
具体内容：

- 1) 自己给出系统的闭环传递函数的表达式
- 2) 自己设定系统性能指标
- 3) 书面设计一个计算机控制系统的硬件布线连接图
- 4) 硬件布线连接图转化为系统结构图
- 5) 选择一种控制算法
- 6) 软件工程知识编写程序流程图
- 7) 在 **MATLAB** 下进行编程和仿真，给出单位阶跃函数的输出结果表
- 8) 进行系统的可靠性和抗干扰性的分析

目录

第一部分 设计任务.....	1
1.1 课程设计任务题目及要求	1
1.2 课程设计任务对象与设计的分析论证	2
1.2.1 控制对象的分析与说明.....	2
1.2.2 被控对象传递函数的确定	2
1.2.3 系统设计的一般步骤和要点	3
第二部分 设计方案.....	4
2.1 设计方案分析论证.....	4
2.1.1 控制对象特性分析.....	4
2.1.2 算法选择.....	6
2.1.3 控制器设计.....	6
2.2 系统方框图	14
2.2.1 控制系统结构示意图.....	14
2.2.2 硬件结构框图	14
2.3 程序设计流程图.....	15
2.3.1 主程序流程图	15
2.3.2 温度采集流程图	16
2.3.3 达林算法及其控制量输出流程图.....	17
2.4 软件实现.....	18
第三部分 电路设计	19
3.1 器件选型	19
3.1.1 控制芯片的选择.....	19
3.1.3 A/D 转换器的选择.....	19
3.1.4 D/A 转换器的选择.....	20
3.2 温度检测电路与整形放大滤波电路	20
3.3 A/D 转换电路	21
3.4 D/A 转换电路	21
3.5 数码管显示电路.....	22
第四部分 整机电路图.....	23
第五部分 安装调试及性能检测.....	24
5.1 系统仿真.....	24
5.2 抗干扰性能分析.....	25
5.3 元件清单	27
第六部分 心得体会	28
参考文献.....	29
附程序	30

第一部分 设计任务

1.1 课程设计任务题目及要求

题目：具有纯滞后一阶惯性系统的计算机控制系统设计

要求：

- 1、 针对一个具有纯滞后的一阶惯性环节

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1}$$

的温度控制系统和给定的系统性能指标：

✧ 工程要求相角裕度为 $30^\circ \sim 60^\circ$ ，幅值裕度 $>6\text{dB}$

✧ 要求测量范围 $-50^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ ，测量精度 0.5% ，分辨率 0.2°C

- 2、 书面设计一个计算机控制系统的硬件布线连接图，并转化为系统结构图；
- 3、 选择一种控制算法并借助软件工程知识编写程序流程图；
- 4、 用 MATLAB 和 SIMULINK 进行仿真分析和验证；

对象确定： $K=10*\log(C*C-\text{sqrt}(C))$, $\text{rand}('state', C)$, $T=\text{rand}(1)$,

考虑 $\theta=0$ 或 $T/2$ 两种情况。

C 为学号的后 3 位数，如 $C=325$ ， $K=115.7$ ， $T=0.9824$ ， $\theta=0$ 或 0.4912

- 5、 进行可靠性和抗干扰性的分析。

1.2 课程设计任务对象与设计的分析论证

1.2.1 控制对象的分析与说明

由所给设计任务可知，本设计的控制对象是一个含有具有大时滞的一阶惯性环节

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1}$$

的系统，而在通常的温度控制系统中，控制对象往往就可以视作含有一个大纯时延时间的一阶惯性环节的系统，故本次计算机控制系统设计则可以以一个温度控制系统为例设计：加热炉温度控制系统。目的是保持被加热液体的温度与设定值尽量一致，当系统出现干扰时能够较快地恢复到设定值。

1.2.2 被控对象传递函数的确定

根据 $K=10*\log(C*C-\text{sqrt}(C))$, $\text{rand}('state', C)$, $T=\text{rand}(1)$, $\theta=0$ 或 $T/2$, C 为学号后 3 位数的条件，加上本人的学号为 201130613317，故可用 MATLAB 计算得：

```
>> C=317
C =
    317
>> K=10*log(C*C-sqrt(C))
K =
   115.1763
>> rand('state',C)
>> T=rand(1)
T =
    0.8470
```

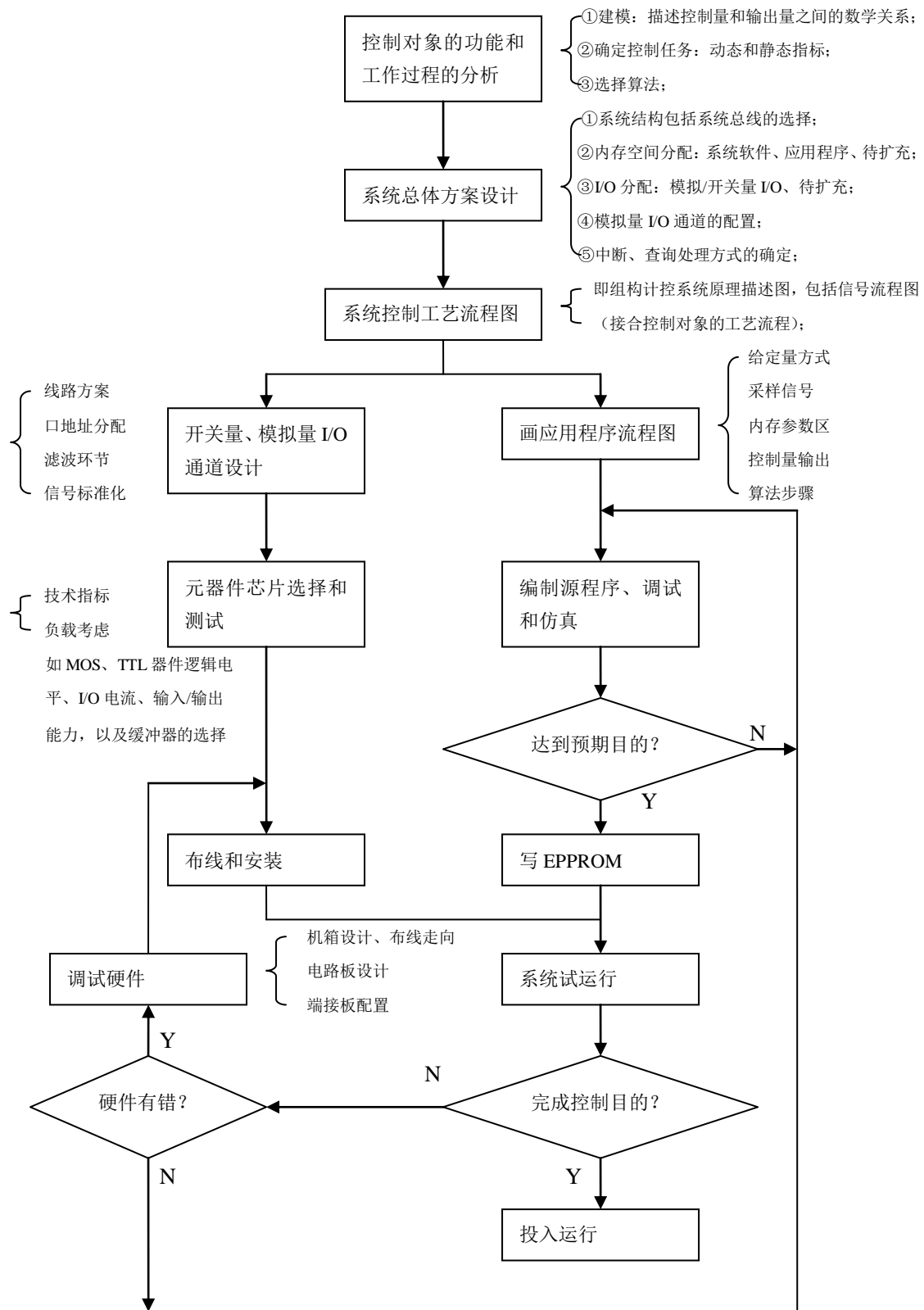
由要求可得 $\theta=0$ 或 0.4235

(1) 当无纯时延时， $\theta=0$ ，被控对象传递函数为：
$$G(s) = \frac{115.1763}{0.8470s + 1}$$

(2) 当纯时延为 $T/2$ ($\theta=0.4235$)，被控对象传递函数为：
$$G(s) = \frac{115.1763e^{-0.4235s}}{0.8470s + 1}$$

针对以上两种情况，需要分别进行分析，以取得预期效果。

1.2.3 系统设计的一般步骤和要点



第二部分 设计方案

2.1 设计方案分析论证

2.1.1 控制对象特性分析

(1) 当没有纯时延时，即 $\theta=0$ 时，
$$G(s) = \frac{115.1763}{0.8470s + 1}$$

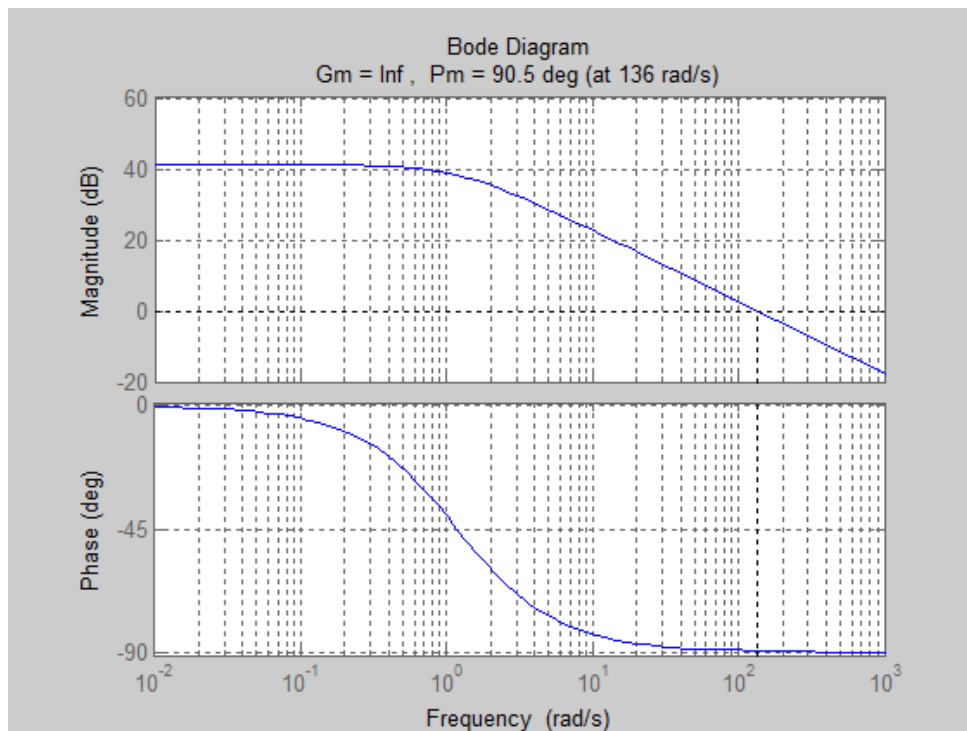
用 MATLAB 绘出其波特图：

程序为：

```
num=[115.1763]
den=[0.8470 1]
g=tf(num,den);
margin(g);
grid on;
```

```
num =
    115.1763
den =
    0.8470    1.0000
```

波特图为：



由上图可知，系统幅值裕度为无穷(Inf)，但相角裕度为 90.5deg，不满足系统要求。

(2) 当 $\theta = 0.4235$ 时, 有较大纯时延, $G(s) = \frac{115.1763e^{-0.4235s}}{0.8470s+1}$

