"十四五"职业教育国家规划教材

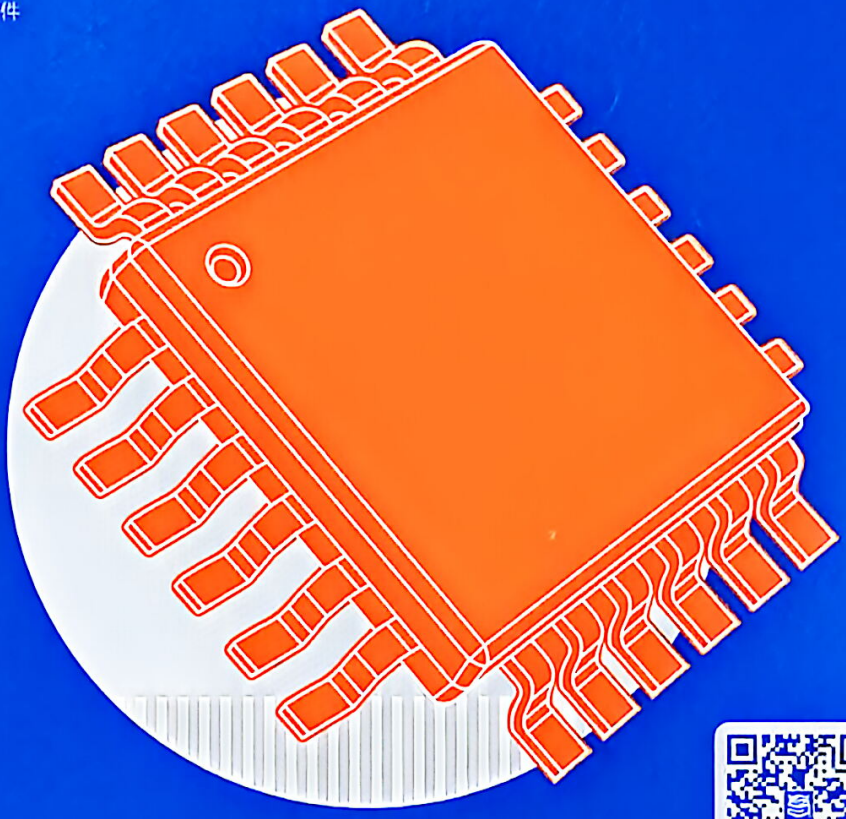
高等职业教育电类在线开放课程
新形态一体化教材

- 智慧职教教学平台
- AR教学视频
- 理论微课
- 实训视频
- 动画
- 教学课件

传感器应用技术

（第2版）

梁长垠 编著



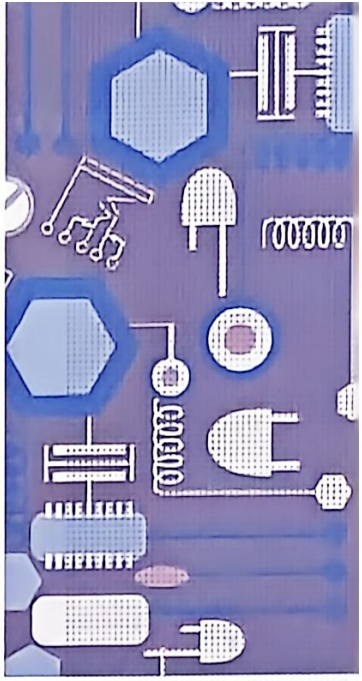
CHUANGANQI YINGYONG JISHU

AR 教学视频

扫描二维码
了解本书的
配套资源

中国教育出版传媒集团
高等教育出版社

目录



项目 1　传感器认知与测量系统搭建　1

项目调研　1
任务 1　认知传感器　2
1.1　传感器基础知识　2
1.1.1　传感器的定义与作用　2
1.1.2　传感器的组成与分类　3
技能训练 1　传感器认知与质量检测　5
1.2　传感器相关知识　6
1.2.1　传感器的特性　6
1.2.2　传感器的选用原则与应用　9
任务 2　传感器测量系统搭建　12
技能训练 2　智慧农业温室环境控制系统认知　12
1.3　传感器拓展知识　14
1.3.1　自动检测与控制系统　14
1.3.2　传感器新技术发展　15
1.3.3　测量误差与处理　17
思考与练习题　19

项目 2　温湿度传感器测量电路设计与调试　21

项目调研　21
任务 1　认知温湿度传感器　22
2.1　温湿度传感器基础知识　22
2.1.1　温度与温标　22
2.1.2　温度传感器的定义与分类　23
2.1.3　湿度的定义与分类　25
任务 2　PN 结温度传感器及其应用分析　25
技能训练 3　PN 结温度测量电路制作与调试　25
2.2　PN 结温度传感器相关知识　27
2.2.1　PN 结的温度特性　27
2.2.2　PN 结温度传感器的特点与应用　28
任务 3　热敏电阻及其应用分析　28
技能训练 4　热敏电阻温度上下限报警电路制作与调试　28
2.3　热敏电阻相关知识　31
2.3.1　热敏电阻的种类与特性　31
2.3.2　热敏电阻的结构与参数　32
任务 4　热电阻及其应用分析　33
技能训练 5　热电阻温度测量电路制作与调试　33
2.4　热电阻相关知识　35
2.4.1　热电阻的特性与结构　35
2.4.2　热电阻的分类与工作原理　36
任务 5　热电偶及其应用分析　38
技能训练 6　热电偶温度测量电路制作与调试　38
2.5　热电偶相关知识　40
2.5.1　热电偶的结构与分类　40
2.5.2　热电偶的工作原理　41
2.5.3　热电偶冷端补偿　43
2.5.4　热电偶分度表　44
任务 6　集成温度传感器及其应用分析　46

