



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 电气自动化技术专业

检测技术及应用

· 柳桂国 主 编

· 赵巧娥 任玉珍 葛鲁波 副主编

· 孟玉茹 主 审

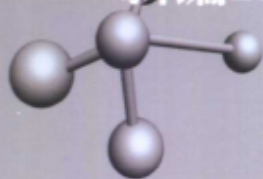


电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材



通信技术专业

电子线路	计算机网络与通信
信号系统	程控交换技术与设备
通信网基础	移动通信与终端设备
现代通信原理	数字信号处理与应用
电路分析基础	单片机原理与接口技术
现代通信技术	通信与网络技术专业英语

电气自动化技术专业

电子CAD	自动控制原理与系统
电路基础	自动控制专业英语
组态控制技术	工厂供配电技术
电子技术基础	检测技术及应用
电力电子技术	
电工技术实训	
电子技术实训	
MCS-51单片机原理及接口技术	
电气控制与PLC原理及应用 (欧姆龙机型)	
电气控制与PLC原理及应用 (西门子、三菱)	

应用电子技术专业

电路基础	电子技能与实训
数字电路	单片机原理与应用
低频电子线路	电子技术专业英语
数字逻辑电路	电视机原理与维修
电子测量技术	音响设备原理与维修
高频电子线路	现代电子设计与制作技术
制冷设备技术	现代办公设备原理与检修
VCD/DVD机技术	电热电动器具原理与维修
电工技能与实训	电子产品生产工艺与管理

机电一体化技术专业

机械制造技术	数控机床与数控编程技术
机电一体化英语	电工与电子技术实训
电机与电气控制	数控加工技术与实训
传感器与测试技术	机械制造技术实训
Pro/ENGINEER 2001基础教程	电机与电力拖动
工程力学与机械设计基础	电工技术
数控机床故障诊断与维修	电子技术
单片机与可编程控制器应用技术	工程制图

ISBN 7-5053-9005-8



9 787505 390058 >



责任编辑：程超群

封面设计：杨 晴

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 7-5053-9005-8/TN · 1859 定价：17.00 元

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

检测技术及应用

柳桂国 主 编

赵巧娥

任玉珍 副主编

葛鲁波

孟玉茹 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度介绍自动检测技术,重点为传感器的选型及接口电路的应用。在取材上注意了实用性与先进性的结合,突出了基本技能的培养,加强了实验实训的内容。全书共分6章。第1章为绪论;第2章讲述检测技术基本知识;第3章讲述经典传感器,包括温度、压力、物位、流量等各种非电量传感器;第4章讲述现代传感器,包括光电、光纤、超声波传感器,气敏、湿敏、色敏传感器以及热释电红外传感器等现代新型传感器的选型和应用;第5章讲述传感器接口与检测电路;第6章为检测技术应用案例分析。

本书可作为高职高专电气自动化技术专业及相近专业的教材,也可供传感器应用电路设计人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

检测技术及应用/柳桂国主编. —北京:电子工业出版社, 2003.8
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业
ISBN 7-5053-9005-8

I. 检… II. 柳… III. 自动检测—高等学校:技术学校—教材 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 070526 号

责任编辑:程超群

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13 字数:333 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:17.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来，高等职业教育发展迅猛，其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要，高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革，高职教材也必须与之相适应，进行重新调整与定位，突出自身的特色。为此，在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下，电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”，下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月，“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是：

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向，摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导，采用阶跃式、有选择的编写模式，强调实践和实践属性，精炼理论，突出实用技能，内容体系更加合理；

2. 注重现实社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，充实训练模块的内容，强化应用，有针对性地培养学生较强的职业技能；

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习；着力于培养和提高学生的综合素质，使学生具有较强的创新能力，促进学生的个性发展；

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种，将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望：希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力，使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意，突出高等职业教育的特点，满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务，不会一蹴而就，而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世，还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化，我国经济和科学技术的不断发展，高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下，我们将一如既往地依靠本行业的专家，与科研、教学第一线的教研人员紧密联系，加强合作，与时俱进，不断开拓，逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材，为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿，提出选题建议，并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外，我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务，为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州工商职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院
浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院

