

# 数字温度测控电路\*

张 奕

(重庆师范大学 物理学与信息技术学院, 重庆 400047)

摘 要: 针对目前较为广泛的温度测试方法中所出现的范围小, 操作不方便等问题, 作者采用高精度温度传感器, 运用高精度运放组成放大电路, 有效抑制各种干扰, 实现遥测和温度预置功能, 并辅以比较控制电路实现恒温。

关键词: 温度测控; 遥测; 恒温

中图分类号: TM932

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2006)04-0054-04

## Temperature Measure and Control by Digital Level

ZHANG Yi

(College of Physics and Information Technology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:** As small scope and inconvenient operation are shortcomings, in the widespread use of temperature testing method, the author of this article adopted high precision temperature sensor and used high precise amplified circuit to effectively restrain any disturbing to achieve remote measure function; achieve temperature prefabricating function, and added comparative control circuit to achieve constant temperature function. This circuit possesses the advantages of simple circuit, low power consume, easy operation, direct temperature measurement.

**Key words:** temperature measure and control; remote measure; constant temperature

因为汞的剧毒性, 水银温度计损坏以后将严重危害环境, 而且测温范围有限, 在环保问题日益重要的今天, 水银温度计将逐步被环保型测温计所取代。因此数字式温度计势必将成为以后温度测量的主要工具, 此数字式温度测控电路正是为满足此需要而设计的。考虑到工业及日常生活可兼用, 此电路不仅有  $-50 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  的测温功能, 测温精度  $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 线性度  $< 0.2\%$ , 还能对预置温度进行恒温控制; 电路稍加改动可测多路信号, 可作数字万用表等, 完成多种物理量的测试。本电路仅是完成功能的初级模型, 若要成为产品, 还有待进一步改进。

成比例的电流信号, 经放大器放大, 再用 IC7107 转换为数字信号进行显示, 由一个 D/A 转换器实现温度预置, 利用滞后比较器实现温度控制<sup>[1]</sup>。其基本框图如图 2 所示。

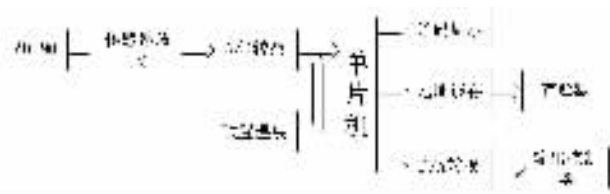


图 1 系统组成框图

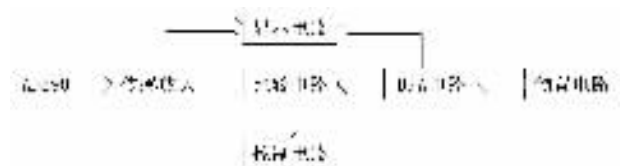


图 2 基本框图

## 1 方案论证

### 1.1 提出方案

方案一: 利用单片机系统对温度进行测量、存储、处理和结果输出, 其框图如图 1 所示。

方案二: 利用模拟数字电路测温。此方案是利用电流型温度传感器 AD590, 把温度转换成与电

### 1.2 论证方案

比较方案一、二, 发现两个方案的测温传感器的

\* 收稿日期: 2006-02-22

作者简介: 张奕(1979-), 女, 四川乐至人, 实验师, 硕士研究生, 研究方向为仪器科学与技术。

放大、温度预置、温度显示及控制电路均是一致的,不同之处在于方案一由单片机的程序来进行温度测量,完成比较功能,而方案二是由硬件来完成。从所需知识来说,方案一偏重于单片机,需要软、硬件知识均很过硬,难度很大,而方案二偏重于模拟及数字电路,不需要软件知识;从成本来看,方案一需要 8051、89C5 或 8031、74LS373、RAM6116、EPROM2716 及 DAC0832、ADC0809、8155、AD590、 $\mu\text{A}741$  等块子,而方案二需要 AD590、 $\mu\text{A}741$ 、DAC0832、IC7107 等块子,相对来说,方案二所用器件少,成本低,最后,从设计思路来看,方案二因不涉及软件,功能均由硬件完成,其思路清晰明了,因此选择方案二。

