

传感器应用 及其接口电路

何希才 张薇 编著



科学技术文献出版社

73-271
297

传感器应用及其接口电路

何希才 张 薇 编著

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书主要介绍了温敏、湿敏、磁敏、光敏等半导体传感器的基本电路和实用电路。这些电路性能优良,结构简单,实用性强。还介绍了传感器的应用技术,并为读者提供了一些最新的实用接口电路。

本书主要供电路设计工程师,电子产品开发人员,大专院校师生阅读使用。

D035/21
10

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用及其接口电路/何希才,张薇编著.-北京:
科学技术文献出版社,1996.5

ISBN 7-5023-2599-9

I. 传… I. ①何… ②张… III. ①传感器-应用
②传感器-接口电路 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12399 号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

北京国马印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 5 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 16 开本 8 印张 201 千字

科技新书目:371-235 印数:1-3500 册

定价:15.00 元

8100176

概 论

人们通常将能把被测物理量或化学量转换为与之有确定对应关系的电量输出的装置称为传感器。传感器也叫做变换器、换能器或探测器。传感器输出的信号有不同形式,如电压、电流、频率、脉冲等,以满足信息的传输、处理、记录、显示和控制等要求。

传感器是测量装置和控制系统的首要环节。如果没有传感器对原始参数进行精确可靠的测量,那么,无论是信号转换或信息处理,或者最佳数据的显示和控制,都将成为一句空话。可以说,没有精确可靠的传感器,就没有精确可靠的自动检测和控制系统。现代电子技术和电子计算机为信息转换与处理提供了极其完善的手段,使检测与控制技术发展到了崭新阶段。但是如果没有各种精确可靠的传感器去检测各原始数据并提供真实的信息,那么,电子计算机也无法发挥其应有的作用。

传感器用于信息的收集、信息数据的交换和控制信息的采集。

传感器种类繁多,若按构成分有基本型传感器、组合型传感器、应用型传感器。若按机理分有结构型传感器、物性型传感器、混合型传感器以及生物型传感器。若按作用形式分有主动型和被动型传感器。若按变换工作能量供给形式分有能量变换型与能量控制型传感器。若按输出信号形式分有模拟信号与数字信号。若按传感器的特殊性分类有下列类型。即按检测功能可分为检测温度、压力、湿度、流量、流速、加速度、磁场、光通量等,其中最常用的是温度传感器,其次是压力、流量传感器。按转换现象的范围可分为电化学传感器、电磁传感器、力学传感器、光应用传感器。按材料分有陶瓷传感器、有机高分子材料传感器、半导体传感器、气体传感器等。按用途可分为工业、民用、科研、医疗、农用、军用等。还有汽车、宇宙飞船、防灾等采用的传感器。按功能用途分有计测用、监视用、检查用、诊断用、控制用、分析用等传感器。

传感器千差万别,即便对于相同种类的测量量也可采用不同工作原理的传感器,因此,要根据需要选用最适宜的传感器。

如果误选传感器,就会降低系统的可靠性。为此,要从系统总体考虑,明确使用的目的以及采用传感器的必要性,绝对不要采用不适宜的传感器与不必要的传感器。测量条件列举如下:

(1) 测量目的。(2) 测量量的选定。(3) 测量的范围。(4) 输入信号的带宽。(5) 要求的精度。(6) 测量所需要的时间。(7) 过输入发生的频繁程度。

传感器的性能列举如下:

(1) 精度。(2) 稳定性。(3) 响应速度。(4) 模拟信号或者数字信号。(5) 输出量及其电平。(6) 被测对象特性的影响。(7) 校准周期。(8) 过输入保护。

传感器的使用条件列举如下:

(1) 设置的场所。(2) 环境(湿度、温度、振动等)。(3) 测量的时间。(4) 与显示器之间的信号传输距离。(5) 与外设的连接方式。(6) 电源容量。

传感器把检测到的信号传输到控制器有用电缆与不用电缆两种方式。电缆包括传输电信

号的电线与传输光信号的光纤。不用电缆即采用微波、调频波、电磁波等进行传输。

1. 电线

传感器传输信号最常用的是传输电信号的电线。然而，用电线传输信号时，在传输途中易受噪音的干扰，降低传输可靠性。为此，应采用抗噪音能力强的材料，另外还要采取相应措施，尽可能地防止噪音的串入，或者采用适当手段消除已混入的噪音。最好的办法是隔离，即考虑屏蔽与接地等。

