

面向物联网的 传感器应用开发技术

廖建尚 张振亚 孟洪兵 编著



提供开发代码和PPT课件

面向物联网的 传感器应用开发技术

廖建尚 张振亚 孟洪兵 编著



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书基于 CC2530 微处理器介绍常用传感器应用开发技术, 全书先进行理论学习, 深入浅出地学习采集类传感器、安防类传感器以及特殊类传感器; 在学习完每个理论知识点后, 再进行实际案例的开发, 有贴近社会和生活的开发场景, 详细的硬件设计、软件设计和功能实现过程; 最后进行总结拓展, 将理论学习和开发实践结合起来。每个案例均附有完整的开发代码, 读者可以在源代码的基础上进行快速的二次开发。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书, 也可供相关领域的工程技术人员参考。对于嵌入式系统和物联网系统的开发爱好者, 本书也是一本深入浅出、贴近社会应用的技术读物。

本书提供完整的开发代码和配套 PPT, 读者可登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费注册后下载。

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

面向物联网的传感器应用开发技术 / 廖建尚, 张振亚, 孟洪兵编著. —北京: 电子工业出版社, 2019.6
(物联网开发与应用丛书)

ISBN 978-7-121-36264-4

I. ①面… II. ①廖… ②张… ③孟… III. ①互联网络—应用—传感器②智能技术—应用—传感器
IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 064169 号

责任编辑: 田宏峰

印 刷: 天津嘉恒印务有限公司

装 订: 天津嘉恒印务有限公司

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: 20 字数: 508 千字

版 次: 2019 年 6 月第 1 版

印 次: 2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 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, 88258888。

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。

本书咨询联系方式: tianhf@phei.com.cn。

近年来，物联网、移动互联网、大数据和云计算的迅猛发展，慢慢改变了社会的生产方式，大大提高了生产效率和社会生产力。工业和信息化部《物联网发展规划（2016—2020年）》总结了“十二五”规划中物联网发展所获得的成就，分析了“十三五”面临的形势，明确了物联网的发展思路和目标，提出了物联网发展的6大任务，分别是强化产业生态布局、完善技术创新体系、推动物联网规模应用、构建完善标准体系、完善公共服务体系、提升安全保障能力；提出了4大关键技术，分别是传感器技术、体系架构共性技术、操作系统和物联网与移动互联网、大数据融合关键技术；提出了6大重点领域应用示范工程，分别是智能制造、智慧农业、智能家居、智能交通和车联网、智慧医疗和健康养老、智慧节能环保；指出要健全多层次多类型的物联网人才培养和服务体系，支持高校、科研院所加强跨学科交叉整合，加强物联网学科建设，培养物联网复合型专业人才。该“发展规划”为物联网发展指出了一条鲜明的道路，并也可以看出我国在推动物联网应用方面的坚定决心，相信物联网规模会越来越大。本书结合CC2530处理器和常用的传感器详细阐述物联网中传感器应用开发技术，提出了案例式和任务式驱动的开发方法，旨在大力推动物联网人才的培养。

嵌入式系统和物联网系统涉及的技术很多，底层和感知层都需要掌握基于微处理器的传感器的驱动开发技术。本书将详细分析传感器的原理并进行应用开发，理论知识点清晰，并在每个知识点后都附有实践案例，可帮助读者掌握常用传感器的应用开发技术。

全书通过贴近社会和生活的案例，由浅入深地介绍常用传感器的应用开发技术，每个案例均有完整的理论知识和开发过程，分别是深入浅出的原理学习、详细的软/硬件设计和功能实现过程，最后进行总结拓展。每个案例均附有完整的开发代码，在此基础上读者可以进行快速的二次开发，能方便将其转化为各种比赛和创新创业的案例，不仅为高等院校相关专业师生提供教学案例，也可以为工程技术人员和科研工作人员提供较好的参考资料。

