

SHIYONG
WENDU
KONGZHI
XIANLU
50LI

朱良宏 编著

实用温度控制线路50例



上海科学技术出版社

实用温度控制线路 50 例

朱良宏 编著

上海科学技术出版社

实用温度控制线路 50 例

朱良宏 编著

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 470 号)

新华书店上海发行所经销 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 107,000

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-2781-7/TN·53

定价: 2.40 元

(沪)新登字 108 号

内 容 简 介

本书选编的内容包括工农业生产,仪器仪表制造工业,家用电器,食品工业,制药工业,化学工业,海洋钻探,航空,航天,科学研究,实验室中实用温度控制和测量线路 50 例。每例不仅有具体的线路图,而且对每个电路的功能、工作原理、适用范围均作了说明。因此,本书不仅实用性强;并且适应面广。书末附有与本书所列线路有关的组装技术,线性集成电路的使用注意事项,集成运算放大器的国内外型号对照表。可供科研人员,工程技术人员,产品设计人员,生产和维修人员,大专院校师生和电子技术爱好者参考使用。

前 言

近年来,国内外温度控制和测量技术有了很大的发展,并且越来越多地为人们所注意。

大家知道,精确控制和测量温度,是许多先进生产工艺和产品的关键技术之一。它对节约能源,降低成本,提高产品质量,增强市场竞争能力有十分重要的意义。

为适应国内各单位试制新产品,提高产品质量的需要,选编了50个有关温度控制和测量的实用线路。虽然学习和掌握温度控制和测量技术不是很容易的事,但是为了便于读者理解和掌握,力求在内容上对每个电路的用途、特点、原理都尽可能地作详尽的说明和分析,并配合相当数量的图,以期阅读后对电路技术有较全面的概念。

本书在编写过程中注重理论联系实际,学以致用。既注意一定的理论深度,又注意知识的科学性、实用性。

书末附有与本书所列线路有关的组装技术,线性集成电路的使用注意事项和集成运算放大器的国内外型号对照表。

由于本人经验不足,水平有限,书中有错误的地方,请广大读者批评、指正,以便进一步修改、完善。

编 者

1991年10月

目 录

1. 脉冲调宽精密温度控制电路	1
2. 电热褥温度控制器	3
3. 电冰箱自动化霜控制器	4
4. 新式电饭锅控制电路	9
5. 新型电热杯温控线路	11
6. 热敏电阻型沸水鸣报器	13
7. 热敏探头精确控制交流电加热器	14
8. 热敏电阻精确控制直流电加热器	16
9. PN 结传感式温度计	17
10. 遥测温度电路	19
11. 使用晶体管敏感元件的电子温度计	21
12. 遥感的温度报警器	22
13. 温度-频率变换器	24
14. 用微型电源工作的温度计	25
15. 进行冷接点补偿的热电偶温度测量系统	27
16. 遥测温度的接口	28
17. 便携式体温遥测仪	29
18. 自动跟踪太阳能热水器	33
19. 育雏恒温调节器	35
20. 采用 PUT 的零伏加热器	37
21. 数字体温计	38
22. 高精度无触点温度继电器	40
23. 电子温度计	41
24. 采用 TCA965 的三位置温度调节器	42
25. 采用 TCA965 的二位置温度调节器	43
26. 低温警报指示器	44

27. 温度测试电路	45
28. 用运算放大器构成的高精度温度计	45
29. 高温测量电路	47
30. 低噪声温度测试电路	48
31. 使用集成温度传感器的高精度测量线路	49
32. 采用 TCA965 的故障保险过热保护电路	50
33. 干衣柜温控线路	51
34. 石英晶体测温探头电路	53
35. 简易温度监测器和控制器	55
36. 热敏电阻输出的线性化电路	56
37. 采用单稳电路的温度控制器	57
38. 利用硅二极管的温度系数的高灵敏度温度检测仪	59
39. 温差测量线路	59
40. 自动记录温度微小变化的装置	61
41. 具有报警功能的恒温控制电路	62
42. 调制光检测用的红外发光二极管的温度补偿	65
43. 采用运算放大器 5G23 进行温度控制线路	66
44. 桥式温度自动控制电路	67
45. 温升光声指示报警器	68
46. 直流桥式连续控温电路	70
47. 时间比例型温度控制电路	72
48. 便于精密温控测量的微伏比较器	73
49. 多路温度监控电路	74
50. 发酵温度的微机控制系统	78
附录	88
一、组装技术	88
二、使用线性集成电路的注意事项	91
三、集成电路的主要特性	95
四、常用国外晶体管特性表	122
五、国内外集成电路型号对照表	127

