



全国高等职业教育“十三五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

电子产品设计

◎ 李雄杰 翁正国 编著



- ✓ 元器件选用方法
- ✓ 单元电路设计方法
- ✓ 实际电子产品设计:
 - 信号发生器
 - 超声波测距仪
 - 数控电源
 - 声控报警器
 - 多路远程温度测试仪
 - LED灯驱动
 - 无线调频接收机
- ✓ 配有电子教学课件、习题参考答案



中国工信出版集团



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

全国高等职业教育“十三五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

电子产品设计

李雄杰 翁正国 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合最新的职业教育教学改革成果,依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法进行编写。本书分为3篇:第1篇(第1~4章)介绍元器件的选用,第2篇(第5~11章)介绍单元电路设计,第3篇(第12~19章)介绍电子产品设计。其中第1~2篇以电子设计手册的形式编写,建议用很少学时引导学生学习或由学生自学完成;第3篇为课程核心内容,主要通过7个实际电子产品来学习电子产品的设计原理、步骤与方法等技能。本书特点:主要以7个电子产品设计项目为导向,通过任务驱动,将知识学习与技能训练有机地结合,有利于学生掌握岗位技能和顺利就业。本书配有“学习与思考”“巩固与练习”“设计要点”等内容,便于学生高效率开展学习。

本书为高等职业本专科院校相应课程的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及参加大学生电子设计竞赛必备的技术手册。

本教材配有免费的电子教学课件、习题参考答案等,详见前言。

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

电子产品设计 / 李雄杰, 翁正国编著. —北京: 电子工业出版社, 2017.8

全国高等院校规划教材. 精品与示范系列

ISBN 978-7-121-31801-6

I. ①电… II. ①李… ②翁… III. ①电子工业—产品设计—高等学校—教材 IV. ①TN602

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第130085号

策划编辑: 陈健德 (E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

装 订: 三河市兴达印务有限公司

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: 17.25 字数: 409千字

版 次: 2017年8月第1版

印 次: 2017年8月第1次印刷

定 价: 42.00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: chenjd@phei.com.cn。



人类已进入 21 世纪, 各式各样的电子新产品层出不穷, 电子技术的应用范围越来越广, 几乎每门学科或每个行业都与电子技术有密切关系。目前, 全国大多数高等院校均开设有电子类专业, 专业目标是培养学生的电子技术等综合应用能力。我校为培养电子制造业技术技能人才, 已开设“电子产品设计”课程多年, 在培养学生的综合电子技术应用能力方面已取得显著成效, 学生的毕业设计质量高、专业对口率高、就业率高, 电子设计特长生比较多, 学生在每年的大学生电子设计竞赛中屡获全国一、二等奖及省一、二、三等奖。

本书是在 2016 年本课程教学经验与企业实践基础上, 结合最新的职业教育教学改革成果与要求, 依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法编写而成的, 内容分为 3 篇: 第 1 篇(第 1~4 章)介绍元器件的选用, 第 2 篇(第 5~11 章)介绍单元电路设计, 第 3 篇(第 12~19 章)介绍电子产品设计。其中第 1~2 篇以电子设计手册的形式编写, 建议用很少学时引导学生学习或由学生自学完成; 第 3 篇为课程核心内容, 主要通过 7 个实际电子产品来学习电子产品的设计原理、步骤与方法等技能。

本书着重选择 7 个电子产品(信号发生器、多路远程温度测试仪、超声波测距仪、LED 灯驱动、数控电源、无线调频接收机、声控报警器)进行设计, 项目任务基本涵盖了模拟电子技术、数字电子技术、单片机技术等内容, 可训练学生的电路设计、PCB 设计、产品制作、产品调试、产品检测及故障处理等综合应用能力。

