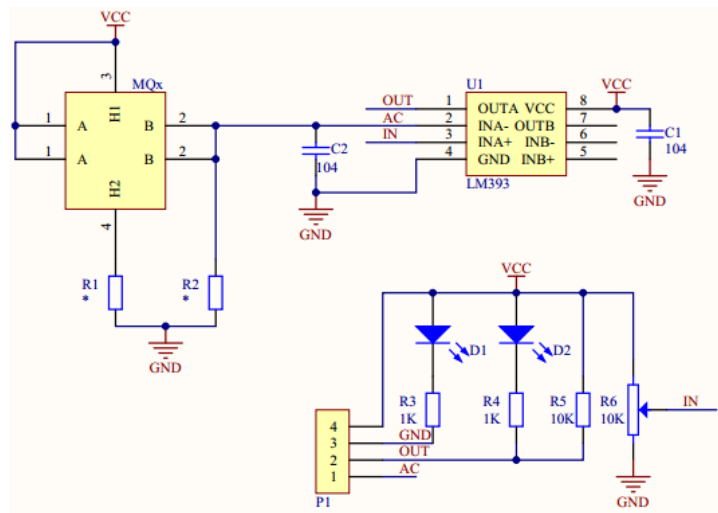


图 2.10 MQ-7 气体传感器模块

第三章 系统软件设计

第一节 程序总体设计思路

基于已有的电路，将采用 C 语言编写程序，采用 C 语言大大提高了开发调试工作的效率，同时，所产生的文档资料也容易理解，便于移植。

本课题程序设计主要包括：主程序/子程序流程的设计，LCD 显示模块程序设计，按键检测模块程序设计，A/D 转换程序设计。程序总体设计思路如图 3.1：



图 3.1 程序总体框图

第二节 主函数

主函数与硬件相结合，实现一氧化碳检测系统的各个功能。主要是检测与 A/D 转换、实时显示。将依次调用各个功能子函数，对各个模块进行协调处理和实现数据交互，最终实现声光报警。主函数流程如图 3.2 所示：

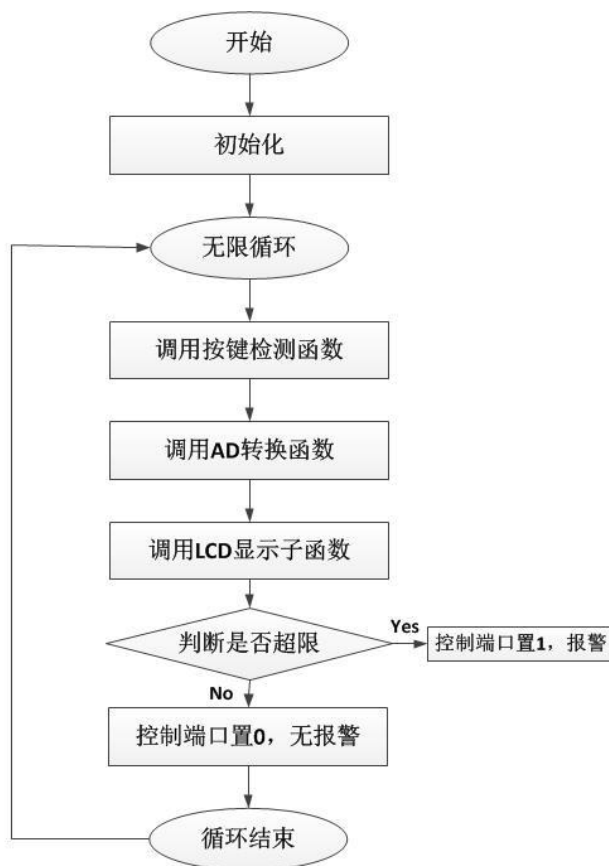


图 3.2 主函数流程图

在主函数中，初始化包含了 LCD 控制端的初始化，AD 控制端的初始化，定义相关硬件接口，初始化报警值。进入 while 无限循环实现全天候检测一氧化碳浓度。在循环处理中，调用按键检测函数实现人工设定报警值和 AD 初始化。调用 AD 转换函数对传感器采集到的一氧化碳浓度信息进行 AD 转换处理，处理后的数据通过 LCD 显示子函数显示出浓度值。采集的值与单片机内设定的报警值进行比较，判断是否超限。如果超限，则控制端口置 1，开始声光报警；如果没有超限，则控制端口置 0，无报警。流程结束后，反复执行此循环，检测实时浓度并判断是否超限是否报警。