1. 脉冲调宽精密温度控制电路

图1是一种能使温度变化保持在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的温度控制电路,它能为精密仪器提供一个恒定的环境温度。

为了满足精密温度控制的要求,在加温阶段电路须输出较大电流以获得足够的加温功率;在进入温度稳定阶段时,电路输出的电流量须适时控制,放大器应有比较大的增益。考虑到电路的效率,应使电路本身的耗散功率尽可能小。

其工作原理如下,电路由电桥输入电路、直流前置放大、三角波发生器、电压比较器、脉冲开关功率放大等组成。电桥输入电路采用直流激励。作为电桥一个桥臂的热敏电阻 R_T ,其阻值随着温度变化而变化。电桥有一个反应温度变化的电压输出信号,输出较大的电压。此电压经直流前置放大器 $AJ1$ 放大和电压比较器 $AJ3$ 变换后,使开关功率放大器的开关功率三极管 $V5$ 处于深饱和或截止的工作状态。电路以最大电流给精密仪器加温,但加温电流随加温电阻而变,随着温度的升高,电桥渐趋平衡(当电路进入脉冲宽度调制开关工作状态,直至精密仪器的环境温度稳定于被控温度为止)。当精密仪器的实际工作温度相对于被控温度略有上升(或下降)时,装于精密仪器内部和外部的热敏电阻将随之略有增大(或减小),电桥输出发生变化,使开通功率管的方波宽度相应变窄(或变宽),功率管的输出方波宽度相应变窄(或变宽),功率管的导通时间相应变短(或增长),从而使精密仪器温度变化被控制在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的精度范围内。

该电路是一个有差调节系统,通过电桥中可调的整定电阻,使得被控对象的温度为无差。只有在环境干扰温度出现

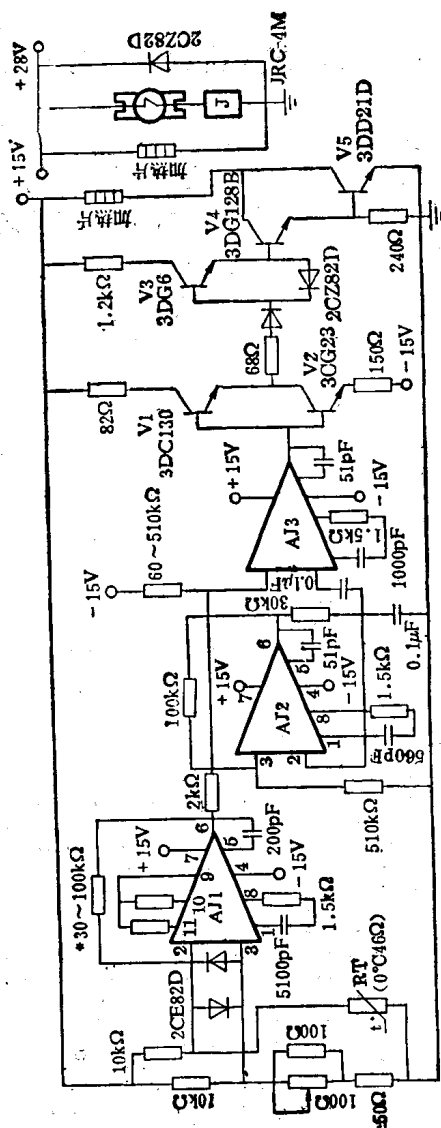


图 1

时产生静差。其敏感元件为密封铂电阻。为了能在粗温控下进行精密控制,所以采用了能敏感小信号的感温元件,以便连续控制。如果电桥不平衡,输出信号经过组件放大,校正功放。使被控对象升温(或降温)来减小电桥不平衡误差。在平衡时,只有少量静差。这样便可维持加热电流,实现热平衡。

