

# 《机电系统设计与实践》 实验指导书

上海交通大学机械与动力工程学院  
基础与实验教学中心

2019年3月

# 1 实验要求及内容

---

---

## 1.1 实验一 PLC 交通灯信号控制实验

---

### 一、实验目的

了解 PLC 的基本结构和组成，掌握 PLC 开发流程。学会简单的梯形图编程，实现开关量控制，定时器使用等。

### 二、实验内容

交通灯实验板上提供了 2 个自锁按钮和 2 个自恢复按钮以及 12 个信号灯（东西向和南北向各 6 个灯，分别为红色、绿色、黄色）。仔细阅读信号灯板电路原理图。

要求如下

- 1、按钮开关量输入；
- 2、开关量输出控制红绿灯亮灭；
- 3、定时时间控制灯亮灭，模拟实现正常的交通灯模式；
- 4、按钮和交通灯联动，白天：正常情况下的交通灯模式；夜间：4 个方向黄灯闪烁。

分别用自锁按钮和非自锁按钮实现交通灯工作模式的切换。按钮的功能自己按照需要定义。

### 三、实验器材

- 1、S7—200 系列 PLC（CPU 模块）
- 2、信号灯电路板（东西向红、绿、黄 3 个发光二极管；南北向红、绿、黄 3 个发光二极管）
- 3、电控箱或电控板（提供电源）
- 4、计算机
- 5、工具：万用表、线缆等。

### 四、实验步骤

- 1、根据要求完成接线。
- 2、编写软件并运行调试。
- 3、实验结束，记录结果，拆掉接线，整理实验器件。

## 1.2 实验二 数字显示及拨码盘实验

---

### 一、实验目的

熟悉单片机系统，掌握单片机的开发流程，熟悉指令系统。

### 二、实验内容

- 1、四位数码管分别显示“1”“2”“3”“4”。
- 2、每位数码管单独做个位数的加法，0-F 循环显示。
- 2、读 BCD 拨码盘，实时显示在对应的数码管上。

### 三、实验电路

参考指导书后面的 51 单片机电路、数码管显示电路、BCD 拨码盘电路。

### 四、编程说明

- 1、四位数码管采用的是静态显示方式。数码管为共阳极。
- 2、口地址分配见后面单片机设备 4.3 的说明。
- 3、例：要在最左边数码管上显示 30H 的低 4 位值

```
MOV    A,30H
ANL    A,#0FH
MOV    DPTR,#DSEG1
MOVC   A,@A+DPTR
MOV    DPTR,#7FF3H
MOVX   @DPTR,A
```

DSEG1: DB 0C0H,0F9H,0A4H,0B0H ; 0—F 的显示段码

```
DB 99H,92H,82H,0F8H
```

```
DB 80H,90H,88H,83H
```

```
DB 0C6H,0A1H,86H,8EH
```

- 4、调试通过后，建议将显示程序做成一个通用的显示子程序，功能为：显示 30H、31H、32H、33H 低 4 位数，方便在后面的实验中调用。
- 5、四位 BCD 拨码盘同时挂在 U4（74LS244）上，所以一次只能读入 2 位 BCD 码，左边 2 位和右边 2 位的选择由 P1.7 控制。具体见电路图上的 BCDCS2、BCDCS3 信号。读入后的值需取反后，才是真正的拨码值。
- 6、仔细阅读附录，熟悉仿真器的使用。

## 1.3 实验三 单片机数字时钟实验

---

### 一、实验目的

熟悉指令系统和定时中断系统。

### 二、实验内容

- 1、用定时器 T1，产生 50ms 或 20ms 定时中断，编程实现数字时钟，显示分钟和秒钟（用十进制显示）。
- 2、加入按键功能，可以自定义按键的功能，实现时间的“暂停”、“继续”、“清零”等功能。

### 三、实验电路

参考指导书后面的 51 单片机电路、数码管显示电路。

### 四、编程说明

数字时钟的程序流程可参考下面的框图。

其中基本初始化包括：SP 赋初值，相关寄存器及内存单元赋初值等。

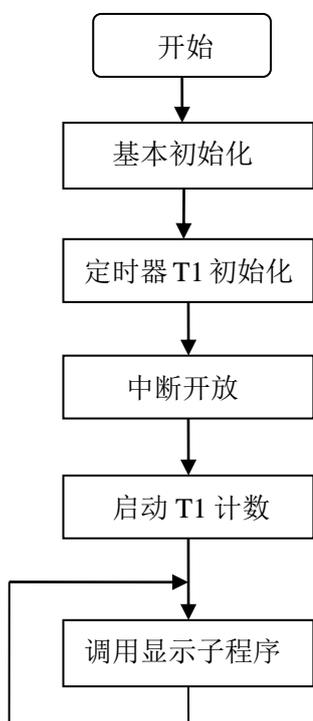
定时器 T1 初始化包括：TMOD 命令字、时间常数的赋值。

实验板上的时钟为 11.0592M，T1 的定时时间可选 50ms、20ms、10ms 等。

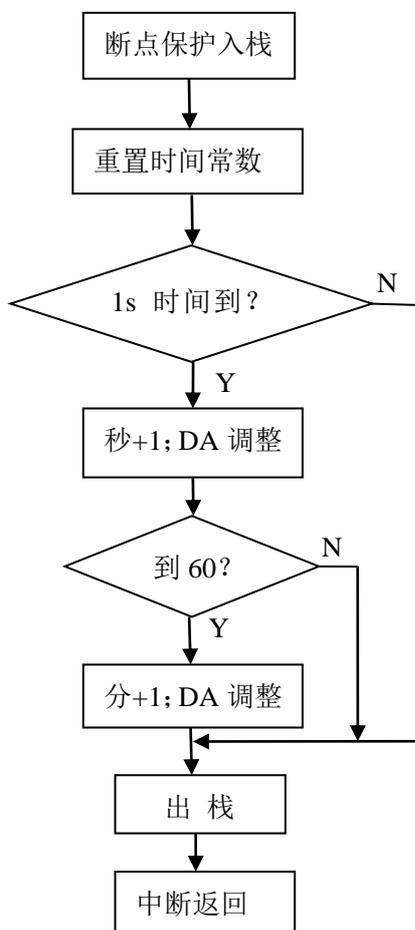
以 50ms 为例， $1s = 50ms * 20$ ，即 50ms 发生一次 T1 中断，中断 20 次就是 1s 时间。

## 五、程序框图

主程序：



T1 中断子程序：



## 1.4 实验四 单片机室温测量及显示实验

### 一、实验目的

熟悉 A/D 转换及数字滤波技术，掌握 ADC0809 的使用。

### 二、实验内容

要求实时测量并显示环境温度值。可分成下面几步进行。

- 1、用 2 位数码管实时显示 0809 采集室温得到的数字量（十六进制）。
- 2、将数字量转换成实际的温度值（十进制），显示在数码管上（整数或带一位小数）。
- 3、为使数据采集平稳可靠，可考虑加入数字滤波。（此内容不作强制要求）

