



普通高等教育“十二五”规划教材
电工电子基础课程规划教材

电工电子技术 实训教程

■ 赵京 熊莹 主编



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>

普通高等教育“十二五”规划教材
电工电子基础课程规划教材

电工电子技术实训教程

赵 京 熊 莹 主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以培养实际操作技能为目的,将理论教学内容和实训内容以循序渐进的方式整合成三个基础实训模块和一个综合实训模块。本书共6章,主要内容包括:实训综述、常用电子元器件、电工技术实训、模拟电子技术实训、数字电子技术实训和电子电路设计实训。本书提供配套电子课件和实验文档。

本书可作为高等学校电子、电气、通信、自动化、机械等专业相关课程的教材,也可作为自学考试和成人教育的自学教材,还可供相关电子工程技术人员学习参考。

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

电工电子技术实训教程 / 赵京, 熊莹主编. — 北京: 电子工业出版社, 2015.2

电工电子基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-25118-4

I. ①电… II. ①赵… ②熊… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 294359 号

策划编辑: 王晓庆

责任编辑: 王羽佳 文字编辑: 王晓庆

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 9.75 字数: 250 千字

版 次: 2015 年 2 月第 1 版

印 次: 2015 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 25.00 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书将电工技术、模拟电子技术、数字电子技术等多门课程的实训环节进行有机整合，既符合教育部提出的培养应用型本科院校人才的培养要求，又突出了自身特点，旨在让读者通过实训进一步深入理解基本概念和知识；熟练掌握各种常用电工电子仪器仪表的正确使用方法；熟悉安全用电的基本知识和基本技能；熟悉电子元器件的正确识别和检测方法；了解电子产品的设计过程，且具备一定的分析问题和解决问题的能力。

本书在内容的编排上以培养实际操作技能为目的，将理论教学内容和实训内容以循序渐进的方式整合成三个基础实训模块和一个综合实训模块，体现了整个课程的理论和实践的统一性和连贯性。

本书的主要特点如下。

(1) 基本内容全面，包括电工技术实训、模拟电子技术实训、数字电子技术实训及电子电路设计实训 4 个部分共 34 个实训项目，每个项目都列清了所需仪器仪表、元器件清单及应具备的基本理论知识，方便学生自主学习和开展实训。

(2) 本书使学生在具备电工电子基础实践能力的同时，也具备小系统综合设计、调试能力。

(3) 本书由浅入深，由简入难，由基础电路到系统设计，可以用于基础性实验、课程设计及学生的课外自主实验，其目的在于拓宽学生的知识面，培养学生的实践能力和创新能力，为后续的课程学习、毕业设计和以后所从事的技术工作奠定基础。

本书可作为高等学校电子、电气、通信、自动化、机械等专业相关课程的教材，也可作为自学考试和成人教育的自学教材，还可供相关电子工程技术人员学习参考。

教学中，可以根据教学对象和学时等具体情况对书中的内容进行删减和组合，也可以进行适当扩展。为适应教学模式、教学方法和手段的改革，本书提供配套电子课件和实验文档，请登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 注册下载。

