

第三节 热电式传感器实用电路

一、模拟输出集成温度传感器

模拟输出集成温度传感器输出与温度成正比的电压或电流。常用的模拟输出集成温度传感器有 LM35、LM335、AD590 等型号,其主要参数见表 3-1。

表 3-1 常用的模拟输出集成温度传感器的主要参数

型号	测量范围/ $^{\circ}\text{C}$	输出信号类型	温度系数
XC616A	40~125	电压型	10mV/ $^{\circ}\text{C}$
XC616C	-25~85	电压型	10mV/ $^{\circ}\text{C}$
LX6500	-55~85	电压型	10mV/ $^{\circ}\text{C}$
LM3911	-25~85	电压型	10mV/ $^{\circ}\text{C}$
AD590	-55~150	电流型	1 $\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
LM35	-35~150	电压型	10mV/ $^{\circ}\text{C}$
LM134	-55~125	电流型	1 $\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$

下面以常用的模拟输出集成温度传感器 LM35 为例介绍模拟输出集成温度传感器的相关知识。

LM35 是 NS 公司生产的集成电路温度传感器系列产品之一,具有很高的工作精度和较宽的线性工作范围。该器件的输出电压与摄氏温度线性成比例。因而,从使用角度来说,LM35 与其他用热力学温度开[尔文]表示的温度传感器相比,具有一个最大的优点:不求在输出电压中减去一个很大的恒定电压就可得到华氏/摄氏温度标尺,无须外部校准或微调,可以提供 $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ 的精度。

LM35 的工作电压为直流 4~30V，灵敏度为 10mV/℃。即温度为 0℃时，输出电压为 0mV；温度为 10℃时，输出电压为 100mV。常温下测温精度为±0.5℃（在 25℃时），消耗电流最大也只有 70μA，采用 4V 以上单电源供电时，测量温度范围为 2~150℃；而采用 ±4V 以上的双电源供电时，测量温度范围为 55~150℃（金属壳封装）和 -40~110℃（TO92 封装），无须进行调整。LM35 有 TO-46、TO-92、TO-220 三种封装形式，各种封装形式的引脚排列如图 3-11 所示。

