

电路

应用系列

孙余凯  
吴鸣山 编著  
项绮明

# 传感器

## 应用电路 300 例



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

## 内 容 简 介

本书精选了国内外传感器应用电路 300 例, 内容包括温度传感器应用电路、光电传感器应用电路、磁敏传感器应用电路、声-电和振动类传感器应用电路、气-电传感器和感烟传感器应用电路及其他类型传感器应用电路, 并详细介绍了每例实用电路的基本工作原理和电路特征及应用中的注意事项。这些电路设计新颖, 结构合理, 性能优良, 实用性强, 既可独立工作, 又可组合应用, 或稍加修改为己所用, 使所设计的电子产品性能达到最佳效果。

本书电路分类明确, 结构合理, 说明简要, 可供产品设计人员、电子工程技术开发人员、管理人员和电子技术爱好者使用, 也可作为电子技术学校的电子电路实践、毕业设计提供选择和参考的依据。

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

传感器应用电路 300 例/孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008. 3  
(电路应用系列)  
ISBN 978-7-121-05980-3

I. 传… II. 孙… III. 传感器-电路 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 016719 号

责任编辑: 富 军 文字编辑: 周宏敏

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 22.75 字数: 582.4 千字

印 次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 38.00 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 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前言

传感器技术是信息技术的三大支柱之一,广泛应用于工业自动化、能源、交通、灾害预测、安全防卫、环境保护、医疗卫生等方面,具有举足轻重的作用,在日常生活中也离不开传感器。随着传感器技术的日益发展,电路应用形式越来越多,新颖实用的电路不断涌现。为了能比较集中地反映这些新的应用成果,经参阅大量国外的现行期刊,经过精选并结合多年电路设计的实践,编写了这本《传感器应用电路 300 例》。

本书精选了应用于工业、农业、通信、仪器仪表、汽车、医疗保健、娱乐、日用电器等领域的实用传感器应用电路 300 例,内容新颖,范围宽广,几乎涉及传感器应用的各个领域,体现了最新的传感器技术。这些内容对专业技术人员和电子爱好者均有实用价值。几乎每个电路都介绍了其基本工作原理和电路特征,为读者理解和应用这些电路提供了方便。

本书以基本敏感元件作为传感器的基础,并在此基础上介绍各种类型传感器的应用电路。介绍这些传感器的类型、结构和工作原理均以应用为目的,使读者能熟练地掌握它们的功能、外部特性和参数及典型的应用,为分析和设计传感器应用电路服务。

本书在编写时采用对比的方法,将各种同功能的敏感元件和传感器同时介绍给读者。通过对比归纳,全面介绍其各自的特点,以利于学习和实际应用。

本书在编排上,从最基础的知识入手,然后逐步深入介绍典型应用或实际应用电路,其目的是由浅入深地使读者尽快掌握基本传感技术的应用,进而设计出更多、更先进的传感器应用产品。

敏感元件和传感技术是实践性很强的技术基础课,为了使读者能正确使用及对传感器的组成和类型有一些基本了解,本书设置了第 1 章(概述)以介绍这些问题。

本书特别适合初学者,不仅可以使初学者提高阅读传感器电路图的能力,还可以帮助读者快速、正确地处理实际工作中遇到的问题(如产品开发、技术改造、产品维修等),并在技术革新和技术改造中获得有益的启迪。

本书的另一个特点是浅显通俗,图文并茂,取材新颖,资料丰富,实用性强,可以拿来就用。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明统稿编著。参加本书编写的人员还有项天任、吕晨、王华君、吕颖生、孙余明、许凤生、吴永平、刘普玉、王艳玉、徐绍贤、刘忠新、陈帆、周志平、王五春、薛广英、项宏宇、刘忠新、金宜全、刘忠德、胡家珍等。

在本书编写过程中,参考过张建明、沈桂明、许永才、潘歧伸、雷如意、澎彬、吴琼、程方晓、宋战校、戴树鸿、杨邦文、胡志勤、黄程辉等同志的有关资料,并得到马晓平、张继辉等同志的支持与帮助,在此表示衷心感谢。