前 言

高职高专教学不同于本科教学，一是学生的理论基础相对薄弱，二是在校的理论学习时间相对较少，更主要的是培养的目标不同。根据这些特点，高职高专教材应做到理论介绍以够用为度，重点放在实用技术的掌握和运用上，并且尽可能地对相近的技术内容进行整合。2002年11月，电子工业出版社组织全国各高职高专院校在杭州召开了电气自动化专业的教材编写会议，确定了“淡化理论，够用为度，培养技能，重在应用”的编写原则。本书就是鉴于上述认识和原则编写的。在编写过程中始终做到两条：一是精选内容，选一些实际工程中必然应用到的基本内容，不选过时的技术内容以及烦琐的理论分析内容；二是突出技术的实际运用，加强实训方面的内容以及应用案例的介绍。

本书主要覆盖传统“传感器原理与应用”、“检测与转换”和“电子测量技术”等课程的核心内容，是对上述课程的改革与整合。主要涉及检测基本方法及误差处理的基本概念、传感器的选型与使用以及传感器接口与检测电路的内容。全书分6章，第1章为绪论；第2章介绍检测技术的基本知识；第3章讨论经典传感器，主要讨论温度、压力、物位流量等各种非电量传感器；第4章介绍现代传感器，主要涉及光电、光纤、超声波、气敏、湿敏、色敏以及热释电红外传感器等；第5章为传感器接口及检测电路，主要讨论传感器常用接口电路以及检测技术电信号的处理与转换；第6章介绍检测技术中的几个典型案例。其中，第3章至第5章均附有实训项目，每一章都有思考与练习题。

本书可作为高职、高专和成人高校电类、仪器仪表类和机械类等专业的教材，也可供有关专业技术人员参考，或作为自学用书。

本书由浙江工商职业技术学院柳桂国老师任主编，太原电力专科学校赵巧娥老师、包头职业技术学院任玉珍老师和浙江工商职业技术学院葛鲁波老师任副主编。其中，第1、5、6章由柳桂国老师编写，葛鲁波老师参加了第5章的部分编写，第2、4章由赵巧娥老师编写，第3章由任玉珍老师编写。邢台职业技术学院孟玉茹老师审定了全部文稿。

在本书编写过程中，主编正在浙江大学做国内访问学者，得到了浙江大学博士生导师应义斌教授和自动化研究所王俭平教授的指导，浙大杭州高联传感器技术有限公司总经理赵阳教授提出了许多宝贵意见，编者在此表示真挚的谢意。

由于编者水平有限，书中错误、不妥之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正，或把意见直接发至taiyl@nbip.net。

编 者
2002年6月



Contents

第1章 绪论	(1)
1.1 检测与控制系统及检测技术	(1)
1.2 传感器是检测与控制系统的首要环节	(3)
1.3 检测电路是检测与控制系统功能实现的基本电路	(3)
1.4 本课程的内容与特点	(4)
第2章 检测技术基本知识	(5)
2.1 检测的基本方法	(5)
2.2 测量误差及其分类	(9)
2.2.1 测量误差的基本概念	(9)
2.2.2 测量误差的分析	(10)
2.2.3 误差的处理	(13)
2.3 测量系统的基本特性	(15)
本章小结	(18)
思考与练习题	(18)
第3章 经典传感器	(20)
3.1 温度传感器	(20)
3.1.1 温度传感器的分类与选型	(21)
3.1.2 典型应用	(32)
3.2 力敏传感器	(34)
3.2.1 压力传感器的分类与选型	(34)
3.2.2 典型应用	(46)
3.3 物位测量	(47)
3.3.1 物位信号的检测方法 with 检测元件选择	(47)
3.3.2 典型应用	(53)
3.4 流量检测	(54)
3.4.1 流量信号的检测方法 with 流量传感器的分类与选型	(55)
3.4.2 流量传感器的应用	(62)
3.5 机械量检测	(63)
3.5.1 机械量的检测方法 with 检测元件	(63)
3.5.2 典型应用	(73)
本章小结	(75)



思考与练习题	(77)
实训 1 热电偶的安装、使用及校验	(78)
实训 2 电阻应变式传感器	(81)
实训 3 电感式传感器	(84)
实训 4 霍尔传感器	(85)