第三节 LCD 显示函数

LCD 模块在本系统中主要起着传感器输出电压值的显示，以及比较判断效果的显示。在显示函数中，初始化包含了字符字库的初始化，I/O 口的定义，定义 SCE、D/C、SDIN、SCLK 端，设置偏置电压，温度校正等。Nokia5110(PCD8544)的通信协议是一个没有 MIS0

只有 MOSI 的 SPI 协议，只需要软件程序模拟即可。

数据以字节为单位下载到 5110 内部的驱动芯片 PCD8544 的 48*84 位显示数据 RAM 矩阵。通过地址指针寻址，地址范围为：X0~83 (1010011)，Y 0~5 (101)。地址不允许超出这个范围。在垂直寻址模式 (V=1)，Y 地址在每个字节之后递增。经最后的 Y 地址 (Y=5) 之后，Y 绕回 0，X 递增到下一列的地址。本函数使用的是水平寻址模式。在水平寻址模式 (V=0)，X 地址在每个字节之后递增，经最后的 X 地址 (X=83) 之后，X 绕回 0，Y 递增到下一行的地址。经每一个最后地址之后 (X=83, Y=5)，地址指针绕回地址 (X=0, Y=0)。LCD 显示函数流程如图 3.3 所示：

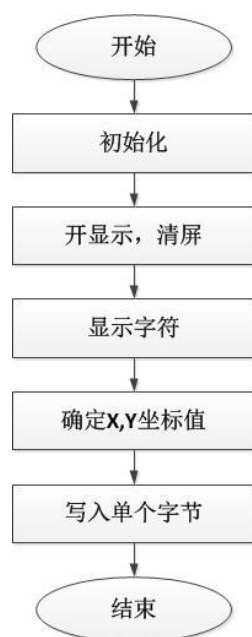


图 3.3 LCD 显示流程图

第四节 按键检测函数

本按键检测函数采用独立按键，软件消抖的方式。软件消抖主要采用延时的方式，调用延时程序消除机械抖动，防止误差。按键检测流程如图 3.4 所示：

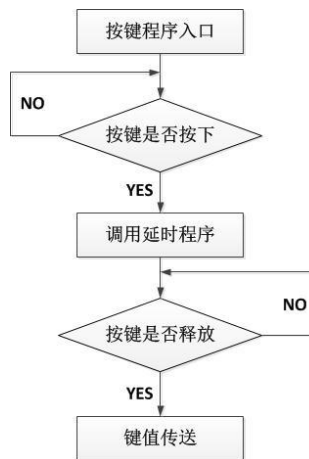


图 3.4 按键检测流程图

第五节 A/D 转换函数

因为本文所使用的是 STC12 单片机，它的内部含有自带的 A/D 模块，所以外部就不需要自己再单独的设计 A/D 模块。

STC12C5S60S2 系列自带的 A/D 转换的单片机的 A/D 转换口是在 P1 (P1.7-P1.0)，含有 8 路的 10 位高速 A/D 转换器, 速度可达 250KHz (25 万次/ 秒)。8 路电压输入型 A/D，功用多样可做温度检测、电压检测、按键扫描、频谱检测等。我们采用的就是其电压检测功能。在单片机上电复位后 P1 口作为弱上拉型 I/O 口，因此用户可以通过软件把 8 路中的任何一路设置成 A/D 转换端口，而不需作为 A/D 转换使用的端口则可以继续当 I/O 口使用。需要作为 A/D 使用的端口必需先将 P1ASF 特殊功能寄存器当中的相应位置为 1，也就是将相应的口设置为模拟功能端口。(P1 端口模拟功能控制寄存器，这个寄存器只能写入寄存器, 读取无效)。当 P1 口作为 A/D 使用时：

P1ASF[7:0] P1.x 的功能

P1ASF.0 =1 P1.0 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.1 =1 P1.1 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.2 =1 P1.2 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.3 =1 P1.3 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.4 =1 P1.4 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.5 =1 P1.5 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.6 =1 P1.6 口作为模拟功能 A / D 使用

