

职场新生代

实用电子技术问答系列

传感器 及其接口电路应用 300问

◎ 李 刚 林 凌 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

职场新生代实用电子技术问答系列

传感器及其接口电路 应用 300 问

李 刚 林 凌 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

职场新生代实用电子技术问答丛书收集了高年级大学生、研究生在实验和课题研究工作中的电路问题，还包括工作不久的工程技术人员在新产品研发或产品维护中遇到的大量问题，并进行了解答。这些问题中的绝大多数是从事电子领域工作的人员必然会面对的。问题涉及面广、解答深入，对电子、机电、测控和仪器仪表类专业的大学生掌握电子电路的理论、提高实践能力有很大的帮助，同时对从事电子领域的工程技术人员也有很高的参考价值。

本书主要是有关传感器及其接口电路应用的问题及其解答，如传感器的基本知识、各种传统的传感器的工作原理与性能、各种现代智能传感器及其特性、经典的和集成的传感器接口电路以及传感器的应用电路，等等。扎实的传感器及其接口电路知识与应用能力是构建卓越电子工程师高超创新与设计能力的先决条件。

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

传感器及其接口电路应用 300 问/李刚，林凌主编. —北京：电子工业出版社，2015.1

（职场新生代实用电子技术问答系列）

ISBN 978-7-121-25151-1

I. ①传… II. ①李… ②林… III. ①传感器—接口电路—问题解答 IV. ①TP212-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 295797 号

策划编辑：张 榕

责任编辑：夏平飞 特约编辑：郭茂威

印 刷：北京丰源印刷厂

装 订：三河市华成印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：36.25 字数：1068 千字

版 次：2015 年 1 月第 1 版

印 次：2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数：2 000 册 定价：88.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前言

《《《《 PREFACE

作为“职场新生代实用电子技术问答系列”之一的《传感器及其接口电路应用 300 问》，主要是介绍有关传感器的基本知识、传感器器件、传感器的接口电路和传感器应用等方面的知识。这些传感器知识的重要性是不言而喻的，实际上，一个测控电路或测控系统必不可少的一定有“传感器”，而且传感器本身的性能及其合理、恰当地应用决定了测控电路或测控系统的性能甚至成败。在物联网成为科技发展的重要方向和必将影响人类未来生活的今天，对于一个电子工程师而言，掌握传感器的知识和相应的应用能力，其重要性怎样强调都不过分。虽然职场新生代在校学习期间已经学习并掌握了传感器的基本理论，但有关传感器的知识和应用还是十分有限的。本书的目的就是要帮助职场新生代尽快地了解 and 掌握传感器及其接口电路应用的实际知识。

本书收集了高年级大学生、研究生在实验和课题研究工作中有关传感器及其接口电路应用的问题，还包括最新的新型传感器与集成传感器接口电路，了解这些问题对电子、机电、测控和仪器仪表类专业的大学生掌握传感器及其接口电路应用的理论、提高实践能力有很大的帮助，同时对从事电子领域的工程技术人员也具有很高的参考价值。

本书收集的问题可能从不同的角度、不同的层面提出，因而有不少的问题有相当程度的重叠，而问题的回答也从不同的角度、不同的层面进行，这样可能更有助于读者理解和体会这些问题和知识。

本书共分 4 章，王蒙军副教授编写了第 1 章，郑羽副教授编写了第 2 章，李晓霞副教授编写了第 3 章，熊慧副教授编写了第 4 章。全书由李刚教授和林凌教授整理和统稿。

编 者

于北洋园

序言

<<<<INTRODUCTION

毋庸置疑，“测控电路”是工科院校中开设最多的专业课程之一，学习人数众多。其原因在于测控电路在现代生活中的应用到了无所不在的地步：不论是工业、交通运输，还是国防、科研，即使在人们的日常生活中也无处不在，如在冰箱、空调器、自动路灯、电子人体秤、电磁炉、护眼灯中都存在测控电路。可以说，只要用电的地方，就有测控电路的存在。因此，学习并掌握好测控电路，必将在参加工作后能够大展拳脚、建功立业。

但是，测控电路既有很强的理论性，又有很强的实践性。因此，在学习时不仅需要刻苦钻研理论知识，也要努力实践。更为困难的是，测控电路涉及的专业知识面宽，又在迅速发展，这就使得没有哪一本教科书或参考书能够为读者提供足够的知识、经验及解惑释疑。加上测控电路的深度和广度都是超乎一般人的想象：从理论到实践不说，从元器件、单元电路、各种系统到测量仪器的理想特性与实际特性，从模拟仿真到实际测试，从核心器件到辅助器材，从实验电路、原理样机到批量生产的工艺，从现在仍然发挥作用的晶体管到新近普及的“SoC”（片上系统集成电路）等。其中任何一项知识与能力的缺失都将影响一位电子工程师的水准与实力。本丛书就是在这种形式下，为职场新生代迅速成为“电子达人”而编写的。

