

B12 温度测控仪的设计和组装

实验人：黄子维 20980066

合作者：黄睿杰 20980062

实验时间：2021.12.5 星期四 上午 室温：21°C 相对湿度：45%

【数据处理及分析】

1. 温度测控仪的组装和测试

组装温度测控仪电路

温度测控仪电路如图1所示。最终组装电路如图2。

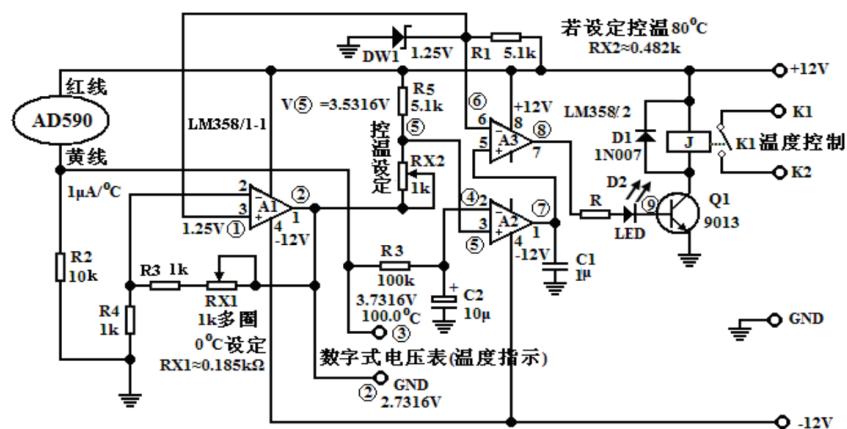


图 1: 温度测控仪电路图

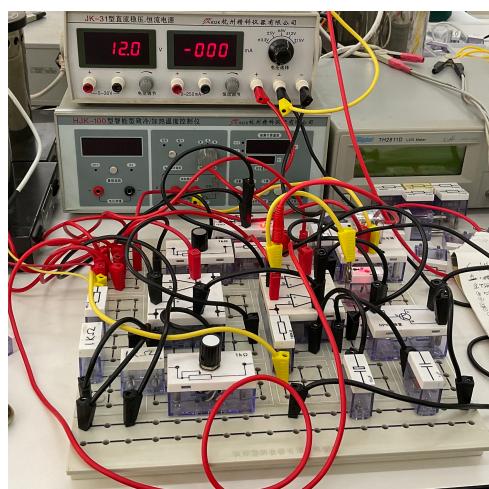


图 2: 温度测控仪组装示意图

检查电路测试点

适当调节可变电阻 $RX1$ 和 $RX2$, 根据电路图标注, 使用万用表检查测试点电压, 结果如表1所示。各测试点工作电压正常, 继电器指示灯亮, 电路正常工作。

测试点	电压 /V
V_1	1.25154
V_2	2.73430
V_3	3.05109
V_4	2.86390
V_5	3.48478
V_6	1.39114
V_7	10.3144
V_8	9.3226

表 1: 测试点电压

2. 使用温度测控仪控制加热阱恒温 $75^{\circ}C$

依据 $AD590$ 温度传感器测温原理

$$T = \frac{I}{K} \quad (1)$$

其中温度系数 $K_I \approx 1.0\mu A/K$ 。若要控制加热阱温度恒温 $75^{\circ}C$, 则需调节可调电阻 $RX2$ 使 $V_5 \approx V_2 + 0.75 \approx 3.48430V$ 。限于手动调整准确度, 实验设置 $V_5 = 3.48478V$ 。打开加热阱, 开始加热, 观察设备工作状况。

实验观察到温度测控仪继电器在温度达到 $79.7^{\circ}C$ 时第一次断开, 当温度下降至约 $74^{\circ}C$ 时继电器再次闭合, 此后温度逐渐趋近于稳定在 $75^{\circ}C$ 附近, 说明温度测控仪工作正常。温度测控仪继电器开闭对应温度如表2所示。实验记录见附图8。

继电器状态	温度 / $^{\circ}C$	电压 /V
断开	79.7	3.44765
闭合	74.0	3.44682
断开	75.7	3.44422
闭合	73.8	3.44355
断开	75.4	3.44320
闭合	73.6	3.44257

