

南昌航空工业学院

本科毕业设计（论文）

题目：样品定量采集与恒温保持
系统研制

作者：曹晓雪

指导教师：熊邦书

专业名称：电子信息工程

班级学号：02043102

答辩时间：2006年6月18日

电子信息工程学院

样品定量采集与恒温保持系统研制

学生姓名：曹晓雪 班级：020431

指导老师：熊邦书

摘要：

随着微处理器和大规模集成电路的发展及其在测试技术方面的广泛运用，仪器设备的智能化已成为自动化技术发展方向。医用样品采集与恒温保持的自动化手段将取代传统方法。

本文采用 AT89C51 单片机为微处理器，研制了样品定量采集与恒温保持系统。该系统的采集精度为 1 毫升，采集范围受制于容器的容积；恒温保持精度 1℃，测温范围为 0~50℃；具有良好的人机界面，操作方便、简单。系统采用固态继电器 JZC-23F 和自吸式电磁泵设计了样品定量采集模块；采用温度传感器 LM35、运算放大器 OP07 与 A/D 转换器 ADC0804 等设计了温度采集模块；采用固态继电器 JZC-23F、加热器件和温度采集模块共同实现了样品的恒温保持；采用了 HD7279 为驱动的 4×4 键盘和 YM12864F 液晶显示屏组成良好的“人机对话”模块，实现了系统参数的设置与实时状态显示。本系统可实现对样品的定量采集和恒温保持，将成为临床医疗检验和诊断的多种仪器仪表的重要组成部分。

关键词： 微处理器，定量采集，恒温保持，液晶显示

指导老师签名：

Development of Quantitative Collection and Constant Temperature Control System for Samples

Name: Cao Xiaoxue

Class: 020431

Supervisor: Xiong Bangshu

Abstract

With the development of the microprocessor and the large scale integrate circuit, and of which the extensive usage in being testing technique, the intelligence of the instrument equipments turns to the developing direction of automation technique. The traditional method will be replaced by the automation means in quantitative collection and keeping constant temperature of samples in the hospital.

This literary is to use AT89C51 as a microprocessor, manufacturing the system of quantitative collection and keeping constant temperature of samples. The collection accuracy of this system is 1ml, and the sampling range is controlled by the cubage of containers; The constant temperature accuracy of this system is 1°C, and the measure scope is from 0 °C to 50°C; It has a good man-machine interface and convenience in operating. This system takes the usage of the solid-state relay JZC-23 F and self-absorbing electro magnetic pump to design the part of quantitative collection of samples; What's more it takes the temperature sensor LM35, the operational amplifier OP07 and A/D converter ADC0804 and so on to design the part of sampling; It adopts the solid state relay JZC-23F, the heater and the data sampling part to realize keeping constant temperature of samples; Moreover it adopts the HD7279 as the driver of 4×4 keyboards and the YM12864F LCD, which holds the excellent part of “man-machine conversation”, and carries out the parameters setting of the system and the display of this system state in actual time. The system can carry out quantitative collection and keeping constant temperature of samples, it will become the important part of various instruments in clinical medicine examination and diagnosis.

keywords: microprocessor, quantitative collection, constant temperature control, Liquid-crystal display (LCD)

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题的背景及意义	1
1.2 国内外发展现状	2
1.3 本文的主要研究内容	2
第二章 系统的组成及工作原理	4
2.1 系统的设计要求与技术指标	4
2.2 系统功能分析	4
2.3 系统组成框图	5
第三章 系统硬件电路的设计	7
3.1 方案论证与比较	7
3.1.1 单片机选择	7
3.1.2 恒温保持控制模块	8
3.1.3 定量采集控制模块	10
3.1.4 键盘输入模块	12
3.1.5 显示模块	15
3.2 单片机最小系统	16
3.3 温度采集电路	17
3.4 A/D 转换电路设计	20
3.5 LCD 显示电路高设计	23
第四章 系统软件设计	27
4.1 软件设计总体框图	28
4.2 系统子程序设计	30
4.2.1 键盘输入子程序	30
4.2.2 A/D 转换子程序	33
4.2.3 液晶显示子程序	36
4.2.4 定量采集子程序	41
4.2.5 恒温保持子程序	43
第五章 系统调试	45
第六章 结论	53
致 谢	56
参考文献	57
附件一 电路原理图	58
附件二 源程序	59

第一章 绪论

随着现代化工业生产过程复杂性与集成化程度的增加，自动控制系统在工业过程中已成为不可缺少的重要组成部分，是电子技术与自动控制理论的紧密结合，并广泛应用于工业、农业、医学、国防和军事等等领域。自动控制系统应用于工业控制有各种各样的结构和形式，实现各自不同的功能。此次设计的课题为样品定量采集和恒温保持系统，该系统为医疗检验设备中重要的智能控制模块。

1.1 课题的背景及意义

随着微处理器、大规模集成电路及计算机技术的迅速发展，以及人工智能在测试技术方面的广泛运用，智能仪器有了更大的发展。仪器的智能化已成为现代发展的主流方向。

本课题要研制完成样品的定量采集与恒温保持系统，它是医疗临床检验的重要设备，检测的精度是准确治疗的重要依据，可广泛运用于各类医疗检验设备中。运用并拓展了此项技术的仪器仪表作为医疗临床检验和治疗的重要设备之一，可以精确的测定红细胞体积与血红蛋白浓度，能对贫血、血红蛋白病变、潜伏性缺铁等疾病进行准确诊断，可广泛应用于临床各科，特别是在危重病人抢救中占有重要地位。它有助于了解病情、鉴别诊断、观察疗效和估计预后。

本次设计开发工作，对提高医疗检验设备的智能化，改善医疗检测手段，促进自动化技术应用领域的拓展都具有重要的作用。据了解，我国对此类医疗器械的需求随着我国农村医疗改革和对城市医疗保险制度的改善将会逐步提高，面对日益增长的需求和国内此类产品研发薄弱的矛盾情况，基于本设计的医疗器械将有着极大的市场实用价值和竞争价值。

经过拓展和开发后，本产品还具有很大的潜在市场价值。可以作为常用的分析仪器，进行新材料的开发研制，生态环境质量检测以及生物制药的研发等的分析开发工作。

1.2 国内外发展概况

在工业自动化程度愈来愈高的当今时代，仪器的人性化和智能化在人民生活的各个领域之中的作用更加明显。由于我国对诸如血液分析仪之类的设备开发研制起步较晚，而且此项开发涉及机械、电子、计算机、医学等众多领域，所以在实际开发中面临着很多难题，具体表现如下：

1、实际工作中需要对加热装置接入交流电源，严重干扰到弱电控制的其它非交流器件，如何实现交直流的隔离，保证产品的安全性。

2、测温准确度的提高，如何通过软件编程和硬件电路设计提高精度，加强产品的市场竞争力。

3、显示屏幕的清晰和准确，是否能够满足“人机对话”的要求，使得产品具有新颖，直观和实用的特点。

目前我国国内使用的智能检测设备大多数是从国外进口的，一方面加大了我国对于国际市场的依赖性，使得大量外汇流出国门，造成了医疗器械的贸易逆差；另一方面，由于国外对于新技术的封锁，进口到我国的仪器仪表无法保证其先进性。中国是全球医疗器械十大新兴市场之一，已成为除日本以外亚洲最大的市场。但是和国际发达国家相比，中国研制的医疗器械在世界市场中的份额依然很低，与一个大国不相符，但有很大发展潜力。国内生产开发的这些仪器无论是从质量、产量还是技术水平等方面与国外同类系统相比，都有较大的差距。虽然国内开发此类设备的起步晚，但发展迅速，尤其是对外开放以来，我国大量引进和吸收国际先进技术，在临床、教学、科研等领域均获得了良好的效果。据此，本文研制的为具有自主知识产权的智能检测设备的关键技术。

1.3 本文的主要研究内容

本系统的研发主要包括了系统硬件和系统软件的设计。硬件的设计主要包括了各个功能模块的方案论证和电路设计，PCB板设计和制作，各模块的硬件电路调试和总体调试。软件设计主要包括主程序，LCD显示、键盘输入、样品定量采集、温度采集及恒温控制等子程序编制。

本系统针对的是 0~50°C 的测温范围, 控温精度为 1°C; 根据此项技术指标, 硬件设计工作主要包括了: 掌握温度传感器、自吸式电磁泵、固态继电器、LCD 液晶显示屏幕、键盘输入、放大器件和模数转换芯片工作原理, 并由此设计出具体硬件电路; 在软件方面则是利用单片机组成控制系统, 编程实现键盘数据输入, 系统自动定量采集, 温度数据采集及实时显示和恒温控温保持的功能。本系统以 MCS51 单片机为微控制器, 利用传感器与单片机组成的测控系统, 检测当前温度并通过单片机的控制实现对样品的恒温保持。利用电磁泵和单片机构成的采集装置, 通过由 HD7279 驱动的键盘输入数据, 实现样品的定量采集; 本次设计还选用了控制器为 T6963C 的 LCD 液晶显示屏幕作为显示器件, 实时显示当前采样温度值以及键盘输入的所需的流量值。

设计中利用 MCS51 系列单片机实现了实时采集、智能控制, 有较高的实用价值; 此外, 采用 LCD 液晶显示和键盘输入实现了“人机对话”, 充分满足了使用者对于产品使用便捷直观的要求。

第二章 系统的组成及工作原理

2.1 系统的设计要求与技术指标

本次毕业设计所研制系统的设计要求和技术指标：

- 1、该系统需要自动对多个样品进行定量采集，并对混合样品进行恒温保持；
- 2、样品的采集精度要求为 1ml；
- 3、控温范围为 0~50℃，温度控制精度为 1℃；
- 4、需要有良好的人机界面，通过键盘实现对系统控制和参数设置，需实时显示系统的当前工作状态。

2.2 系统功能分析

根据所研制系统的要求和技术指标，在分析整个系统的组成的基础上，采用了单片机作为系统的控制核心，主要实现两个基本功能，一是对样品（液体）的定量采集，另一个是对样品温度的实时采集并进行的恒温保持。

在实现第一个功能时，主要模块是通过控制时序实现一个开关器件的关断和打开时间，进而控制电机或者其它可采集液体的器件来对样品进行定量的采集；其次是键盘输入数据和对这些数据通过微控制器处理后与开关器件的时序匹配，以满足使用者通过键盘对样品定量采集的需要；最后一个模块为通过液晶的显示来直观的实现前两个模块，这就需要在点亮液晶的同时能显示 MCU 得到的键盘输入量。

实现第二个功能也需要三个模块，其中最主要的模块是对样品温度的实时采集，在这个模块里需要一个精确的温度传感器以满足系统的准确性，并将传感器前端采集到的信号送入控制核心进行数据的处理；模块二就是这些采集到的信号在微控制器比较处理后对开关器件的控制，进而实现加热器件的启动和停止来实现对样品恒温的保持；最后一个模块是通过 LCD 直观、友好地显示温度传感器采集到的实时温度值。

2.3 系统组成框图

根据上文所述的各个功能模块，系统硬件组成为以下几个部分：控制核心部分、液晶显示部分、键盘输入部分、温度数据采集部分、加热装置控制部分和定量采集部分。其中温度数据采集部分又包括有信号前端的采集、信号放大和信号模数转换三个方面，加热装置控制部分和定量采集部分又分别包括了加热装置的恒温加热、开关状态的控制和多种样品定量采集、以及开关状态的控制。

系统原理框图如图 2.1 所示：

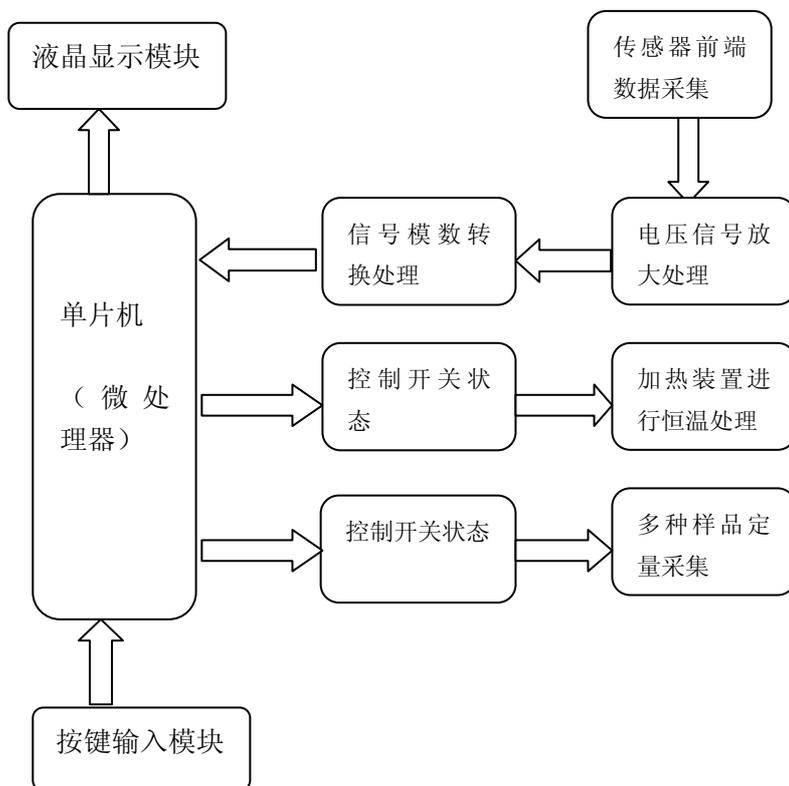


图 2.1 系统组成框图

通过系统组成框图可以看出系统的各个模块及其模块间的关系。按照本课题的设计要求分析组成框图：启动系统后，首先在键盘上输入有效的所需样品 A 的采集量，并在液晶屏上显示出键盘输入的采集量。并能实现修改后样品的重新输入，确认无误后单片机即接收按键输入的数字信号，进行定量采集样品 A；利用同样的方法定量地采集样品 B 并可以实现多次

循环定量采集并混合样品。采集完样品后，开始采集混合样品的温度，经过数据处理后输入单片机，与预定温度进行比较以确定是否加热样品。如果样品温度低于预定温度，则对样品进行加热直到等于预定温度；如果高于预定温度，则停止加热样品。这样，即可实现对混合样品的恒温保持。

其中 51 系列单片机作为整个系统的 MCU，温度数据采集和控温加热装置可实现本次设计的基本功能之一即样品的恒温保持；定量数据采集和键盘输入可实现样品的定量采集功能；同时液晶显示模块连接并实现了这两个部分的直观化。

第三章 系统硬件电路的设计

由于控制过程中各项功能是由几个基本的电路实现的，即采样电路、放大电路、A/D 转换电路、键盘输入电路、控制加热电路和控制采集电路组成。所以在综合考虑了本设计的基本要求及系统各项功能实现情况后，在一些具体模块中提出几个对比参考方案分功能进行讨论，以实现设计的合理化，最小成本化和实用化。