### 1.3 局部电路方案

1) 预置温度部分。用 8 位指拨开关接上拉电阻作为置数端,如图 3。

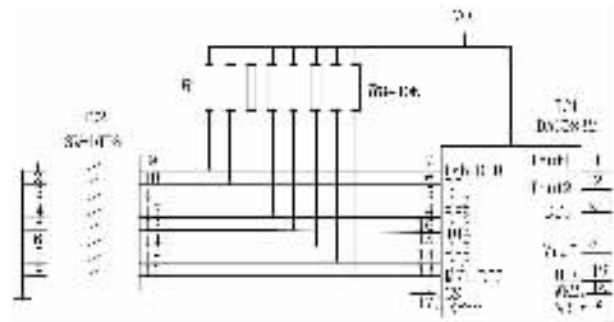


图 3 预置温度电路

2) 负温度转换电路。由于 AD590 每  $100\text{ }^\circ\text{C}$  输出电压差为  $-1.5\text{ V}$ ,所以要预置负温度  $T$ ,先预置  $T+100\text{ }^\circ\text{C}$  的值,再减去  $1.5\text{ V}$ ,即为负温度  $T$  的值,见图 4<sup>[2]</sup>。

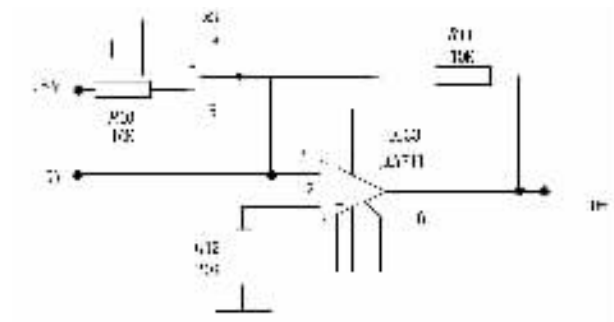


图 4 负温度转换电路

其中  $V_i$  为预置值,当预置正温度时 S3 置 A 处,  $V_o = V_i$ ; 当预置负温度时, S3 置 B 处, 实现  $V_o = V_i - 1.5\text{ V}$ 。

## 2 方案确定

由以上讨论,可确定整个电路的总体方案及框

图,见如图 5。

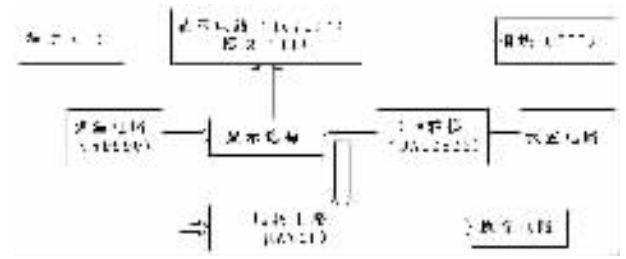


图 5 总体框图

## 3 各模块的具体设计

### 3.1 模块 I——测温电路

3.1.1 温度传感器 AD590 ( $-50 \sim 150\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1\text{ }\mu\text{A}/^\circ\text{C}$ )  
AD590 是继电压输出型温度传感器之后发展的一种电流输出型温度传感器,以电流输出作为温度指标,在激励电压为  $4 \sim 30\text{ V}$  时,AD590 的输出电流与绝对温度成正比,表现出  $1\text{ }\mu\text{A}/\text{K}$  高阻抗恒流调节的优良特性。作为正比于温度的高阻电流源,AD590 可以和数百欧姆的电阻串联使用,不易受接触电阻、引线电阻和电压噪声的干扰,适合多点温度和远距离温度测量<sup>[3]</sup>。AD590 集成温度传感器实质上是一种半导体集成电路,它是利用晶体管的 b-e 结压降的不饱和值  $V_{BE}$ 、热力学温度  $T$  和通过发射极电流  $I$  的下述关系实现对温度的检测

$$V_{BE} = \frac{KIT}{q} \ln I,$$

式中,  $K$  为波尔兹常数;  $q$  为电子电荷绝对值。AD590 是单片集成温度传感器,它是电流元件,主要特性如下。

1) 流过器件的电流大小等于器件所处环境的热力学温度的大小,即  $\frac{I}{T} = 1\text{ }\mu\text{A}/\text{K}$ , 式中  $I_i$  为流过器件(AD590)的电流,单位为  $\mu\text{A}$ ;  $T$  为热力学温度,单位为 K;

2) AD590 的测温范围为  $-55 \sim 150\text{ }^\circ\text{C}$ ;

3) AD590 的电源电压范围为  $4 \sim 30\text{ V}$ 。图 6 为 AD590 在 3 个不同温度下的电流-电压特性曲线。可见,在  $2.7\text{ V}$  左右进入线性区,考虑到工艺偏差引起的分散性,规定器件的最低工作电压为  $4\text{ V}$  是可行的。AD590 的输出电流在额定工作电压范围内的变化为  $2 \sim 3\text{ }\mu\text{A}$ ,对于任何工作电压只要变化在  $1\text{ V}$  内,引入的误差就不会超过  $0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 。因此对所用电源电压的稳定性要求不高,AD590 可以承受  $44\text{ V}$  正向电压和  $20\text{ V}$  反相电压,器件即使反接也不会被损