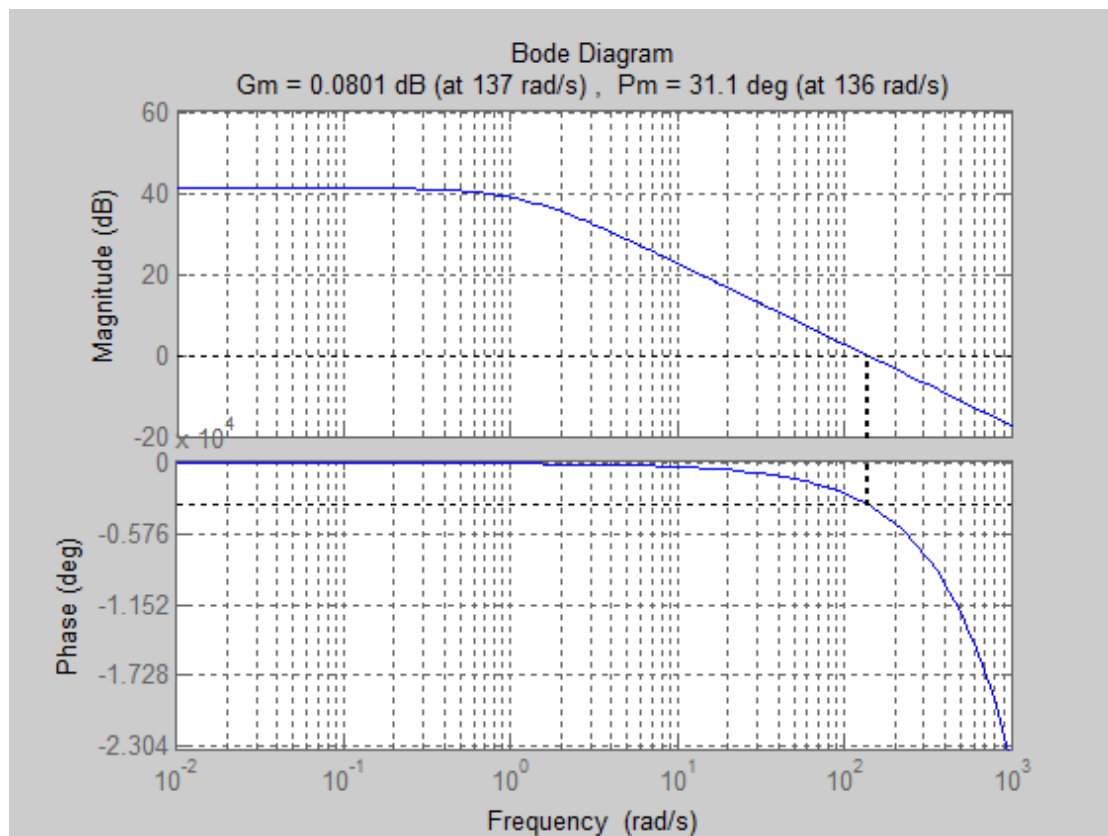
用 MATLAB 绘出其波特图:

程序为:

```
num=[115.1763]
den=[0.8470 1]
g=tf(num,den,'iodelay', 0.4235);
margin(g);
grid on;
```

```
num =
    115.1763
den =
    0.8470    1.0000
```

波特图为:



由上图可知, 幅值裕度为 0.0801dB<6dB, 相角裕度为 31.1deg, 也不满足题目要求。故需对对象进行合理控制使其工作符合要求。

综上所述, 需对 $\theta=0$ 和 $\theta=0.4235$ 的情况分别进行设计。

2.1.2 算法选择

- **最小拍无纹波**：即最少调整时间系统，在给定某种典型输入（如单位阶跃输入、单位速度输入或单位加速度输入）条件下，通过设计一个控制规律使得闭环系统输出具有最快的响应速度，且输出的采样点之间没有纹波。在满足系统的快速性、准确性、稳定性和可实现性条件下，设计出来的数字调节器可以实现无静差的稳定状态。但是最少拍系统存在着局限性：①对输入信号类型的适应性差；②对系统参数的变化敏感；③控制作用易超出允许的控制范围。
- **Dalín 算法**：在控制系统设计中，纯滞后往往是影响系统动态特性的不利因素，如在热工和化工的许多工业生产过程中，其被控对象模型的不确定性、参数随时间的漂移性和含有较大的纯滞后，如果要求控制系统在最少拍内达到稳态，则不但不能达到预期的效果，反而会引起系统产生大的超调或振荡。而事实上，对这类系统的控制要求，快速性是次要的，而主要要求系统没有超调或很少的超调。达林算法就是一种专门针对工业生产过程中的纯滞后控制对象的直接数字设计算法。
- 对温度控制系统的要求，主要是保证炉温按规定的温度工艺曲线变化，超调小或者无超调，稳定性好，不振荡，对系统的快速性要求不高。而 Dalín 算法的设计目标是对带时延的一阶或二阶惯性环节工业对象，设计一个数字调节器，使得整个闭环系统的传递函数为具有纯时延特性的一阶惯性环节，目的是使输出无超调或者超调很小。结合本次课程设计的控制对象数学模型，若其为不带延时的一阶惯性环节，则选用（1）方案，用最少拍无纹波来设计控制器；若其为带时延的一阶惯性环节，而设计目标就是无超调或者超调很小，故选用（2）方案，用 Dalín 算法来实现对系统的控制。

2.1.3 控制器设计

(1) 对于没有纯时延的系统， $\theta=0$ ，
$$G(s) = \frac{115.1763}{0.8470s + 1}$$

现采用最少拍无纹波设计方法设计该对象的控制器 $D(z)$ ，取采样周期为 $T=0.1T=0.08470s$ 。

设系统输入为单位阶跃输入 $1(t)$ ，则系统期望闭环传递函数为： $H(z) = z^{-1}$

$$G(z) = Z[G_h(s)G_0(s)] = (1-z^{-1})Z\left[\frac{115.1763}{s(0.8470s+1)}\right] = \frac{10.96}{z-0.9048}$$

用 matlab 进行 z 变换：

```
>> H=tf([0 115.1763],[0.8470 1])
```

H =

$$\frac{115.2}{0.847s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

```
>> Hd=c2d(H,0.08470,'zoh')
```

Hd =

$$\frac{10.96}{z - 0.9048}$$

Sample time: 0.0847 seconds

Discrete-time transfer function.

数字调节器控制规律 $D(z)$ 为:

$$D(z) = \frac{H(z)}{G(z)[1-H(z)]} = \frac{z-0.9048}{10.96} \times \frac{z^{-1}}{1-z^{-1}} = \frac{0.09124z-0.082555}{(z-1)}$$

系统开环脉冲传递函数为:

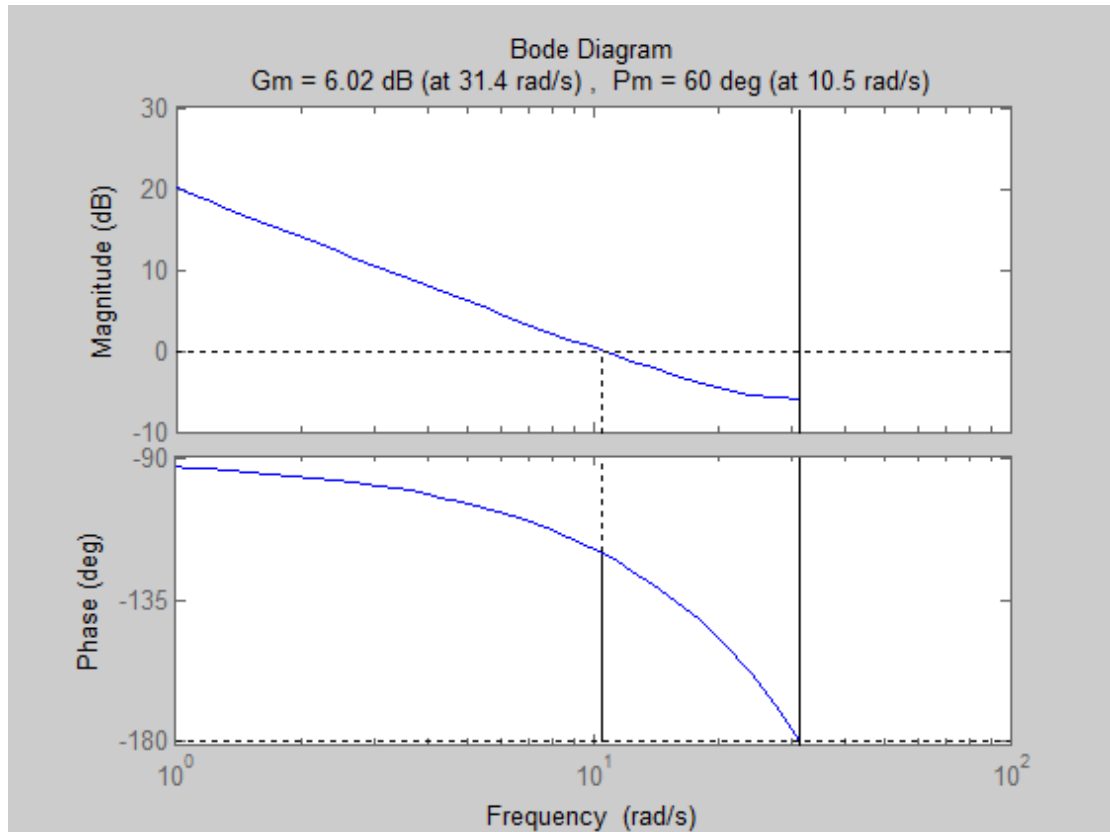
$$G_k(z) = D(z) G(z) = \frac{0.09124z-0.082555}{(z-1)} \times \frac{10.96}{z-0.9048} = \frac{z^{-1}}{1-z^{-1}}$$

因此, 对最少拍系统进行开环特性测试, MATLAB 程序以及运行结果如下:

```
>> Ts=0.1
dnum=[1]
dden=[1,-1]
Zk=tf(dnum,dden,Ts)
margin(Zk)
Ts =
    0.1000
dnum =
    1
dden =
```

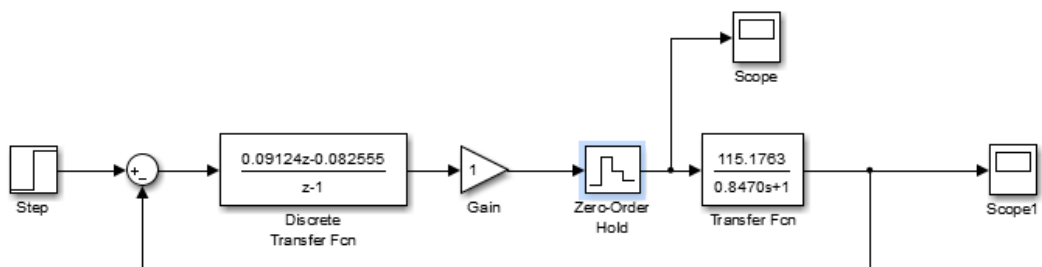
```

1      -1
Transfer function:
1
-----
z - 1
Sampling time: 0.1
    
```