第1章引导读者初步认识传感器，介绍传感器的作用、分类、特性和评价指标，传感器在多个行业的应用，传感器的发展趋势及其在物联网中的应用。

第2章介绍采集类传感器的基本原理和应用开发，主要介绍光照射度传感器、温湿度传感器、空气质量传感器、气压海拔传感器等采集类传感器。本章通过博物馆光照射度采集的设计、仓库温湿度信息采集的设计、办公室空气质量检测的设计、小型飞行器海拔高度数据采集的设计，以及综合性项目——仓库环境监控系统的设计，详细介绍了CC2530和常用的采集类传感器的应用，以及系统需求分析、逻辑功能分解和软/硬件架构设计的方法。通过理论学习和开发实践，读者可以掌握基于CC2530的采集类传感器

应用开发技术。

第3章介绍安防类传感器的基本原理和应用开发，主要介绍人体红外传感器、可燃气体传感器、振动传感器、霍尔传感器、火焰传感器和光电传感器等安防类传感器。本章通过楼道红外感应灯的设计、厨房燃气报警器的设计、汽车振动报警器的设计、变频器保护装置的设计、燃烧机火焰检测的设计、工厂生产线计件器的设计，以及综合性项目——楼宇安防设备系统的设计，详细介绍了CC2530和常用的采集类传感器的应用，以及系统需求分析、逻辑功能分解和软/硬件架构设计的方法。通过理论学习和开发实践，读者可以掌握基于CC2530的安防类传感器的应用开发技术。

第4章介绍控制类传感器技术的基本原理和应用开发，主要介绍继电器、轴流风机、步进电机、RGB灯等控制类传感器。本章通过定时电饭煲开关的设计、工厂排风扇的设计、电动窗帘的设计、声光报警器的设计，以及综合性项目——家庭电器控制系统的设计，详细介绍了CC2530和常用的控制类传感器的应用，以及系统需求分析、逻辑功能分解和软/硬件架构设计的方法。通过理论学习和开发实践，读者可以掌握基于CC2530的控制类传感器的应用开发技术。

第5章介绍特殊类传感器技术的基本原理和应用开发，主要介绍数码管、三轴加速度传感器、语音合成传感器、语音识别传感器、五向开关、OLED、触摸传感器、距离传感器等常用的特色类传感器。本章通过电子计时秒表的设计、游戏手柄的设计、语音早教机的设计、电器语音控制系统的设计、智能游戏手柄的设计、智能穿戴产品显示屏的设计、电磁炉开关的设计、红外测距仪的设计，以及综合性项目——车载广告显示系统的设计，详细介绍了CC2530和常用的特殊类传感器的应用，以及系统需求分析、逻辑功能分解和软/硬件架构设计的方法。通过理论学习和开发实践，读者可以掌握基于CC2530的特殊类传感器的应用开发技术。

本书特色有：

(1) 理论知识和案例实践相结合。将常用传感器的应用开发技术和生活中的实际案例结合起来，边学习理论知识边开发，帮助读者快速掌握嵌入式和物联网开发技术。

(2) 企业级案例开发。抛去传统的理论学习方法，通过生动的案例将理论学习与开发实践结合起来，由浅入深地掌握传感器应用开发技术。

(3) 提供综合性项目。综合性项目为读者提供软/硬件系统的开发方法，有需求分析、项目架构、软/硬件设计等方法，在提供案例的基础上可以进行快速的二次开发，可方便地将案例转化为各种比赛和创新创业的案例，也可以为工程技术人员和科研工作人员提供较好的参考资料。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书，也可供相关领域的工程技术人员参考。对于物联网开发爱好者，本书也是一本深入浅出的读物。

本书在编写过程中，借鉴和参考了国内外专家、学者、技术人员的相关研究成果，我们尽可能按学术规范予以说明，但难免会有疏漏之处，在此谨向有关作者表示深深的敬意和谢意，如有疏漏，请及时通过出版社与作者联系。