### 三、实验电路

参考指导书后面的 51 单片机电路、A/D 和 D/A 电路、温度测量电路。

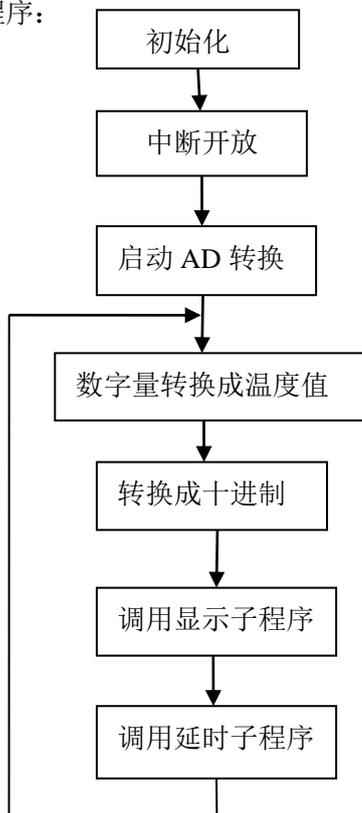
### 四、编程说明

- 1、室温测量元件 LM315 的原理见后面单片机系统介绍部分。
- 2、0809 转换后数据的传送方式，可采用中断方式或查询方式。0809 的 EOC 引脚信号取反后接到了 P3.3（INT1）上。

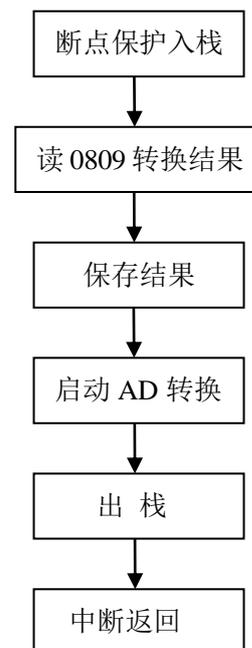
### 五、程序框图

#### 1、中断方式

主程序：

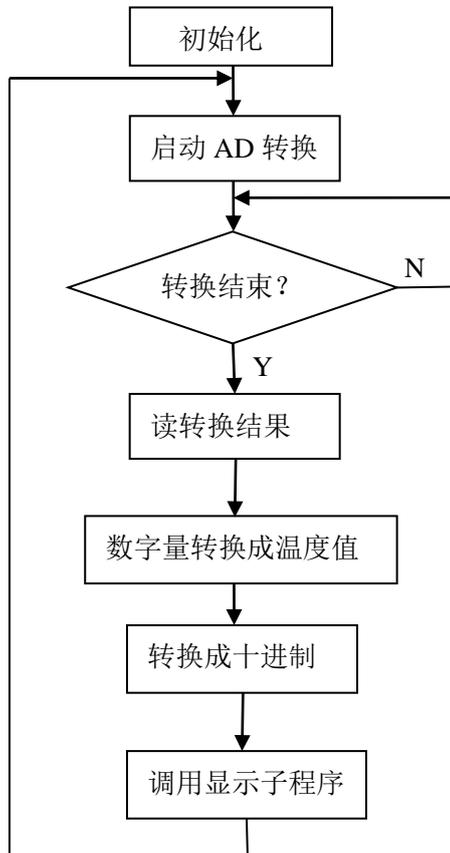


中断子程序：



## 2、查询方式

主程序：



## 1.5 实验五 单片机水温控制实验

---

### 一、实验目的

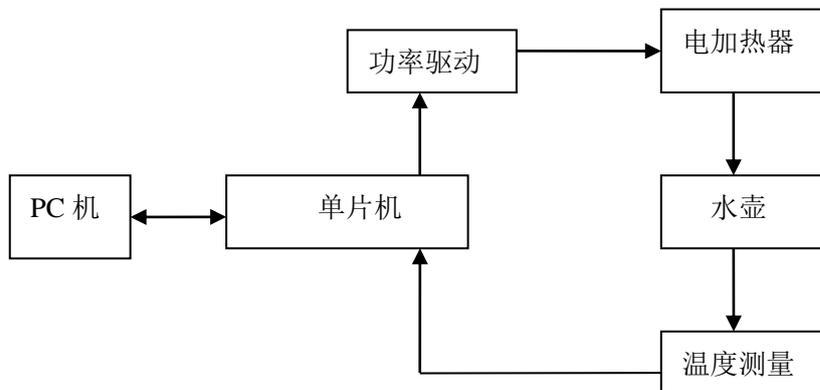
综合应用，全面掌握模拟量测量及闭环控制原理。

### 二、实验内容

用单片机控制水壶温度。测量传感器用热电阻，通过编程，控制水温达到设定值。要求最终的误差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$  以内。

数码管左边 2 位显示水温设定值（通过拨码盘设定），右边 2 位显示水温实测值。（用十进制数表示）

### 三、实验原理



### 四、实验电路

参考指导书后面的 51 单片机电路、A/D、D/A 电路、温度测量电路。

### 五、编程思路

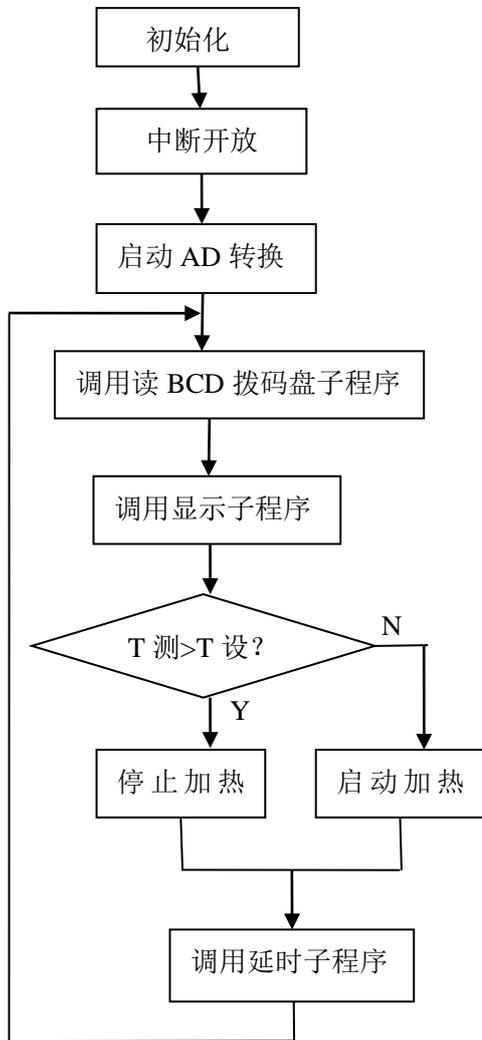
- 1、实验中水温的控制是通过开关量的输出实现的，即通过控制水壶电源的通断来实现水温的控制。由实验板上的小继电器来驱动中间继电器，再通过中间继电器来驱动水壶加热电源。
- 2、为保证继电器的使用寿命，实验中必须考虑继电器的动作时间间隔，避免继电器快速频繁动作。