第 4 章 现代新型传感器

4.1 光电传感器	(88)
4.1.1 光电效应	(88)
4.1.2 光电元件的分类与选择	(89)
4.1.3 光电传感器的典型应用	(94)
4.2 光纤传感器	(97)
4.2.1 光纤及其传光原理	(97)
4.2.2 光纤传感器的分类	(98)
4.2.3 光纤传感器的应用	(99)
4.3 超声波传感器	(101)
4.3.1 超声波工作原理	(101)
4.3.2 超声波传感器的分类	(104)
4.3.3 超声波传感器的应用	(104)
4.4 其他现代新型传感器	(105)
4.4.1 气敏传感器	(105)
4.4.2 湿敏传感器	(109)
4.4.3 色敏传感器	(117)
4.4.4 热释电红外传感器	(119)
4.5 传感器的发展趋势	(123)
本章小结	(124)
思考与练习题	(125)
实训 5 光电开关	(125)
实训 6 简易超声波测距计	(126)

第 5 章 传感器接口与检测电路

5.1 传感器与检测电路的一般结构形式	(128)
5.1.1 传感器输出信号的特点	(128)
5.1.2 传感器信号的处理方法	(129)
5.1.3 传感器和传感器接口与检测电路的一般结构形式	(129)
5.2 传感器接口电路	(130)
5.2.1 阻抗匹配器	(130)
5.2.2 电桥电路	(132)
5.2.3 放大电路	(136)
5.2.4 应用实例	(140)
5.3 信号处理电路	(143)
5.3.1 信号滤波以及有源滤波器的选择	(143)

5.3.2 调制与解调电路·····	(146)
5.4 信号变换电路·····	(152)
5.4.1 集成电压比较器·····	(152)
5.4.2 采样保持器·····	(154)
5.4.3 多路模拟开关·····	(155)
5.4.4 电压/电流变换器·····	(156)
5.4.5 电压/频率变换器·····	(159)
5.4.6 A/D 模数转换电路·····	(160)
5.5 噪声的抑制·····	(162)
5.5.1 噪声产生的根源·····	(162)
5.5.2 噪声的抑制方法·····	(163)
本章小结·····	(164)
思考与练习题·····	(165)
实训 7 传感器典型接口电路·····	(167)
实训 8 集成运放在信号处理中的应用——有源滤波器·····	(169)
实训 9 模拟乘法器应用——相敏检波器·····	(171)
实训 10 数模转换器与单片机的接口电路·····	(175)

第 6 章 检测技术应用案例分析····· (179)

6.1 谷物水分检测仪·····	(179)
6.2 测重仪·····	(180)
6.3 冲床光电保护装置·····	(181)
6.4 温度变送器·····	(184)
6.4.1 主要技术指标·····	(184)
6.4.2 工作原理·····	(185)
6.4.3 结论·····	(188)
6.5 高精度热电偶数字温度仪·····	(188)
6.5.1 基准接点补偿和放大电路·····	(188)
6.5.2 非线性校正电路·····	(188)
6.5.3 平方电路和加法电路·····	(189)
6.5.4 调试·····	(190)
6.5.5 A/D 转换·····	(190)
6.6 智能温度检测与控制仪·····	(190)
6.6.1 技术要求·····	(191)
6.6.2 系统组成和工作原理·····	(191)
6.6.3 过程输入/输出通道·····	(192)

附录 CSY-2000 系列传感器与检测技术实训实验台····· (195)

参考文献····· (198)