本书既是电子产品设计教材, 又是电子产品设计手册。电子产品设计的关键: 首先是科学地选用或设计单元电路, 并能对单元电路进行改进, 使之符合设计功能和指标要求; 其次是科学地选用电子元器件, 使元器件经济实用。为此, 本书第 1~4 章是电子元器件的选用知识, 包括电阻器、电容器、电感线圈、变压器、分立半导体器件、集成电路等; 第 5~11 章为单元电路的设计, 包括放大电路设计、信号产生电路设计、RC 有源滤波电路设计、信号处理电路设计、功率驱动电路设计、电源电路设计及高频电路设计等。这些内容都以技术手册的形式编写, 主要为学生查阅资料提供了方便。第 12~19 章为教学内容, 主要通过 7 个实际电子产品来学习电子产品的设计原理、步骤与方法等技能。本书以 7 个电子产品项目设计为导向, 通过任务驱动, 将知识学习与技能训练有机地结合, 有利于训练学生的电子技术综合应用能力。本书还配有“学习与思考”“巩固与练习”“设计要点”等内容, 便于学生高效率开展学习。

本课程内容及 7 个实际电子产品设计项目的参考学时如下表所示, 各院校可根据不同专业背景的教学需要和实验实训环境对项目任务和学时数进行适当调整。

篇序	序号	项目名称	参考学时
第 1 篇	第 1~4 章	元器件的选用	2
第 2 篇	第 5~11 章	单元电路设计	
第 3 篇	第 12 章	电子产品设计流程	2
	第 13 章	信号发生器设计	10
	第 14 章	多路远程温度测试仪设计	12
	第 15 章	超声波测距仪设计	12
	第 16 章	LED 灯驱动设计	12
	第 17 章	数控电源设计	12
	第 18 章	无线调频接收机设计	12
	第 19 章	声控报警器设计	10

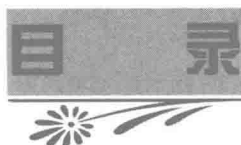
本书为高等职业本专科院校相应课程的教材，也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材。若学生参加大学生电子设计竞赛，本书可作为参赛学生查阅单元电路、电子元器件资料及技能训练的必备手册。

由于编著者水平有限，时间仓促，书中难免存在错误和缺点，敬请广大读者批评指正。

为方便教师教学，本书配有电子教学课件、习题参考答案，请有需要的教师登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，如有问题，请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:gaozhi@phei.com.cn）。

编著者





第1篇 元器件的选用

第1章 电阻器、电容器、电感线圈、变压器	(2)
1.1 电阻器	(2)
1.1.1 电阻器类型与参数	(2)
1.1.2 固定电阻器的选用	(4)
1.1.3 敏感电阻器的选用	(8)
1.1.4 可调电阻器的选用	(9)
1.2 电容器	(12)
1.2.1 电容器类型与参数	(13)
1.2.2 固定电容器的选用	(14)
1.2.3 可调电容器的选用	(18)
1.3 电感线圈	(18)
1.3.1 电感线圈类型与参数	(18)
1.3.2 电感线圈的选用	(19)
1.4 变压器	(21)
1.4.1 变压器类型与参数	(21)
1.4.2 变压器的选用	(22)
第2章 分立半导体器件	(24)
2.1 半导体器件命名方法	(24)
2.1.1 中国半导体器件型号命名方法	(24)
2.1.2 日本半导体器件型号命名方法	(25)
2.2 二极管	(25)
2.2.1 二极管类型与参数	(25)
2.2.2 二极管的选用	(27)
2.3 三极管	(31)
2.3.1 三极管类型与参数	(31)
2.3.2 三极管的选用	(32)
2.4 场效应管	(36)
2.4.1 场效应管类型与参数	(36)
2.4.2 场效应管的选用	(38)
第3章 集成电路	(40)
3.1 模拟集成电路	(40)
3.1.1 集成运算放大器	(40)