该书得到广东省自然科学基金项目(2018A030313195)、广东省高校省级重大科研项目(2017GKTSCX021)、广东省科技计划项目(2017ZC0358)、广州市科技计划项目(201804010262)和广东省高等职业教育品牌专业建设项目(2016GZPP044)的资助。感谢

中智讯（武汉）科技有限公司在本书编写过程中提供的帮助，特别感谢电子工业出版社在本书出版过程中给予的大力支持。

由于本书涉及的知识面广，时间仓促，限于笔者的水平和经验，疏漏之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

作 者
2019年3月

第 1 章 传感器应用技术概述	1
1.1 传感器简述	1
1.1.1 传感器的作用	1
1.1.2 传感器的分类	2
1.1.3 传感器的特性与性能指标	4
1.1.4 传感器的命名及代号	5
1.2 传感器的应用	8
1.3 传感器技术的发展趋势	12
1.4 传感器与物联网应用	14
1.5 小结	20
1.6 思考与拓展	20
第 2 章 采集类传感器应用开发技术	21
2.1 光照度传感器的应用开发	21
2.1.1 光敏传感器	21
2.1.2 BH1750FVI-TR 型光敏传感器	23
2.1.3 I2C 总线	25
2.1.4 I2C 和光照度传感器	28
2.1.5 CC2530 驱动 BH1750FVI-TR 型光敏传感器	29
2.1.6 开发实践：博物馆光照度采集系统的设计	29
2.1.7 小结	38
2.1.8 思考与拓展	38
2.2 温湿度传感器的应用开发	38
2.2.1 温湿度传感器	39
2.2.2 开发实践：仓库温湿度信息采集系统的设计	43
2.2.3 小结	47
2.2.4 思考与拓展	47
2.3 空气质量传感器的应用开发	48
2.3.1 气体传感器	48
2.3.2 半导体气体传感器的主要特性	48

2.3.3	MP503 型空气质量传感器	49
2.3.4	开发实践：办公室空气质量检测系统的设计	50
2.3.5	小结	53
2.3.6	思考与拓展	53
2.4	气压海拔传感器的应用开发	53
2.4.1	气压海拔传感器	54
2.4.2	FBM320 型气压海拔传感器	56
2.4.3	开发实践：小型飞行器海拔高度数据采集系统的设计	57
2.4.4	小结	66
2.4.5	思考与拓展	66
2.5	综合应用开发：仓库环境采集系统	67
2.5.1	理论回顾	67
2.5.2	开发实践：仓库环境监控系统	69
2.5.3	小结	89
2.5.4	思考与拓展	89

第 3 章 安防类传感器应用开发技术 90

3.1	人体红外传感器的应用开发	90
3.1.1	人体红外传感器	90
3.1.2	被动式热释电红外传感器	91
3.1.3	AS312 型人体红外传感器	93
3.1.4	开发实践：楼道红外感应灯设计	94
3.1.5	小结	98
3.1.6	思考与拓展	98
3.2	可燃气体传感器的应用开发	98
3.2.1	可燃气体传感器	98
3.2.2	MP-4 型可燃气体传感器	101
3.2.3	开发实践：厨房燃气报警器的设计	102
3.2.4	小结	104
3.2.5	思考与拓展	104
3.3	振动传感器的应用开发	105
3.3.1	振动信号	105
3.3.2	振动传感器	105
3.3.3	开发实践：汽车振动报警器的设计	107
3.3.4	小结	110
3.3.5	思考与拓展	110
3.4	霍尔传感器的应用开发	111
3.4.1	霍尔传感器	111
3.4.2	AH3144 型霍尔传感器	113