对导线中流过电流而产生的电磁场是均匀的，而构成双导线的二根线接受相同的噪音，因此，线间不会有压差。扁平电缆也属于这种。屏蔽线是用金属网裹住心线，对外来的噪音有很强的抗干扰能力。单层屏蔽达不到要求时，可采用双层屏蔽线或同轴电缆等。

2. 光纤

光纤对电气噪音有很强的抗干扰能力。它有如下优点：

- 1) 光可以自由传输。
- 2) 信号衰减小（不放大，也可以传送 10km 远）。
- 3) 传输信息量大。
- 4) 直径细（约 $125\mu\text{m}$ ），重量轻。
- 5) 材料是玻璃。因此，电气绝缘性好，对电磁感应有很强的抗干扰能力。

另外，光纤还可作为光计测中的传感器，应用极广。光传感器与电气传感器相比，响应速度快，可远控，也可用于有爆炸危险的环境中。

传感器与被测对象之间还需要机械结构的连接。机械结构的功能是把被测对象的变化准确地传送到传感器，传感器进行检测变换。机械结构设计时须注意以下两方面：

- 1) 结构上的偏斜与间隙尽可能地小，这样可消除不需要的传输信号及其误差。
- 2) 对于控制杆与环形结构，要注意减少信号的非线性与温度等的影响。

目 录

概论

第一章 湿敏传感器应用电路	(1)
1—1 概述	(1)
一、湿敏传感器的种类	(1)
二、湿敏传感器的选用	(1)
1—2 热敏电阻及其应用电路	(1)
一、热敏电阻的特性	(1)
二、热敏电阻应用时基本连接方式	(2)
三、温度检测电路的基本结构	(2)
四、温度开关电路	(2)
五、采用对数二极管的温度计电路	(3)
六、温度控制电路	(3)
七、功率晶体管的保护电路	(3)
八、温度显示告警电路	(4)
九、温度判定电路	(4)
十、电子温度计	(4)
1—3 热电偶及其应用电路	(5)
一、概述	(5)
二、热电偶的基本应用电路	(5)
1—4 IC 温度传感器应用电路	(8)
一、概述	(8)
二、IC 温度传感器应用电路	(8)
1—5 μ PC616A 应用电路	(10)
1—6 温度频率转换电路	(11)
1—7 程控温度控制器	(12)
一、工作原理	(12)
二、元件选择	(14)
第二章 湿敏传感器应用电路	(15)
2—1 概述	(15)
2—2 湿敏传感器驱动电路	(15)
2—3 湿敏传感器应用电路	(16)
一、湿度检测电路 (一)	(16)
二、湿度检测电路 (二)	(16)
三、湿度检测电路 (三)	(16)

四、采用高湿度开关传感器的湿度计电路.....	(17)
五、采用 HOS-104 结露传感器的电路.....	(17)
2—4 湿度/电压转换电路	(17)
2—5 湿度/频率转换电路	(18)
2—6 数字式湿温计.....	(19)
第三章 光敏传感器应用电路	(22)
3—1 概述.....	(22)
3—2 光电二极管应用电路.....	(22)
一、概述	(22)
二、光电二极管应用电路.....	(22)
3—3 光电晶体管应用电路.....	(25)
一、概述.....	(25)
二、光电晶体管的应用电路.....	(25)
3—4 光电 IC 应用电路	(27)
一、概述.....	(27)
二、光电 IC 应用电路	(28)
3—5 CdS 光电元件的应用电路.....	(29)
一、概述.....	(29)
二、CdS 光电元件应用电路.....	(29)
3—6 光电断续器应用电路.....	(31)
一、概述.....	(31)
二、光电断续器的应用电路.....	(31)
3—7 特殊光传感器应用电路.....	(32)
一、颜色检测电路.....	(32)
二、火灾报警器电路.....	(32)
3—8 PSD 元件	(33)
一、PSD 的基本结构	(33)
二、PSD 的基本电路	(34)
三、PSD 的应用实例	(34)
第四章 磁敏传感器应用电路	(35)
4—1 概述	(35)
4—2 霍尔元件应用电路	(35)
一、霍尔元件的偏置电路.....	(35)
二、恒压驱动电路.....	(35)
三、恒流驱动电路.....	(35)
四、采用运放的恒压驱动电路.....	(36)
五、采用运放的恒流驱动电路.....	(36)
六、不平衡电压补偿电路.....	(37)
七、参数均衡电路.....	(37)