表 2: 温度测控仪工作温度

3. 标定 AD590 温度传感器

为更精确确定控温电压，我们对实验用 AD590 温度传感器进行了标定。标定结果如图 3。

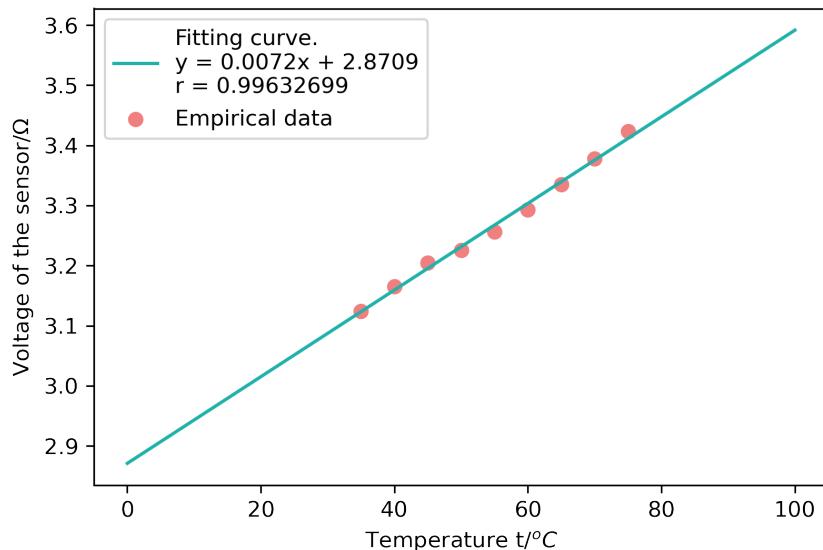


fig. 1 The calibration curve of the AD590 sensor.

图 3: 标定 AD590

标定结果为温度系数 $k_r = 7.2mV/^\circ C$ ($R^2 = 0.996$)，截距 $U_0 = 2.8709V$ 。标定结果与实验假设参数相差较大，然而温度传感器仍能正常工作。分析后我们认为，由于标定是在降温过程中进行的，所以可能存在较大误差。相关原因仍需进一步研究。

4. 其他两种温度测控仪工作原理

基于 PT100/Cu50 温度传感器的温度测控仪

温度显示：

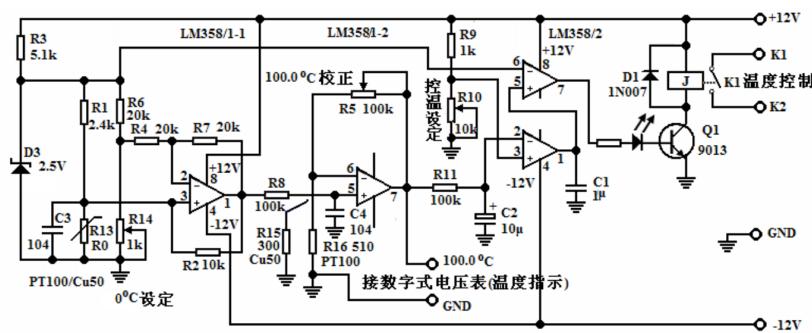


图 4: 基于 PT100/Cu50 温度传感器的温度测控仪电路图

1. 零度校准：将传感器置于零度环境，调节滑动变阻器 R_{14} 使数字电压表取合适示数，设为 V_{0_1}
2. $100^{\circ}C$ 标定：记录温度传感器在 $100^{\circ}C$ 下示数，设为 V_{0_2}
3. 依据电阻随温度线性变化关系 $R_t = R_0(1 + At)$ ，电压示数也应随温度线性变化。
4. 依据电压温度系数 $k = \frac{V_{0_2} - V_{0_1}}{100} V/^{\circ}C$ 可以计算任意电压示数 V 对应温度 T ($T = (V - V_{0_1})/k$)。

温度控制：

1. 假设控温温度为 T_0 ，则应调节滑动变阻器 R_{10} 使测试点 3 电压为 $V = V_{0_1} + kT_0$
2. 当温度低于 T_0 时， $V_2 < V_3$ ，两个集成运放相继导通，LED 点亮，继电器闭合，加热器开始工作。
3. 当温度高于 T_0 时， $V_3 < V_2$ ，两个集成运放相继截止，LED 点灭，继电器断开，加热器停止工作。

基于 LM35 电压型温度传感器的温度测控仪

温度显示：

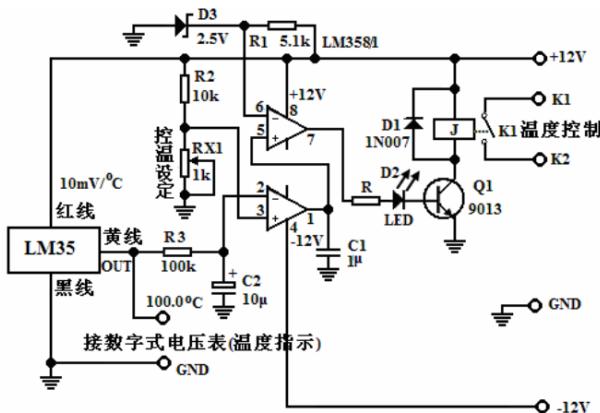


图 5: 基于 LM35 电压型温度传感器的温度测控仪

1. 温度 $100^{\circ}C$ 时，输出电压 $1.000V$ ，在温度变化范围 $0 \sim 100^{\circ}C$ 内，电压随温度线性上升。
2. 依据电压随温度线性变化关系 $T = V/K_V^{\circ}C$ ，其中电压温度系数 $K_V = 10.0mV/^{\circ}C$ ，即可根据电压示数求出温度。