MAI 69/03

第1章 绪论



内容提要

- 检测与控制系统及检测技术。
- 传感器是检测与控制系统的首要环节。
- 检测电路是检测与控制系统功能实现的基本电路。
- 本课程的内容与特点。

1.1 检测与控制系统及检测技术

按其用途和功能的不同，检测与控制系统有不同的类型。图 1.1 和图 1.2 分别给出了气象观测系统和电炉控制系统的组成框图。

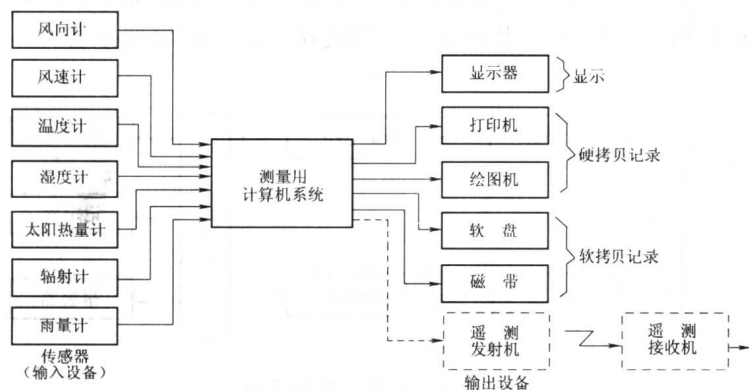


图 1.1 气象观测系统

图 1.1 的检测对象是风向、风速、温度、湿度、日照、辐射、雨量等，采用 7 种相应的传感器进行检测。微机每隔一段时间间隔对检测数据进行收集和处理，处理后的数据被实时显示在显示屏上，同时被送到记录装置进行记录。此外，还可以通过遥测装置向其他系统发送数据。

图 1.2 的电炉控制系统的控制对象是电炉，为使电炉内的温度按预先设定的规律变化，微机通过电炉内的温度传感器采集信息，根据设定的温度时间曲线变化要求进行运算，运算结果送给加热器控制装置，以控制加热器产生最佳热量，从而完成控制操作。同时，可对电炉内的温度进行实时显示和绘图等。此外，系统还具有从外部控制电炉的启动与停止以及输入参数和指令的功能，即备有输入指令控制台。

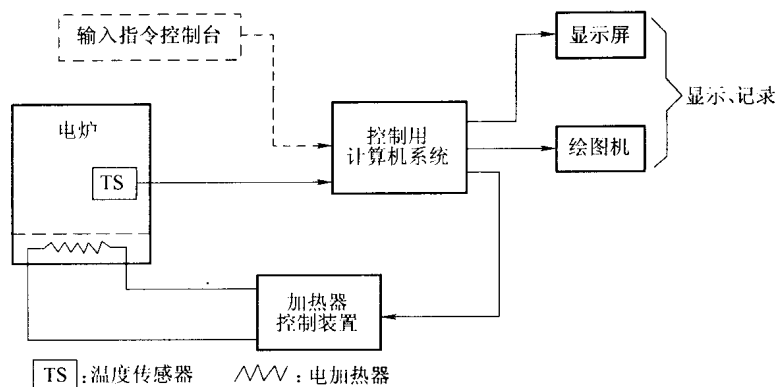


图 1.2 电炉控制系统

显然，上述两种系统是有区别的，图 1.1 属于开环工作的检测系统，图 1.2 则属于闭环工作的检测与控制系统。

一般的检测与控制系统可由如图 1.3 所示的框图来表示。由于检测与控制对象常常为非电量，需要通过传感器转换为电量，检测电路能够对传感器输出信号进行处理与转换，使它能够被微机所接受。微机接受信号数据并处理后，送给控制电路产生相应的控制信号去控制执行器的动作。执行器的作用与传感器相反，是将控制电路的电信号转变为各种控制动作，以实现对被控对象的控制。此外，系统还将检测结果送往显示器显示出来或送往记录器记录下来，供操作人员现场监视和分析。当检测结果异常时，微机还可启动报警器报警。

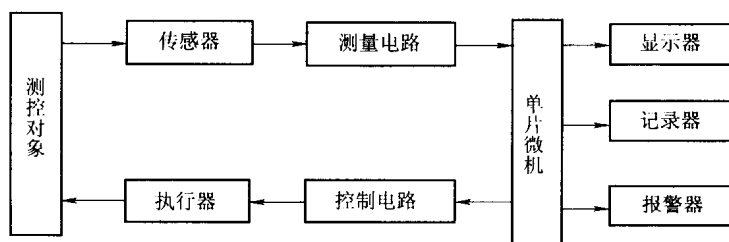


图 1.3 检测与控制系统

由此可见，在检测与控制系统中，传感器与检测电路的作用是信息的提取、信息的转换及处理，是整个系统的基础。如果它们性能不佳，就难以确保整个系统性能优良。检测技术是以研究检测与控制系统中信息的提取、信息的转换及处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。