### 五、实验步骤

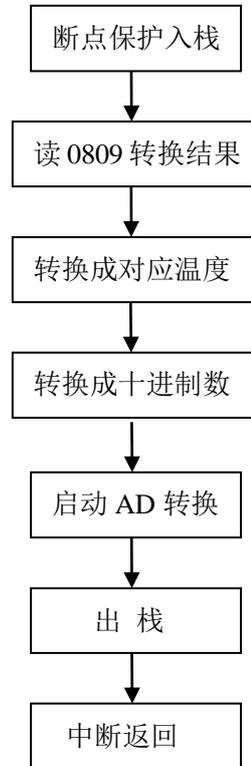
- 1、根据要求完成接线。
- 2、编写软件并运行调试。
- 3、实验结束，记录结果，拆掉接线，整理实验器件。

## 六、程序框图

主程序：



中断子程序：



## 1.6 实验六 51 单片机与 PC 机通讯实验

---

### 一、实验目的

熟悉 51 单片机串口功能控制，实现单片机与 PC 机之间的数据发送和接收。

### 二、实验内容

1. 设定单片机串口为工作模式 1，波特率为 9600，数据位 8 位，不含奇偶校验位，包含 1 位起始位、1 位停止位；
2. 从单片机发送字符串“I（空格）Love（空格）China！（回车）”，PC 机上的串口调试助手进行显示，每 3 秒钟发送一次，时间间隔可以用定时器实现。
3. 从 PC 机上的串口调试助手发送 4 个单字节十进制数到单片机，单片机接收到数据后进行求和，并将结果显示在数码管上，同时将求和结果回传给 PC 机。

### 三、实验电路

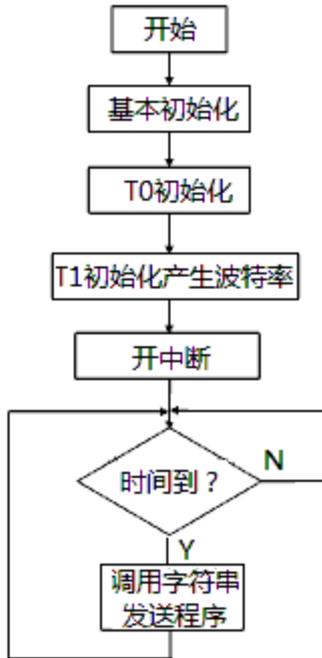
参考实验指导书后面的单片机实验平台电路，包括 51 单片机电路、数码管显示电路。

### 四、编程说明

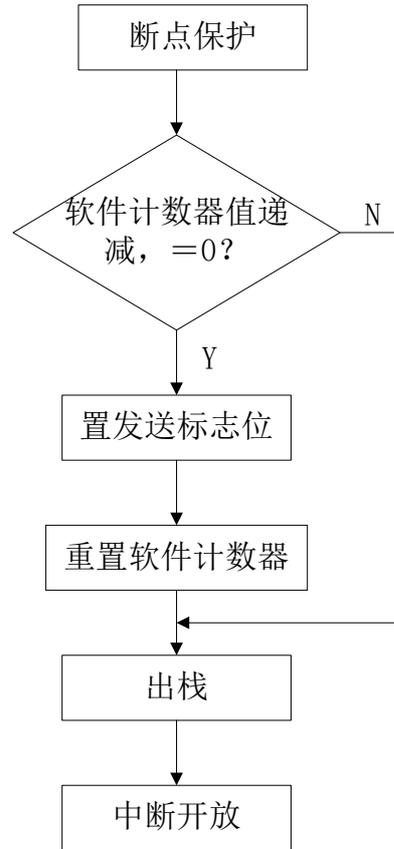
1. PC 机上用串口调试助手实现串口通讯功能，串口助手软件在接收设置时，选择 ASCII 显示，否则显示不出字符串，发送设置选择 Hex。
2. 实验板上的时钟频率为 11.0592MHz，定时器 1 作为通讯波特率使用，定时器 0 用作 3 秒时间定时。
3. 建议串口发送采用查询方式，串口接收可采用中断方式。

