

从基础  
到实践

基础知识全面覆盖  
实践操作循序渐进

从理论  
到应用

理论讲解详尽具体  
动手应用实操实练

从入门  
到进阶

入门知识由浅入深  
掌握技能进阶无忧



# 传感器 与传感电路技术

李桂秋 刘翠梅 主 编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



江苏省高等学校重点教材  
编号：2021-2-046

本书是“智能工厂”系列教材之一，是国家“双高计划”建设院校人工智能技术应用专业群课程改革成果。

国家“双高计划”建设院校  
人工智能技术应用专业群课程改革系列教材

# 传感器与传感电路技术

主 编 李桂秋 刘翠梅  
副主编 李飞高 林世舒

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书是一本将传感器与传感电路外围器件知识以及电路分析、设计、制作技术有机融合的项目引领、任务驱动的跨学科整合教材。

本书以光敏传感电路、热敏传感电路、气敏传感电路、红外传感电路、湿敏传感电路、霍尔传感电路和数字温度传感电路等7个电路设计与制作项目为载体,通过典型传感电路的分析、设计、制作等20个任务驱动,有机地融合了传感器与电阻器、电容器、二极管、晶体管、MOS管、集成运算放大器、电压比较器、逻辑门、译码器、锁存器、触发器、寄存器、计数器、模/数转换器、555定时器等物联网底层硬件知识及电路分析、设计、制作技术。

本书突出了实践应用性,实现了学与用的无缝衔接,是高职高专物联网应用技术等专业相关课程的教学用书,也可作为计算机类其他专业学习物联网底层硬件知识和技术的参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

传感器与传感电路技术 / 李桂秋, 刘翠梅主编. --  
北京: 北京理工大学出版社, 2021.9 (2022.2重印)  
ISBN 978-7-5763-0395-7

I. ①传… II. ①李… ②刘… III. ①传感器—高等学校—教材②传感器—电子电路—高等学校—教材 IV.  
①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第199387号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 唐山富达印务有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 391千字

版 次 / 2021年9月第1版 2022年2月第2次印刷

定 价 / 49.00元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

## 本书微课资源列表（46个）

项目	资源列表
项目1（11个）	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 光敏电阻器认知</li><li>1.2.1 电阻器特性及应用</li><li>1.2.3 电阻器识别与检测</li><li>1.3.1 半导体与PN结</li><li>1.3.2 二极管认知与检测</li><li>1.3.4 二极管典型应用</li><li>1.4 晶体管认知</li><li>1.5 集成运算放大器认知</li><li>任务1.1 光敏传感电路案例分析</li><li>任务1.2 基于分立元件的光控照明电路制作</li><li>任务1.3 光控照明电路的仿真设计</li></ul>
项目2（8个）	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 半导体热敏电阻认知</li><li>2.2 直流电桥认知</li><li>2.3.1 逻辑门认知</li><li>2.3.4 基本SR锁存器认知</li><li>2.4 电容器认知</li><li>2.5 电磁继电器认知</li><li>任务2.1 热敏电阻应用案例</li><li>任务2.2 温度监视电路仿真设计</li></ul>
项目3（4个）	<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 气体传感器认知</li><li>3.2 LM3914认知</li><li>任务3.1 气敏传感器应用案例</li><li>任务3.2 酒精测试仪的仿真设计与制作</li></ul>