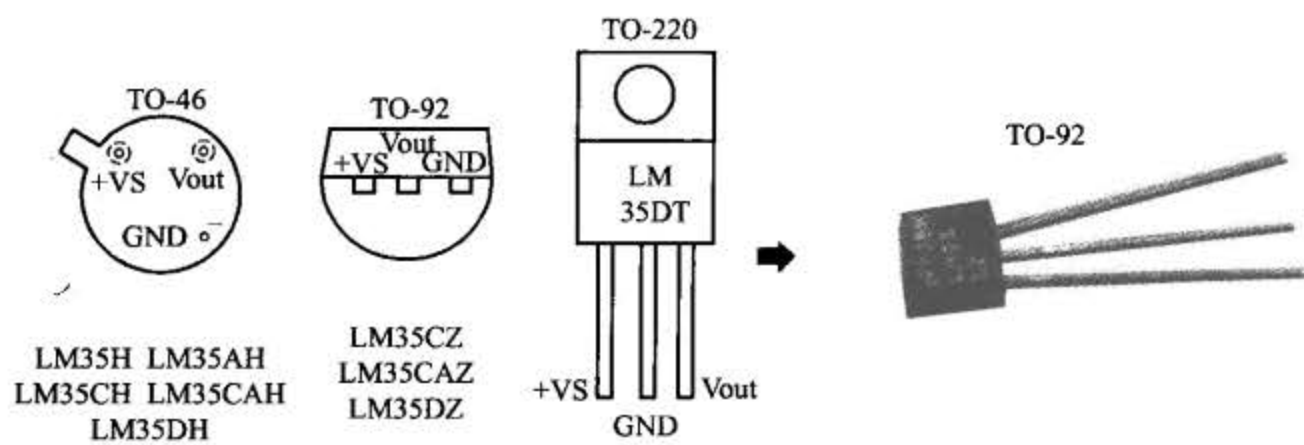


图 3-11 LM35 各种封装形式的引脚排列

电压型与电流型模拟输出集成温度传感器唯一的区别就是输出的信号为电压或电流。其应用电路如图 3-12 所示。

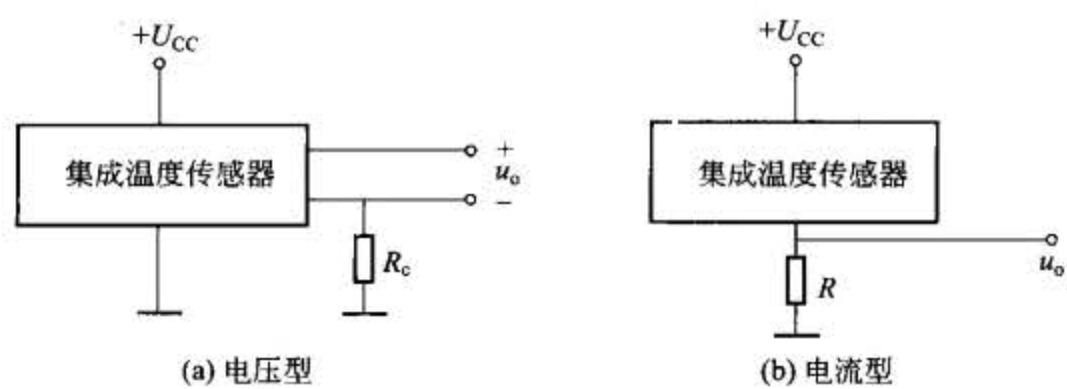


图 3-12 电压型与电流型模拟输出集成温度传感器的应用差异

LM35 已广泛用于一些工程系统上，如汽车自动检测线上的温度测量及一些具有温度检测功能的数字万用表，温度探头也采用了 LM35。图 3-13 所示电路为一款采用 LM35 的散热风扇自动控制电路。

在图 3-13 所示电路中，LM35 的 3 脚输出与温度成正比的电压控制信号。该信号通过 R_3 输入 LM358 的 3 脚内部进行放大，放大后的信号从 LM358 的 1 脚输出，驱动开关管 VT₁ 的导通程度。温度越高，VT₁ 基极的控制电压就越高，导通程度就越深，散热风扇两端的电压就越高，风扇转速就越快，加快散热的速度；反之，温度越低，风扇的转速越低，噪声越低。

二、使用 AD693 的铂电阻温度传感器

在被测现场与测量仪表距离较远的情况下，最好采用电流输出的测量电路。电流输出，即使传输线很长而有较大的电阻，也不会因压降而影响信号。采用集成电路的传感器，电流输出标准为 4~20mA，其中 4mA 是电路的静态电流，16mA 是信号成分。这里介绍使用 AD693 构成的铂电阻温度传感器。