## 五、程序流程图

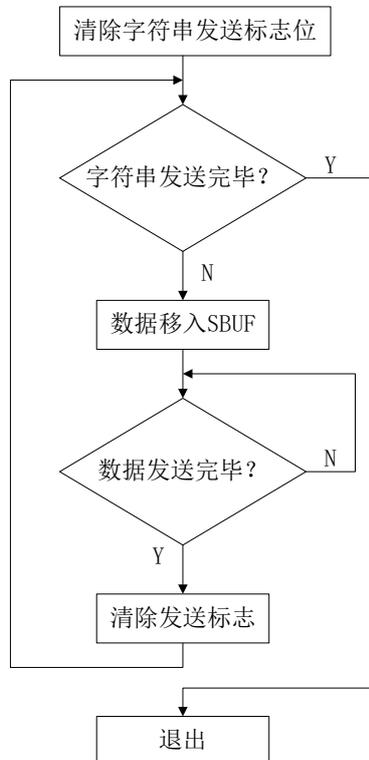
主程序一



定时器 0 中断程序



字符串发送程序



## 2 实验报告

---

每个学生实验完成后，必须提交实验报告。

实验报告内容：

1. 实验目的内容；
2. 实验原理方法，编程思路说明；
3. 实验效果；
4. 实验调试过程中的现象、问题分析以及解决方案；
5. 实验结果及心得。

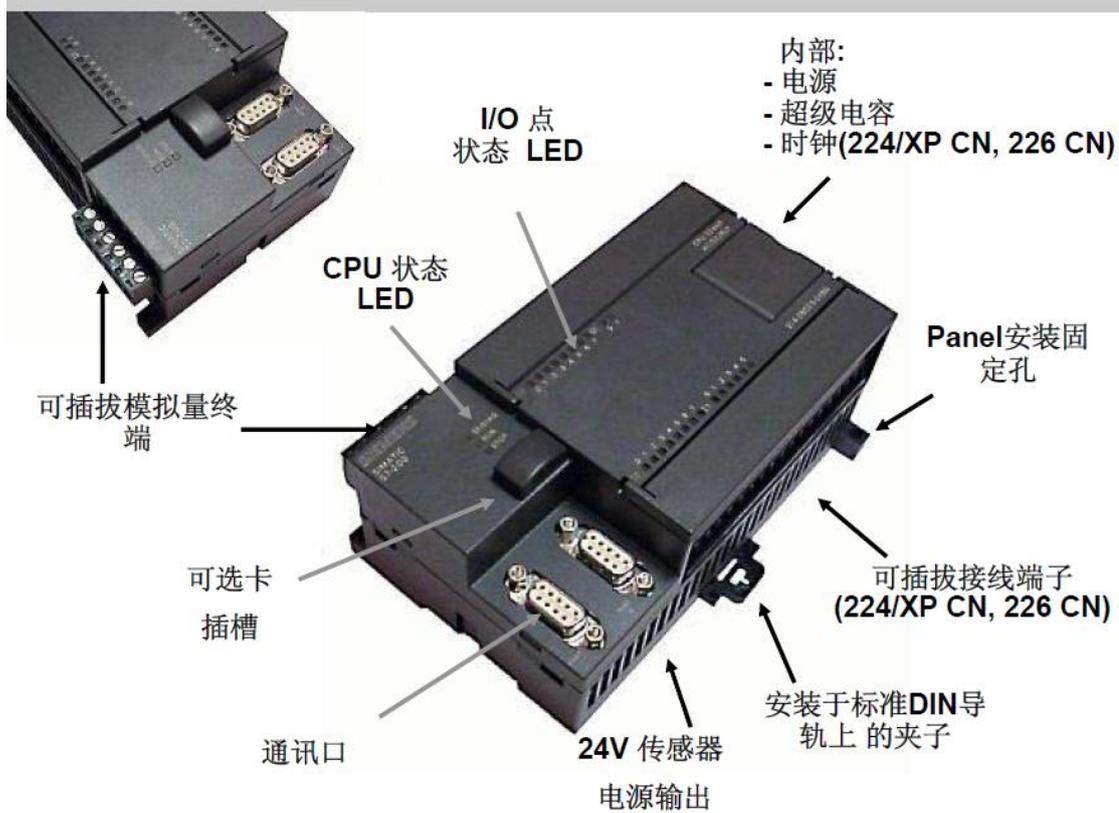
# 3 实验台主要设备及参数

## 3.1 PLC 可编程控制器

### 3.1.1 厂家&型号

西门子 PLC S7——200

#### S7-200 CN家族耀眼明星——CPU 224XP CN



SLC A&D AS BU

I/O 地址分配:

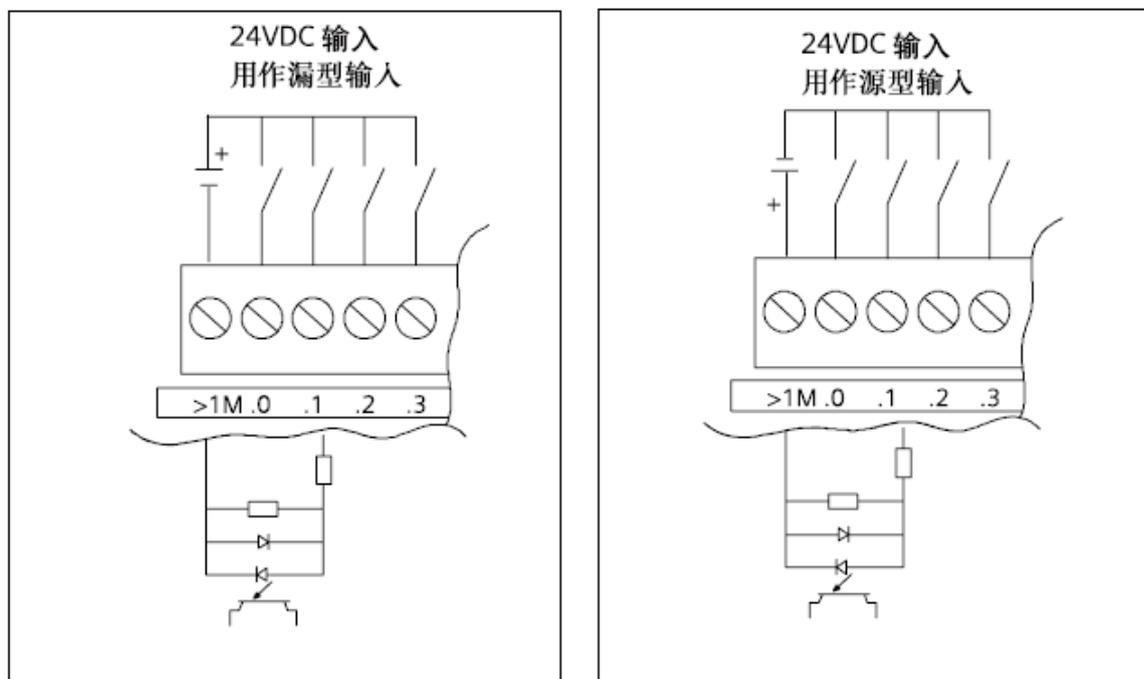
图4-10中是一个特定的硬件配置中的I/O地址。地址间隙（用灰色斜体文字表示）无法在程序中使用。

CPU224XP	4入/4出	8入	4模拟量入 1模拟量出	8出	4模拟量入 1模拟量出
I0.0 Q0.0 I0.1 Q0.1 I0.2 Q0.2 I0.3 Q0.3 I0.4 Q0.4 I0.5 Q0.5 I0.6 Q0.6 I0.7 Q0.7 I1.0 Q1.0 I1.1 Q1.1 I1.2 Q1.2 I1.3 Q1.3 I1.4 Q1.4 I1.5 Q1.5 I1.6 Q1.6 I1.7 Q1.7 AIW0 AQW0 AIW2 AQW2 局部I/O	模块0 I2.0 Q2.0 I2.1 Q2.1 I2.2 Q2.2 I2.3 Q2.3 I2.4 Q2.4 I2.5 Q2.5 I2.6 Q2.6 I2.7 Q2.7 扩展I/O	模块1 I3.0 I3.1 I3.2 I3.3 I3.4 I3.5 I3.6 I3.7	模块2 AIW4 AQW4 AIW6 AQW6 AIW8 AIW10	模块3 Q3.0 Q3.1 Q3.2 Q3.3 Q3.4 Q3.5 Q3.6 Q3.7	模块4 AIW12 AQW8 AIW14 AQW10 AIW16 AIW18