3.4.3	开发实践：变频器保护装置的设计	113
3.4.4	小结	116
3.4.5	思考与拓展	116
3.5	火焰传感器的应用开发	117
3.5.1	火焰传感器的工作原理	117
3.5.2	火焰传感器的分类	118
3.5.3	红外线接收二极管和光电效应原理	119
3.5.4	开发实践：燃烧机火焰检测的设计	121
3.5.5	小结	124
3.5.6	思考与拓展	124
3.6	光电传感器的应用开发	124
3.6.1	光电传感器	124
3.6.2	光电开关的原理	125
3.6.3	光电传感器的应用	126
3.6.4	开发实践：工厂生产线计件器的设计	127
3.6.5	小结	130
3.6.6	思考与拓展	130
3.7	综合应用开发：楼宇安防系统的设计	130
3.7.1	理论回顾	131
3.7.2	开发实践：楼宇安防系统	132
3.7.3	小结	142
3.7.4	思考与拓展	142

第4章 控制类传感器应用开发技术 143

4.1	继电器的应用开发	143
4.1.1	电磁继电器原理	144
4.1.2	电磁继电器的开关分类	144
4.1.3	电磁继电器组成	145
4.1.4	继电器的作用	145
4.1.5	继电器的种类	146
4.1.6	开发实践：定时电饭煲开关的设计	146
4.1.7	小结	149
4.1.8	思考与拓展	150
4.2	轴流风机的应用开发	150
4.2.1	轴流风机	150
4.2.2	GM0501PFB3 型轴流风机	153
4.2.3	开发实践：工厂排风扇设计	153
4.2.4	小结	157
4.2.5	思考与拓展	157

4.3	步进电机的应用开发	158
4.3.1	步进电机基本概念	158
4.3.2	步进电机的工作原理、结构及控制方式	160
4.3.3	步进电机的控制方法	161
4.3.4	四相五线步机电机	162
4.3.5	开发实践：电动窗帘的设计	162
4.3.6	小结	166
4.3.7	思考与拓展	166
4.4	RGB 灯的应用开发	167
4.4.1	声光报警器	167
4.4.2	RGB 灯原理	167
4.4.3	开发实践：声光报警器的设计	168
4.4.4	小结	171
4.4.5	思考与拓展	171
4.5	综合应用开发：家庭电器控制系统的设计	172
4.5.1	理论回顾	172
4.5.2	开发实践：家庭电器控制系统的设计	173
4.5.3	小结	184
4.5.4	思考与拓展	185
第 5 章 特殊类传感器应用开发技术		186
5.1	数码管的应用开发	186
5.1.1	数码管简介	186
5.1.2	ZLG7290 型数码管驱动芯片	188
5.1.3	开发实践：电子计时秒表的设计	190
5.1.4	小结	196
5.1.5	思考与拓展	196
5.2	三轴加速度传感器的应用开发	197
5.2.1	人体行走模型	197
5.2.2	三轴加速度传感器简介	197
5.2.3	三轴加速度传感器的应用	198
5.2.4	LIS3DH 型三轴加速度传感器	199
5.2.5	计步算法	202
5.2.6	获取传感器数据	203
5.2.7	开发实践：游戏手柄的设计	205
5.2.8	小结	210
5.2.9	思考与拓展	210
5.3	语音合成传感器的应用开发	210
5.3.1	语音合成原理	211

