

摘 要

在现代化的工业生产中，温度控制是工业生产过程中经常遇到的过程控制。如：在冶金工业、化工生产、电力工程、造纸行业、机械制造和食品加工等诸多领域中，人们都需要对各类加热炉、热处理炉、反应炉和锅炉中的温度进行检测和控制。加热处理是工业生产中使用最为广泛的工艺之一，与之相关的各种温度控制系统广泛应用于冶金、化工、机械、食品等领域。本设计在了解了国内加热控制系统设计技术、PID 控制器及脉宽调制技术应用现状，掌握了 PID 与 PWM 技术及与加热控制系统设计制作相关的基础知识，利用 PID 控制器和 PWM 输出策略设计并制作了一个闭环温度（加热）控制系统。

本系统以 AT89S52 单片机作为控制装置的智能部件，采用数字温度传感器 DS18B20 完成温度的采样，二位的 LED 共阳极数码管形成显示电路。通过设计和改进，本系统采用了 PID 控制原理来完成对温度的主控制。采用 PWM 技术，通过程序控制对 AT89S52 的管脚进行通断控制，来完成对加热电阻的输出功率控制。能对室温以上 60° 以下的温度实行恒温控制，基本达到设计要求。本设计具有设计简单、操作性强、适应性大等优点，在其他工程工业中可以借鉴。文章中详细的分析了系统设计方案的选择与硬件电路的设计并且给出了系统的调试过程及部份软件程序，可以模仿设计。

关键词：AT89S52；DS18B20；温度控制；PID；PWM

Abstract

In modern industrial production, temperature control is often encountered during industrial production process control. Such as: In the metallurgical industry, chemical power engineering, paper industry, machinery manufacturing and food processing and other areas, people need all kinds of heating furnace, heat treatment furnaces, reactors and the temperature detection and control. Heat treatment is the most widely used industrial production process, one associated with a variety of temperature control system is widely used in metallurgy, chemical industry, machinery, food and other fields. Understanding design of domestic heating control system design, PID controller and PWM technology application, the PID controller and PWM technology and designed with the heating control system, the basic knowledge related to the use of PID controller design and PWM output strategy and produced a closed-loop temperature (heating) control system.

The system as a control device AT89S52 microcontroller smart parts, complete with digital temperature sensor DS18B20 temperature sampling, two of the LED digital tube formation common anode display circuit. Through the design and improvement, the system uses the PID control theory to complete the main control on temperature. With PWM technology, programmed to carry out the pin on the AT89S52 off controller, complete the heat resistance of the output power control. To room temperature over 60 ° below the temperature of the implementation of temperature control, basically meet the design requirements. The design is simple in design, maneuverability, adaptability great advantages such as other engineering industries can learn from. Article a detailed analysis of the design choices and hardware design and debugging the system gives and some software programs that mimic the design.

Key words: AT89S52; DS18B20; temperature control; PID; PWM

目 录

1	绪论	
1.1	国内外温度控制系统的市场发展情况	
1.2	温度控制系研究的意义	
1.3	PID控制系统的研究背景	
1.4	PID控制原理及相关介绍	
1.4.1	自动控制原理介绍	
1.4.2	PID控制的原理和特点	
1.4.3	PID控制器的参数整定	
1.5	PWM 技术原理及相关介绍	
1.5.1	电流控制 PWM	
1.5.2	非线性控制 PWM 单周控制法	
2.	温度控制系统的设计	
2.1	设计任务要求	
2.2	初始方案	
2.3	系统方案的选择	
2.3.1	传感器部分	
2.3.2	单片机部分	
2.3.3	显示部分	
3	硬件电路设计	
3.1	设计使用的基本知识介绍	
3.2	温度采样电路的设计	
3.3	显示电路的设计	
3.4	加热电路的设计	
3.5	电源电路的设计	
3.5.1	单片机驱动电源电路	
3.5.2	加热电源电路	
3.6	按键设计	
3.7	主机控制电路的设计	
4	软件部分	22
4.1	系统软件设计的基本要求	
4.2	单片机编程	
5	系统系统制作及调试	24
5.1	系统 PCB 板的设计	
5.2	硬件调试	
5.3	软件调试	
6	结论	26
	谢 辞	28
	参考文献	29
	附 录 1	30
	附 录 2	41
	附 录 3	42

1 绪论

1.1 国内外温度控制系统的市场发展情况

温度控制系统在国内各行各业的应用虽然已经十分广泛，但从生产的温度控制器来讲，总体发展水平仍然不高，同日本、美国、德国等先进国家相比有着较大差距。目前，我国在这方面总体技术水平处于 20 世纪 80 年代中后期水平，成熟产品主要以“点位”控制及常规的 PID 控制器为主。它只能适应一般温度系统控制，难于控制滞后、复杂、时变温度系统控制。而适应于较高控制场合的智能化、自适应控制仪表，国内技术还不十分成熟，形成商品化并在仪表控制参数的自整定方面，国外已有较多的成熟产品。但由于国外技术保密及我国开发工作的滞后，还没有开发出性能可靠的自整定软件。控制参数大多靠人工经验及现场调试确定。国外温度控制系统发展迅速，并在智能化、自适应、参数自整定等方面取得成果。日本、美国、德国、瑞典等技术领先，都生产出了一批商品化的、性能优异的温度控制器及仪器仪表，并在各行业广泛应用。

1.2 温度控制系研究的意义

温度控制系统是人类供热、取暖的主要设备的驱动来源，它的出现迄今已有两百余年的历史。期间，从低级到高级，从简单到复杂，随着生产力的发展和对温度控制精度要求的不断提高，温度控制系统的控制技术得到迅速发展。

温度是一个重要的物理量，在现代化工业生产过程中，诸如温度、压力、流量、物位和转速等物理量都必须进行严格的测量和控制。各物理量中对温度的测量和控制为最多，估计占总量的 50%以上，所以温度测量和控制是一项重大的课题。随着微电子及计算机技术的发展。温度控制将迈向温控范围更广，涉及领域越宽，精度更小的方向发展。

温度控制系统广泛应用于社会生活的各个领域，适用于家电、食品、汽车、材料、电力电子等行业。随着科技水平的提高，嵌入式温度控制系统作为实现设备小型化、智能化和自主创新的重要元素，目前在国防、航空、交通、能源、工业、通信和人们日常生活等各个领域，越来越发挥着极其重要的作用。将嵌入式与温度控制系统结合，设计一个实用的嵌入式实时温度控制系统，可以降低消耗，控制成本，从而提高生产效率。。目前智能温度控制系统广泛应用于社会生活、工业生产的各个领域，适用于家电、汽车、材料、电力电子等行业，成为发展国民经济的重要热工设备之一。在现代化的建设中，能源的需求非常大，然而我国的能源利用率极低，所以实现温度控制的智能化，有着极为重要的实际意义。

1.3 PID控制系统的研究背景

PID（比例积分微分）英文全称为 Proportion Integration Differentia 它是一个数学物理术语。

目前工业自动化水平已成为衡量各行各业现代化水平的一个重要标志。同时，控制理论的发展也经历了古典控制理论、现代控制理论和智能控制理论三个阶段。智能控制的典型实例是模糊全自动洗衣机等。自动控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系

统。一个控制系统包括控制器、传感器、变送器、执行机构、输入输出接口。控制器的输出经过输出接口、执行机构，加到被控系统上；控制系统的被控量，经过传感器，变送器，通过输入接口送到控制器。不同的控制系统，其传感器、变送器、执行机构是不一样的。比如压力控制系统要采用压力传感器。电加热控制系统的传感器是温度传感器。目前，PID 控制及其控制器或智能 PID 控制器（仪表）已经很多，产品已在工程实际中得到了广泛的应用，有各种各样的 PID 控制器产品，各大公司均开发了具有 PID 参数自整定功能的智能调节器(intelligent regulator)，其中 PID 控制器参数的自动调整是通过智能化调整或自校正、自适应算法来实现。有利用 PID 控制实现的压力、温度、流量、液位控制器，能实现 PID 控制功能的可编程控制器(PLC)，还有可实现 PID 控制的 PC 系统等等。可编程控制器(PLC)是利用其闭环控制模块来实现 PID 控制，而可编程控制器(PLC)可以直接与 ControlNet 相连，如 Rockwell 的 PLC-5 等。还有可以实现 PID 控制功能的控制器，如 Rockwell 的 Logix 产品系列，它可以直接与 ControlNet 相连，利用网络来实现其远程控制功能。