虽然检测技术应用的领域十分广泛，但就这一学科的内容来说，不外乎传感器技术、误差理论、测试计量技术、抗干扰技术以及电量间相互转换技术等。如何提高检测与控制系统的检测分辨率、精度、稳定性和可靠性是本门技术的研究课题和方向。



1.2 传感器是检测与控制系统的首要环节

传感器 (Transducer) 是一种将被测的非电量转换成电量的装置, 是一种获得信息的手段, 它在检测与控制系统中占有重要的位置。它获得信息的正确与否, 关系到整个检测与控制系统的精度。如果传感器的误差很大, 后面的测量电路、放大器、指示仪等的精度再高也将难以提高整个检测系统的精度。

近些年来, 由于计算机技术的发展突飞猛进和微处理器的广泛应用, 使得在国民经济中的任何一个部门中, 各种物理量、化学量和生物量形态的信息都有可能通过计算机来进行正确、及时的处理。但是, 首先都需要通过传感器来获得信息。所以, 有人把计算机比喻为一个人的大脑, 传感器则是人的五官。

因此, 传感器是检测与控制系统的首要环节。

有时人们常常把传感器、敏感元件、换能器及转换器的概念等同起来。在非电量电测转换技术中, 传感器一词是与工业测量联系在一起的, 实现非电量转换成电量的器件称之为传感器; 在水声和超声波等技术中强调的是能量的转换, 比如压电元件可以起到机-电或电-机能量的转换作用, 所以把可以进行能量转换的器件称之为换能器; 对于硅太阳能电池来说, 也是一种换能器件, 它可以把光能转换成电能输出, 但在这类器件上强调的是转换效率, 习惯上把硅太阳能电池叫做转换器; 在电子技术领域, 常把能感受信号的电子元件称为敏感元件, 如热敏元件、光敏元件、磁敏元件及气敏元件等。这些不同的提法反映在不同的技术领域, 只是根据器件用途对同一类型的器件使用不同的技术术语而已。这些提法虽然含义有些狭窄, 但在大多数情况下并不会产生矛盾, 如热敏电阻可称其为热敏元件, 也可称之为温度传感器。又如扬声器, 当它作为声检测器件时, 它是一个声传感器; 如果把它当成喇叭使用, 也只能认为它是一个换能或转换器件了。

本书从广义角度出发, 传感器指的是在电子检测控制设备输入部分中起检测信号作用的器件。

1.3 检测电路是检测与控制系统功能实现的基本电路

由图 1.3 可知, 检测和控制的对象与单片微机之间是通过测量电路和控制电路相联系的。如果说单片微机是信息处理中心的话, 那么, 测量电路则是信息输入通道, 控制电路则是信息输出通道。测量电路也称检测电路, 它是检测与控制系统实现检测与控制功能的基本电路, 在整个系统中起着十分重要的作用。检测与控制系统的性能在很大程度上取决于检测电路。

