

730
841

家电常用控制电路与 传感器件

蔡宪承 著

電子工業出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

洗衣机、电冰箱、电风扇等家用电器越来越趋向于电子控制和电脑控制，使产品的功能增加，结构简化，质量明显提高。如电扇模拟自然风、数字钟控、红外线遥控和单片微电脑控制，电冰箱电子温控，自动洗衣机和电饭锅电脑控制等。然而这些新技术尚不普及，增加了维修难度。

本书从介绍这些家电的传感器件、功率驱动器件、集成电路入手，结合具体实例，讲解家电中各种电子控制电路和单片微电脑控制的工作原理和控制过程，使您可以举一反三，灵活运用，为家电维修提供坚实的知识基础。书后还提供了常用器件参数表、电脑指令表和部分家电电原理图，资料十分难得。

可供维修人员、电子爱好者和从事家电设计、生产的技术人员阅读。

家电常用控制电路与传感器件

蔡宪承 著

责任编辑 鞠养器

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

•

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 8.875 插图: 1 字数: 195千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数: 10100册 定价: 4.80元

ISBN7-5053-1691-1/TN·475

前 言

我国家用电器工业在改革开放中得到了迅速发展，取得了举世瞩目的成就。现在家用电器产品中的洗衣机、电风扇的产量已跃居世界各国的首位，电冰箱的产量也居世界的前列。以集成电路为核心的微电子技术已开始在家用电器的产品中得到应用，使产品的性能、结构、质量都得到提高。家用电器已遍及每个家庭，而且它的普及率还在不断提高。

本书收集了采用电子元件作为控制电路的部分家用电器产品，包括近年来国内生产的一些优秀家电新产品和市场拥有量较大的进口产品。它们有电扇的模拟自然风、数字电子钟控、红外线遥控和单片微电脑控制，双桶半自动和套桶自动洗衣机的单片微电脑控制电路，多种类型的电冰箱电子温控电路等家电产品。通过介绍敏感元件、功率驱动器件、集成电路和单片微电脑的工作原理和过程，以及在家用电器产品中的应用，供家电维修人员在维修家用电器的电子控制电路中参考，还能作为学习电子技术和单片微电脑的参考书，及典型电子元件的应用实例。

本书编写中，得到了姜继延等同志的帮助，并参阅了有关书刊，在此向他们表示诚挚谢意。许多工厂为编者提供了技术资料，在此对这些工厂的支持表示感谢。

由于本人水平有限，书中错误和不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

一九九一年十二月

目 录

一、家用电器中的敏感元件·····	(1)
(一) 热敏电阻器·····	(1)
(二) 氧化锌(ZnO)压敏电阻器·····	(15)
(三) 光敏元件·····	(22)
(四) 气敏元件·····	(35)
二、数字集成电路在家用电器中的应用·····	(42)
(一) TTL与CMOS电路的区别·····	(42)
(二) 逻辑门电路的应用·····	(50)
(三) 触发器的应用·····	(53)
(四) 计数器的应用·····	(57)
三、模拟和混合模拟/数字集成电路的应用·····	(60)
(一) 三端集成稳压器·····	(60)
(二) 运算放大器·····	(69)
(三) 电压比较器·····	(74)
(四) 时基电路555·····	(78)
(五) 锁相环音频译码集成电路·····	(87)
(六) 数字电子钟电路·····	(89)
四、家用电器中的功率器件·····	(99)
(一) 晶闸管的结构及工作原理·····	(99)
(二) 双向晶闸管·····	(103)
(三) 晶闸管在家用电器中的应用·····	(106)

(四) 固态继电器	(115)
五、单片微型计算机基础知识	(125)
(一) 绪论	(125)
(二) 单片机的基本结构和工作过程	(128)
(三) 单片机的存储器	(133)
(四) MCS-48系列单片微型计算机	(138)
(五) MCS-48系列单片微型计算机在全自动 洗衣机控制电路中的应用	(151)
(六) Z8系列单片微型计算机	(176)
六、家用电器中的电子控制电路	(187)
(一) 电冰箱电子温控电路	(187)
(二) 电扇电子控制电路	(211)
七、家用电器中的单片机控制电路	(215)
(一) 洗衣机控制电路	(215)
(二) 电扇控制电路	(232)
(三) 电饭锅控制电路	(239)
附录一、国产家用电器控制电路中的部分电子元件 型号和特性	(244)
(一) 热敏电阻器	(244)
(二) 压敏电阻器	(248)
(三) 光电元件	(250)
(四) 气敏元件	(255)
(五) 2CTS双向触发二极管和3CTS双向晶闸 管	(258)
附录二、部分常用进口晶体管特性参数表	(262)
附录三、三端集成稳压器性能表	(263)