3.1 方案论证与比较

3.1.1. 单片机选择

智能化仪器仪表中单片机的选择原则：

- 字长与速度；
- 单片机的功能与内部资源；
- 开发工具和技术支持状况；
- 性能价格比。

考虑到以上的几点要求，故选择了 AT89C51 型单片机。其具有 8 位的 CPU，4KB ROM 程序存储器，128B RAM 数据存储器，32 根输入输出线，2 个 16 位的定时器，5 个中断源，2 个中断优先级，这款单片机可以完成所设计的系统的要求，且性价比较高。单片机引脚图见图 3.1。

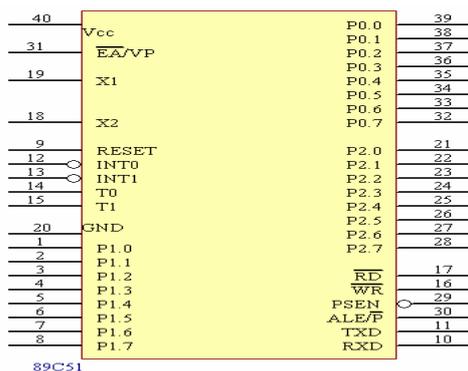


图 3.1 单片机引脚图

3.1.2. 恒温保持控制模块

从系统控制要求分析，恒温保持部分为一个闭环的控制系统。但是这一部分对控制精度的要求不高，对升、降温过程的线性也没有要求，因此，该部分采用最简单的通、断控制方式，即当容器中液体的温度达到设定值时断开加热装置，当温度降低时接通加热器件开始加热，从而实现恒温保持。此控制方框图见图 3.2。

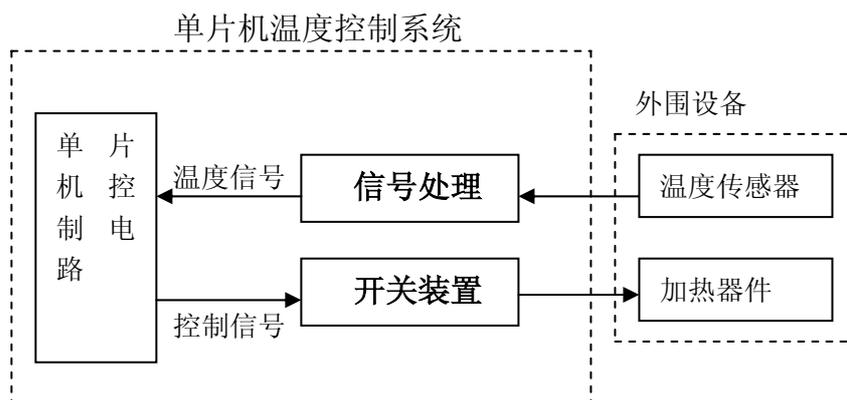


图 3.2 温度控制方框图

为了实现主板与加热器件的隔离，减少 MCU 在运行过程中受到交流电噪声的影响，依据控制开关器件的选取，加热电路考虑设计了两种方案：

方案一：该设计利用光电耦合器实现强电与弱电的隔离，避免电机转动对前端电路的影响。并通过三极管 8550 接入可控硅的控制端，实现控制其开关状态的关断与闭合，从而控制加热器件的加热时长，以实现样品的恒温保持。光电耦合器以光电转换的原理传输信息，它不仅使信息发出端（一次侧）与信息接收端（二次侧）是电绝缘的，从而对地电位差干扰有很强的抑制能力，而且有很强的抑制电磁干扰的能力。选用的光电耦合芯片为 TPL521-4,它是二极管-晶体管光电耦合器，发光二极管发出的光照射到光敏三极管上，光线起到基极电流的作用，激发产生集电极电流。此设计如图 3.3 所示：

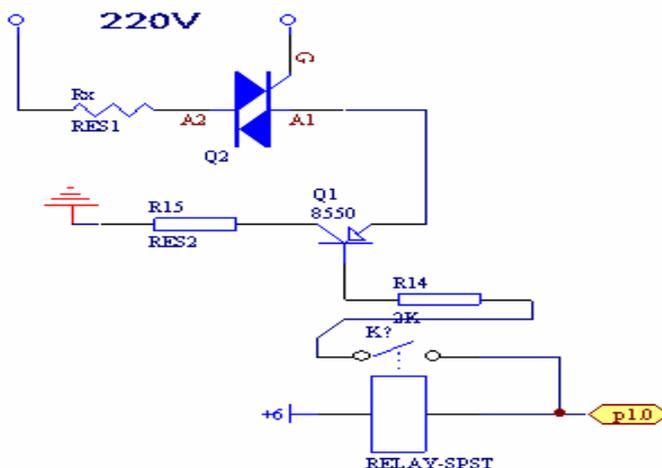


图 3.3 可控硅对加热装置的控制电路图

方案二：选用 6V 固态继电器作为开关器件，通过控制其关断与打开的时序从而控制加热器件的工作时长，以实现样品的恒温保持。具体电路如图 3.4 所示：

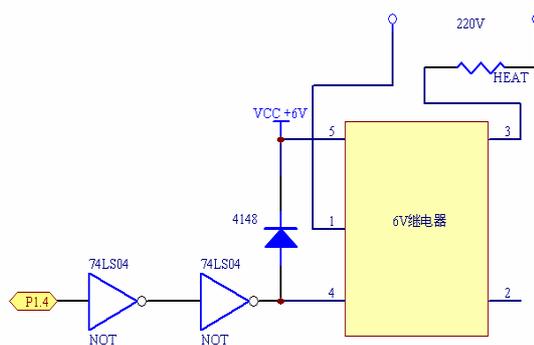


图 3.4 继电器对加热装置的控制电路图

经过具体实验后，本次设计选择了方案二，通过固态继电器对加热装置进行控制。

因为在具体实践中方案一的光电耦合器在实际操作中不易导通控制，而且可控硅极易在强电状态下被击穿，威胁到加热装置和主板的安全性。因此采用方案二中已调试成功的固态继电器作为开关器件，控制加热时间，实现样品的恒温保持功能。

3.1.3. 定量采集控制模块

在样品定量采集的模块中，由于是实现两种不同的样品的融合就需要综合考虑到样品的重复采集的交叉污染，所以必须保证两套采集装置的有效性。

根据课题设计要求及采集精度（1ml），综合考虑控制采样电路设计了两种方案：

方案一：驱动芯片 MC1413 和电磁阀组成。MCU 通过时序控制驱动芯片的工作情况，来驱动电磁阀实现样品的定量采集。如图 3.5 所示。选用两进一出的电磁阀可实现不同样品采集后的融合。通电时，电磁线圈产生电磁力把关闭件从阀座上提起，阀门打开；断电时，电磁力消失，弹簧力把关闭件压在阀座上，阀门关闭。选择电磁阀比较节约器件，选用两进一出的直动式电磁阀即可实现不同样品采集后的融合。

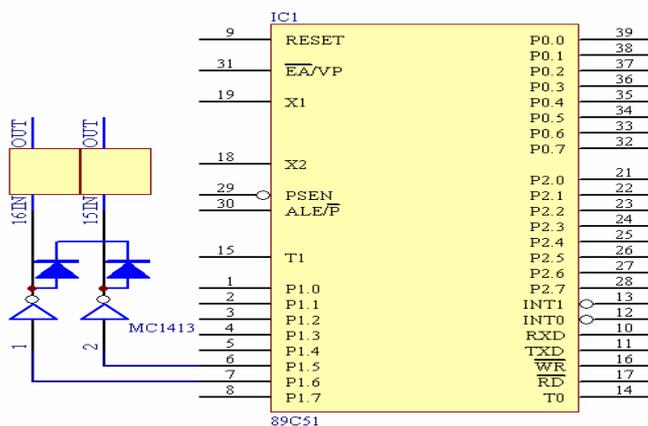


图 3.5 样品的定量采集方案一

方案二：两组固态继电器和自吸式电磁泵组成。MCU 控制固态继电器的开关状态，以启动自吸式电磁泵实现样品的定量采集。不同的是自吸式电磁泵不需要驱动芯片就可以工作，而且也可以实现自吸功能，节省了外接电机，弥补了电机运转时对单片机的不良影响。如图 3.6 所示。不足的地方是器件需要较多，需运用两组固态继电器和自吸式电磁泵才能实现不

同样品采集后的融合。

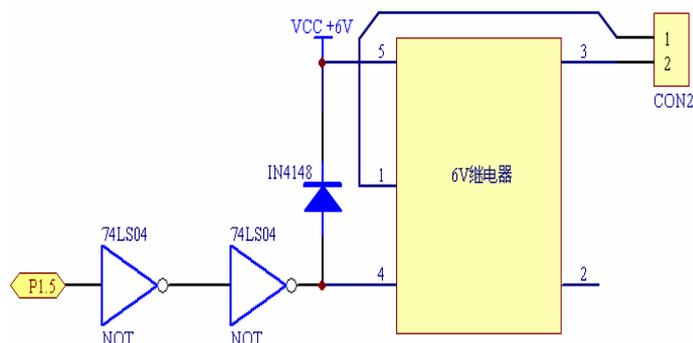


图 3.6 样品的定量采集方案二

比较上述两种方案，采用电磁阀不足的有两个方面，一方面在选用电磁阀时需要考量一个外界是否有压力差的问题，即直动式电磁阀的工作环境需要有一定的压力差（ $\cong 0.05\text{Mpa}$ ），才能使得液体从高压区压入低压区，否则电磁阀就无法实现对液体的采集。而在其具体工作环境中无法达到所要求的真空或一定压力差条件。另一方面，电磁阀有较大的干扰，会对单片机之类的较弱的电流信号产生很大的干扰，又因为其电流较大，如果与单片机相连，一旦发生短路或者尖峰脉冲，很有可能将单片机毁坏。所以在综合考虑安全性和可操作性后选择了方案二的设计。

3.1.3.1 固态继电器的介绍

控制部分最主要的元器件是固态继电器。固态继电器又名固态开关，是一种由固态电子元器件组成的新型无触点电子开关器件，它利用分立元件、集成器件及微电子技术，实现了控制回路（输入）与负载回路（输出）之间的电隔离及信号耦合，可达到无触点，无火花接通和断开电器的目的。固态继电器应用领域十分广泛，如用于计算机的接口、微机的测控系统、自动控制等领域。

本系统选用的固态继电器为电磁继电器，它将输入的电信号（电压或电流）变换为电磁力；电磁继电器的复原弹簧（或簧片）由于事先的校准或挑战产生了一定大小的压力，使得只有当电磁力大于此力时执行机构（触

点系统)才能开始工作。

具体控制中,在输入端加一个控制信号,就可以控制输出端的“通”和“断”,实现“开关”功能。其中耦合电路是以光电耦合器作为输入、输出间的通道,又在电气上实现电隔离,以防止输出端对输入端的影响。吸收电路由电阻、电容和二极管组成,它是为了防止电源中带来尖峰电压、浪涌电流对开关器件的冲击和干扰而设的。

固态继电器的基本电路图如图 3.7 所示。其中输入接脚 4、5 脚控制输出接脚 1、3 的通路,通常 1、2 脚与 1、3 脚的开关状态相反,即无信号输入时为打开状态。控制电压按使用场合可以分成交流和直流两大类,因此会有 DC→AC、AC→AC、DC→DC、AC→DC 四种形式,它们分别在交流或直流电源上作负载的开关,不能混用。

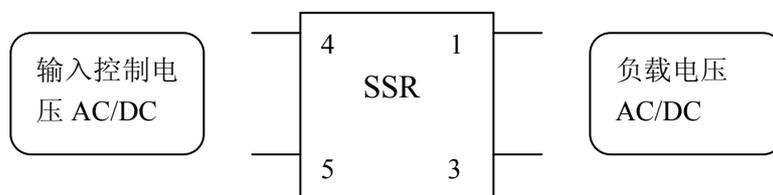


图 3.7 固态继电器的基本电路图

由固态继电器的特性可得,SSR 的控制信号所需的功率极低,因此得以弱信号控制强电流。同时交流型的固态继电器采用过零触发技术,减少了强电对于控制弱信号的干扰。

本电路的主要性能特点有:低噪声、可靠性高、驱动功率小、对电源电压适应能力强和抗干扰能力强等。所以在控制电路的设计中,采用了此电路作为控制开关。

3.1.4. 键盘输入模块

根据设计要求以及实际产品的情况,在键盘输入方面至少需要 $4 \times 4 = 16$ 个按键才能满足产品需求。这包括了 0~9 十个数字输入键、一个确认键、一个删除键、一个继续采集键和一个启动恒温键,还有另外两个按键

可以作为系统功能拓展的冗余。基于如上考虑，本系统在键盘输入电路设计过程中设计了两种方案：

方案一：矩阵式键盘设计

在矩阵式键盘中，每条水平线和垂直线在交叉处不直接连通，而是通过一个按键加以连接。这样，一个端口（如 P1 口）就可以构成 $4 \times 4 = 16$ 个按键，如图 3.8 所示。在键盘中按键数量较多时，为了减少 I/O 口的占用，通常将按键排列成矩阵形式。

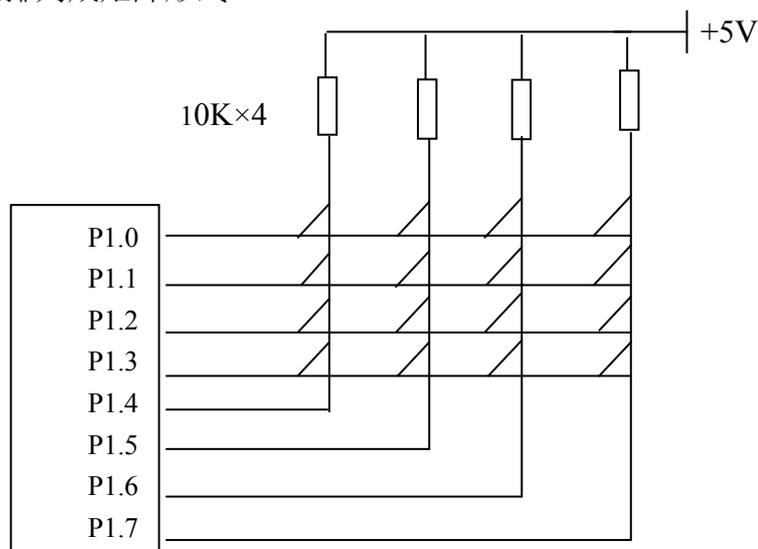


图 3.8 矩阵式键盘设计

矩阵式键盘设计采用了行扫描法，这是一种最常用的按键识别方法，其编程接收键值过程如下。

1、判断键盘中是否有键按下 将全部行线 Y0-Y3 置低电平，然后检测列线的状态。只要有一列的电平为低，则表示键盘中有键被按下，而且闭合的键位于低电平线与 4 根行线相交的 4 个按键之中。若所有列线均为高电平，则键盘中无键按下。

2、判断闭合键所在的位置 在确认有键按下后，即可进入确定具体闭合键的过程。其方法是：依次将行线置为低电平，即在置某根行线为低电平时，其它线为高电平。在确定某根行线位置为低电平后，再逐行检测各