续表

项目	资源列表
项目 4 (7 个)	4.1 红外光电传感器认知 4.2.1 555 定时器认知 4.2.2 555 定时器典型应用 4.3 逻辑门多谐振荡电路 4.4 CX20106 简介 4.5 红外传感电路其他外围器件 任务 4.1 红外传感器应用案例
项目 5 (2 个)	5.1 湿敏传感器认知 任务 5.1 湿敏传感器应用案例
项目 6 (3 个)	6.1 霍尔传感器认知 6.2 计数器认知 任务 6.1 霍尔传感器应用案例
项目 7 (11 个)	7.1 ADC0809 的结构及功能 7.2 ADC0809 的地址译码与锁存原理 7.3 触发器认知 7.4 寄存器认知 7.5 开关树型 D/A 转换电路 7.6 逐次比较型 A/D 转换电路 7.7.1 C51 单片机的硬件系统认知 7.7.3 单片机 C 语言控制程序简介 7.7.4 C51 单片机的定时/计数器及应用 任务 7.1 基于 ADC0809 的数字温度监测电路的仿真设计 任务 7.2 数字温度监测系统程序的仿真设计与调试

# 前言

2005年，针对高职计算机及应用专业学科型课程体系所存在的专业基础理论课程门类多、课时多、教学内容冗余、针对性不强以及课程之间内容重复、衔接不好等问题，由常州机电职业技术学院李桂秋老师主持立项，开展了“高职计算机及应用专业硬件课程整合的研究”，并编写了《计算机硬件技术基础》整合教材。教材基于当时对信息产业计算机应用就业岗位人才需求的调研和论证，以“必需、够用”为原则，将包含在“电路技术”“模拟电子技术”“数字电子技术”“微型计算机原理及应用”等课程中的计算机应用就业岗位必需的硬件知识和技术，以8086微型计算机结构为主线，以计算机电路器件为载体，进行了跨课程的整合。此项改革，解决了高职计算机类专业学科型课程体系所存在的前述问题，在当时对高职计算机类专业课程体系改革起到了积极的示范作用，得到了相关院校、职教专家和社会的认可。

2006年，此项改革的成果之一《计算机硬件技术基础》整合教材由高等教育出版社出版，并被教育部批准为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。2007年该教材被评为江苏省高等学校精品教材。以该教材为载体建设的“计算机硬件技术基础”课程，被评为2008年江苏省高等学校精品课程。《计算机硬件技术基础》多媒体课件被评为2008年江苏省高等学校优秀多媒体教学课件一等奖。教材的使用院校——黑龙江农业职业技术学院、南京交通职业技术学院、常州信息职业技术学院等对该教材都给予了充分的肯定和高度的评价。

2010年中国物联网发展被正式列入国家发展战略，驱动了物联网产业的迅速兴起，物联网应用技术专业人才需求迅猛增加。2011年教育部准予高职高专院校开设“物联网应用技术”专业。为适应产业发展和专业人才培养需求，常州机电职业技术学院于2010年率先将物联网应用技术专业列为国家骨干高职院校重点建设专业，2011年成功申报并开设物联网应用技术专业。“计算机硬件技术基础”课程被确立为物联网应用技术专业的专业基础课，并获批国家（示范）骨干高职院校重点建设专业课程资源库建设立项。

2012年常州机电职业技术学院以“立足常州及周边地区物联网产业发展，服务区域企业制造业信息化转型升级，培养区域亟需的高素质技术技能型人才”为目标，以物联网应用技术专业、电子信息工程技术专业为核心，以计算机网络技术、软件技术、移动互联网应用技术等专业为支撑，启动建设物联网与制造业信息化专业群，并获批“‘十二五’江苏省高

等学校重点专业建设项目”。“计算机硬件技术基础”课即成为专业群的平台课程。对于新的课程定位，“计算机硬件技术基础”原有的课程内容体系已不能完全适应产业发展和升级引发的职业岗位群对知识和技术的需求。项目组经过对职业岗位及岗位群的充分调研和论证，启动了《计算机硬件技术基础》教材的重编工作，2015年1月由北京理工大学出版社出版。基于课程在专业群人才培养方案中的新定位及高职教育教学要求，重编教材将物联网底层硬件技术必需的单片机技术内容充实到教材中，删除了教材原来的微型计算机系统结构的相关内容，并对教材结构进行了优化和重构，依据“以器件为载体、以任务为导向”的编写思路，将教材内容按照“分立→集成→嵌入”的逻辑关系，划分为“模拟电子元器件应用技术”“数字逻辑元器件应用技术”和“单片机应用技术”3个模块。每个模块又根据器件进一步划为16个子模块和40个学习、操作任务，将理论知识融入学习和操作任务中，实现了理论实践一体化。