由于传感器应用技术发展极为迅速,涉及面广,加上编著者水平有限,书中难免有错误与不妥之处,真诚希望专家和读者批评指正。

编 著 者



# 目

# 录

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 第 1 章 概述 .....                          | 1  |
| 1.1 传感器的组成与分类 .....                     | 1  |
| 1.1.1 传感器的组成 .....                      | 1  |
| 1.1.2 传感器的分类 .....                      | 1  |
| 1.2 传感器的选用原则 .....                      | 5  |
| 1.2.1 传感器应用中的基本要求 .....                 | 5  |
| 1.2.2 传感器的选用 .....                      | 5  |
| 第 2 章 温度传感器应用电路 .....                   | 7  |
| 2.1 温度传感器的基本特性 .....                    | 7  |
| 2.2 热敏电阻传感器 .....                       | 7  |
| 2.2.1 热敏电阻的电路符号和类型 .....                | 8  |
| 2.2.2 正温度系数热敏电阻传感器 .....                | 9  |
| 2.2.3 负温度系数热敏电阻传感器 .....                | 10 |
| 2.3 PN 结温度传感器 .....                     | 12 |
| 2.3.1 PN 结温度传感器的特性 .....                | 12 |
| 2.3.2 PN 结温度传感器的应用 .....                | 13 |
| 2.4 集成温度传感器 .....                       | 13 |
| 2.4.1 集成温度传感器的特点 .....                  | 13 |
| 2.4.2 集成温度传感器的原理 .....                  | 13 |
| 2.4.3 集成温度传感器的输出形式 .....                | 14 |
| 2.4.4 常用集成温度传感器特性 .....                 | 14 |
| 2.5 铂电阻传感器 .....                        | 15 |
| 2.5.1 铂电阻传感器的外形特点 .....                 | 15 |
| 2.5.2 厚膜元件铂电阻传感器的主要参数 .....             | 16 |
| 2.6 热电偶传感器 .....                        | 16 |
| 2.6.1 热电偶传感器的结构特点 .....                 | 16 |
| 2.6.2 热电偶传感器的工作原理 .....                 | 16 |
| 2.6.3 热电偶传感器的品种和规格 .....                | 17 |
| 2.6.4 其他类型的温度传感器 .....                  | 17 |
| 2.7 温度传感器应用电路 .....                     | 17 |
| 2.7.1 由反相器与温度传感器配合构成的温度 - 频率转换电路 .....  | 17 |
| 2.7.2 由时基电路与温度传感器配合构成的温度 - 频率转换电路 ..... | 18 |
| 2.7.3 由 LM567 构成的温度控制电路 .....           | 18 |
| 2.7.4 由两只温度传感器构成的抽油烟机自动控制电路 .....       | 18 |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 2.7.5 由 CD4013 构成的电开水器控制电路 .....              | 19 |
| 2.7.6 由 NTC503 温度传感器构成的智能温控电扇电路 .....         | 21 |
| 2.7.7 由 LM741 构成的电风扇温控开关电路 .....              | 23 |
| 2.7.8 由温控/光控集成块 CA3059 构成的温度控制电路 .....        | 24 |
| 2.7.9 由温度传感器 MF53-1 构成的锅炉循环泵控制电路 .....        | 24 |
| 2.7.10 由 LM339 构成的过热检测保护电路 .....              | 27 |
| 2.7.11 由温度传感器 MF-53 构成的汽车空调电子温控电路 .....       | 28 |
| 2.7.12 由热敏电阻传感器组成的基本检测仪电路 .....               | 29 |
| 2.7.13 由 LM324 构成的温度上/下限报警电路 .....            | 30 |
| 2.7.14 由温度传感器 RPC2 构成的线性刻度的温度计电路 .....        | 31 |
| 2.7.15 由温度传感器 MF53-1 构成的电子温度显示电路 .....        | 32 |
| 2.7.16 由 UAA1016B 构成的电暖器温度自动控制电路 .....        | 33 |
| 2.7.17 由 UAA2016 构成的温度自动控制电路 .....            | 34 |
| 2.7.18 由热敏电阻温度传感器构成的电热水器温度控制电路 .....          | 36 |
| 2.7.19 由双运算放大器构成的线性温度计电路 .....                | 37 |
| 2.7.20 由热敏电阻构成的惠斯登电桥测温电路 .....                | 38 |
| 2.7.21 由热敏电阻传感器构成的 $T-F$ 转换电路 .....           | 38 |
| 2.7.22 由热敏电阻传感器构成的补偿电路 .....                  | 38 |
| 2.7.23 由 LM723 构成的恒温控制电路 .....                | 39 |
| 2.7.24 由温度传感器 T121 构成的温度控制电路 .....            | 39 |
| 2.7.25 由温度传感器 T121 构成的温控开关电路 .....            | 40 |
| 2.7.26 由音乐集成块 UT66A 构成的过热声光报警电路 .....         | 40 |
| 2.7.27 由温度传感器 103AT-2B 构成的温度计时钟电路 .....       | 41 |
| 2.7.28 由 PN 结温度传感器构成的水开报警电路 .....             | 42 |
| 2.7.29 由半导体传感器构成的温度计电路 .....                  | 43 |
| 2.7.30 由运放 $\mu$ A741HC 构成的电子育雏温控电路 .....     | 43 |
| 2.7.31 由 LM324 构成的基本测温电路 .....                | 44 |
| 2.7.32 由 PN 结温度传感器构成的温度显示电路 .....             | 45 |
| 2.7.33 由温敏二极管传感器构成的温度控制电路 .....               | 46 |
| 2.7.34 由 PN 结二极管传感器构成的感温开关电路 .....            | 47 |
| 2.7.35 由集成温度传感器 $\mu$ PC616 构成的控温电路 .....     | 47 |
| 2.7.36 由集成温度传感器 $\mu$ PC616 构成的超温报警电路 .....   | 47 |
| 2.7.37 由集成温度传感器 $\mu$ PC616 构成的摄氏温度检测电路 ..... | 48 |
| 2.7.38 由集成温度传感器 $\mu$ PC616 构成的基本测温电路 .....   | 48 |
| 2.7.39 由 AD590 传感器构成的温度巡检仪电路 .....            | 49 |
| 2.7.40 由温度传感器 AD590 构成的恒温控制电路 .....           | 50 |
| 2.7.41 由集成温度传感器 LM3911 构成的测温电路 .....          | 51 |
| 2.7.42 由集成温度传感器 LM3911 构成的温度控制器电路 .....       | 51 |
| 2.7.43 由 AD592 构成的 4~20mA 温度变送器电路 .....       | 52 |
| 2.7.44 由 AD592 构成的温差测量电路 .....                | 52 |
| 2.7.45 由 AD592 构成的单一温度电压输出电路 .....            | 53 |
| 2.7.46 由单运放构成的温差测量电路 .....                    | 54 |
| 2.7.47 由数字电压表直接读取的温差测量电路 .....                | 54 |

