

# 用 APPLE II 微处理机控制任意函数的变温过程

赵世富 钱生法 李晨曦 张道范

(中国科学院物理研究所)

DWT-702 精密温度自动控制仪(以下简称 DWT-702)是常用的温度控制仪器。当它的毫伏设定值  $EM$  为某一恒定值时, DWT-702 能将炉温  $T$  调到某一确定值;改变  $EM$  的值, 炉温也将被控制为与它对应的值<sup>[1]</sup>。如果控制  $EM$  为时间  $t$  的线性函数, 即  $EM(t) = at + b$ , 炉温  $T$  将按时间的线性函数变化(假定热电偶的温差电势  $E$  正比于  $T$ , 否则在写解析式时应计入  $E \sim T$  的非线性因素)。如果  $EM(t)$  为其它形式的函数, 则炉温也将按  $EM(t)$  的函数形式变化。

我们将 APPLE II、带 IEEE-488 接口的数字电压表和步进电机配合, 通过计算机程序, 改变 DWT-702 的毫伏设定值, 简便地实现了对按任意函数形式变温过程的程序控制, 既能保证控制设定值的精度, 又避免了使用不易得到的高精度数模转换器。图 1 为控制系统的方框图。

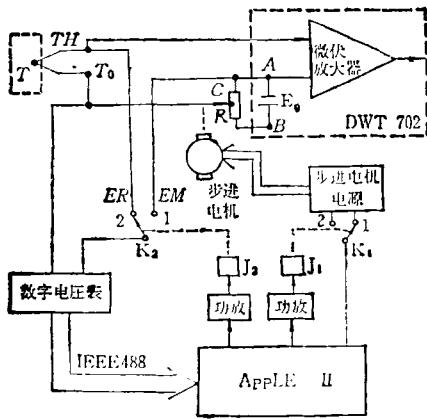


图 1 用 DWT-702, APPLE II, 数字电压表和步进电机组成的控温系统

APPLE II 的游戏输入、输出接口(GAME I/O 以下简称“接口”)的第 12,13,14 和 15 脚在 BASIC 语句 POKE 的控制下能输出 0V 或 5V 的电压<sup>[2,3]</sup>。例如用下面的程序就能使 12 脚输出 10 个矩形脉冲:

```

10 FOR I = 1 TO 10
20 POKE - 16289, 0:FOR L = 1
   TO 15: NEXT L
30 POKE - 16290, 1:FOR L = 1
   TO 15: NEXT L
    
```

40 NEXT I

用这些脉冲去触发步进电机的电源, 可使步进电机转动 10 步。“接口”的第 13 脚在语句 POKE-16292,1 和 POKE-16291,0 的控制下, 分别输出 0V 和 5V 的电压, 经功率放大器放大后去驱动干簧继电器 K1。当第 13 脚输出电压为 0V 时, K1 接向 1 的位置; 输出为 5V 时, K1 接向 2 的位置。这就能控制步进电机正转或反转。

45BY4/7.5 型步进电机的步角为 0.18 度, 它的转轴与一个电阻值为 10 k $\Omega$  的线性精密十圈电位器 R 的转轴相连。电位器接在 DWT-702 毫伏定值器输出端 AB 上。当 AB 端的电压  $E_0$  为 19.000mV 时, 步进电机每转动一步, 电位器 AC 端输出的电压  $EM$  变化约 0.001mV。电压  $EM$  与温差电势  $ER$  反向串联后接到

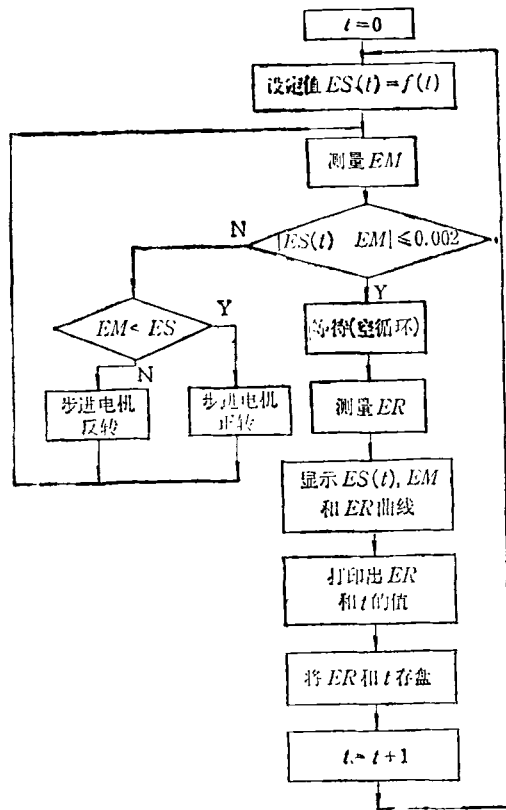


图 2 控温程序流程图

DWT-702 微伏放大器的输入端。显然  $EM$  受步进电机控制。当电机停在某一位置时,  $EM$  为常数, DWT-702 可使炉子保持恒温; 当电机的转角线性增大或减小时,  $EM$  亦线性上升或下降, 炉温也将线性上升或下降; 当步进电机转角为时间的其它函数时, 炉温也将按同样函数变化。