传感技术是物联网技术的基础和关键。教育部《高等职业学校物联网应用技术专业教学标准》要求，物联网应用技术专业一般开设“电工技术”“电子技术”“单片机技术”“传感器应用技术”等课程或包含上述课程内容的学校自主开发课程。2012—2014年，常州机电职业技术学院物联网应用技术专业的人才培养方案中“计算机硬件技术基础”与“传感器技术”是串行的专业基础课程。由于教学条件及效果等原因，2015—2017年“传感器技术”课程停开，部分内容融入“物联网传感层综合实训”课程中。2018年，常州机电职业技术学院在物联网与制造业信息化专业群的专业人才培养方案修订中，将“计算机硬件技术基础”课调整为“物联网感知技术基础”，开始“计算机硬件技术基础”与“传感器技术”的课程整合改革探索。基于“以改促建、边建边用”的思路，“物联网感知技术基础”课程先以《计算机硬件技术基础》教材为基础，借助讲义和在线课程资源平台，逐渐融入传感器知识和技术等内容。经过几年的探索和实践，最终形成了以物联网典型传感电路为载体，融合传感器与传感电路外围器件知识及电路分析、设计、制作技术等物联网底层硬件知识、技术的课程内容体系，并以校本教材在教学中使用，取得了较好的教学效果。为了让这一改革成果落地并推广，故正式出版《传感器与传感电路技术》教材。

2019年1月，国务院印发《国家职业教育改革实施方案》，明确了教师、教材、教法（即“三教”）改革的任务和方向。基于国家对职业教育的新要求和物联网产业发展现状及人才需求的调研、分析，编写团队对课程教学内容进行了研究和梳理，确定了“项目引领，任务驱动”的教材编写思路，选择了“光敏传感器应用电路设计或制作”“热敏传感器应用电路设计或制作”“气敏传感器应用电路设计或制作”“红外传感器应用电路设计或制作”“湿敏传感器应用电路的设计或制作”“霍尔传感器应用电路的设计或制作”“数字温度传感电路设计”7个传感器典型应用项目，设计了20个典型传感电路分析、设计、制作的学习、操作任务。

“光敏传感器应用电路设计或制作”项目，包含“光敏传感器典型应用电路分析”“基于分立元件的光控照明电路的制作”“基于Proteus的光控照明电路仿真设计”3个任务，融入了光敏电阻传感器、电阻器、二极管、晶体管、集成运算放大器和电压比较器等知识和电路分析、设计、制作应用技术。

“热敏传感器应用电路设计或制作”项目，包含“热敏电阻典型应用电路分析”“温度监控电路的设计与制作”“基于实验平台的温度/光照控制电路实验”3个任务，融入了热敏电

阻传感器、直流电桥、逻辑门与锁存器、电容器、电磁继电器等知识和应用技术。

“气敏传感器应用电路设计或制作”项目，包含“气敏传感器典型应用电路分析”“声光警示酒精测试仪的仿真设计与制作”“基于实验平台的空气质量监测实验”3个任务，融入了半导体电阻型气敏传感器和LM3914集成电平显示器等知识和应用技术。

“红外传感器应用电路设计或制作”项目包含“红外传感器典型应用电路分析”“红外烟雾报警器电路制作”“基于实验平台的红外车位管理电路实验”3个任务，融入了红外发光二极管、光敏二极管、光敏三极管、555定时器、多谐振荡电路、单稳态触发电路、施密特触发器、MOS管、逻辑门反相器、逻辑门脉冲信号发生器、CX20106红外接收处理芯片、7805集成三端稳压器、KD9561等知识和应用技术。