编者一直从事测控电路的教学和相关科研工作。在教学过程中，深深感受到实践对学好测控电路的重要性和“学以致用”在今天的素质教育中的重要性。在引导学生加强实践的同时，收集大量学生在学习测控电路中，特别是在实验中提出的各种各样的问题，也有很多问题是我们课题组的研究生或我们学院的研究生们提出的，还有部分是在网络上 BBS 中讨论的问题。因此，这些问题覆盖面广，而且是学生或工作不久的工程技术人员所提出的，这样能够更好地反映学习和应用测控电路中所遇到的问题，针对性更强，对读者的帮助更大。

在这些问题中，有相当数量的问题是由学生自己给出的回答，只要没有错误，我们尽量保留这些问答，并觉得学生（或初学者）的“自问自答”可能更有利于读者明白这些问题。

由于这些问题涉及面广，所以在符号、表达式、电路图等方面就难以统一。例如，在相关课程“电路”或“电路原理”中用的符号、表达式与“模拟电子技术”中用的就不一样，在计算机辅助设计、仿真用的又有不同。编者考虑的是：只要能够准确地表示和表达，就不追究符号、表达式、电路图的统一。也许这样能够更好地帮助读者理解和掌握。

问题的分类也是一个很难有统一标准的事情。例如，精密放大器的 PCB 布局是放大器的问题还是 PCB 布局问题，只好根据编者的理解和侧重把这些问题进行分类。再一个让编者棘手的问题是有些问题可以从不同的层面和角度来回答，如果都集中在一个问题里回答，可能这个问题就成为一篇大论文了，让读者读起来感到烦闷、枯燥。而细分开来，又会有一定的重叠。编者倾向于后一种方式，认为读者读起来可能更轻松、信息量也更大一些，看问题的角度也更全面一些。

为了尽可能列举出目前学习和应用测控电路可能遇到的问题，本丛书将数以万计的问题进行分类，以方便读者的查找和阅读。

本丛书是依靠群众的力量完成的，有近 200 位本科生、120 多位研究生贡献了他们的力量，特别是我们课题组的研究生更是直接参与了本书的整理工作，他们是王慧泉、赵喆、周梅、刘近贞、杨雪、张林娜、张盛昭、李威、包磊、赵龙飞、刘妍、刘洋、贺建满、焦彬和贺文钦。没有他们的辛勤努力是不可能完成该书编写的，在此谨向他们致以深深的谢意！

编者

目录

<<<< CONTENTS

第1章 传感器基础知识

1. 什么是传感器?	(2)
2. 传感器有什么作用?	(2)
3. 目前传感器的发展有何特点?	(2)
4. 传感器与人类的感觉有何对应关系?	(2)
5. 目前传感器有哪些类别和功能?	(2)
6. 什么是传感器的敏感元件?	(3)
7. 什么是传感器的转换元件?	(3)
8. 传感器有哪些主要特性?	(3)
9. 传感器的常用技术性能指标有哪几类?	(4)
10. 如何对传感器选型?	(5)
11. 有关传感器的术语有哪些?	(6)
12. 环境有可能对传感器产生什么样的影响?	(8)
13. 什么是多功能传感器?	(8)
14. 什么是智能传感器?	(9)
15. 智能传感器有何特点?	(10)
16. 什么是有源传感器?	(10)
17. 什么是复合型传感器?	(10)
18. 两线制传感器是什么?	(10)
19. 传感器的两线制与三线制和四线制相比有何优点?	(11)
20. 什么是弹性敏感元件?	(11)
21. 传感器是怎样组成的?	(12)
22. 传感器是怎样分类的?	(13)
23. 传感器现状和发展趋势是什么?	(13)
24. 传感器电路尽量设计成线性系统, 请问什么是线性系统?	(13)
25. 如何实现非电量的测量?	(14)
26. 如何从精度上选择传感器?	(14)
27. 如何实现传感器的“超精度”应用?	(14)
28. 如何为传感器测量选定 ADC?	(15)
29. 什么是传感器精度?	(15)
30. 什么是传感器的线性度?	(15)
31. 什么是传感器的迟滞?	(16)

32. 什么是传感器的重复性?	(16)
33. 什么是传感器的灵敏度?	(16)
34. 什么是传感器的分辨率?	(16)
35. 什么是传感器的漂移?	(17)
36. 什么是传感器的测量误差?	(17)
37. 什么是传感器的误差因素与标准规范?	(17)
38. 传感器实现不失真测量的条件是什么?	(18)
39. 如何评估传感器精度?	(18)
40. 如何评估测试系统精度?	(19)
41. 在工程中采用什么误差作为测量传感器的精度等级?	(19)
42. 称重传感器怎样分精度等级?	(20)
43. 什么是称重传感器的检定分度数?	(20)