附录四、MCS-48 系列指令表	(266)
附录五、部分家用电器电气线路图	(268)

一、家用电器中的敏感元件

(一) 热敏电阻器

利用半导体陶瓷材料制成的热敏电阻器是电阻值随温度变化而显著变化的敏感元件。电阻值随温度升高而减小的称为负温度系数热敏电阻器，用NTC表示；电阻值随温度升高而增加的称为正温度系数热敏电阻器，用PTC表示。

热敏电阻器作为温度传感器已经得到广泛的应用。1980年全世界热敏电阻器的品种已愈100种，产量达几亿个。我国从1958年开始研制热敏电阻器以来，到目前为止，是我国生产品种较多，规格较全的一种敏感元件，近年来我国热敏电阻器的发展较快，已具备一定生产规模，并能直接替代进口家用电器中的热敏电阻器。

1. 热敏电阻器的分类

热敏电阻器的种类繁多，用途广泛，使用的材料及外型结构多种多样，大体分类如下：

1) 按阻温特性分

负温度系数(NTC)热敏电阻器，正温度系数(PTC)热敏电阻器，临界温度特性(CTR)热敏电阻器(电阻值随温度的变化，有一临界点，超过临界点，阻值急剧下降，一般可下降2~4个数量级)。

2) 按工作温度范围分

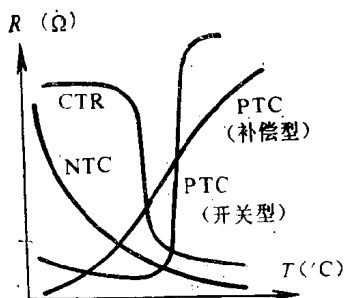


图1 阻温特性曲线

① 常温(-60~300℃)

热敏电阻器，它包括：负温度系数热敏电阻器、正温度系数热敏电阻器(按其温度系数的大小可分为开关型和补偿型正温度系数热敏电阻器)、临界温度热敏电阻器(可用作高灵敏度调节器和温度开关等)、薄膜型热敏电阻器(可用作流量测量,红外探测和微波功率测量)、厚膜型热敏电阻器(可用作红外探测)。

② 低温(-80~193℃)热敏电阻器(有氧化物陶瓷、玻璃碳、硅等品种,可用作低温测量)。

③ 高温(300℃以上)热敏电阻器(它具有B值小,稳定性高,耐腐蚀等特点,已广泛应用于汽车发动机排气温度的检测,各种飞行器的高温检测系统以及家用电器、复印机、工业设备等温度测量及控制)。

3) 按阻值变化特性分

直热式热敏电阻器,电阻值的变化是由本身所通过的电流引起或周围环境温度变化引起或两者变化的热影响引起。旁热式热敏电阻器,电阻值的变化是电阻体本身专用的加热丝热量的变化引起。

4) 按形状结构分

片状热敏电阻器,包括圆片和方片,厚度为1.5~2.5mm。垫圈式热敏电阻器,阻体直径 $\phi 6 \sim \phi 30\text{mm}$,厚度

在1~10mm，中央开小孔成垫圈状。杆状热敏电阻器，包括非密封、一般密封和真空密封3种，阻体尺寸为 $\phi 1.5 \sim \phi 4\text{mm}$ ，长度在10~20mm之间。珠状热敏电阻器，阻体为 $\phi 0.5\text{mm}$ 左右，用 $\phi 0.03\text{mm}$ 的铂丝作内引线，用 $\phi 0.04\text{mm}$ 的杜美丝作引出线，阻体封于玻管中。除以上的形状结构外，还有管状、线状、薄膜、厚膜以及其他特殊形状的热敏电阻器。