“湿敏传感器应用电路设计或制作”项目包含“湿敏传感器典型应用电路分析”“育秧棚湿度指示器电路的设计与制作”“基于实验平台的湿度传感实验”3个任务，主要介绍湿敏传感器知识及其应用技术。

“霍尔传感器应用电路的设计或制作”项目包含“霍尔传感器典型应用电路分析”“霍尔计数电路制作”“基于实验平台的霍尔传感器应用实验”3个任务，融入了霍尔效应、霍尔传感器、计数器等知识和应用技术。

“数字温度传感电路设计”项目，以基于ADC0809的温度监测系统硬件电路的仿真设计、基于ADC0809的温度监测系统控制程序设计及调试为任务，融入了译码器、锁存器、触发器、寄存器、开关树型D/A转换电路、逐次比较型A/D转换电路和C51单片机等知识和应用技术。

本书的组织结构遵循了项目化课程的编写体例，每个项目由“项目描述”“知识准备”“项目实施”“项目总结”“项目练习”和“知识拓展”5个部分构成。其中，“知识拓展”模块，主要是对教材选用的项目中没有涉及但在现实应用中可能用到的传感器、传感电路外围器件及电路分析等知识补充介绍。

考虑教材使用对象主要为高职学生和一线技术人员，教材对知识点等内容的阐述风格力求简明扼要、通俗易懂。

本书可作为高职物联网应用技术与计算机相关专业群的平台课程教学、学习用书，建议根据各校的具体情况开设64~80学时，学习内容和实践任务可视院校的具体情况和教学安排选择。

本书由常州机电职业技术学院李桂秋教授、刘翠梅老师，河南职业技术学院的李飞高老师和北京新大陆时代教育科技有限公司林世舒工程师合作编写。其中，刘翠梅老师编写了项目7，李飞高老师编写了项目5，林世舒工程师编写了各项目的基于实验平台的传感器实验内容，李桂秋教授编写了其余部分并与刘翠梅老师共同进行全书统稿。常州机电职业技术学院陶国正教授审阅了本书。本书在编写过程中还得到了常州机电职业技术学院部分教师和相关领导的大力支持，在此深表感谢。

由于本书是一个持续的课改项目，虽经反复修订和不断完善，仍难免存在一些不足之处，恳请各位同行和广大读者给予批评指正。

编者



# 目录

<b>项目 1 光敏传感器应用电路设计或制作</b> .....	<b>1</b>
项目描述 .....	1
知识准备 .....	2
1.1 半导体光敏电阻 .....	2
1.2 电阻器及应用 .....	3
1.3 二极管及应用 .....	9
1.4 晶体管及应用 .....	18
1.5 集成运算放大器及应用 .....	22
项目实施 .....	25
任务 1.1 光敏传感器典型应用电路分析 .....	25
任务 1.2 基于分立元件的光控照明电路的制作 .....	28
任务 1.3 基于 Proteus 的光控照明电路仿真设计 .....	31
项目总结 .....	34
项目练习 .....	35
知识拓展 .....	38
拓展 1.1 电路基本分析方法简介 .....	38
拓展 1.2 单晶体管放大电路分析方法简介 .....	41
<b>项目 2 热敏传感器应用电路设计或制作</b> .....	<b>44</b>
项目描述 .....	44
知识准备 .....	45
2.1 半导体热敏电阻 .....	45
2.2 直流电桥 .....	47
2.3 逻辑门与基本 SR 锁存器 .....	48
2.4 电容器及应用 .....	58
2.5 电磁继电器简介 .....	66