1.4 PID控制原理及相关介绍

目前工业自动化水平已成为衡量各行各业现代化水平的一个重要标志。同时，控制理论的发展也经历了古典控制理论、现代控制理论和智能控制理论三个阶段。智能控制的典型实例是模糊全自动洗衣机等。自动控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系统。一个控制系统包括控制器、传感器、变送器、执行机构、输入输出接口。控制器的输出经过输出接口、执行机构，加到被控系统上；控制系统的被控量，经过传感器，变送器，通过输入接口送到控制器。不同的控制系统，其传感器、变送器、执行机构是不一样的。比如压力控制系统要采用压力传感器，电加热控制系统的传感器是温度传感器。目前，PID 控制及其控制器或智能 PID 控制器（仪表）已经很多，产品已在工程实际中得到了广泛的应用，有各种各样的 PID 控制器产品，各大公司均开发了具有 PID 参数自整定功能的智能调节器(intelligent regulator)，其中 PID 控制器参数的自动调整是通过智能化调整或自校正、自适应算法来实现。有利用 PID 控制实现的压力、温度、流量、液位控制器，能实现 PID 控制功能的可编程控制器(PLC)，还有可实现 PID 控制的 PC 系统等等。可编程控制器(PLC)是利用其闭环控制模块来实现 PID 控制，而可编程控制器(PLC)可以直接与 ControlNet 相连，如 Rockwell 的 PLC-5 等。还有可以实现 PID 控制功能的控制器，如 Rockwell 的 Logix 产品系列，它可以直接与 ControlNet 相连，利用网络来实现其远程控制功能。

1.4.1 自动控制原理介绍

开环控制系统(open-loop control system)是指被控对象的输出(被控制量)对控制器(controller)的输出没有影响。在这种控制系统中，不依赖将被控量反送回来以形成任何闭环回路。

闭环控制系统(closed-loop control system)的特点是系统被控对象的输出(被控制量)

会反送回来影响控制器的输出,形成一个或多个闭环。闭环控制系统有正反馈和负反馈,若反馈信号与系统给定值信号相反,则称为负反馈(Negative Feedback),若极性相同,则称为正反馈,一般闭环控制系统均采用负反馈,又称负反馈控制系统。闭环控制系统的例子很多。比如人就是一个具有负反馈的闭环控制系统,眼睛便是传感器,充当反馈,人体系统能通过不断的修正最后作出各种正确的动作。如果没有眼睛,就没有了反馈回路,也就成了一个开环控制系统。例如,当一台真正的全自动洗衣机具有能连续检查衣物是否洗净,并在洗净之后能自动切断电源,它就是一个闭环控制系统。

阶跃响应是指将一个阶跃输入(step function)加到系统上时,系统的输出。稳态误差是指系统的响应进入稳态后,系统的期望输出与实际输出之差。控制系统的性能可以用稳、准、快三个字来描述。稳是指系统的稳定性(stability),一个系统要能正常工作,首先必须是稳定的,从阶跃响应上看应该是收敛的;准是指控制系统的准确性、控制精度,通常用稳态误差来(Steady-state error)描述,它表示系统输出稳态值与期望值之差;快是指控制系统响应的快速性,通常用上升时间来定量描述。

1.4.2 PID控制的原理和特点

在工程实际中,应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制,简称PID控制,又称PID调节。PID控制器问世至今已有近70年历史,它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。当被控对象的结构和参数不能完全掌握,或得不到精确的数学模型时,控制理论的其它技术难以采用时,系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定,这时应用PID控制技术最为方便。即当我们不完全了解一个系统和被控对象,或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时,最适合用PID控制技术。PID控制,实际中也有PI和PD控制。PID控制器就是根据系统的误差,利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制的。

比例(P)控制:比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差(Steady-state error)。

积分(I)控制:积分控制中,控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统,如果在进入稳态后存在稳态误差,则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统(System with Steady-state Error)。为了消除稳态误差,在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分,随着时间的增加,积分项会增大。这样,即便误差很小,积分项也会随着时间的增加而加大,它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小,直到等于零。因此,比例+积分(PI)控制器,可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

微分(D)控制:在微分控制中,控制器的输出与输入误差信号的微分(即误差的变化率)成正比关系。自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件(环节)或有滞后(delay)组件,具有抑制误差的作用,其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”,

即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的，比例项的作用仅是放大误差的幅值，而目前需要增加的是“微分项”，它能预测误差变化的趋势，这样，具有比例+微分的控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例+微分(PD)控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。

1.4.3 PID控制器的参数整定

PID控制器的参数整定是控制系统设计的核心内容。它是根据被控过程的特性确定PID控制器的比例系数、积分时间和微分时间的大小。PID控制器参数整定的方法很多，概括起来有两大类：一是理论计算整定法。它主要是依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器参数。这种方法所得到的计算数据未必可以直接用，还必须通过工程实际进行调整和修改。二是工程整定方法，它主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，在工程实际中被广泛采用。PID控制器参数的工程整定方法，主要有临界比例法、反应曲线法和衰减法。三种方法各有其特点，其共同点都是通过试验，然后按照工程经验公式对控制器参数进行整定。但无论采用哪一种方法所得到的控制器参数，都需要在实际运行中进行最后调整与完善。现在一般采用的是临界比例法。利用该方法进行PID控制器参数的整定步骤如下：(1)首先预选择一个足够短的采样周期让系统工作；(2)仅加入比例控制环节，直到系统对输入的阶跃响应出现临界振荡，记下这时的比例放大系数和临界振荡周期；(3)在一定的控制度下通过公式计算得到PID控制器的参数。

在实际调试中，只能先大致设定一个经验值，然后根据调节效果修改。

对于温度系统：P (%) 20--60，I (分) 3--10，D (分) 0.5—3

对于压力系统：P (%) 30--70，I (分) 0.4—3

对于液位系统：P (%) 20--80，I (分) 1—5

参数整定找最佳，从小到大顺序查

先是比例后积分，最后再把微分加

曲线振荡很频繁，比例度盘要放大

曲线漂浮绕大湾，比例度盘往小扳

曲线偏离回复慢，积分时间往下降

曲线波动周期长，积分时间再加长

曲线振荡频率快，先把微分降下来

动差大来波动慢。微分时间应加长

理想曲线两个波，前高后低4比1

一看二调多分析，调节质量不会低

1.5 PWM 技术原理及相关介绍

采样控制理论中有一个重要结论：冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环

节上时，其效果基本相同。PWM 控制技术就是以该结论为理论基础，对半导体开关器件的导通和关断进行控制，使输出端得到一系列幅值相等而宽度不相等的脉冲，用这些脉冲来代替正弦波或其他所需要的波形。按一定的规则对各脉冲的宽度进行调制，既可改变逆变电路输出电压的大小，也可改变输出频率。PWM 控制的基本原理很早就已经提出，但是受电力电子器件发展水平的制约，在上世纪 80 年代以前一直未能实现。直到进入上世纪 80 年代，随着全控型电力电子器件的出现和迅速发展，PWM 控制技术才真正得到应用。随着电力电子技术、微电子技术和自动控制技术的发展以及各种新的理论方法，如现代控制理论、非线性系统控制思想的应用，PWM 控制技术获得了空前的发展。到目前为止，已出现了多种 PWM 控制技术，根据本次设计需要，这里我主要介绍 2 种 PWM 控制技术的方法。

1.5.1 电流控制 PWM

电流控制 PWM 的基本思想是把希望输出的电流波形作为指令信号，把实际的电流波形作为反馈信号，通过两者瞬时值的比较来决定各开关器件的通断，使实际输出随指令信号的改变而改变。其实现方案主要有以下 3 种。

1. 滞环比较法

这是一种带反馈的 PWM 控制方式，即每相电流反馈回来与电流给定值经滞环比较器，得出相应桥臂开关器件的开关状态，使得实际电流跟踪给定电流的变化。该方法的优点是电路简单，动态性能好，输出电压不含特定频率的谐波分量。其缺点是开关频率不固定造成较为严重的噪音，和其他方法相比，在同一开关频率下输出电流中所含的谐波较多。