3.1.2	集成功率放大器	(43)
3.1.3	三端稳压芯片	(45)
3.1.4	DC/DC 变换芯片	(48)
3.1.5	集成模拟乘法器	(50)
3.1.6	其他模拟集成电路	(51)
3.2	数字集成电路	(54)
3.2.1	集成编码器	(54)
3.2.2	集成译码器	(55)
3.2.3	集成数据选择器	(56)
3.2.4	集成触发器	(56)
3.2.5	集成计数器	(58)
3.2.6	D/A 与 A/D 变换	(61)
3.2.7	555 定时器	(62)
3.2.8	施密特触发器	(62)
3.2.9	与非门、或非门及反相器	(63)
3.2.10	单片机芯片	(64)
第 4 章	其他常用元器件	(67)
4.1	继电器	(67)
4.1.1	继电器类型与参数	(67)
4.1.2	继电器的选用	(68)
4.2	显示器件	(70)
4.2.1	半导体数码管	(70)
4.2.2	液晶显示模块	(71)
4.3	保险丝	(72)
4.3.1	保险丝类型与参数	(72)
4.3.2	常用保险丝	(73)
4.4	电声器件	(74)
4.4.1	扬声器	(74)
4.4.2	蜂鸣器	(76)
4.4.3	驻极体传声器	(77)
4.5	超声波传感器	(78)
4.5.1	超声波传感器类型与参数	(78)
4.5.2	T/R40 系列超声波传感器	(79)
4.6	开关	(80)

第 2 篇 单元电路设计

第 5 章	放大电路设计	(83)
5.1	基本放大电路	(83)
5.1.1	共发射极放大电路	(83)

5.1.2	共集电极放大电路	(85)
5.1.3	共基极放大电路	(86)
5.1.4	场效应管放大电路	(87)
5.2	集成运算放大电路	(89)
5.2.1	反相放大电路	(90)
5.2.2	同相放大电路	(90)
5.2.3	差分放大电路	(91)
5.2.4	高精度测量放大电路	(91)
5.2.5	单电源运算放大电路	(92)
5.2.6	其他放大电路	(93)
第 6 章	信号产生电路设计	(94)
6.1	正弦波产生电路	(94)
6.1.1	低频正弦波产生电路	(94)
6.1.2	高频正弦波产生电路	(95)
6.2	矩形波产生电路	(95)
6.2.1	运放构成的方波产生电路	(95)
6.2.2	非门构成的方波产生电路	(96)
6.2.3	施密特触发器构成的方波产生电路	(97)
6.2.4	时钟发生电路	(97)
6.2.5	555 构成的矩形波产生电路	(98)
6.3	三角波、锯齿波产生电路	(99)
6.3.1	三角波产生电路	(99)
6.3.2	锯齿波产生电路	(100)
第 7 章	RC 有源滤波电路设计	(101)
7.1	一阶有源滤波电路	(101)
7.1.1	一阶低通有源滤波器	(101)
7.1.2	一阶高通有源滤波器	(102)
7.2	二阶有源滤波电路	(102)
7.2.1	二阶低通有源滤波电路	(102)
7.2.2	二阶高通有源滤波电路	(104)
7.2.3	二阶带通有源滤波电路	(105)
7.2.4	二阶带阻有源滤波电路	(107)
7.3	开关电容滤波器	(108)
7.3.1	开关电容的电阻等效原理	(109)
7.3.2	集成开关电容滤波器	(109)
7.3.3	MAX26X 系列可编程开关电容滤波器	(110)
第 8 章	信号处理电路设计	(116)
8.1	信号混合	(116)

