



高等职业教育
机电类课程规划教材

模拟电子技术

(实训篇)

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编 主编/王成安 刘瑞国 主审/张裕民

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIANLEI
KECHENG GUIHUA JIAOCAI



大连理工大学出版社

TN710
82



新世纪

高等职业教育机电类课程规划教材
GAODENGZHIYE JIAOYU JIDIANLEI KECHENG GUIHUAJIAOCAI

模拟电子技术

(实训篇)

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主审 张裕民

主编/王成安 刘瑞国

副主编/冯素梅 王贺明 刘 宁

MONI DIANZI JISHU

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2003

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术(实训篇) / 王成安, 刘瑞国主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2003.8

ISBN 7-5611-2364-7

(高等职业教育机电类课程规划教材)

I. 模… II. ①王… ②刘… III. ~~模拟电路~~—电子技术 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 028950 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市凌水河 邮政编码: 116024

电话: 0411-4708842 传真: 0411-4701466 邮购: 0411-4707961

E-mail: dulp@mail.dlptt.ln.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 12.5 字数: 286 千字

印数: 1 ~ 5 000

2003 年 8 月第 1 版

2003 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 梁艾玲 李 波

责任校对: 黄 鹏

封面设计: 王福刚

定 价: 33.00 元(本册 15.00 元)

新世纪高等职业教育教材编委会教材建设指导委员会

主任委员:

戴克敏 大连职业技术学院院长 教授

副主任委员(按姓氏笔画为序):

王 敏 辽宁商务职业学院院长 教授
王大任 辽阳职业技术学院院长 教授
李竹林 河北建材职业技术学院院长 教授
李长禄 黑龙江工商职业技术学院副院长 副研究员
刘志国 秦皇岛职业技术学院院长 教授
刘兰明 邯郸职业技术学院副院长 教授
刘君涛 烟台大学职业技术学院院长 副教授
范利敏 丹东职业技术学院院长 教授
宛 力 沈阳电力高等专科学校副校长 教授
侯 元 呼和浩特职业技术学院院长 副教授
徐晓平 盘锦职业技术学院院长 教授
曹勇安 黑龙江东亚学团董事长 齐齐哈尔职业学院院长 教授
韩学军 辽宁公安司法管理干部学院副院长 教授

秘书长:

杨建才 沈阳师范大学职业技术学院院长

副秘书长:

周 强 齐齐哈尔大学职业技术学院副院长

秘书组成员(按姓氏笔画为序):

王澄宇 大庆职业学院
张秀霞 大连职业技术学院
徐 哲 盘锦职业技术学院
鲁 捷 沈阳师范大学职业技术学院
谢振江 黑龙江省公安司法警官学院

会员单位(排名不分先后):

邯郸职业技术学院
邢台职业技术学院
河北工业职业技术学院
河北软件职业技术学院
河北职业技术学院
石家庄铁路工程职业技术学院
石家庄职业技术学院
河北能源职业技术学院
河北建材职业技术学院
秦皇岛职业技术学院
燕山大学职业技术学院

河北职业技术师范学院
张家口职业技术学院
承德石油高等专科学校
青岛大学高等职业技术学院
青岛职业技术学院
烟台大学职业技术学院
烟台职业技术学院
山东铝业公司职业教育培训中心
东营职业技术学院
山东石油大学职业技术学院
威海职业学院
潍坊职业学院
山东纺织职业学院
日照职业技术学院
山东科技大学工程学院
山东科技大学财政金融学院
山东劳动职业技术学院
山东轻工学院职业技术学院
德州学院职业技术学院
聊城职业技术学院
呼和浩特职业技术学院
内蒙古财经学院高职教学部
内蒙古大学职业技术学院
内蒙古工业大学职业技术学院
包头职业技术学院
包头钢铁学院职业技术学院
呼伦贝尔学院
广西财政高等专科学校
南昌水利水电高等专科学校
哈尔滨职业技术学院
黑龙江工商职业技术学院
黑龙江省公安司法警官学院
黑龙江省建筑职业技术学院
齐齐哈尔职业学院
齐齐哈尔大学职业技术学院
牡丹江大学
佳木斯大学应用技术学院
大庆职业学院
大庆高等专科学校
鸡西大学
伊春职业学院
绥化师范高等专科学校
吉林财税高等专科学校
吉林交通职业技术学院
吉林粮食高等专科学校
吉林商业高等专科学校
吉林职业技术学院
吉林经济管理干部学院
吉林大学应用技术学院
四平师范大学职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
丹东职业技术学院