2. 三角波比较法

该方法与 SPWM 法中的三角波比较方式不同，这里是把指令电流与实际输出电流进行比较，求出偏差电流，通过放大器放大后再和三角波进行比较，产生 PWM 波。此时开关频率一定，因而克服了滞环比较法频率不固定的缺点。但是，这种方式电流响应不如滞环比较法快。

3. 预测电流控制法

预测电流控制是在每个调节周期开始时，根据实际电流误差，负载参数及其它负载变量，来预测电流误差矢量趋势，因此，下一个调节周期由 PWM 产生的电压矢量必将减小所预测的误差。该方法的优点是，若给调节器除误差外更多的信息，则可获得比较快速、准确的响应。目前，这类调节器的局限性是响应速度及过程模型系数参数的准确性。

1.5.2 非线性控制 PWM 单周控制法

又称积分复位控制（Integration Reset Control, 简称 IRC），是一种新型非线性控制技术，其基本思想是控制开关占空比，在每个周期使开关变量的平均值与控制参考电压相等或成一定比例。该技术同时具有调制和控制的双重性，通过复位开关、积分器、触发电路、比较器达到跟踪指令信号的目的。单周控制器由控制器、比较器、积分器及

时钟组成，其中控制器可以是RS触发器。

单周控制在控制电路中不需要误差综合，它能在一个周期内自动消除稳态、瞬态误差，使前一周期的误差不会带到下一周期。虽然硬件电路较复杂，但其克服了传统的PWM控制方法的不足，适用于各种脉宽调制软开关逆变器，具有反应快、开关频率恒定、鲁性强等优点，此外，单周控制还能优化系统响应、减小畸变和抑制电源干扰，是一种很有前途的控制方法

2. 温度控制系统的设计

2.1 设计任务要求

设计并制作一个闭环加热控制系统，且对该系统有如下要求：

- 1) 以PID控制器为主控器；
- 2) 以PWM控制功率管的通断来执行温度控制算法；
- 3) 温度控制范围：环境温度至60℃；
- 4) 温度控制误差±1℃；
- 5) 采用ADC220V或ADC380V作为加热部件的电源。

2.2 初始方案

根据该设计要实现的基本功能，设计大致应该分为温度采样部分、主机控制部分、数码管显示部分、加热部分、电源部分五个部分。

- ① 温度采样部分通过DS18B20传感器监测温度箱温度。

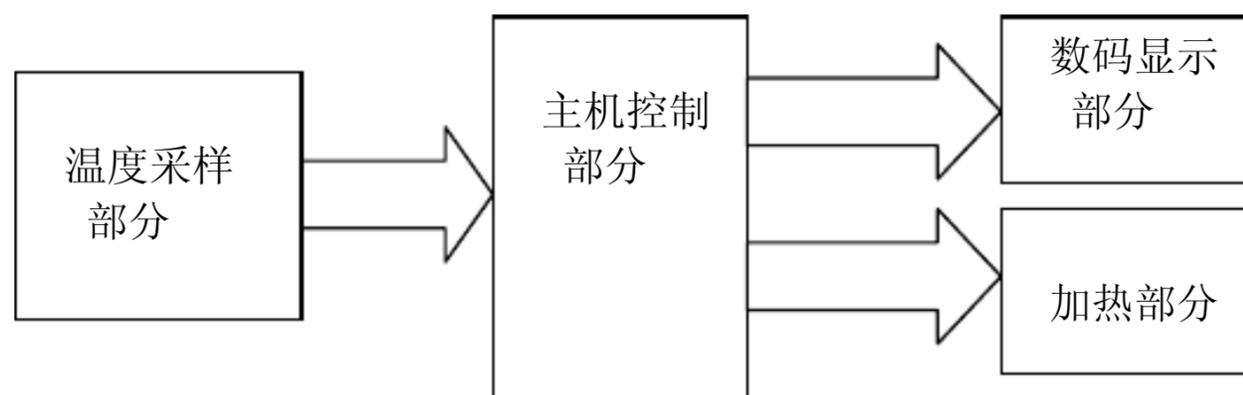


图 2.1 设计思想框图

- ② 主机控制部分是通过AT89C52单片机将接收到的温度参数进行必要的转换，然后采取控制措施。

- ③ 数码管显示部分显示温度值，让我们对温度箱内的温度有一个明确的认识。

- ④ 加热管控制部分，使加热过程能按设计要求加热。

- ⑤ 电源部分，用来满足控制过程中所需电源电压。

根据对上面设计系统的分析，我们得到该设计思想框图如下图 2.1所示

2.3 系统方案的选择

设计一个温度控制系统有许多方案可以实现，根据设计课题的要求可以从模块电路的结构设计、元件的选择等方面进行比较选择。下面就来对各方案进行比较选择。

2.3.1 传感器部分

(1) 方案一：

热敏电阻

优点：可测量到小范围内的温度，变化率较大，固有电阻大，无需延长导线时的误差补偿。

缺点：变化率非线性，不适合测量高温区。

采用热敏电阻，成本比较低，其本身结构也比较简单，工作原理也比较简单易懂，在测量温度方面可满足 40 摄氏度至 90 摄氏度测量范围，但热敏电阻在测量温度系统中具有许多难于克服的问题：首先，热敏电阻的精度、重复性、可靠性较差，对于检测 1 摄氏度的信号是不适用的。其次，在温度测量系统中，采用单片温度传感器，比如 AD590, LM3 等。但这些芯片输出的都是模拟信号，必须跟 A/D 转换芯片相配合，经过 A/D 转换后才能送给计算机，这样就使得测温装置的结构较复杂，给硬件的制作带来很多麻烦，甚至造成硬件系统的瘫痪。再次，这种测温装置的一根线上只能挂一个传感器，不能进行多点测量。即使能实现，也要用到复杂的算法，一定程度上也增加了软件实现的难度。

(2) 方案二：

数字温度芯片 DS18B20

美国 DALLAS 公司生产的芯片 DS18B20 总线数字温度传感器，具有微型化、低功耗、高抗性、抗干扰能力强、可组网等功能。它测温分辨率高，为 12 位即分辨率达 0.0625℃；在 0—85℃ 温度范围误差仅 0.5℃。

在测温系统中，传统的测温方法是将模拟信号远距离采样进行 AD 转换，而为了获得较高的测温精度，就必须采取措施解决由长线传输，测量切换及放大电路零点漂移等造成的误差补偿问题。采用数字温度芯片 DS18B20 测量温度，输出信号全数字化。便于单片机处理及控制，省去传统的测温方法的很多外围电路。且该芯片的物理化学性很稳定，它能用做工业测温元件，此元件线形较好。在 0~100 摄氏度时，最大线形偏差小于 1 摄氏度。DS18B20 的最大特点之一采用了单总线的数据传输，由数字温度计 DS1820 和微控制器 AT89S51 构成的温度测量装置，它直接输出温度的数字信号，可直接与计算机连接。这样，测温系统的结构就比较简单，体积也不大，因此可以非常容易实现多点测量。轻松的组建传感器网络。

采用温度芯片 DS18B20 测量温度，可以体现系统芯片化趋势。部分功能电路的集成，使总体电路更简洁，搭建电路和焊接电路时更快。而且，集成块的使用，有效地避免外界的干扰，提高测量电路的精确度。所以集成芯片的使用将成为电路发展的一种趋势。本方案应用这一温度芯片，也是顺应这一趋势。

(3) 方案选择

比较以上两个方案，本系统选择了数字温度芯片 DS18B20 测量温度，其与热电阻比

较具有以下等优点:精度高、性能好、适应性强、电路设计简单、具有扩展性,符合本系统的设计要求所以在温度传感器方面选择 DS18B20。最主要是 DS18B20 可直接将温度转化为串行数字信号,因此特别适合和单片机配合使用。

2.3.2单片机部分

(1) 方案一

ATMEGA16 单片机

ATMEGA16 单片机是高性能、低功耗的 8 位 AVR®微处理器。AVR 内核具有丰富的指令集和 32 个通用工作寄存器。所有的寄存器都直接与算逻单元(ALU)相连接,使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。这种结构大大提高了代码效率,并且具有比普通的 CISC 微控制器最高至 10 倍的数据吞吐率。