八、电流放大型霍尔放大器	(37)
九、采用晶体管的均衡电路	(38)
十、电流开关电路	(38)
十一、共模电压抑制电路	(38)
十二、采用运放的放大电路	(38)
十三、电机驱动电路	(39)
十四、磁转子的极性检测电路	(39)
十五、采用三只霍尔元件的无刷电机驱动电路	(39)
4—3 霍尔集成元件 IC 的应用电路	(40)
一、发光二极管的驱动电路	(40)
二、电机通断控制电路	(40)
三、磁转子的转数检测电路	(40)
四、无触点照明控制电路	(40)
五、分频电路	(40)
六、直流电机驱动电路	(41)
七、电机恒速控制电路	(41)
八、电机转速测量电路	(41)
九、三相无刷电机的磁极检测电路	(41)
十、功率表	(42)
4—4 磁敏电阻应用电路	(44)
一、磁敏电阻 MR 应用的基本电路	(44)
二、角度传感器	(44)
三、采用 MR 元件的磁敏传感器电路	(44)
四、磁图形检测电路	(45)
五、进行阻抗变换的 MR 元件放大电路	(46)
第五章 力敏传感器应用电路	(47)
5—1 力敏传感器应用基本电路	(47)
一、力敏传感器的偏置电路	(47)
二、力敏传感器的放大电路	(48)
5—2 力敏传感器应用电路实例	(48)
一、力敏传感器 P-3000 的应用电路实例	(48)
二、力敏传感器 P-2000 的应用电路实例	(49)
三、力敏传感器模块 PS4 应用电路实例	(49)
第六章 红外线传感器应用电路	(51)
6—1 红外线传感器电路	(51)
一、红外线发光与受光电路	(51)
二、采用 FET 的红外脉冲光传感器	(51)
三、采用 Pds 元件的红外线传感器电路	(51)
6—2 红外线传感器应用电路实例	(52)

一、人体移动检测电路.....	(52)
二、防盗报警电路.....	(52)
三、自动照明装置.....	(52)
四、红外线远控收发装置.....	(53)
第七章 超声波传感器应用电路.....	(54)
7—1 超声波传感器应用基本电路.....	(54)
一、数字式超声波振荡电路.....	(54)
二、采用脉冲变压器的超声波振荡电路.....	(54)
三、晶体管超声波接收电路.....	(54)
四、采用运放的超声波接收电路.....	(55)
五、发送接收两用电路.....	(55)
7—2 超声波传感器应用电路实例.....	(56)
一、超声波测距计.....	(56)
二、采用超声波模块的测距计.....	(56)
三、超声波接近开关.....	(57)
四、采用脉冲反射时间方式的测距电路.....	(57)
第八章 传感器应用技术.....	(59)
8—1 概述.....	(59)
8—2 传感器供电电源.....	(59)
8—3 模拟放大电路.....	(60)
8—4 接线方法.....	(60)
8—5 系统设计.....	(61)
8—6 显示方法.....	(63)
第九章 音频接口电路.....	(65)
9—1 DAI 光接口电路	(65)
9—2 DAI 不平衡与平衡接口电路	(66)
9—3 DAI 民用/专用状态转换	(66)
第十章 A/D 和 D/A 接口电路	(68)
10—1 适用于串行控制的 12 位 D/A 转换电路	(68)
10—2 单电源工作的通用 D/A 转换电路.....	(69)
10—3 高精度 D/A 转换电路.....	(70)
10—4 串行隔离型 12 位 A/D 转换电路	(71)
10—5 3V 单电源工作的 12 位 A/D 转换电路.....	(72)
10—6 视频用 20MHz 的 8 位 A/D 转换电路	(73)
10—7 适用于桥接电路 (传感器) 的高精度 A/D 转换电路.....	(74)
10—8 适用于 CCD 的高速双重 A/D 转换电路	(75)
第十一章 计测接口电路.....	(77)
11—1 电流互感器的绝对值变换电路	(77)
11—2 FET 斩波型变压器耦合的隔离放大器	(77)