AD693AD 是传感器输出信号处理专用 IC。如图 3-14 所示，AD693AD 内部包含放大

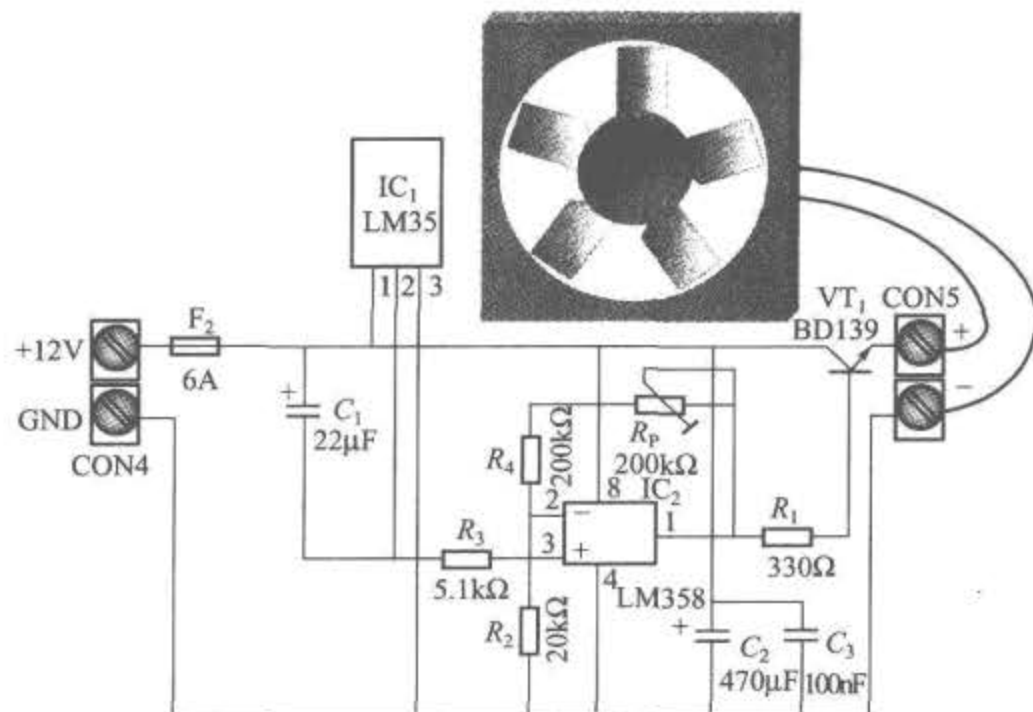


图 3-13 采用 LM35 的散热风扇自动控制电路

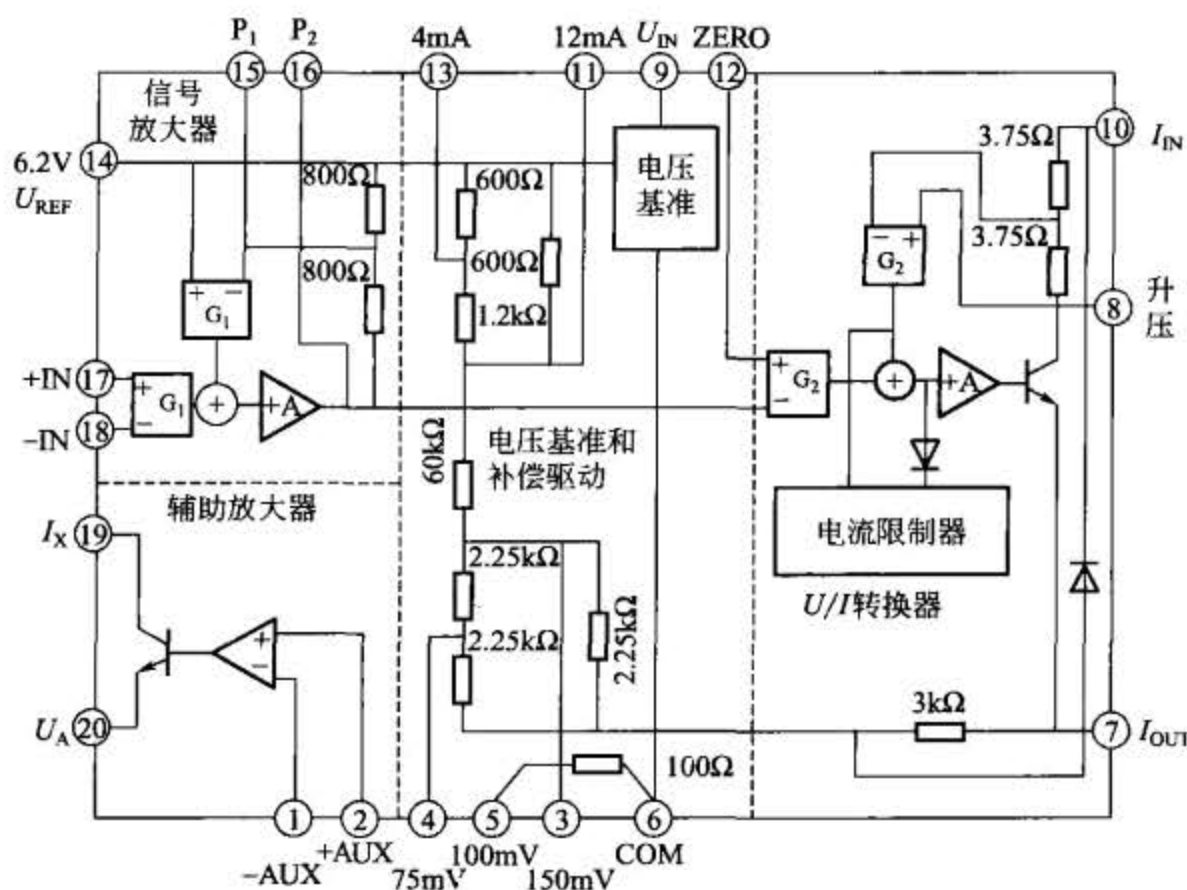


图 3-14 AD693 内部电路框图

器、基准电源、U/I 转换器等，它可构成 4~20mA 的电流输出电路。AD693AD 中放大器的偏移电压典型值为 $40\mu\text{V}$ ，最大值为 $200\mu\text{V}$ ；温度漂移典型值为 $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，最大值为 $2.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

图 3-15 所示是 AD693AD 和铂电阻温度传感器构成的基本电路。AD693AD 的内部有一个 100Ω 的基准电阻，在此例中把辅助放大器作为恒流电路使用，恒流值为 $I_{\text{IN}} = 75\text{mV}/100\Omega = 0.75\text{mA}$ 。因此，传感器的输出电压为 $U_s = I_{\text{IN}} R_T = 0.75\text{mA} \times R_T$ 。 0°C 时传感器的电阻值为 100Ω ，其压降以 150mV 为台阶，对放大器的输入端——SIG(IN) 输入 150mV 的电压。放大器的输入范围是 30mV ，传感器的输出电压 U_s 为 30mV 时是 104°C 。若连接 P_1 和 P_2 ，输入范围可变为 60mV ，从而扩大测量范围。

电路可通过 R_{P1} 和 R_{P2} 进行零点调整和范围调整， R_{P1} 是零点调整电位器， R_{P2} 是范围（增益）调整电位器。输入范围在 30mV 以下时， R_{P2} 不接 16 脚；输入范围在 $30\sim 60\text{mV}$ 内