Atmega16 有如下特点:16K 字节的系统内可编程 Flash(具有同时读写的能力,即 RWW), 512 字节 EEPROM, 1K 字节 SRAM, 32 个通用 I/O 口线, 32 个通用工作寄存器, 用于边界扫描的 JTAG 接口, 支持片内调试与编程, 三个具有比较模式的灵活的定时器/计数器(T/C), 片内/外中断, 可编程串行 USART, 有起始条件检测器的通用串行接口, 8 路 10 位具有可选差分输入级可编程增益(TQFP 封装)的 ADC, 具有片内振荡器的可编程看门狗定时器, 一个 SPI 串行端口, 以及六个可以通过软件进行选择的省电模式。工作于空闲模式时 CPU 停止工作, 而 USART、两线接口、A/D 转换器、SRAM、T/C、SPI 端口以及中断系统继续工作; 掉电模式时晶体振荡器停止振荡, 所有功能除了中断和硬件复位之外都停止工作; 在省电模式下, 异步定时器继续运行, 允许用户保持一个时间基准, 而其余功能模块处于休眠状态; ADC 噪声抑制模式时终止 CPU 和除了异步定时器与 ADC 以外所有 I/O 模块的工作, 以降低 ADC 转换时的开关噪声; Standby 模式下只有晶体或谐振振荡器运行, 其余功能模块处于休眠状态, 使得器件只消耗极少的电流, 同时具有快速启动能力; 扩展 Standby 模式下则允许振荡器和异步定时器继续工作。本芯片是以 Atmel 高密度非易失性存储器技术生产的。片内 ISP Flash 允许程序存储器通过 ISP 串行接口, 或者通用编程器进行编程, 也可以通过运行于 AVR 内核之中的引导程序进行编程。引导程序可以使用任意接口将应用程序下载到应用 Flash 存储区(Application Flash Memory)。在更新应用 Flash 存储区时引导 Flash 区(Boot Flash Memory)的程序继续运行, 实现了 RWW 操作。通过将 8 位 RISC CPU 与系统内可编程的 Flash 集成在一个芯片内, ATmega16 成为一个功能强大的单片机, 为许多嵌入式控制应用提供了灵活而低成本的解决方案。

(2) 方案二

AT89S52 单片机

AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS8 位微控制器, 具有 8K 在系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造, 与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程, 亦适于常规编程器。在单芯片

上，拥有灵巧的8位CPU和在系统可编程Flash，使得AT89S52为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。

AT89S52具有以下标准功能：8k字节Flash，256字节RAM，32位I/O口线，看门狗定时器，2个数据指针，三个16位定时器/计数器，一个6向量2级中断结构，全双工串行口，片内晶振及时钟电路。另外，AT89S52可降至0Hz静态逻辑操作，支持2种软件可选择节电模式。空闲模式下，CPU停止工作，允许RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作。掉电保护方式下，RAM内容被保存，振荡器被冻结，单片机一切工作停止，直到下一个中断或硬件复位为止。

(3) 方案选择

比较以上两个方案，本系统选择了AT89S52单片机。AT89S52单片机拥有灵巧的8位CPU和在系统可编程Flash，使得AT89S52为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。且功能强大，灵活而成本低，并且运行稳定。

2.3.3 显示部分

(1) 方案一

此方案采用LED数码管显示数据。本系统需要2只数码管来显示温度。线路连接复杂。但利用数码管显示的优点是控制简单，价格便宜，功耗低可以实现高亮度显示；不足之处是只能显示0-9以及几个字母信息。数码管的亮度高，成本低，寿命长，可靠性高，驱动电路灵活。

(2) 方案二

此方案采用采用LCD液晶显示数据和相关信息。使用1602液晶显示模块可以方便显示必要的字符串信息和数据，有着非常良好的人机交互界面，其体积小，显示控制方便、显示内容丰富、超薄轻巧，能耗小，比CRT显示器小的多，节约能源。液晶显示器还存在的缺点：有可视角度，亮度还比不上CRT显示器等。

(3) 方案选择

考虑到可用性、可操作性、可靠性、亮度和成本问题，本系统选择了方案一：LED数码管显示。

3 硬件电路设计

下面就对各个模块的功能、实现形式和使用的主要芯片作详细介绍。

每一个设计都要以一定的知识为基础，知识的多少在一定程度上决定了设计出来的东西的好坏程度，这些知识包括硬件知识和软件知识。硬件知识用来设计硬件电路，以实现电路的放大、驱动、采集、隔离、匹配等功能。软件知识用来设计芯片处理数据的先后顺序，数据的获得途径以及对数据做怎样的处理，还有其他的一些驱动和显示功能等等。当然，在硬件电路里一些芯片是必不可少的，软件设计也需要对芯片进行编程序。

本章将介绍本次设计用到的一些基本知识和主要芯片。

3.1 设计使用的基本知识介绍

我们在学校里学到的几乎都属于基本知识,它是指最最基础的东西,我们只有掌握了它才能作更深一步的学习。在实际的应用中,基本知识的掌握程度至关重要,它影响到应用的好坏。本设计应用到的基本的硬件和软件知识将在本节里作简单的介绍。

本设计用到的硬件知识主要有:模拟电子技术、数字电子技术、单片机、电子线路的设计与调试。

在模拟电子技术方面,主要用来放大器检测信号和驱动 MOS 管来控制加热过程。数字电子技术用来把模拟量转换成数字量,把从传感器检测到的模拟量转换成数字值。利用单片机实现综合控制。

3.2 温度采样电路的设计

本系统的温度测量电路部分主要采用智能温度传感器 DS18B20。DS18B20 是美国 DALLAS 半导体公司生产的 1-WIRE 数字温度传感器,也是世界上第一片支持“一线总线”接口的温度传感器。一线总线独特而且经济的特点,使用户可轻松地组建传感器网络,为测量系统的构建引入全新概念。DS18B20、DS1822 “一线总线”数字化温度传感器同 DS1820 一样,DS18B20 也支持“一线总线”接口,测量温度范围为 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$,在 $-10\sim+85^{\circ}\text{C}$ 范围内,精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。现场温度直接以“一线总线”的数字方式传输,大大提高了系统的抗干扰性。适合于恶劣环境的现场温度测量,如:环境控制、设备或过程控制、测温类消费电子产品等。与前一代产品不同,新的产品支持 $3\text{V}\sim 5.5\text{V}$ 的电压范围,使系统设计更灵活、方便。而且新一代产品更便宜,体积更小。DS18B20 可以程序设定 9~12 位的分辨率,精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。可选更小的封装方式,更宽的电压适用范围。分辨率设定,及用户设定的报警温度存储在 EEPROM 中,掉电后依然保存。DS18B20 的性能是新一代产品中最好的!性能价格比也非常出色!DS1822 与 DS18B20 软件兼容,是 DS18B20 的简化版本。省略了存储用户定义报警温度、分辨率参数的 EEPROM,精度降低为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,适用于对性能要求不高,成本控制严格的应用,是经济型产品。继“一线总线”的早期产品后,DS1820 开辟了温度传感器技术的新概念。DS18B20 和 DS1822 使电压、特性及封装有更多的选择,让我们可以构建适合自己的经济的测温系统。

智能温度传感器 DS18B20 将温度传感器、寄存器、接口电路集成在一个芯片中。本系统采用 DS18B20,就可以采用一根信号线实现信号的双向传输,具有接口简单,节省 I/O 口线,便于扩展和维护等优点。所以,本系统的油温测量部分就利用了 DS18B20 的这些优点。

温度采样电路的结构如图 3.1 所示,外接一个 5V 的独立电源。DQ 数字信号输入/输出端与电源间接上一个 4.7K 的上拉电阻,上拉就是将不确定的信号通过一个电阻嵌位在高电平,电阻同时起限流作用。

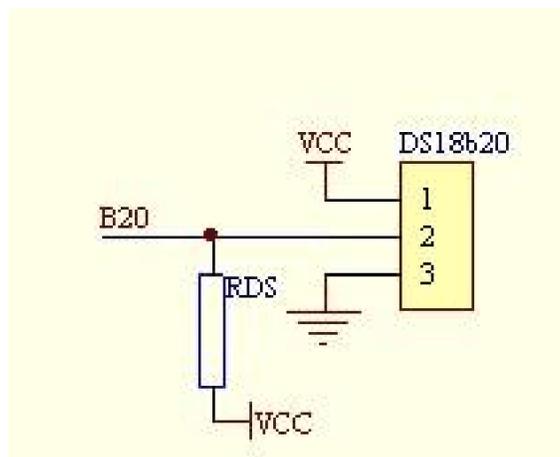


图 3.1 温度采样电路

DS18B20 的内部结构:

DS18B20 内部结构主要由四部分组成: 64 位光刻 ROM、温度传感器、非挥发的温度报警触发器 TH 和 TL、配置寄存器。DS18B20 的管脚排列如图 3.2 所示。

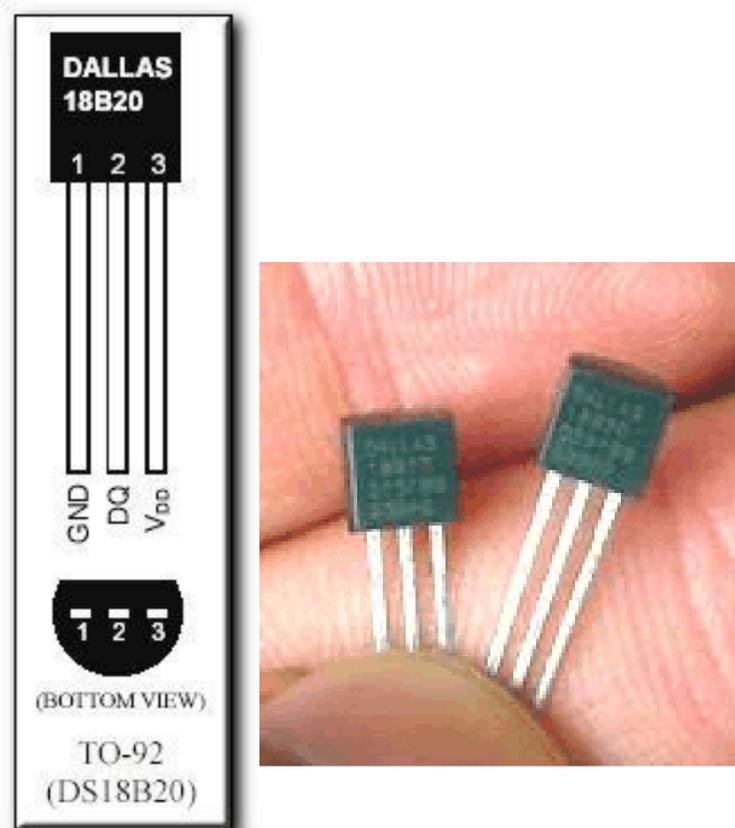


图 3.2 DS18B20 的管脚排列

DQ 为数字信号输入/输出端; GND 为电源地; VDD 为外接供电电源输入端 (在寄生电源接线方式时接地)。

光刻 ROM 中的 64 位序列号是出厂前被光刻好的, 它可以看作是 该 DS18B20 的地址序列码。64 位光刻 ROM 的排列是: 开始 8 位 (28H) 是产品类型标号, 接着的 48 位是该 DS18B20 自身的序列号, 最后 8 位是前面 56 位的循环冗余校验码 (CRC=X8+X5+X4+1)。光刻 ROM 的作用是使每一个 DS18B20 都各不相同, 这样就可以实现一根总线上挂接多个 DS18B20 的目的。

DS18B20 中的温度传感器可完成对温度的测量, 以 12 位转化为例: 用 16 位符号扩展的二进制补码读数形式提供, 以 0.0625 °C/LSB 形式表达, 其中 S 为符号位。温度标准

格式如表 3-1 所示。

表 3-1 DS18B20 的温度标准格式

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
LS Byte	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
MS Byte	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

这是 12 位转化后得到的 12 位数据，存储在 DS18B20 的两个 8 比特的 RAM 中，二进制中的前面 5 位是符号位，如果测得的温度大于 0，这 5 位为 0，只要将测到的数值乘以 0.0625 即可得到实际温度；如果温度小于 0，这 5 位为 1，测到的数值需要取反加 1 再乘以 0.0625 即可得到实际温度。例如 +125℃ 的数字输出为 07D0H，+25.0625℃ 的数字输出为 0191H，-25.0625℃ 的数字输出为 FF6FH，-55℃ 的数字输出为 FC90H。

表 3-2 温度/数据关系表 2

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT(Binary)	DIGITAL OUTPUT(Hex)
+125℃	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85℃	0000 0111 1101 0000	0550h
+25.0625℃	0000 0001 1001 0000	0191h
+10.125℃	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5℃	0000 0000 0000 1000	0008h
0℃	0000 0000 0000 0000	000h
-0.5℃	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125℃	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625℃	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55℃	1111 1100 1001 0000	FC90h

The power-on reset value of the temperature register is +85

DS18B20 温度传感器的存储器 DS18B20 温度传感器的内部存储器包括一个高速暂存 RAM 和一个非易失性的可电擦除的 E2RAM，后者存放高温度和低温度触发器 TH、TL 和结构寄存器。

暂存存储器包含了 8 个连续字节，前两个字节是测得的温度信息，第一个字节的内容是温度的低八位，第二个字节是温度的高八位。第三个和第四个字节是 TH、TL 的易失性拷贝，第五个字节是结构寄存器的易失性拷贝，这三个字节的内容在每一次上电复位时被刷新。第六、七、八个字节用于内部计算。第九个字节是冗余检验字节。

表 3-3 DS1820 暂存寄存器分布

寄存器内容	字节地址
温度最低数字位	0

温度最高数字位	1
高温限值	2
低温限值	3
保留	4
保留	5
计数剩余值	6
每度计数值	7
CRC 校验	8

该字节各位的意义如下：

TM R1 R0 1 1 1 1 1

低五位一直都是 1，TM 是测试模式位，用于设置 DS18B20 在工作模式还是在测试模式。在 DS18B20 出厂时该位被设置为 0，用户不要去改动。R1 和 R0 用来设置分辨率，如下表所示：（DS18B20 出厂时被设置为 12 位）

表 3-4 分辨率设置表

R1	R0	分辨率	温度最大转换时间
0	0	9 位	93.75ms
0	1	10 位	187.5ms
1	0	11 位	375ms
1	1	12 位	750ms

根据 DS18B20 的通讯协议，主机控制 DS18B20 完成温度转换必须经过三个步骤：每一次读写之前都要对 DS18B20 进行复位，复位成功后发送一条 ROM 指令，最后发送 RAM 指令，这样才能对 DS18B20 进行预定的操作。

表 3-5 ROM 操作指令表

指令	约定代码	功能
读 ROM	33H	读 DS1820ROM 中的编码（即读 64 位地址）
符合 ROM	55H	发出此命令之后，接着发出 64 位 ROM 编码，访问单线总线上与该编码相对应的 DS1820 使之做出响应，为下一步对该 DS1820 的读写作准备
搜索 ROM	0F0H	用于确定挂接在同一总线上 DS1820 的个数和识别 64 位 ROM 地址，为操作各器件作好准备
跳过 ROM	0CCH	忽略 64 位 ROM 地址，直接向 DS1820 发温度变换命令，适用于单片工作
告警搜索命令	0ECH	执行后，只有温度超过设定值上限或下限的片子才做出响应。

表 3-6 存储器操作指令表

指令	约定代码	功能
温度变换	44H	启动 DS1820 进行温度转换,转换时间最长为 500ms (典型为 200ms), 结果存入内部 9 字节 RAM 中
读暂存器	0BEH	读内部 RAM 中 9 字节的内容
写暂存器	4EH	发出向内部 RAM 的第 3、4 字节写上、下限温度数据命令, 紧跟改命令之后, 是传送两字节的数据
复制暂存器	48H	将 RAM 中第 3、4 字节内容复制到 E2PRAM 中
重调 E2PRAM	0B8H	将 E2PRAM 中内容复制到 RAM 中第 3、4 字节
读供电方式	0B4H	读 DS1820 的供电模式, 寄生供电时 DS1820 发送“0,” 外接电源供电 DS1820 发送“1”

DS18B20 虽然具有测温系统简单、测温精度高、连接方便、占用接口线少等优点,但在实际应用中也应注意以下几方面的问题:

(1) 较小的硬件开销需要相对复杂的软件进行补偿, 由于 DS18B20 与微处理器间采用串行数据传送, 因此, 在对 DS1820 进行读写编程时, 必须严格的保证读写时序, 否则将无法读取测温结果。在使用 PL/M、C 等高级语言进行系统程序设计时, 对 DS18B20 操作部分最好采用汇编语言实现。

(2) 在 DS18B20 的有关资料中均未提及单总线上所挂 DS18B20 数量问题, 容易使人误认为可以挂任意多个 DS18B20, 在实际应用中并非如此。当单总线上所挂 DS18B20 超过 8 个时, 就需要解决微处理器的总线驱动问题, 这一点在进行多点测温系统设计时要加以注意。

(3) 连接 DS18B20 的总线电缆是有长度限制的。试验中, 当采用普通信号电缆传输长度超过 50m 时, 读取的测温数据将发生错误。当将总线电缆改为双绞线带屏蔽电缆时, 正常通讯距离可达 150m, 当采用每米绞合次数更多的双绞线带屏蔽电缆时, 正常通讯距离进一步加长。这种情况主要是由总线分布电容使信号波形产生畸变造成的。因此, 在用 DS18B20 进行长距离测温系统设计时要充分考虑总线分布电容和阻抗匹配问题。

(4) 在 DS18B20 测温程序设计中, 向 DS18B20 发出温度转换命令后, 程序总要等待 DS18B20 的返回信号, 一旦某个 DS18B20 接触不好或断线, 当程序读该 DS18B20 时, 将没有返回信号, 程序进入死循环。这一点在进行 DS18B20 硬件连接和软件设计时也要给予一定的重视。

3.3 显示电路的设计

数码管由发光二极管构成, 它是一种将电能转变成光能的半导体器件。简称 LED (Light Emitting Diode) 它是实现单片机与人机对话的重要输出设备。

动态显示驱动: 数码管动态显示接口是单片机中应用最为广泛的一种显示方式之

一，动态驱动是将所有数码管的 8 个显示笔划“a, b, c, d, e, f, g, dp”的同名端连在一起，另外为每个数码管的公共极 COM 增加位选通控制电路，位选通由各自独立的 I/O 线控制，当单片机输出字形码时，所有数码管都接收到相同的字形码，但究竟是那个数码管会显示出字形，取决于单片机对位选通 COM 端电路的控制，所以我们只要将需要显示的数码管的选通控制打开，该位就显示出字形，没有选通的数码管就不会亮。通过分时轮流控制各个数码管的的 COM 端，就使各个数码管轮流受控显示，这就是动态驱动。在轮流显示过程中，每位数码管的点亮时间为 1~2ms，由于人的视觉暂留现象及发光二极管的余辉效应，尽管实际上各位数码管并非同时点亮，但只要扫描的速度足够快，给人的印象就是一组稳定的显示数据，不会有闪烁感，动态显示的效果和静态显示是一样的，能够节省大量的 I/O 端口，而且功耗更低。

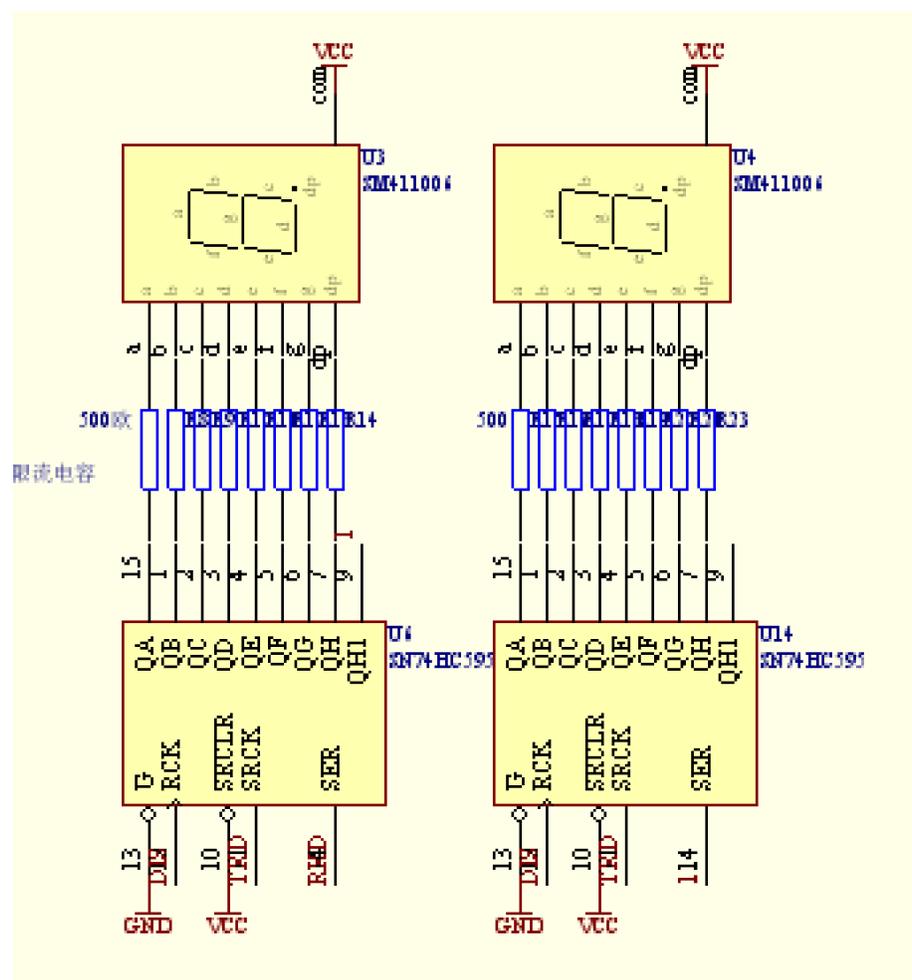


图 3.3 显示电路图

本设计采用 74HC595 位输出锁存器的移位寄存器，这种高速移位寄存器采用先进的硅栅 CMOS 技术。该器件具有高噪声免疫和标准 CMOS 低功耗集成电路，以及能够驱动 15 最小二乘-TTL 电负载。该器件包含一个 8 位串行，并行输出移位寄存器该饲料的 8 位 D 型存储寄存器。贮存注册有 8 三 STATEÉ 输出。独立时钟同时规定，移位寄存器和存储寄存器。移位寄存器具有直接的首要明确，串行输入，和串行输出（标准）引脚用于级联。无论是移位寄存器和存储寄存器使用上升沿触发时钟。如果两个时钟连在一起时，移位寄存器状态将永远是一个时钟脉冲前存储寄存器。所有输入保护，由于静电放电破坏的内部的二极管钳位到 VCC 和地。设计电路图如图 3.3。

3.4 加热电路的设计

按照本设计的要求，以 PWM 技术控制功率管的通断来执行温度控制算法，为了使加热更能适应温度控制的要求，本设计的加热电路采用 30V 的电压来对功率管进行加热。然而，单片机的工作电压为 5V，所以需用光电耦合器实现单片机与加热电路的隔离，它用在控制部分和加热电路部分之间以免影响控制部分电源的品质。光耦合器的主要优点是单向传输信号，输入端与输出端完全实现了电气隔离，抗干扰能力强，使用寿命长，传输效率高。光电耦合是由发光器件和受光器件组成一体的光耦合器件的总称，它能将电机产生的干扰电流隔离掉。这里我采用 A3120 光电耦合器。

该 HCPL3120 包含一个砷化镓的 LED 光耦一个带有电源集成电路输出级。该光耦尤其适用于动力 IGBT 和 MOSFET 的使用、马达控制变频器的应用。对于工作电压高于输出级范围的规定德情况，所需的驱动电压由门控制的设备控制。其提供的电压和电流使得理想光耦合器适合直接驱动的 IGBT，其收视率高达 1200V/100。对于评级较高的 IGBT，在 HCPL-3120 可以用来驱动分立功率级可驱动 IGBT 的门。