目前仍广泛使用的一些较为简单的测量仪表并不包含单片微机。这些非微机化的测量仪表, 其内部的核心电路主要就是各种检测电路。

按照检测结果的表示形式, 检测电路可分为模拟检测电路和数字检测电路两大类, 其基本组成分别如图 1.4 和图 1.5 所示。

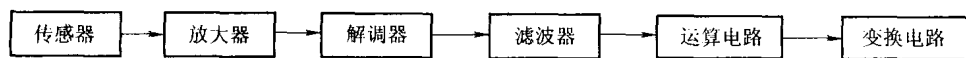


图 1.4 模拟检测电路

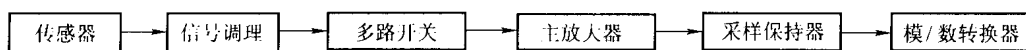


图 1.5 数字检测电路

图 1.4 中传感器将被测非电量转换为电信号,被测信号一般比较微弱,通常需要先进行放大。有的传感器(如电感式、电容式和交流应变电桥等)输出的是调制过的模拟信号,因此,还需用解调器解调。被测信号中混杂有各种干扰,常常要用滤波器来滤除。有些被测参数比较复杂,往往要进行必要的运算才能获取被测量。为了便于远距离传送、显示或 A/D 转换,常常需要将电压、电流、频率三种形式的模拟电信号进行相互变换。在如图 1.4 所示通道中,被测信号一直是以模拟形式存在和传送的,通道中各个环节都是对模拟信号进行这样或那样的调理,因此,统称为信号调理电路。常规的模拟测量仪表,因为其测量结果是以模拟形式显示,所以,其检测电路(称为模拟测量电路)主要就是如图 1.4 所示的调理电路。但是,一些数字化测试仪表特别是微机化检测与控制系统,因为测试结果要用数字形式显示,测试结果要用微机进行处理,所以,其检测电路除了对被测模拟信号进行必要的调理外,还要将模拟信号转换成便于数字显示或微机处理的数字信号。实现模拟信号数字化的电路称为数据采集电路。因此,数字测量电路一般由传感器、信号调理电路和数据采集电路三部分组成,如图 1.5 所示。图中构成数据采集电路的多路开关用来对多路模拟信号进行采样;主放大器对采样得到的信号进行程控增益放大或瞬时浮点放大;采样保持器对放大后的信号进行保持;模/数转换器在保持期间将保持的模拟信号电压转换成相应的数字信号电压。如果被测信号的幅度变化范围不大,则图 1.5 中的主放大器可省去。对比图 1.4 与图 1.5 可知,数字检测电路与模拟检测电路的区别就在于数字检测电路中包含有数据采集电路。

1.4 本课程的内容与特点

高职高专教学不同于本科教学,一是学生的理论基础相对薄弱,二是在校的理论学习时间相对较少,更主要的是培养目标不同。根据这些特点,高职高专教材应做到理论介绍以够用为度,重点放在实用技术的掌握和运用上,并且尽可能地将相近的技术内容进行整合。本教材在编写过程中始终遵循着两条原则:一是精选内容,选一些实际工程中必然要应用到的基本内容,不选过时的技术内容以及烦琐的理论分析内容;二是突出技术的实际运用,加强实训方面的内容以及应用案例的介绍。

本教材是鉴于上述想法编写的,是一种新的尝试。

本教材主要覆盖传统“传感器原理与应用”、“检测与转换”和“电子测量技术”等课程的核心内容,是对上述课程的改革与整合。主要涉及检测基本方法及误差处理的基本概念、传感器的选型与使用以及传感器接口与检测电路的内容。全书分 6 章,第 1 章为绪论;第 2 章介绍检测技术的基本知识;第 3 章讨论经典传感器,主要讨论温度、压力、物位流量和机械量等传感器;第 4 章介绍现代传感器,主要涉及光电、光纤、超声波、气敏以及热释电红外传感器等;第 5 章为传感器接口及检测电路,主要讨论传感器的常用接口电路以及检测技术的电信号处理与转换;第 6 章介绍检测技术中的几个典型案例。其中,第 3 章至第 5 章均附有实训项目,每一章都有思考与练习题。

第2章 检测技术基本知识



内容提要

- 检测的基本方法。
- 测量误差及其分类。
- 测量系统的基本特性。

检测技术是以研究检测与控制系统中信息的提取、转换及处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。在工程实践和科学实验中提出的检测任务是正确及时地掌握各种信息,大多数情况下是要获取被测对象信息的大小,即被测量的大小。这样,信息采集的主要含义就是测量、取得测量数据。

“测量系统”是传感器技术发展到现在一定阶段的产物。在工程中,需要有传感器与多台仪表组合在一起,才能完成信号的检测,这样便形成了测量系统。尤其是随着计算机技术及信息处理技术的发展,测量系统所涉及的内容也不断得以充实。

为了更好地掌握检测技术的应用,需要掌握测量的基本概念、测量系统的特性、测量误差以及数据处理等方面的检测技术基本知识。

2.1 检测的基本方法

一个物理量的检测可以通过不同的方法实现。检测方法选择的正确与否,直接关系到检测结果的可靠程度,也关系到检测与控制系统经济性和可行性。检测方法的分类形式有多种,从不同的角度出发有不同的分类方法。下面介绍几种常见的分类方法。