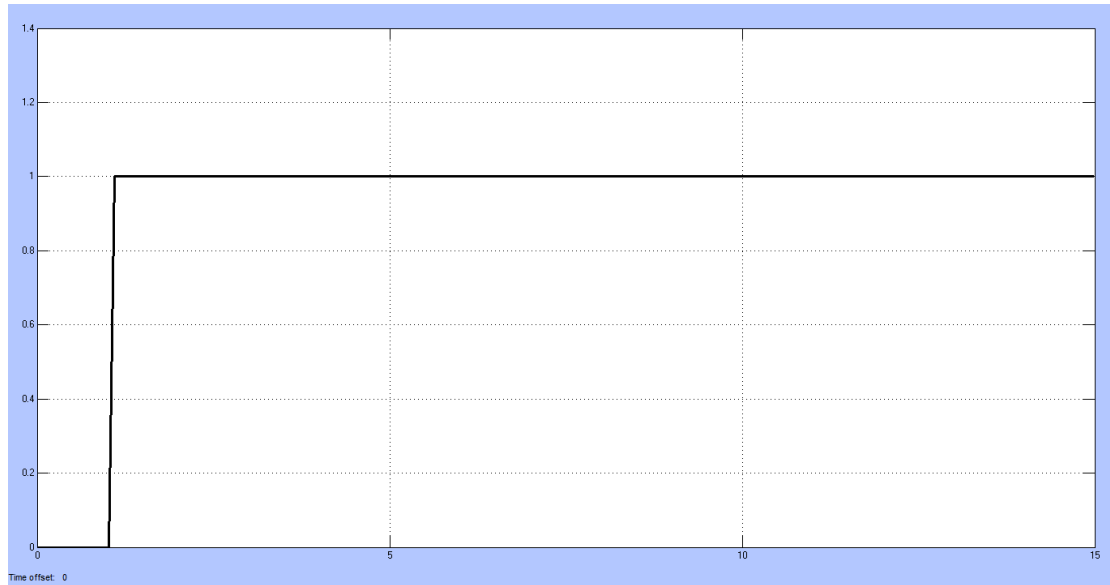


由上图可知系统幅值裕度为 6.02dB，相角裕度为 60deg，符合设计要求。

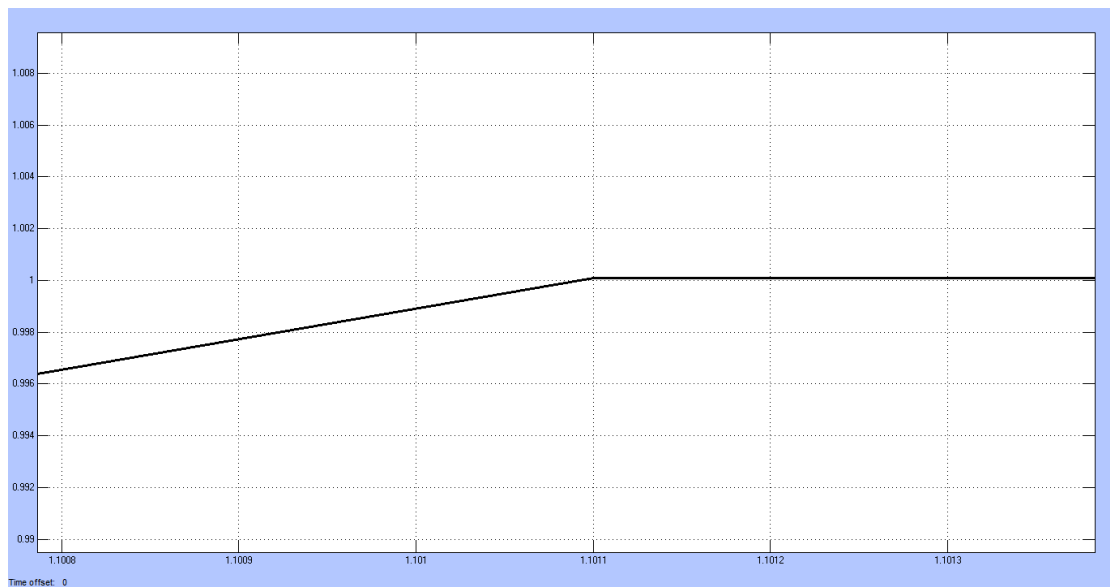
采用 MATLAB 的 SIMULINK 软件进行仿真，系统框图如下：



仿真结果如下：



放大后:



由上图可以看出， $t=1s$ 时给系统施加了单位阶跃给定输入信号，系统输出在 $0.1011s$ 内跟随了输入。当阶跃出现时，系统能够大约在一个采样周期（ $0.08470s$ ）后准确地跟随系统输入设定值，达到了性能设计要求。

(2) 此时若加入 $\theta=0.4235$ 的纯时延环节， $G(s)=\frac{115.1763e^{-0.4235s}}{0.8470s+1}$ ，设计如下：

由于控制对象的纯时延特性常导致控制系统的稳定性降低，过渡过程特性变坏。有资料指出，当对象的纯延迟时间与对象惯性时间常数 T_m 之比大于等于 0.5 时，采用常规 PID 算法难以获得良好的系统性能，因此考虑采用达林算法。

带纯时延特性的一阶惯性环节如下：

$$G(s) = \frac{115.1763e^{-0.4235s}}{0.847s + 1}$$

其中, $\theta = 0.4235$, $\tau_1 = 0.8470$, $K = 115.1763$ 。

由达林算法, 取得系统期望闭环传递函数为:

$$H(s) = \frac{e^{-0.4235s}}{0.848s + 1}$$

式中, $\tau = 0.848$, 大于 τ_1 , 则 $RA \leq 0$, 无振铃现象。

由于 $\theta = L \times T$, 取 $L = 2$, 可得采样周期 $T = \theta / 2 = 0.21175s$

$$\sigma = e^{-T/\tau} = 0.779, \quad \sigma_1 = e^{-T/\tau_1} = 0.7788$$

由以上数据可得系统期望闭环脉冲传递函数为:

$$H(z) = Z[G_h(s)H(s)] = z^{-L} \frac{(1-\sigma)z^{-1}}{1-\sigma z^{-1}} = \frac{0.221z^{-3}}{1-0.779z^{-1}}$$

被控对象的广义脉冲传递函数为:

$$G(z) = Z[G_h(s)G_0(s)] = K z^{-(L+1)} \frac{1-\sigma_1}{1-\sigma_1 z^{-1}} = 115.1763 \times \frac{0.2212z^{-3}}{1-0.7788z^{-1}} = \frac{25.477z^{-3}}{1-0.7788z^{-1}}$$

数字控制器的控制规律为:

$$D(z) = \frac{H(z)}{G(z)[1-H(z)]} = \frac{z^{-(L+1)}(1-\sigma)}{G(z)[1-\sigma z^{-1}-(1-\sigma)z^{-(L+1)}]} = \frac{0.0086745-0.0067557z^{-1}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}}$$

系统开环脉冲传递函数为:

$$G_k(z) = D(z)G(z) = \frac{0.0086745-0.0067557z^{-1}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}} \times \frac{25.477z^{-3}}{1-0.7788z^{-1}} = \frac{0.221z^{-3}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}}$$

加上比例的控制:

$$D(z) = \frac{0.0086745-0.0067557z^{-1}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}} \times 1.8 = \frac{0.0156-0.01216z^{-1}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}}$$

$$G_k(z) = \frac{0.221z^{-3}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}} \times 1.8 = \frac{0.3978z^{-3}}{1-0.779z^{-1}-0.221z^{-3}}$$

由以上结果, 通过 MATLAB 仿真结果如下:

输入程序:

```
Ts=0.21175
dnum=[0,0,0,0.221]
dden=[1,-0.779,0,-0.221]
```

```
Zk=tf(dnum,dden,Ts)
margin(Zk)
```

输出结果:

```
Ts =
    0.2117

dnum =
     0     0     0    0.2210

dden =
     1.0000    -0.7790     0    -0.2210

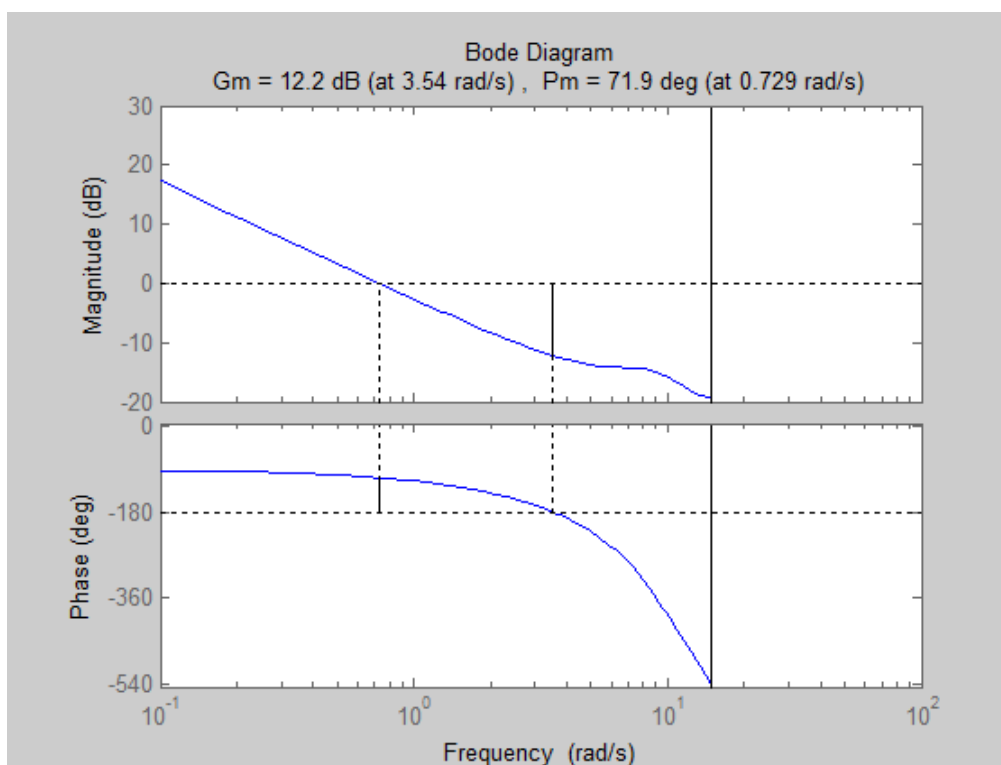
Zk =

    0.221

-----
z^3 - 0.779 z^2 - 0.221
```

Sample time: 0.21175 seconds

Discrete-time transfer function.