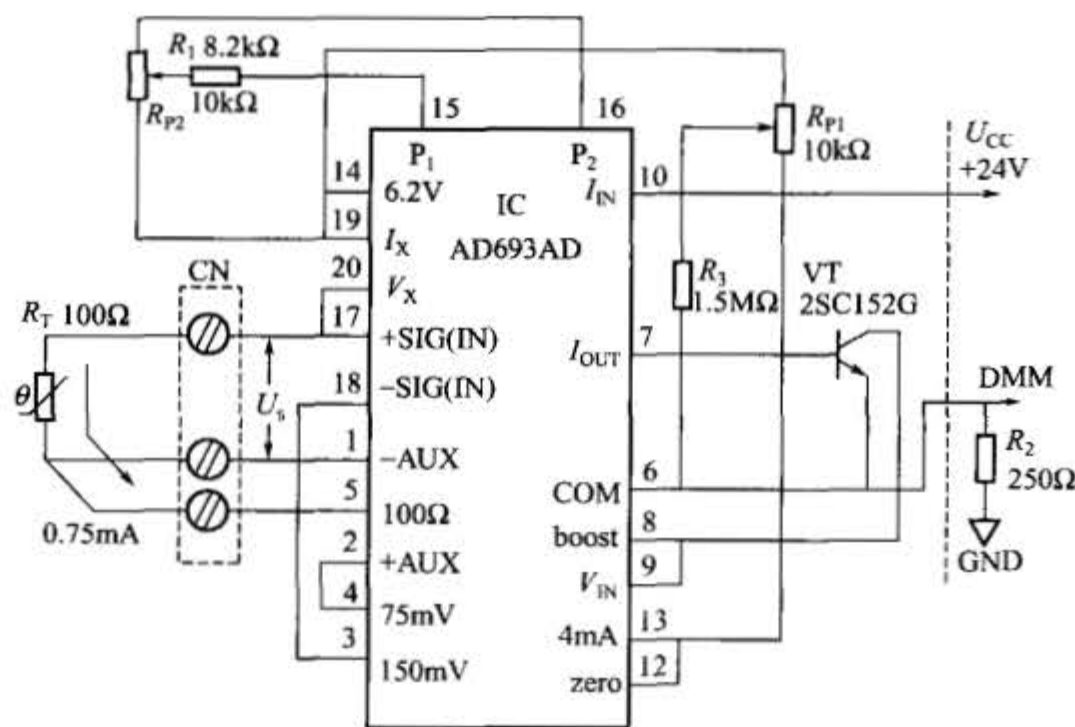


图 3-15 铂电阻用 4~20mA 电流电路

时, R_{P2} 不接 14 脚。通过调整, 零点和范围的误差可以为零, 但传感器的非线性误差依然存在, 为 0.4°C 左右。

使用三线式铂电阻温度传感器, 电路可不受连接线电阻的影响。

三、铂电阻温度测控仪电路

标准铂电阻传感器具有很宽的测量范围和极好的稳定性, 但它的电阻变化与温度变化不是严格的线性关系, 在全量程范围内, 非线性误差约为 2.7% 。铂电阻温度测控仪的测量误差小于 0.15% , 它用数字显示便于观察, 制作简单, 成本低, 适用于精密温度测控。

1. 工作原理

图 3-16 所示为铂电阻温度测控仪电路。它主要是由温度检测、A/D 转换、非线性校正、温度设定和温度控制等部分组成的。接在运放 IC_1 负反馈回路中的 R_t 采用分度号为 Pt100 的铂热电阻。当 R_t 随被测温度变化时, IC_1 的增益发生变化, 使得传感器感受的温度信号转换成电压信号输出。 IC_2 的作用是对信号值进行反向放大后经开关 SA 送至 A/D 转换器 ICL7107 的模拟输入端。

由于铂电阻的温度灵敏度随温度上升而下降, 这里巧妙地利用了 A/D 转换器的转换特性进行了高精度的线性补偿。图 3-16 中 ICL7107 的基准输入电压负端 (REFLO 端) 电位随输入信号变化, 当被测温度较低时, REFLO 端电位较低, 由于 REFHI 电位固定, 故参考电压较大, 此时 A/D 转换器“灵敏度”较低; 当被测温度较高时, REFLO 经分压后获得的电位较高, 使 ICL7107 参考电压较小, 此时 A/D 转换器“灵敏度”高。这样, A/D 转换器的转换特性刚好与铂电阻温度灵敏度关系相反, 合理调整 R_{P2} 值, 可以较好地补偿非线性。理论与实验证明, 这种非线性校正方式可以使温度测控仪的测温非线性误差小于 0.1% 。

R_t 采用三线制接法, 以减小传感器引线电阻随温度变化产生的附加误差, 从而提高测量准确度。当开关置“设定”位置, 这时仪表显示值即为设定温度。“设定”完成后, 应将 SA 扳回“测量”位置。