大连职业技术学院
辽宁商务职业学院
沈阳师范大学职业技术学院
鞍山科技大学职业技术学院
鞍山师范学院职业技术学院
本溪冶金高等专科学校
渤海船舶职业学院
朝阳师范高等专科学校
大连大学
大连轻工业学院职业技术学院
大连国际商务职业学院
大连水产学院职业技术学院
辽宁对外经贸职业学院
辽宁机电职业技术学院
东北财经大学高等职业技术学院
抚顺师范高等专科学校
辽宁石油化工大学职业技术学院
抚顺职业技术学院
阜新高等专科学校
锦州师范学院高等职业技术学院
锦州师范高等专科学校
辽宁财政高等专科学校
辽宁大学高等职业技术学院
辽宁工程技术大学技术与经济学院
辽宁工程技术大学职业技术学院
辽宁工学院职业技术学院
辽宁公安司法管理干部学院
辽宁经济职业技术学院
辽宁农业管理干部学院
辽宁农业职业技术学院
辽宁省交通高等专科学校
辽阳职业技术学院
辽阳石油化工高等专科学校
盘锦职业技术学院
沈阳大学职业技术学院
沈阳大学师范学院
沈阳工业大学高等职业技术学院
沈阳理工学院高等职业技术学院
沈阳农业大学高等职业技术学院
沈阳农业大学经贸学院
铁岭师范高等专科学校
营口高等职业学院
辽宁金融职业技术学院
沈阳理工学院职业技术学院
辽阳信息职业技术学院
辽宁中医学院职业技术学院
沈阳电视大学
沈阳医学院职业技术学院
沈阳音乐学院职业艺术学院
沈阳职业技术学院
大连医学院丹东分院

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了21世纪的门槛。

20世纪与21世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育理论教学与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高等职业教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育的目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走理论型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,高等职业教育从专科层次起步,进而高职本科教育、高职硕士教育、高职博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高职教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)理论型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高等职业教育教材编审委员会就是由北方地区 100 余所高职院校和出版单位组成的旨在以推动高职教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职教材的特色建设为己任,始终会从高职教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的组织形式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职教学成果,探索高职教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高等职业教育教材编审委员会在推进高职教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门(如国家教育部、辽宁省教育厅)以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高等职业教育教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

《模拟电子技术》是新世纪高等职业教育教材编审委员会推出的高等职业教育机电类课程规划教材之一。本套教材分“基础篇”和“实训篇”两册。

《模拟电子技术(实训篇)》是《模拟电子技术(基础篇)》的姊妹篇。本教材注重集成电路以及新器件、新电路的分析和应用,在编写中强调了理论联系实际和电子电路的读图能力,我们编写的原则是:

(1) 电子技术基础是一门专业基础性质的课程,内容安排上要遵循循序渐进的原则,由浅入深,由易到难。

(2) 在内容安排上以“必须”和“够用”为原则。对典型的电路分析不做过于繁杂的理论推导;对于电子器件着重介绍其外特性和主要参数,重点放在其使用方法和实际应用上;对分立元件组成的电路尽可能精简,明确了集成电路是未来电子电路的发展趋势;对精选的集成电路主要介绍器件的电路特点和典型应用。

(3) 在结构的安排上打破了以往的顺序,将电子技术的基本技能训练放在首位,这既是为了突出技能训练的重要性,也是为了配合理论教学的进度。尔后编写了基础实训以配合各章的理论教学。在每个基础实训中,都精心选编了“课后小制作”,为爱好电子技术的同学提供了取材方便、容易制作、有实用价值的电子电路。在综合实训中,精选了有一定难度的实用电路,从电子技术的各个方面对学生进行全面培养和综合训练。

(4) 考虑到 EDA 技术的发展和普及,结合各学校的具体情况,对 PROTEL 在绘图、制板和电路仿真的应用步骤及 EWB 的仿真实验技术都做了介绍,其中 PROTEL 在绘图、制板和电路仿真方面的应用是一个实际的可操作项目,可以作为一个实训环节进行学习,初学者只要按照书中的具体步骤进行操作,就可以迈入 PROTEL 的大门。EWB 的仿真实验则为有条件进行 EAD 实验的学校提供了具体的实验课题,当然在进行了一定数量的实验之后,实验者完全可以自行设计题目或是结合科研项目进行有实际意义的仿真