由上图可知，在未加入适当的比例增益，系统的幅值裕度为 12.2dB，相角裕度为 71.9deg，可见该系统并不符合设计要求，故需要加入适当的比例增益，降低系统的相角裕度。

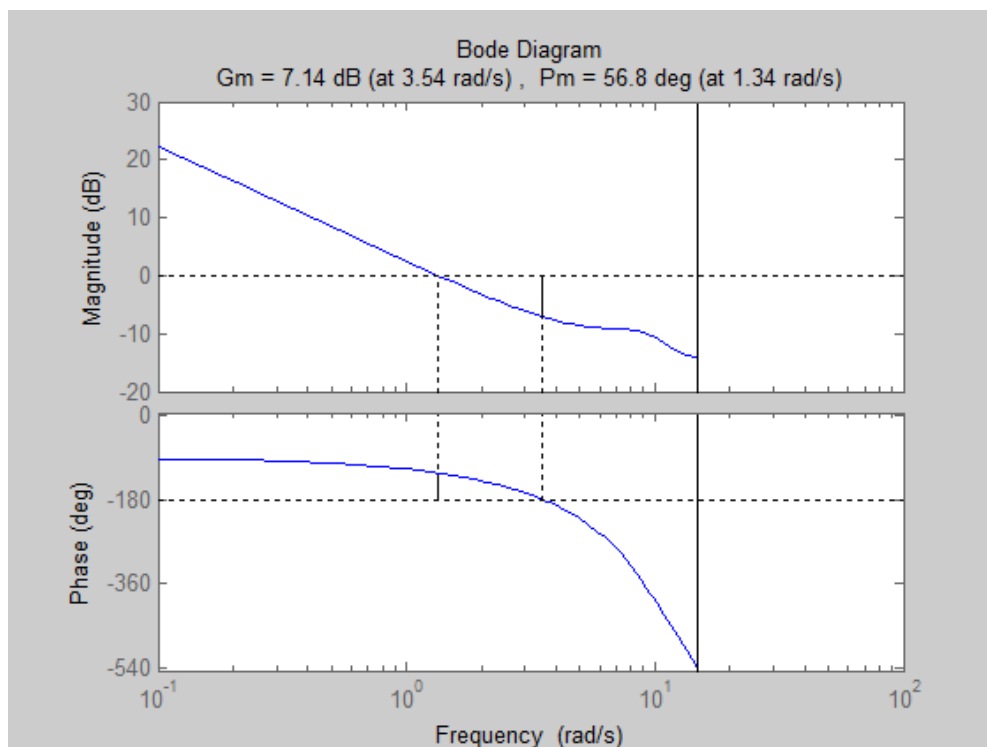
加入一个适当的比例增益 $K_0=1.8$ 之后，MATLAB 仿真程序以及结果如下：

输入程序：

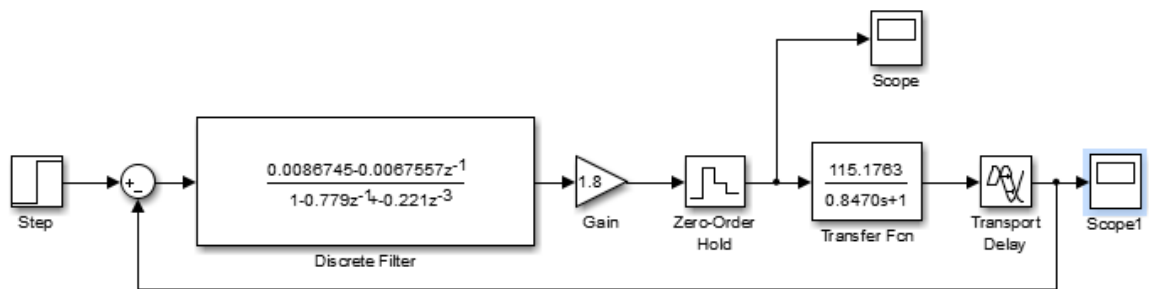
```
Ts=0.21175
dnum=[0,0,0,0.3978]
dden=[1,-0.779,0,-0.221]
Zk=tf(dnum,dden,Ts)
margin(Zk)
```

输出结果：

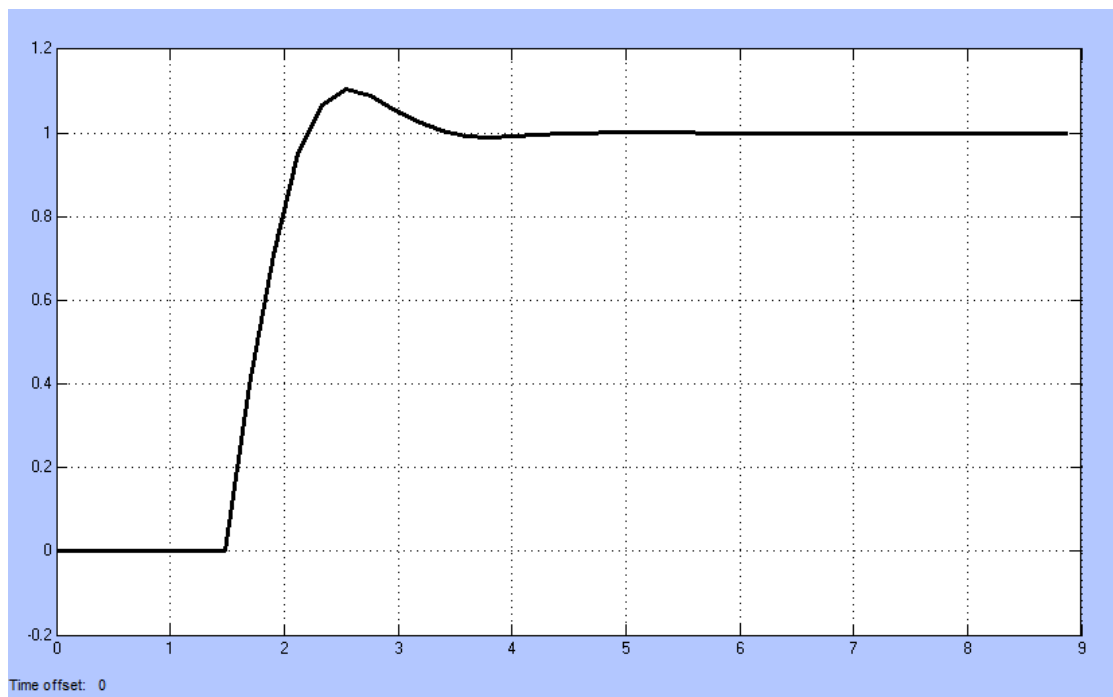
```
Ts =
    0.2117
dnum =
     0     0     0    0.3978
dden =
    1.0000   -0.7790     0   -0.2210
Zk =
    0.3978
-----
z^3 - 0.779 z^2 - 0.221
Sample time: 0.21175 seconds
Discrete-time transfer function.
```



由上图可知，系统的幅值裕度为 7.14dB，相角裕度为 56.8deg。可见，加入了一个 1.8 的比例增益之后，系统的性能能够符合设计要求。



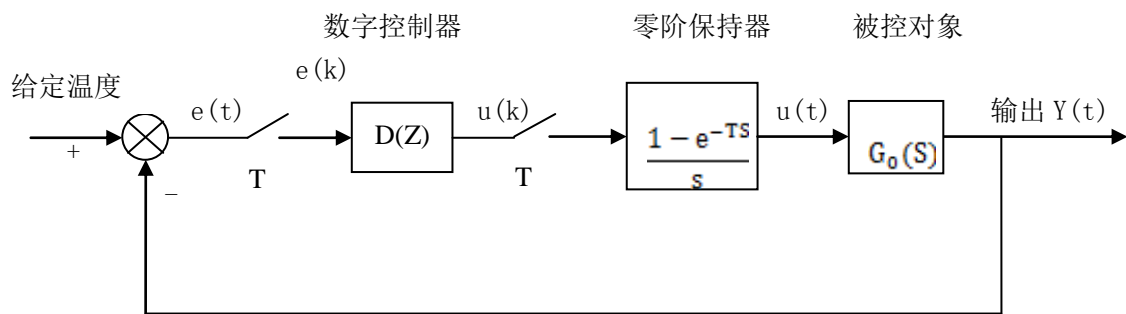
通过 SIMULINK 仿真的结果如下：



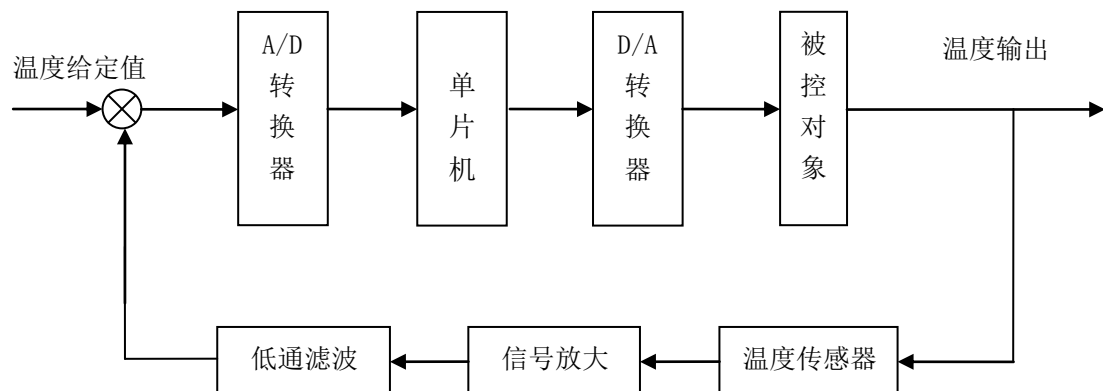
由上图可知，在 $t=1s$ 时对系统施加一个单位阶跃给定输入信号，在规定的采样周期时间之后一定的微小延迟，即 $\theta=0.4235s$ 后系统开始受控制器调节，并且最终以较大的衰减率达到稳态。系统相比于不使用达林算法的带纯时延环节的情况超调量大大减少；由于有大滞后纯时延环节，系统动态响应相比之前的无时延系统慢得多，但可以看出，通过达林算法设计控制器，调节时间仍在可以接受的范围，并且最终系统准确跟随输入信号，调节性能良好，整个系统性能足以满足设计要求。

2.2 系统方框图

2.2.1 控制系统结构示意图



2.2.2 硬件结构框图

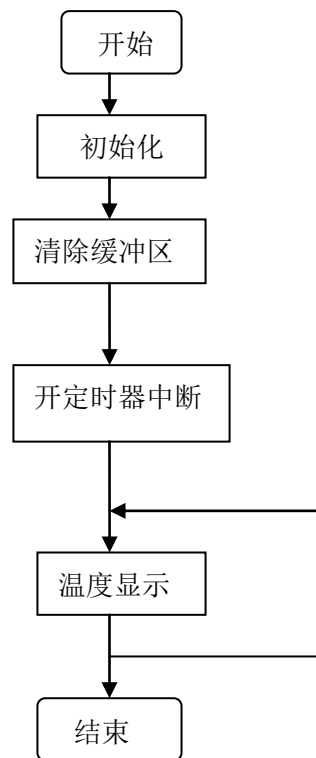


控制策略：温度传感器将温度信息变换为模拟电压信号后，将电压信号放大到 AVR 单片机可以处理的范围内，经过低通滤波，滤掉干扰信号与给定值比较，差值送入单片机。单片机利用 A/D 转换器对差值信号进行采样，相当于将差值送入数字控制器，运用达林算法计算出控制量，再经过 D/A 转换输出控制量作用于被控对象。通过加热丝来控制对象温度，使其温度与设定值相同或相近。