按照要求设计加热电路图如如图 3.4。

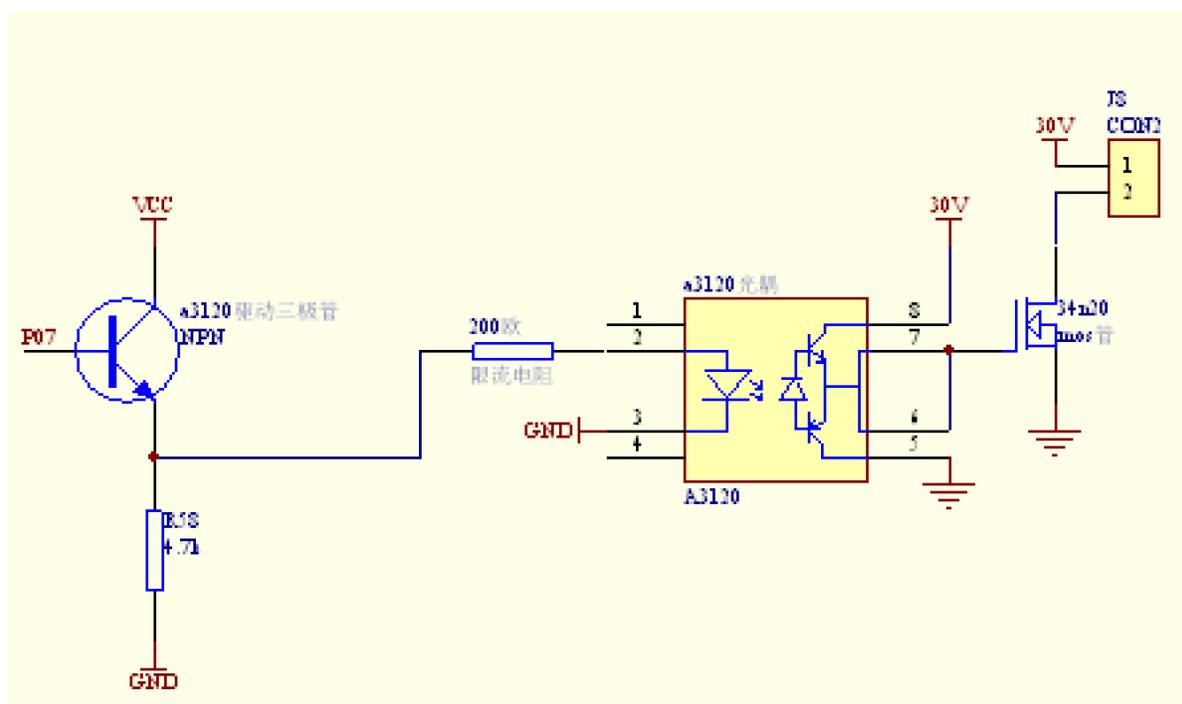


图 3.4 加热电路图

3.5 电源电路的设计

3.5.1 单片机驱动电源电路

系统所需电源为 5V 的单片机工作电压和加热电路所需的 30V 加热电源，驱动单片机的电源电路设计如图 3.5，其中电源为 5V 直流电压源。LED 指示灯为确定是否有电，电容功能为滤波。

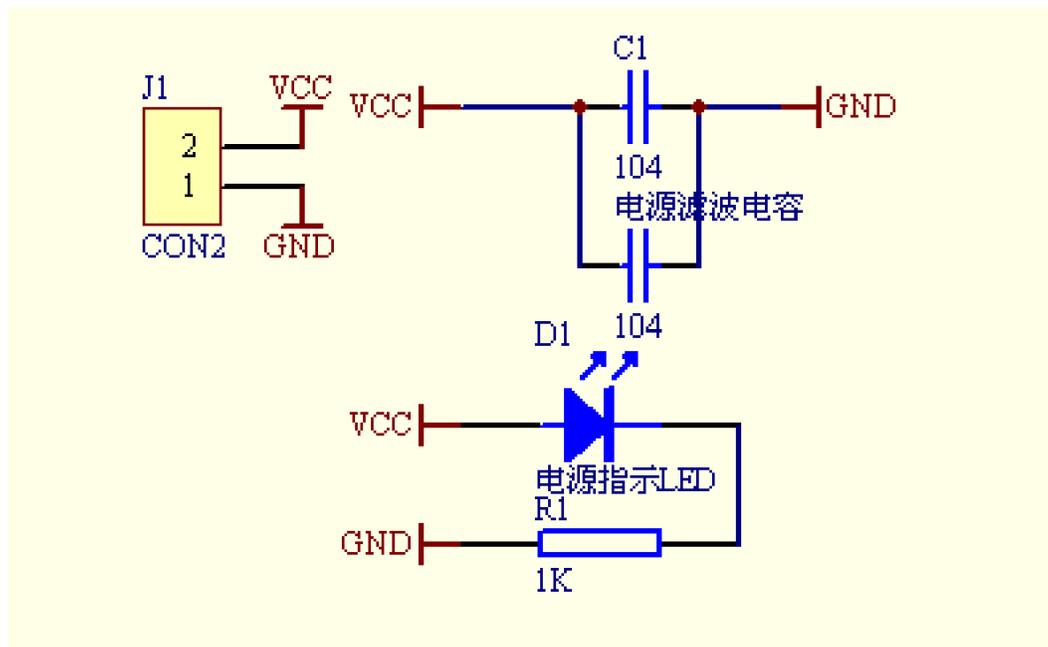


图 3.5 单片机驱动电源电路图

3.5.2 加热电源电路

加热管加热电路电源设计如图 3.6

其中 LED 电源指示灯是为了提示电源的通断，对电路是否得电有个直观的认识方便操作和避免产生不必要的无操作。为了保证电路得到的是一个稳定的电流，对电路并联一个滤波电容，过滤干扰。