8.2	积分电路	(117)
8.2.1	无源积分电路	(117)
8.2.2	有源积分电路	(118)
8.3	微分电路	(119)
8.3.1	无源微分电路	(120)
8.3.2	有源微分电路	(120)
8.4	对数与指数运算电路	(121)
8.4.1	对数运算电路	(121)
8.4.2	指数运算电路	(122)
8.5	乘法电路	(122)
8.5.1	乘法器调幅电路	(122)
8.5.2	乘法器同步检波电路	(124)
8.5.3	乘法器混频电路	(125)
第 9 章	功率驱动电路设计	(126)
9.1	集电极驱动电路	(126)
9.1.1	集电极继电器驱动电路	(126)
9.1.2	集电极谐振式驱动电路	(127)
9.1.3	集电极推挽驱动电路	(128)
9.2	OTL/OCL/BTL 功率驱动电路	(128)
9.2.1	OTL 功率驱动电路	(128)
9.2.2	OCL 功率驱动电路	(130)
9.2.3	BTL 功率驱动电路	(131)
9.3	运放输出电压、电流扩展电路	(133)
9.3.1	运放输出电压扩展电路	(133)
9.3.2	运放输出电流扩展电路	(134)
第 10 章	电源电路设计	(136)
10.1	整流电源	(136)
10.1.1	半波整流电源	(136)
10.1.2	全波整流电源	(137)
10.1.3	桥式整流电源	(137)
10.1.4	倍压整流电源	(138)
10.1.5	电容电阻降压电源	(138)
10.2	线性稳压电源	(140)
10.2.1	稳压管稳压电源	(140)
10.2.2	简易串联型稳压电源	(140)
10.2.3	可调串联型稳压电源	(141)
10.2.4	三端集成稳压电源	(142)
10.2.5	LDO 低压差线性稳压器	(144)

10.3	DC/DC 变换器	(145)
10.3.1	降压型 DC/DC 变换器	(145)
10.3.2	升压型 DC/DC 变换器	(147)
10.3.3	反转型 DC/DC 变换器	(149)
10.3.4	电气隔离型 DC/DC 变换器	(150)
10.4	开关稳压电源	(152)
10.4.1	220 V/50 Hz 整流滤波电路	(152)
10.4.2	开关电源 DC/DC 变换设计	(154)
第 11 章	高频电路设计	(156)
11.1	调幅与检波电路	(156)
11.1.1	普通调幅与检波电路	(156)
11.1.2	平衡调幅与同步检波电路	(157)
11.2	调频与鉴频	(158)
11.2.1	常用调频电路	(158)
11.2.2	常用鉴频电路	(160)
11.3	变频电路	(161)
11.3.1	变频电路组成	(162)
11.3.2	三极管混频电路	(162)
11.4	调制信号放大电路	(163)
11.4.1	单调谐放大电路	(163)
11.4.2	双调谐放大电路	(163)
11.4.3	集成调谐放大电路	(164)

第 3 篇 电子产品设计

第 12 章	电子产品设计流程	(167)
12.1	电子产品设计流程简介	(167)
12.2	流程各阶段工作内容	(167)
12.2.1	论证与方案	(167)
12.2.2	设计过程	(169)
12.2.3	样机—小批量生产—批量生产	(172)
第 13 章	信号发生器设计	(177)
13.1	电路设计	(178)
13.1.1	工作电源电路	(178)
13.1.2	信号产生电路	(179)
13.1.3	二阶低通滤波电路	(180)
13.1.4	前置放大电路	(180)
13.1.5	输出电路	(181)
13.2	PCB 设计及制作	(182)

13.2.1	PCB 设计	(182)
13.2.2	PCB 制作步骤	(184)
13.3	装配与调试	(185)
13.3.1	装配步骤	(185)
13.3.2	调试方法与步骤	(185)
	学习与思考	(187)
	巩固与练习	(188)
第 14 章	多路远程温度测试仪设计	(189)
14.1	电路设计	(190)
14.1.1	温度/频率转换电路	(190)
14.1.2	传输门控制电路	(192)
14.1.3	信号的远程接收与传输	(193)
14.1.4	控制与显示电路	(193)
14.2	制作与调试	(195)
14.2.1	PCB 设计与制作	(195)
14.2.2	焊接与装配	(197)
14.2.3	单元电路调试	(197)
	学习与思考	(200)
	巩固与练习	(200)
第 15 章	超声波测距仪设计	(202)
15.1	电路设计	(203)
15.1.1	超声波测距仪电源	(203)
15.1.2	超声波发射驱动电路	(204)
15.1.3	超声波接收处理电路	(205)
15.1.4	控制与显示电路	(205)
15.2	电路调试	(205)
15.2.1	电源电路调试	(205)
15.2.2	发射电路调试	(206)
15.2.3	接收与测距电路调试	(206)
	学习与思考	(208)
	巩固与练习	(209)
第 16 章	LED 灯驱动设计	(210)
16.1	小功率 LED 灯驱动	(211)
16.1.1	电路设计	(211)
16.1.2	装配与调试	(213)
16.2	大功率 LED 灯驱动	(214)
16.2.1	恒流驱动电路设计	(214)
16.2.2	装调与测试	(217)