P1ASF.7 =1 P1.7 口作为模拟功能 A / D 使用

如果需要允许 A/D 转换中断，则需要将相应的控制位置 1。

若将 EADC 置 1,则允许 ADC 中断,EADC 是 ADC 中断的中断控制位。若将 EA 置 1 ,则会打开单片机总中断控制位,若是此位不打开,也是无法产生 ADC 中断的。同时 A/D 中断服务程序中必须要用软件清 A/D 中断请求标志位。ADC_START:是模数转换器(ADC) 转换的启动控制位,当其设置为“1”时,开始转换,转换结束后设置为 0。

ADC_FLAG: 是模数转换器转换结束的标志位,当一次 A/D 转换完成后,ADC_FLAG =1,必须要用软件来进行清 0。不管是 A/D 转换完成后或者由该位申请而产生中断,还是用软件查询该标志位 A/D 是否 转换结束,当 A/D 转换完成后,ADC_FLAG = 1,一定要软件进行清 0,不然无法开始下一次转换。

STC12C5S60AD/S2 系列的单片机中的 A/D 转换模块使用的时钟是外部晶体产生时钟或者内部 R/C 振荡器所产生的系统时钟,不使用时钟分频的寄存器 CLK_DIV 对于系统时钟分频后所产生供给 CPU 正常工作所使用的时钟。这样有益于让 ADC 使用较高的频率工作,提高 A/D 的转换速度,节约时间。可以让 CPU 用较低的频率进行工作,以降低系统的功耗。

在启动 AD 转换之前一定要确认 AD 电源是否已打开,AD 转换结束后如果关闭 AD 电源可以降低功耗,但是也可以不关闭。

当初次打开内部 A/D 转换模拟电源时,需要适当的延时,等到内部模拟电源稳定后,再启动 A/D 转换,保护 A/D 模块的安全

同时建议在启动 A/D 转换后,在 A/D 转换结束之前,不要去改变任何 I/O 口的状态,这样有利于高精度 A/D 转换。

当 ADRJ = 0,模数转换结果计算的公式如下:取 10 位结果时 $(ADC_RES[7:0],ADC_RESL[1:0]) = 1024 \times V_{in} / V_{cc}$

当 ADRJ = 0,模数转换结果计算公式如下:取 8 位结果时 $ADC_RES[7:0] = 256 \times V_{in} / V_{cc}$

当 ADRJ = 1,模数转换结果计算公式如下:取 10 位结果时 $(ADC_RES[1:0],ADC_RESL[7:0]) = 1024 \times V_{in} / V_{cc}$

本课题 A/D 转换的分辨率约为 4.88mV,量化误差为 2.44mV。转换周期 540us 一次。A/D 转换流程如图 3.5 所示:

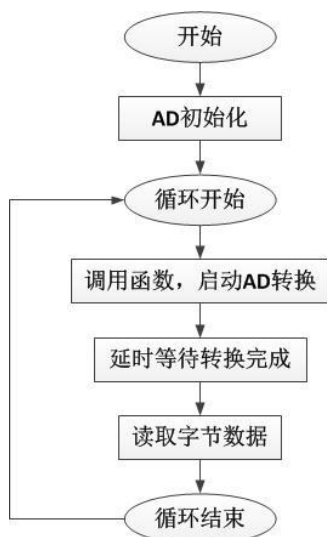


图 3.5 A/D 转换函数流程图

第四章 测试及结果

第一节 测试

一、测试电路板是否有虚焊和短路

虚焊是指焊点没有完全有效焊合，有两种情况：一是部分焊合，一旦有震动或者外力的影响，因为焊合面小，容易发生脱焊。二是完全没焊合，也就是焊锡和焊点不是焊合，而是机械的接触。本课题主要通过数字万用表的蜂鸣器档位检测是否虚焊，用表笔放到焊接元件的两端，若声音尖刺且不连续，则证明是虚焊；若蜂鸣器发出了声音且声音连续，则证明是短路。

二、测试各模块是否能正常工作

通过 ISP 下载电路的串口 UART 下载相应的简单的检测程序到单片机，比如让 LCD 显示一串字符，让蜂鸣器响起，点亮二极管，检测独立按键。施加不同浓度一氧化碳气体后，通过数字万用表检测传感器输出电压值是否有变化。以确保每一个模块都能正常工作，方便后续的调试工作。