2.3 程序设计流程图

2.3.1 主程序流程图

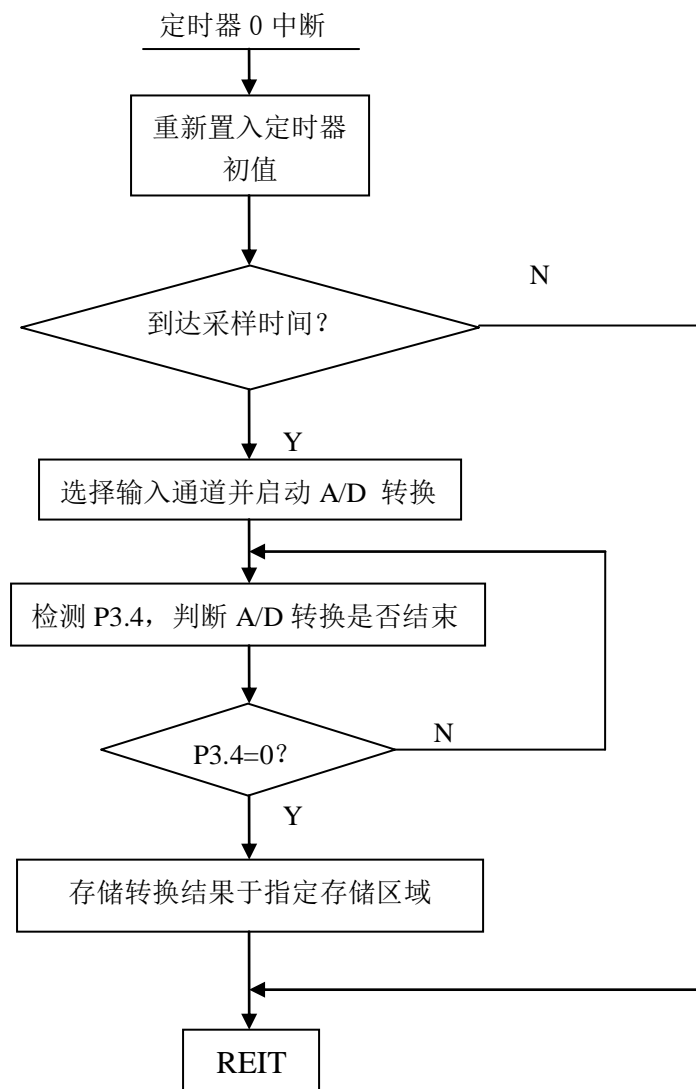
单片机一上电，就进行初始化，清除缓冲区，置定时器初值，并且启动定时器，利用 A/D 转换器，定时对温度进行采样，与设定值进行比较，运用相应的算法得出控制量，在经过 D/A 转换器输出，对温度进行合理控制，使其与设定值相等或相近。



主流程图

2.3.2 温度采集流程图

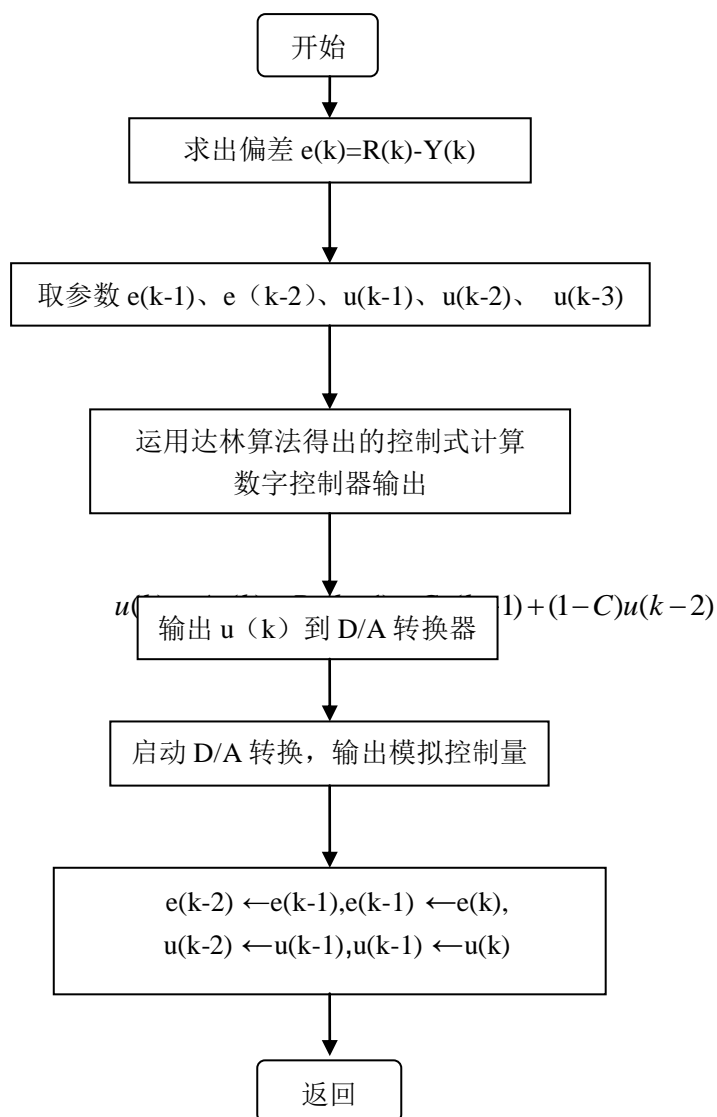
当 AT89S52 执行外部存储器写指令时，使得 CE=1, 错误!未找到引用源。=0, R/错误!未找到引用源。=0, A0=0, 启动 12 为转换有效。然后通过 89s52 通过 P3.4 线查询 STS 端口状态，当 STS 为 0 时，表明转换结束。由于 AD574 的 12 位转换速度很快，故适用与查询方式。之后 89S52 执行两条度外部数据存储器指令，分别读取转换结果的高八位和低四位数据。此时 CE=1, 错误!未找到引用源。=0, , A0=0(或 A0=1)。



温度采样流程图

2.3.3 达林算法及其控制量输出流程图

达林算法主要是用于对大滞后对象进行控制，使其达到预期的控制效果。将达林算法运算得出的数字控制量送到 D/A 转换器，进行 D/A 转换，输出模拟控制量施加于加热丝或其他加热器件，对温度进行调节。其流程图如下所示：



达林算法及其控制量输出流程图

2.4 软件实现

当 $\theta=0.4235$ 时

$$D(z) = \frac{0.0086745 - 0.0067557z^{-1}}{1 - 0.779z^{-1} - 0.221z^{-3}} \times 1.8 = \frac{0.0156 - 0.01216z^{-1}}{1 - 0.779z^{-1} - 0.221z^{-3}}$$

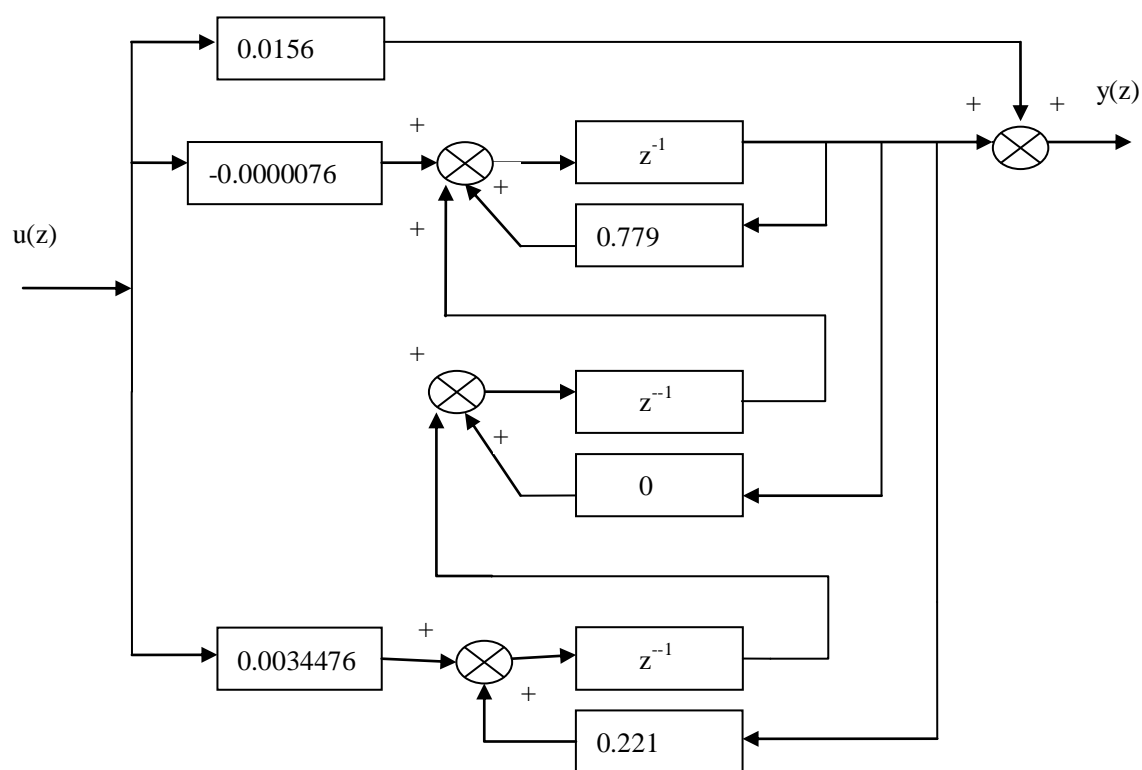
采用嵌套程序法：

系统状态方程及输出方程如下：

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.779 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0.221 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.0000076 \\ 0 \\ 0.0034476 \end{bmatrix}$$

$$Y(k) = [100] + \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} + 0.0156u(k)$$

编程框图如下：



第三部分 电路设计

3.1 器件选型

3.1.1 控制芯片的选择

方案一：应用 ATmega16 作为控制器。速度快，超功能精简指令集（RISC），内部集成了较多的中断源和定时器资源及可编程 flash 大，具有八路十位 A/D 转换通道，级联通信信号好的特点。

方案二：采用 AT89S52 作为控制器。优点：普遍使用，价格便宜；缺点：中断源和定时器资源少，可编程空间小。

由于本设计对 I/O 口的操作比较简单，对 flash 要求也不高，故选用方案二 AT89S52 单片机做为主芯片。

3.1.2 温度传感器的选择

方案一：采用 DS18B20 作温度传感器。DS18B20 现场温度直接以“一线总线”的数字方式传输，无需外接模数转换器（AD），DS18B20 数字温度计提供 12 位二进制温度读数，指示器件的温度，增量值为 0.0625°C ，。测量温度范围从 -55°C 到 $+125^{\circ}\text{C}$ ，在 -10°C 到 $+85^{\circ}\text{C}$ 范围内，精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，9~12 位分辨率可调。

方案二：采用 Pt1000 铂电阻作测温传感器。热电偶产生的热电动势经放大器放大再经过 AD 转换器转换成数字信号输入到单片机。

结合本设计要求，测量范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，而 DS18B20 直接把检测的温度输出数字量，可以省去 AD 转换器，但是其测温范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ ，不满足设计要求。故我们选用方案二。

3.1.3 A/D 转换器的选择

根据设计要求：测量精度 0.5%，分辨率 0.2°C ，而其总的测量的温度范围为 250 摄氏度， $250/0.2=1250$ ，用十位的 A/D 转换器无法满足系统要求，需 12 位来实现系统需求，故此系统中选用 AD574 作为 D/A 转换器。AD574 是快速型的 12 位逐次逼近式 A/D 转换器。它无需外接元器件就可以独立完成 A/D 转换的功能，转换时间为 15—35us，可以并行输出 12 位，也可以分为 8 位和 4 位两次输出。