学习与思考	(218)
巩固与练习	(219)
第 17 章 数控电源设计	(220)
17.1 整流单元电路	(221)
17.1.1 整流滤波电路设计	(221)
17.1.2 整流滤波电路调试	(222)
17.2 过流、限流保护电路	(223)
17.2.1 过流、限流保护电路设计	(223)
17.2.2 过流保护电路调试	(224)
17.3 辅助电源电路	(224)
17.3.1 单片机 (+5 V) 电源设计	(224)
17.3.2 负电源 (-5 V) 设计	(225)
17.3.3 辅助电源电路调试	(226)
17.4 D/A 转换电路	(227)
17.4.1 D/A 转换电路设计	(227)
17.4.2 D/A 转换电路调试	(228)
17.5 键盘与显示电路	(228)
17.5.1 硬件设计	(228)
17.5.2 显示电路调试	(230)
17.5.3 键盘电路调试	(231)
17.5.4 软件设计	(231)
17.6 电压输出控制电路	(233)
17.6.1 电路设计	(233)
17.6.2 调试与测试	(235)
17.6.3 故障处理	(236)
学习与思考	(236)
巩固与练习	(237)
第 18 章 无线调频接收机设计	(239)
18.1 本机振荡电路	(240)
18.1.1 本机振荡电路设计	(240)
18.1.2 本机振荡电路装配与调试	(241)
18.2 高频放大电路	(243)
18.2.1 高频放大电路设计	(243)
18.2.2 高频放大电路装配与调试	(243)
18.3 混频电路	(244)
18.3.1 混频电路设计	(244)
18.3.2 混频电路调试	(244)
18.4 解调电路	(245)

18.4.1	解调电路设计	(245)
18.4.2	解调电路调试	(246)
18.5	音频放大电路	(246)
18.5.1	音频放大电路设计	(246)
18.5.2	音频放大电路调试	(247)
18.6	整机调试与故障处理	(247)
18.6.1	整机调试步骤	(247)
18.6.2	故障分析与排除	(248)
	学习与思考	(249)
	巩固与练习	(249)
第 19 章	声控报警器设计	(250)
19.1	10 V/6 V 变换电路	(251)
19.1.1	10 V/6 V 变换电路设计	(251)
19.1.2	10 V/6 V 变换电路调试	(252)
19.2	555 多谐振荡电路	(253)
19.2.1	555 多谐振荡电路设计	(253)
19.2.2	555 多谐振荡电路调试	(254)
19.3	555 单稳态电路	(254)
19.3.1	555 单稳态电路设计	(254)
19.3.2	555 单稳态电路调试	(255)
19.4	声音检测电路	(256)
19.4.1	声音检测电路设计	(256)
19.4.2	声音检测电路调试	(257)
19.5	自然光检测电路	(257)
19.5.1	自然光检测电路设计	(257)
19.5.2	自然光检测电路调试	(258)
19.6	蜂鸣器驱动电路	(259)
19.6.1	蜂鸣器驱动电路设计	(259)
19.6.2	蜂鸣器驱动电路调试	(260)
19.7	声控报警器验收与故障处理	(260)
19.7.1	声控报警器验收	(260)
19.7.2	整机故障处理	(261)
	学习与思考	(262)
	巩固与练习	(262)
	参考文献	(263)