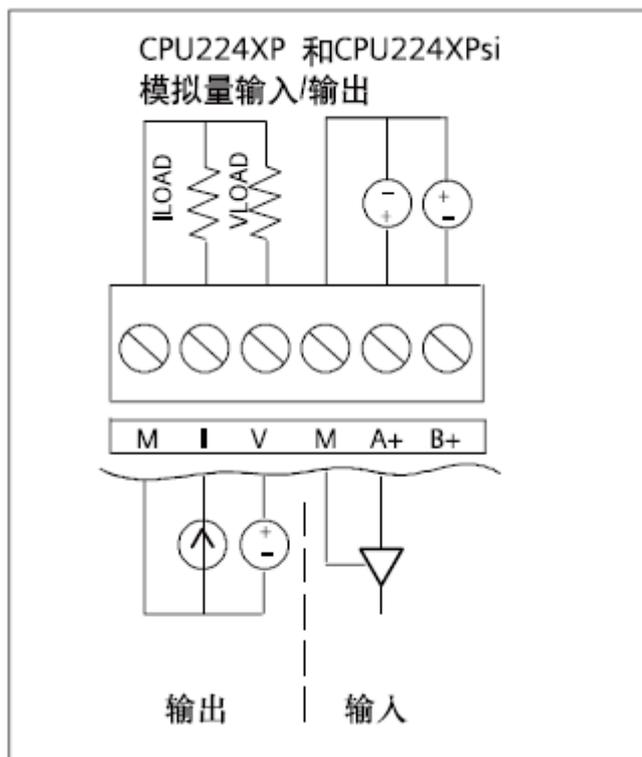
图4-10 CPU224XP的本地和扩展I/O地址举例

### 3.1.2 PLC 模块接线图

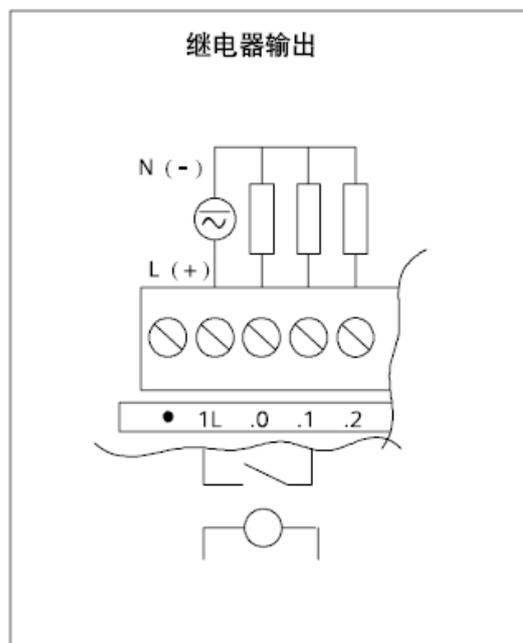
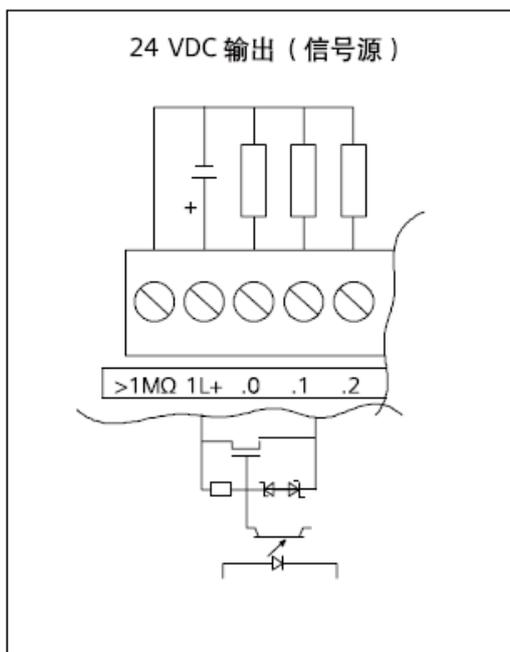
开关量输入:



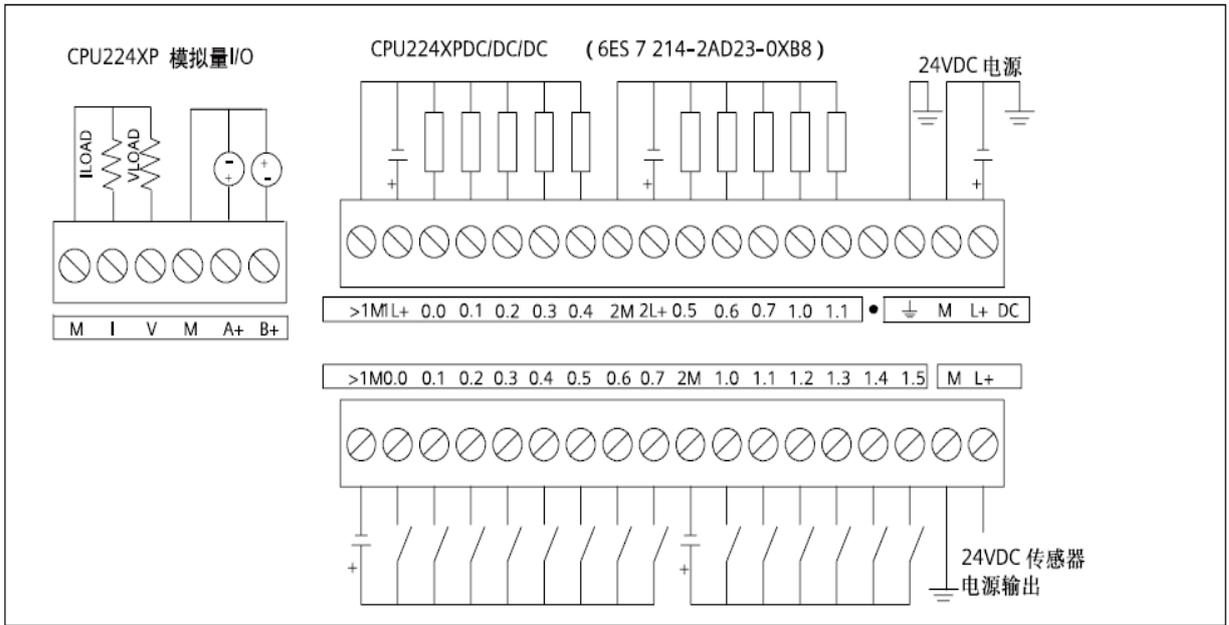
模拟量输入输出：



开关量输出：

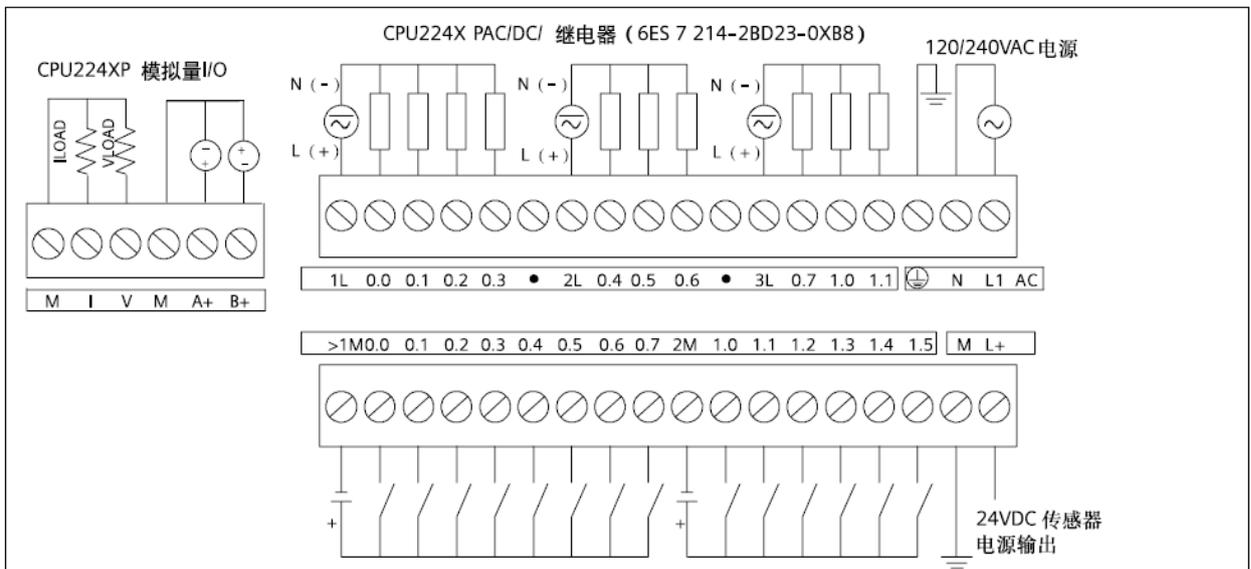


CPU 模块 1: CPU224XP CN (6ES7 214-2AD23-0XB8)