第2章 传感器

1. 传感器与传感元件有何关系?	(22)
2. 温度传感器中的热敏元件是什么?	(22)
3. 半导体热敏电阻的工作原理是什么?	(22)
4. 国产热敏电阻是如何制定型号的?	(23)
5. 热敏电阻器有哪些主要参数?	(23)
6. 光敏传感器主要有哪些光敏元件?	(24)
7. 为什么有的光电三极管只有两只引脚?	(26)
8. 光敏电阻有哪些主要参数?	(26)
9. 气敏传感器及其种类和相应的气敏元件有哪些?	(26)
10. 红外气体传感器的工作原理是什么?	(27)
11. 半导体气敏传感器的工作原理是什么?	(29)
12. 热导式气体传感器的工作原理是什么?	(30)
13. 催化燃烧式气体传感器的工作原理是什么?	(30)
14. 电化学气体传感器的工作原理是什么?	(31)
15. 半导体气敏传感器及其气敏元件是什么?	(31)
16. QM-N5 型气敏元件的性能如何?	(32)
17. 催化型可燃气体传感器的工作原理是什么?	(32)
18. 氧气体传感器的工作原理是什么?	(32)
19. 一氧化碳传感器的工作原理是什么?	(33)
20. 烟雾传感器的工作原理是什么?	(34)
21. 酒精气体传感器的工作原理是什么?	(34)
22. 氧化氮传感器的工作原理是什么?	(35)
23. 二氧化硫传感器的工作原理是什么?	(35)
24. 硫化氢传感器的工作原理是什么?	(36)
25. 氯化氢传感器的工作原理是什么?	(36)
26. 甲烷 (CH_4) 传感器的工作原理是什么?	(36)
27. 甲醛 (CH_2O) 传感器的工作原理是什么?	(36)

28. 卤素传感器的工作原理是什么？	(37)
29. CO 传感器的工作原理是什么？	(38)
30. 氨气 (NE-NH ₃) 传感器的工作原理是什么？	(38)
31. 二氧化硫 (SO ₂) 传感器的工作原理是什么？	(38)
32. 氢气 (H ₂) 传感器的工作原理是什么？	(39)
33. 溴化氢 (HBr) 传感器的工作原理是什么？	(39)
34. 气体传感器的工作原理是什么？	(39)
35. 可燃气体传感器的工作原理是什么？	(40)
36. 固体电解质气体传感器的工作原理是什么？	(40)
37. 力敏传感器及其使用的力敏元件有哪些？	(40)
38. 什么是压阻式传感器？	(40)
39. 磁敏传感器及其使用的磁敏元件有哪些？	(40)
40. 电阻式传感器可以传感哪些信息？有哪些种类的敏感元件？	(41)
41. 什么是称重传感器？采用哪些传感原理？	(41)
42. 什么是热电阻传感器？	(41)
43. 什么是生物传感器？	(42)
44. 生物传感器有哪些类型？	(43)
45. 电化学传感器的工作原理是什么？	(43)
46. 电化学传感器的结构是什么？	(44)
47. 电化学传感器是如何制造的？	(44)
48. 电化学传感器有哪些主要的应用？	(44)
49. 气体传感器有哪些主要特性？	(45)
50. 如何选择气体传感器？	(45)
51. 接触燃烧式气体传感器有何特点？	(46)
52. 电化学气体传感器有哪些类型？	(46)
53. 光学气体传感器有哪些类型及其应用？	(46)
54. 什么是霍尔传感器？	(47)
55. 霍尔器件有何特点？有哪些应用？	(47)
56. 什么是位移传感器？	(48)
57. 位移传感器有哪些运动方式？	(48)
58. 角位移传感器有哪些常见的形式？	(49)
59. 各种位移传感器的工艺和特点是什么？	(49)
60. 霍尔器件可以用于哪些非电量测量？	(51)
61. 相比于其他原理的传感器，霍尔电流传感器有何优越性？	(53)
62. 位移传感器是什么？	(54)
63. 磁敏传感器的工作原理有哪些？	(54)
64. 压电陶瓷是什么？	(55)
65. 接近开关有哪些？怎样选择？	(56)
66. 什么是铠装热电偶？	(58)
67. 什么是变磁阻式传感器？	(58)
68. 变磁阻式传感器有哪些类型？	(59)