三、测试传感器模块实际输出值与显示值

因为没能找到 MQ-7 气体传感器关于不同一氧化碳浓度时对应的输出值关系的资料，再加上因为实验条件限制也无法进行测定从而得出关系式。所以经指导老师允许，改为直接测定输出电压值并显示。经测试，传感器模块在均匀递减的一氧化碳浓度时的实际输出值 V1 与显示值 V2 如表 4.1 所示：

表 4.1 递减浓度时 V1、V2 对应表

编号 电压	1	2	3	4	5	6(无 CO 浓度)
V1 (mV)	1864	1365	1130	984	163	85
V2 (mV)	1879	1374	1137	989	167	88

实际输出值与显示值产生误差的原因，一是由于测量实际输出值时，用的是三位半的数字万用表 2V 档位，分辨率不是太高，必然有一定误差。二是由于 A/D 转换中存在的误差，这个误差受到单机电源电压精度的影响，且该单片机 A/D 转换理论上能分辨的最小电压为 4.88mV。三是由于在测量时，虽然表面上万用表显示值和液晶显示值是同时的，但实际上因为 A/D 转换要延迟一段时间，万用表显示出的值相对液晶显示的值时间上延后一些，此时的浓度必然会有降低，所以显示值必然偏低些。最后，还可能受到 RC 滤波电路的纹波的影响。以上原因都会造成误差。

第二节 结果

一、PCB 板

PCB 板如图 4.1 所示：

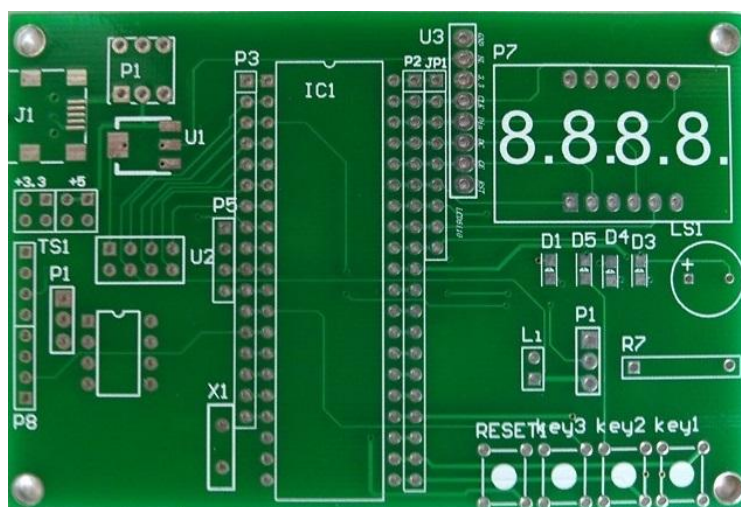


图 4.1 PCB 板图

二、系统实物

系统实物如图 4.2 所示：



图 4.2 系统实物图

三、系统上电

图中，系统上电后，虽然没有置于一氧化碳环境，但是因为正在预热阶段，传感器模块同样有些微输出。由于该输出值低于 1000mV 设定值，所以蜂鸣器没有响起，发光二极管 D3 也未点亮。如图 4.3 所示：

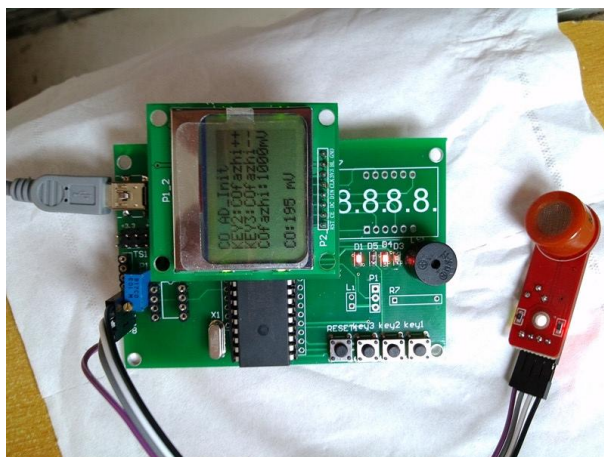


图 4.3 系统上电

四、检测报警

图中，预热完成后，让其处于一氧化碳环境中，由于初始时一氧化碳浓度较高，传感器输出值到达 1879mV，超过设定值 1000mV，达到报警上限，液晶显示“CO overfall”，蜂鸣器响起，发光二极管 D3 被点亮，出现声光报警。如图 4.4 所示：