11—3	PWM 调制型光电耦合隔离放大器	(78)
11—4	变压器耦合型双极性输入电压/电流隔离放大器	(79)
11—5	变压器耦合的电流/电流隔离放大器	(80)
11—6	变压器耦合型无电源的电流/电压隔离放大器电路	(80)
第十二章	功率电子接口电路	(82)
12—1	旋转编码器的 24 位加减计数器	(82)
12—2	步进电动机的速度控制电路	(82)
12—3	步进电动机的速度/位移控制电路	(83)
12—4	电动机驱动用功率 MOS 接口电路	(84)
12—5	安全可靠激励 IGBT 的接口电路	(85)
12—6	滑线电阻式控制交流负载的电路	(86)
12—7	相位线性控制交流负载的电路	(86)
12—8	数字方式控制交流负载的电路	(87)
12—9	适用于汽车灯调光的可调直流电源	(88)
12—10	DC/AC 逆变电路	(89)
12—11	适用于驱动直流/交流逆变器的 PWM 控制电路	(90)
12—12	适用于驱动步进电动机的恒流源	(91)
12—13	直流电动机的控制电路	(92)
第十三章	通信接口电路	(94)
13—1	隔离型 RS - 232 - C 接口电路	(94)
13—2	RS - 232 - C/Centronics 转换接口电路	(95)
13—3	Centronics/RS - 232 - C 转换接口电路	(95)
13—4	RS - 232 - C/RS - 422 转换接口电路	(96)
13—5	隔离型 RS - 232 - C/RS - 422 转换接口电路	(97)
13—6	RS - 232 - C/RS - 485 转换接口电路	(98)
第十四章	传感器的选用	(99)
14—1	温敏传感器	(99)
一、	热敏电阻	(99)
二、	热电偶	(100)
三、	集成温度传感器	(101)
14—2	湿敏传感器	(101)
一、	湿度传感器	(101)
二、	电容式湿度传感器	(102)
三、	露点传感器	(102)
四、	D 型陶瓷湿敏传感器	(103)
14—3	光敏传感器	(103)
一、	光敏二极管	(103)
二、	光敏晶体管	(105)
三、	光电集成电路	(106)

四、CdS 光电元件 (浜松ホトニクス)	(107)
五、光电断路器.....	(107)
14—4 磁敏传感器	(109)
一、霍尔元件.....	(109)
二、霍尔 IC	(110)
三、磁阻 MR 元件	(111)
14—5 力敏传感器	(112)
14—6 红外线传感器	(114)
14—7 超声波传感器	(115)

第一章 温敏传感器应用电路

1—1 概 述

一、温敏传感器的种类

温敏传感器一般分为接触式与非接触式两大类。所谓接触式就是传感器直接与被测物体接触，这是测温的基本形式。这种形式因是通过接触方式把被测物体的热能量传送给温敏传感器，这就降低了被测物体的温度。特别是被测物体较小，热能量较弱时，不能正确地测得物体的真实温度。因此，采用接触方式时，要想测得物体的真实温度的前提条件是，被测物体的热容量必须足够大于温敏传感器。

非接触方式是测量被测物体的辐射热的一种方式，它可以测量远距离物体的温度，这是接触方式做不到的。

二、温敏传感器的选用

温敏传感器种类繁多，实际使用时要根据使用目的、精度要求、价格等方面选用合适的传感器。

温敏传感器常用的有铂热电阻，使用温度范围为 $-180^{\circ}\text{C}\sim+600^{\circ}\text{C}$ ；热敏电阻（NTC，PTC 和 CTR），使用温度范围为 $-200^{\circ}\text{C}\sim+800^{\circ}\text{C}$ ；热电偶，其中 R 型热电偶，使用温度范围为 $200^{\circ}\text{C}\sim+1400^{\circ}\text{C}$ ，K 型热电偶（镍铬合金·镍铝合金），使用温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim+1000^{\circ}\text{C}$ ，E 型热电偶（镍铬合金·康铜），使用温度范围为 $-200^{\circ}\text{C}\sim+700^{\circ}\text{C}$ ，J 型热电偶（铁，康铜），使用温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim+600^{\circ}\text{C}$ ；IC 温度传感器，使用温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ ；酒精温度计，使用温度范围为 $-60^{\circ}\text{C}\sim100^{\circ}\text{C}$ ，光高温计，使用温度范围为 $+800^{\circ}\text{C}\sim2000^{\circ}\text{C}$ ；辐射温度计，使用温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim+2000^{\circ}\text{C}$ ；晶体温度计，使用温度范围为 $-100^{\circ}\text{C}\sim+220^{\circ}\text{C}$ 。

另外，要求线性度较好，即传感器输出电压（电流）与温度关系为线性关系，最好采用 IC 温度传感器。要求测量精度较高可以采用晶体温度计。铂热（含铜）电阻是正温度特性。热敏电阻特性是电阻相对于温度为对数变化，NTC 热敏电阻使用时一般要采用线性化电路，改善其特性。采用非接触式温敏传感器较难测量 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以下温度。

1—2 热敏电阻及其应用电路

一、热敏电阻的特性

热敏电阻是一种电阻值随温度变化的半导体传感器，热敏电阻 R_{Th} 的温度特性可表示为

$$R_{\text{Th}} = R_0 \exp B (1/T - 1/T_0)$$

式中， R_{Th} 为温度 T (K) 时的电阻值， R_0 为基准温度 T_0 (K) 时电阻值， B 为热敏电阻常数，与温度系数有关，可表示为

$$B = \frac{\ln \frac{R_{Th}}{R_0}}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}}$$