69. 光电二极管与光电池有何区别? (62)
70. 光电二极管与光电三极管有何区别? (62)
71. 光敏电阻与光电二极管在应用中有什么区别? (62)
72. 各种光电传感器的特点是什么? (63)
73. 什么是电容传感器? (63)
74. 什么是铈电极酸度传感器? (65)
75. 什么是酸、碱、盐浓度传感器? (66)
76. 什么是电导传感器? (66)
77. 常用大位移传感器(或技术)有哪些? (66)
78. 什么是光栅(尺)位移传感器? (66)
79. 什么是铠装热电偶? (68)
80. 什么是容栅传感器? (70)
81. 什么是磁栅传感器? (71)
82. 什么是光电倍增管? (73)
83. 光电二极管和光电倍增管的区别? (75)
84. 人体的非电量参数有哪些? 如何进行提取? (75)
85. 什么是电涡流式传感器? 其工作原理如何? (75)
86. 什么是差动变压器式位移传感器? 其工作原理如何? (76)
87. 什么是压阻式传感器? (77)
88. 生物传感器的工作原理是什么? (78)
89. 热电阻与热敏电阻有何不同? (78)
90. 热敏电阻有哪几个主要参数? (78)
91. 什么是话筒(驻极体拾音器)? (81)
92. 什么是超声传感器? (82)
93. 电阻应变片有何特点? 有哪些主要参数? (85)
94. 测量电流的集成霍尔传感器是什么? 性能如何? (86)
95. 什么是四自由度的集成惯性测量传感器? 其性能如何? (88)
96. ADT75 集成温度传感器的工作原理是什么? 性能如何? (90)
97. MPXY8300 集成胎压监控传感器的工作原理是什么? 性能如何? (92)
98. TSL2560 和 TSL2561 集成光强度数字传感器的工作原理是什么? 性能如何? (95)
99. LM1042 集成液位传感器的工作原理是什么? 性能如何? (98)
100. T/CS230 可编程彩色光/频转换器的工作原理是什么? 性能如何? (100)
101. MS5534 集成气压计模块的工作原理是什么? 性能如何? (104)
102. FCD4B14 集成指纹传感器的工作原理是什么? 性能如何? (109)
103. 集成三轴角速度传感器 MAX21000 的工作原理是什么? 性能如何? (113)
104. MAX6632 集成温度传感器的工作原理是什么? 性能如何? (122)
105. MAX44006/MAX44008 集成色彩传感器的工作原理是什么? 性能如何? (125)
106. ADIS16000/ADIS16229 振动传感器的工作原理是什么? 性能如何? (138)
107. ADIS16266 可编程数字陀螺仪的工作原理是什么? 性能如何? (142)
108. ADT7310 集成温度传感器的工作原理是什么? 性能如何? (153)
109. 集成化的光电传感器 OTP101 的工作原理是什么? 性能如何? (166)

110. ADXL377 集成三轴加速度计的工作原理是什么? 性能如何?	(167)
111. ADIS16445 集成惯性传感器的工作原理是什么? 性能如何?	(171)
112. ADIS16375 集成惯性传感器的工作原理是什么? 性能如何?	(173)
113. 电容数字转换器 (CDC) AD7747 的工作原理是什么? 如何应用?	(175)
114. 单轴加速度传感器 ADXL193 的工作原理是什么? 如何应用?	(178)
115. ADXL203 型双轴加速度传感器的工作原理是什么? 如何应用?	(181)
116. 双轴加速度计 ADXL202/ADXL210 的工作原理是什么? 如何应用?	(184)
117. ADIS22151 集成惯性传感器的工作原理是什么? 性能如何?	(189)
118. TMP05 集成温度传感器的工作原理是什么? 如何应用?	(194)
119. 温度传感器 AD7416/AD7417/AD7418 的工作原理是什么? 如何应用?	(196)
120. 角速度传感器 ADIS16120 的工作原理是什么? 如何应用?	(204)
121. 惯性传感器 ADIS16448 的工作原理是什么? 如何应用?	(207)
122. 热电偶温度传感器的工作原理是什么?	(225)
123. 如何正确选择热电偶?	(225)
124. ADT7320 高精度数字温度传感器的工作原理是什么? 如何应用?	(226)
125. 数字温度传感器 ADT7420 的性能如何?	(239)
126. 加速度传感器 ADXL103/ADXL203 的性能如何?	(240)
127. 双轴加速度传感器 ADXL206 的性能如何?	(241)
128. 双轴加速度传感器 ADXL213 的性能如何?	(241)
129. 数字加速度计 ADXL312 的性能如何?	(242)
130. 角速率传感器 ADXRS450 的性能如何?	(243)
131. 超低功耗数字加速度计 ADXL362 的性能如何?	(243)
132. 高性能角速率传感器 ADXRS646 的性能如何?	(244)
133. 低成本双轴加速度计 ADXL213 的工作原理是什么? 如何应用?	(245)
134. 角速率传感器 ADXRS800 的性能如何?	(246)
135. 爆震传感器的工作原理是什么? 如何应用?	(246)
136. 三轴加速度计 ADXL343 的性能如何?	(247)
137. 数字相对湿度和温度传感器 Si7015 的性能如何?	(248)
138. 接近光及环境光感应器 Si1120 的工作原理是什么? 如何应用?	(249)
139. 为什么 LTC2053 适合于热电偶放大器?	(257)
140. 光电传感器 Si1141/2/3 的工作原理是什么? 如何应用?	(258)
141. 湿度和温度传感器 Si701x/2x 的性能如何?	(260)
142. 电能计量模块 ADE7816 的性能如何?	(263)
143. 高精度电能计量模块的性能如何?	(263)
144. 电能计量模块 ADE7116/ADE7156/ADE7166/ADE7169/ADE7566/ADE7569 的性能 如何?	(264)
145. GPS 是什么?	(265)
146. GPS 三代体系的各自和共同特征是什么?	(266)
147. GPS 定位系统及工作原理是什么?	(266)
148. 相比于二代 GPS 芯片, 三代 GPS 芯片的硬件改进体现在哪些方面?	(268)
149. 什么是北斗卫星导航系统?	(268)

