

图解机电一体化技术应用丛书

图 解

传感器技术及应用电路

第二版

主编 陈圣林 王东霞



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图解机电一体化技术应用丛书

图解

传感器技术及应用电路

第二版

主 编	陈圣林	王东霞
副主编	郭 云	李建勇
参 编	邵在虎	刘 琨
	裴勇生	施秉旭
主 审	殷淑英	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《图解传感器技术及应用电路(第二版)》,全书在第一版的基础上将原有内容整合为9个项目,内容包括传感器概述、压力传感器、电感式传感器、测速传感器、光电式传感器、温度传感器、气体传感器、特殊类型传感器以及智能传感器。本书保持了第一版通俗易懂的形式,旨在帮助广大读者理解和认识各类常用传感器装置的结构、工作原理和应用,提升其综合应用能力。

本书可作为普通本科院校、高职高专院校电子信息、自动化、应用电子技术等专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书,还可作为传感器技术爱好者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解传感器技术及应用电路 / 陈圣林, 王东霞主编.
—2版. —北京: 中国电力出版社, 2016.4
ISBN 978-7-5123-8245-9

I. ①图… II. ①陈… ②王… III. ①传感器—图解
IV. ①TP212-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第215484号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年8月第一版

2016年4月第二版 2016年4月北京第六次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.5印张 305千字

印数: 11501-14000册 定价45.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

随着工业 4.0 时代的到来,制造业向智能化转型。现代智能工厂高度依赖的四大基础条件之一是传感器(数据采集),它是工业 4.0 实施的关键要素。智能工厂,这种新型生产模式的兴起,必将带来机器人的大规模普及和传感器的大量使用。

传感器是实现检测与自动控制的首要环节。传感器技术又是衡量一个国家科学技术和工业水平的重要标志。传感器的种类繁多,所涉及的知识领域广泛,鉴于篇幅有限,本书所选择的传感器都是目前应用最为广泛且技术比较成熟的传感器。

作者先后深入十几家公司及生产车间熟悉传感器产品的实际应用情况,广泛听取各种意见,在内容选择上充分考虑简单实用,并与实际工作相结合。通过 9 个项目,阐述了常用传感器的原理、结构、测试方法及应用,力求通俗易懂,明了直观,使学习者能够轻松入门。

本书在岗位能力调研的基础上,经过认真分析和筛选后,编入了大量的传感器图片和技术资料,内容由浅入深,循序渐进。同时在系统阐述了各种传感器的概念和原理的基础上,在“做一做”环节又加强了实践应用,突出了理论与实践并重。

本书由陈圣林、王东霞主编,项目 1 与项目 9 由陈圣林编写,项目 2 与项目 8 由王东霞编写,项目 3 与项目 4 由郭云编写,项目 5 由李建勇编写,项目 6 由邵在虎编写,项目 7 由刘琨编写,裴勇生负责对书中的应用电路进行仿真验证,施秉旭

负责对书中“做一做”环节的项目进行实际验证。全书由陈圣林总体策划，并负责统稿，由殷淑英教授审稿。在编写过程中，北京交通大学刘晓东博士提出了很多宝贵建议，在此表示感谢。

限于编者的学识与能力，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。联系方式：chen2297@163.com。

编 者

2015年8月

第一版前言

对于从事传感器技术教学的广大师生以及传感器技术的爱好者而言，如何找到一本好的教学用书或者学习资料一直困扰着我们，笔者就深有体会。目前，与传感器技术相关的书籍有很多，在原理性、实用性以及广度和深度等方面都各有特色，但是随着新技术的发展，为了专业面的拓宽和适应传感器的开发与应用，更希望有一本二者兼顾而且通俗易懂的书籍。本书正是以这一思想为启示，在中国电力出版社的大力指导与帮助下编写了该书。

作为信息技术三大支柱之一的传感器技术，在科学技术领域中的地位是不言而喻的。传感器的种类繁多，所涉及的知识领域非常广泛，鉴于篇幅有限，本书所选择的传感器都是目前应用最为广泛且技术比较成熟的传感器装置。在编写中力求通俗易懂、明了直观，使学习传感器的人员能够轻松入门。