热敏电阻有正温度系数与负温度系数二类，其中 NTC（负温度系数）适用于各种温度的测量，使用温度范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ ；PTC（正温度系数）具有开关特性，适用于温度开关，使用温度范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ ；CTR（负温度系数），具有开关特性，适用于温度报警，使用温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。

二、热敏电阻应用时基本连接方式

图 1-1 示出热敏电阻基本连接方式实例。实际电路设计时有较大的自由度，热敏电阻可以与运放、微机组合使用，获得良好的直线性。图 (a) 和 (b) 分别是热敏电阻并联与串联方式。而图 (c) 和 (d) 为混联方式，即与普通电阻混合连接方式，温度系数小，可以获得较宽的温度测量范围与较高的测量精度，多用于测量仪器中。然而，因是采用混联电阻，不能充分利用热敏电阻的特性。图 (e) 为比率方式，电路结构较自由，可以获得较好的线性。

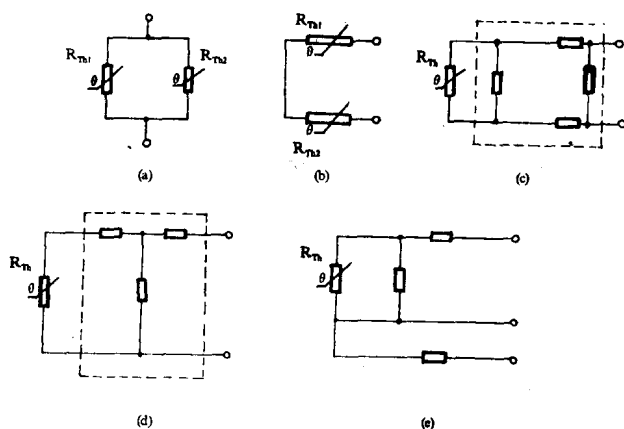


图 1-1 热敏电阻应用时基本连接方式

三、温度检测电路的基本结构

图 1-2 示出温度检测电路的基本结构。图 1-2 (a) 为串联方式，热敏电阻 R_{Th} 与电阻 R 串联接到运放的同相输入端，运放输出 E_o 为

$$E_o = [R / (R_{Th} + R)] \cdot E_b$$

这种电路结构最简单，但电源电压的变动直接影响输出，因此，不太实用。

图 1-2 (b) 是桥接方式，热敏电阻 R_{Th} 接在一支桥臂上，其输出为 (a) - (b) 间电压差，即输出 E_o 为

$$E_o = E_b \left(\frac{R_A}{R_{Th} + R_A} - \frac{R_C}{R_B + R_C} \right)$$

当测量温度变低时，热敏电阻的内阻增加，桥 R_{Th} ， R_A 侧的阻抗增大。这就影响了输出电路，因此，要采取相应措施。图中与 R_{Th} 并联的电阻 R_p 就是抑制其内阻的增加。另外，热敏电阻为非线性元件，应用时要进行线性化，改善热敏电阻的测温特性，但热敏电阻的灵敏度 B 也随之变化，必须注意。

四、温度开关电路

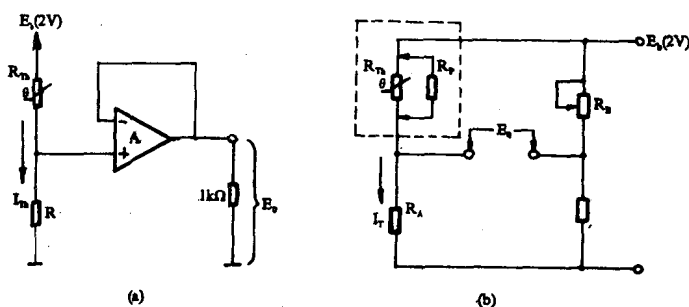


图 1-2 温度检测电路的基本结构

(a) 串联方式；(b) 桥接方式

图 1-3 是热敏电阻与运放组合应用实例,它构成温度开关电路。电路中通过电阻 R_2 对运放加正反馈,具有滞后特性,因此,当温度达到设定温度时,具有良好的开关特性。

五、采用对数二极管的温度计电路

热敏电阻的阻值一般相对于温度为对数变化,如果采用对数二极管可以构成等间隔刻度的温度计电路。

温度计实例如图 1-4 所示,它是热敏电阻与对数二极管串联连接,对热敏电阻的阻值变化进行对数压缩,变换为等间隔的输出电压。这输出电压经运放放大,得到所需要的电压。图中,电压增益设定为 10 倍,若适当选择 R_1 和 R_2 电阻之比,就可以获得需要的增益。