实验。

(5)为了培养学生的电子读图能力,本教材专门设置了电子电路读图方法的训练内容,并结合一些具体实例进行了分析,目的是使学生切实掌握电子电路的读图方法,增强分析问题和解决实际问题的综合能力。

(6)电子电路的故障维修能力是检验学习者掌握电子技术程度的试金石。书中编写了电子电路故障的常用维修方法和具体步骤,有些方法是编者多年的实践经验,具有实际可操作性。这部分内容可以放在本书的最后来进行训练。

(7)考虑到国家对劳动者就业的要求,书中选编了无线电装接工(中级)职业资格技能考试的全套试题(理论试题和实践技能试题)及参考答案,希望能对从事电子技术教学的教师有所帮助,对欲从事无线电装接工作的学生有所指导。

本教材由辽宁机电职业技术学院王成安、山东科技大学工程学院刘瑞国任主编,辽宁船舶职业技术学院冯素梅、河北工程技术职业学院王贺明、山东科技大学工程学院刘宁任副主编。具体分工如下:王成安编写了预备知识、附加知识和 PROTEL 实训内容,王成安、刘瑞国、冯素梅编写了基础实训,王成安、刘宁编写了综合实训,王贺明编写了 EWB 仿真软件的应用,张树江、张惠荣编写了部分实训内容。大连理工大学张裕民教授审阅了全书,提出了很多宝贵的意见和建议。

尽管我们在探索《模拟电子技术(实训篇)》教材特色建设的突破方面做了许多努力,但由于编者水平所限,加之时间仓促,书中内容难免有疏漏之处,恳请相关教学单位和读者在使用本教材的过程中给予关注,并把意见和建议及时反馈给我们,以便修订时改进。

所有意见和建议请寄往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-4707604

编 者

2003年8月



预备知识 电子技术基本技能训练	1
0.1 常用电子元器件的识别及测试	1
0.2 电子元件的安装工艺	29
0.3 焊接基本技术	32
0.4 电子电路读图方法	39
0.5 传感器介绍	43
0.6 常用电子仪器的使用	48
0.7 电器维修与电子电路故障检查常用方法	58
第1部分 基本实训	65
实训1 用万用表测量二极管和三极管的电路特性	65
实训2 单管共射极放大器的组装与调试	68
实训3 负反馈放大器的设计、安装及调试	72
实训4 运算放大器的线性应用——模拟运算电路的组装与调试	75
实训5 运算放大器的非线性应用——电压比较器的组装与调试	80
实训6 波形发生器的组装与调试	83
实训7 功率放大器的组装与调试	86
实训8 集成直流稳压电源的组装与调试	89
第2部分 综合实训	98
实训9 防盗声光报警器的设计	98
实训10 音响放大器设计	99
实训11 函数发生器的设计	107
实训12 水温控制系统的设计	111
实训13 AM/FM收音机的安装与调试	113
第3部分 Protel-99 SE 入门训练	123
计算机绘图(电路设计自动化)实训	123
3.1 电路原理图的设计	124
3.2 印制电路板图的设计	136

3.3 Protel-99 SE 电路仿真技术	149
第4部分 EWB 仿真训练	156
实训1 EWB 使用简介	156
实训2 单元模拟电路的仿真实验与分析	167
实训3 综合电路仿真实验分析与设计	178
第5部分 附加知识	183
中级无线电装接工知识要求试卷(A)	183
无线电装接工(中级)技能部分试题 A	187
无线电装接工技能部分试题(A)评分标准	187

预备知识

电子技术基本技能训练

电子技术基本技能主要有电子元器件的识别和检测、电子元器件的安装工艺、电子电路的焊接技术、电子电路识图能力和常用仪器仪表及工具的使用等。这里主要介绍常用电子元器件的识别、选用与测试、电子元器件的安装工艺、锡焊工艺和电子电路识图方法。

0.1 常用电子元器件的识别及测试

电子元器件种类很多,常用的有电阻器、电容器、电感器、半导体器件和集成电路等。

0.1.1 电阻器

电阻器(简称电阻)是在电子电路中用得最多的元件之一,在电路中起限流和分压的作用。

1. 电阻器的类型

电阻器主要有如下几种分类方法:

从结构上可将电阻器分为固定电阻器和可变电阻器两大类。

固定电阻器的阻值是固定不变的,阻值的大小即为它的标称阻值。固定电阻器在电路中的符号如图 0.1.1 所示,文字符号用大写字母“R”表示。



图 0.1.1 固定电阻器的符号

固定电阻器按其材料的不同可分为碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等。

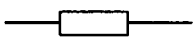
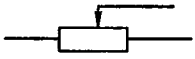
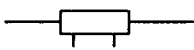
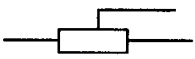
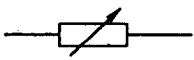
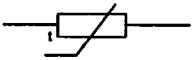
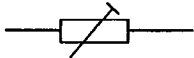
可变电阻器的阻值可以在一定的范围内调整,它的标称阻值是最大值,其滑动端到任意一个固定端的阻值在零和最大值之间连续可调。

可变电阻器又分成可调电阻器和电位器两种。可调电阻器有立式和卧式之分,分别用于不同的电路安装。电位器就是可调电阻器加上一个开关,做成同轴联动形式,如收音机中的音量旋钮和电源开关就是电位器。

按电阻器的使用场合不同,电阻器可分为精密电阻器、大功率电阻器、高频电阻器、高压电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器、熔断电阻器等。

2. 常用电阻器的图形符号,见表 0.1.1。

表 0.1.1 常用电阻器的图形符号

图形符号	名 称	图形符号	名 称
	固定电阻		可调电位器
	带抽头的固定电阻		微调电位器
	可调电阻(变阻器)		热敏电阻
	微调电阻		光敏电阻

3. 电阻(位)器的型号及命名法

根据国家标准 GB2470-1995 的规定,电阻器及电位器的型号由四个部分组成,见表 0.1.2。

表 0.1.2 电阻(位)器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
R	电阻器	T	碳膜	1,2	普通	包括: 额定功率、阻值、允许误差、精度等级等
W	电位器	H	合成膜	3	超高频	
		P	硼碳膜	4	高阻	
		U	硅碳膜	5	高温	
		C	沉积膜	7	精密	
		I	玻璃釉	8	电阻器-高压	
		J	金属膜	9	电位器-特殊函数	
		Y	氧化膜	G	高功率	
		S	有机实芯	T	可调	
		N	无机实芯	X	小型	
		X	线绕	L	测量用	
		R	热敏	W	微调	
		G	光敏	D	多圈	
		M	压敏			

示例 1 有一电阻器为 RJ71-0.25-4.7K I 型,则其表示含义如下:

R—主称为电阻; J—材料为金属膜; 7—分类为精密型; 1—序号 1; 0.25—额定功率为 1/4W; 4.7K—标称阻值为 4.7kΩ; I—允许误差为 I 级 ±5%。

示例 2 有一电阻器为 W S W-1-0.5-4.7kΩ±10% 型。则其表示含义如下:

W—主称为电位器；S—材料为有机实芯；W—特征为微调型；1—品种为非紧锁型；0.5—额定功率为 0.5W；4.7k Ω —标称阻值为 4.7k Ω ； $\pm 10\%$ —允许误差。

4. 电阻器的主要参数

(1) 标称阻值与允许误差

电阻器上所标的阻值称为标称阻值。电阻器的实际阻值和标称阻值之差除以标称阻值所得到的百分数，为电阻器的允许误差。误差越小的电阻器，其标称阻值规格越多。常用固定电阻器的标称阻值见表 0.1.3，允许误差等级见表 0.1.4。电阻器上的标称阻值是按国家规定的阻值系列标注的，因此选用时必须按此阻值系列去选用，使用时将表中的数值乘以 $10^n \Omega$ (n 为整数)，就成为这一阻值系列。如 E24 系列中的 1.8 就代表有 1.8 Ω 、18 Ω 、180 Ω 、1.8k Ω 、180k Ω 等标称电阻。

表 0.1.3 常用固定电阻器的标称阻值系列

系列	允许误差	电阻系列标称值															
E24	Ⅰ级±5%	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	
		4.3	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1								
E12	Ⅱ级±10%	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2				
E6	Ⅲ级±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8										

表 0.1.4 常用电阻器的允许误差等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
等级	005	01	I	II	III
文字符号	D	F	J	K	M

阻值和允许误差在电阻器上常用的标注方法有下列三种：

①直接标注法 将电阻器的阻值和误差等级直接用数字印在电阻器上。对小于 1000 的阻值只标出数值，不标单位；对 k Ω 、M Ω 只标注 k、M。精度等级标 I 级或 II 级，III 级不标明。