坏。

4) 输出电阻为 710 MΩ。

5) 精度高, AD590 在出厂前已经校准, 精度较高, 共有 I、J、L、K、M 5 档, 其中 M 档精度最高, 在 -55 ~ 150 °C 范围内, 非线性误差为 ±0.3 °C。

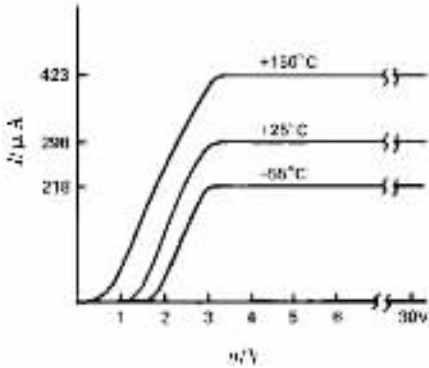
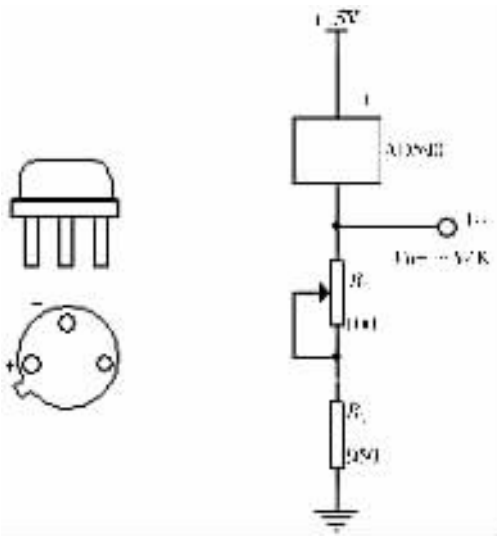


图 6 AD590 电流 - 电压特性曲线

图 7 (a) 是 AD590 的封装形式, AD590 共有 3 个管脚: 正极、负极和接管壳端。使用时将管壳接地, 可起到屏蔽作用<sup>[4]</sup>。图 7 (b) 是 AD590 用于测量热力学温度的基本应用电路。



(a) 封装形式 (b) 基本应用电路  
图 7 AD590 的封装及应用电路

因为流过 AD590 的电流与热力学温度成正比, 当电阻  $R_1$  和  $R_2$  之和为 1 kΩ 时, 输出电压  $V_o$  随温度的变化为 1 mV/K。但是由于 AD590 的增益有偏差, 电阻也有误差, 应对电路进行调整。调整的方法是把 AD590 放于冰水混合物中, 调整电位器  $R_2$ , 使  $V_o = 273.2$  mV; 或在室温 (25 °C) 条件下调整电位器, 使  $V_o = 273.2 + 25 = 298.2$  mV。但这样调整只可保证在 0 °C 或 25 °C 附近有较高精度<sup>[5,6]</sup>。

3.1.2 放大电路:  $V_i$ — $V_i$  本电路中两块 IC1、

IC2 均用  $\mu A741$ , 其中 IC1 接为加法器, IC2 接为放大器, 加法器的一个输入为 AD590 所得电压, 电压与  $K$  成正比, 为把  $K$  变为摄氏度, 首先需减去基准电压 0.273 V, 以校零。放大器 IC2 的放大倍数为  $K = -\frac{R_3}{R_2} = -\frac{150}{10} = -15$ 。

### 3.2 模块( II )——显示电路

为了使显示部分即可显示预置温度, 又可显示实测温度, 设计单刀双掷开关。本模块选用 IC7107 (0 ~ 100 mV)

### 3.3 模块( III )——预置及控制电路

1) 预置部分。利用 8 位指拨开关, 预置二进制码, 可置数范围 0 ~ 255, 满足正温度预置范围 0 ~ 150, 负温度的预置采用转换电路实现。

2) D/A 转换部分。预置数输入 DAC0832, 转换为模拟量电流从 11, 12 脚输出, 再经过 IC2 ( $\mu A741$ ) 构成的运放, 变成电压, 从可变电阻的抽头输出  $V_{o1}$ 。从 DAC0832 的资料可知, 0832 的 8 脚为基准电压输入端, 基准电压与分辨率有关, 当 0832 的 8 脚接 +5 V 时, 分辨率 (即输入变化为 1 时, 输出电压的变化量  $dV$ ) 当输出电压满度为 5 V 时,  $dV = 19.5$  mV, 可采用电路如图 8。使基准电压可调, 以便调整 DAC0832 的灵敏度。