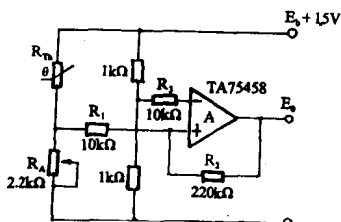


图 1-3 温度开关电路

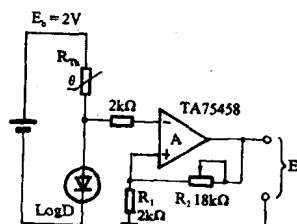


图 1-4 采用对数二极管的温度计电路

六、温度控制电路

图 1-5 是温度控制电路实例,如果温度超过设定温度,继电器动作进行通断控制。电路中热敏电阻接在电阻桥路中。工作原理说明如下:如果 B 点电位高于 A 点,即高于设定的温度,运放 A 输出低电平,继电器动作,接通控制装置。这电路只限于较窄范围的温度控制。

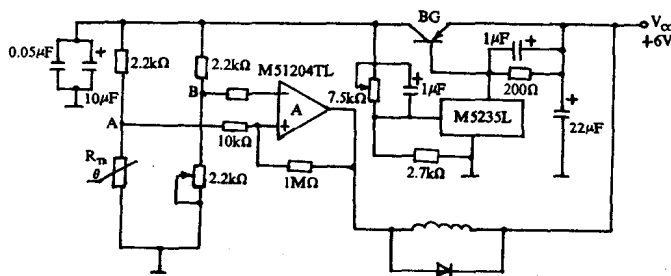


图 1-5 温度控制电路

七、功率晶体管的保护电路

正温度系数的热敏电阻在设定温度附近其阻值急剧增大,主要用于过热保护,多用于功率晶体管及其它功率器件的过热保护。

图 1-6 是正温度系数热敏电阻用于功率晶体管保护电路实例。图 1-6 (a) 所示电路中,热敏电阻接入基极电路,功率晶体管 BG_1 异常过热时,其温度传给热敏电阻,则热敏电阻的内阻增大,这样晶体管基极电流就减小,从而抑制晶体管 BG_1 的集电极电流,达到保护功率晶体管的目的。

图 1-6 (b) 所示电路中,热敏电阻是接入功率晶体管的发射极,如果功率晶体管过热,其热敏电阻的内阻增大,相

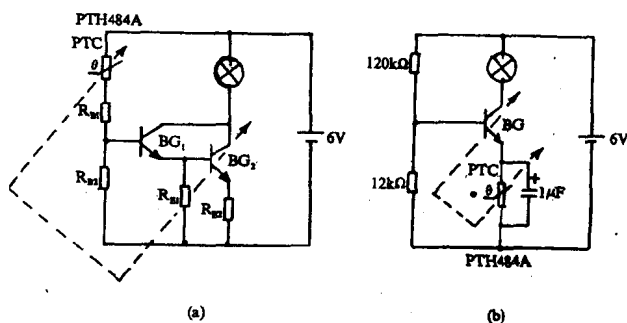


图 1-6 功率晶体管的保护电路

(a) 热敏电阻接入基极电路; (b) 热敏电阻接入发射极电路

应的晶体管的发射极电流就减小，这样就保护了功率晶体管。这电路中，随着热敏电阻内阻增大，相当于电路中加大负反馈。

八、温度显示告警电路

图 1-7 示出采用热敏电阻的温度显示告警电路实例。图 1-7 (a) 为温度告警电路，电路中采用热敏电阻 PTH484A 以及用可变电阻设定基准电压，由此确定动作温度，当 A 点电位高于 B 点时，运放 A 输出低电平，蜂鸣器鸣叫告警。

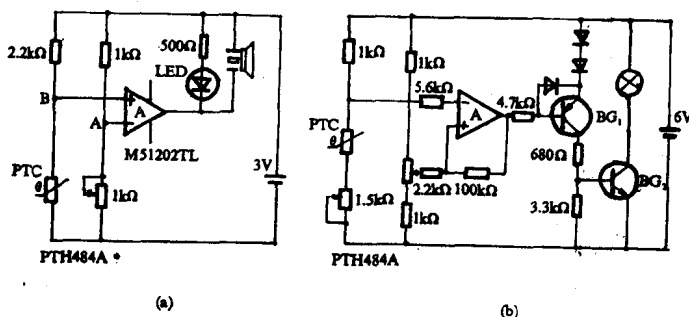


图 1-7 温度显示告警电路实例

(a) 温度告警电路；(b) 温度显示电路

图 1-7 (b) 是温度显示电路实例，超过设定温度时，显示灯亮。因为显示灯需要一定功率，电路中采用 BG₁ 和 BG₂ 组成功率放大电路，此电路也可以驱动电机等负载。