1. 按测量手续分类

按测量手续分类有直接测量、间接测量和组合测量。

(1) 直接测量。将被测量与标准量直接比较,或用预先经标准量标定好的测量仪器或仪表进行测量,从而直接测得被测量的数值。例如,用弹簧管式压力表测量流体压力就是直接测量。直接测量的优点是测量过程简单、迅速,缺点是测量精度不很高。该方法是工程上广泛采用的方法。

(2) 间接测量。被测量本身不易直接测量,但可以通过与被测量有一定函数关系的其他量(一个或几个)的测量结果求出(如用函数解析式的计算、查函数曲线或表格)被测量数值,这种测量方式称为间接测量。例如,导线的电阻率 ρ 的测量,根据电阻 $R = \rho \frac{4l}{\pi d^2}$, 得出



$$\rho = \frac{\pi d^2 R}{4l}$$

式中, l 、 d 分别表示导线的有效长度和直径。这时, 只要先经过直接测量得到导线的 R 、 l 、 d 的数值, 再代入 ρ 的表达式, 最后经过计算得到需要的结果 ρ 值。在这种测量过程中, 手续较多, 花费时间较长, 但与直接测量被测量相比, 可以得到较高的精度。该方法多用于科学实验中实验室的测量, 工程中也有应用。

(3) 组合测量。如果被测量有多个, 而且被测量又与某些可以通过直接或间接测量得到结果的其他量存在着一定的函数关系, 则可先测量这几个量, 再求解函数关系组成的联立方程组, 从而得到多个被测量的数值。显然, 它是一种兼用直接测量和间接测量的方式。例如, 在研究导体的电阻 R_t 随温度 t 变化的规律时, 在一定的温度范围内有下列关系式

$$R_t = R_{20} + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2$$

式中, R_{20} 、 α 、 β 为三个待定的量, R_{20} 为电阻在 20°C 时的数值, α 、 β 为电阻的温度系数。依据此关系式, 测量出在 t_1 、 t_2 、 t_3 三个不同的测试温度时导体的电阻 R_{t1} 、 R_{t2} 、 R_{t3} , 得联立方程组

$$\begin{cases} R_{t1} = R_{20} + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2 \\ R_{t2} = R_{20} + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2 \\ R_{t3} = R_{20} + \alpha(t_3 - 20) + \beta(t_3 - 20)^2 \end{cases}$$

求解此方程组即可得 R_{20} 、 α 、 β 。

上述三种测量方法中, 直接测量快捷简便, 间接测量和组合测量相对复杂、费时。间接测量和组合测量仅在缺乏直接测量仪器、不便于直接测量或直接测量时涉及到的其他因素较多等情况下才予采用, 故多用于科学实验和一些特殊的场合。

2. 按测量方式分类

按测量方式分类有偏差式测量、零位式测量和微差式测量。

(1) 偏差式测量。能够直接在仪器、仪表上读取读数的测量方法称为直接测量法。应用这种方法进行测量时, 标准量具没有装在仪表内, 而是事先用标准量具对仪表刻度进行校准; 在测量时输入被测量, 按照仪表指针在标度尺上的示值决定被测量的数值。它是以间接方式实现被测量与标准量的比较。例如, 用磁电式仪表测量电路中某电气元件通过的电流及其两端的电压就属于偏差式测量。该测量方法过程比较简单、迅速, 但测量结果的精度低, 因此广泛用于工程测量。

(2) 零位式测量。在测量过程中, 用指零仪表的零位指示测量系统的平衡状态, 在测量系统达到平衡状态时, 用已知的基准量决定被测未知量的测量方法称为零位式测量法。应用这种方法进行测量时, 标准量具装在仪表内, 在测量过程中标准量具直接与被测量相比较, 调整标准量, 一直到被测量与标准量相等, 即使指零仪表回零。例如, 惠斯登电桥测量电阻 (或电感、电容) 就是这种方法的一个典型例子, 如图 2.1 所示。当电桥平衡时有

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_4 \quad (2-1)$$