2. 热敏电阻器的基本特性和主要参数

1) 阻温特性

是在给定的若干温度点下测得的电阻值，并将对应的数据描成曲线。

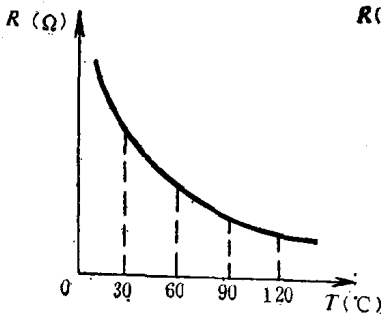


图2 NTC阻温特性曲线

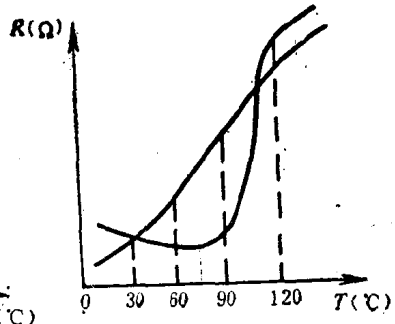


图3 PTC阻温特性曲线

2) 静态伏安特性

施加在热敏电阻器两端的电压与通过电阻体的稳态电流之间的关系，并将所对应的数据描成曲线。

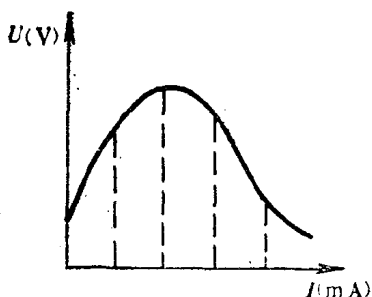


图4 NTC伏安特性曲线

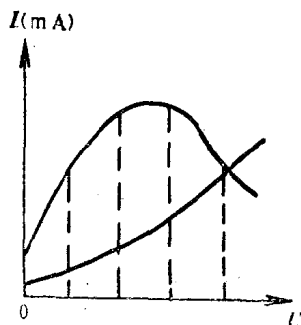


图5 PTC伏安特性曲线

3) 电流时间特性

在接有热敏电阻器的电路中，当外接电源突然接通时，开始时电阻体还没有发热，但随着时间的推移，电阻体开始发热，经过一段时间后，电阻体达到一个稳定温度，电阻值达到稳定值，这时流经电阻体的电流也达到稳定值。电流从接通到最后稳定所表现出来的电流与时间的关系，称为电流时间特性。它是动态特性。这种动态特性是PTC热敏电阻器特有的，对于外加电压具有较大的初始电流和突变连续衰减部分。

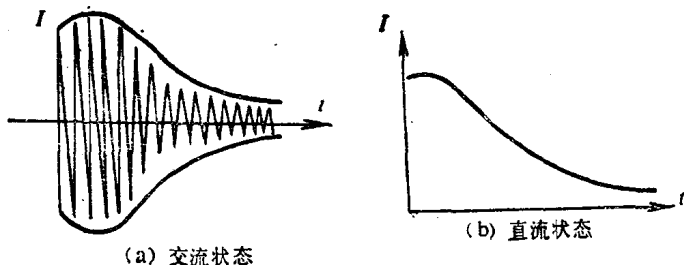


图6 PTC的电流时间特性

4) 标称阻值 R_{25}

指环境温度为 25°C 时, 用 $\leq 0.1\%$ 的测量功率所测得的电阻值。这电阻值应在规定误差范围之内。通常热敏电阻器阻值的误差为 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等级, 特殊的有 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 的。

5) 材料常数 B 值

表示热敏电阻器材料物理性能的一个重要技术指标。在工作范围内, B 值并不是一个严格的常数。

NTC热敏电阻器的 B 值为:

$$B_N = 2.303T_1T_2 / (T_2 - T_1) \lg R_{T_1} / R_{T_2}$$

PTC热敏电阻器的 B 值为:

$$B_P = 2.303(\lg R_{T_2} - \lg R_{T_1}) / (T_2 - T_1)$$

式中 R_{T_1} 和 R_{T_2} 分别为温度 T_1 和 T_2 (绝对温度)时的阻值。

6) 电阻温度系数 α

指热敏电阻器在环境温度每变化 1°C 时电阻值的变化率, 是反映其阻温特性的一个主要参数, 一般通过测定 B 值来换算:

NTC热敏电阻器的 α 为:

$$\alpha = -B_N / T^2$$

PTC热敏电阻器的 α 为:

$$\alpha = B_P$$

7) 实际阻值 R_T

指环境温度为 $T^{\circ}\text{C}$ 时, 用 $< 0.1\%$ 的测量功率所测得的电阻值。其电阻值 R_T 和自身温度的关系式是:

$$\text{NTC热敏电阻器 } R_T = R_0 e^{B_N/T}$$

$$\text{PTC热敏电阻器 } R_T = R_0 e^{B_P T}$$

式中的 R_0 为条件电阻， B 为材料常数， T 为绝对温度($^{\circ}\text{K}$)。

8) 耗散常数 H

指热敏电阻器自身温度比周围介质温度升高 1°C 时所消耗的功率。是描述热敏电阻器工作时，阻体与外界环境进行热量交换的一个量。

$$H = \Delta P / \Delta T (\text{mW}/^{\circ}\text{C})$$

式中 ΔP 为温度变化 ΔT 所消耗的功率， ΔT 为温差， H 值的大小与热敏电阻器所处的介质种类和状态有关。

9) 时间常数 τ

指热敏电阻器本身的温度改变为周围介质温差的63.2%时所需要的时间。

$$\tau = C / H (\text{s})$$

式中 C 为热容量(温度升高 1°C 时，所消耗的热能量)， H 为耗散常数。

10) 额定功率 P_B

温度为 25°C ，相对湿度为45~80%，大气压力为650~800mmHg的条件下，长期连续负荷所允许消耗的功率。

11) 测量功率 P_C

在规定的环境温度下，电阻体受到测量电源的加热而引起电阻值变化不超过0.1%时所消耗的功率。测量功率一般小于1mW

12) 居里点

PTC热敏电阻器直至达到一个特定温度前，电阻值随温度变化缓慢，当超过这个温度时，阻值急剧增大。发生阻值急剧变化的这一点叫居里点。

3. 热敏电阻器在家用电器中的应用

1) NTC热敏电阻器在冰箱电子温控器中的应用

利用热敏电阻器的阻温特性可制成温度传感器。如进口的东芝GR-184E(G)型双门双温直冷式电冰箱,不采用机械式温控器,而是采用集成电路的电子温控器,并采用具有负温度系数的热敏电阻RS来检测温度,由温度调节电位器SVR来选定温度。

RS为负温度系数热敏电阻器制成的温度传感器。 R_{25} 为 $2.6k\Omega$ 左右,RS与 $10k\Omega$ 的分压值 U_A 加至Q802的比较器I的同相输入端⑦;而比较器的反相输入端⑥的电位 U_B 由电位器SVR进行调节,约为 $1.6\sim 2.5V$,选温越低,电位越低。如选在中间位置 U_B 为 $2V$ 。Q802的另一比较器II的反相输入端④接 U_A ,同相输入端⑤接由R801、R802提供的上限温度比较电平 U_C (约 $4.2V$)。

在常温下冰箱接通电源,这时 $U_A > U_B > U_C$,经比较器和后级电路处理后,Q811饱和导通,R·C吸合,压缩机运转。

随着压缩机运转,冷藏室内温度逐渐下降,RS阻值也逐渐增大, U_A 也随之减小,当降至低于 $4.2V$, $U_A < U_C$ 时,压缩机继续保持运转状态,冰箱内温度继续下降,当 $U_A < U_B$ 时,Q801截止,R·C释放,压缩机停止运转。

停机后,冰箱内温度回升RS阻值减小, U_A 升高。当 $U_A > U_B$ 时,保持停机状态。当冷箱内温度继续上升, $U_A > U_C$ 时,又使Q811饱和导通,R·C吸合。如此不断循环,完成控温过程。东芝电冰箱的停机温度是可调的,取决于SVR的位置,而开机点冷藏室的温度是固定的,一般在 $3.5\sim 5.5^\circ C$ 之间。这种控制方式与双门直冷式电冰箱采用的定温