温度控制部分是将检测电路输出电压与设定部分输出电压进行比较, 比较结果决定了执行机构 (继电器) 的状态, 实现将温度值控制在设定值上。

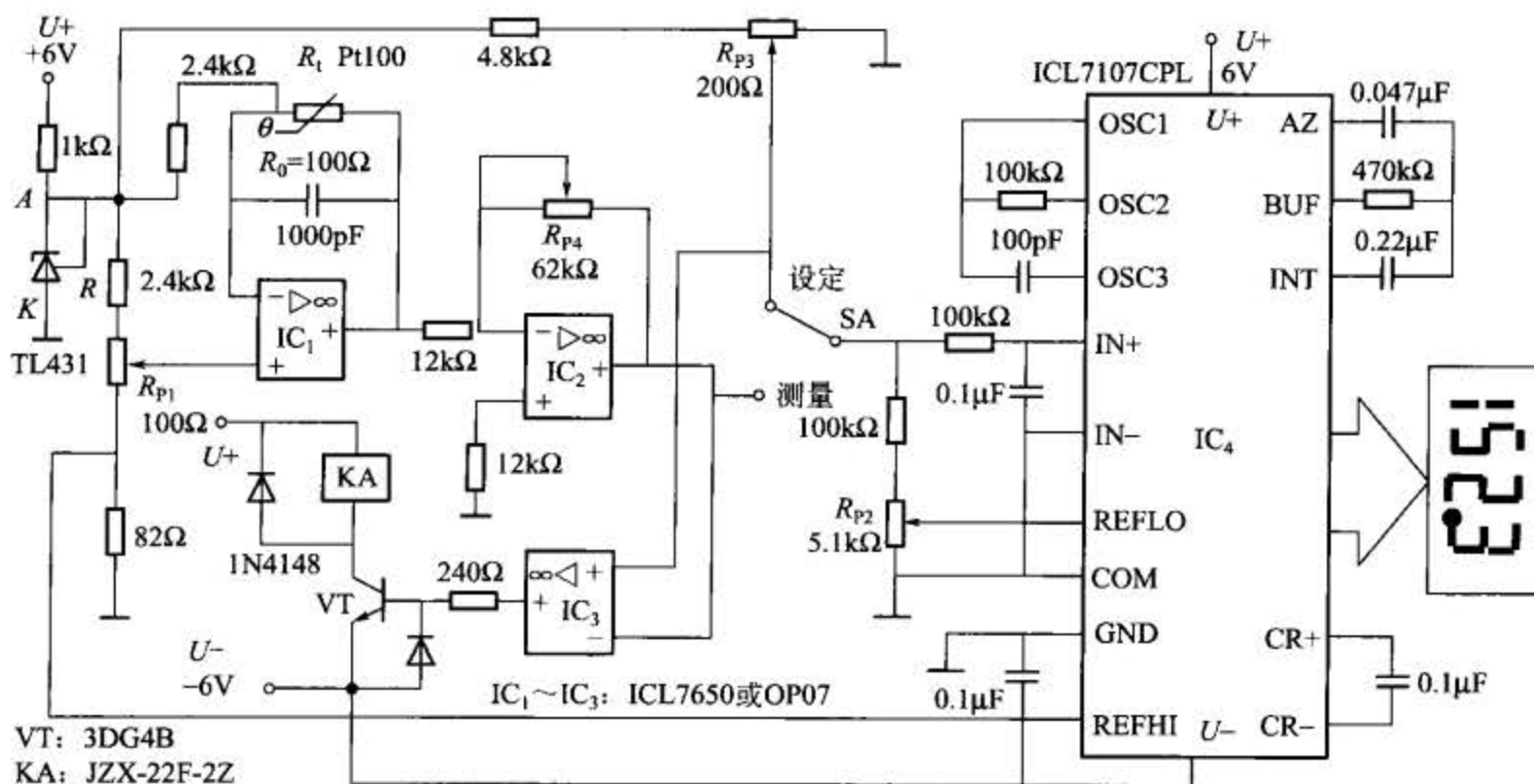


图 3-16 铂电阻温度测控仪电路

2. 电路调试

这里着重说明量程为 $-200\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时（这时仪表分辨率为 0.1°C ）仪表的调试步骤。

① 将开关置于“测量”位置，将 R_t 换成精密电阻箱（如ZX25-1）或高准确度电阻器连同配用引线接好，将电阻箱电阻值调为 100.00Ω ，再调整电位器 R_{P1} 使显示数字准确显示00.0。

② 将电阻箱调至 175.8Ω 处，调整 R_{P4} ，使仪表显示200.0。

③ 将电阻箱调至 138.50Ω 处，调整 R_{P2} ，使仪表显示100.0。

调试过程应反复进行，直至各点误差满足精度要求为止。调好后，参照铂热电阻分度表检查仪表各主要点误差，一般各点误差应小于 0.5°C 。调试后，换上铂热电阻即可正常测温。