5.3.2	语音合成芯片	214
5.3.3	开发实践：语音早教机的设计	219
5.3.4	小结	228
5.3.5	思考与拓展	228
5.4	语音识别传感器的应用开发	228
5.4.1	语音识别的基本原理与构成	229
5.4.2	LD3320 芯片介绍	232
5.4.3	开发实践：家用电器语音控制系统的设计	237
5.4.4	小结	244
5.4.5	思考与拓展	244
5.5	五向开关的应用开发	244
5.5.1	五向开关简介	244
5.5.2	驱动芯片 ZLG7290	245
5.5.3	开发实践：智能游戏手柄的设计	245
5.5.4	小结	250
5.5.5	思考与拓展	250
5.6	OLED 的应用开发	251
5.6.1	OLED 的基本结构和发光原理	251
5.6.2	OLED 器件的驱动方式	254
5.6.3	OLED 模块	255
5.6.4	OLED 驱动芯片	256
5.6.5	开发实践：智能穿戴产品显示屏的设计	258
5.6.6	小结	268
5.6.7	思考与拓展	268
5.7	触摸传感器的应用开发	268
5.7.1	触摸开关	268
5.7.2	常用的触摸屏	269
5.7.3	TW301 型触摸开关	273
5.7.4	开发实践：电磁炉开关的设计	273
5.7.5	小结	277
5.7.6	思考与拓展	277
5.8	距离传感器的应用开发	278
5.8.1	距离传感器的测距原理	278
5.8.2	Sharp 红外距离传感器简介	279
5.8.3	开发实践：红外测距仪的设计	280
5.8.4	小结	284
5.8.5	思考与拓展	284
5.9	综合应用开发：车载广告显示系统	284
5.9.1	理论回顾	284

5.9.2 开发实践：车载广告显示系统的设计·····	285
5.9.3 小结·····	301
5.9.4 思考与拓展·····	302

参考文献 ·····	303
-------------------	------------

第 1 章

传感器应用技术概述

作为信息采集的首要部件，传感器的作用主要是信息的采集、转换和控制。系统自动化技术水平越高，对传感器技术的依赖程度就越大。

在日常生活中，人们可以通过皮肤来感知周围的环境温度，通过环境温度可以提醒自己是否要添加衣物；人们可以通过眼睛来获取周围环境的图像信息，通过分析这些图像信息可以为人的学习和正常活动提供引导；人们可以通过耳朵来获取环境周围的声音信息，通过判断声音中携带的信息可实现人与人的交流。在整个过程中，大脑都用来处理环境温度、图像、声音等信息，而传感器好比人的这些感觉器官，通过感知周围环境为大脑提供信息。传感器在多个领域中得到了广泛应用，尤其在物联网领域更是不可或缺，如图 1.1 所示。

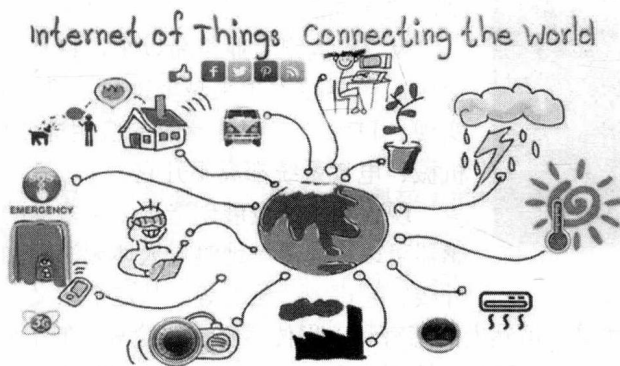


图 1.1 传感器与物联网

1.1 传感器简述

1.1.1 传感器的作用

传感器是指能够感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常是由敏感元件和转换元件组成的。由传感器的定义可知，传感器的基本性能是信息采集和信息转换，所以传感器一般由敏感元件、转换元件和基本转换电路组成，有时还包括电源等其他的辅助电路，如图 1.2 所示。

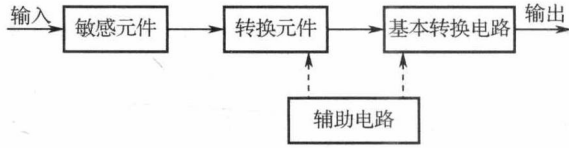


图 1.2 传感器的基本组成

人们在研究自然现象、规律以及生产活动中，有时仅需要对某一事物的存在与否进行定性了解，有时却需要进行大量的测量实验以确定对象的确切数据值，所以单靠人的自身感觉器官的功能是远远不够的，这就需要仪器设备的帮助，这些仪器设备就是传感器。传感器是人类五官的延伸，是信息采集系统的首要部件。