本书由赵京、熊莹主编，单小梅、段奇法、张菊秀、吕雪、钟学斌、李建涛、万振武等老师提出了很多宝贵的意见，并给予了很大关心和支持，在此向他们表示衷心的感谢。

鉴于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2015 年 2 月

目 录

第 1 章 实训综述	1	第 3 章 电工技术实训	17
1.1 实训目的	1	3.1 基本电工仪器的使用与电路 元件伏安特性的测定	18
1.2 实训准备与要求	1	3.1.1 实训目的	18
1.3 实训总结	2	3.1.2 实训原理	18
第 2 章 常用电子元器件	4	3.1.3 实训设备	22
2.1 电阻器	4	3.1.4 实训内容	22
2.1.1 电阻器的分类	4	3.1.5 实训注意事项	23
2.1.2 电阻器的型号命名法	4	3.1.6 实训报告	23
2.1.3 电阻器的主要技术参数	5	3.2 电位、电压的测定及基尔 霍夫定律的验证	23
2.1.4 电阻值的标志方法	6	3.2.1 实训目的	23
2.1.5 电阻值的简易测试	6	3.2.2 实训原理	24
2.2 电容器	7	3.2.3 实训设备	24
2.2.1 电容器的分类	7	3.2.4 实训内容	24
2.2.2 电容器的型号命名法	7	3.2.5 实训注意事项	25
2.2.3 电容器的主要性能参数	7	3.2.6 实训报告	26
2.2.4 电容器的标志方法	8	3.3 电压源与电流源的等效变换	26
2.2.5 电容器的简易测试	8	3.3.1 实训目的	26
2.3 电感器	9	3.3.2 实训原理	26
2.3.1 电感器的分类	9	3.3.3 实训设备	27
2.3.2 电感器的主要性能参数	9	3.3.4 实训内容	27
2.3.3 电感器的标志方法	10	3.3.5 实训注意事项	28
2.3.4 电感器的简易测试	10	3.3.6 实训报告	28
2.4 半导体器件	11	3.4 叠加原理和戴维南定理的验证	29
2.4.1 半导体器件的型号命名法	11	3.4.1 实训目的	29
2.4.2 二极管	11	3.4.2 实训原理	29
2.4.3 三极管	12	3.4.3 实训设备	29
2.5 集成电路	14	3.4.4 实训内容	29
2.5.1 集成电路的分类	14	3.4.5 实训注意事项	31
2.5.2 集成电路的型号命名法	14	3.4.6 实训报告	31
2.5.3 集成电路的引脚排列与识别	15	3.5 一阶 RC 电路的响应测试	31
2.5.4 集成电路的选用和使用 注意事项	15	3.5.1 实训目的	31

3.5.2	实训原理	31	3.10.5	实训故障分析	46
3.5.3	实训设备	33	3.10.6	实训报告	47
3.5.4	实训内容	33			
3.5.5	实训注意事项	33	第4章	模拟电子技术实训	48
3.5.6	实训报告	34	4.1	常用电子仪器的使用	49
3.6	交流电路等效参数的测定	34	4.1.1	实训目的	49
3.6.1	实训目的	34	4.1.2	实训原理	49
3.6.2	实训原理	34	4.1.3	用示波器测定信号参数	50
3.6.3	实训设备	35	4.1.4	实训设备	50
3.6.4	实训内容	35	4.1.5	实训内容	51
3.6.5	实训注意事项	37	4.1.6	实训注意事项	52
3.6.6	实训报告	37	4.1.7	实训报告	53
3.7	日光灯电路分析	37	4.2	晶体管共射极单管放大电路特性的研究	53
3.7.1	实训目的	37	4.2.1	实训目的	53
3.7.2	实训原理	37	4.2.2	实训原理	53
3.7.3	实训设备	38	4.2.3	实训设备	56
3.7.4	实训内容	38	4.2.4	实训内容	56
3.7.5	实训注意事项	39	4.2.5	实训注意事项	57
3.7.6	实训报告	39	4.2.6	实训报告	57
3.8	RLC 串联谐振电路的研究	39	4.3	两级放大电路及负反馈放大电路的研究	58
3.8.1	实训目的	39	4.3.1	实训目的	58
3.8.2	实训原理	39	4.3.2	实训原理	58
3.8.3	实训设备	40	4.3.3	实训设备	59
3.8.4	实训内容	40	4.3.4	实训内容	60
3.8.5	实训注意事项	41	4.3.5	实训注意事项	60
3.8.6	实训报告	41	4.3.6	实训报告	61
3.9	三相交流电路的测量	42	4.4	差动放大器的性能研究	61
3.9.1	实训目的	42	4.4.1	实训目的	61
3.9.2	实训原理	42	4.4.2	实训原理	61
3.9.3	实训设备	42	4.4.3	实训设备	62
3.9.4	实训内容	42	4.4.4	实训内容	63
3.9.5	实训注意事项	44	4.4.5	实训注意事项	64
3.9.6	实训报告	44	4.4.6	实训报告	64
3.10	三相鼠笼式异步电动机的启动与正反转控制	44	4.5	集成运算放大器的基本应用	64
3.10.1	实训目的	44	4.5.1	实训目的	64
3.10.2	实训原理	44	4.5.2	实训原理	64
3.10.3	实训设备	45	4.5.3	实训设备	66
3.10.4	实训内容	45			