|              |                                             |           |
|--------------|---------------------------------------------|-----------|
| 2.7.48       | 由恒流源 LM334 构成的高精度温度测量电路 .....               | 55        |
| 2.7.49       | 由固态继电器构成的温度控制电路 .....                       | 55        |
| 2.7.50       | 由 LM135 集成温度传感器构成的热电偶冷端补偿电路 .....           | 55        |
| 2.7.51       | 由可编程温度传感器 TMP-01 构成的 60℃ 温度保持电路 .....       | 56        |
| 2.7.52       | 由可编程温度传感器 TMP-01 构成的设定一个温度范围的检测电路 .....     | 57        |
| 2.7.53       | 由温度传感器 TC626 构成的温度控制电路 .....                | 59        |
| 2.7.54       | 由温度传感器 TC1023 或 TC1024 构成的多路巡检测量或控制电路 ..... | 60        |
| 2.7.55       | 由 TC1023 或 TC1024 温度传感器构成的测温电路 .....        | 61        |
| 2.7.56       | 由 TC622 温度传感器构成的过热控制电路 .....                | 61        |
| 2.7.57       | 由温度传感器 TC623C 构成的过热控制电路 .....               | 62        |
| 2.7.58       | 由温度传感器 TC630 构成的散热风扇控制电路 .....              | 63        |
| 2.7.59       | 由温度传感器 TC07 构成的加热器控制电路 .....                | 64        |
| 2.7.60       | 由温度传感器 TC07 构成的风扇冷却控制电路 .....               | 65        |
| 2.7.61       | 由温度传感器 TC03 构成的温度仪电路 .....                  | 65        |
| 2.7.62       | 由 TC03 温度传感器构成的数字式温度表电路 .....               | 66        |
| 2.7.63       | 由集成温度传感器 LM3911 构成的恒温控制电路 .....             | 66        |
| 2.7.64       | 由温度传感器 LM3502 构成的温控交流开关电路 .....             | 67        |
| 2.7.65       | 由 RTD 铂电阻传感器构成的温度检测控制电路 .....               | 68        |
| 2.7.66       | 由铂电阻传感器 Pt100 构成的温度变送电路 .....               | 69        |
| 2.7.67       | 由铂热电阻传感器 Pt100 构成的测温数字显示电路 .....            | 69        |
| 2.7.68       | 由铂电阻传感器构成的数字显示温度检测控制电路 .....                | 71        |
| 2.7.69       | 由热电偶传感器构成的电热鼓风干燥箱控制电路 .....                 | 73        |
| 2.7.70       | 由热电偶放大器 AD594 构成的热电偶温度计电路 .....             | 74        |
| 2.7.71       | 由 J 型热电偶构成的隔离型温度检测变送电路 .....                | 75        |
| 2.7.72       | 由 TP03 型热电偶构成的数字式万用表测温电路 .....              | 76        |
| 2.7.73       | 由水银节点温度传感器构成的电热干燥箱电路 .....                  | 77        |
| 2.7.74       | 由 WXX 水银温度传感器构成的温控育苗电路 .....                | 78        |
| <b>第 3 章</b> | <b>光电传感器应用电路 .....</b>                      | <b>81</b> |
| 3.1          | 光电传感器的特点及类型 .....                           | 81        |
| 3.1.1        | 光电传感器的特点 .....                              | 81        |
| 3.1.2        | 光电传感器的类型 .....                              | 81        |
| 3.2          | 光敏电阻传感器 .....                               | 82        |
| 3.2.1        | 光敏电阻传感器的基本特性与类型 .....                       | 82        |
| 3.2.2        | 光敏电阻的特性参数 .....                             | 83        |
| 3.2.3        | 常用光敏电阻及其检测 .....                            | 84        |
| 3.3          | 光敏二极管传感器 .....                              | 86        |
| 3.3.1        | 光敏二极管电路的图形符号 .....                          | 86        |
| 3.3.2        | 光敏二极管的类型和特点 .....                           | 87        |
| 3.3.3        | 光敏二极管的结构与外形 .....                           | 87        |
| 3.3.4        | 光敏二极管的原理 .....                              | 87        |
| 3.3.5        | 光敏二极管的电压 - 电流特性 .....                       | 88        |
| 3.3.6        | 光敏二极管的主要参数 .....                            | 89        |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 3.3.7 常用光敏二极管及其检测 .....                         | 90  |
| 3.4 光敏三极管传感器 .....                              | 91  |
| 3.4.1 光敏三极管的结构及等效电路 .....                       | 91  |
| 3.4.2 光敏三极管的工作特性 .....                          | 92  |
| 3.4.3 光敏三极管的输出特性和主要参数 .....                     | 92  |
| 3.5 光电池传感器 .....                                | 93  |
| 3.5.1 硅光电池的结构与原理 .....                          | 93  |
| 3.5.2 硒光电池的结构与原理 .....                          | 94  |
| 3.5.3 光电池的主要参数 .....                            | 95  |
| 3.5.4 常用硅光电池及其使用 .....                          | 95  |
| 3.6 热释电红外线传感器 .....                             | 97  |
| 3.6.1 红外线传感器的类型 .....                           | 97  |
| 3.6.2 电介质的热释电效应 .....                           | 97  |
| 3.6.3 热释电红外线传感器的结构与封装 .....                     | 98  |
| 3.6.4 常用热释电红外线传感器 .....                         | 99  |
| 3.6.5 菲涅耳透镜 .....                               | 100 |
| 3.7 光电传感器应用电路 .....                             | 102 |
| 3.7.1 由 LM339 构成的多功能光控开关电路 .....                | 102 |
| 3.7.2 由测光集成块 ZH-3 构成的环境光线指示电路 .....             | 103 |
| 3.7.3 由光敏传感器 MG-41 构成的变声电路 .....                | 104 |
| 3.7.4 由光电传感器 MG43-54 构成的自动调光台灯电路 .....          | 105 |
| 3.7.5 由 SG555 构成的光控开关电路 .....                   | 106 |
| 3.7.6 由光敏电阻传感器构成的电话铃声自动转换电路 .....               | 106 |
| 3.7.7 由光敏电阻传感器构成的电话灯控制电路 .....                  | 107 |
| 3.7.8 由光敏电阻传感器构成的自动灯控制电路 .....                  | 108 |
| 3.7.9 由光敏传感器构成的闪烁信号灯电路 .....                    | 108 |
| 3.7.10 由 TC4011BP 构成的光声控开关电路 .....              | 109 |
| 3.7.11 由光敏电阻传感器构成的复印机纸尾检测电路 .....               | 110 |
| 3.7.12 由光敏电阻传感器构成的键控音量电路 .....                  | 110 |
| 3.7.13 由 JN54C38 光敏传感器构成的彩色电视机、彩显亮度自动控制电路 ..... | 111 |
| 3.7.14 由一只双向晶闸管与光敏传感器构成的最简单自动照明灯电路 .....        | 111 |
| 3.7.15 由报警电路 CJM02 构成的安全警示灯电路 .....             | 112 |
| 3.7.16 由温控光控 CA3079 构成的光亮度控制电路 .....            | 112 |
| 3.7.17 由 KD128 构成的天亮提醒电路 .....                  | 113 |
| 3.7.18 由光敏传感器构成的印刷切纸机保护电路 .....                 | 113 |
| 3.7.19 由光敏传感器 3DU5A 构成的自动冲厕节水电路 .....           | 114 |
| 3.7.20 由 CD4066 构成的光控触摸自动延时照明灯电路 .....          | 115 |
| 3.7.21 由光敏传感器构成的输出电压会随光强而变的电路 .....             | 116 |
| 3.7.22 由声控集成块 SK-5 构成的光控玩具电路 .....              | 117 |
| 3.7.23 由两只光敏三极管传感器构成的灯光亮度自动转换电路 .....           | 118 |
| 3.7.24 由光敏传感器 3DU5A 构成的自动控制广告灯电路 .....          | 119 |
| 3.7.25 由 3DU 光敏传感器构成的汽车前照灯光自动转换电路 .....         | 119 |