温度控制：

1. 假设控温温度为 T_0 , 则应调节滑动变阻器 $RX1$ 使测试点 3 电压为 $V = KV T_0$
2. 当温度低于 T_0 时, $V_2 < V_3$, 两个集成运放相继导通, LED 点亮, 继电器闭合, 加热器开始工作。
3. 当温度高于 T_0 时, $V_3 < V_2$, 两个集成运放相继截止, LED 点灭, 继电器断开, 加热器停止工作。

【思考题：列举其他若干种温度测控电路，分析原理】

1. 基于 IC NE555 的温度控制电路

电路核心元件为 555 时基集成电路，电路较为简单，控温效果好。电路图如6

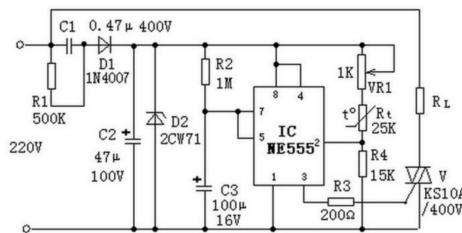


图 6: 基于 IC NE555 的温度测控仪

A. 元件选择 电路控制元件为 555 时基集成电路 (IC NE555)，根据输入引脚电压大小比较输出高或低电平，控制加热器工作。热敏电阻 R_t 应选择合适阻值的负温度系数热敏电阻 (如 MF12 或 MF53)。滑动变阻器 $VR1$ 阻值应合适，以获得较大调节范围以及保证设置灵敏度。

A. 测温原理

1. 假设控温温度为 T_0 , 则应调节滑动变阻器 $VR1$ 使 $VR1 = 2R_4 - R_t(T_0)$
2. 当温度低于 T_0 时, 热敏电阻阻值大, 引脚 2 为低电平, 则引脚 3 输出高电平, 双向晶闸管 V 导通, 电加热器 RL 开始加热。
3. 当温度高于 T_0 时, 热敏电阻阻值小, 引脚 2 为高电平, 则引脚 3 输出低电平, 双向晶闸管 V 断开, 电加热器 RL 停止加热。

2. 基于 TW9205 的冷断式温度控制电路

电路由 TW9205 及其外围元件组成的过零开关控制电路、可控硅驱动制冷控制电路及发声电路等组成。电路特点为“冷关断式”，常用于空调器、冰箱等制冷电路控温。电路图如6

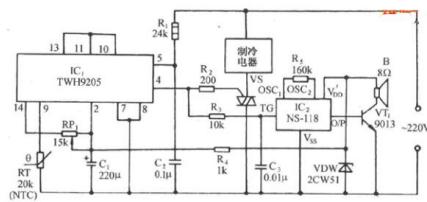


图 7: 基于 TW9205 的冷断式温度控制电路

A. 元件选择和连接 温度传感器 RT 采用负温度系数 (NTC) 的热敏电阻，将它接在 TWH9205 芯片内的差动开关放大器的反相输入端 (9 脚) 上；而差动开关放大器的正相输入端 (13 脚) 与电位钳定端 10、11 脚相接，即 13 脚钳定在一个固定电位上。

A. 测温原理

1. 调节 RP1 电阻值，使在设定的温度以下 TWH9205 输出低电平，可控硅 VS 处于截止状态。
2. 在温度升高到预定值后，热敏电阻 RT 阻值减小，TWH9205 内差动开关放大器的输出状态发生变化，并在交流电源过零时 TWH9205 的输出端 (4 脚) 转呈高电平，可控硅 VS 导通，制冷器运行。
3. 环境温度下降，RT 阻值升高，使集成电路内的差分开关放大器的反相输入端的电压也升高。当电压高于正相输入端的钳位电平时，在交流过零时又转呈低电平，可控硅 VS 截止，制冷器断电而停止运行。
4. 如此循环往返，使被控设备或空间的温度保持在一定的温度范围内。

【项目源码】

https://github.com/Jeg-Vet/SYSU-PHY-EXP/tree/main/B12-Temperature_measuring_and_controlling_instrument

【附录：实验视频截图】

继电器导通和断开瞬间截图如8



图 8: 继电器导通和断开瞬间