列线的电平状态。若某列为低，则该列线与置为低电平的行线交叉处的按键就是闭合的按键。

3、消除键抖动。当检测到有键按下后，延时一段时间再做下一步的检测判断。当确定确实有键按下时，得到闭合键的行值和列值，然后可采用计算法或查表法将闭合键的行值和列值转换成所定义的键值。而且，为保证键每闭合一次 CPU 仅作一次处理，必须消除键释放时的抖动。

方案二：采用 HD7279 芯片驱动的键盘电路

HD7279 是一片具有串行接口的，可同时驱动并连接 64 键的键盘矩阵的智能显示驱动芯片。HD7279 内部含有译码器，可直接接受 BCD 码或 16 进制码，并同时具有两种译码方式。HD7279A 内部含有译码器，可直接接受 BCD 码或 16 进制码，并同时具有 2 种译码方式。此外，HD7279A 还具有多种控制指令，如消隐、闪烁、左移、右移、段寻址等，并且具有片选信号，可方便地实现多于 8 位的显示或多于 64 键的键盘接口。图 3.9 为 HD7279 的芯片引脚图。

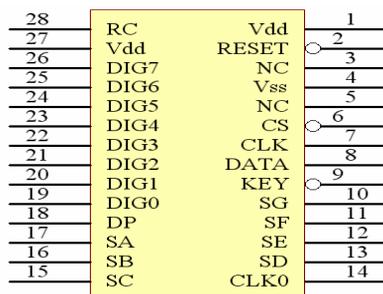


图 3.9 HD7279 的芯片引脚图

比较上述两种设计方案：直接采用矩阵键盘，需要占用 AT89C51 的 8 个 I/O 口，I/O 中是单片机宝贵的资源，方案一的编程比较复杂（需要键盘的去抖动），软件调试也较困难。HD7279A 芯片大大简化系统电路。HD7279A 只需要 4 根线（CS、CLK、DATA、KEY）与 AT89C51 相连，仅仅使用单片机的 P1.0—P1.3 口，大大节省了 CPU 的端口资源，即可实现键盘接口功能。由于 HD7279A 内部含有去抖动电路，软件编程时不需

要键盘的消抖动程序，而且 HD7279A 的控制指令也使得软件编程更简单。选用 HD7279A 芯片作为驱动接键盘矩阵。扫描键盘时，如果有键按下，直接通过读键盘数据指令即可在 LCD 上显示键入的键值，而不需要通过 AT89C51 口线来控制键盘输入值。单片机接收键入的键值以控制所采集的样品量。

所以综合考虑了这两种电路的设计优劣、芯片成本以及单片机资源利用情况，选用方案二 HD7279 作为驱动芯片的键盘电路。其设计电路图如图 3.10 所示。

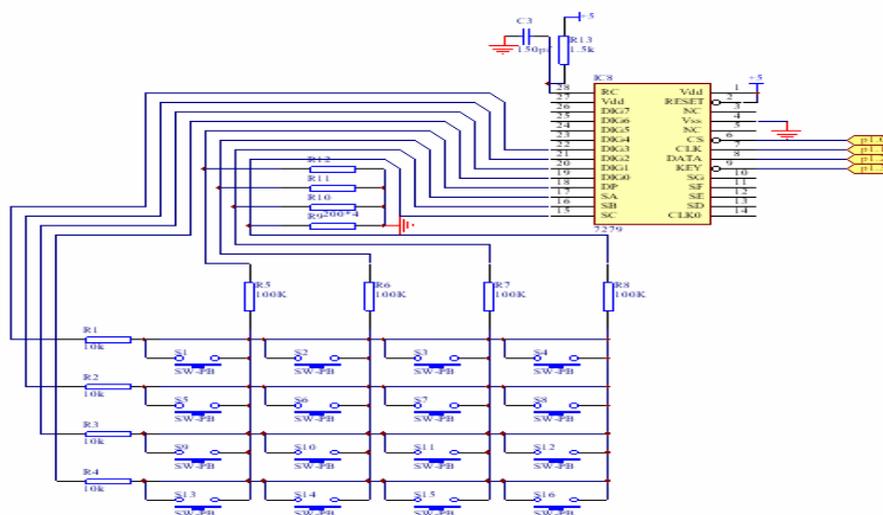


图 3.10 HD7279 作为驱动芯片的键盘电路图

3.1.5. 显示模块

在实际应用中多种显示器件，常用显示器件有 LED 数码管显示器，CRT 显示器以及 LCD 液晶显示器等。根据本课题的实际显示需要，设计了欢迎界面、定量输入界面和温度实时显示界面，这就需要显示器件进行汉字和字符的显示。据此，设计了三种方案：

方案一：常用的数码管显示器由八个发光二极管组成，其中七个发光二极管 a~g 控制七个笔画（段）的亮或暗，另一个控制一个小数点的亮和暗，这种笔画式的七段显示器能显示的字符较少，字符的形式有些失真，但控制简单，使用方便。如图 3.11 所示：

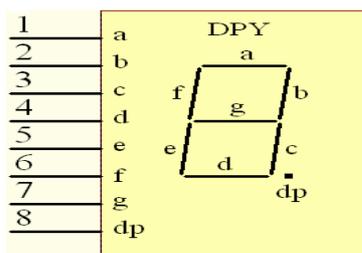


图 3.11 数码管显示器

方案二:还有一种点阵式的发光显示器,发光二极管排成一个 $N \times M$ (例如 5×7)的矩阵,一个发光二极管控制点阵中的一个点,这种显示器显示的字符逼真,能显示的字符比较多,但控制比较复杂。

方案三:液晶显示器具有液体的流动性和晶体的某些光学特性,它本身不发光,而只是调制环境光,越是亮的地方显示越清晰,黑暗中不能显示。通过编程,可以清晰地显示各种字符和汉字。

因为前两种方案所选择的显示器属于数码管显示器,无法进行汉字的显示而只能作为字符的显示器件。虽然液晶显示器的编程较为复杂,但是它可以满足提出的设计要求,直观便捷的进行操作编程和进行多种汉字、字符的显示,可以实时显示系统的工作状态,并具有良好的“人机对话”界面。通过对以上显示器件的比较,本次设计选择了方案三液晶显示器,详细的电路设计见 3.5 节。

3.2 单片机最小系统

3.2.1. 时钟电路

时钟电路是计算机的心脏,它是控制着计算机的工作节奏。MCS-51 内部都有一个反相放大器,XTAL1、XTAL2 分别是反相放大器输入和输出端,外接定时反馈元件就组成震荡器产生时钟送至单片机内部的各个部件。如下图 3.12 所示,片内电路与片外器件构成一个时钟发生电路,CPU 的所有操作均在时钟脉冲同步下进行。片内振荡器的震荡频率 f_{osc} 非常接近晶振频率,一般多在 $1.2\text{MHz} \sim 12\text{MHz}$ 之间选取,这次毕设用的时钟频率是 12MHz 。图 3.12 中 C1、C2 是反馈电容,其值在 $5\text{pF} \sim 30\text{pF}$ 之间选择,其典型值是 30pF 。作用有两个:其一是使振荡器起振,其二是对振荡器的频率

f 起微调作用 (C1、C2 大, f 变小)。

3.2.2. 复位电路

系统在启动运行时都要复位, 使中央处理器和系统中的其他部件都处于一个确定的初始状态, 并从这状态开始工作。采用上电复位方式, 在 RST 复位端接一个电容 R16 至 Vcc 和一个电容 C6 至 Vss(地), 就能实现上电自动复位。在上电的瞬间, 电容通过电阻充电, 就在端出现一定时间的高电平。只要保持 RST 引脚为高电平时间足够长, 就可使 CPU 复位。所需高电平时间的长短与 Vcc 上升时间和振荡器起振时间有关。10MHz 时, 约 1ms; 1MHz 时, 约 10ms。若 Vcc 上升时间小于 20ms, 那么从上电时间算起, 只要保持 RST 引脚在高电平停留时间不小于 20ms 即可。图 3.12 中 R16=51KΩ, C6=22μF, 若频率为 12MHz, 可以保证可靠的上电复位。如果频率降低, 可以适当加大电容 C6。

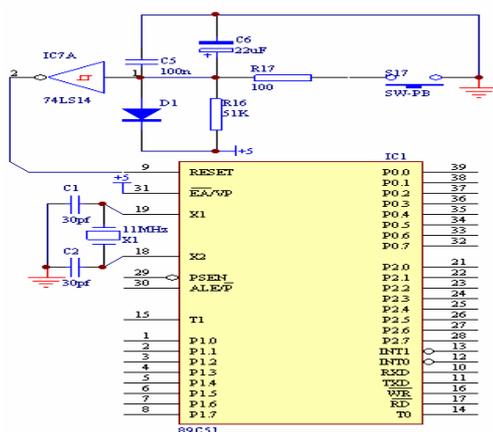


图 3.12 单片机时钟和复位电路图

3.3 温度采集电路

温度数据采集是样品恒温保持的一个主要组成部分, 通过温度数据的采集才能决定控制固态继电器的开关状态, 从而实现对加热装置的工作时间的控制; 同时采集到的实时温度数据经过 MCU 处理后送 LCD 显示。

在温度采集电路中主要包括了采样电路、放大电路和 A/D 转换电路。

其中采样电路选用了 LM35 电压型集成温度传感器作为前端的温度数据采集器件；在放大电路部分采用了 OP07 的电压跟随器和运算放大器的典型接法，实现信号的稳定传输和放大；A/D 转换电路部分，由于本系统只需要一路温度数据的采集所以采用单通道输入结构，基于这种单通道的特性可选用 ADC0804 芯片实现所需的模数转换功能。

3.3.1. LM35 系列电压输出式集成温度传感器

基于集成温度传感器的线性好、精度适中、灵敏度高、使用方便等特点，本系统采用 LM35 系列集成温度传感器。它测量的温度误差小、价格低、响应速度较快、传输距离比较远、体积小、微功耗等，适合对某样品测温、控温，LM35 重要的特点是被测温度与输出电压的线性关系很好，不需要进行非线性校准，而且它内部电路已校准，在精度、反应时间、线性方面均满足系统要求。

LM35 系列是美国国家半导体公司（NSC）生产的电压输出型单片集成精密温度传感器。此芯片的特点如下：

- 测温范围：-55°C~+150°C。
- 精度：在-55°C~+150°C 内，LM35 系列 $\pm 0.4^\circ\text{C} \sim \pm 0.8^\circ\text{C}$ ；
非线性误差 $\pm 0.15^\circ\text{C} \sim \pm 0.3^\circ\text{C}$ 。
- 电压输出式：温度系数 10mV/°C, 输出电压直接校准在 °C 上。
- 低功耗，静态电流小于 60 μA 。
- 低阻抗输出，通过 1mA 电流时，输出阻抗仅为 0.1 欧姆。
- 适合远距离测量。

封装形式：TO-46 封装、TO-92 封装、SO-8 封装。本设计中应用的 LM35 的封装形式如图 3.13。

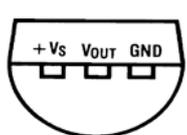


图 3.13 LM35 封装图

3.3.2. 信号的传输和放大电路

微弱信号检测，精密模拟运算中，一般采用运放 OP07。其特点是超低失调和超低漂移，高增益，高输入阻抗，性能极为优越稳定，而且价格便宜，市场货源充足。广泛地用于电桥信号放大，测量放大，生物医学工程检测等领域。本次设计实现信号的有效传输和放大采取了 OP07 的两种典型接法，即电压跟随器和运算放大电路。

1、 OP07 组成电压跟随器。图 3.14 为 OP07 构成的电压跟随器的接法。其显著特点就是，输入阻抗高，而输出阻抗低，一般来说，输入阻抗要达到几兆欧姆是很容易做到的。输出阻抗低，通常可以到几欧姆，甚至更低。在电路中，电压跟随器一般做缓冲级及隔离级。因为，电压放大器的输出阻抗一般比较高，通常在几千欧到几十千欧，如果后级的输入阻抗比较小，那么信号就会有相当的部分损耗在前级的输出电阻中。在这个时候，就需要电压跟随器来从中进行缓冲。起到承上启下的作用。应用电压跟随器的另外一个好处就是，提高了输入阻抗，这样，输入电容的容量可以大幅度减小，为应用高品质的电容提供了前提保证。由于输出电压与输入电压是相同的，就是说，电压跟随器的电压放大倍数恒小于且接近 1，这就避免了因接入电压跟随器而对运算放大电路的放大倍数造成的影响。

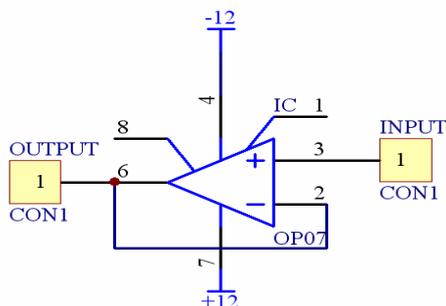


图 3.14 OP07 构成的电压跟随器

2、OP07 组成运算放大电路。如图 3.15 为 OP07 构成的运算放大器的接法。此电路采用同相放大电路，其放大倍数为 $A=R_x1/R_2$ ，本次设计的放大倍数选用了 10 倍，基本符合 AD 芯片的工作电压范围。

该芯片采用正负 12V 直流电压供电。它有 8 个引出脚，其中“+”、“-”为两个信号输入端，“V+”、“V-”为正、负电源端，“Vo”为输出端。两个信号输入端中， $V_i - (-)$ 为反相输入端，表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相反； $V_i + (+)$ 为同相输入端，表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相同。在实际放大电路中为了避免外界噪声源的影响往往在放大电路输出后接入一个滤波电路。

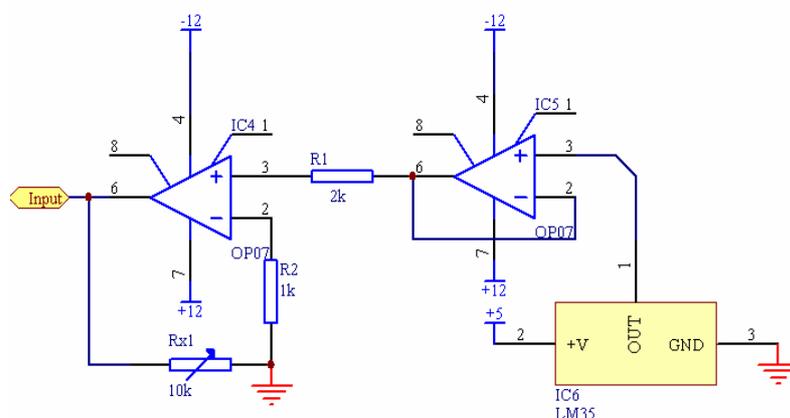


图 3.15 OP07 构成的运算放大器

3.4 A/D 转换电路设计

A/D 转换是决定测量精度和稳定性的重要一环，温度信号由 LM35 温度传感器组成的电路传导测量，经传输放大后由模数转换器转换为数字量，由单片机进行采集，用于温度控制。因为系统只有一路模拟输入，故采用了 ADC0804 作为 A/D 转换器。它是一种一路模拟输入、8 位数字输出的 A/D 转换器。