|        |                                     |     |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 3.7.26 | 由电光敏传感器 TSL220 构成的电脑型洗印照片检测控制电路     | 121 |
| 3.7.27 | 由光敏二极管构成的光信号放大电路                    | 122 |
| 3.7.28 | 由光敏二极管构成的基本光开关电路                    | 122 |
| 3.7.29 | 由两只晶体管构成的光振荡电路                      | 123 |
| 3.7.30 | 由光敏传感器 ULN3330 构成的三叶风扇测速电路          | 123 |
| 3.7.31 | 由光敏传感器 ULN3330 构成的烟雾报警电路            | 124 |
| 3.7.32 | 由光电耦合传感器构成的钥匙式取电板电路                 | 124 |
| 3.7.33 | 由光电传感器构成的转速仪电路                      | 125 |
| 3.7.34 | 由光电池传感器构成的汽车前照灯自动开关电路               | 127 |
| 3.7.35 | 由光电池传感器构成的电子测光表电路                   | 128 |
| 3.7.36 | 由热释电与光敏传感器构成的自动报警电路                 | 129 |
| 3.7.37 | 由热释电红外线传感器 BH9404 构成的人体遥感壁画声光效果控制电路 | 129 |
| 3.7.38 | 由红外线传感器 HN911L 构成的感应式照明开关电路         | 132 |
| 3.7.39 | 由 HD-03C 热释电红外线传感器构成的热释电红外线报警电路     | 132 |
| 3.7.40 | 由热释电红外线传感器 HD-03C 构成的热释电红外线自动开关电路   | 133 |
| 3.7.41 | 由红外线探测集成块 TWH9513 构成的红外线探测控制器电路     | 133 |
| 3.7.42 | 由热释电红外线传感器集成块 HT7610B 构成的红外线探测开关电路  | 135 |
| 3.7.43 | 由红外线传感器 MP01 构成的红外线开关电路             | 136 |
| 3.7.44 | 由热释电红外线传感器构成的自动门控制电路                | 138 |
| 3.7.45 | 由热释电红外线传感器与 NE555 配合构成的防入侵报警电路      | 138 |
| 3.7.46 | 由 PT8A2641 构成的人体感应自动开关电路            | 139 |
| 3.7.47 | 由 PT8A2642 构成的人体感应自动开关电路            | 141 |
| 3.7.48 | 由红外线探测传感器 Q74 构成的防盗报警电路             | 143 |
| 3.7.49 | 由红外线接收集成电路 $\mu$ PC1373 构成的自动水龙头电路  | 144 |
| 3.7.50 | 由运放 CA3140 与热释电红外线传感器构成的防入侵电路       | 145 |
| 3.7.51 | 由 UM66 构成的热释电传感式电子报警电路              | 146 |
| 3.7.52 | 由 CD4538 构成的红外线自动开关电路               | 147 |
| 3.7.53 | 由 CK-7 红外线传感器构成的红外线传感照明电路           | 148 |
| 3.7.54 | 由热释电红外线控制 WT8072 构成的自动开关电路          | 149 |
| 3.7.55 | 由红外线探测传感器 TX05D 构成的红外线感应式延迟灯电路      | 150 |
| 3.7.56 | 由 NE555 构成的红外线自动洗手控制电路              | 152 |
| 3.7.57 | 由 RD8702 红外线信号处理电路构成的自动灯开关电路        | 152 |
| 3.7.58 | 由 LN084 传感器构成的红外线检测开关控制电路           | 153 |
| 3.7.59 | 由红外线传感信号处理器 SNS9201 构成的热释电红外线开关电路   | 154 |
| 3.7.60 | 由热释电红外线传感器 PIR 构成的红外线显示仪电路          | 156 |
| 3.7.61 | 由热释电红外线传感器 P228 构成的红外线探测电路          | 157 |
| 3.7.62 | 由 TLP947 红外线传感器构成的红外线探测开关电路         | 157 |
| 3.7.63 | 由比较器 LM339 构成的红外线检测电路               | 158 |
| 3.7.64 | 由 $\mu$ A741 构成的盲人红外线探测器电路          | 160 |
| 3.7.65 | 由 LM324 构成的红外线监控门铃报警电路              | 161 |
| 3.7.66 | 由热释电与光敏传感器构成的自动开关电路                 | 163 |
| 3.7.67 | 由 CK-5 红外线探测传感器构成的露天场地防盗报警电路        | 163 |
| 3.7.68 | 由红外线传感器 SEN50R 构成的红外线传感开关电路         | 165 |

|        |                                   |     |
|--------|-----------------------------------|-----|
| 3.7.69 | 由 KD128 构成的红外线炉熄火报警电路             | 167 |
| 3.7.70 | 由红外线传感信号处理器 BISS0001 构成的红外线传感开关电路 | 167 |
| 3.7.71 | 由红外线检测集成电路 RD8702 构成的人体感应自动灯开关电路  | 168 |
| 第 4 章  | 磁敏传感器应用电路                         | 170 |
| 4.1    | 磁敏电阻传感器                           | 170 |
| 4.1.1  | 磁敏电阻的结构与原理                        | 170 |
| 4.1.2  | 磁敏电阻的主要参数                         | 171 |
| 4.1.3  | 磁敏电阻的典型应用                         | 171 |
| 4.2    | 磁敏二极管传感器                          | 172 |
| 4.2.1  | 磁敏二极管的基本结构与原理                     | 172 |
| 4.2.2  | 常用磁敏二极管                           | 174 |
| 4.3    | 磁敏三极管传感器                          | 174 |
| 4.3.1  | 磁敏三极管外形及电路图形符号                    | 174 |
| 4.3.2  | 常用磁敏三极管                           | 175 |
| 4.4    | 霍尔磁敏传感器                           | 176 |
| 4.4.1  | 霍尔效应与霍尔元件                         | 176 |
| 4.4.2  | 霍尔传感器的结构与类型                       | 177 |
| 4.4.3  | 常用霍尔传感器                           | 178 |
| 4.5    | 干簧管磁敏传感器                          | 181 |
| 4.5.1  | 干簧管的电路图形符号与结构特点                   | 181 |
| 4.5.2  | 干簧管的工作原理                          | 182 |
| 4.6    | 磁敏传感器应用电路                         | 184 |
| 4.6.1  | 由磁敏二极管构成的基本磁场检测电路                 | 184 |
| 4.6.2  | 由两只磁敏二极管构成的磁场探测基本电路               | 184 |
| 4.6.3  | 由磁敏二极管构成的具有热敏电阻补偿的磁场探测电路          | 185 |
| 4.6.4  | 由两只磁敏二极管构成的全桥式磁场探测电路              | 185 |
| 4.6.5  | 由 4 只磁敏二极管构成的全桥式磁场探测电路            | 185 |
| 4.6.6  | 由磁敏二极管构成的具有平衡调整的全桥式磁场探测电路         | 185 |
| 4.6.7  | 由磁敏三极管构成的射极跟随式接口电路                | 186 |
| 4.6.8  | 由磁敏三极管构成的有源负载接口电路                 | 186 |
| 4.6.9  | 由干簧管磁敏传感器构成的出租车防物品遗失提醒电路          | 187 |
| 4.6.10 | 由干簧管磁敏传感器构成的门控开关电路                | 188 |
| 4.6.11 | 由干簧管磁敏传感器构成的门控自动灯电路               | 188 |
| 4.6.12 | 由常开式干簧管磁敏传感器构成的过载保护电路             | 189 |
| 4.6.13 | 由锁定干簧管磁敏传感器构成的过载保护电路              | 189 |
| 4.6.14 | 由干簧管磁敏传感器构成的音乐电子门铃电路              | 189 |
| 4.6.15 | 由干簧管磁敏传感器与光敏传感器构成的窗帘自动控制电路        | 190 |
| 4.6.16 | 由干簧管磁敏传感器构成的多功能门铃电路               | 191 |
| 4.6.17 | 由干簧管磁敏传感器构成的车速里程表电路               | 192 |
| 4.6.18 | 由干簧管磁敏传感器构成的增音式关门提醒电路             | 194 |
| 4.6.19 | 由干簧管磁敏传感器构成的车棚无线防盗报警电路            | 196 |
| 4.6.20 | 由 KD881 构成的磁控光标灯控制电路              | 198 |