该电路经多次试验,证明效果良好。若前置放大器的放大倍数在 200~1000 之间,均能稳定工作。控温精度在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。该电路具有以下优点:

(1) 结构简单、温控精度高、实用性强、便于小型化和集成化,使用电源种类较少,只需 28V 功率电源和 $\pm 15\text{V}$ 稳压电源。

(2) 因为功放管工作始终处于深饱和和截止的开关状态,所以电路功率转换效率高。

(3) 电路采用较高的开关频率,对系统的干扰易于滤波。

缺点是,由于在恒温情况下,输入放大器的是小直流信号,易受外界干扰的影响。此外,直流漂移也会影响电路工作。但这可选用低漂移组件,以及对电路采取屏蔽等措施加以改进。

2. 电热褥温度控制器

目前市售的电褥子绝大多数由手动开关控制温度,使用比较麻烦。若采用图 2 所示电路就可代替手动开关,自动控制电褥子的温度。试验证明,图 2 中电路既简单又实用,而且还节省电能。图中, R_T 为热敏电阻, V_1 和 V_2 组成电压鉴别器。当电褥子温度较低时, R_T 阻值较大,其与 R_P 的分

压点 A 点电位低,致使 V1 截止, V2 导通。这时 J 吸合, 电褥子插座有电, 当电褥子温度升高后, A 点电压上升, 使 V1 导通, V2 截止。这时 J 释放, 电褥子插座断电。如此周而复始地循环下去, 就能使电褥子保持一定的温度。控制温度的高低由 RP 来调整。

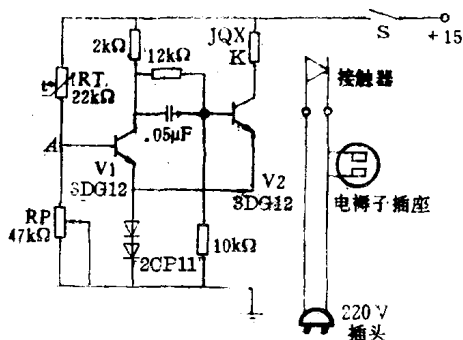


图 2

图 2 中: V1 和 V2 选用 $\beta \geq 60$ 的 3DG12 型三极管; J 采用 JQX-4F、12V 继电器; RT 采用负温度系数的热敏电阻 (即温度高阻值变小)。

电路装好后, 将 RT 压在电褥子底下的中部, 用胶布贴好。晚上睡觉时合上开关 S。这时调节 RP 使 J 吸合 (听到 J 动作的声音, 也可用万用表测图 2 插座)。当温度上升到合适的温度时, 再慢慢往回调一下 RP, 听到 J 释放声音为止。这以后每天只要睡前合上开关 S 就可以了。不同季节, W 可调节不同的位置, 用以改变控制温度。

3. 电冰箱自动化霜控制器

电冰箱自动化霜控制电路的方框图如图 3 所示。蒸发器

外表面霜层结至一定厚度时,由信号电路产生一化霜信号,触发施密特触发器翻转。由施密特触发器输出两路控制信号:一路至温度控制器电路,使制冷压缩机停止工作,另一路至化霜加热电路,进行快速化霜。当霜层化完时,由信号电路产生一停止化霜信号,使施密特触发器翻转回原状态,在停止化霜加热的同时将制冷压缩机的控制回路接通并恢复电冰箱的正常工作。