项目实施	67
任务 2.1 热敏电阻典型应用电路分析	67
任务 2.2 温度监控电路的设计与制作	72
任务 2.3 基于实验平台的温度/光照控制电路实验	73
项目总结	78
项目练习	79
知识拓展	82
拓展 2.1 热电偶简介	82
拓展 2.2 热电阻简介	84
拓展 2.3 逻辑代数基础	85
<b>项目 3 气敏传感器应用电路设计或制作</b>	<b>90</b>
项目描述	90
知识准备	91
3.1 半导体电阻型气敏传感器	91
3.2 集成电平显示器 LM3914	93
项目实施	95
任务 3.1 气敏传感器典型应用电路分析	95
任务 3.2 声光警示酒精测试仪的仿真设计与制作	99
任务 3.3 基于实验平台的空气质量监测实验	106
项目总结	108
项目练习	109
知识拓展	111
拓展 3.1 气敏二极管简介	111
拓展 3.2 红外吸收式气敏传感器简介	112
<b>项目 4 红外传感器应用电路设计或制作</b>	<b>113</b>
项目描述	113
知识准备	114
4.1 光电传感器件	114
4.2 555 定时器及应用	116
4.3 逻辑门脉冲信号发生器	122
4.4 CX20106 红外接收处理芯片	126
4.5 红外传感电路其他外围器件	127
项目实施	129
任务 4.1 红外传感器典型应用电路分析	129
任务 4.2 红外烟雾报警器电路制作	136
任务 4.3 基于实验平台的红外车位管理电路实验	138
项目总结	140

项目练习	141
知识拓展	147
拓展 4.1 热释电型红外传感器简介	147
拓展 4.2 数字智能热释电红外传感器 AS612 简介	148
<b>项目 5 湿敏传感器应用电路设计或制作</b>	<b>151</b>
项目描述	151
知识准备	152
5.1 湿敏传感器简介	152
5.2 湿敏电阻式传感器的应用	155
项目实施	156
任务 5.1 湿敏传感器典型应用电路分析	156
任务 5.2 育秧棚湿度指示器电路的设计与制作	161
任务 5.3 基于实验平台的湿度传感器实验	165
项目总结	167
项目练习	168
知识拓展	170
拓展 5.1 DHT11 型集成温湿度传感器简介	170
拓展 5.2 AHT10 型集成温湿度传感器简介	172
拓展 5.3 SHT20 型集成温湿度传感器简介	172
<b>项目 6 霍尔传感器应用电路设计或制作</b>	<b>174</b>
项目描述	174
知识准备	175
6.1 霍尔传感器	175
6.2 计数器简介	179
项目实施	186
任务 6.1 霍尔传感器典型应用电路分析	186
任务 6.2 霍尔计数电路制作	189
任务 6.3 基于实验平台的霍尔传感器应用实验	191
项目总结	193
项目练习	194
知识拓展	196
拓展 6.1 霍尔位移传感器	196
拓展 6.2 霍尔压力传感器	196
拓展 6.3 霍尔转速传感器	197
拓展 6.4 霍尔开关	197
<b>项目 7 数字温度传感电路设计</b>	<b>198</b>
项目描述	198



知识准备	199
7.1 ADC0809 结构及功能	199
7.2 ADC0809 的地址译码及锁存电路	201
7.3 触发器	206
7.4 寄存器	209
7.5 ADC0809 的 D/A 转换电路	213
7.6 ADC0809 的逐次比较型 A/D 转换电路	215
7.7 单片机简介	217
项目实施	228
任务 7.1 基于集成模 - 数转换器的数字温度监测系统硬件电路的仿真设计	228
任务 7.2 基于集成模 - 数转换器的数字温度监测系统控制程序设计及调试	229
项目总结	238
项目练习	239
知识拓展	242
拓展 7.1 码转换器 74LS248 简介	242
拓展 7.2 基于 DS18B20 的温度监测系统	243
拓展 7.3 基于 DHT11 的温湿度监控系统	253
参考文献	261