|              |                                 |            |
|--------------|---------------------------------|------------|
| 4.6.21       | 由干簧管磁敏传感器构成的卷扬机自动限位电路           | 199        |
| 4.6.22       | 由干簧管磁控传感器构成的卫生间照明、排风扇门控开关电路     | 200        |
| 4.6.23       | 由霍尔传感器 UGN3110U 构成的霍尔电子开关电路     | 202        |
| 4.6.24       | 由霍尔传感器 UGN3113U 构成的测速电路         | 203        |
| 4.6.25       | 由霍尔传感器 267-931F 构成的转速测量电路       | 204        |
| 4.6.26       | 由霍尔磁敏传感器 UGN3020 构成的过流检测保护电路    | 205        |
| 4.6.27       | 由霍尔磁敏传感器 UGN3501T 构成的数字式钳形电流表电路 | 206        |
| 4.6.28       | 由 UGN3501T 构成的线性高斯计电路           | 207        |
| 4.6.29       | 由或非门与霍尔传感器构成的车门状态指示电路           | 207        |
| 4.6.30       | 由干簧管传感器构成的磁控电动电子猫电路             | 208        |
| 4.6.31       | 由霍尔传感器构成的公共汽车车门状态显示器电路          | 209        |
| 4.6.32       | 由霍尔传感器 TL3019 构成的防盗报警器电路        | 209        |
| 4.6.33       | 由霍尔传感器 HC-220 构成的水位控制电路         | 209        |
| 4.6.34       | 由 HU16 磁敏传感器构成的水位控制电路           | 210        |
| 4.6.35       | 由接近开关电路 TCA505 构成的金属探测电路        | 211        |
| 4.6.36       | 由 LF351H 构成的电动机绕组磁极检测电路         | 212        |
| 4.6.37       | 由 LM3915 构成的磁场探测器电路             | 214        |
| 4.6.38       | 由磁感应线圈传感器构成的金属探测电路              | 215        |
| <b>第 5 章</b> | <b>声—电和振动类传感器应用电路</b>           | <b>217</b> |
| 5.1          | 压电陶瓷式传感器                        | 217        |
| 5.1.1        | 压电陶瓷片结构                         | 217        |
| 5.1.2        | 压电陶瓷片的工作原理                      | 218        |
| 5.1.3        | 常用压电陶瓷片                         | 218        |
| 5.2          | 超声波传感器                          | 220        |
| 5.2.1        | 超声波传感器的特点与类型                    | 220        |
| 5.2.2        | 超声波传感器的结构特点                     | 221        |
| 5.2.3        | 超声波传感器的工作原理                     | 223        |
| 5.3          | 冲击传感器                           | 224        |
| 5.3.1        | 冲击传感器的结构                        | 224        |
| 5.3.2        | 冲击传感器的工作原理                      | 224        |
| 5.4          | 玻璃破碎传感器                         | 224        |
| 5.4.1        | 玻璃破碎传感器的结构特点                    | 224        |
| 5.4.2        | 玻璃破碎传感器的主要参数                    | 225        |
| 5.4.3        | 玻璃破碎传感器的正确应用                    | 225        |
| 5.5          | 声—电和振动类传感器应用电路                  | 226        |
| 5.5.1        | 由声控电路 BB-5 构成的声控开关电路            | 226        |
| 5.5.2        | 由 SK-2 声控集成电路构成的声控电机正、反转控制电路    | 226        |
| 5.5.3        | 由声控集成电路 SK-2 构成的声控开关电路          | 227        |
| 5.5.4        | 由声控集成电路 SK-3 构成的电动机控制电路         | 227        |
| 5.5.5        | 由 SK-4 声控集成电路构成的声控开关电路          | 228        |
| 5.5.6        | 由声控集成电路 SK-5 构成的多状态声控开关电路       | 229        |
| 5.5.7        | 由声控集成块 SM401 构成的声控闪光电路          | 230        |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 5.5.8 由声控集成电路 SL517 构成的声控开关电路 .....        | 230 |
| 5.5.9 由声控集成块 518 构成的声控开关电路 .....           | 231 |
| 5.5.10 由 SG555 与声控传感器构成的声控开关控制电路 .....     | 231 |
| 5.5.11 由声传感器构成的声控调频话筒电路 .....              | 232 |
| 5.5.12 由 SM9100 构成的声、光延时控制的节能灯电路 .....     | 233 |
| 5.5.13 由 LM386 与声控传感器构成的声控彩灯控制电路 .....     | 234 |
| 5.5.14 由声控集成块 RY401 构成的声控音乐彩灯控制电路 .....    | 234 |
| 5.5.15 由非门 CC4069B 构成的声控电子开关电路 .....       | 235 |
| 5.5.16 由声控集成电路 SK-2 构成的声控电子警犬电路 .....      | 235 |
| 5.5.17 由 CD4060 构成的声控、光控、调光式控制电路 .....     | 236 |
| 5.5.18 由声控传感器构成的防盗监听电路 .....               | 237 |
| 5.5.19 由 5G167 构成的声控多功能彩灯控制电路 .....        | 238 |
| 5.5.20 由 LC182 构成的声控多路灯光控制电路 .....         | 239 |
| 5.5.21 由 CD4011B 构成的声光控触摸延时节电开关电路 .....    | 240 |
| 5.5.22 由声控 LK001 集成块构成的声控开关电路 .....        | 241 |
| 5.5.23 由声控电路 BH-SK-V 构成的轴承故障检测电路 .....     | 242 |
| 5.5.24 由 KD128 构成的声控音乐电路 .....             | 243 |
| 5.5.25 由声控传感器构成的声控音乐闪光电子花篮电路 .....         | 243 |
| 5.5.26 由 KD5608 构成的声控狗叫声门铃电路 .....         | 244 |
| 5.5.27 由 CD4069 构成的声控、光控节能灯电路 .....        | 244 |
| 5.5.28 由压电传感器组成的声控延时自熄路灯开关电路 .....         | 245 |
| 5.5.29 由声控传感器 HTD278-1 构成的雏鸡雌/雄鉴别电路 .....  | 246 |
| 5.5.30 由声传感器 HTD-27 构成的声振动报警电路 .....       | 246 |
| 5.5.31 由声振动传感器构成的脚步声报警电路 .....             | 247 |
| 5.5.32 由 FT-27 声振动传感器构成的敲击式电子狗电路 .....     | 248 |
| 5.5.33 由振动传感器 XDZ-01 构成的无线报警电路 .....       | 249 |
| 5.5.34 由振动传感器 XDZ-01 构成的振动开关电路 .....       | 250 |
| 5.5.35 由振动传感器 XDZ-01 构成的基本振动报警电路 .....     | 250 |
| 5.5.36 由振动传感器 KG-202 构成的会哭、会笑玩具电路 .....    | 251 |
| 5.5.37 由振动传感器 YTS9512A 构成的车辆防盗报警电路 .....   | 252 |
| 5.5.38 由振动传感器 YTS9512A 构成的门振动报警电路 .....    | 253 |
| 5.5.39 由测振传感器构成的地震报警电路 .....               | 254 |
| 5.5.40 由振动传感器 BM1 构成的振动检测电路 .....          | 255 |
| 5.5.41 由振动传感器 CS01 构成的防盗报警电路 .....         | 255 |
| 5.5.42 由振动传感器 TV-1 构成的振动防盗报警电路 .....       | 256 |
| 5.5.43 由振动传感器 TV-1 构成的报警电路 .....           | 258 |
| 5.5.44 由振动传感器 TV-1 与晶闸管构成的振动报警装置电路 .....   | 258 |
| 5.5.45 由振动传感器 CLA-2M 构成的振动报警电路 .....       | 258 |
| 5.5.46 由振动传感器 CLA-2M 构成的带输出延时功能的报警电路 ..... | 259 |
| 5.5.47 由 KD9561 报警集成块构成的振动报警电路 .....       | 260 |
| 5.5.48 由 CW168 报警集成块构成的振动报警电路 .....        | 260 |
| 5.5.49 由单运放构成的振动报警电路 .....                 | 260 |
| 5.5.50 由与非门构成的振动报警电路 .....                 | 261 |