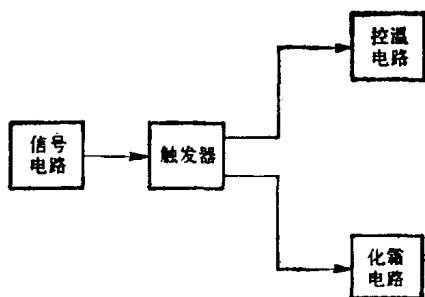


图 3

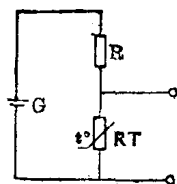


图 4

化霜信号电路:

如图 4 所示,将一负温度系数的热敏电阻 R_T 和固定电阻 R 接成一简单分压电路,其输出电压:

$$V_{R_T} = R_T E / (R + R_T)$$

它只取决于 R_T 与 R 阻值的比例关系(由稳压电源供电)。当温度升高时,热敏电阻 R_T 阻值减小, V_{R_T} 降低。反之,当温度降低时, R_T 阻值增大, V_{R_T} 升高。由此可见,以 V_{R_T} 为温度电压信号,便可进行自动控制。但是,由于图 5 电路的信号源内阻较大,当外接负载电阻不是足够大时,将会改变 R_T 的状态,使其不能正确反映温度-电压的对应关系。因此需采取适当的措施,将负载对信号源的影响减至允许的程度。

图5是由晶体管射极输出器构成的化霜信号电路。图中由 R 和 R_T 的分压关系决定了晶体管 V 的基极电位，信号电压由 V 的发射极输出。射极输出器是一个全电压负反馈电路，具有较高的输入电阻和较低的输出电阻，输出电压 V_{Re} 只与晶体管 V 的基极电位有关。当热敏电阻 R_T 的阻值随温度变化时， V_{Re} 也随之变化，以此便可作为触发信号。由于射极电阻 R_e 的作用，晶体管 V 的基极电流对 R 、 R_T 分压电路的分流影响很小，可忽略不计。而射极输出器具有很低的输出电阻，可有较强的带负载能力。

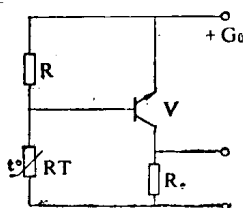


图 5

化霜控制电路：

电冰箱化霜控制器的完整电路如图6所示，由 $G_6 \sim G_8$ 构成施密特触发器。本电路中，当热敏电阻 R_T 感受的温度较高时， R_T 阻值较小，晶体管 V_2 的基极电位 V_b 较低，由于此时 V_b 小于 TTL 与非门的门限电压 V_T ，并且 $V_f < V_e < V_T$ ，所以 G_6 输出高电平， G_7 输出低电平，施密特触发器处于第一稳态。热敏电阻 R_T 感受的温度降低时， R_T 阻值增大， V_b 升高， V_e 也随之升高，当 $V_e \geq V_T$ 时，由于 $V_f < V_T$ ，电路并不翻转。只有当蒸发器上霜层结至约 5mm 厚，从而使热敏电阻 R_T 的温度降至 -8°C 左右时， $V_f \geq V_T$ ，电路翻转到第二稳态， G_6 输出低电平， G_7 输出高电平。当热敏电阻 R_T 的温度升高时， V_b 降低，在 $V_f \leq V_T$ 时，电路并不翻转，只有在 R_T 的温度升到 5°C 左右，从而使 $V_e \leq V_T$ 时，电路才翻转回第一稳态。此时 $V_e \leq V_T = 1.35\text{V}$ ，因射极输出器工作处于放大状态，其 $V_{be} = 0.6\text{V}$ ，所以，