# 项目 1

## 光敏传感器应用电路设计或制作

### 项目描述

#### 1. 项目背景

本项目是物联网感知技术的入门项目。在科学技术飞速发展的今天，云计算、大数据、物联网、移动互联、人工智能等新型技术不断涌现。作为工业革命和信息技术革命的重要产物，物联网技术在短短的 10 余年间得到了飞速发展。智能工业、智能农业、智能交通、智能医疗、智能物流、智慧城市、智慧校园等已经给人们的生产、生活、工作、学习带来了翻天覆地的变化。顾名思义，“物联网”就是指“物物相联的网络”，是由各种传感设备或传感网络通过适当的网络接入技术与互联网连接而成。

物联网系统由感知层、网络层和应用层 3 层架构组成。各层相互协作，实现了物与物、人与物无处不在的泛在联系。感知层是物联网系统的物理基础，由传感器等各种传感设备或传感网络构成，其功能是进行物体识别和信息采集，以供物联网的网络层和应用层进行智能控制。

在智慧城市和智能楼宇领域，光控照明灯的应用已较为普遍。智能光控照明设施的普及，既能节约人力，又能节能减排，对于生态文明建设和实现“碳达峰”“碳中和”战略目标都有重要意义。

本项目将以光敏电阻为传感器，设计或制作由分立元件和集成电压比较器构成的光控制照明电路。以此来认识物联网感知技术的基本应用。



延伸阅读 1

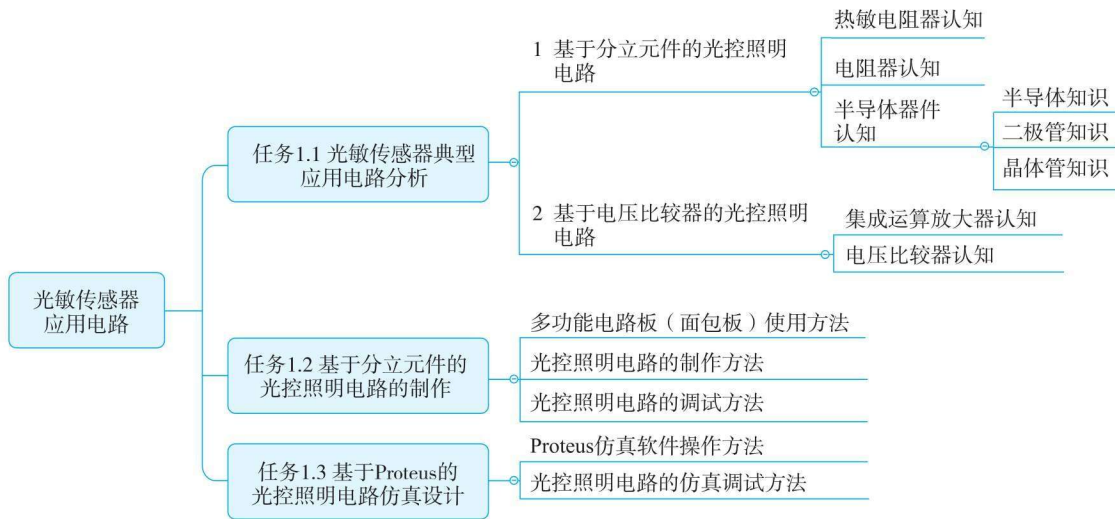
#### 2. 项目任务

任务 1.1 光敏传感器典型应用电路分析

任务 1.2 基于分立元件的光控照明电路的制作

任务 1.3 基于 Proteus 的光控照明电路仿真设计

### 3. 知识导图



### 4. 学习目标

- ✓ 能描述半导体光敏电阻的特性。
- ✓ 能描述二极管的结构、特性，会识别二极管的极性。
- ✓ 能描述晶体管的结构、特性，会识别晶体管的极性、测量晶体管的类型。
- ✓ 会识读和测量电阻器的参数，能理解电阻器的分压、分流原理。
- ✓ 能描述集成运算放大器的结构、特性，会分析电压比较器的输入输出关系。
- ✓ 会分析电阻器、二极管、晶体管的典型电路原理。
- ✓ 能分析和描述基于分立元件光控照明电路的工作原理。
- ✓ 能分析和描述基于集成电压比较器的光控照明电路工作原理。
- ✓ 能从项目学习和实践活动中树立正确、积极的价值观，培育良好的职业品质。