|              |                               |            |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 5.5.51       | 由晶闸管与冲击传感器配合构成的振动报警电路         | 261        |
| 5.5.52       | 由水银传感器构成的移动式报警器电路             | 262        |
| 5.5.53       | 由压电陶瓷片传感器构成的振动报警器电路           | 262        |
| 5.5.54       | 由压电振动传感器构成的枕边触摸灯电路            | 263        |
| 5.5.55       | 由振动传感器和温度传感器构成的保险柜防盗报警电路      | 264        |
| 5.5.56       | 由超声波传感器构成的超声波加湿器电路            | 266        |
| 5.5.57       | 由 MA40EIR/S 超声波传感器构成的倒车防撞报警电路 | 267        |
| 5.5.58       | 由超声波传感器构成的鱼缸自动增氧控制电路          | 268        |
| 5.5.59       | 由多普勒效应传感器 WT931 构成的防卫开关电路     | 269        |
| 5.5.60       | 由 NE556 构成的超声波传感探测器电路         | 270        |
| 5.5.61       | 由多普勒效应传感器 RD627 构成的室内运动量显示电路  | 271        |
| 5.5.62       | 由多普勒效应传感器 RD627A 构成的报警电路      | 273        |
| <b>第 6 章</b> | <b>气—电传感器和感烟传感器应用电路</b>       | <b>275</b> |
| 6.1          | 气敏电阻传感器                       | 275        |
| 6.1.1        | 气敏效应原理                        | 275        |
| 6.1.2        | 气敏电阻传感器的类型                    | 275        |
| 6.1.3        | 气敏电阻传感器的结构特点                  | 276        |
| 6.1.4        | 常用气敏电阻传感器                     | 277        |
| 6.2          | 氢敏管传感器                        | 277        |
| 6.2.1        | 氢敏管传感器的特点                     | 277        |
| 6.2.2        | 常用氢敏管传感器                      | 278        |
| 6.3          | 氧传感器                          | 279        |
| 6.4          | 电化学气体传感器                      | 279        |
| 6.4.1        | 电化学气体传感器的结构特点                 | 279        |
| 6.4.2        | 电化学气体传感器的原理                   | 280        |
| 6.5          | 铂丝气—电传感器                      | 280        |
| 6.5.1        | 铂丝气—电传感器的结构特点                 | 280        |
| 6.5.2        | 铂丝气—电传感器的原理                   | 281        |
| 6.6          | 离子感烟传感器                       | 281        |
| 6.6.1        | 离子感烟传感器的结构                    | 281        |
| 6.6.2        | 离子感烟传感器的原理                    | 281        |
| 6.7          | 气—电传感器和感烟传感器应用电路              | 282        |
| 6.7.1        | 由气敏传感器 MQK-2A 构成的排气扇有害气体报警电路  | 282        |
| 6.7.2        | 由气敏传感器 MQK-2A 构成的排油烟机煤气监控电路   | 283        |
| 6.7.3        | 由气敏传感器 MQK-2 构成的戒烟报警电路        | 284        |
| 6.7.4        | 由气敏传感器 MQK-2A 构成的煤气、液化气报警电路   | 285        |
| 6.7.5        | 由气敏传感器 QM-N10 构成的一氧化碳报警电路     | 286        |
| 6.7.6        | 由气敏传感器 QM-N10 构成的毒气泄漏报警电路     | 287        |
| 6.7.7        | 由酒精传感器 QM-N19 构成的酒精气味检测报警电路   | 288        |
| 6.7.8        | 由 74L500 构成的可燃气体定量显示报警电路      | 289        |
| 6.7.9        | 由 C036A 构成的气体检漏报警电路           | 290        |
| 6.7.10       | 由氧传感器 KE-50 构成的缺氧报警器电路        | 291        |