与“接口”的 13 脚类似, 用 14 脚去控制干簧继电器 K2 的位置, 分别用语句 POKE-16293, 0 和 POKE-16294, 1 控制 K2 在位置 1 和 2 上, 电压表分别测出  $EM$  和  $ER$  值后, 送入计算机进行监视和控制。

图 2 给出了用上述方法控温的程序流程图。预定的炉温变化过程, 由解析式  $ES(t) = f(t)$  给出。数字电压表把测量的  $EM$  值送入计算机, 并与  $ES(t)$  相比较。如果不满足  $|ES(t) - EM| < 0.002\text{mV}$ , 电机会继续转动, 直到满足为止。整个的控温过程是在预先编好的程序控制下自动进行的。 $ES(t)$ ,  $EM$  和  $ER$  随时间的变化曲线同时显示在计算机的荧光屏上, 能直观地看到温度的变化情况。数据由打印机打印出, 也可存入磁盘以便保存。

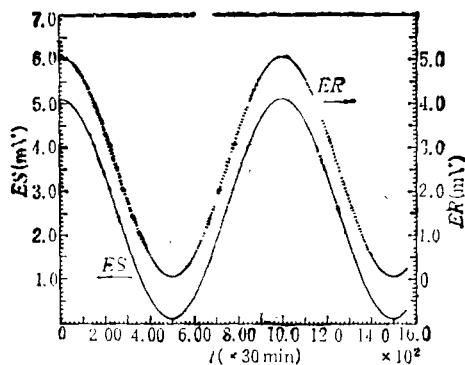


图 3 当  $ES(t) = 2.5\cos(0.00189t) + 2.6$  时, 被控制的样品温度  $ER$  随时间变化的曲线

我们将上述系统用于控制类似文献 [4] 介绍的恒温器样品室的温度。设定值由解析式  $ES(t) = 2.5\cos(0.00189t) + 2.6$  给出。从计算机打印出的  $ES(t)$  和  $EM$  的值看出, 在每次完成步进电机自动调整之后的  $EM$  值与  $ES(t)$  值都满足  $|ES(t) - EM| \leq 0.002\text{mV}$ 。这说明用上述方法可精确地控制  $EM$  随  $ES(t)$  的变化。

图 3 给出  $ES(t)$  的曲线和样品室的实际温度  $ER$  随时间变化的曲线。图 3 中曲线  $ER(t)$  相对  $ES(t)$  作了平移, 否则两条曲线几乎重合在一起。可见, 上述系统的控温精度完全可以满足一般实验的要求。

安装时应注意: DWT-702、数字电压表、电位器 R 以及干簧继电器触点间的连接线必须用短而屏蔽良好的屏蔽线, 干簧继电器应装在屏蔽盒中, 以避免干扰。

上述控温系统用于光学、电学测试中控制样品的温度, 一年多来的运行情况表明, 它的性能可靠, 使用灵活方便, 自动化程度高。只需改变程序中某些语句就能适应各种变温过程的要求 (当然不能超越 DWT-702 的控制能力和炉子热惯性所允许的范围)。

此外, 如将实验过程中的各种物理量经过换能器转换为电信号后, 再用与测  $EM$ ,  $ER$  相似的方法, 将这些物理量分别经数字电压表测量后送入计算机进行处理, 即可监视和控制整个实验过程。

### 参 考 文 献

- [1] DWT-702 精密温度自动控制仪技术说明书。
- [2] Apple II Reference Manua, Apple Computer Inc. (1981), 23, 25, 100.
- [3] Applesoft BASIC Programming Reference Manual, Apple Computer Inc. (1981), 135.
- [4] 赵世富, 物理, 8(1979), 230.

(上接第 58 页)

$-0.180$ ;  $a_1 = -0.228$ .

那么

$$y = -0.228e^{-2.729x} + 0.325, \quad (17)$$

从而  $S_{\text{omax}} = a_3 = 0.325$ ,  $S_{00} = a_1 + a_3 = 0.097$ ,  $\beta = -a_2 = 2.729$ 。最后按 (16) 式计算出 (17) 式的剩余离差平方和

$$Q = 0.000154.$$

以上讨论三点插值参数估计法是以方程

(1) 的形式为例的, 事实上, 这种方法尚可推广到其它一些方程形式。例如, 对

$$y = a_1x^2 + a_3$$

一类的方程亦可用, 只是为了估计  $a_3$ , 在求  $y^*$  时,  $x^*$  应取作  $\sqrt{x_1x_3}$  而不是  $\frac{(x_1 + x_3)}{2}$ , 其余步

骤相同。

谭廷栋先生提供了实际测井资料。在此表示感谢。