## 知识准备

### 1.1 半导体光敏电阻

光敏电阻是一种利用半导体光电效应制成的、电阻值随入射光的强弱而改变的半导体电阻器件。光照强，电阻减小；光照弱，电阻增大。一般用硫化镉、硫化铝、硫化铅等半导体材料制成。



微课 光敏电阻器认知

因这些制作材料具有在特定波长的光照射下其阻值迅速减小的特性，所以光敏电阻的阻值随入射光强弱而变化。入射光强，电阻减小；入射光弱，电阻增大。

如硫化镉光敏电阻器在黑暗条件下，阻值（暗阻）可达  $1 \sim 10 \text{ M}\Omega$ ，在强光条件（ $100 \text{ lx}^{\text{①}}$ ）下，阻值（亮阻）仅有几百至数千欧。光敏电阻器通常用于光的测量、光的控制和光电转换等。光敏电阻器的外形如图 1-1 所示。

光敏电阻的电极常采用梳状图案，是为了获得更高的灵敏度。光敏电阻对光的敏感性（即光谱特性）与人眼对可见光  $0.4 \sim 0.76 \mu\text{m}$  的响应很接近，只要人眼可感受的光，都会引起它的阻值变化。



图 1-1 CdS 光敏电阻器外观

## 1.2 电阻器及应用

### 1.2.1 电阻元件的伏安特性



微课 电阻器特性及应用

电路中常用的电阻元件一般都是线性电阻元件。对于线性电阻元件，在图 1-2 所示的电流、电压参考方向<sup>②</sup>下，电压与电流的关系为

$$u = i R \quad (\text{直流电路 } U = IR)$$

上式又称为欧姆定律。

在电路分析中，小写字母用于表示交流电量的瞬时值，大写字母用于表示直流电量。

交流电是指大小和方向随时间周期性变化的物理量，单位时间内变化的次数称为频率（ $f$ ），变化一周所需的时间称为周期（ $T$ ），频率与周期互为倒数（ $f = 1/T$ ）。

直流电是指方向不变的物理量。直流电其实是交流电中  $f = 0$  时的一种特例。

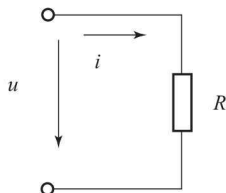


图 1-2 电阻电路

① lx：勒克斯，照度单位。  $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$ 。lm：光通量的单位，一烛光（cd）在一个立体角上产生的总发射光通量。cd：坎德拉 Candela，发光强度单位，相当于一只普通蜡烛的发光强度。

② 参考方向是在电路分析时假设的方向。参考方向如与实际方向相同，电量为正数；如与实际方向相反，电量为负数。

## 1.2.2 电阻器的功能及应用

### 1. 分压

在实际应用中,当需要对电路进行限压、限流时,常采用电阻元件串联方式,即将电阻元件依次首尾连接,如图 1-3 所示。电路的等效电阻和分压大小按下述方法计算。

(1) 等效电阻。

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

(2) 分压公式。

$$u = u_1 + u_2 + u_3$$

$$u_1 = \frac{R_1}{R}u, u_2 = \frac{R_2}{R}u, u_3 = \frac{R_3}{R}u$$

即:电路的总电压等于各电阻两端的电压之和,每个电阻两端的电压与其电阻值成正比。

### 2. 分流

当将电阻元件并联,即按图 1-4 所示将电阻元件首尾分别连接时,具有分流作用。电路的等效电阻和分流大小按下述方法计算。

(1) 等效电阻。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

即总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和。

若为两电阻并联,则有

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

(2) 分流公式。

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_1 = \frac{R}{R_1}i, i_2 = \frac{R}{R_2}i, i_3 = \frac{R}{R_3}i$$