3.4.1. A/D 芯片介绍

ADC0804 是用 CMOS 集成工艺制成的逐次比较型模数转换芯片。分辨率 8 位，转换时间 100 μ s，输入电压范围为 0~5V，增加某些外部电路后，

输入模拟电压可为 $\pm 5V$ 。该芯片内有输出数据锁存器，当与计算机连接时，转换电路的输出可以直接连接在 CPU 数据总线上，无须附加逻辑接口电路。按照设计的温度数据采集精度 $1^{\circ}C$ 的要求，可以算出该 8 位的 ADC0804 芯片的转换精度：（参比电压 2.56V） $2.56V/FF=10mV/B$ ，同时由于 LM35 的温度信号与电压信号的变换关系是 $10mV/^{\circ}C$ ，可以得出 ADC0804 的精度达到了 $1^{\circ}C$ ，满足本产品的模数转换精度要求。ADC0804 芯片外引脚图如图 3.16 所示：

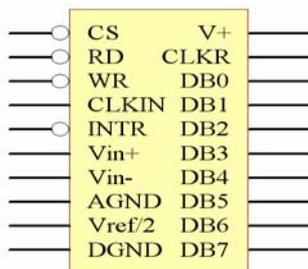


图 3.16 ADC0804 芯片外引脚图

$V+ \sim V-$ ：ADC0804 的两模拟信号输出端，用以接受单极性、双极性和差模输入信号。 $D7 \sim D0$ ：A/D 转换器数据输出端，该输出端具有三态特性，能与微机总线相接。

3.4.2. A/D 转换的电路

在使用 ADC0804 进行模数转换时，应注意以下问题：

1、ADC0804 的零点无须调整。满刻度调整时，先给输入端加入电压 V_{IN+} ，使满刻度所对应的电压值是

$$V_{IN+} = V_{max} - 1.5 \left(\frac{V_{max} - V_{min}}{256} \right) \quad (式 3-1)$$

式中： V_{IN+} —实际输入电压值；

V_{max} —输入电压的最大值；

V_{min} —输入电压的最小值；

当输入电压与 V_{IN+} 值相当时，调整 $V_{REF}/2$ 端电压值使输出码为 FEH 或 FFH。

2、参考电压的调节。在使用 A/D 转换器时，为保证其转换精度，要求输入电压满量程使用。如输入电压动态范围较小，则可调节参考电压，以保证小信号输入时 ADC0804 芯片 8 位的转换精度。

3、接地。模数、数模转换电路中要特别注意到地线的正确连接，否则干扰很严重，以至影响转换结果的准确性。A/D、D/A 及取样保持芯片上都提供了独立的模拟地（AGND）和数字地（DGND）的引脚。在线路设计中，必须将所有的器件的模拟地和数字地分别连接，然后将模拟地与数字地仅在一点上相连。图 3.17 为 AD 转换的电路设计图。

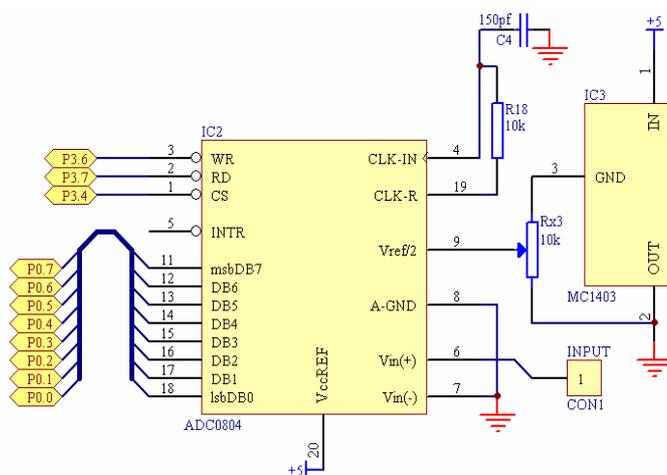


图 3.17 AD 转换的电路图

其中： $V_{in(+)}$ 为模拟电压输入端；A-GND 为模拟地，作为输入模拟电压和基准电压基地端的接地参考点。 V_{REF} 为基准电压输入端，接 MC1403 提供稳定的参考电压。WR 和 RD 接 89C51 的读写端。

在执行程序查询时 ADC0804 在数据采集系统中的工作过程：采集数据时，首先微处理器执行一条传送指令，在该指令执行过程中，微处理器在控制总线的同时产生 CS, WR 低电平信号，启动 A/D 转换器工作，ADC0804 经 100us 后将输入模拟信号转换为数字信号存于输出锁存器，并在等待转换结束后，通知微处理器可来取数。微处理器立即执行输入指令，以产生 CS, RD 低电平信号到 ADC0804 相应引脚，将数据取出并存入存储器中。整个数据采集过程中，由微处理器有序的执行若干指令完成。

本次设计在 AD 采样部分电路设计没有选用中断方式，因为在加热装置选取的部分，选用的为小功率加热器，在一定时间内温度的变化不是很明显。在本系统实时要求不是很高情况下，采用延时方式对系统执行速度影响不大。

为了提高产品的市场竞争力，可以选取更高位数的 AD 芯片提高设计精度。比如 CAD571，它把 10 位 D/A 转换器、电压基准源、时钟、比较器及 10 位逐次近似寄存器和三态输出缓冲级集成在一起，无须外部元件，完成 10 位逐次近似 A/D 转换，转换精度可达到 0.025。

3.5 LCD 显示电路设计

液晶显示器(LCD)，具有功耗低、体积小、重量轻、超薄等许多其它显示器无法比拟的优点，近几年来被广泛用于单片机控制的智能仪器、仪表和低功耗电子系统中。LCD 可分为段位式 LCD、字符式 LCD 和点阵式 LCD。其中，段位式 LCD 和字符式 LCD 只能用于字符和数字的简单显示，不能满足图形曲线和汉字显示的要求；而点阵式 LCD 不仅可以显示字符、数字，还可以显示各种图形、曲线及汉字，并且可以实现屏幕上下左右滚动、动画功能、分区开窗口、反转、闪烁等功能，用途十分广泛，本次设计主要就是采用点阵式液晶屏幕。采用内置 T6963C 控制器的点阵式 LCD 显示器，该显示器采用了 128×64 点阵的屏幕。

3.5.1. T6963C 控制器介绍

T6963C 液晶显示控制器多用于中小规模的液晶显示器件，常被装配在图形液晶显示模块上，以内藏控制器型图形液晶显示模块的形式出现。T6963C 控制器主要有以下几方面的特点：

- 1、 T6963C 是点阵式液晶图形显示控制器，它能直接与 80 系列的 8 位微处理器接口。
- 2、 T6963C 的字符字体可由硬件或软件设置，共字体有 4 种：5×8、6×8、7×8、8×8；

3、T6963C 的占空比可从 1/16 到 1/128;

4、T6963C 可以图形方式、文本方式及图形合成方式进行显示，以及文本方式下的特征显示，还可以实现图形拷贝操作等等;

5、T6963C 具有内部字符发生器 CGROM，共有 128 个字符，T6963C 可管理 64K 显示缓冲区及字符发生器 CGRAM。并允许 MPU 随时访问显示缓冲区，甚至可以进行位操作。

3.5.2. 液晶显示模块及其引脚介绍

内置 T6963C 控制器的液晶显示模块实现 T6963C 与行、列驱动器及显示缓冲区 RAM 的接口，同时也用硬件设置了液晶屏的结构（单、双屏），数据传输方式，显示窗口长度、宽度等等。内置 T6963C 的单屏结构点阵式液晶显示模块的方框图如图 3.18 所示。

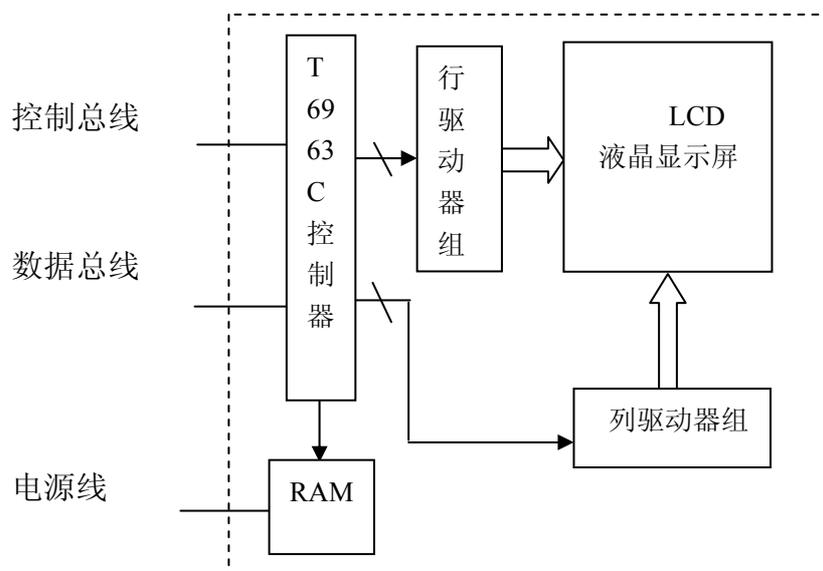


图 3.18 内置 T6963C 的液晶显示模块框图

该液晶显示模块的管脚定义如表 3-1 所示:

表 3-1 液晶显示模块的管脚

管脚定义	管脚说明
FG	显示屏框夹外壳地
Vss	电源地
Vdd	电源+5V
Vo	LCD 工作电源（对比度调节负电压输入）
Wr	数据写入当 WR=L 时，将数据写入 T6963C
Rd	数据读出，低电平有效
CE	工作允许，当 CPU 与 T6963C 通讯时，CE 必须为低
C/D	WR=L, C/D=H: 写命令 C/D=L: 读命令 RD=L, C/D=H: 读状态 C/D=L: 读数据
Reset	复位信号; H: 正常 L: 初始化 T6963C
DB0~7	数据位 0~7
FS	字体选择; H: 6×8 点的字体 L: 8×8 点的字体
Vout	DC-DC 负电源输出（液晶屏工作电压，调节对比度）
LED+/-	背光电源正端/负端

3.5.3. LCD 显示电路方式比较

内置 T6963C 控制器的液晶显示模块与单片机 AT89C51 常用的接口技术主要有两种：

1、直接访问方式

直接访问方式是把内置 T6963C 控制器的液晶显示模块作为存储器或 I/O 设备直接挂在单片机的总线上。模块的数据线接单片机的数据总线上，

片选及寄存器选择信号线由单片机的地址总线提供，读和写操作由单片机的读写操作信号控制。

2、间接控制方式

间接控制方式是将内置 T6963C 控制器的液晶显示模块与单片机系统的某个并行 I/O 接口连接，单片机通过对该 I/O 接口的操作间接的实现模块的控制。间接控制方式在硬件电路上需要一个 8 位并行接口（如本次设计中 AT89C51 的 P2 口）与模块的数据线连接，作为数据总线，还需要一个 3 位并行接口作为时序控制信号线如 AT89C51 的 P3.1 作为 C/D，P3.6 作为 WR，以及 P3.7 作为 RD。

综合考虑设计的要求，以及 AT89C51 I/O 口的接线方式，本次设计的 LCD 显示电路采用间接控制方式。由于间接控制方式使用了专用的并行接口连接模块，而且该并行接口自身在单片机系统中有相应的片选地址，所以模块的片选信号可以直接接地作选通态，间接控制方式的接口电路与时序无关，此时时序通过软件编程实现。单片机的间接控制方式与内置 T6963C 控制器的液晶显示模块的接口电路如图 3.19 所示。

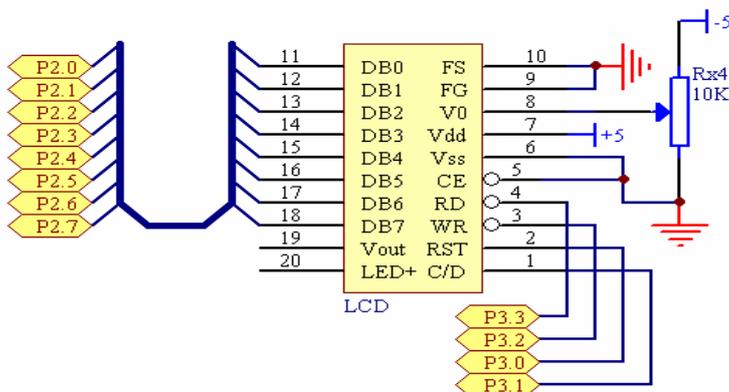


图 3.19 液晶显示模块的接口电路

第四章 系统软件设计

1、编程语言的选择

MCS-51 编程语言常用的有两种，一种是汇编语言，另一种是 C 语言。汇编语言的机器代码生成效率很高，但是可读性并不强，复杂一点的程序就更是难读懂，而 C 语言在大多数情况下其机器代码生成效率和汇编语言相当，但可读性和可移植性却远远超过了汇编语言，而且 C 语言还可以嵌入汇编来解决高实效性的代码编写问题。对于开发周期来说，C 语言的开发周期通常小于汇编语言很多。

C 语言是一种结构化语言。它层次清晰，便于按模块化方式组织程序，易于调试和维护，这种语言的表现能力和处理能力极强，它不仅具有丰富的运算符和数据类型，便于实现各类复杂的数据结构。它还可以直接访问内存的物理地址，进行位（bit）一级的操作。C 语言的模块化开发方式使开发出来的程序模块可不经修改，直接被其他项目所用，这样可以最大程度的实现资源共享。由于 C 语言实现了对硬件的编程操作，因此 C 语言集高级语言和低级语言的功能为一体，具有高效性，可移植性强等特点。

综合以上 C 语言的优点，本次设计选择 C 语言对 51 单片机进行软件编程。

2、WAVE 仿真器简介

WAVE 仿真器是一款主机+POD 组合的通用仿真器，通过更换 POD，可以对各种 CPU 进行仿真。对不同的应用场合，用户如果选择不同的 CPU，通常就要更换仿真器，而伟福仿真器则采用主机+POD 组合，支持多类 CPU 仿真。为用户提供了一种灵活的多 CPU 仿真系统。

伟福仿真器不仅可以对源程序进行编译，还可以对程序进行在线仿真调试。

- 源程序的编译

由于单片机只能执行机器语言的程序（目标程序），因此将 C51 源程序

编辑好以扩展名.C保存后,应将源程序编译成目标程序。编译过程中,能够检查程序的正确性,并能发现源程序中的语法错误和一般性的逻辑错误,但不能检查结构上的错误。如果有错误,信息窗口会报告显示,并指出错误位置及错误类型。

程序错误被纠正后,要重新进行编译调试,直到程序编译无误为止。只有当被编译的程序没有错误时,才能执行程序及对程序进行仿真调试。

● 程序的仿真调试

对源程序编译形成目标程序,只是排除了语法错误和一般性的逻辑错误,只有将目标程序应用到硬件中,经过仿真调试满足功能要求才能写到程序存储器中。仿真调试是对程序功能是否能实现所做的最后检查。