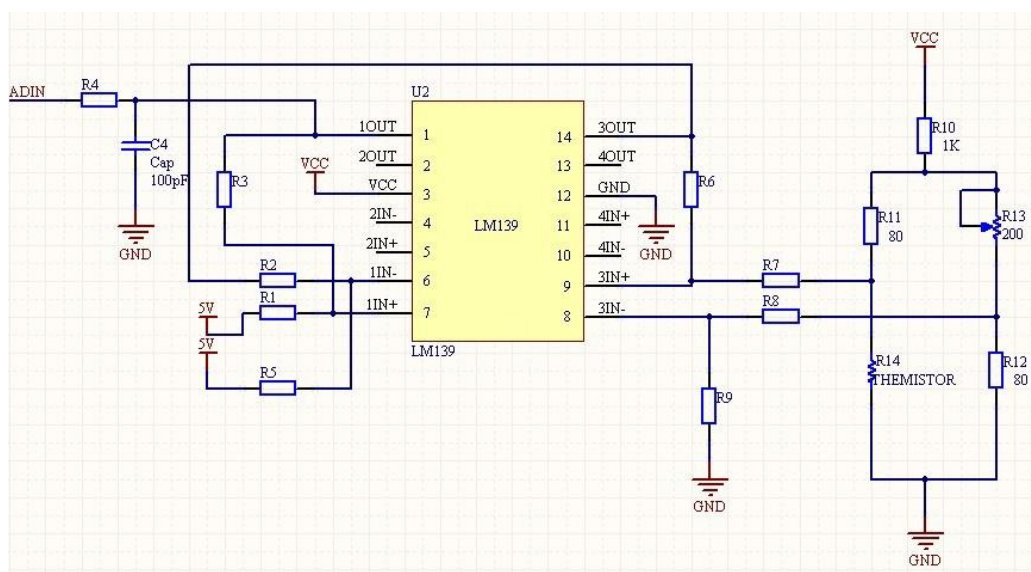
3.1.4 D/A 转换器的选择

温度检测值输入单片机后经算法计算之后输出的控制量经 D/A 转换器转换成模拟量施加于加热器件中用于调节温度。DAC0832 是 8 分辨率的 D/A 转换集成芯片。与微处理器完全兼容。这个 DA 芯片以其价格低廉、接口简单、转换控制容易等优点，在单片机应用系统中得到广泛的应用。D/A 转换器由 8 位输入锁存器、8 位 DAC 寄存器、8 位 D/A 转换电路及转换控制电路构成。其主要参数为：分辨率为 8 位；电流稳定时间 1us；可单缓冲、双缓冲或直接数字输入；只需在满量程下调整其线性度；单一电源供电(+5V~+15V)；低功耗，200mW。其使能端 CS 由单片机的 P2.6 控制，DAC0832 的 DI0—DI7 分别与单片机的 P0.0—P0.7 连接，采用单缓冲输出方式，输出端再接 uA741 放大器输出模拟电压。

3.2 温度检测电路与整形放大滤波电路

信号检测电路是温度控制系统的重要组成部分，其对温度测量的精确性直接影响整个温度控制系统的精度。故本系统选用性能稳定的 PT1000 铂热电阻传感器作为测量温度信号的敏感元件。其阻值随温度的变化为：0℃时阻值为 1 000Ω，温度系数为 3.84Ω/℃。线性度小于 0.5%。信号采集电路采用对称的差动式电桥测量温度信号，铂热电阻器 R_t 和精密电阻器 R11、R12 及 R13 组成测量电桥。此测量电路采用桥式电路来提高测量精度，经过运算放大器 LM139 将电压信号放大后输出，通过选择合适的热敏电阻或偏移处理得出相对应的电压-温度关系，即 $V_x = V_0 + m \cdot T_x$ 。其中，(V_0 为电压偏移量， m 为常数， T_x 的范围从 -50℃ 到 200℃)

其检测电路如下所示：

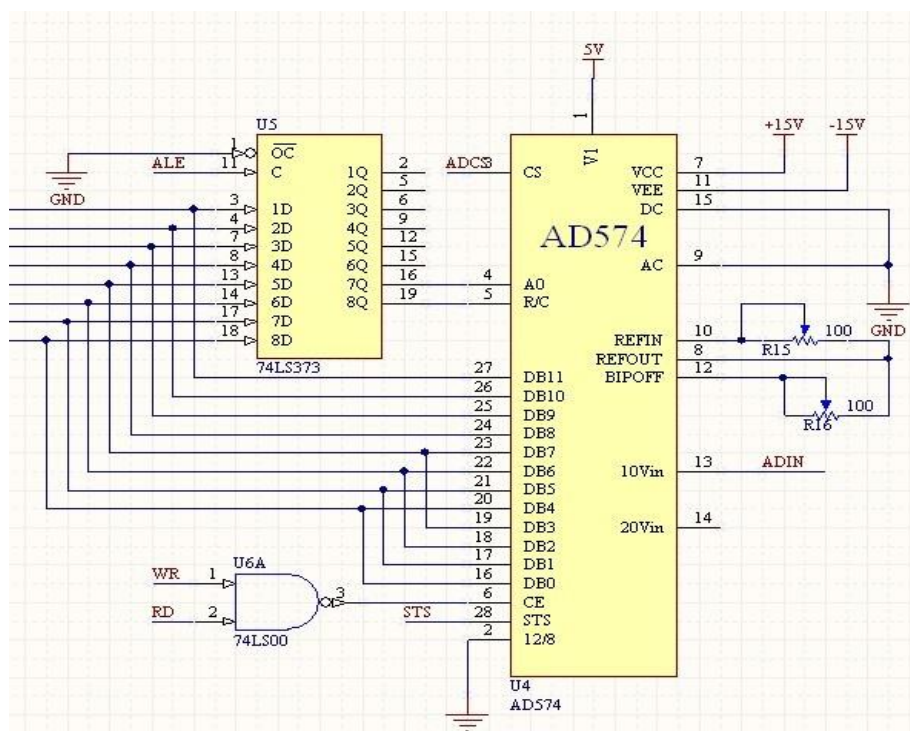


温度检测及低通滤波电路

3.3 A/D 转换电路

该系统设计要求分辨率为 0.2°C ，测量范围为 $(-50\sim 200)^{\circ}\text{C}$ ，总的测量的温度范围为 250°C ， $250/0.2=1250$ ，故选用 12 位的 A/D 转换器 AD574。AD574 为单片高速 12 位逐次比较型 A/D 转换器，内置双极性电路构成的混合集成转换芯片，外接元件少，功率低，精度高等特点，并具有自动校零和自动极性转换功能。其转换速率为 $25\mu\text{s}$ ，模拟电压输入范围为 $0\sim 10\text{V}$ ， $0\sim 20\text{V}$ ， $0\sim$ 错误!未找到引用源。 5V ， $0\sim$ 错误!未找到引用源。 10V 。此 A/D 转换器转换精度为 $1/2^{12}=1/4096$ ，系统可以达到分辨率为 0.06°C ，满足系统需求。AD574 的 A0 和 R/C 通过 74LS373 与单片机的 P0.6 与 P0.7 连接 74LS373 的 1D—8D 分别与单片机的 P0.0—P0.7 连接。

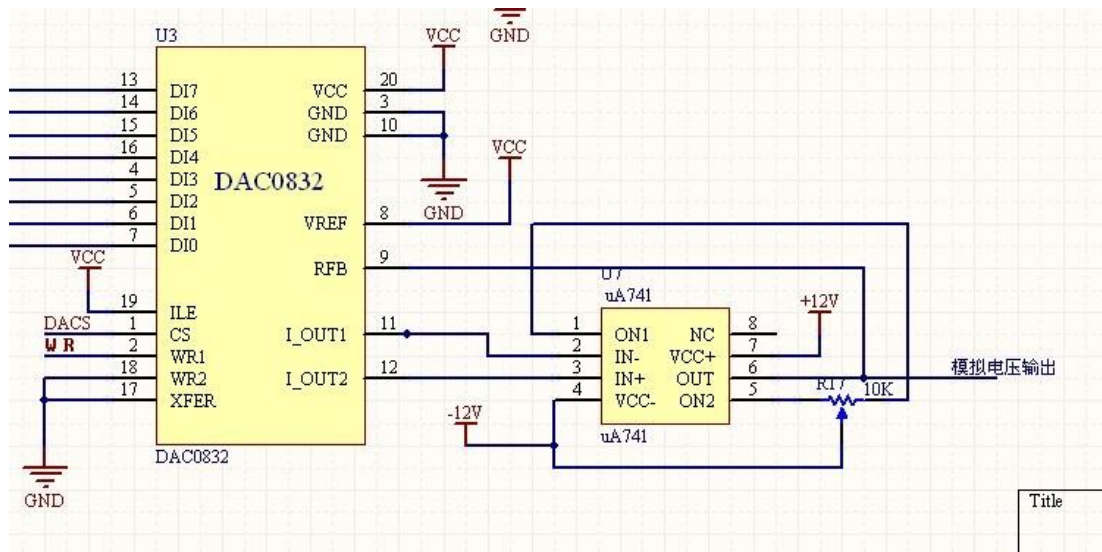
其电路图如下所示：



3.4 D/A 转换电路

温度检测值输入单片机后经算法计算之后输出的控制量经 D/A 转换器转换成模拟量施加于加热器件中用于调节温度。DAC0832 是 8 分辨率的 D/A 转换集成芯片。与微处理器完全兼容。这个 DA 芯片以其价格低廉、接口简单、转换控制容易等优点，在单片机应用系统中得到广泛的应用。D/A 转换器由 8 位输入锁存器、8 位 DAC 寄存器、8 位 D/A 转换电路及转换控制电路构成。其主要参数为：分辨率为 8 位；电流稳定时间 $1\mu\text{s}$ ；可单缓冲、双缓冲或直接数字输入；只需在满量程下调整其线性度；单一电源供电 ($+5\text{V}\sim +15\text{V}$)；低功耗， 200mW 。其使能端 CS 由单片机的 P2.6 控制，

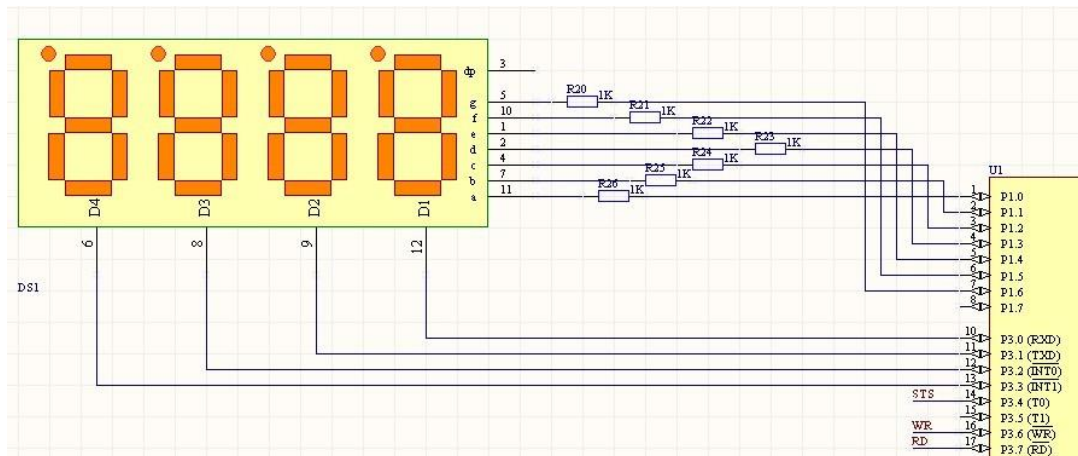
DAC0832 的 DI0—DI7 分别与单片机的 P0.0—P0.7 连接，采用单缓冲输出方式，输出端再接 uA741 放大器输出模拟电压。其电路图如下所示：