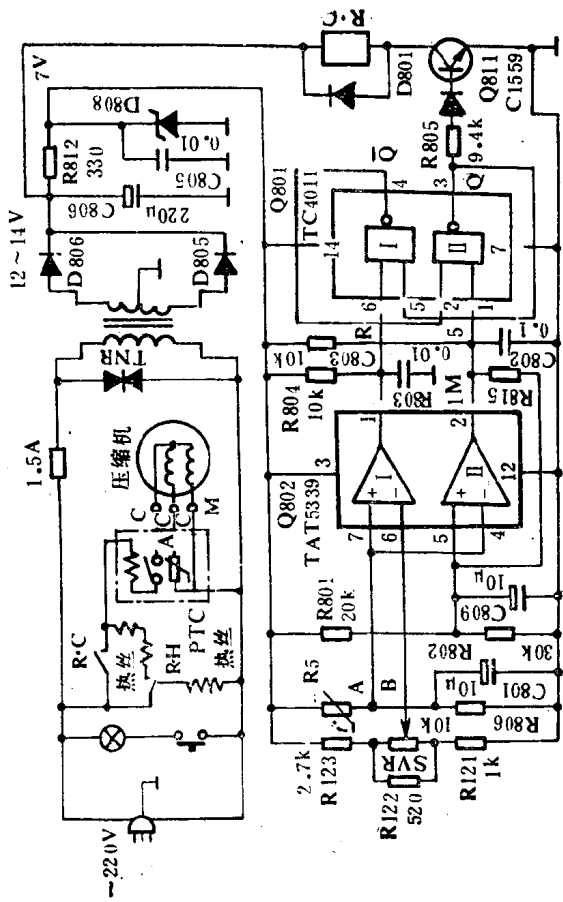
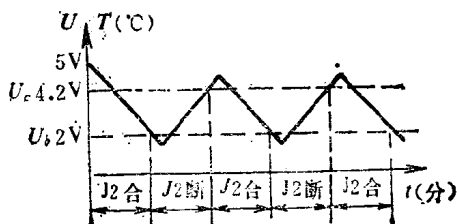


图1 东芝GR-184E(G)压缩机控制部分电路图

复位方式相同，只是采用电子电路来实现。



注: J₂即R·C

图8 东芝GR184E(G)控温曲线

电子温控器的核心部件是反应冷藏室温度变化的传感器。该传感器是东芝电冰箱的易损元件，经常由于该温度传感器的性能变异损坏而导致工作不正常。如东芝电冰箱制冷不停机是常见故障，在直观检查排除制冷系统发生故障中，大多是由于温控电路出现故障，常见的是温度传感器性能变异，热敏电阻器阻值变小，在低温下总是 $U_A > U_B$ ，继电器 R·C 总是吸合，压缩机不停。当热敏电阻器阻值变大，在常温下总是 $U_A < U_C$ ，压缩机就不会运转，冰箱不制冷。采用 NTC 热敏电阻器制成的温度传感器是东芝系列采用电子温控的冰箱的易损元件，不仅价格高，而且不易购买。目前国内已有工厂生产冰箱用温度传感器，并能直接替代进口东芝系列冰箱中的温度传感器，价格低廉，购买方便。

2) PTC 热敏电阻器的应用

① 电机起动元件

利用 PTC 的电流时间特性，将 PTC 热敏电阻器作为电机启动元件已广泛应用在电冰箱、空调器和电扇上。

表1 低温用NTC热敏电阻温度传感器
(国营宏明无线电器材厂生产)

型 号		SWF9-A	SWF9-B
主 要 特 性	使用温度	-30~+30℃	
	标称阻值	$R_{25}: 2640\Omega$	
	精度等级	1 级	2 级
	时间常数	$\leq 60s$	
	耗散常数	$\geq 5mW/^\circ C$	
	测量功率	$\leq 0.05mW$	
	绝缘电阻	$\geq 100M\Omega$	
	绝缘耐压	$\geq 500V(a.c)$	

表2 SWF9热敏电阻温度传感器阻温曲线数据

T(℃)	R(Ω)	T(℃)	R(Ω)
+30	2166	-5	9852
+25	2640	-10	12574
+20	3235	-15	16175
+15	3989	-20	20979
+10	4950	-25	27447
+5	6134	-30	36234
0	7777		

在电冰箱压缩机的启动绕组上串接 PTC 热敏电阻器。通电前 PTC 热敏电阻器的温度在常温状态，阻值约 22Ω。在温控器接通电源的瞬间，电源电压基本上全部加在启动绕组上，瞬间 PTC 热敏电阻器可将约 7A 电流经 0.1~0.4s 衰减至