伟福仿真器提供两种仿真调试途径:一是软件模拟仿真,即不需要仿真器而只是通过软件包对程序进行模拟仿真调试;二是硬件模拟仿真,即通过仿真器直接对电路板进行硬件、程序进行仿真调试。在本次设计中采用了伟福仿真器的硬件模拟仿真调试,可以直接检测程序是否能满足功能要求。

4.1 软件设计总体框图

根据系统的总体设计要求以及硬件电路原理,按照硬件连接和各个模块芯片的特性以及功能实现要求,本系统的主要流程包括四个步骤:系统初始化,LCD显示,样品定量采集和样品恒温保持。

Step1:系统初始化包括定义全局变量A/D转换的温度值dat1,键盘输入的采集量keynumber;HD7279A控制指令复位指令A4H和读键盘指令15H;以及HD7279A、ADC0804、LCD等与AT89C51的接口定义。

其中,HD7279A的片选输入端CS、同步时钟输入端CLK、串行数据输入/输出端DATA和按键有效输出端KEY分别与单片机的P1.0、P1.1、P1.2和P1.3口连接;LCD的片选信号端CD、复位信号端RESET、写信号WR和读信号RD分别连接于单片机的P3.1、P3.0、P3.2和P3.3口;而

ADC0804 的片选信号端 CS、读信号 RD 和写信号 WR 与单片机的 P3.4、P3.7 和 P3.6 口连接；并且单片机的 P2 口作为 LCD 的数据线，P0 口作为 ADC0804 的数据线。控制电磁泵的端口连接于单片机的 P1.5 口，而控制加热装置的端口与单片机的 P1.4 口相连。

Step2: LCD 显示包括欢迎界面和系统状态。

欢迎界面包括显示“欢迎使用样品定量采集和恒温保持系统”等欢迎词，系统状态包括显示提示语“请输入样品采集量”等，和键盘输入的样品 A、样品 B 的采集量，同时在空格处设置显示闪烁光标，并随着键盘输入采集量而自动移动，以及实时显示混合样品的温度，即显示 A/D 转换获得的样品温度值。

Step3: 样品定量采集包括等待键盘输入样品采集量，LCD 显示采集量和定量采集样品（可循环定量采集）。

当 LCD 显示系统状态时，即开始等待键盘输入所需采集的样品量，输入有效的采集量后，则在液晶显示屏上显示出样品的采集量，同时启动样品采集模块工作，以对样品进行定量采集。

Step4: 样品恒温保持包括 LCD 实时显示混合样品的温度，以及控制是否对样品进行加热使混合样品温度保持于 37℃。

当对样品的采集工作完成以后，按下“启动恒温键”，即温度采集模块开始工作，对混合样品进行温度采集，并在液晶显示屏上显示出采集样品的温度。获得采集的样品温度后，将其与设定的温度进行比较，确定是否需要混合样品进行加热处理；如果低于设定温度，则对样品进行加热；否则不对样品进行加热处理；从而使样品温度保持于此设定温度。

按照功能分析以及本课题的技术指标，可设计整个系统的总流程如图 4.1 所示：

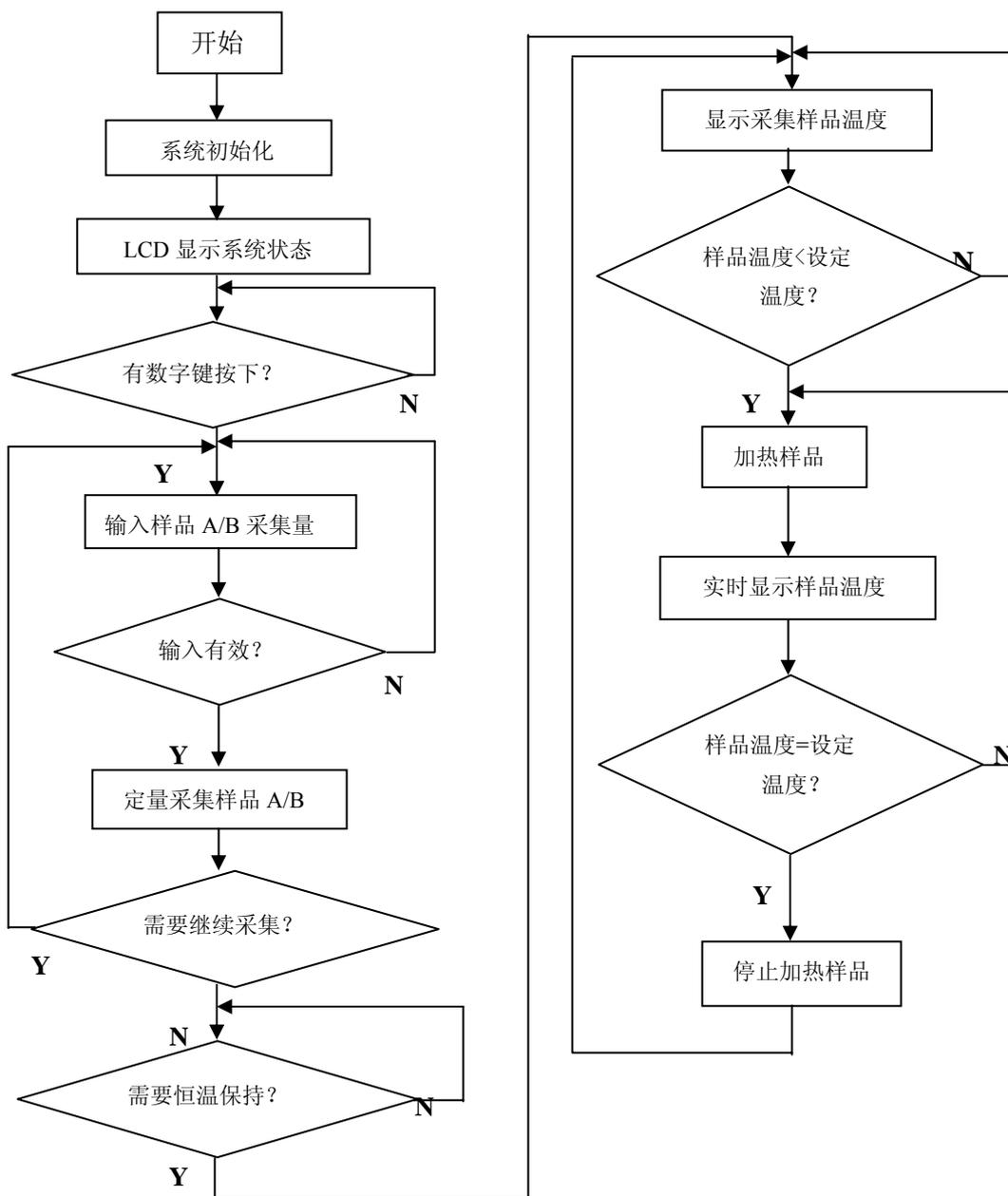


图 4.1 软件设计总流程图

4.2 系统子程序设计

4.2.1. 键盘输入子程序

根据键盘输入技术指标以及 HD7279 芯片的工作特性，选择 AT89C51

的 P1.0~P1.3 为命令控制输出口分别连接 HD7279 的 CS、CLK、DATA 和 KEY 引脚。

1、控制指令说明

HD7279A 的控制指令分为两大类——纯指令和带有数据的指令。由于本次只是利用 HD7279A 构成键盘用 LCD 显示,而不需要用段数码管显示,因此设计中用到的 HD7279A 的控制指令只有复位 (A4H) 和读键盘 (15H) 指令。

- 复位指令 (A4H): 当 HD7279A 收到该指令后, 将所有的显示清除, 所有设置的字符消隐、闪烁等属性也被一起消除。执行该指令后, 芯片所处的状态与系统上电后所处的状态一样。
- 读键盘指令 (15H): 该指令从 HD7279A 读出当前的按键代码。与复位指令不同, 此命令的前一个字节 15H 为微控制器传送到 HD7279A 的指令, 而后一个字节 d0—d7 则为 HD7279A 返回的按键代码, 本次采用 4×4 键盘, 则各键键盘代码分别定义为 00H—0FH。此指令的前半段, HD7279A 的 DATA 引脚处于高阻输入状态, 以接受来自微处理器的指令; 在指令的后半段, DATA 引脚从输入状态转为输出状态, 输出键盘代码的值。

HD7279A 采用串行方式与微处理器通讯, 串行数据从 DATA 引脚送入芯片, 并由 CLK 端同步。当片选信号变为低电平后, DATA 引脚上的数据在 CLK 引脚的上升沿被写入 HD7279A 的缓冲寄存器。当 HD7279A 检测到有效的按键时, KEY 引脚从高电平变为低电平, 并一直保持到按键结束。在此期间, 如果 HD7279A 接收到‘读键盘数据指令’, 则输出当前按键的键盘代码; 如果在收到‘读键盘指令’时没有有效按键, HD7279A 将输出 FFH。另外, 由于 HD7279A 芯片内部含有去抖动电路, 软件编程时不需要键盘的消抖动程序, 而且 HD7279A 的控制指令也使得软件编程更简单。

2、读取键盘程序设计

根据对整个系统的输入按键的功能分析, 设计 14 个按键功能如下:

- 10 个数字键分别为 S0、S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8 和 S9；
- 4 个功能键（删除键、确认键、继续采集键和启动恒温键）分别为 S14、S15、S10 和 S11。

设置这 14 个按键即可以实现对系统的控制和参数的设置。其中，10 个数字键 S0、S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8、S9 是用来输入样品 A 和样品 B 的采集量（样品 A 和样品 B 的采集范围为 00—99mL）；而 4 个功能键说明如下：

- 删除键（S14）：删除按键输入的无效采集量；当按下“删除键”时，光标自动返回要求重新输入正确的采集量。
- 确认键（S15）：确定按键输入的有效采集量；当按下“确认键”时，单片机开始接收输入的有效采集量，并开始启动采集装置对样品进行定量采集。
- 继续采集键（S10）：继续循环采集样品；当按下“继续采集键”时，光标自动返回，要求输入有效的采集量以继续对样品进行循环采集。
- 启动恒温键（S11）：启动对采集样品的恒温控制；当按下“启动恒温键”时，温度采集模块开始工作，实时采集样品的温度并在液晶显示屏上显示样品的当前温度，同时不断地与设定的温度（37°C）进行比较，以确定是否对样品进行加热处理，从而使样品温度保持于设定温度（37°C）。

读键盘数据指令（15H），宽度为 16 个 BIT，前 8 个为微处理器发送到 HD7279A 的指令，后 8 个 BIT 为 HD7279A 返回的键盘代码。执行此指令时，HD7279A 的 DATA 端在第 9 个 CLK 脉冲的上升沿变为输出状态，并与第 16 个脉冲的下降沿恢复为输入状态，等待接收下一个指令。如图 4.2 即为读键盘指令的时序图。

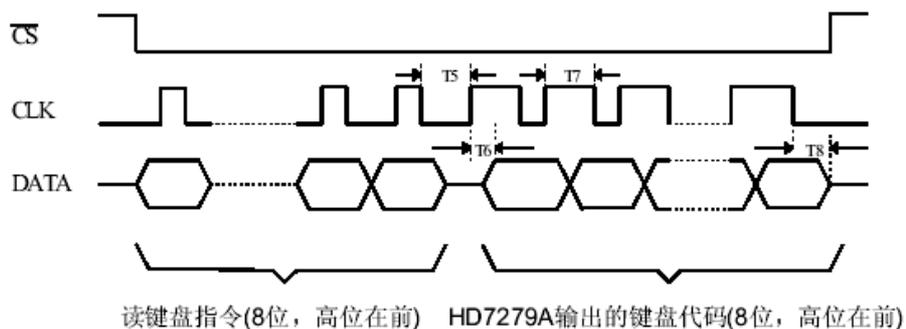


图 4.2 读键盘指令时序图

通过分析 HD7279A 控制指令 (CS、CLK、DATA、KEY), 以及读键盘指令的时序图, 设计读取键盘获得键值的程序流程图如图 4.3 所示。

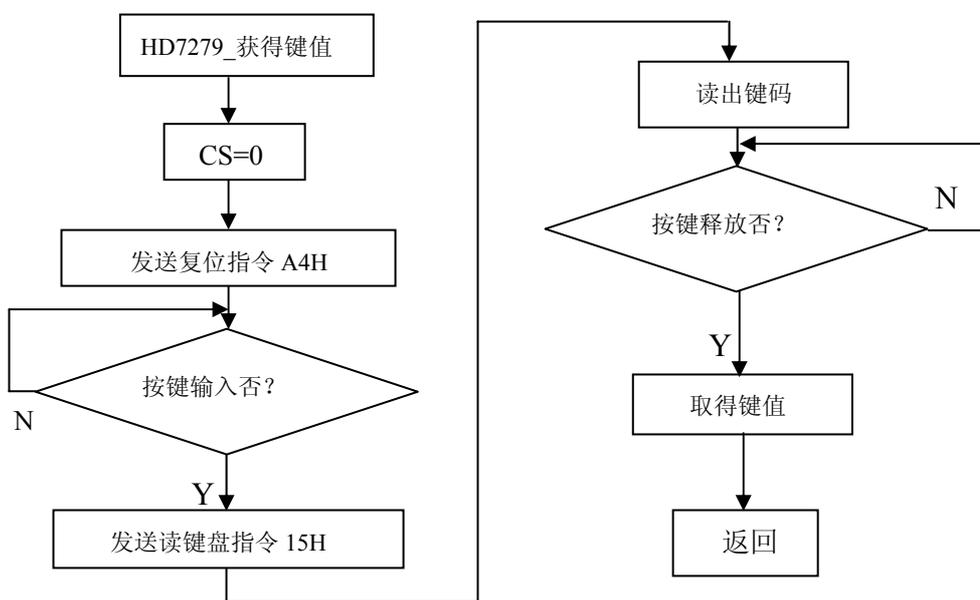


图 4.3 读键盘程序流程图

4.2.2. A/D 转换子程序

根据设计选取的 A/D 转换芯片 ADC0804 以及提高分辨率到小数点后一位的要求, 按照硬件电路图的连接情况, 设计了 A/D 转换子程序。其中选取 AT89C51 的 P0 口与 AD 转换器的数据口相连。