D/A 转换电路

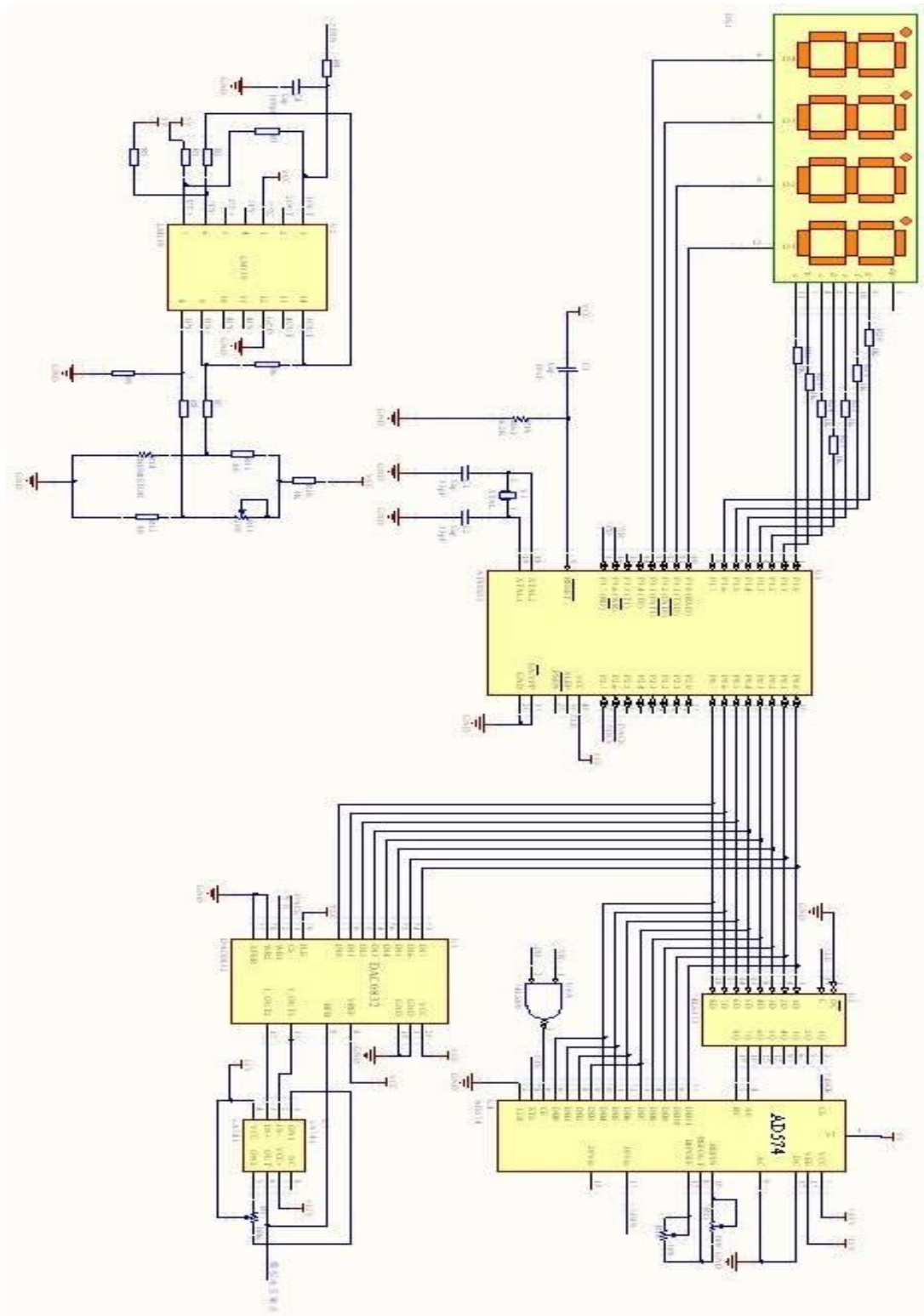
3.5 数码管显示电路

采用四位共阳数码管来显示当前的温度值。如下图所示：



数码管显示电路

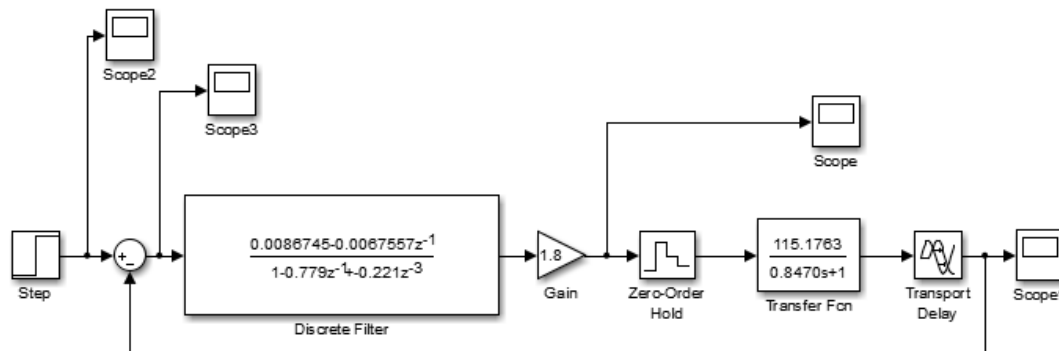
第四部分 整机电路图



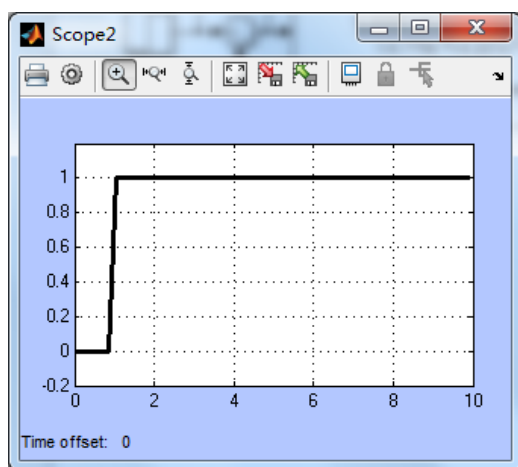
第五部分 安装调试及性能检测

5.1 系统仿真

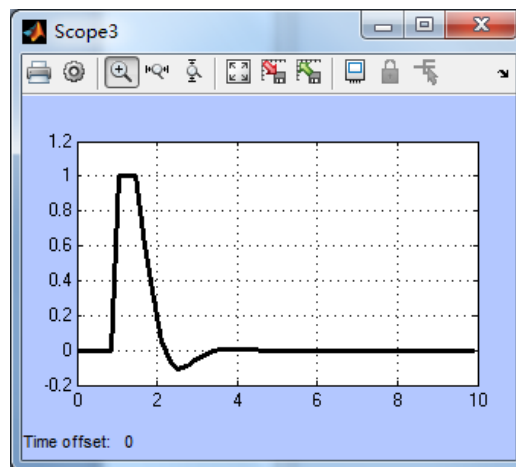
当 $\theta = 0.4235$ 时，系统控制系统框图为



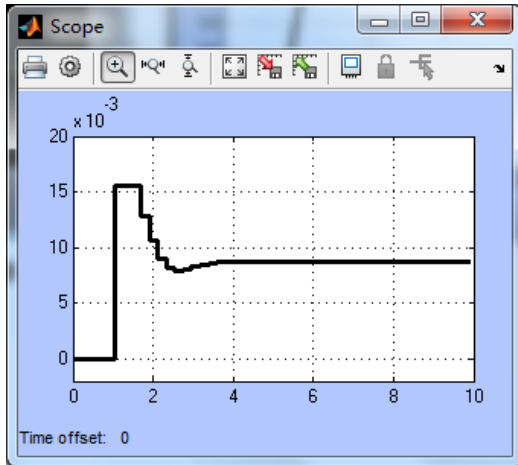
仿真得到的各个波形



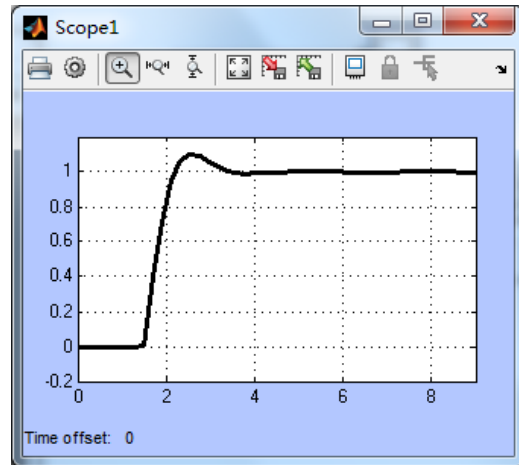
单位阶跃输入信号



偏差信号



数字调节器输出波形



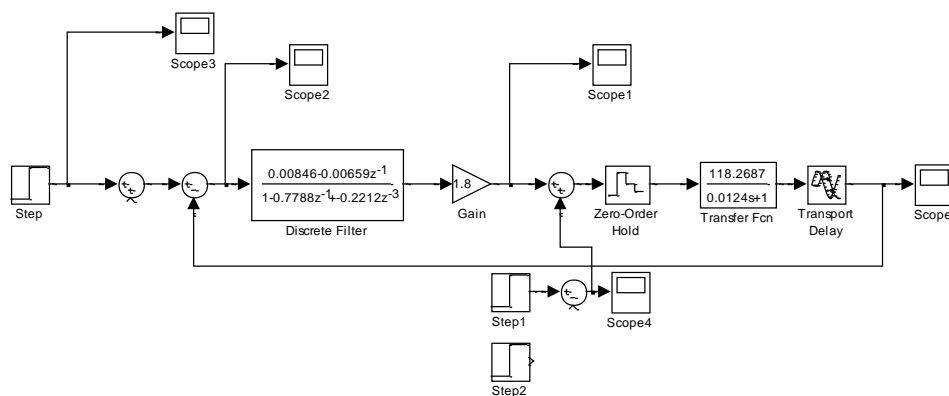
输出信号波形

分析：示波器 Scope2 显示的是单位阶跃的输入信号波形，示波器 Scope3 显示的是误差信号 $e(t)$ 的波形，示波器 Scope 显示的是数字调节器的输出信号波形，示波器 Scope1 显示的是系统输出波形 $Y(t)$ 。从 $e(t)$ 的波形图中我们可以看出误差信号刚开始会比较大，但是很快就下降到零。由此说明达林算法设计的数字控制器对误差具有良好的消除作用。数字调节器输出的控制信号稳定，无振铃现象，系统输出跟随输入，由此可见系统性能比较好。