四、电热饮水机温度控制电路

电热饮水机温度控制电路如图3-17所示，它属于定点温度控制。电路有煮水和保温两

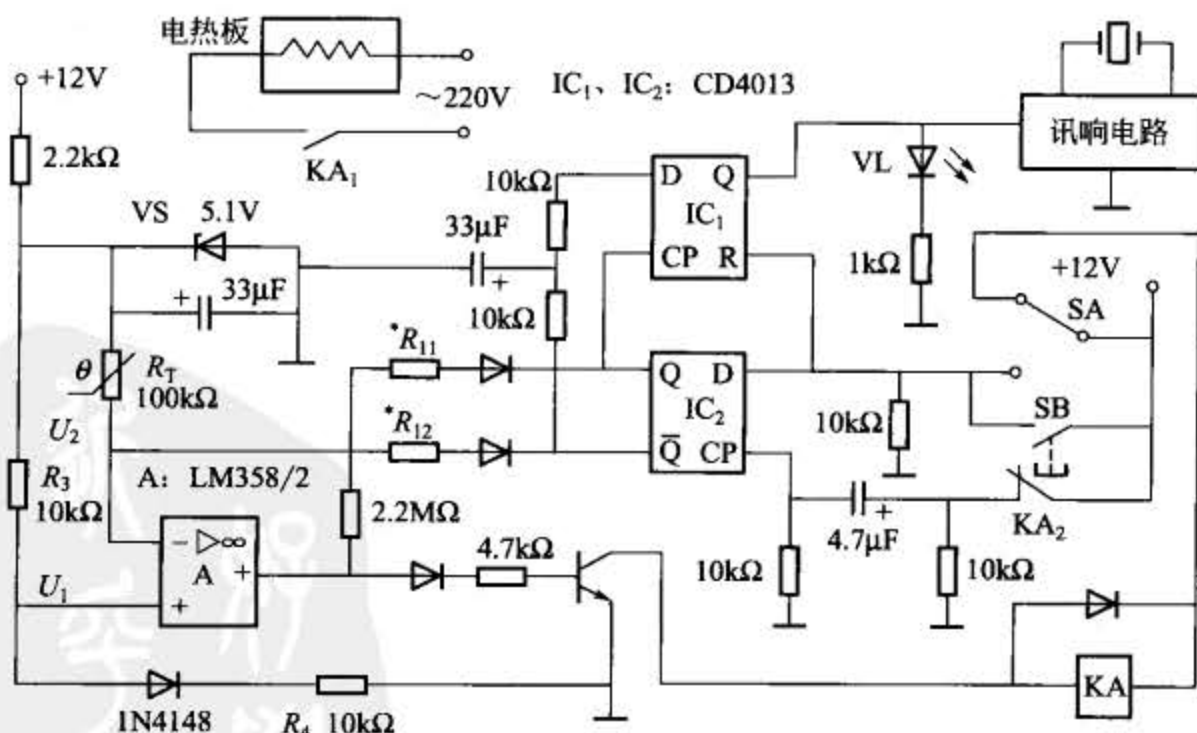


图 3-17 电热饮水机温度控制电路

个工作过程。

图 3-17 中, CD4013 是双上升沿 D 触发器; A 为 LM358 运算放大器, 接成比较器电路。在装有一定容量的水的情况下, 合上电源开关后, 当开关 SA 接向 12V 电源, 按一下加水盖或按煮水盖按钮 SB, 此时 IC₂ 的 Q 端输出高电平, 由于水温较低, R_T 阻值较大, $U_2 < U_1$, A 输出高电平, 三极管导通, KA 得电, 动合触点接通, 进入煮水工作状态。IC₁ 的 Q 端输出低电平, VL 不亮, 蜂鸣器不响。当水煮开后, R_T 阻值变小, $U_2 \geq U_1$, A 输出低电平, 三极管截止, KA 失电, 动合触点断开, 进入保温工作状态。同时, IC₁ 的 Q 端输出高电平, VL 亮和蜂鸣器响, 指示水开。煮水温控点为 100℃, 保温温控点为 80℃。当水温低于 80℃时, $U_2 \leq U_1$, 将再次启动加热。另外电路设有过热、欠水保护, 确保产品安全可靠。