CPU224XP DC/DC/DC (6ES7214-2AD23-0XB8) 模块接线图

CPU 模块 2: CPU224XP CN (6ES7 214-2BD23-0XB8)

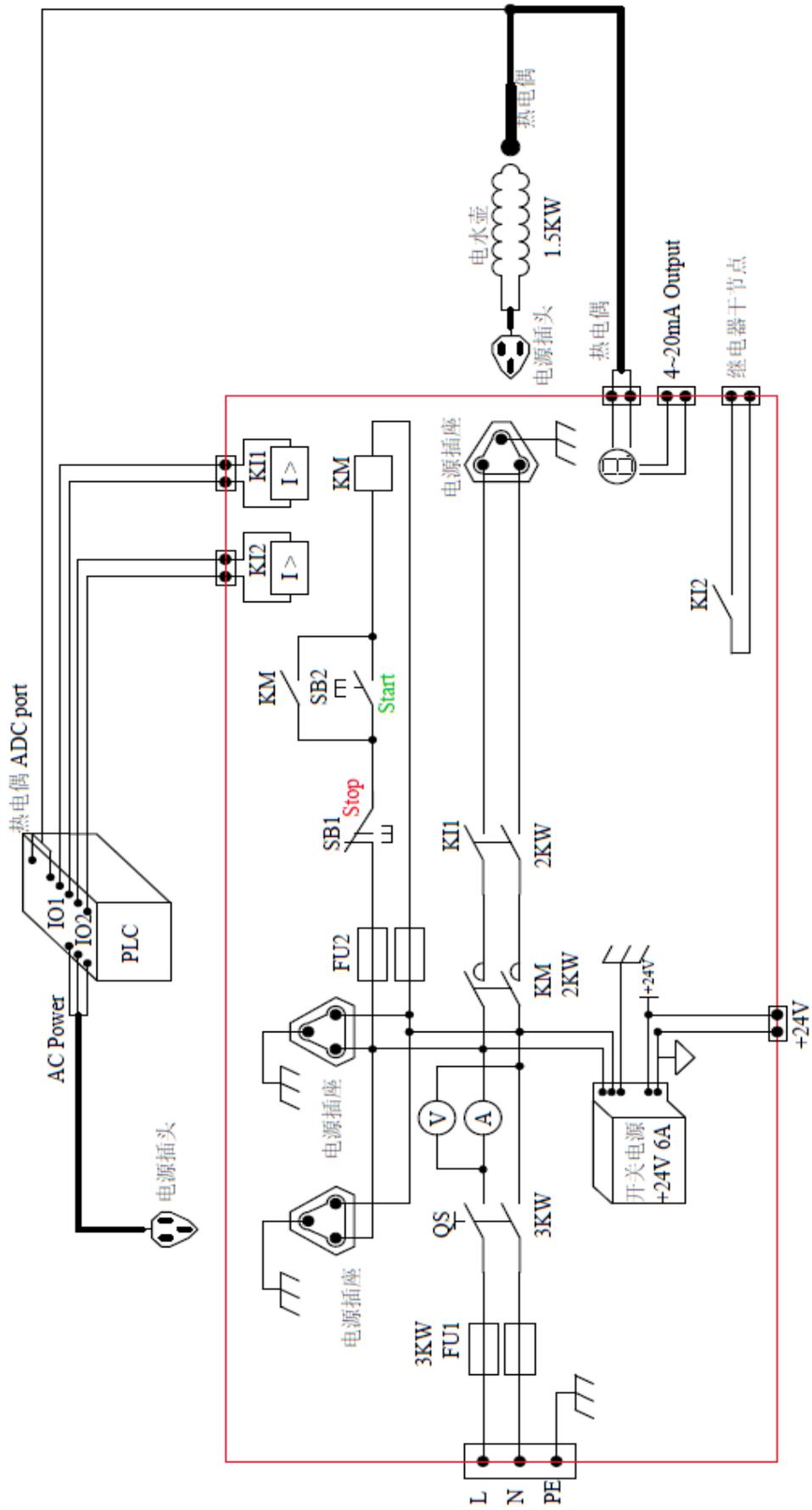


CPU224XP AC/DC/继电器(6ES7214-2BD23-0XB8) 模块接线图

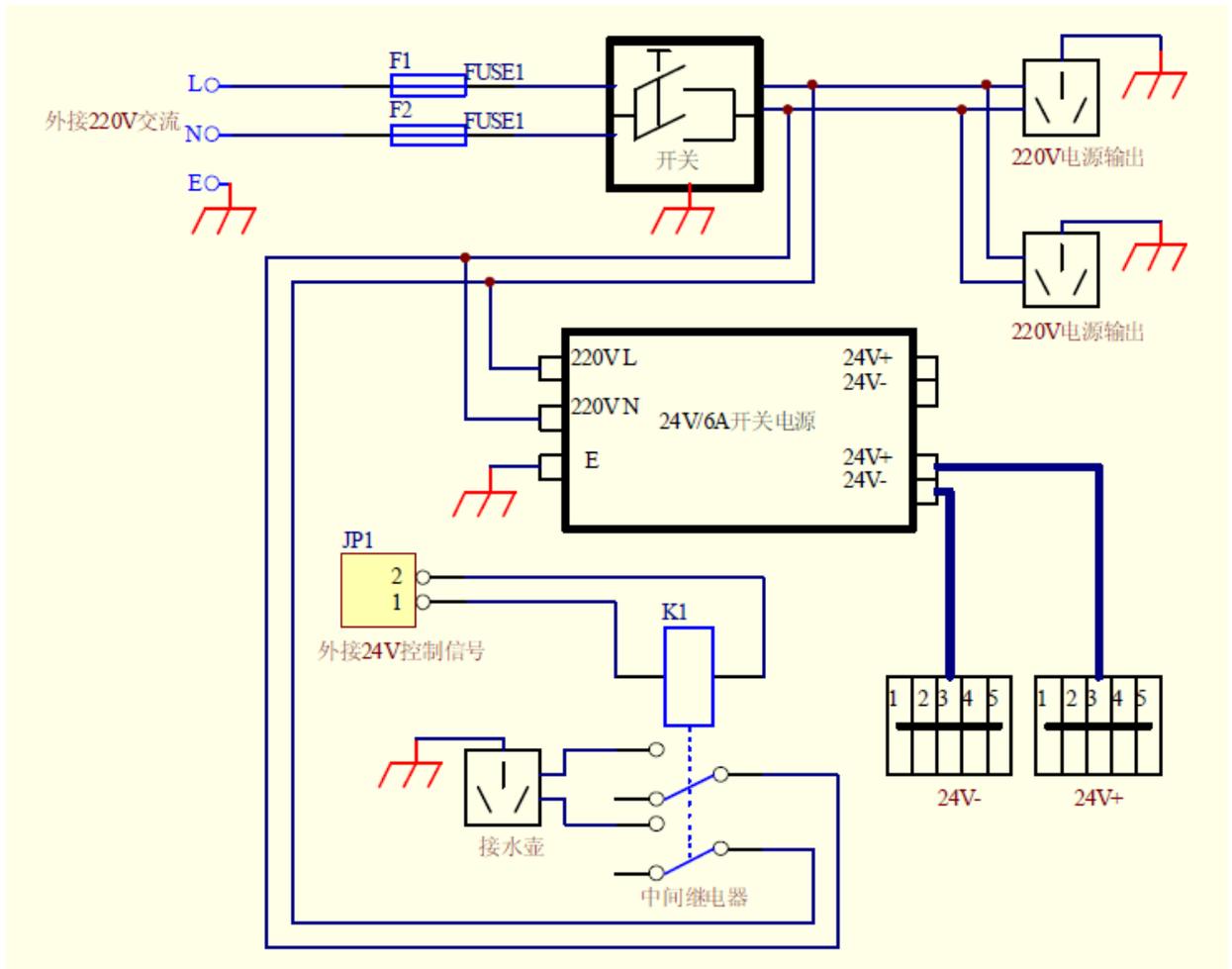
### 3.2 电控箱

电控箱的原理图如下：

具有功能：利用 PLC 和 K 分度热电偶、PT100 热电阻测量电水壶的水温；利用 PLC 通过继电器控制电水壶的加热；PLC 控制 1 路继电器干节点输出；通过按键控制整个系统的启停等。



简易电控板原理图：



# 4 单片机系统

---

单片机应用系统采用 MCS-51 单片机，集成了模拟量、开关量输入和模拟量开关量输出，用于测量与控制，特地为本试验台设计。

## 4.1 系统功能介绍

---

单片机系统主要有以下功能：

- 采用 AT89C51 单片机，内部程序空间 4KB，内部 RAM：256Byte；
- 4 位共阳极数码管显示，采用静态显示方式；
- 4 个按键，其中 1 个为复位键，3 个自定义；
- 1 个看门狗电路；
- 1 个 RS232 串行接口；
- 4 路模拟量信号调理电路，其中：1 路为环境温度测量；1 路热电偶放大电路；1 路电阻桥式调理电路；1 路 4—20mA 输入电路。
- A/D 转换器采用 ADC0809：8 路 8 位 ADC；
- 1 路模拟量输出电路：4—20mA 输出；
- D/A 转换器采用 DAC0832，单缓冲输出方式；
- 1 路脉冲输入测量电路，用定时器/计数器 T0 测量；
- 1 路 PWM 脉宽调制电路，由 P1.5 输出控制；