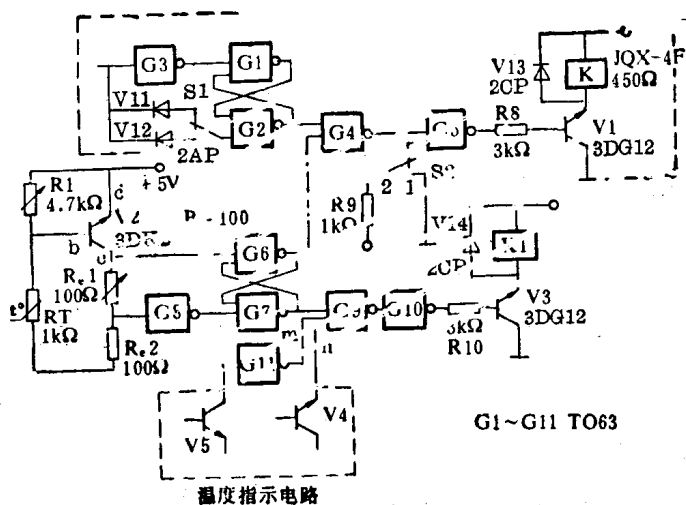


图 6

$$V_b = V_e + V_{be} = 1.35 + 0.6 = 1.95V$$

$$I_{RT(5)} = V_b / R_{t(5)} = 1.95 / 1.5 = 1.3mA$$

式中 $R_{t(5)}$ 为热敏电阻 RT 在 $5^\circ C$ 时的阻值(测量取得), 由于 $I_{RT(5)}$ 远大于 $V3$ 的基极电流, 因此:

$$I_{R1} \approx I_{RT(5)} = 1.3mA$$

$$R1 = \frac{E_c - V_b}{I_{R1}} = \frac{5 - 1.95}{1.3} = 2.346k\Omega$$

可采用 $4.7k\Omega$ 的可调电阻进行调试。当热敏电阻 RT 的温度降至 $-8^\circ C$ 时:

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{E_c}{R1 + RT(-8)} R_{t(-8)} \\ &= \frac{5}{2.346 + 2.4} \times 2.346 = 2.53V \end{aligned}$$

式中 $R_{t(-8)}$ 为热敏电阻 RT 在 $-8^\circ C$ 时阻值 (由测量取得)

此时:

$$V_e = V_b - V_{be} = 2.53 - 0.6 = 1.93V$$

若要使施密特触发器翻转到第二稳态,必须使:

$$V_f \geq V_T = 1.35V$$

R_{e2} 选择 100Ω ; 则

$$I_{Re2} = V_f / R_{e2} = 1.35 / 100 = 13.5mA$$

$$\because I_{Re1} \approx I_{Re2}$$

$$\therefore R_{e1} = \frac{V_e - V_f}{I_{Re1}} = \frac{1.93 - 1.35}{13.5} = 43\Omega$$

可采用 100Ω 的可调电阻进行调试。综合以上电路分析计算可知,施密特触发器的回差电压 V_H , 就是热敏电阻 RT 在 $-8^\circ C$ 的分压值 $V_{Rt(-8)}$ 与在 $5^\circ C$ 时的分压值 $V_{Rt(5)}$ 之差。

即为:

$$V_H = V_T R_{e1} / R_{e2} = 1.35 \times 43 / 100 = 0.58V$$

对于不同温度特性的热敏电阻,可通过调节 $R1$ 、 R_{e1} 来改变施密特触发器的上触电压 V_{r1} 和下触电压 V_{r2} ,从而达到预定的化霜控制功能。

图6上部虚线框内的电路,是原冰箱用的温度控制器基础上稍加变动而成,将原电路G2的输出端至R8之间增加了二级与非门G4、G5,这样并不会改变原电路的逻辑功能,但是通过在G4、G5的输入端加入控制信号,可使电路的控制功能具有更大的灵活性。图中S2为强冷开关,当S2拨向1位时封闭G5使其输出高电平,晶体管V1导通,从而使继电器K吸合,压缩机连续工作,不受化霜信号和控温电路的控制。当S2拨向2位时,撤消对G5的封锁,恢复电路正常的控温及化霜功能。当热敏电阻RT感受的温度低于 $-8^\circ C$ 时,G6输出低电平,从而使G4关闭输出高电平,G5输出低电平,使晶