1、AD 转换时序

ADC0804 控制信号的时序图如下图 4.4 所示。

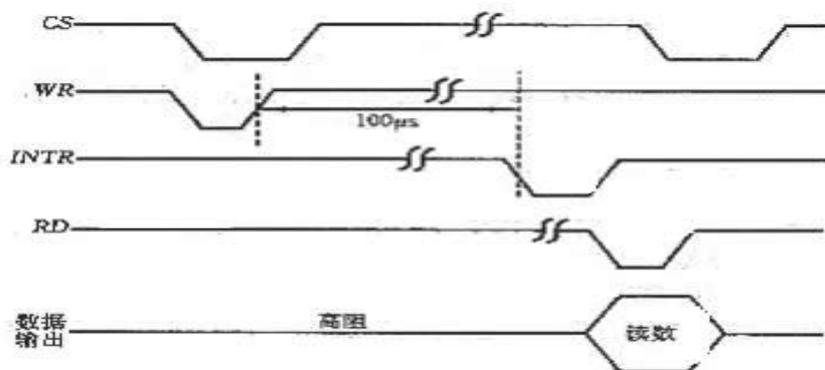


图 4.4 ADC0804 控制时序图

根据控制时序图，可见各控制信号时序关系为：

当 CS 与 WR 同时为低电平，A/D 转换器被启动，且在 WR 上升沿后 100 μ s 模数转换完成，转换结果存入数据锁存器；同时，INTR 自动变为低电平，以表示本次转换结束。

此时，如果 CS、RD 同时来低电平，则数据锁存器三态门打开，数字信号送出，而在 RD 高电平到来后三态门处于高阻状态。简而言之，即当 CS 与 WR 同时为低，启动 A/D 转换；然后短暂延时（如 0.1ms）后，将 CS 与 RD 同时为低，则可开始读取 A/D 转换结果。

2、模/数转换规则

在使用 A/D 转换器时，为保证其转换精度，要求输入电压满量程使用。如输入电压动态范围较小，则可调节参考电压 V_{REF} ，以保证小信号输入时 ADC0804 芯片 8 位的转换精度。

其中，AD 转换规则如表 4.1 所示。

表 4.1 模/数转换规则

十六进制	十进制	与满刻度的比率		相对电压值 $V_{REF}=2.560V$	
		高四位字节	低四位字节	高四位电压	低四位电压
F	1111	15/16	15/256	4.800	0.300
E	1110	14/16	14/256	4.480	0.280
D	1101	13/16	13/256	4.160	0.260
C	1100	12/16	12/256	3.840	0.240
B	1011	11/16	11/256	3.520	0.220
A	1010	10/16	10/256	3.200	0.200
9	1001	9/16	9/256	2.880	0.180
8	1000	8/16	8/256	2.560	0.160
7	0111	7/16	7/256	2.240	0.140
6	0110	6/16	6/256	1.920	0.120
5	0101	5/16	5/256	1.600	0.100
4	0100	4/16	4/256	1.280	0.080
3	0011	3/16	3/256	0.960	0.060
2	0010	2/16	2/256	0.640	0.040
1	0001	1/16	1/256	0.320	0.020
0	0000			0	0

3、程序框图设计

LCD 显示 A/D 采样温度的程序步骤包括：

Step1: AD 采样程序首先将 CS、WR 置低启动 AD 转换，延时 0.1ms，再将 CS、RD 置低即可读取 AD 转换的数据。

Step2: 为使采集的温度更加精确，本次 A/D 转换程序设计采用软件滤波，即连续读取 6 次 A/D 转换结果，将最大值忽略，然后对其余 5 次数据取平均值。

Step3: 获得软件滤波的 AD 采样数据后，将其转换为十进制（精确到小数点后一位），分别显示于液晶屏上。图 4.5 即为 AD 采样的程序流程图。

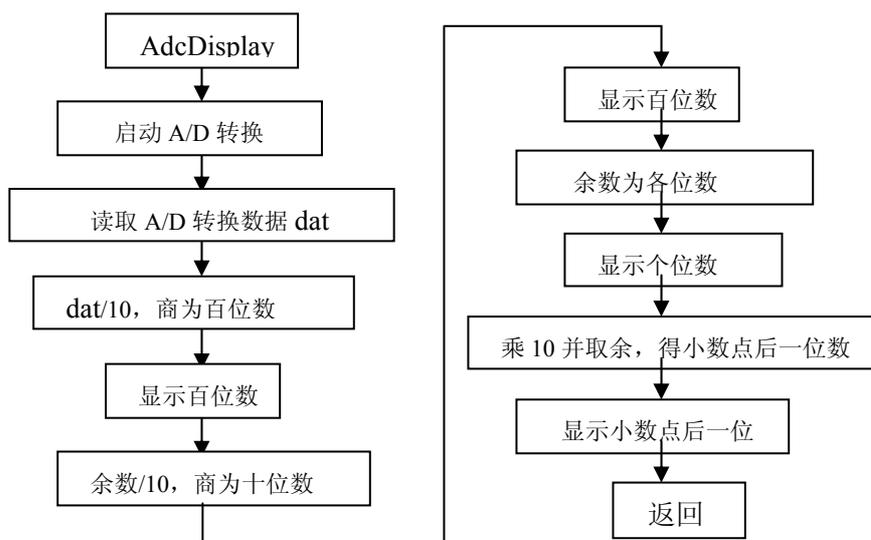


图 4.5 A/D 转换的流程图

4.2.3. 液晶显示子程序

液晶显示屏与单片机硬件连接完后，就需要开始对以 T6963C 为控制器的 LCD 进行软件编程。

如图 4.6 是在液晶编程中需要注意的时序关系。只有掌握和熟悉了控制器 T6963C 的时序图才能进行编程设置。

1、T6963C 与 MPU 的接口时序

接口时序如图 4.6 所示。

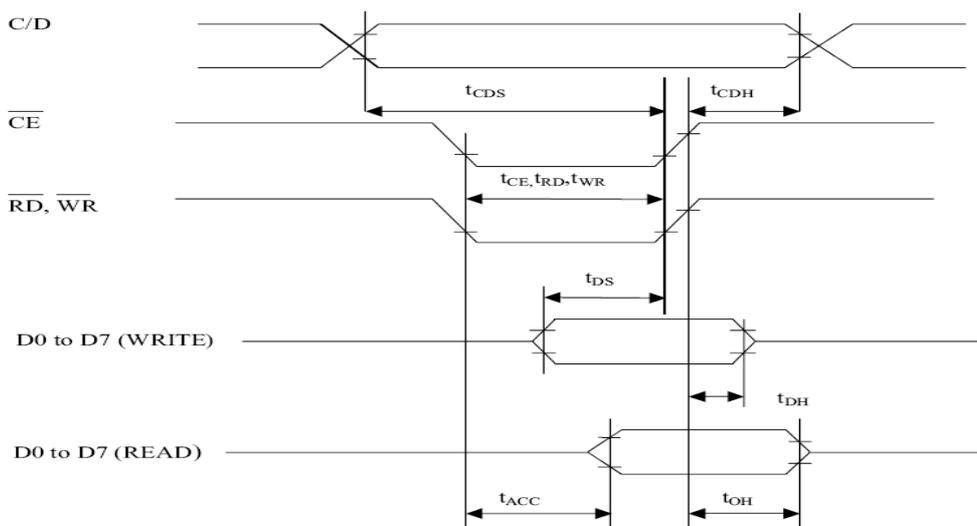


图 4.6 T6963C 与 MPU 的接口时序

2、接口时序参数说明（表 4.2）

表 4.2 时序参数说明

时序参数	符号	极 限 值			单位	测试条件
		最小值	典型值	最大值		
C/D 建立时间	t_{CDS}	100	—	—	ns	引脚 C/D
C/D 保持时间	t_{CDH}	10	—	—	ns	
片选、读写脉宽	t_{CE}, t_{RD}, t_{WR}	80	—	—	ns	—
数据建立时间, 写	t_{DS}	80	—	—	ns	—
数据保持时间, 写	t_{DH}	40	—	—	ns	引脚
数据建立时间, 读	t_{ACC}	—	—	150	ns	DB0-DB7
数据建立时间, 读	t_{OH}	10	—	50	ns	

3、液晶显示方式

模块的初始化设置一般都由管脚设置完成，显示功能的设置主要依靠于软件编程写入的控制指令。本次 LCD 显示中采用的控制指令主要包括：地址指针设置，显示区域设置，显示方式设置，显示状态设置，光标形状设置和数据一次读写方式设置。

①、地址指针设置

- 光标地址设置 D1—D2—21H

T6963C 的光标控制是独立于显示地址控制的，它专门有一个光标指针寄存器存放当前的光标地址，而且光标地址不会自动修改。该指令设置光标在显示屏上的位置（以二维坐标形式）。

- CGRAM 偏置地址设置 D1—D2—22H

显示存储器可划出 2K 的区域作 CGRAM 使用，只需确定地址的高 5 位即可。CGRAM 偏置地址寄存器即是用来存储该地址值的。其中，03H—00H—22H 设置字符代码为 80H，且该字符字模组在显示存储器的首地址为 1C00H。

- 显示地址设置 D1—D2—24H

该指令将计算机所要访问的显示存储器的地址写入 T6963C 的地址指针计数器中（低 8 位—高 8 位）。

②、显示区域设置

- 文本显示区首地址设置 D1—D2—40H

该指令设置文本显示区在显示存储器中的起始地址（低 8 位—高 8 位），定时间的修改这个地址将会产生显示画面的平滑滚动。

- 文本显示区宽度设置 D1—D2—41H

该指令规定在文本显示区中作为一行显示所占的单元（字节）数。该

数据与文本显示首地址一起确定了显示单元与显示屏上各点像素的对应关系。当设置的显示区宽度超过实际显示屏上显示所需的单元数，那么超过的部分不显示。

③、显示方式设置 80H

指令 80H 规定文本与图形以逻辑“或”的关系合成显示方式，其为无参数指令。

④、显示状态设置

- 只启用文本显示 94H

指令 94H 表示图形显示开关未启用，光标显示和闪烁开关也未启用，而只是启用文本显示方式以显示汉字。

- 启用光标闪烁及文本显示 97H

指令 97H 表示启用光标显示、闪烁和文本显示方式开关，为无参数指令。光标显示及光标闪烁功能的启用要在文本显示启用时进行，否则无效。

⑤、光标形状设置 a0H

指令 a0H 设置光标的显示形状为短横。该指令也为无参数指令。

⑥、数据一次读写方式设置 D1—c0H

该指令是一次读写数据操作指令，并在每次读写数据操作后，显示地址都要进行加一的修正。该指令在写入数据时，所带的一个参数 D1 即为所要写入的显示数据。

4、LCD 显示框图设计

当液晶显示屏的接口电路与单片机系统 I/O 按照间接控制方式连接完后，即可对以 T6963C 为控制器的 LCD 显示进行软件编程。此次液晶显示屏上主要显示两页：

- 第一页显示欢迎界面“欢迎使用样品定量采集和恒温保持系统”，

该页只是显示 16×16 点阵汉字；欢迎界面显示 5 秒，然后清除显示屏。

- 第二页显示系统状态，第一行显示“请输入采集量：”，第二行显示“A: mL B: mL”，在空格处显示闪烁光标，并随着键盘输入值自动移动，第三行显示“样品温度：.度”，其中 A/D 转换获得的数值即在空格处显示。

为实现此利用液晶屏显示两页的功能，因此液晶屏上的汉字和字符都采用文本方式进行显示；利用文本方式显示汉字必须先建立汉字 CGRAM 内字库以定义汉字代码，然后分别写入 4 个代码（左上、右上、左下、右下）以组成一个汉字；在文本方式下显示字符只要先设置显示地址指针（24H），再写入字符代码即可（T6963C 内部包含字符代码）。

在文本方式下显示汉字和字符，其步骤包括：

Step1: 设置逻辑“或”显示方式（80H），而设置文本显示首地址为 0000H，设置文本显示宽度为 20H，即在文本显示区一行显示所占的 32 个字节数；对于 T6963C 控制器可建立 2K 的 CGRAM 内字库，需要设置 CGRAM 偏置地址设置（22H），其中 03H—00H 设置字符代码为 80H，且该字符字模组在显示存储器的首地址为 1C00H，这样即可建立显示汉字所需的 CGRAM 内字库。

Step2: 清除显示屏是在图形方式下，对 8K 的液晶显示屏进行写 00H 即可完成清屏显示的功能。

在显示第一页欢迎界面时，不能启用光标显示和闪烁功能，因此其控制字应为 94H（只启用文本显示方式）；而在显示第二页的系统状态时，必须同时启用文本显示，光标显示和闪烁功能，故其控制字为 97H。为使光标在正确的地方显示，还必须设置光标显示地址（21H）以及光标显示形状（a0H）。

设计 LCD 显示的软件流程图如图 4.7 所示。

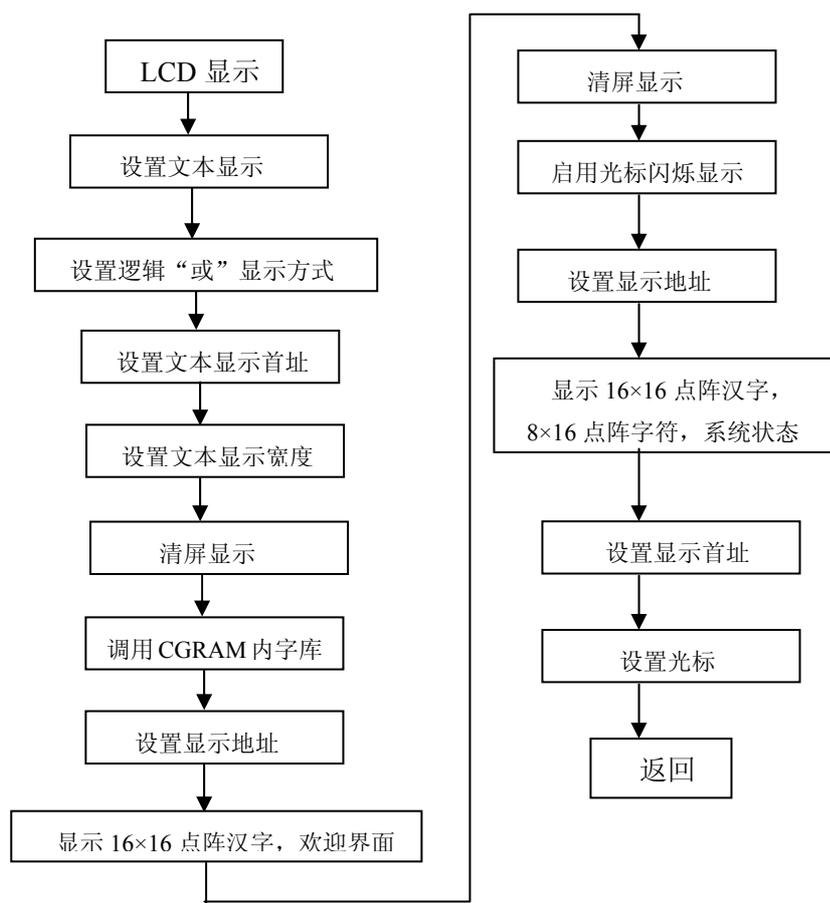


图 4.7 液晶显示流程图

4.2.4. 定量采集子程序

1、流量控制原理

本系统是利用自吸式电磁泵对样品进行定量采集，通过控制继电器的断开或闭合以达到是否驱动自吸式电磁泵进行采样控制即流量控制。

控制流量的继电器连接于 AT89C51 的 P1.5 口。当 P1.5 为低电平时，继电器闭合，电磁泵被驱动开始采集样品。对样品 A 输入 00—99mL 的采集量，按下“确认”键后，将 P1.5 置低，并进行相应的延时（1mL 延时 1.4ms），采集完相应的样品 A，再将 P1.5 置高，断开继电器。同理，对样品 B 进行定量采集。