九、温度判定电路

温度判定电路如图 1-8 所示，设定温度为 T，设定温度范围为 $T_1 < T < T_2$ 。当温度在设定范围内，LED₂ 发光显示。当温度超过 T₂ 时，LED₁ 发光显示。当温度低于 T₁ 时，LED₃ 发光显示。电路中采用热敏电阻 R_{Th} 与电阻串联连接方式。其分得的电压加到上下限比较器电路中，对其进行判断。如果用加热器替代 LED，就可以构成温度控制系统。

十、电子温度计

图 1-9 是电子温度计电路，它由脉冲振荡电路与计数器组成，一般用微机对计数的脉冲数进行补偿，并显示温度。振荡频率随热敏电阻值改变，即改变 RC 时间常数。计数器是按恒定时间对其振荡脉冲进行计数，这脉冲数与温度成比例关系。747 是用于分频，并对波形进行整形。

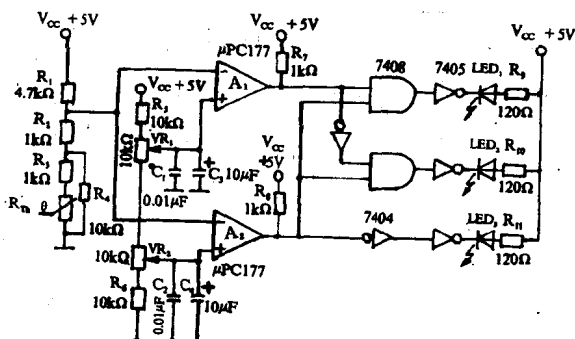


图 1-8 温度判定电路

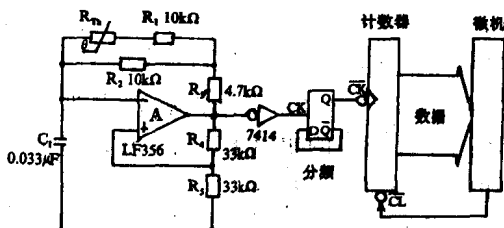


图 1-9 电子温度计电路

1—3 热电偶及其应用电路

一、概述

两类不同金属 A 和 B 接触在一起,如图 1-10 所示。若接触具有温度差,则产生热感应电动势 E ,这就是热电偶的基本原理。

热电偶测量温度范围广,可靠性高,自身能产生电压,不需要外加激励电源,使用方便,广泛用于工业方面的温度测量。

热电偶与温度测量器距离较远时,需要用导线联接,这导线称为补偿导线。采用补偿导线时要注意以下二点:

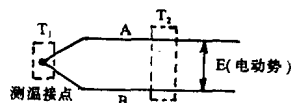


图 1-10 热感应电动势的产生

1. 热电偶的长度由补偿接点的温度决定。

热电偶长度与补偿导线长度多少为佳?例如,热电偶长 50cm,补偿导线 5m 为佳。

补偿导线使用温度为 $90^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。补偿导线与热电偶连接如图 1-11 所示。热电偶与补偿导线的接点(这点称为补偿接点)温度不能超过补偿导线的使用温度,如图 1-11 (b) 所示。

热电偶变冷时,如图 1-11 (d) 所示,需要把热电偶伸长到补偿导线的使用温度范围。因此,若测温接点温度高,热电偶可长;温度低,热电偶可短。补偿接点间做到没有温差。