150. 北斗卫星导航系统与其他导航系统有什么区别?	(268)
151. 北斗卫星导航系统 MXTOS2-200 模块的性能如何?	(269)
152. 主流 GPS 方案供应商及其芯片有哪些? 性能如何?	(270)
153. 线性电流传感器 ACS712 性能如何?	(275)
154. 数字锁存霍尔效应传感器 DRV5013 的性能如何?	(276)
155. 超灵敏双通道正交霍尔效应双极开关 A1230 的性能如何?	(278)
156. 连续型比例式线性霍尔效应传感器 A1301 和 A1302 的性能如何?	(279)
157. 带开路漏极脉宽调制输出的高精度线性霍尔效应传感器 A1356 的性能如何?	(281)
158. 带三态输出和用户可选休眠方式的微功率 3V 线性霍尔效应传感器系列 A139x 的性能如何?	(282)
159. 单元件齿状检测速度传感器 ATS601 的性能如何?	(284)
160. 动态、自行校准、峰值侦测、差分霍尔效应齿轮齿传感器 ATS616 的性能如何?	(285)
161. 动态、自行校准、峰值侦测、差分霍尔效应齿轮齿传感器 ATS617 的性能如何?	(286)
162. 具有 TPOS 功能的高度可编程、反馈偏压、霍尔效应开关 ATS128 的性能如何?	(288)
163. 专为汽车凸轮传感应用而优化的自行校准 TPOS 速度传感器 ATS675 的性能如何?	(289)
164. 交流耦合霍尔效应传感器 A1425 的性能如何?	(290)
165. 带持续校准的三线式真零速差分峰值侦测传感器 A1468 的性能如何?	(291)
166. 双线真零速高精度传感器 A1688 的性能如何?	(293)
167. 凸轮轴传感器 ATS601 的性能如何?	(294)
168. 双输出差分速度和方向传感器 ATS605 的性能如何?	(295)
169. 真零速齿轮齿传感器 ATS667 的性能如何?	(296)
170. 与传统传声器相比, 数字传声器有何优点?	(298)
171. 指纹传感器 AT77C104B 的工作原理与性能如何?	(302)

第3章 传感器接口电路

1. 单臂电桥适宜测量什么范围的电阻? 为了提高电桥的灵敏度可以采取什么办法?	(305)
2. 对传感器接口电路有哪些要求? 为什么?	(305)
3. 从传感器的输出或接口电路的角度, 对传感器如何分类?	(305)
4. 什么是热电阻两线制、三线制或四线制的方式?	(307)
5. 常用的电容传感器的接口电路有哪几种?	(308)
6. 什么是电容传感器桥式接口电路? 其工作原理如何?	(308)
7. 什么是电容传感器谐振式接口电路? 其工作原理如何?	(309)
8. 什么是电容传感器调频式接口电路? 其工作原理如何?	(309)
9. 什么是电容传感器运算式接口电路? 其工作原理如何?	(310)
10. 什么是电容传感器二极管双 T 型交流电桥接口电路? 其工作原理如何?	(311)
11. 什么是电位器式传感器的接口电路? 其工作原理如何?	(312)
12. 什么是电容传感器脉冲宽度调制电路? 其工作原理如何?	(312)
13. 常用电涡流式传感器的接口电路有几种? 其工作原理如何?	(312)
14. 什么是差动变压器式传感器的接口电路? 其工作原理如何?	(314)
15. 什么是压阻式压力传感器接口电路? 其工作原理如何?	(316)
16. 什么是压电晶体传感器的接口电路? 其工作原理如何?	(316)