表征物质特性及运动形式的参数很多，根据物质的电特性，可分为电量和非电量两类。

电量：一般指物理学中的电学量，如电压、电流、电阻、电容及电感等。

非电量：除电量之外的一些参数，如压力、流量、尺寸、位移量、质量、力、速度、加速度、转速、温度、浓度及酸碱度等。

非电量需要转化成与其有一定关系的电量后再进行测量，实现这种转换技术的器件就是传感器。传感器是获取自然界或生产中信息的关键器件，是现代信息系统和各种装备不可缺少的信息采集工具。采用传感器技术的非电量电测方法，是目前应用最广泛的测量技术。

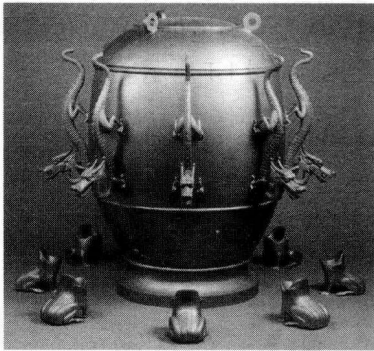


图 1.3 地动仪

传感器的任务就是感知与测量。在人类文明史的历次产业革命中，感受、处理外部信息的传感技术一直扮演着重要的角色。例如，早在东汉时期，科学家张衡就发明了地动仪对地震进行监测，如图 1.3 所示。

从 18 世纪工业革命以来，特别是在 20 世纪的信息革命中，传感技术越来越多地由人造感官——工程传感器来实现。目前，工程传感器的应用非常广泛，可以说，任何机械、电气系统都离不开它。

现代技术的发展创造了多种多样的工程传感器。工程传感器可以轻而易举地测量人体无法感知的量，如紫外线、红外线、超声波、磁场等。从这个意义上讲，工程传感器超过了人的感知能力。有些量，虽然人的感官和工程传感器都能检测，但工程传感器测量得更快、更精确。例如，人眼和光传感器都能检测可见光，进行物体识别与测距，但是人眼的视觉残留约为 0.1 s，而光晶体管的响应时间可缩短到纳秒以下；人眼的角分辨率为 1 角分（1 度= 60 角分），而光栅测距的精度可达 1 角秒（1 角分=60 角秒）。又如，激光定位的精度在距离 3×10^4 km 的范围内可达 10 cm。工程传感器也可以把人们看不到的物体通过数据处理变为视觉图像，CT 技术就是一个例子，它可以把人体的内部结构用断层图像的形式显示出来。

随着信息科学与微电子技术，特别是微型计算机与通信技术的迅猛发展，目前传感器走上了与微处理器相结合的道路，智能传感器应运而生。

1.1.2 传感器的分类

传感器的种类繁多，功能各异，不同的传感器可以测量同一被测量，同一原理的传感器

又可以测量多种被测量,根据不同的分类方法,可以将传感器分成不同的类型。以下是一些比较常用的分类方法。

(1) 根据传感器工作依据的基本效应,可以分为物理量传感器、化学量传感器和生物量传感器三大类。物理量传感器有速度、加速度、力、压力、位移、流量、温度、光、声、色等传感器;化学量传感器有气体、湿度、离子等传感器;生物量传感器有蛋白质、酶、组织等传感器。

(2) 根据工作机理,可以分为结构型、物性型和混合型传感器。结构型传感器是利用物理学的定律,依据传感器结构参数变化实现信息转换的。例如,电容式传感器是利用电容极板间隙或面积的变化来测量电容的。物性型传感器是利用物质的某种或某些客观属性等,依据敏感元件物理特性的变化实现信息转换的。例如,压电式传感器可以将压力转换成电荷的变化。混合型传感器是由结构型和物性型传感器组合而成的。例如,应变式力传感器由外力引起弹性膜片的应变,再由转换元件转换成电阻的变化。