②文字符号法 将需要标注的主要参数与技术指标用文字和数字符号有规律地标注在产品表面上。如：

欧姆 用 Ω ；千欧 用 k；兆欧($10^6 \Omega$) 用 M；

吉欧($10^9 \Omega$) 用 G；太欧($10^{12} \Omega$) 用 T。

例如，0.68 Ω 电阻的文字符号标注为： $\Omega 68$ ；8.2 千欧姆、误差为 $\pm 10\%$ 的电阻的文字符号标注为：8k2 II； 3.3×10^{12} 欧姆的电阻可标注为：3T3 等。直标法如图 0.1.2 所示。

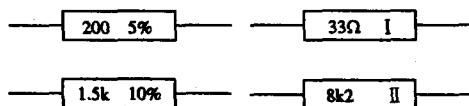


图 0.1.2 直标法和文字符号法

③色环标注法 对体积很小的电阻和一些合成电阻器，其阻值和误差常用色环来标

A schematic diagram of a four-stage compressor. It consists of a horizontal rectangular block divided into four vertical sections. Above each section is a number in a circle: ①, ②, ③, and ④. Arrows point downwards from each number to its corresponding section. The first section (①) has diagonal hatching. The second section (②) has vertical hatching. The third section (③) has horizontal hatching. The fourth section (④) has a grid pattern. A horizontal line enters from the left and exits to the right, passing through the center of the block.

图 0.1.3 色环标注法

色别	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	无色
有效数字	—	—	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—
乘方数	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	—
允许误差	±10%	±5%	—	±1%	±2%	—	—	±0.5%	±0.2%	±0.1%	—	—	±20%
误差代码	K	J		F	G			D	C	B			M

① 环—黄色
↓
4

② 环—紫色
↓
7

③ 环—红色
↓
 10^2

④ 环—金色
↓
± 5%

(2)额定功率 电阻器在交直流电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率,称为电阻器的额定功率。见表 0.1.6,共分为 19 个等级。常用的有 1/20W, 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 5W, 10W, 20W 等。各种功率的电阻器在电路图中的符号如图 0.1.4 所示。

种类	电阻器额定功率系列/W																		
线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	3	4	8	10	16	25	40	50	75	100	150	250	500
非线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100								

(1)碳膜电阻器(RT型):这种电阻器的阻值稳定性好,温度系数小,高频特性好,可在70℃的温度下长期工作,应用在收录机、电视机等一些电子产品中。碳膜电阻器是由结晶

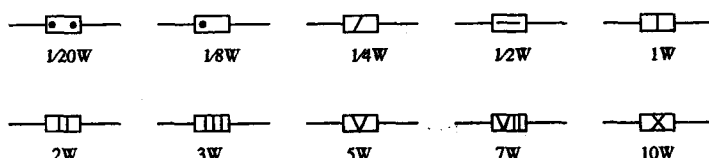


图 0.1.4 电阻器额定功率的符号表示

碳在高温与真空的条件下沉淀在瓷棒或瓷管骨架上制成的,外表常涂成绿色或橙色。

(2)金属膜电阻器(RJ型):这种电阻器的耐热性(能在 125°C 的温度下长期工作)及稳定性均好于碳膜电阻器,且体积远小于同功率的碳膜电阻器。适用于稳定性和可靠性要求较高的场合(如用在各种测试仪表中)。金属膜电阻器是用合金粉在真空的条件下蒸发于瓷棒骨架表面制成的,外表常涂成红色。

(3)金属氧化膜电阻器(RY型):这种电阻器与金属膜电阻器的性能和形状基本相同,但具有更高的耐压、耐热性(可达 200°C),可与金属膜电阻器互换使用,缺点是长期工作时的稳定性稍差。

(4)线绕电阻器(RS型):这种电阻器是由镍、铬、锰铜、康铜等合金电阻丝绕在瓷管上制成的,外表涂有耐热的绝缘层(酚醛层)。线绕电阻器的精度高,稳定性好,并能承受较高的温度(300°C 左右)和较大的功率,因此常用在万用表和电阻箱中作分压器和限流器,但因其固有电容和固有电感较大,故不宜用于高频电路中。