5.2 抗干扰性能分析

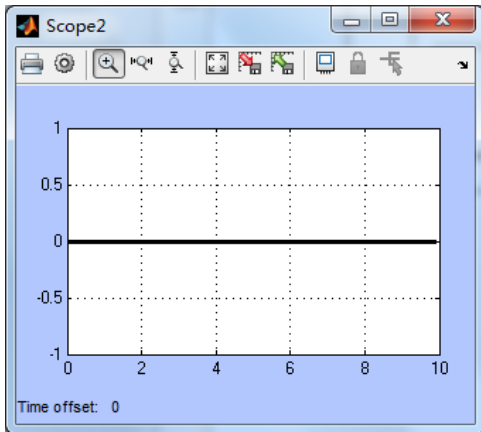
当 $\theta = 0.4235$ 时的抗干扰性能分析

干扰为阶跃信号的抗干扰性能分析结构图为

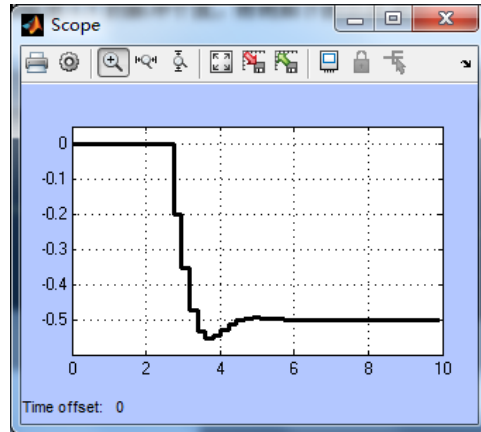


抗干扰性能分析结构图（干扰为阶跃信号）

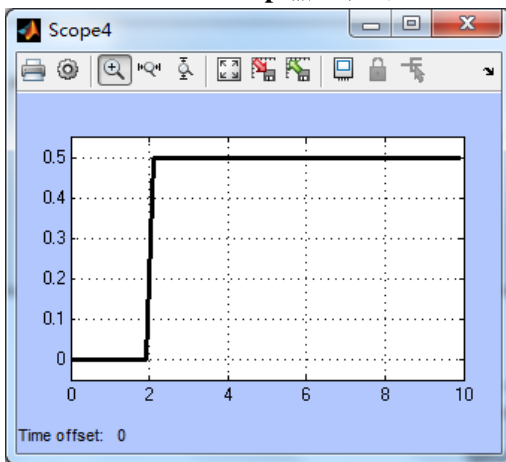
设置 Step 输入为 0，在 2s 时施加幅值 0.5 的阶跃干扰，得到如下的仿真波形



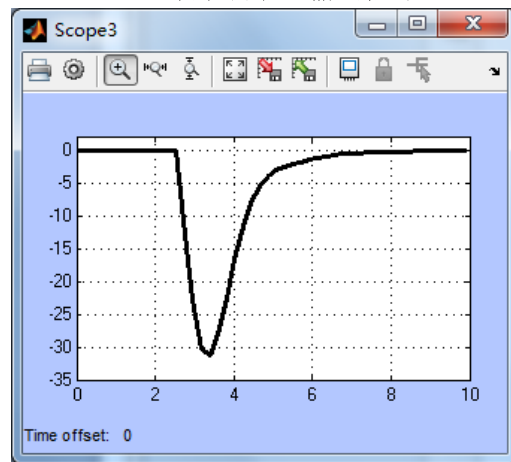
Step 输入信号



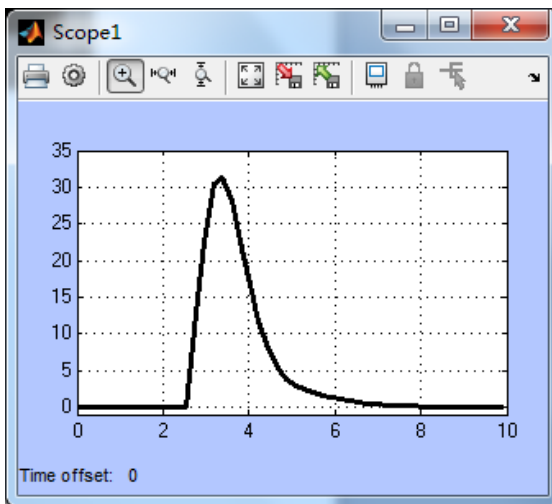
数字调节器输出信号



阶跃干扰信号



偏差信号



输出信号

设定值 Step 为 0，阶跃干扰为 0.5 时仿真图

由上图可得，当在被控对象之前加一定的阶跃干扰信号之后，系统受到阶跃信号的干扰，输出不为零，由于系统具有抗干扰的功能，经过一定的时间后，会自动消除干扰引起的影响，回复原来的状态。如上图所示，系统稳态误差经过一定时间后为 0，系统输出与输入信号相等，可知系统对于阶跃信号的干扰有较好的抗干扰作用。

5.3 元件清单

t [计控课设.PrjPCB] (No PCB Document Selected)					
Comment / ▼	Description ▼	Designator / ▼	Footprint / ▼	LibRef ▼	Quantity ▼
Cap	Capacitor	C1, C2, C3, C4	RAD-0.3	Cap	4
LED-4-YANG		DS1	LED-4-Y	LED-4-YANG	1
Res2	Resistor	R1, R2, R3, R4, R5	AXIAL-0.4	Res2	19
200		R13	RES-POTENTIOME	RES-POTENTIOME	1
THEMISTOR	Resistor	R14	AXIAL-0.3	Res1	1
100		R15, R16	RES-POTENTIOME	RES-POTENTIOME	2
10K		R17	RES-POTENTIOME	RES-POTENTIOME	1
Res1	Resistor	R18	AXIAL-0.3	Res1	1
AT89S52		U1	DIP40	AT89S52	1
LM139		U2	LM139	LM139	1
DAC0832		U3	DAC0832	DAC0832	1
AD574		U4		AD574	1
74LS373	Octal D-Type Transp	U5	DIP20-wide	74LS373	1
74LS00	Quad 2-Input Positiv	U6	DIP-14	74LS00	1
uA741		U7	DIP-8	uA741	1
XTAL	Crystal Oscillator	Y1	R38	XTAL	1

第六部分 心得体会

如今科学技术发展的日新月异，计算机控制技术已经成为当今世界空前活跃的领域，而我们作为华工自动化科学与工程学院的学子、未来的二十一世纪的人才，掌握计算机控制技术是至关重要的。本次的计算机控制系统课程设计总共用了接近一个星期的时间，对于本次课程设计，本人分为几个阶段进行工作：1. 上网和到图书馆查阅相关资料；2. 方案选择论证，也包括控制算法的选择论证；3. 利用 MATLAB 和 SIMULINK 进行仿真分析和验证；4. 元器件选型、电路设计、绘制电路板、编写程序；5. 整理报告。

本次的课程设计是我们对于之前所学过的知识的一个总结和概括，也是对我们实际动手能力的锻炼和考察过程。本次课程设计，可以说是控制领域所有基础科学和专业学科的大综合，其涉及的内容囊括计算机控制、自动控制原理、数字信号处理、单片机原理、过程控制、检测技术、数字电路、模拟电路等技术知识，通过独立完成设计可以培养我们综合运用所学知识，发现、提出、分析和解决实际问题的能力，使我们对控制系统的设计更为深入的了解并且在实践中掌握其设计要领，更能有效提高我们的专业水平和综合素质。

本次的课程设计十分注重控制器的设计，这也与上课的时候老师强调的重点相符。之前上课的时候总觉得数字控制器的设计很难，这也跟只是纯理论的学习有关，而这次的课程设计可以使我们在实践中了解数字控制器的具体设计过程。在这个过程当中，要借助到 MATLAB 进行辅助设计，而这个软件之前没怎么用过，所以用起来也比较吃力，不过通过查找资料和请教同学，各个困难都迎刃而解。MATLAB 这个软件是一个十分强大的软件，功能多、指令也比较简单，用好这个软件对我们日后的学习和工作都有很大的帮助，而这次的课设，使我对 MATLAB 的掌握程度又更深了一层。

至于硬件和软件设计，由于之前也参加过几次电子设计类的比赛，所以对 ALTIUM DESIGNER 和 KEIL 等软件的操作并不陌生，只是对于元器件的选择有些疑惑，因为很多元件之前也没用过，对其工作过程不了解，所以只能上网查找资料，寻找最佳的器件。在画电路图时，很多器件其原理图和封装图都得自己画，这个也占了比较多的时间，不过经过多次设计，使得我对这个软件的运用更为熟练。

总体来说，本次的课程设计，我们首先学会了计算机控制系统设计的具体方法。其次，是对控制系统的辅助设计工具——MATLAB 掌握得更加牢固。再者，就是对系统的软硬件设计了解得更为深入，对软硬件开发的工具也有了更深的理解和把握。平常的课室学习，我们对于计算机控制技术的许多理论知识没有太深刻的认识，即使是通过课程的学习及考核也只能说是了解个大概，并没有真正接触到这些理论方法的具体应用。而经过本次课程设计，我们自己动手从零开始设计出一个计算机控制系统。在设计过程之中，我们对计算机控制技术中的各种知识、各种应用、各种模型都有了具体的直观的认识。结合前面所学习的理论知识，尝试着设计出我们整个任务所要求的系统，可以说经历的是一个不断学习、不断成长、不断完善的过程。经过本次课设，本人获益匪浅，相信对我们以后的学习与工作都有莫大的帮助，而大三也即将结束，在这里感谢老师这一个学期的教导！

参考文献

- | | | |
|----------------------|-------------|-------------|
| 《计算机控制技术》 | 华南理工大学出版社 | 黄道平 温钢云 |
| 《单片机原理及其接口技术》 | 清华大学出版社 | 胡汉才 |
| 《自动控制原理》 | 华南理工大学出版社 | 高国燊 余文杰 彭康拥 |
| 《数字电子技术基础》第四版 | 高等教育出版社 | 阎石 |
| 《单片机的 C 语言应用程序设计》 | 北京航空航天大学出版社 | 马忠梅 张凯等 |
| 《单片机接口技术实用子程序》 | 人民邮电出版社 | 陈小忠 黄宁 赵小侠 |
| 《控制系统 MATLAB7 计算及仿真》 | 国防工业出版社 | 黄忠霖 |
| 《MATLAB 与科学计算》 | 电子工业出版社 | 王沫然 |
| 《单片机接口技术实用子程序》 | 人民邮电出版社 | 陈小忠 黄宁 赵小侠 |

附程序

```
#include<absacc.h>
#include<intrins.h>
#include<reg51.h>
#define uint unsigned int
#define uchar unsigned char
#include data_OUT P1
#define ADCOM XBYTE[0x7ffc] // 使 A0=0,R/C=0,CS=0
#define ADLO XBYTE[0x7fff] // 使 A0=1,R/C=1,CS=0
#define ADHI XBYTE[0x7ffd] // 使 A0=0,R/C=1,CS=0
#define data_OUT XBYTE[0xbfff]
sbit r=P3^7;
sbit w=P3^6;
sbit adbusy=P3^4;
uint getpoint,setpoint=150;
uint ek,ek1,ek2,uk,uk1,uk2,uk3;
void delay(uint N)
{
    int i;
    for(i=0;i<N;i++);
}
uint ad574(void)
{
    r=0;
    w=0;
    ADCOM=0;
    while(adbusy==1);
    return((uint)(ADHI<<4)+(ADLO&0x0f));
}

void da0832(uchar out_data)
{
    data_OUT=out_data;
    delay(10);
}

void timer0() interrupt 1
{
    TH0=(65536-61488)/256;
    TL0=(65536-61488)%256;
    aa++;
}
```

```

        if(aa==4)                //采样周期为 0.24595
        {
            aa=0;
            ek2=ek1;
            ek1=ek;
            uk3=uk2;
            uk2=uk1;
            uk1=uk;
            getpoint=ad574(); //ad 转换
        }
    }

void main()
{
    uint aa=0;
    TMOD=0x01; //定时器 0 方式 1
    TH0=(65536-61488)/256;        //晶振频率为 12MHz，定时 61.488ms
    TL0=(65536-61488)%256;
    EA=1;
    ET0=1;
    TR0=1;
    while(1)
    {
        ek=setpoint-getpoint;
        uk=0.0095ek+0.0116ek1+0.0035ek2+1.2167uk1+0.0214uk2+0.2382uk3; //
        达林算法算出控制量
        uk=0.01265ek-0.003314ek1+0.000217ek2+1.15uk1+0.15065uk2;
        //最小拍无纹波算出控制量
        da0832(uk); //daz 转换
    }
}

```