- 2 路继电器输出，负载能力 220VAC/2A；
- 2 路开关量输入；
- 4 位 BCD 拨码盘输入；
- 6 个发光二极管指示灯；
- 4 路直流电源供电：+5V，-5V，+12V，-12V；

## 4.2 电路原理图

---

详见附件

## 4.3 口地址分配

---

系统采用线选法和译码电路进行地址访问，口地址分配如下：

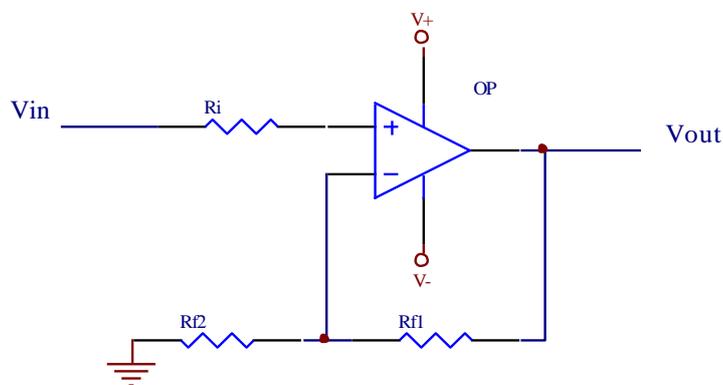
序号	电路名称	器件名称	地址号	备注
1	LED 显示	U16 (74LS273)	7FF8H	写输出
2		U17 (74LS273)	7FF9H	
3		U18 (74LS273)	7FFAH	
4		U19 (74LS273)	7FFBH	
5	继电器与指示灯	U30、U31 (74LS175)	7FFCH	
6	A/D 转换电路	U12 (ADC0809)	DFF8H	通道 0, 读写
7			DFF9H	通道 1, 读写
8			DFFAH	通道 2, 读写
9			DFFBH	通道 3, 读写
10			DFFCH	通道 4, 读写
11			DFFDH	通道 5, 读写
12			DFFE H	通道 6, 读写
13			DFFFH	通道 7, 读写
14	D/A 转换电路	U10 (DAC0832)	EFFFH	写输出
15	BCD 拨码盘	U4 (74LS244)	BFFFH	读输入

## 4.4 部分电路介绍

### 4.4.1 信号放大电路

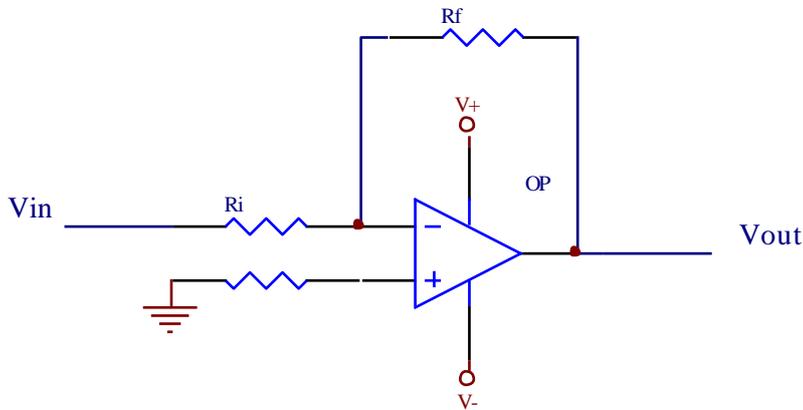
系统设计中采用了运算放大器电路，用于信号调理。分为同向放大电路和反向放大电路。

典型同向放大电路如下图：



放大倍数： $K=V_{out}/V_{in}=1+(R_{f1}/R_{f2})$ ;