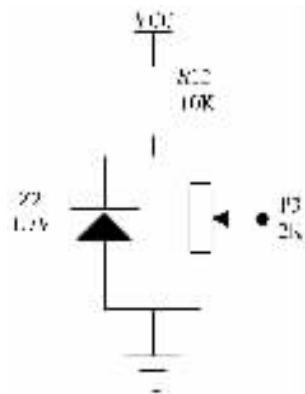


图 8 转换电路

3) 负温度转换电路 (0 ~ 50 °C, -50 ~ 0 °C)。由于 AD590 的每 100 °C 电压差在  $V_i$  为 1.5 V, 因此预置温度时, 先预置正温度, 再减去 1.5 V 的电压, 即可得正温度。如要预置 -20 °C, 则先预置 80 °C, 再减去 1.5 V, 即得 -20 °C 的电压, 电路如图 9。

4) 控制电路部分。此电路采用  $\mu A741$  构成具有回差的施密特触发器, 当  $V_T < V_A$  时, 输出为正电压, 三极管导通, 发光二极管发光, 且继电器吸合, 代表加热; 当  $V_T > V_A$  时, 输出为负电压, 三极管截止, 二极管熄灭, 继电器断开, 代表停止加热。在演示

时,仅用发光二极管的状态代表,以表示实现恒温控制。

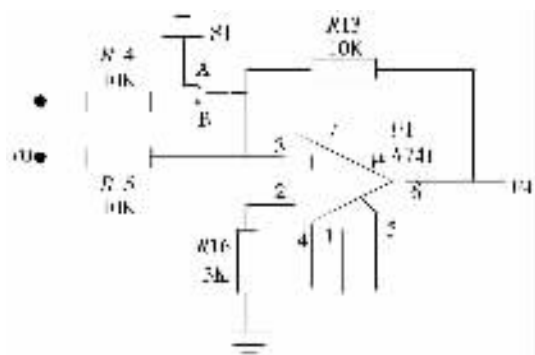


图 9 转换电路

## 4 电路安装调试

按照 CHECKLOT 安好元件后,用万用表测正负电源端是否有短路现象,若有,应仔细检查电路板;若无则再认真检测极性,元件正负是否安错,集成元件 7107 是否正确,741 是否正确。检测无误后,在电源输出  $\pm 5\text{ V}$  的前提下,可经加电调试、测量,根据运放在  $\pm 5\text{ V}$  电源条件下,  $OP. OUTMAX = 4\text{ V}$ ,  $dV = \frac{4}{150 - (-50)} = 200\text{ mV}$ ,即显示、测试、预置 3 部分的灵敏度统一于  $20\text{ mV}$  附近。

### 4.1 显示与测试的联调

1)把 AD590 置于冰水混合物中,通过改变,测灵敏度,显示符合冰水混合物的实际温度。

2)把 AD590 置于沸水中,通过改变“显示灵敏度”,使显示符合沸水的实际温度。

3)与实际温度比较,反复多次调节,进行高低校正。

### 4.2 预置与显示的联调

在显示灵敏度不动的前提下,改变预置灵敏度,使预置度数与显示度数相符合,见表 1。

表 1 实验数据表

设置温度/ $^{\circ}\text{C}$	标准温度计值/ $^{\circ}\text{C}$	控温平衡值/ $^{\circ}\text{C}$	超调量/ $^{\circ}\text{C}$
50	49.6	49.7	0
60	59.6	59.6	0
70	69.5	69.6	0
80	79.6	79.5	0
90	89.4	89.5	0

## 5 结论

此电路简单但具有较高的精度和实用价值,加上电子开关即可实现预置与实际值的动态显示,显示部分可作一个万用表,把温度传感器改为压力传感器、湿度传感器等,可完成其它测试功能;再提高精度,将重点放在运放的线性性上,采用高精度运放与可调电位器反复调试,可得更佳效果。

### 参考文献:

- [1] 谢自美. 电子线路设计,实验,测试[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1992.
- [2] 林忠平. 电子技术[M]. 上海:电子技术杂志社,1994.
- [3] 赵继文,何玉彬. 传感器应用电路设计[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [4] 何希才,薛永毅. 传感器及其实例[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [5] 任致程. 经典智能电路 300 例[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [6] 丁镇生. 传感及其遥控遥测技术应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.

(责任编辑 欧红叶)