全书共 12 个项目，项目 1 为传感器概述，项目 2 为电阻式传感器，项目 3 为电容式传感器，项目 4 为电感式传感器，项目 5 为霍尔传感器，项目 6 为压电式传感器，项目 7 为光电式传感器，项目 8 为温度传感器，项目 9 为气敏传感器，项目 10 为湿度传感器，项目 11 为特殊类型传感器，项目 12 为智能传感器。

本书由陈圣林、侯成晶等人编写，其中项目 1 和项目 6 由侯成晶编写，项目 2 由郭云编写，项目 3 和项目 5 由魏润仙编写，项目 4、7、11 由陈圣林编写，项目 8

和项目 12 由何彦虎编写，项目 9 和项目 10 由吴方编写，宋清龙与孙淑红负责对本
书所给的硬件线路与程序进行仿真调试。全书由陈圣林统稿。本书在编写的过程中
得到了北京交通大学刘晓东博士的大力支持，在此表示感谢。

传感器技术发展迅猛，各种传感器装置层出不穷，限于编者的学识与能力，肯
定有很多不足之处，恳请广大读者批评指正。联系方式: chen2297@163.com。

编 者

2009 年 6 月

前言

第一版前言

传感器概述

1

1.1 认识传感器 / 2

学一学 传感器的地位与作用 / 2

学一学 传感器的定义与组成 / 3

学一学 传感器的分类 / 4

1.2 传感器技术指标 / 9

学一学 传感器的静态特性 / 9

学一学 传感器的动态特性 / 13

学一学 传感器的标定 / 13

思考题 / 14

压力传感器

16

2.1 压电式传感器 / 17

学一学 压电材料及特性 / 17

学一学 压电式传感器的等效与测量电路 / 20

学一学 压电式传感器的应用 / 22

做一做 压电式传感器的振动测试 / 25

2.2 金属应变片式传感器 / 27

学一学 金属应变片的结构 / 27

学一学 应变片的粘贴 / 28

学一学 金属应变片的工作原理与测量电路 / 29

学一学 金属应变片的应用 / 32

做一做 全桥测量电路的性能测试 / 33

2.3 固态压阻式传感器 / 35

学一学 固态压阻式传感器的结构 / 35

学一学 固态压阻式传感器的工作原理 / 36

学一学 固态压阻式传感器的应用 / 36

做一做 固态压阻式传感器的压力测试 / 38

2.4 电容式传感器 / 39

学一学 电容式传感器的结构 / 40

学一学 电容式传感器的特点 / 40

学一学 电容式传感器的工作原理与类型 / 41

学一学 变极距型电容式传感器 / 42

学一学 变面积型电容式传感器 / 44

学一学 变介质型电容式传感器 / 45

学一学 电容式传感器的测量电路 / 46

学一学 电容式传感器的应用电路 / 49

做一做 电容式传感器的位移特性测试 / 54

思考题 / 56

项目 3 电感式传感器

58

3.1 差动变压器式传感器 / 59

学一学 差动变压器式传感器的结构 / 59

学一学 差动变压器式传感器的工作原理 / 60

学一学 差动变压器式传感器的测量电路 / 60

学一学 差动变压器式传感器的应用 / 61

做一做 差动变压器式传感器的零点残余电压测试 / 63

3.2 电涡流传感器 / 66

学一学 电涡流传感器的工作原理与结构 / 66

学一学 电涡流传感器的测量电路 / 67

学一学 电涡流传感器的应用 / 68

做一做 电涡流传感器的振幅特性与幅频特性测试 / 70

思考题 / 72

项目 4 测速传感器

73

4.1 霍尔传感器 / 74

学一学 霍尔传感器的结构与命名 / 74

学一学 霍尔传感器的工作原理 / 75

学一学 压电传感器的技术参数 / 75

学一学 霍尔传感器的测量电路与误差补偿 / 76

学一学 霍尔传感器的应用 / 79

做一做 霍尔元件测试直流电动机转速 / 81

4.2 光电耦合器 / 83

学一学 光电耦合器的结构与作用 / 83

做一做 光电耦合器测量直流电动机转速 / 84