2. 热电偶与温度计之间增加一个温度接点(补偿接点),误差要尽可能地小。为此,端点靠近,做到不产生温差。

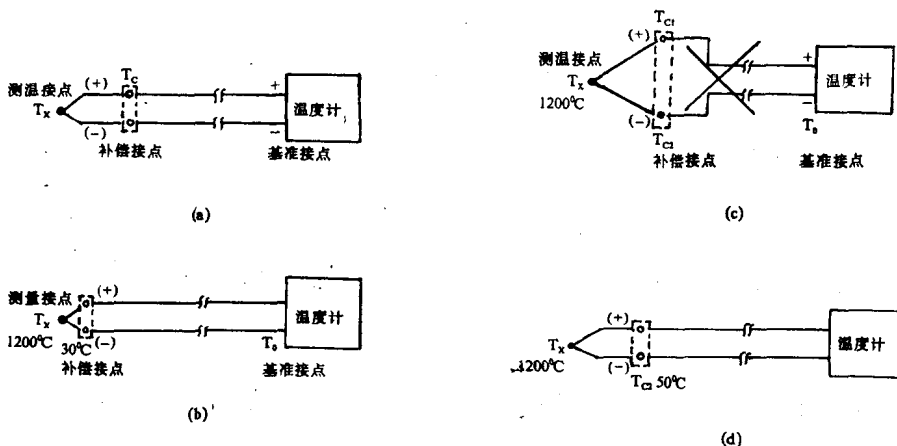


图 1-11 补偿导线连接方式

(a) 测温接点与温度计距离较远时接补偿导线; (b) 热电偶长度由补偿点温度决定(设为 $90^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$); (c) 补偿接点的端点是相同温度; (d) 正确的连接方法

二、热电偶的基本应用电路

1. 热电偶的放大电路

热电偶的输出电压极小,其值为几 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 。因此,要采用低失调电压的运放进行放大。放大电路实例如图 1-12 所示。电路中的 $R_1 \sim R_3$ 为 $1/4\text{W}$ 的金属膜电阻,精度为 20%, VR_1

和 VR_2 是 10 圈电位器, C_1 是滤波电容, 采用精度为 20%, 耐压为 50V 的漏电小的电解电容。

热电偶的热电势与温度成比例关系, 例如, K 型热电偶在 0°C 时产生的热电势为 0mV , 而 600°C 时产生热电势为 24.902mV 。如果用 VR_1 设置运放的增益为 240.9445, 则 0°C 时运放输出电压为 0V , 而 600°C 时运放输出电压为 6.000V 。

2. 热电偶的冷接点补偿电路

比较理想的冷接点补偿方法的电路如图 1-13 所示。电路中采用 LM121A 和 LM108A, 它可以分别用 LM321A 和 LM308A 替代。

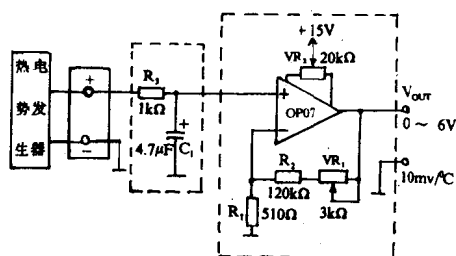


图 1-12 热电偶的放大电路

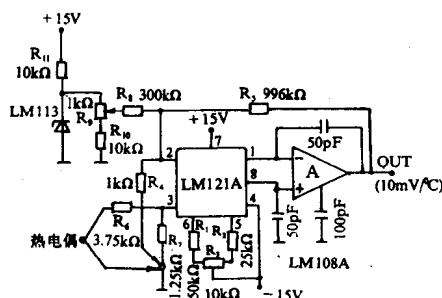


图 1-13 理想的冷接点补偿方法的电路

标准的冷接点补偿方法电路如图 1-14 所示, 采用二极管的正向导通电压进行冷接点补偿, 此电路中采用稳压二极管。

更精密用途的热电偶应用电路如图 1-15 所示, 它是采用 LM321A 和 LM308A 组合的电路。

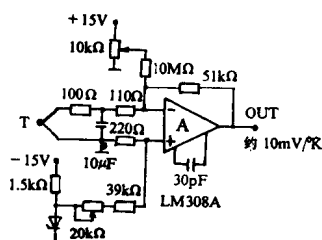


图 1-14 标准的冷接点补偿方法电路

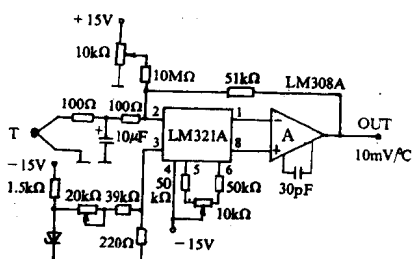


图 1-15 更精密用途的热电偶应用电路

3. 热电偶实用电路

图 1-16 是采用热电偶的数字式温度计, 运放采用 AD594。A/D 转换器采用 MC14433。为了提高测量精度, 需要线性化电路, 其实例如图 1-17 所示。线性化电路中, 采用 C-MOS 模拟多路复用器, 设定折线的断点以及各自的增益时, 彼此不产生干扰。用 VR_6 , VR_7 和 VR_8 顺序设定断点。各折线的增益由 VR_2 , VR_3 , VR_4 和 VR_5 调节, VR_1 用于调运放的零点。采用 J 型热电偶时, 70°C , 110°C 和 520°C 三点作为断点, 在 $0^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 温度范围可以得到 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以下的测量精度。

图 1-18 是带有二次补偿的温度测量电路, 电路中 AD538 是进行线性化的集成芯片。