(3) 根据能量关系,可分为能量控制型有源传感器和能量转换型无源传感器两大类。

(4) 按输入物理量的性质,可以分为力学量、热量、磁、放射线、位移、压力、速度、温度、湿度、离子、光、液体成分、气体成分等传感器。

(5) 根据输出信号形式,可分为模拟量传感器和数字量传感器。

(6) 根据传感器使用的敏感材料,可分为半导体传感器、光纤传感器、金属传感器、高分子材料传感器、复合材料传感器等。

(7) 按照敏感元件输出能量的来源,又可以把传感器分成以下三类。

① 自源型传感器:指仅含有转换元件的最简单、最基本的传感器构成方式,其特点是不需要外部能源,转换元件可以从被测对象直接吸取能量并将被测量转换成电量,但输出量较弱,如热电偶、压电器件等传感器。

② 带激励源型传感器:是转换元件外加辅助能源的构成方式,这里的辅助能源起激励作用,可以是电源,也可以是磁源,如某些磁电式、霍尔传感器等电磁感应式传感器就属于这种类型,其特点是不需要转换(测量)电路即可获得较大的电量输出。

③ 外源型传感器:是由利用被测量实现阻抗变化的转换元件构成的,必须由外电源经过测量电路后在转换元件上加入电压或电流才能获得电量输出。这些电路又称为信号调理与转换电路,常用的有电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器和脉冲宽度调制电路等。

由于自源型传感器和带激励源型传感器的转换元件具有能量转换的作用,故也称为能量转换型传感器。此类传感器用到的物理效应有压电效应、磁致伸缩效应、热释电效应、光电动势效应、光电放射效应、热电效应、光子滞后效应、热磁效应、热电磁效应、电离效应等。

外源型传感器又称为能量控制型传感器。此类传感器用到的物理效应有应变电阻效应、磁阻效应、热阻效应、光电阻效应、霍尔效应、阻抗效应等。

传感器的分类方法还有很多,如根据某种高新技术或者按照用途、功能等进行分类。

常见的传感器分类方法如表 1.1 所示。

表 1.1 传感器的分类方法

分类法	类别	说明
按工作依据的基本效应	物理量传感器、化学量传感器、生物量传感器	依据转换中的物理效应、化学效应和生物效应

续表

分 类 法	类 别	说 明
按工作机理	结构型传感器	依据结构参数变化实现信息转换
	物性型传感器	依据敏感元件物理特性的变化实现信息转换
	混合型传感器	由结构型传感器和物性型传感器组合而成
按能量关系	能量转换型无源传感器	传感器输出量直接由被测量能量转换而得
	能量控制型有源传感器	传感器输出量能量由外电源供给, 但受被测输入量控制
按输入物理量的性质	位移、压力、温度、气体成分等传感器	以被测量物理量的性质分类
按输出信号形式	模拟量传感器	输出信号为模拟信号
	数字量传感器	输出信号为数字信号

1.1.3 传感器的特性与性能指标

1. 传感器的特性

传感器所测量的物理量基本上有两种形式：一种是稳定的，即不随时间变化或随时间变化极其缓慢的信号，称为静态信号；另一种是不稳定的，即随时间变化而变化的信号，称为动态信号。由于输入物理量形式不同，传感器所表现出来的输出-输入特性也不同，因此传感器也有两种特性，即静态特性和动态特性。为了降低或者消除传感器在测量控制系统中的误差，传感器必须具有良好的静态特性和动态特性，才能准确、无失真地转换信号。

(1) 静态特性：是指对于输入静态信号时，传感器的输出量与输入量之间的相互关系。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，或者以输入量为横坐标、对应的输出量为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、分辨率和迟滞等。