4.3 光纤传感器 / 85

学一学 光纤的结构 / 86

学一学 光纤传感器的工作原理 / 86

学一学 光纤传感器的应用 / 87

做一做 光纤传感器测量直流电动机转速 / 88

思考题 / 90

5.1 光敏电阻 / 93

学一学 光敏电阻的结构 / 93

学一学 光敏电阻的工作原理与参数 / 93

学一学 光敏电阻的应用 / 95

5.2 光敏二极管 / 96

学一学 光敏二极管的结构 / 96

学一学 光敏二极管的类型 / 97

学一学 光敏二极管的工作原理与参数 / 97

学一学 光敏二极管的应用 / 98

5.3 光敏三极管 / 101

学一学 光敏三极管的结构 / 101

学一学 光敏三极管的工作原理 / 101

学一学 光敏三极管的应用 / 102

5.4 光电池 / 103

学一学 光电池的外形与结构 / 103

学一学 光电池的使用方法 / 104

5.5 热释电红外传感器 / 107

学一学 热释电红外传感器的类型与结构 / 107

学一学 热释电红外传感器的应用 / 108

做一做 热释电红外传感器报警装置测试 / 110

思考题 / 111

6.1 认识温度传感器 / 114

学一学 温度传感器的类型 / 114

学一学 温度传感器的发展与应用 / 115

6.2 热敏电阻 / 118

学一学 热敏电阻的外形与结构 / 118

学一学 热敏电阻的工作原理 / 119

学一学 热敏电阻的主要参数 / 120

学一学 热敏电阻的应用 / 120

做一做 PTC 热敏电阻温度特性测试 / 124

6.3 金属热电阻 / 125

学一学 金属热电阻的外形与结构 / 125

学一学 金属热电阻的工作原理 / 126

学一学 金属热电阻的应用 / 129

做一做 金属热电阻的应用 / 132

6.4 热电偶 / 133

学一学 热电偶的外形与结构 / 133

学一学 热电偶的工作原理 / 135

学一学 热电偶的参数 / 137

学一学 热电偶的特点 / 137

学一学 常用热电偶 / 138

学一学 热电偶冷端延长 / 140

学一学 热电偶冷端补偿 / 140

学一学 热电偶的应用 / 142

做一做 K 型热电偶的温度测试 / 145

6.5 PN 结温度传感器 / 146

学一学 PN 结温度传感器的外形 / 146

学一学 PN 结温度传感器的工作原理 / 147

学一学 PN 结温度传感器的应用 / 147

学一学 PN 结温度传感器的温度测试 / 150

6.6 红外温度传感器 / 151

学一学 红外温度传感器的外形 / 151

学一学 红外温度传感器的分类 / 152

学一学 红外温度传感器的原理与结构 / 152

学一学 红外温度传感器的应用 / 153

6.7 集成温度传感器 / 155

学一学 集成温度传感器的分类 / 156

学一学 集成温度传感器 LM35 / 156

学一学 集成温度传感器 AD590 / 157

学一学 集成温度传感器 LM135、LM235、LM335 / 160

学一学 集成温度传感器 AN6701S / 162

学一学 其他集成温度传感器 / 162

做一做 集成温度传感器 LM35 的温度测试 / 163

思考题 / 165

项目 7 气体传感器

167

7.1 气敏传感器 / 168

学一学 气敏传感器的检测对象与应用场合 / 168

学一学 气敏传感器的分类 / 169

学一学 气敏传感器的外形 / 169

学一学 气敏传感器的测量电路 / 170

学一学 气敏传感器的应用 / 171

学一学 气敏传感器的特点 / 173

做一做 酒精气敏传感器特性测试 / 174

7.2 湿敏传感器 / 176

学一学 陶瓷湿敏传感器 / 178

学一学 高分子湿敏传感器 / 178

学一学 湿敏传感器的测量电路 / 180

做一做 湿敏传感器相对湿度测试 / 181