2、根据流量控制原理以及输入按键的功能设计，可设计对样品 A 的

定量采集步骤包括：

Step1: 等待按键输入的数字键（采集量的十位），并立即在液晶屏上显示，然后光标自动向右移一位；

Step2: 再等待一次按键输入的数字键（采集量的个位），同时也在液晶屏上显示（样品采集范围为 00mL—99mL）。

Step3: 按键输入完成样品的采集量后，等待“确认键”，如果不是“确认键”而是“删除键”，则光标自动返回向左移，要求重新输入采集量。

Step4: 直到等待按下“确认键”后，则单片机接收此时输入的采集量，并根据接收的采集量进行延时（1mL 延时 1.4ms）以定量采集样品 A。

对样品 B 进行定量采集采用同样的方法。根据自吸式电磁泵的功率特性，以及键盘在采集过程中的设置要求，可得定量采集流程如图 4.8 所示：

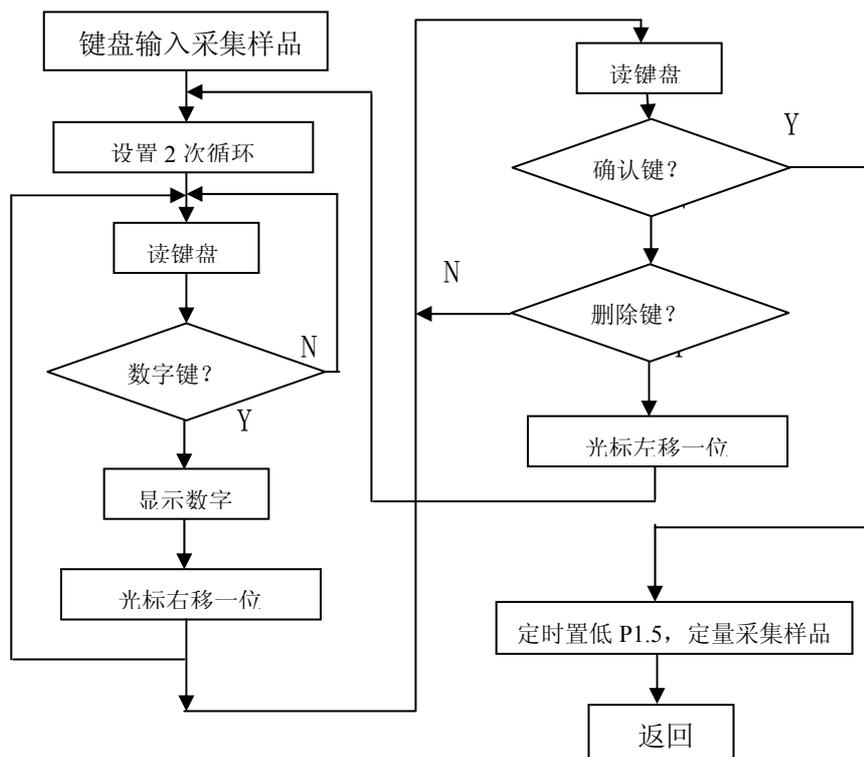


图 4.8 定量采集流程图

4.2.5. 恒温保持子程序

系统中对样品的恒温控制主要是通过给连接到加热装置的 I/O 口的脉宽信号来实现的。加热装置是利用继电器的闭合/断开以控制加热电阻丝是否加热。继电器连接于 AT89C51 的 P1.7 口，当 P1.4 为高时，继电器断开，加热装置不进行加热；当 P1.4 为低时，继电器闭合，加热装置即开始进行加热。

首先，经过对 A/D 转换的数值进行软件滤波后，将采集到的样品温度输入单片机，与预定温度 37°C 进行比较以确定是否加热样品。如果样品温度低于预定温度 37°C，则对样品进行加热直到等于 37°C；如果高于预定温度 37°C，则停止加热样品。但考虑到加热器件会有余热，当加热到预定温度 37°C，停止加热后的余热会使样品温度继续升高，从而使样品温度高于 37°C。因此，本次设计首先将样品加热到 34°C，即停止加热样品，然后延时 15s 等待加热器件的余热。

另外，为使样品温度控制更加精确，当样品加热到 34°C 并且器件的余热过后，可以发送两次短时脉宽，以使样品温度缓慢上升。第一次将采集的样品温度与 36°C 进行比较，如果样品温度小于 36°C，即对样品发送加热 5s 停止加热 5s 的短时加热脉宽；否则不发送加热脉宽。第二次将采集的样品温度与 37°C 进行比较，如果样品温度小于 37°C，则对样品发送加热 1s 停止加热 5s 的短时加热脉宽。这样，即可比较精确地实现对混合样品的恒温保持与 37°C。

Step1: 将采集的样品温度与 34°C 进行比较，如果低于 34°C，则加热样品直到等于 34°C，即停止加热样品。

Step2: 延时 15s，等待加热器件的余热。如果采集的样品温度低于 36°C，则发送对样品加热 5s 的短时加热脉宽。

Step3: 如果采集的样品温度低于 37°C，即发送对样品加热 1s 的短时加热脉宽，以使样品温度逐次逼近于 37°C。

图 4.9 为恒温保持流程图。

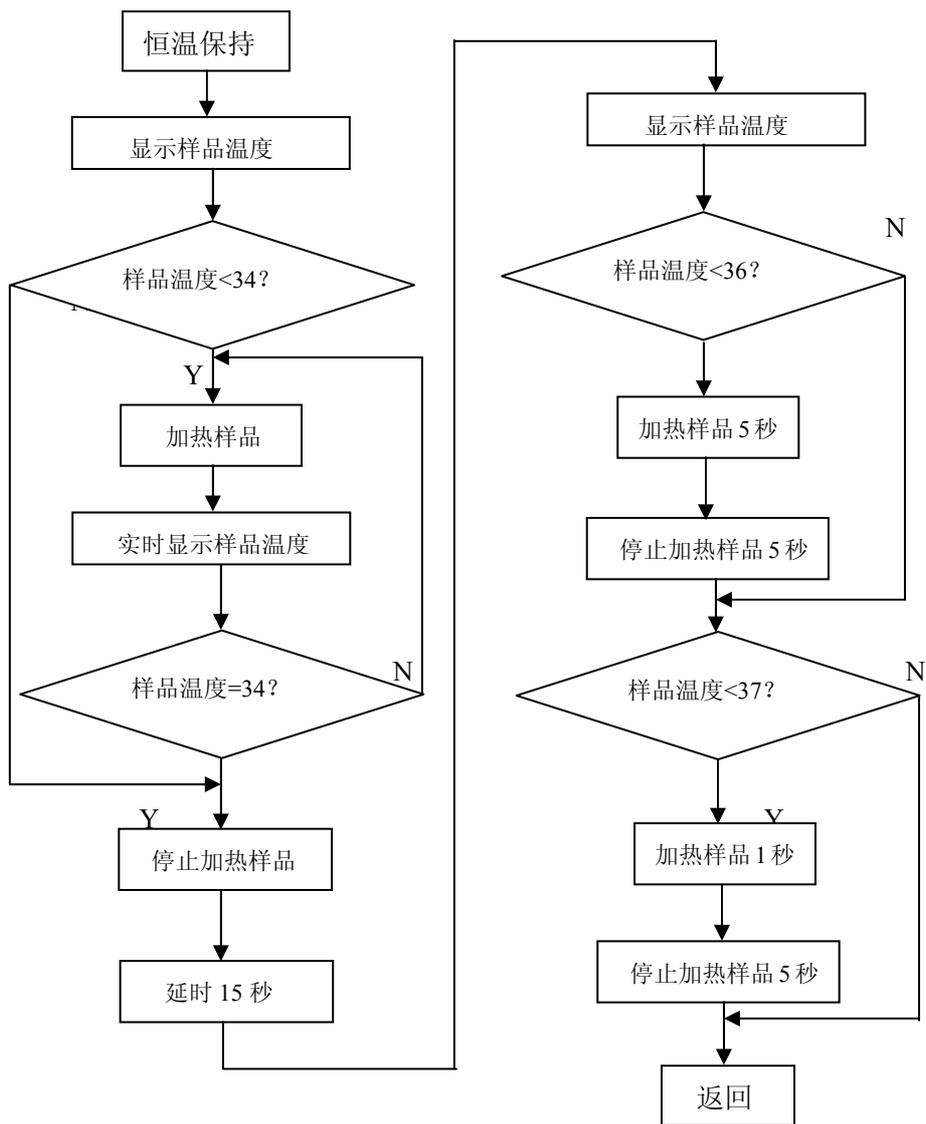


图 4.9 恒温保持子程序框图

第五章 系统调试

整个系统设计采用的是模块化的设计思想，将系统分成几个模块进行具体的硬件电路设计，因此系统调试也将按照硬件模块进行分模块的调试。

在调试过程中所应用到的仪器仪表和工具包括：

- WAVE 系列仿真器 E6000S 一台
- DY2101 万用表一个
- 稳压电源一个
- 最小系统板一块

具体调试过程如下：

5.1 系统硬件调试

1、液晶部分的调试

首先进行的是液晶的上电点亮。按照电路图连接好器件的各个引脚，上电后液晶并没有亮度显示。通过查阅 LCD 数据手册，得出液晶屏没有被点亮的原因是由于在接线时考虑到了 T6963C 是具有单电源+5V 供电的，将液晶 I/O 口的 4 脚（Vo）悬空所导致的。将液晶 I/O 口的 4 脚（Vo）接入-4V 左右的可调电压后能实现 LCD 屏幕对比度的可调，液晶点亮。

2、键盘输入部分调试

在键盘输入部分采用了 HD7279 作为驱动芯片，在通过搭线连接好键盘模块和液晶显示模块后，启动仿真器，通过定义键盘各个按键可以得到相应的数字键 0~9，以及所需的其他键值如确认键、删除键以及恒温保持键。需要注意的是，由于 HD7279 芯片的工作电压不能长时间的高于五伏电压的供电环境下工作，因此采用稳压电源给 HD7279 提供工作电压，并且用电解电容对输入电压进行滤波，以确保提供 HD7279 稳定的工作电压。

3、A/D 及温度数据采集部分的调试

首先用独立的板子按照电路图接好 LM35 的各个部分，上电后，用数字万用表测试 LM35 的电压输出端，测得电压值与当前温度值满足 LM35 的线性关系即 $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。接入由 OP07 组成的电压跟随器和运算放大电路，上电后调试运算放大电路的输出电压，并调节电位器的阻值，使得输出电压值和输入电压值成十倍放大关系，便于软件中通过算法提高系统精度。

调试 ADC0804，按照该芯片的数据手册接入 MC1403 作为稳定的参比电压输入，调节量程，使得该参比电压满量程即 2.5 伏，芯片可以正常工作。

编写完成一部分 A/D 启动和读取数据的程序，按照电路设计图接好液晶引脚，连接运算放大电路的输出端和 ADC0804 的模拟电压输入端以及各个引脚。启动 WAVE 仿真器，发现液晶显示为 15°C ，不符和当前温度值 (25°C 左右)，检查硬件电路连接情况发现忽视了 AD 芯片的数字地和模拟地的分接。而对模拟器件和数字器件，电源的地线回路必须分开，以防止数字部分的噪声电流通过模拟地回路引入，产生噪声电压，从而对模拟信号产生干扰。所有的地线回路都有一定的阻抗，因此地线要尽可能宽或用地线平面，以减小阻抗，连线应当尽可能短，如果使用开关电源，则开关电源要远离模拟器件。在连接调试液晶和 A/D 转换电路时，如果 A/D 芯片的模拟地和液晶的数字地混接，液晶也会显示乱码。

4、样品采集部分的调试

首先是固态继电器型号的选择，由于固态继电器在关断的瞬间负载电压可能超过固态继电器的最大耐压值，从而损坏该器件，所以首先选用了 12V 的固态继电器。调节输入端电压使得其电压达到导通值大于 $2/3$ 的电压标称值，即输入电压大于 8V，当在控制端输入低电平时，听到固态继电器打开导通的声音；当在控制端输入高电平时发现固态继电器不能闭合，通过数字万用表的检测测得该控制端和输入端的电势差不能满足 12V 继电器闭合所需的电压差值，即小于 $1/4$ 的标称值（小于 2V），原因是由于高电平 5V 与控制端电压 8V 的电势差是一定的，即 3V 左右，无法达小于 2V 的闭合要求。改为选用 6V 的固态继电器，因为该型号可以同时满足继电

器的真实负载要求（额定负载的 75%~70%），也能够符合控制端和输入端闭合与打开的电势差要求，即小于 1/4 标称值（1.5V）和大于 2/3 标称值（4V）。

编写好从 P1.5 输出的时序信号，按照电路图连接，启动 WAVE 仿真器，自吸式电磁泵可以通过固态继电器的开关作用连接工作电压 12V 和模拟地，使得自吸式电磁泵可以通过控制时序进行工作或关断。

5、加热部分的硬件调试

该部分电路中的开关器件还是采用 6V 的固态继电器，通过编写控制输入时序，使得其导通和闭合加热装置所需的 220V 交流工作电压；启动 WAVE 仿真器，发现固态继电器受到噪声的严重干扰，不能正常工作，出现关断和打开的误动作，经查阅芯片手册和使用数字万用表的测量，得知固态继电器在关断时存在一定的漏电流，有时可达到 5mA，这个电流可以使小的电流负载（6V 固态继电器）产生误动作。在这种情况下，选用二极管 IN4148 并联在固态继电器的控制端和输入端用以抑制断开触点时线圈形成的反向浪涌电压，防止固态继电器闭合时产生的误动作。在触点断开时二极管为线圈电感产生的反向电压提供泄放回路，让电流经二极管正向流通，使电感储能逐渐消耗在管子及电感的电阻部分上，从而防止了触点两端出现任何电压瞬变现象。

同时该误动作还受到固态继电器在交流电源状态下过零触发特性的影响，因为交流电相位的变换，固态继电器必须在过零相位后才能出发打开，以防止交流电作为噪声源对弱信号的干扰，这是无法避免的误动作，但是这个误差对于控制信号控制开关状态的影响是瞬间的，可以不做改进考虑。

为了提高系统恒温保持的精度，在软件编程设计了逐次加热一逼近所需温度值的方法。但是在实际设定中无法与设定的温度 34°C 进行比较，加热装置一直处于关闭状态。经检查发现是在编程过程中后台设定的温度必须是与 0804 转换的电压值进行比较，而不是直接与 34 比较，查阅 0804 转换电压，34°C 对应的电压值为 3.3V，转换后的代码是 0xa8，即在程序中当前温度值应与 0xa8 比较，当小于此值时启动加热装置进行加热处理。