|        |                                       |     |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 6.7.11 | 由气敏传感器与 LM324 构成的油烟监控电路 .....         | 292 |
| 6.7.12 | 由感烟传感器 UD-02 构成的火灾自动报警电路 .....        | 294 |
| 6.7.13 | 由气敏传感器 MQ-211 构成的油烟检测和控制电路 .....      | 295 |
| 6.7.14 | 由 $\mu$ A741 构成的可燃气体检漏报警电路 .....      | 295 |
| 6.7.15 | 由气敏传感器 HQ-2 构成的烟雾报警电路 .....           | 296 |
| 6.7.16 | 由气体传感器 QM-NJ9 构成的酒精气体检测电路 .....       | 297 |
| 6.7.17 | 由 AS431 构成的煤气泄漏报警电路 .....             | 298 |
| 6.7.18 | 由黑白气敏传感器构成的有害气体检测电路 .....             | 299 |
| 第 7 章  | 其他类型传感器应用电路 .....                     | 300 |
| 7.1    | 压力传感器 .....                           | 300 |
| 7.1.1  | 压力传感器的种类及特点 .....                     | 300 |
| 7.1.2  | 压阻式压力传感器 .....                        | 301 |
| 7.1.3  | 压电传感器 .....                           | 304 |
| 7.1.4  | 陶瓷电容式压力传感器 .....                      | 305 |
| 7.1.5  | 由压力传感器构成的具有恒流源的应用电路 .....             | 305 |
| 7.1.6  | 由四运算放大器与压力传感器构成的电子测量电路 .....          | 306 |
| 7.1.7  | 由压力传感器 FPM-15PAR 构成的气压计电路 .....       | 306 |
| 7.1.8  | 由压敏传感器构成的蔬菜大棚“警卫”电路 .....             | 307 |
| 7.1.9  | 由压力传感器构成的水泥包装自动磅控制电路 .....            | 307 |
| 7.1.10 | 由压力传感器 FSM10A 构成的数字式压力计电路 .....       | 311 |
| 7.1.11 | 由电阻应变式压力传感器构成的电子秤电路 .....             | 311 |
| 7.1.12 | 由 BE350-2AA 箔式应变传感器构成的数字显示电子秤电路 ..... | 312 |
| 7.2    | 湿敏传感器 .....                           | 313 |
| 7.2.1  | 湿敏电阻传感器 .....                         | 313 |
| 7.2.2  | 湿敏电容传感器 .....                         | 315 |
| 7.2.3  | 由湿度传感器 IH-3605 构成的负离子发生电路 .....       | 316 |
| 7.2.4  | 由阻抗式湿敏传感器 DWS-P 构成的湿度检测电路 .....       | 317 |
| 7.2.5  | 由湿度传感器 IH-3605 构成的湿度指示器电路 .....       | 318 |
| 7.2.6  | 由湿度传感器 CHS-ZR 构成的排气扇自动开关电路 .....      | 319 |
| 7.2.7  | 由 U257 构成的土壤湿度检测显示电路 .....            | 321 |
| 7.2.8  | 由湿度传感器 IH-3605 构成的自动干鞋电路 .....        | 322 |
| 7.2.9  | 由湿敏传感器 KSC-6V 构成的湿度控制电路 .....         | 323 |
| 7.2.10 | 由 MOS1-1 硅湿敏传感器构成的湿度自动控制电路 .....      | 324 |
| 7.2.11 | 由湿敏传感器 HPR 构成的土壤湿度检测电路 .....          | 325 |
| 7.2.12 | 由湿度传感器 HPR 构成的土壤湿度检测报警显示电路 .....      | 326 |
| 7.2.13 | 由电容式湿敏元件 MC-2 构成的湿度检测电路 .....         | 327 |
| 7.2.14 | 由湿度探针式传感器构成的低电压土壤缺水告知电路 .....         | 328 |
| 7.2.15 | 由湿度探头传感器构成的土壤湿度监测电路 .....             | 329 |
| 7.3    | 负载传感器 .....                           | 330 |
| 7.3.1  | 常见负载传感器的特点 .....                      | 330 |
| 7.3.2  | 负载传感器的引脚功能 .....                      | 330 |
| 7.3.3  | 由负载传感器 ZA-5B 构成的具有通电指示灯的插座 .....      | 331 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 7.3.4  | 由负载传感器构成的自动干手控制电路        | 332 |
| 7.3.5  | 由负载传感器构成的水开自动断电控制电路      | 333 |
| 7.3.6  | 由负载传感器构成的负载工作状态指示电路      | 333 |
| 7.3.7  | 由负载传感器构成的密码电子开关电路        | 334 |
| 7.3.8  | 由负载传感器构成的自动灭火装置电路        | 335 |
| 7.3.9  | 由负载传感器构成的保险丝熔断自愈电路       | 335 |
| 7.3.10 | 由负载传感器构成的光控鸡叫电路          | 336 |
| 7.3.11 | 由负载传感器构成的延时关灯电路          | 337 |
| 7.3.12 | 由负载传感器构成的闪烁电灯电路          | 338 |
| 7.3.13 | 由负载传感器构成的触摸式电子开关电路       | 338 |
| 7.3.14 | 由负载传感器构成的交流负载过载自动控制电路    | 339 |
| 7.4    | 其他传感器应用电路                | 340 |
| 7.4.1  | 由浮筒式可变电阻传感器构成的电子式车用油量表电路 | 340 |
| 7.4.2  | 由浮筒式可变电阻传感器构成的燃油表电路      | 341 |
| 7.4.3  | 由油压传感器构成的汽车供油系统故障报警电路    | 342 |
| 参考文献   |                          | 344 |



# 第 1 章 概 述

传感器技术是信息技术的三大支柱之一,广泛应用在工业自动化、能源、交通、灾害预测、环境保护、医疗卫生、安全防卫、家庭家用电器等方面。

如果将自动控制设备的功能与人体相比较,则传感器就相当于人体的眼、耳、鼻等感觉器官。在人们的日常生活中,如果感觉器官不灵敏,可想而知,人就不会得心应手地行动;同样,对于自动控制系统,如果不能准确地检测被控量,也无法进行有效的控制。因此,传感器是自动控制系统的重要组成部分。



## 1.1 传感器的组成与分类

在自动控制系统中,应用的传感器类型较多,这些传感器的作用是将各种非电输入量(如光线、温度、湿度、浓度、速度、位移、流量、重量、压力、声音、电磁场等)转变为电信号。它实际上是一种能量的转换器件或机构。其功能和生物的感觉十分相似,大体通过耳、鼻、眼、舌等感觉器官才能感知周围的状态和现象,自动控制系统则要通过传感器将环境状态转变成电信号。