(5)热敏电阻器:这种电阻器的特点是:电阻值随温度的变化而发生明显的变化。主要用在电路中作温度补偿用,也可在温度测量电路和控制电路中作感温元件。

热敏电阻器可分为两大类,分别是负温度系数(NTC型)和正温度系数(PTC型)热敏电阻器。热敏电阻器的外形有片状、杆状、盘圈状和管状等,如图0.1.5所示。

测量热敏电阻时不宜用普通万用表,因普通万用表的电流过大,会使其发热而造成阻值的变化。

(6)片状电阻器:片状电阻器属于新一代电阻元件,是超小型电子元件。它占用的安装空间很小,没有引线,其分布电容和分布电感均很小,使高频设计易于实现。在安装上适合于机器自动装配。片状电阻器的形状有矩形和圆柱形两种。矩形片状电阻很薄,有两种型号:3216型(长 3.2mm 、宽 1.6mm 、厚 $0.45\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$)和2125型(长 2.0mm 、宽 1.25mm 、厚 $0.35\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$),适于制作超薄型产品。圆柱形是标准规格,目前世界上流行的尺寸是 $\Phi 2.2\text{mm} \times 5.9\text{mm}$ 。片状电阻器的阻值大小也用色环表示,第一、第二道色环表示有效数字,第三道色环表示倍乘,但没有误差色环,色环标注数值与普通色环电阻的标注相同。片状电阻器使电子产品的集成度大大提高,降低了生产成本,电路的耗电量也大为减小,产品的可靠性提高,具有广阔的发展前景。

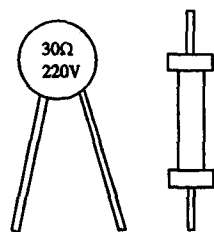


图 0.1.5 部分热敏电阻的外形

6. 电阻器的选用

(1) 根据电路的用途选择不同种类的电阻器

对性能要求不高的电子线路(如收音机、普通电视机等)可选用碳膜电阻器;对整机质量和工作稳定性、可靠性要求较高的电路可选用金属膜电阻器;对仪器、仪表电路应选用精密电阻器或线绕电阻器,但在高频电路中不能选用线绕电阻器。

(2) 选择电阻器的额定功率

在一般情况下所选用的电阻器的额定功率要大于在电路中电阻实际消耗功率的两倍左右,以保证电阻器使用的安全可靠。

(3) 电阻器的误差选择

在一般电路中选择用 5% ~ 10% 的误差即可,在特殊电路中则根据要求选择。

(4) 电阻器的代用原则

大功率电阻器可代替小功率电阻器,但用于保险的电阻例外;金属膜电阻器可代替碳膜电阻器;固定电阻器与半可调电阻器可相互代替使用。

7. 电位器(可变电阻器)及其选用

(1) 电位器的分类

按电阻体所用的材料可将电位器分为碳膜电位器(WT)、金属膜电位器(WJ)、有机实心电位器(WS)、玻璃釉电位器(WI)和线绕电位器(WX)等。一般线绕电位器的误差不大于 $\pm 10\%$,非线绕电位器的误差不大于 $\pm 2\%$,其阻值、误差和型号均标在电位器的表面。按电位器的结构可将电位器分成单圈电位器、多圈电位器、单联电位器、双联电位器和多联电位器;开关的形式有旋转式、推拉式、按键式等。按阻值调节的方式又可分为旋转式和直滑式两种。

① 碳膜电位器

碳膜电位器主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成,其结构简单,阻值随滑动触点位置的改变而改变。碳膜电位器的阻值变化范围较宽($100\Omega \sim 4.7\text{M}\Omega$),工作噪声小、稳定性好、品种多,因此广泛应用于电子设备和家用电器中。

② 线绕电位器

线绕电位器由合金电阻丝绕在环状骨架上制成。其优点是能承受大功率且精度高,电阻的耐热性和耐磨性较好。其缺点是分布电容和分布电感较大,影响高频电路的稳定性,故在高频电路中不宜使用。

③ 直滑式电位器

其外形为长方体,电阻体为板条形,通过滑动触头改变阻值。直滑式电位器多用于收录机和电视机中,其功率较小,阻值范围为 $470\Omega \sim 2.2\text{M}\Omega$ 。

④ 方形电位器

这是一种新型电位器,采用碳精接点,耐磨性好,装有插入式焊片和插入式支架,能直接插入印制电路板,不用另设支架。常用于电视机的亮度、对比度和色饱和度的调节,阻值范围在 470Ω 至 $2.2\text{M}\Omega$ 之间,这种电位器属旋转式电位器。