五、汽车空调温度控制器电路

图 3-18 所示是汽车空调温度控制器电路。电路中 R₁、R_t、R₂、R₃ 及温度设定电位器 R_P 构成温度检测电桥。当被控温度高于 R_P 设定的温度时, R_t 阻值较小, A 点电位低于 B 点电位, A₂ 输出为高电平到 A₁ 的同相输入端, 致使 A₁ 的反相输入端电位低于同相输入端电位, 也输出高电平, 晶体管 VT 饱和导通, 继电器 KA 吸合, 动合触点 KA₁ 闭合, 汽车离合器得电工作, 带动压缩机运转制冷。随着被控温度逐渐降低, R_t 阻值增大, A 点电位逐渐升高, 当被控温度达到或低于 R_P 设定温度时, A 点电位高于 B 点电位, A₂ 输出低电平, A₁ 也输出低电平, VT 截止, 继电器 KA 释放, KA₁ 断开, 离合器失电, 压缩机停止工作。循环以上过程, 可保证汽车内温度控制在由 R_P 设定的温度附近。

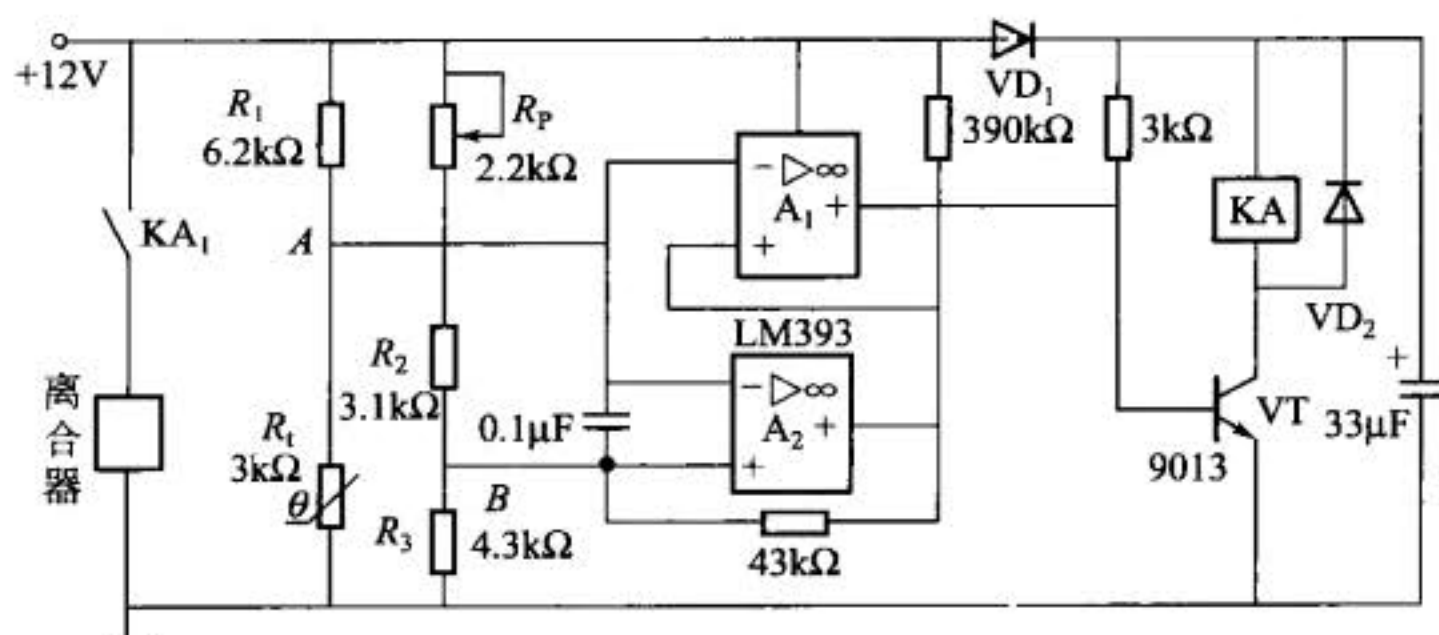


图 3-18 汽车空调温度控制器电路