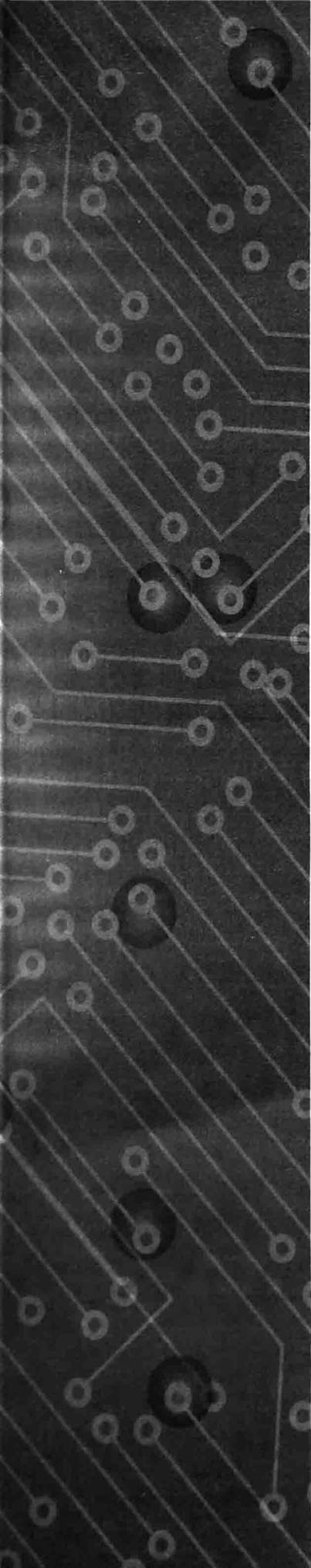
17. 什么是光电二极管(或光电池)的接口电路?其工作原理如何?	(318)
18. 电化学生物传感器的接口电路有哪几种?其工作原理如何?	(319)
19. 什么是电位法电化学生物传感器(离子电极)的接口电路?其工作原理如何?	(320)
20. 什么是三电极电化学传感器的接口电路?其工作原理如何?	(322)
21. 如何实现最简单的高性能 NTC 热敏电阻测温电路?	(323)
22. 如何实现热敏二极管的测温电路?	(323)
23. 线性位移差分变压器(LVDT)的集成接口电路有哪种?请举例说明其应用。	(324)
24. 电容传感器的集成接口电路是什么?性能如何?	(327)
25. MAX9921 霍尔传感器集成接口电路的工作原理是什么?性能如何?	(330)
26. MAX1450 压阻传感器集成接口电路的工作原理是什么?性能如何?	(333)
27. 传感器 AFE LMP90080 的性能如何?	(341)
28. 数字化可编程信号调理芯片 PGA309 的性能如何?	(343)
29. 电化学可编程模拟前端(AFE) LMP91000 的性能如何?	(345)
30. 温度测量模数转换器 ADS1247/48 的性能如何?	(346)
31. 霍尔传感器前端电路 DRV411 的性能如何?	(347)
32. 压力传感器信号调节器 PGA400-EP 的性能如何?	(348)
33. 高精度模数转换器(ADC) ADS1113/4/5 的性能如何?	(350)
34. 低功耗 16 位传感器模拟前端电路 LMP90080/79/78/77 的性能如何?	(351)
35. 传感器模拟前端 LMP90100/99/98/97 的性能如何?	(353)
36. pH 值传感 AFE LMP91200 的性能如何?	(355)
37. NDIR 气体传感 AFE LMP91050 的性能如何?	(356)
38. 电化学传感 LMP91002 的性能如何?	(356)
39. LDC 电感数字转换器 LDC1000 的性能如何?	(358)
40. 超声模拟前端 AFE5803 的性能如何?	(360)
41. 电化学传感 AFE5809 的性能如何?	(361)
42. CCD/CMOS 传感器模拟前端 VSP5620/21/22 的性能如何?	(363)
43. VSP5610/11/12 图像传感器 AFE 的性能如何?	(365)
44. 8 通道超声波模拟前端 AFE5809 的性能如何?	(367)
45. CCD/CMOS 传感器的模拟前端 VSP5610/11/12 的性能如何?	(369)
46. 电荷耦合元件(CCD)模拟前端 VSP8133 的性能如何?	(371)
47. 用于生物电位测量模拟前端 ADS1294/6/8/4R/6R/8R 的性能如何?	(373)
48. 体重计和人体成分测量模拟前端的 AFE4300 性能如何?	(375)
49. 脉冲血氧测量模拟前端 AFE4490 的性能如何?	(377)
50. 集成隔离放大器 AMC1100 的性能如何?	(379)

第 4 章 传感器的应用

1. 张力检测器是什么?	(382)
2. 超声波明渠流量计是什么?	(382)
3. 流量计有哪些原理和结构?	(382)
4. 按测量原理流量计有哪几种分类?	(384)
5. 温度计有哪些种类和原理?	(384)