用表显示为 0 V（或温度显示仪表显示为 0）；再进行电路满度调整，将 PN 结温度传感器 IN4148 接入 100 ℃温控源或加热玻璃杯中的冰水混合物，使水沸腾（100 ℃）2 min，同时用水银温度计监测，调节电位器 R_{P2} 使电路输出所接的数字式万用表显示为 1 V（或温度显示仪表显示为 100）。

调节温控源的温度，使温度变化为 0 ~ 100 ℃之间的任意值大小，观察数字式万用表或温度显示仪表上的显示值大小，并与水银温度计显示的温度值进行比较。

要求：

记录测量数据，并初步计算测量误差的大小。

问题思考：

（1）运算放大器 A2 的作用是什么？

（2）在温度上升与下降过程中，测量电路所得温度数据与标准温度计显示值之间的误差是否为恒定值？

小常识

PN 结温度传感器使用技巧

由于 PN 结温度传感器在 0 ℃时的输出电压并不是 0 mV，而是 700 mV 左右，并会随温度升高而降低，因此在电路设计中需要采用反相放大器进行零点迁移，并按照后续连接数字显示表头量程的不同来选择不同的放大倍数。若利用二极管制作温度上下限报警电路，可直接利用比较器电路实现报警功能。

理论上，流过 PN 结的电流在固定不变时，才能得到温度与电压之间的线性关系。在实际应用中常用一个大电阻与 PN 结串联方式来实现。为既避免电流过小被外界干扰，又要防止电流过大而加大传感器的自然温升，通常将流过二极管的电流选在 100 ~ 300 μA 之间。不同的工作电流仅对电压 – 温度（U_d–T）直线起到平移关系，并不会影响其线性度。

2.2　PN 结温度传感器相关知识

教学课件：PN 结温度传感器

2.2.1　PN 结的温度特性

理论微课：PN 结温度传感器

采用不同的掺杂工艺，通过扩散作用将 P 型半导体与 N 型半导体制作在同一块半导体基片上，在它们的交界面形成的空间电荷区称为 PN 结。

PN 结主要的特性是具有单向导电性，即 PN 结加正向电压时导通，加反向电压时截止。

但二极管或三极管 PN 结的结电压也具有随温度变化而变化的特性。例如，硅二极管 PN 结的结电压在温度每升高 1 ℃时，下降大约 –2 mV。

典型的硅材料 PN 结的温度特性曲线如图 2–4 所示。利用这种温度特性，一般可以直接采用二极管（如玻璃封装的硅开关二极管 IN4148）或采用硅三极管（可将集电极和基极短接）接成二极的形式来做 PN 结温度传感器。

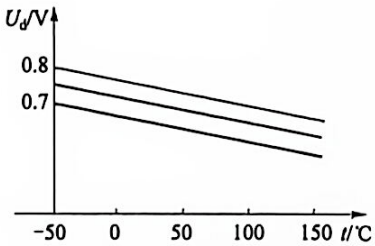


图 2–4　PN 结的温度特性曲线

2.2.2　PN 结温度传感器的特点与应用

PN 结温度传感器具有较小的线性度，尺寸小，热时间常数小，灵敏度高（约 −2 mV/℃），测温范围为 −50 ~ +150 ℃。但同一型号的二极管或三极管相应的特性也不同，互换性较差。另外，通过 PN 结的电流不能过大，否则会因为电流过大引起自身温升而影响测量精度。

PN 结温度传感器可用作温度报警电路使用，也可与数字显示表头组合构成数字显示温度测量仪表，还可与单片机组合（需接入 A/D 转换电路）构成温度自动测量与控制系统。

小贴士

PN 结温度传感器使用技巧

在标准大气压的条件下，水的沸腾温度为 100 ℃；在冰与水共溶的条件下其温度为 0 ℃。因此，可将 100 ℃及 0 ℃两个温度值作为标准温度来标定温度与二极管管压降之间的定量关系，即确定二极管的测温灵敏度。

为避免二极管两引脚在水中导电影响测量精度，可预先将二极管两引脚分别用塑料套管或其他绝缘材料封装好后再放入水中。

任务 3　热敏电阻及其应用分析

学习目标

（1）了解热敏电阻的种类、结构与特性

（2）熟悉热敏电阻接口电路的设计方法

（3）能用万用表检测热敏电阻的质量

（4）能设计、制作与调试热敏电阻温度报警电路

实训视频：热敏电阻温度上下限报警电路的调试

技能训练 4　热敏电阻温度上下限报警电路制作与调试

任务描述：

利用 PTC、NTC 热敏电阻传感器，分别设计并制作成温度上下限报警电路。通过该项目设计与制作，进一步理解 PTC/NTC 热敏电阻的工作特性及典型应用方法。要求对训练用电子元器件、集成电路、PTC/NTC 热敏电阻进行正确识别与质量检测，在万能板上焊接一个温度上下限报警电路。通过调节电路元件参数，当温度在设定范围内时，红、绿色发光二极管均不亮；当温度高于某一设定值时，上限报警发光二极管亮；当温度低于某一设定值时，下限报警发光二极管亮。通过该项目训练，掌握电子产品电路的设计与调试方法。

器材准备：

正温度系数热敏电阻（10 k）、负温度系数热敏电阻（10 k）、运算放大器、红色与绿色发光二极管，电阻若干、直流稳压电源 1 台。