第 1 篇

元器件的选用

电子元器件是电子产品设计的基础，掌握常用电子元器件的特性，对于电子产品设计中的元器件正确选用是非常重要的，这不但可以提高产品的可靠性，对于成本的降低也非常关键。本篇将介绍的常用元器件有电阻器、电容器、电感线圈、变压器、分立半导体器件、集成电路等。

-  第 1 章 电阻器、电容器、电感线圈、变压器
-  第 2 章 分立半导体器件
-  第 3 章 集成电路
-  第 4 章 其他常用元器件



第1章

电阻器、电容器、 电感线圈、变压器

1.1 电阻器

电阻器是电子电路中应用数量最多的元件，通常按功率和阻值形成不同系列，供电路设计者选用。电阻器在电路中主要用来调节和稳定电流与电压，可作为分流器和分压器，也可作为电路匹配负载。根据电路要求，电阻器还可用于放大电路的静态工作点建立、电压—电流转换、输入过载时的电压或电流保护，又可组成 RC 电路作为振荡、滤波、旁路、微分、积分和时间常数元件等。

1.1.1 电阻器类型与参数

1. 电阻器类型

(1) 根据用途不同分为普通型、精密型、功率型、高压型、高频型。

例如，线绕电阻精度高于 $\pm 0.01\%$ ，金属膜电阻精度可达 $\pm 0.001\%$ ；金属氧化膜电阻、线绕电阻最大功率可达 200 W；金属氧化膜电阻、线绕电阻、高压型合成膜电阻耐压可达 1~35 kV。电阻器在高频场合中使用时，其等效电路相当于一个直流电阻 R 与分布电感 L_R 串联，然后再与分布电容 C_R 并联。一般情况下，非线绕电阻器的高频分布参数较小， L_R 为 0.01~0.09 μH ， C_R 为 0.1~5 pF。线绕电阻器的高频分布参数较大， L_R 为几十微亨， C_R 为几十皮法。

(2) 按制造材料分为线绕型、非线绕型两大类。

非线绕型又分为成型型和薄膜型两类。成型型分为有机实心型和无机实心型。薄膜型电阻器有碳膜型、金属膜型、金属箔型、金属氧化膜型、玻璃釉型。



(3) 按阻值特性分为固定电阻器、可调电阻器、特种电阻器(敏感电阻器)。

2. 电阻器的型号命名方法

国产电阻器的型号由四部分组成(不适用于敏感电阻器)。

第一部分:主称,用字母表示,表示产品的名字,如R表示电阻,W表示电位器。

第二部分:材料,用字母表示,表示电阻体用什么材料组成。T—碳膜、H—合成碳膜、S—有机实心、N—无机实心、J—金属膜、Y—氮化膜、C—沉积膜、I—玻璃釉膜、X—线绕。

第三部分:分类,一般用数字表示,个别类型用字母表示,表示产品属于什么类型。

1—普通、2—普通、3—超高频、4—高阻、5—高温、6—精密、7—精密、8—高压、9—特殊、G—高功率、T—可调。

第四部分:序号,用数字表示,表示同类产品中的不同品种,以区分产品的外形尺寸和性能指标等。

3. 电阻器的阻值标示方法

(1) 直标法:用数字和单位符号在电阻器表面标出阻值,其允许误差直接用百分数表示,若电阻上未注明误差,则均为 $\pm 20\%$ 。例如,3 Ω 3 I表示电阻值为 $3.3\ \Omega$ 、允许误差为 $\pm 5\%$;1K8表示电阻值为 $1.8\ \text{k}\Omega$ 、允许误差为 $\pm 20\%$;5M1 II表示电阻值为 $5.1\ \text{M}\Omega$ 、允许误差为 $\pm 10\%$ 。

(2) 文字符号法:用阿拉伯数字和文字符号有规律的组合来表示标称阻值,其允许误差也用文字符号表示。符号前面的数字表示整数阻值,后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。

表示允许误差的文字符号:

文字符号	D	F	G	J	K	M
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

(3) 数码法:在电阻器上用三位数码表示标称值的标示方法。数码从左到右,第一、二位为有效值,第三位为指数,即零的个数,单位为欧。误差通常采用文字符号表示。

(4) 色标法:用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许误差。国外电阻大部分采用色标法。黑—0、棕—1、红—2、橙—3、黄—4、绿—5、蓝—6、紫—7、灰—8、白—9、金— $\pm 5\%$ 、银— $\pm 10\%$ 、无色— $\pm 20\%$ 。

当电阻为四环时,最后一环必为金色或银色,前两位为有效数字,第三位为乘方数,第四位为误差;当电阻为五环时,最后一环与前面四环距离较大,前三位为有效数字,第四位为乘方数,第五位为误差。

对于贴片电阻,是直接用电阻来标示的,有3位和4位之分,最后为乘方数,即0的个数,而误差只能在盘片上看。

4. 电阻器的主要特性参数

(1) 标称阻值:电阻器上面所标示的阻值。

(2) 允许误差:标称阻值与实际阻值的差值与标称阻值之比的百分数称为允许误差,它表示电阻器的精度。普通电阻器的允许误差有10%、5%、2%、1%,也有允许误差小于



0.01%的精密电阻器。

(3) 额定功率：在正常的大气压力 90~106.6 kPa 及环境温度为-55℃~+70℃的条件下，电阻器长期工作所允许耗散的最大功率。

线绕电阻器额定功率系列为(W) 1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500。非线性绕电阻器额定功率系列为(W) 1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、50、100。

(4) 额定电压：由阻值和额定功率换算出的电压。

(5) 最高工作电压：允许的最大连续工作电压。在低气压下工作时，电阻器的最高工作电压较低。

(6) 温度系数：温度每变化 1℃所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小，电阻的稳定性越好。阻值随温度升高而增大的为正温度系数，反之为负温度系数。

(7) 老化系数：电阻器在额定功率长期负荷下，阻值相对变化的百分数，它是表示电阻器寿命长短的参数。

(8) 电压系数：在规定的电压范围内，电压每变化 1 V，电阻器的相对变化量。

(9) 噪声：产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏，包括热噪声和电流噪声两部分。热噪声是由于导体内部不规则的电子自由运动，使导体任意两点的电压发生的不规则变化。

5. 电阻器选用依据

通常根据标称阻值与额定功率两个参数选用电阻器，对于特殊用途，还要考虑其他特殊参数。选择电阻器的基本方法和原则如下所述。

(1) 标称值和误差选择：所选电阻器的电阻值应接近应用电路中计算值的一个标称值，应优先选用标准系列的电阻器。一般电路使用的电阻器允许误差为 $\pm 5\%$ ~ $\pm 10\%$ 。精密仪器及特殊电路中使用的电阻器应选用精密电阻器。

(2) 额定功率的选择：根据电路中电阻器的工作状态，电阻器的额定功率应大于实际承受功率的两倍。电阻器的损坏主要是因额定功率不够而发热的损坏。

(3) 噪声电动势的选择：对于高增益前置放大器电路中的输入端和反馈电路的电阻器，需要考虑电阻器的噪声电动势的影响。噪声电动势小的电阻器有金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器和线绕电阻器等。

(4) 频率特性选择：对于低频电路，各类电阻器均可选用。线绕电阻器的分布电感和分布电容较大，适用于 50 Hz 以下频率的电路，薄膜电阻器适用于几兆赫兹至几百兆赫兹的电路，如碳膜电阻器、金属电阻器、金属氧化膜电阻器等。

(5) 温度系数的选择：对于要求温度稳定性高的电路，要选择温度系数小的电阻器。线绕电阻器的温度系数最小，薄膜电阻器次之，实心电阻器的温度系数较大。

(6) 电位器的选择：根据需要进行不同电位器的结构形式和触点运动规律，根据电路性能要求选择相应的电位器。

1.1.2 固定电阻器的选用

固定电阻器按制作材料分为线绕电阻器和非线绕电阻器。非线绕电阻器有薄膜电阻