6. 酸度计的原理是什么?	(386)
7. 投入式液位变送器是什么?	(387)
8. 什么是控制仪表?	(387)
9. 控制仪表是怎样分类?	(388)
10. 控制仪表中按照什么规律进行控制?	(388)
11. 超声波流量计的工作原理是什么?	(388)
12. 超声波流量计有何优缺点?	(389)
13. 超声波流量计有哪些类型?	(389)
14. 红外耳温计的工作原理是什么?	(389)
15. 辐射高温计的工作原理是什么?	(390)
16. 什么是接近开关?	(391)
17. 接近开关有哪些种类?	(391)
18. 接近开关有何用途?	(392)
19. 如何选择机器视觉传感器?	(392)
20. 什么是视觉传感器?	(394)
21. 什么是激光测距传感器?	(394)
22. 车用速度传感器有哪些种类?	(395)
23. 如何进行压电传感器的信号调节?	(395)
24. 如何设计一款低成本 HART 发送器?	(404)
25. 如何利用磁阻传感器测量角度?	(407)
26. 如何设计灵活的 4~20mA 压力传感器变送器?	(413)
27. 如何设计高性能完全隔离式 RTD 温度测量系统电路?	(418)
28. 如何设计高分辨率工业应用中的精密信号调理电路?	(426)
29. 如何设计隔离式 4 通道热电偶/RTD 温度测量系统?	(431)
30. 如何利用 AD2S1210 设计高性能旋变数字 (RDC) 电路?	(439)
31. 如何用热电偶放大器 AD8494 设计高分辨率的温度测量电路?	(448)
32. 如何利用周期供电降低传感器系统的功耗?	(449)
33. 如何应用三轴加速度传感器进行跌倒检测?	(455)
34. 对面积大小不同的光电二极管如何设计低噪声放大器?	(462)
35. 如何应用电容-数字转换器 AD7150?	(464)
36. 如何用低成本的模数转换器对昂贵的传感器进行数字化处理?	(484)
37. 如何在手持式触摸屏系统中增添接近检测传感器?	(485)
38. 如何用接近检测传感器检测更远的目标?	(488)
39. 高精度温度测量如何带动铂电阻温度检测器 (PRTD) 和 Σ - Δ ADC 的应用?	(490)
40. 如何应用环境光检测优化便携设备显示屏设计?	(496)
41. 如何利用先进的热电偶和高分辨率 Σ - Δ ADC 实现高精度温度测量?	(501)
42. 如何设计高质量数字听诊器?	(507)
43. 如何设计压力传感器和称重 (加载/感应) 的信号通道?	(509)
44. 如何设计工业温度检测的信号通道?	(511)
45. 如何设计电流、光信号及接近检测信号链路?	(514)
46. 如何在传感器近端量化热电偶输出?	(515)

47. 如何用单片 IC 构建直读式温度探头?	(517)
48. 如何简化微控制器与温度传感器的接口?	(519)
49. 如何利用零漂移仪表放大器 (IA) 提高传感器测量的性能?	(522)
50. 如何利用电压基准补偿热电偶冷端?	(525)
51. 如何实现结构紧凑的超声成像系统连续波多普勒 (CWD) 设计?	(526)
52. 如何测量并校准产品的温度失调?	(530)
53. 如何解决 MAX1452/MAX1455 信号调理器的电源容限问题?	(531)
54. 如何利用 MAX1452 实现远端传感器补偿?	(533)
55. 如何进行热电偶冷端补偿?	(538)
56. 如何对 PT100 温度传感器的正温度系数补偿?	(542)
57. 远程宽量程温度检测传感器是什么? 如何应用?	(548)
58. 如何设计满足工业需求的高性能、高精度、4~2mA 电流环变送器?	(550)
59. 如何为系统测量和保护选择温度传感器?	(556)
60. 如何采用信号调理 IC 驱动应变片电桥传感器?	(559)
61. 如何使用 MAX1452 修正传感器输出的非线性?	(564)



第1章

传感器基础知识

No 001 什么是传感器?

传感器(transducer/sensor)是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将感受到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

No 002 传感器有什么作用?