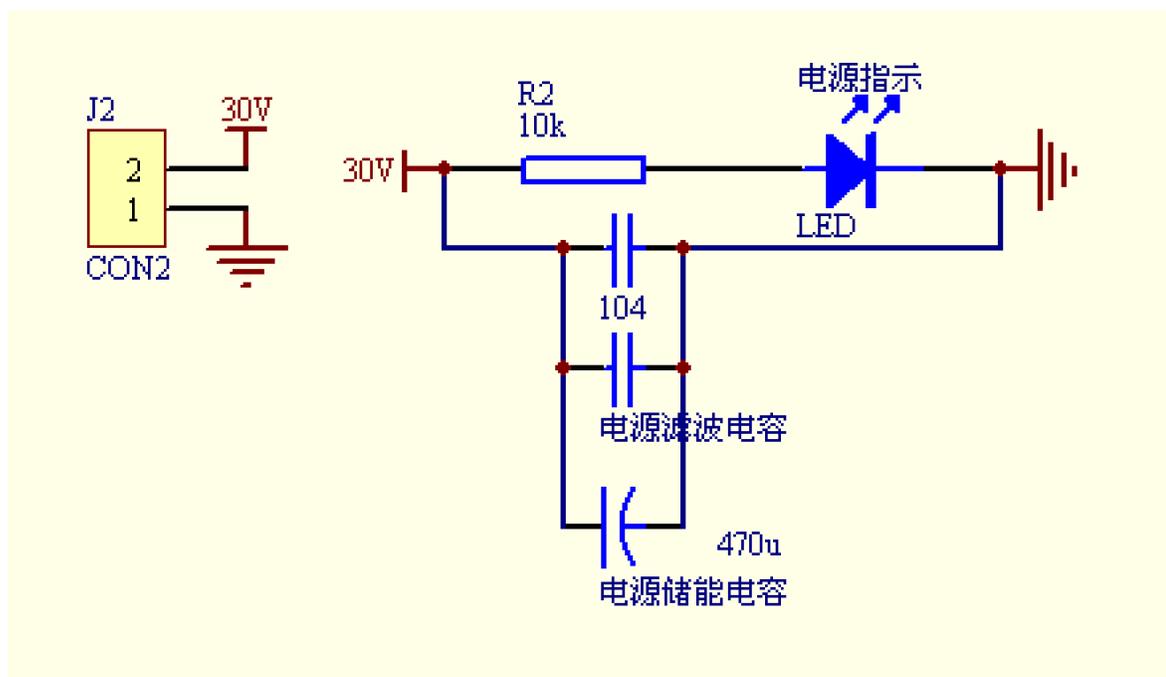


图 3.6 加热电源电路图

3.6 按键设计

由于操作需要，本设计需 3 个按键，分别为单片机的复位按钮、设置模式和运行模式的切换按钮、温度设置的操作按钮。对应单片机的接口，分别设计如图 3.7。

复位按钮是为了给单片机进行复位的。

设置窗口按钮是为了对控制模式和设定模式之间的切换。

温度设置按钮时来设置需达到的控制温度值。

调节三个按钮，来完成我们所需的控制过程。

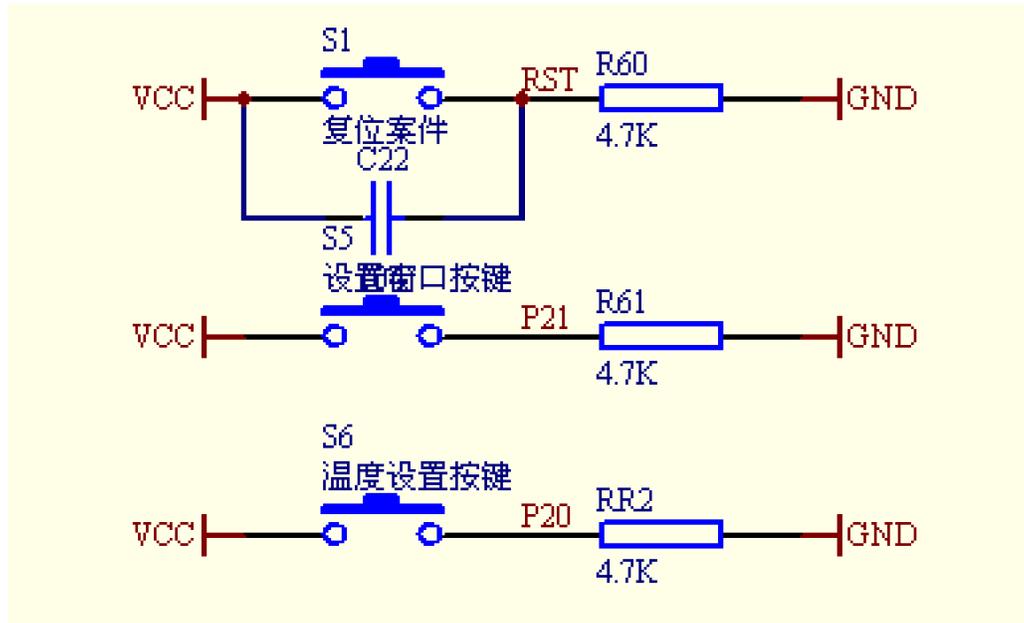


图 3.7 按键电路图

3.7 主机控制电路的设计

89S52 单片机介绍

AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS8 位微控制器，具有 8K 在系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造，与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程，亦适于常规编程器。在单芯片上，拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash，使得 AT89S52 为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。AT89S52 具有以下标准功能：8k 字节 Flash，256 字节 RAM，32 位 I/O 口线，看门狗定时器，2 个数据指针，三个 16 位定时器/计数器，一个 6 向量 2 级中断结构，全双工串行口，片内晶振及时钟电路。

引脚结构如图

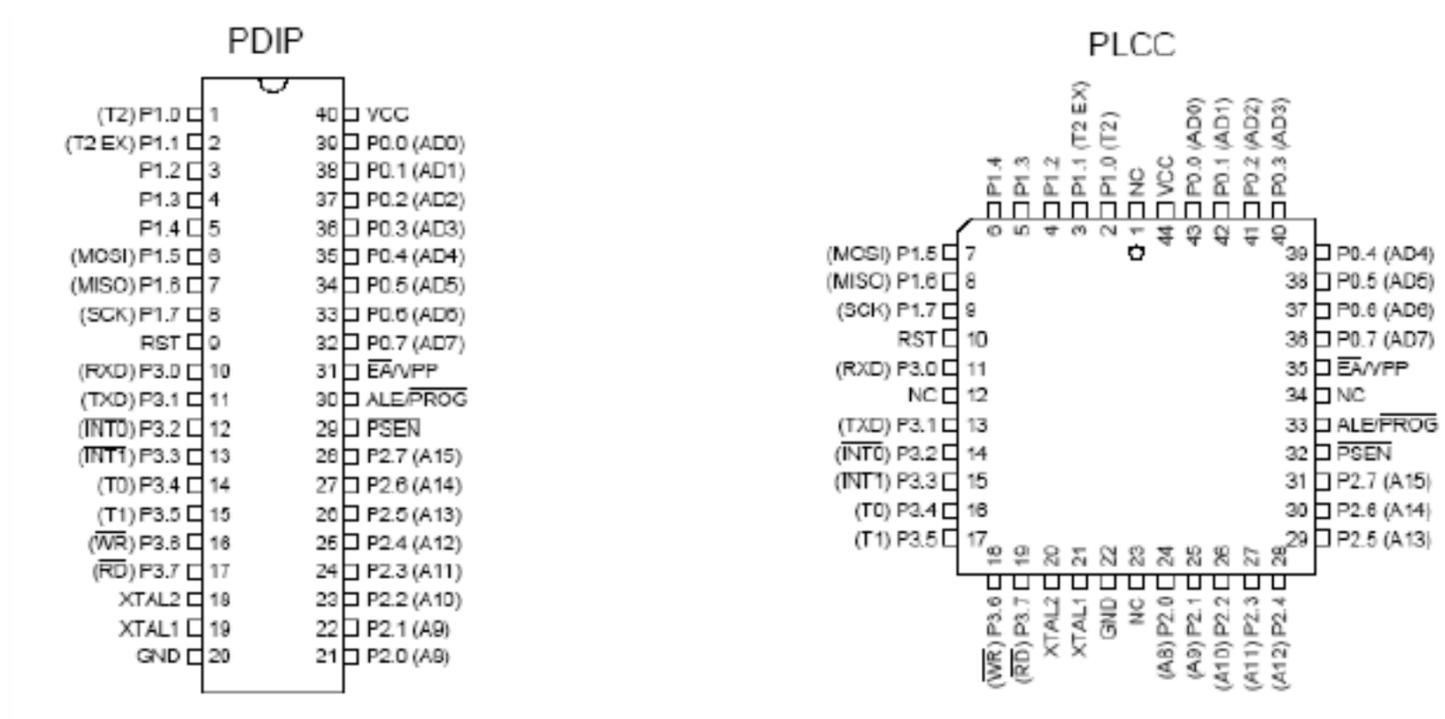


图 3.8 AT89S52 的管脚排列

引脚介绍

VCC: 电源

GND: 地

P0 口: P0 口是一个 8 位漏极开路的双向 I/O 口。作为输出口, 每位能驱动 8 个 TTL 逻辑电平。对 P0 端口写“1”时, 引脚用作高阻抗输入。当访问外部程序和数据存储器时, P0 口也被作为低 8 位地址/数据复用。在这种模式下, P0 具有内部上拉电阻。在 flash 编程时, P0 口也用来接收指令字节; 在程序校验时, 输出指令字节。程序校验时, 需要外部上拉电阻。

P1 口: P1 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, p1 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P1 端口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。此外, P1.0 和 P1.2 分别作定时器/计数器 2 的外部计数输入 (P1.0/T2) 和定时器/计数器 2 的触发输入 (P1.1/T2EX), 具体如下表所示。在 flash 编程和校验时, P1 口接收低 8 位地址字节

引脚号 第二功能

P1.0 T2 (定时器/计数器 T2 的外部计数输入), 时钟输出

P1.1 T2EX (定时器/计数器 T2 的捕捉/重载触发信号和方向控制)

P1.5 MOSI (在系统编程用)

P1.6 MISO (在系统编程用)

P1.7 SCK (在系统编程用)

P2 口: P2 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P2 端口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。在访问外部程序存储器或用 16 位地址读取外部数据存储器 (例如执行 MOVX @DPTR) 时, P2 口送出高 8 位地址。在这种应用中, P2 口使用很强的内部上拉发送 1。在使用 8 位地址 (如 MOVX@RI) 访问外部数据存储器时, P2 口输出 P2 锁存器的内容。在 flash 编程和校验时, P2 口也接收高 8 位地址字节和一些控制信号。

P3 口: P3 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, p2 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P3 端口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。P3 口亦作为 AT89S52 特殊功能 (第二功能) 使用, 如下表所示。在 flash 编程和校验时, P3 口也接收一些控制信号。

引脚号第二功能

P3.0 RXD (串行输入)

P3.1 TXD (串行输出)

P3.2 INT0 (外部中断 0)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/107156164136010005>