晶体管 $V1$ 截止, 继电器 K 释放, 压缩机停止工作, 开始化霜。此时压缩机的工作受化霜信号的控制, 控温电路对其失去了控制作用。只有当热敏电阻 RT 的温度, 上升到 5°C 左右时, 施密特触发器翻转回原状态, $G6$ 输出高电平, 使 $G4$ 开通, 恢复温度控制器对压缩机的控制作用, 化霜过程结束。对于具有快速化霜功能的电冰箱在 $G6$ 输出低电平, 使压缩机停止工作的同时, 由于 $G7$ 输出高电平, 使 $G9$ 开通输出低电平。 $G10$ 输出高电平, 从而使晶体管 $V3$ 导通, 继电器 $K1$ 吸合, 接通电热器进行快速化霜。在化霜过程完毕, $G6$ 输出高电平, 解除对压缩机控制电路封锁的同时, $G7$ 输出低电平关闭 $G9$, 从而使 $G10$ 输出低电平, $V3$ 截止, 继电器 $K1$ 释放, 停止化霜加热。图 6 下部虚线框内为“电冰箱用温度指示器”, 将 $V4$ 的集电极接 $G9$ 的 n 输入端, 其作用是, 当电冰箱用于强冷状态工作时, 可能会因长时间连续工作使箱内温度降至很低, 如热敏电阻 RT 感受的温度低于 -8°C 时, 将会引起化霜电路误动作。由电冰箱温度指示器的工作原理可知, 在冷藏室温度低于 0°C 时, 晶体管 $V4$ 饱和, 其集电极输出低电平, 从而关闭 $G9$, 封锁化霜加热回路, 而在冰箱正常使用, 冷藏室的温度大于 0°C 时, $V4$ 集电极为高电平, 解除对化霜电路的封锁。将 $V5$ 的集电极经 $G11$ 反相后接 $G9$ 的 m 输入端, 其作用是, 当控制电路失灵时, 化霜加热器继续加热使箱内温度升高, 当冷藏室温度超过 8°C 时, $V5$ 集电极输入高电平, 经 $G11$ 反相后, 关闭 $G9$, 停止化霜加热, 起了超热保护作用。

4. 新式电饭锅控制电路

大家知道, 普通电饭锅在锅底温度升至 100°C 左右时, 磁

钢限温器即切断电路，进入由温控器控制的保温阶段。在保温条件下，高温时蒸发的水蒸气会因容器降温又凝成水，滴在米饭上，使表层米饭变成粘糊状，影响了米饭的质量。新式电饭锅控制电路的原理图，如图 7 所示，控制电路可使电饭锅在限温器动作之前，有一段中温煮饭过程，避免了上述弊病，提高了煮饭质量。

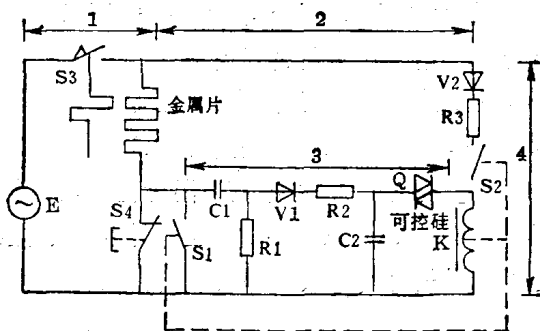


图 7

这种控制电路由主电路 1 和控制电路 2 (包括定时电路 3 和继电器电路 4) 构成。图 8 为控制电路的工作说明。

电路的工作原理如下：限温器 S3 手动复位后，主电路接通，电热丝通电工作。到时间 t_1 时(温度约为 100°C)，锅底水干，锅底温度急剧上升至 Q_2 (约 115°C)，调至 Q_2 值的温控器触点断开，切断主电路。此时 R1 上的电压经 V1 整流后给 C2 充电，充电时间由 C_2 、 R_2 决定。温控器触点打开后，锅底温度下降至一定数值。温控器触点又闭合。如此反复通断 1~2 次，水分反复蒸发，米饭表面就不会形成粘糊状。该过程一直延续至 t_4 时止，时间等于 C2 的充电时间与温控器触点断开时间之和。到 t_4 时，C2 上的充电电压使开关元件 Q 导通，继