即:电路的总电流等于各电阻支路电流之和,每个电阻支路的电流与其阻值成反比。

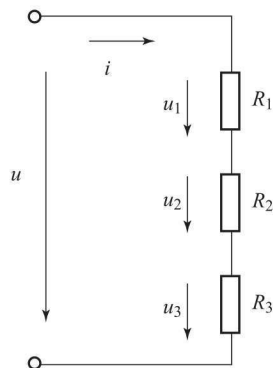


图 1-3 电阻串联电路

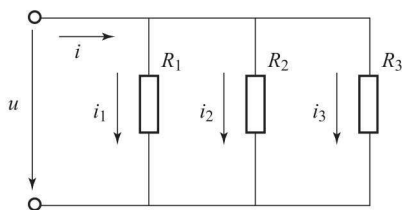


图 1-4 并联电阻电路

## 1.2.3 电阻器的识别

### 1. 电阻器的类型



微课 电阻器识别与检测

电阻器一般分为固定电阻、可变电阻和敏感电阻。按结构可分为线绕电阻和固体电阻，滑线变阻器就是最典型的线绕电阻。固体电阻器按材料可分为碳膜电阻、金属膜电阻、合成膜电阻、氧化膜电阻、实心电阻和贴片电阻等。电子电路中最常见的是碳膜电阻，随着电子设备的微型化和高集成化，贴片电阻器在微型计算机、通信设备、医疗仪器等电子产品中被广泛应用。常见电阻器的外观如图1-5所示。

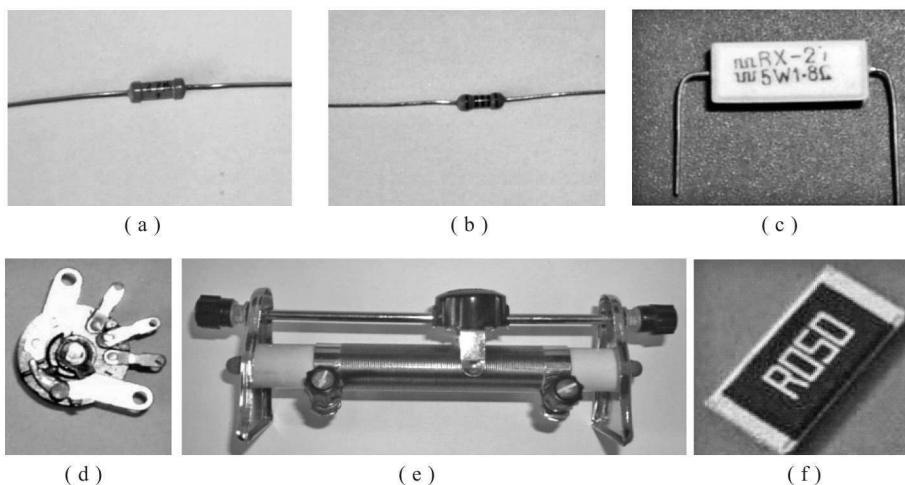


图1-5 常用电阻器实物

(a) 金属膜电阻；(b) 碳膜电阻；(c) 水泥电阻；(d) 电位器；(e) 滑线变阻器；(f) 贴片电阻器

## 2. 电阻器的型号

电阻器的型号由4部分构成，其中第一部分和第二部分用字母表示，第三部分用数字或字母表示，第四部分用数字表示。如RJ7为精密金属膜电阻器；WSW1为普通微调有机实心电位器。电阻器型号含义如表1-1所示。

表1-1 电阻器的命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
主称		材料		分类		设计序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R W	电阻器 电位器	T	碳膜	1	普通	用数字表示 区别外形尺寸及性能
		P	硼碳膜	2	普通	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻	
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜(箔)	7	精密	
		Y	氧化膜	8	高压或特殊	
		S	有机实心	9	特殊	