### 1.1.1 传感器的组成

传感器是一种能够感受规定的被测量并依照一定的规律将被测量转换成可用的电信号输出的器件或装置。传感器通常是由敏感元件、转换元件、测量电路及辅助电源 4 个部分组成的,其典型构成可用如图 1-1 所示的方框图来表示。

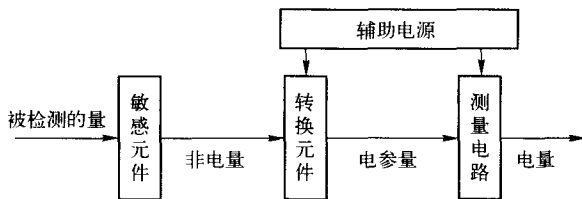


图 1-1 传感器的组成示意图

### 1.1.2 传感器的分类

传感器是将各种输入物理量(非电量)转变为电量的器件或机构,它是获取电信号的关键

部件。某些传感器不仅能够转换物理量,同时还具有摄取、传输和识别的功能。

传感器的类型较多,根据分类方式的不同具有多种形式。

### 1. 按测量类型分类

传感器按测量类型可分为温度传感器、压力传感器、湿度传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器等。

### 2. 按能量转换方式分类

传感器按能量转换的方式可分为光-电转换、热-电转换、声-电转换、力-电转换、电磁场-电转换传感器等多种。

### 3. 按工作原理分类

根据传感器工作原理的不同,常用传感器可分为电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、霍尔式传感器、光电式传感器、磁电式传感器、超声波传感器等。

### 4. 按输出信号性质分类

根据传感器输出信号的性质可将常用传感器分为开关型传感器、模拟型传感器、数字式传感器等。

### 5. 按信号转换的过程分类

根据信号转换的过程可将常用传感器分为直接转换型传感器和间接转换型传感器两大类。

#### (1) 直接转换型传感器

直接转换型传感器能够将物理量直接转换成电信号,如光电二极管就属于这类传感器,光照的有和无、强和弱都会引起其反向电阻值的变化,从而获得相应的电信号。

#### (2) 间接转换型传感器

间接转换型传感器是先将一种物理量的变化转换为另一种物理量的变化,然后再变成相应的电信号。例如,双金属片感温传感器就属于此类。它是先将温度的变化转变为金属几何形状的变化,再利用几何形状的变化实现节点之间电阻值的变化。

### 6. 归纳总结

综上所述,根据工作性质和输出效应的性质,传感器总体来说可以分为两大类,即参量式传感器和发生器式传感器。

#### (1) 参量式传感器

参量式传感器是把各种被测物理量的变化转换成电路参数的变化,如电阻、电感、电容的变化等。

#### (2) 发生器式传感器

发生器式传感器本身就是一种电能发生器,可以直接将被测非电量转换为电动势。

表 1-1 列举了自动控制系统中常用的传感器名称、测量原理和被测量(测量对象),以便于读者参考。

表 1-1 自动控制系统中常用的传感器名称、测量原理和被测量

| 序号 | 被 测 量           | 测 量 原 理 | 传 感 器 名 称                                                            |
|----|-----------------|---------|----------------------------------------------------------------------|
| 1  | 温度              | 阻抗随温度变化 | 热敏电阻(NTC、PTC、RTC), 感温晶闸管温度传感器, SIC 薄膜热敏电阻, 油温传感器, 薄膜铂金属温度传感器, 精密测温电阻 |
|    |                 | 热膨胀     | 双金属片, 双金属片式温度传感器, 热保护器, 活塞管式温度传感器, 压力式热保护器, 恒温槽, 液体封入式温度传感器          |
|    |                 | 热电效应    | 热电偶, 热电堆, 铠装热电偶                                                      |
|    |                 | 导电率     | 电容式温度传感器, 陶瓷温度传感器                                                    |
|    |                 | 热释电效应   | 驻极体温度传感器, 热释电温度传感器, 铁电温度传感器                                          |
|    |                 | 光学特性    | 红外线温度传感器, 分布式光纤温度传感器, 光温度传感器                                         |
|    |                 | 热辐射     | 热辐射检测器, 放射线温度传感器, 光纤放射线温度传感器, 戈雷线圈, 压电式放射线温度传感器                      |
|    |                 | 半导体特性   | 光纤半导体温度传感器, 晶体管温度传感器                                                 |
|    |                 | 色温      | 液晶温度传感器, 双色温度传感器, 色温传感器                                              |
|    |                 | 谐振频率变化  | 石英晶体温度传感器                                                            |
|    |                 | 磁特性     | 感温式铁氧体热敏元件, 感温铁氧体, 磁温度传感器                                            |
|    |                 | 核磁共振    | NQR 温度传感器                                                            |
| 2  | 光强<br>光束<br>红外光 | 光电效应    | 光敏电阻, 光敏二极管, 光敏三极管, 晶体管传感器, 内藏 IC 的光电二极管, 遥控接收二极管                    |
|    |                 | 热释电效应   | 红外线传感器, 热释电传感器, 热释电红外传感器                                             |
|    |                 | 光电子释放效应 | 光电管, 光电倍增管, 火焰检测器, 摄像管                                               |
|    |                 | 光导效应    | 光导电元件, 分光器, 量子型红外线传感器                                                |
|    |                 | 电荷耦合效应  | CCD 图像传感器                                                            |
| 3  | 物位              | 热敏电阻    | 热敏电阻式物位传感器                                                           |
|    |                 | 触点检测式   | 微动开关, 行程开关, 导线式接触开关                                                  |
|    |                 | 介电常数    | 介电常数物位传感器, 电容式物位传感器                                                  |
|    |                 | 阻抗应变    | 浸入式物位传感器, 半导体应变式物位传感器, 浮子开关                                          |
|    |                 | 微波      | 微波检测式物位传感器                                                           |
|    |                 | 超声波     | 超声波检测式物位传感器                                                          |
|    |                 | 光特性     | 光纤液位传感器                                                              |
|    |                 | 放射线     | 放射线式物位传感器                                                            |
|    |                 | 电涡流     | 电涡流式物位传感器                                                            |
|    |                 | 位置变化落体  | 位移式物体位置传感器, 浮子式物位传感器                                                 |
|    |                 | 光电效应    | 光电开关式物体位置传感器                                                         |
|    |                 | 压力      | 压力或物位传感器                                                             |
|    |                 | 电磁感应    | 电磁式物位传感器                                                             |
|    |                 | 电容特性    | 电容开关式物位传感器                                                           |
| 4  | 位移              | 电磁耦合    | 差动变压器式位移传感器                                                          |
|    |                 | 光波特性    | 光波干涉条纹计数系统                                                           |