思考题 / 182

8.1 超声波传感器 / 185

学一学 超声波传感器的结构 / 185

学一学 超声波探头及耦合技术 / 186

学一学 超声波传感器的应用 / 188

8.2 CCD 图像传感器 / 192

学一学 CCD 图像传感器的结构 / 192

学一学 CCD 图像传感器的工作原理 / 193

学一学 CCD 图像传感器的应用 / 194

8.3 激光传感器 / 195

学一学 激光传感器的结构 / 196

学一学 激光传感器的应用 / 196

8.4 生物传感学 / 199

学一学 生物传感器的类型 / 199

学一学 生物传感器的工作原理 / 199

学一学 生物传感器的工作特点 / 200

学一学 生物传感器的应用 / 201

8.5 无损探伤技术 / 203

学一学 无损探伤 / 203

学一学 无损探伤方法 / 203

思考题 / 206

9.1 认识智能传感器 / 208

学一学 智能传感器的概念 / 208

学一学 智能传感器的基本功能 / 208

学一学 智能传感器的基本结构 / 209

学一学 智能传感器的实现途径 / 210

9.2 智能传感器硬件 / 211

学一学 智能传感器的硬件组成 / 211

学一学 智能传感器的信号处理电路 / 212

学一学 智能传感器的输入、输出通道设计 / 214

学一学 智能传感器的微处理电路 / 217

9.3 智能传感器软件 / 219

学一学 智能传感器软件设计内容 / 219

学一学 智能传感器软件体系结构 / 220

学一学 智能传感器软件监控程序 / 221

学一学 智能传感器常见处理程序 / 222

9.4 智能传感器 A/D 转换 / 224

学一学 A/D 转换器的选择与性能指标 / 224

学一学 A/D 转换器的应用 / 225

9.5 集成智能传感器 / 230

学一学 集成智能传感器的发展方向 / 230

学一学 集成智能传感器的应用 / 232

9.6 非线性校正与抗干扰 / 234

学一学 非线性补偿 / 234

学一学 传感器干扰源 / 235

学一学 传感器抗干扰技术 / 236

9.7 智能传感器应用实例 / 246

学一学 智能应力传感器 / 246

学一学 智能温度传感器 DS18B20 / 248

学一学 智能温度传感器 DS1629 / 257

学一学 四通道智能温度传感器 MAX6691 / 258

学一学 智能温度传感器 ADT75 / 259

思考题 / 262

附录 A 智能化温度传感器 DS18B20 温度检测与显示
总程序 / 265

附录 B Pt100 温度传感器分度表 / 274

附录 C K 型热电偶温度传感器分度表 / 277

参考文献 / 278

项目 1

传感器概述



日常生活中,人们通过五官来感受外界的变化,因此五官是人类非常重要的器官。传感器就相当于人的感官,承担着采集和转换信息的任务。自然界中有电量和非电量两大类参数,人们对物质和事物本质的认识,主要通过检测各种非电量来实现的,而非电量测量需要的仪器就是传感器。

传感器提取信息的准确与否直接决定着整个检测系统的精度。因此,传感器是现代信息产业不可或缺的重要工具。一个国家的现代化水平主要用其自动化水平来衡量,而传感器技术水平的高低对自动化水平的影响是非常重大的。由此可见,传感器技术非常重要。由于世界各国的普遍重视,使传感器的发展十分迅猛。目前,传感器已经广泛应用于航天航空、电力、交通、冶金、石油、建筑、医学、食品制造、机器人等诸多领域,并且已逐渐深入到人们的日常生活中。

项目导读

- ▷ 传感器的地位与作用。
- ▷ 传感器的静态特性和动态特性。衡量传感器静态特性的重要指标有线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨率、漂移。
- ▷ 传感器的分类。
- ▷ 传感器的标定。