(2) 动态特性：是指在传感器输入发生变化时，其输入和输出的关系。在实际工作中，传感器的动态特性常用对某些标准输入信号的响应来表示，这是因为传感器对标准输入信号的响应容易通过实验方法求得，并且对标准输入信号的响应与对任意输入信号的响应之间存在一定的关系，往往知道了前者就能推导出后者。最常用的标准输入信号有阶跃信号和正弦波信号两种，所以传感器的动态特性也常用阶跃响应和频率响应来表示。

2. 传感器的性能指标

(1) 量程和范围：量程是指测量上限和下限的代数差。范围是指仪表能按规定精确度进行测量的上限和下限的区间。例如，一个位移传感器的测量下限是 -5 mm ，测量上限是 $+5\text{ mm}$ ，则这个传感器的量程为 $5 - (-5) = 10\text{ mm}$ ，范围是 $-5 \sim +5\text{ mm}$ 。

(2) 线性度：通常情况下，传感器的实际静态特性输出的是一条曲线而非直线，但在实际工作中，为使仪表具有均匀刻度的读数，常用一条拟合直线近似地表示实际的特性曲线，线性度（非线性误差）就是这个近似程度的一个性能指标。拟合直线的选取有多种方法，例如，将零输入和满量程输出点相连的理论直线作为拟合直线或将与特性曲线上各点偏差的平方和最小的理论直线作为拟合直线（这种拟合直线也称为最小二乘法拟合直线）。

(3) 重复性: 传感器在同一工作条件下, 输入量按同一方向进行连续多次全量程测量时, 所得的特性曲线的一致程度。

(4) 滞环: 传感器在正向(输入量增大)和反向(输入量减小)过程中, 其输出-输入特性的不重合程度。

(5) 灵敏度: 传感器输出的变化值与相应被测量的变化值之比。

(6) 分辨率: 传感器在规定范围内, 可能检测出的被测信号的最小增量。

(7) 静态误差: 传感器在满量程内, 任一点输出值相对理论值的偏离程度。

(8) 稳定性: 传感器在室温条件下, 经过规定的时间间隔后, 其输出与起始标定时输出之间的差异。

(9) 漂移: 在一定时间间隔内, 传感器在外界干扰下, 输出量发生的与输入量无关的变化, 漂移包括零点漂移和灵敏度漂移。

由于传感器所测量的非电量, 有的不随时间变化或变化很缓慢, 也有的随时间变化较快, 所以传感器的性能指标除上面介绍的静态特性所包含的各项指标外, 还有动态特性。

1.1.4 传感器的命名及代号

传感器的命名有两种方法。

1. 方法一

传感器的命名由主题词加四级修饰语构成。

主题词: 传感器。

第一级修饰语: 被测量, 包括修饰被测量的词语。

第二级修饰语: 转换原理, 一般可后续以“式”字。

第三级修饰语: 特征描述, 是必须强调的传感器结构、性能、材料、敏感元件及其他必要的性能特征, 一般可后续以“型”字。

第四级修饰语: 主要技术指标(如量程、精确度、灵敏度等)。

在有关传感器的统计表格、检索以及计算机汉字处理等特殊场合, 应采用上述顺序。

例如, 传感器, 位移, 应变(计)式, 100 mm。

2. 方法二

在技术文件、产品样本、学术论文、教材等的陈述句子中, 作为产品名称应采用与上述相反的顺序。例如, 100 mm 应变式位移传感器。

传感器的代号: 一般规定用大写的汉语拼音字母和阿拉伯数字构成传感器的代号。传感器的代号应包括主称(传感器)、被测量、转换原理、序号。

(1) 主称: 传感器, 代号 C。

(2) 被测量: 用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。

(3) 转换原理: 用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。

(4) 序号: 用一个阿拉伯数字标记, 由厂家自定, 用来表征产品设计特性、性能参数、产品系列等。若产品性能参数不变, 仅在局部有改动或变动时, 则可在原序号后面顺序地加注大写字母 A、B、C 等。