人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。

而单靠人们自身的感觉器官,在研究自然现象及其规律中就远远不够了。为适应这种情况,就需要传感器。因此可以说,传感器是人类五官的延长,又称之为电五官。

新技术革命的到来,世界开始进入信息时代。在利用信息的过程中,首先要解决的就是要获取准确可靠的信息,而传感器是获取自然和生产领域中信息的主要途径与手段。

在现代工业生产尤其是自动化生产过程中,要用各种传感器来监视和控制生产过程中的各个参数,使设备工作在正常状态或最佳状态,并使产品达到最好的质量。因此可以说,没有众多优良的传感器,现代化生产也就失去了基础。

在基础学科研究中,传感器更具有突出的地位。现代科学技术的发展,进入了许多新领域:例如在宏观上要观察上千光年的茫茫宇宙,微观上要观察小到飞米的粒子世界,纵向上要观察长达数十万年的天体演化,短到秒级的瞬间反应。此外,还出现了对深化物质认识、开拓新能源、新材料等具有重要作用的各种极端技术研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等等。显然,要获取大量人类感官无法直接获取的信息,没有相适应的传感器是不可能的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于对研究对象信息的获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的检测传感器的出现,往往会导致该领域内的突破。一些传感器的发展,往往是一些边缘学科开发的先驱。

传感器早已渗透到诸如工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程甚至文物保护等极其广泛的领域。可以毫不夸张地说,从茫茫的太空,到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,几乎每一个现代化项目,都离不开各种各样的传感器。

No 003 目前传感器的发展有何特点?

传感器的特点包括微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化,它不仅促进了传统产业的改造和更新换代,而且还可能建立新型工业,从而成为 21 世纪新的经济增长点。微型化是建立在微电子机械系统(MEMS)技术基础之上的,已成功地应用在硅器件上,做成了硅压力传感器。

No 004 传感器与人类的感觉有何对应关系?

常将传感器的功能与人类 5 大感觉器官相比拟:

光敏传感器——视觉;

声敏传感器——听觉;

气敏传感器——嗅觉;

化学传感器——味觉;

压敏、温敏、流体传感器——触觉。

No 005 目前传感器有哪些类别和功能?

按照敏感原理可以分为三大类:

物理类：基于力、热、光、电、磁和声等物理效应。

化学类：基于化学反应的原理。

生物类：基于酶、抗体和激素等分子识别功能。

按照基本感知元件又可以分为热敏元件、光敏元件、气敏元件、力敏元件、磁敏元件、湿敏元件、声敏元件、放射线敏感元件、色敏元件和味敏元件等十类。

No 006 什么是传感器的敏感元件？

敏感元件指能够灵敏地感受被测变量并做出响应的元件，是传感器中能直接感受被测量的部分。敏感元件是传感器的重要组成部分，下一环节是转化元件（见图 1-1）。

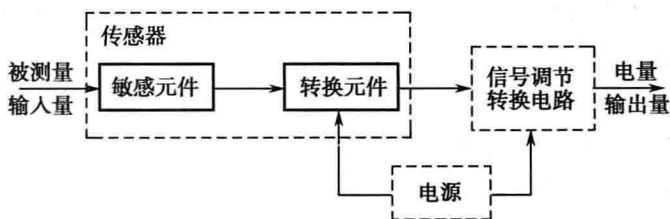


图 1-1 传感器的组成方框图

敏感元件是能敏锐地感受某种物理、化学、生物的信息并将其转变为电信息的特种电子元件。有些传感器，它的敏感元件与转化元件合并在一起，如半导体气体、湿度、温度和压力传感器等。不同的传感器，它的敏感元件是不同的。例如应变式压力传感器，它的敏感元件是一个弹性膜片。

No 007 什么是传感器的转换元件？

转化元件指传感器中能将敏感元件输出转换为适于传输和测量的电信号部分。转化元件是传感器的重要组成部分，它的前一环节是敏感元件，如用于压力、形变的测量中的应变片。但有些传感器的敏感元件与转化元件是合并在一起的，如半导体气体、湿度传感器等。

No 008 传感器有哪些主要特性？

(1) 传感器静态特性

传感器的静态特性是指对静态的输入信号，传感器的输出量与输入量之间所具有的相互关系。因为这时输入量和输出量都和时间无关，所以它们之间的关系，即传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程，或以输入量作横坐标，把与其对应的输出量作纵坐标而画出的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数有：线性度、灵敏度、迟滞、重复性、漂移等。

A. 线性度：指传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线的程度。定义为在全量程范围内实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差值与满量程输出值之比。

B. 灵敏度：灵敏度是传感器静态特性的一个重要指标。其定义为输出量的增量与引起该增量的相应输入量增量之比。用 S 表示灵敏度。

C. 迟滞：传感器在输入量由小到大（正行程）及输入量由大到小（反行程）变化期间其输入输出特性曲线不重合的现象成为迟滞。对于同一大小的输入信号，传感器的正反行程输出信号大小不相等，这个差值称为迟滞差值。

D. 重复性：重复性是指传感器在输入量按同一方向做全量程连续多次变化时，所得特性曲线不一致的程度。

E. 漂移：传感器的漂移是指在输入量不变的情况下，传感器输出量随着时间变化，此现象称为漂移。此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com