典型反向放大电路如下图：



放大倍数： $K=V_{out}/V_{in}=R_f/R_i$

#### 4.4.2 室温测量

---

采用半导体室温测量元件 LM35 测量环境温度，经过运算放大器 741 将室温信号（mv 级）放大至 0—5V，送 ADC08089 采集。

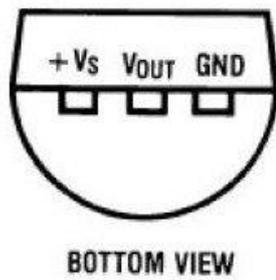
LM35 是由 National Semiconductor 所生产的温度传感器，其输出电压与摄氏温标呈线性关系，转换公式如式，0°C 时输出为 0V，每升高 1°C，输出电压增加 10mV。

LM35 有多种不同封装型式，外观如图所示。在常温下，LM35 不需要额外的校准

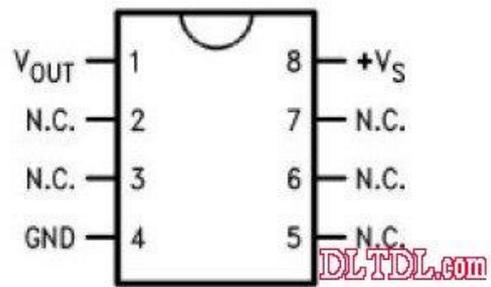
处理即可达到  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  的准确率。其电源供应模式有单电源与正负双电源两种，其接脚如图所示，正负双电源的供电模式可提供负温度的量测；两种接法的静止电流-温度关系如图 所示，在静止温度中自热效应低(0.08°C)，单电源模式在 25°C 下静止电流约 50  $\mu\text{A}$ ，工作电压较宽，可在 4—20V 的供电电压范围内正常工作非常省电。

$$V_{\text{out\_LM35}}(T) = 10 \text{ mV}/^\circ\text{C} \times T^\circ\text{C}$$

### Plastic Package



### Small Outline Molded Package



室温测量与热电偶配合，作为热电偶的数字冷端补偿。

正常情况下，室温大约  $25^{\circ}\text{C}$ ，LM35 输出  $250\text{mV}$ 。若将测温范围定义在  $0\text{--}50^{\circ}\text{C}$ ，调理电路需要将  $500\text{ (mV)}$  放大到  $5\text{V}$ ，放大倍数为  $10$ 。

### 4.4.3 热电阻测温原理

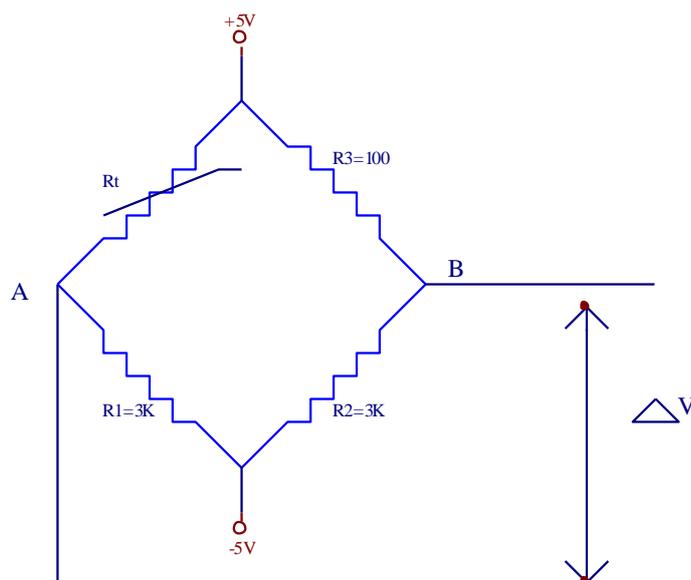
热电阻测温常用的有 Pt100 和 Cu50，本系统采用 Pt100 热电阻测量温度。

当温度为  $0^{\circ}\text{C}$  时，Pt100 热电阻阻值为  $100.0\ \Omega$ ；

当温度为  $100^{\circ}\text{C}$  时，Pt100 热电阻阻值为  $138.5\ \Omega$ ；

阻值与温度之间为非线性关系。

本系统采用三线制测量方法，桥式测量原理。原理图如下：



当热电阻阻  $R_t$  值为  $100\ \Omega$  时，电桥平衡，A,B 两端电压压差为  $0\text{V}$ ；

当热电阻阻  $R_t$  值为  $138.5\ \Omega$  时，电桥不平衡，A, B 两端有压差输出；

A、B 两端电压经过同向跟随器，提高输入阻抗，到下级差分电路、放大电路，将信号调理到  $0\text{—}5\text{V}$ 。

至于三线制，是为了克服线路过长导致的测量不准。

电路原理图中，考虑了电阻不准，增加了电桥调零（通过可变电阻）功能：粗调和细调。

#### 4.4.4 直流电动机转速控制

---

直流电动机的转速和其他参数的关系：

$$N = (U - IR) / K\phi$$

$N$ ——为电动机转速；

$U$ ——为电枢供电电压；

$I$ ——为电枢电流；

$R$ ——为电枢回路总电阻；

$\phi$ ——为励磁磁通；

$K$ ——为电机结构决定的电势常数。

可见直流电动机的调速方法有两种：改变供电电压和减弱电动机励磁电流。

本系统采用调压方式调速。只调速，不改变电动机方向。

通过单片机 P1.5 口产生 PWM 信号，通过调节脉宽大小，可以调节直流电压大小，从而改变电动机转速。

由于电动机额定工作电压为直流  $12\text{V}$ ，工作电流为  $3\text{A}$ ，因此驱动部分采用 MOSFET 场效应管，负载能力达到  $50\text{A}$ 。

PWM 信号通过单片机编程实现。

---

## 4.5 控制板接口

接插件名称	接插件编号	管脚号	接口端子名称
开关量输入	CN1	1	IN1+
		2	IN1-(GND)
		3	IN2+
		4	IN2-(GND)
串行通讯接口	CN2	1	RXD (接受端)
		2	TXD (发送端)
		3	GND
模拟量输出	CN3	1	+12V
		2	OC 门输出
模拟量输入	CN4	1	4-20mA 输入正端
		2	4-20mA 输入负端
BCD 拨码盘 (千位)	CN5	1	公共端 A
		2	“1”
		3	“2”
		4	“4”
		5	“8”
BCD 拨码盘 (十位)	CN6	1	公共端 A
		2	“1”
		3	“2”
		4	“4”
		5	“8”
BCD 拨码盘 (个位)	CN7	1	公共端 A
		2	“1”
		3	“2”
		4	“4”
		5	“8”
热电偶热电阻输入	CN8	1	热电偶正端

		2	热电偶负端
		3	热电阻负端
		4	热电阻正端
		5	电桥正电源 (+5V)
BCD 拨码盘 (百位)	CN9	1	公共端 A
		2	“1”
		3	“2”
		4	“4”
		5	“8”
转速测量	CN10	1	传感器电源正端 (+5V)
		2	传感器信号端 (OC 门)
		3	传感器电源负端 (0V)
电机控制	CN11	1	电机正端 (+12V)
		2	电机负端 (OC 门)
电源接口	CN12	1	AC10V
		2	AC6V
		3	0V
		4	AC6V
		5	AC10V