检测正确后，按照修改后的电路图连接好电路，启动 WAVE 仿真器，固态继电器可以通过 P1.4 口编写的时序信号，进行对加热装置工作与关断的控制，从而实现对样品的恒温保持的功能。

6、PCB 板的设计制作

在完成各个模块电路的设计和调试后，制作 PCB 电路板，对电路进行综合调试。在电路板的制作过程中，每一步都是为后面的工作做好准备：首先是元器件的检查，板面布局，然后是电路板的焊接，检查焊接是否与电路原理图相一致，最后进行结果检测。具体步骤如下：

①、查阅资料并进行对电路图的布局设计，检查元器件的型号和参数是否符合设计要求，选择正确的元器件封装。

②、为了提高整个电路的抗干扰能力，降低外界噪声源对数字器件的影响，PCB 板的布线十分重要。

③、在焊接前，需做些准备工作：如了解每个芯片的引脚图及能实现的功能，这样才能在实践操作起来更方便。

④、按照电路图的连接，进行焊接，同时对存在有可能短路的地方用万用表进行测试，并且在焊接时经常发生虚焊现象，此时可采用的方法：先在导线上上锡，然后在焊到电路板上。

⑤、再次检查电路板的焊接是否与电路原理图相符，确认无误后，进行系统的功能测试。

5.2 系统软件调试

1、LCD 显示调试

在液晶显示模块调试的过程中，出现了许多问题，具体包括：

①、单步调试的时候，清除显示屏函数中的判别自动写状态时，出现了死循环。但通过检查这并不是程序中的循环出了问题，而是其控制时序不对，从而使得自动写状态一直未准备好，无法跳出循环。于是将清屏函

数中的判自动写状态位直接移至设置自动写方式的后面。这样，清屏函数就可以正确地清除显示屏。

②、在程序中判断 T6963C 的状态字的时候有时会无法跳出循环，显示 T6963C 的状态字未准备好，于是即使一直向显示屏输送数据和命令，在显示屏上也没有任何反应，而且显示的都是乱码。然后继续研究 T6963C 液晶的数据手册，发现程序中对状态字进行检查可能会由于时序不对而导致无法正确显示。此时就可以不用检查其状态字，直接利用延时程序（要求延时比较精确）来代替。

③、利用图形方式显示 16×16 点阵汉字时，虽然可以正确地显示出汉字，但显示的范围只能在第一行，不能换行，即如果显示的汉字超过 8 个（一行最多能显示的 16×16 点阵汉字数）时，它会覆盖显示以致出现乱码。于是又改用文本方式显示，首先建立 CGRAM 内字库来定义汉字代码，将一个汉字分成四个部分显示（左上半部分、右上半部分、左下半部分和右下半部分）。此时由于利用文本方式显示，只要设置好显示地址即可任意换行写。

④、刚开始显示字符的时候，是利用图形方式来调用 8×16 点阵字符的字模以显示出字符。但其实，显示字符可以不需要用图形方式，因为对于 T6963C 控制器来说其内部已经带有字符发生器，这样显示字符就比较简单，可以让控制器工作在文本方式，根据在 LCD 上开始显示的行列号(X,Y)找出显示 RAM 对应的地址，在此送上该字符对应的代码即可。

⑤、16×16 点阵汉字字模的取模方式有很多种，而此款液晶显示屏是采用横向取模的方式。但是当把以横向取模方式提取的字模放入程序中时，竟然显示的不是正确的字，而是一些不是字的乱码。然后再提取其他的字模，研究后才发现此液晶显示屏所识别的虽然是横向取模，但还必须先是左半部分取模，并自上向下、自左向右；再是右半部分取模，也是自上向下、自左向右的方式取模所得到的字模，液晶显示屏上才能正确地显示出汉字。

2、HD7279A 按键输入调试

运行 HD7279A 按键输入的程序时，不论触发那一个按键，液晶显示屏只能显示一个 0。单步运行程序时通过 WAVE 软件的观察窗口查看外设端口，可以得出 HD7279A 与系统能相互通信，数据通信正常。通过阅读 HD7279 的数据手册及反复检查程序，找到出现上述问题的原因，即读取键值函数的返回变量（key）设置成了局部变量，调用读取键值函数只得到了变量（key）的初始化值 0，并没有获得触发按键的键值，因此不论触发哪个按键 LCD 一直显示 0。最后将变量 key 设置成全局变量，LCD 即可正确地触发按键的键值。

3、样品定量采集调试

实现对样品的定量采集程序比较简单。采集样品的控制端连接于 AT89C51 的 P1.5 口，将 P1.5 口置低时，自吸式电磁泵开始采集样品；将 P1.5 口置高时，自吸式电磁泵则停止采集样品。定量的采集样品，即键盘输入需要采集多少样品量（00mL—99mL）则电磁泵采集多少样品，此时定量可以利用延时实现。根据资料，自吸式电磁泵采集 1mL 的样品需要 1.4s，因此将键盘输入的采集量设置为一全局变量，开始采集样品时即将 P1.5 口置低，并对该全局变量循环延时 1.4s，延时后立即将 P1.5 口置高，自吸式电磁泵即停止采集样品。这样即可实现样品的定量采集。

4、温度采集程序调试

温度传感器 LM35 输出的电压值（即温度信号）经过 10 倍的放大和模数转换才能输入到 AT89C51。AD 转换的程序比较简短，首先将控制端 CS、WR 置低，启动 A/D 转换，经过延时 0.1ms 后，再将控制端 CS、RD 置低，即可开始读取 A/D 转换的数值（注意应该将该数值设置为全局变量）。此时获得的转换数值是放大 10 倍后的值，而放大两倍的电压值是正确的当前温度值，因此转换数值除以 5 后才是采集到的准确温度值。此时得到的准确的温度值是十六进制，而在 LCD 上必须显示十进制的温度值，于是显示前必须将十六进制转换为十进制数值，并且采集温度值必须精确到小数点后一位，因此将温度值乘 10 后，分别对 1000，100，10 取余，即可得到小数点后一位数值。

起初在 LCD 上显示的温度值不稳定，总是会不断的进行闪烁变化。经过查阅资料，发现这是由于未对采集的温度信号进行滤波处理，以致采集到的温度信号会不停地变化。于是连续采集六次样品的温度，忽略最高温度，同时对其余五个温度值求平均值，然后将该平均值在 LCD 上显示。此时对采集的温度值进行软件滤波后，LCD 上显示的温度值即不再不断地闪烁变化。

5、恒温控制调试

恒温控制主要是通过控制加热装置是否对样品进行加热处理，以使样品保持于固定温度 37°C。加热装置的控制端连接于 AT89C51 的 P1.4 口，当 P1.4 口为低时，加热装置对样品进行加热；当 P1.4 口为高时，加热装置停止加热样品。于是将采集的温度值与 37°C 比较，小于 37°C 对样品进行加热，直到等于 37°C 则停止加热。但实际上虽然在等于 37°C 后就立即停止加热样品，样品温度还会继续升高，这是由于加热电阻丝的余热会使样品温度继续升高。

考虑到加热电阻丝的余热，因此将采集到的样品温度值与 34°C 进行比较，如果小于 34°C 则对样品进行加热，直到等于 34°C 即停止加热。然后延时 15 秒，等待加热电阻丝的余热过后，如果样品温度小于 36°C，则对样品发送短时加热脉宽，加热 5 秒再停止加热 5 秒，以使样品温度缓慢上升；最后如果样品温度小于 37°C，则对样品发送更短的加热脉宽，加热 1 秒再停止加热 5 秒，以使样品温度保持于 37°C。这样通过发送短时加热脉宽，可以使样品比较精确的保持 37°C。

5.3 系统综合调试

将程序烧写入控制芯片 AT89C51，用数字万用表测量电源接入情况。打开电源，启动整个系统，输入 A 样品的采集量，按确认键后自吸式电磁泵开始启动抽取液体；再次输入 B 样品的采集量，输入正确按确认键，否则按删除键进行修改；两种液体取样混合后，按下温度显示键，即显示当前两种液体的温度，并通过与后台设定值比较后，确认是否启动加热装置。

为了提高本系统的控温精度，在软件上采用了逐次逼近加热和温度采集滤波的方法，硬件上则通过选取相关高精度和线性器件来实现。在加热部分运用水浴加热，严格密封了测温装置和取样装置，使得两者环境误差减小，避免了空气的影响，通过空气和液体相关比热容的算法又在后台编程中提高了控温精度。焊接完成并调试整个系统，完成了本系统的两项主要设计要求。

第六章 结论

6.1 实现功能

通过将近四个月的设计与制作，完成了查找资料、硬件原理图设计、PCB 线路板的制作、软件编写，系统调试等几项工作。系统成功的达到了设计的要求。

本次设计完成的主要功能如下：

- 通过键盘输入样品体积，并实时地显示在液晶屏幕上。单片机获得键盘值后开启固态继电器，驱动自吸式电磁泵工作，通过脉宽控制工作时长，最终得到样品的定量采集。
- 样品混合后，按下温度采集键，单片机获得这一触发键后，开始进行当前混合样品温度的实时采集。通过由 LM35 构成的前端远距离测温电路，测量得到当前温度值，并实时地显示在液晶屏幕上。
- 按下键盘的恒温保持键，单片机在获得键值后与后台设定的一温度值比较，如果大于这一值则等待样品温度下降到设定值，否则开启固态继电器，驱动加热器件工作，通过脉宽控制加热器件的工作时长，最终达到样品的恒温保持。

6.2 不完善之处

虽然该设计能达到毕业设计要求，顺利完成毕业设计任务，但是由于受到各个方面原因的限制，本次毕业设计还存在许多不完善的方面。在硬件设计过程中，选择的 A/D 器件精度还有待提高，只有提高了加热和控温器件的精度才能大大增加产品的市场竞争力；在制作方面，由于采用了人工焊接存在了一定的误差和不稳定性；在编程方面，虽然采用了多种控制算法来提高精度，但是还存在很大的提升空间，可以选择更加先进的控温算法来实现控温精度的提高。

6.3 改进意见

具体的改进和创新主要有以下几个方面：

1、温度传感器虽然采用线性器件具有很高的可调性，但是不能直接采集液体的温度信号，使得精度产生一定的误差。在选择芯片的时候还可以选择一些具有先进功能的芯片，如 DS18B20。该芯片采用 1—wire 技术，运用单根信号线完成数据的双向传输，并同时通过该信号线为单总线器件提供电源，具有节省 I/O 引脚资源、结构简单、成本低廉、便于总线扩展和维护等诸多优点。DS18B20 具有 3 引脚 TO-92 小体积的封装形式；温度测量范围为-55~+125℃，可编程为 9~12 位 A/D 转换精度，测温分辨率可达 0.0625℃，被测温度用符号扩展的 16 位数字量方式串行输出，在现场监控系统有着良好的应用前景。

2、提高恒温保持系统加热装置的控温精度。一般情况下可以采用数字 PID 控制，按照偏差的比例、积分和微分进行控制。对于时间常数较大的系统来说，计算机的控制近似于连续变化，用数字 PID 控制可以更加灵活可靠。

3、在提高精度方面还可以采用更加高级的智能控制技术，即模糊控制技术。模糊控制是试图模仿人的思维方式，利用人的知识和经验，而不是根据复杂精确的数学模型来进行控制，为解决实际存在的非线性、不确定性、时变性和不完全性等因素找到了一条较好的出路。

6.4 心得体会

系统设计和调试的整个过程就是将平时的学习和实践相结合的过程。这次设计应用知识面广，有单片机知识、传感器、数字和脉冲电路知识、模拟电路知识等。如何将这些知识结合在一起组成一个整体的概念，这是在以前的学习过程中没有遇到过的。毕业设计非常好的锻炼了应用所学知识解决实际的问题的能力，弥补了在校学生这方面的不足。在设计过程中，遇到了不少的问题，从开始的原理设计到后来的软、硬件调试，都需要自己认真的进行分析，探讨并最终得到解决。在这样一个过程中，不但学会

了如何去利用课本和参考资料，而且提高了设计和制作过程中解决实践问题的能力。

致 谢

在本课题的整个研究设计过程中，得到了许多老师和同学的鼎力相助，借此机会向他们表示诚挚的谢意。

首先感谢我的指导老师熊邦书老师。在整个的设计过程中，熊老师对我们热心指导、严格要求，在选题、系统总体设计与技术方案上，给予宝贵的建议，帮助我建立了正确的设计思想，保证了课题的研究和开发工作的顺利完成。我从他那里学到的不仅仅是学术方面的知识，更重要的是严谨的治学态度。还要感谢我的助理指导老师邓辉斌老师，在我遇到具体调试和电路问题上给予我的帮助和指导。

感谢电子系的各位老师，正是因为他们一丝不苟，任劳任怨的教学，我们才能具有扎实的基本功来进行设计工作。

还要感谢老师们为我们的毕业设计提供了良好的环境和仪器设备。有了这些，我们才能够高效率的完成任务。

感谢我的同组付珍同学，没有她的工作成果，尤其是她在整个设计开发过程中所提出的宝贵意见和建议，本人是不能完成设计任务的。最后，再次对在毕设中给我们提供帮助的教师和同学表示真挚的谢意！

参考文献

- [1] 马智勇. 液晶显示器边框精密检测系统的实现. 电子技术应用, 2005, 32(5): 74~75
- [2] 何希才, 薛永毅. 传感器及其应用实例. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 何立民主编. 单片机应用文集. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004
- [4] 黄伏生. 血液分析仪的临床应用. 湖北: 湖北人民出版社, 2004
- [5] Jones D, Mansoor S Predictive Feed Forward Control for a Hydroelectric Plant. IEEE Trans on Control Systems Technology, 2004, 12(6): 956~965
- [6] Gao Z Q, Trautzsch T A, Dawson J G A Stable self-tuning Fuzzy Logic Control System for Industrial Temperature Regulation. IEEE Trans on Industry Applications, 2002, 38(2): 97~112
- [7] Rangana than R S, Malki H A, Chen G Fuzzy Predictive PI Control for Processes with Large Time Delays. IEEE Trans on Expert Systems, 2002, 2(1): 21~32
- [8] 刘文慰, 葛锁良. AT89C2051 在模糊 PID 温度控制器中的应用. 电子工程师, 2004, 30(1): 128~131
- [9] 陈富安主编. 单片机与可编程控制器应用技术. 北京: 电子工业出版社, 2003
- [10] 王振宇, 成立. 基于模糊控制的室温调节装置的研究. 浙江大学学报, 2006, 32(2): 195~199
- [11] 王浚等. 预估 Fuzzy_PID 在中央空调控制系统中的应用. 北京航空航天大学学报, 2004, 30(8): 757~761
- [12] 鲍健等. 用单片机直接驱动液晶显示器. 量子电子学报, 2005, 22(4): 651~652
- [13] 韩瑜, 焦小澄. 高效的 LCD 模块显示程序设计方法. 计算机工程与应用, 2004, 22(1): 123~126
- [14] 李维缙编著. 液晶显示器件应用技术. 北京: 北京邮电学院出版社, 2000.4
- [15] 何立民. 单片机应用技术选编 (1-8). 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001