4.5.4	实训内容	66	5.2.4	实训内容	84
4.5.5	实训注意事项	67	5.2.5	实训注意事项	85
4.5.6	实训报告	67	5.2.6	实训报告	85
4.6	RC 正弦波振荡器	67	5.3	译码器及其应用	85
4.6.1	实训目的	67	5.3.1	实训目的	85
4.6.2	实训原理	68	5.3.2	实训原理	85
4.6.3	实训设备	69	5.3.3	实训设备	89
4.6.4	实训内容	69	5.3.4	实训内容	89
4.6.5	实训注意事项	70	5.3.5	实训注意事项	90
4.6.6	实训报告	70	5.3.6	实训报告	90
4.7	OTL 功率放大电路	70	5.4	数据选择器及其应用	90
4.7.1	实训目的	70	5.4.1	实训目的	90
4.7.2	实训原理	70	5.4.2	实训原理	90
4.7.3	实训设备	71	5.4.3	实训设备	92
4.7.4	实训内容	72	5.4.4	实训内容	92
4.7.5	实训注意事项	73	5.4.5	实训注意事项	93
4.7.6	实训报告	73	5.4.6	实训报告	93
4.8	直流稳压电源	73	5.5	触发器及其应用	93
4.8.1	实训目的	73	5.5.1	实训目的	93
4.8.2	实训原理	73	5.5.2	实训原理	93
4.8.3	实训设备	76	5.5.3	实训设备	95
4.8.4	实训内容	76	5.5.4	实训内容	95
4.8.5	实训注意事项	77	5.5.5	实训注意事项	97
4.8.6	实训报告	77	5.5.6	实训报告	97
第 5 章	数字电子技术实训	78	5.6	计数器及其应用	98
5.1	TTL 集成逻辑门的逻辑功能 与参数测试	79	5.6.1	实训目的	98
5.1.1	实训目的	79	5.6.2	实训原理	98
5.1.2	实训原理	79	5.6.3	实训设备	101
5.1.3	实训设备	81	5.6.4	实训内容	101
5.1.4	实训内容	81	5.6.5	实训注意事项	101
5.1.5	实训注意事项	82	5.6.6	实训报告	101
5.1.6	实训报告	83	5.7	移位寄存器及其应用	102
5.2	组合逻辑电路的设计与 测试	83	5.7.1	实训目的	102
5.2.1	实训目的	83	5.7.2	实训原理	102
5.2.2	实训原理	83	5.7.3	实训设备	105
5.2.3	实训设备	84	5.7.4	实训内容	105
			5.7.5	实训注意事项	106
			5.7.6	实训报告	106
			5.8	555 时基电路及其应用	107

5.8.1	实训目的	107	6.5	竞赛 30s 定时器设计	133
5.8.2	实训原理	107	6.5.1	实训任务与要求	133
5.8.3	实训设备	109	6.5.2	设计思路与参考方案	133
5.8.4	实训内容	109	6.5.3	实训电路安装与调试	136
5.8.5	实训注意事项	110	6.6	多路智力竞赛抢答器设计	136
5.8.6	实训报告	110	6.6.1	实训任务与要求	137
第 6 章	电子电路设计实训	111	6.6.2	设计思路与参考方案	137
6.1	电子电路基本设计方法	112	6.6.3	实训电路安装与调试	141
6.1.1	模拟电子电路的设计方法	112	6.7	简易数字钟的设计	141
6.1.2	数字电子电路的设计方法	114	6.7.1	实训任务与要求	141
6.2	功率放大器设计	115	6.7.2	设计思路与参考方案	141
6.2.1	实训任务与要求	116	6.7.3	实训电路安装与调试	144
6.2.2	设计思路与参考方案	116	6.8	电子电路设计实训任务	144
6.2.3	实训电路安装与调试	121	6.8.1	实训 1: 音响放大器	144
6.3	函数发生器设计	121	6.8.2	实训 2: 电子门铃	145
6.3.1	实训任务与要求	122	6.8.3	实训 3: USB 供电的音频 功率放大器	145
6.3.2	设计思路与参考方案	122	6.8.4	实训 4: 双路防盗报警器	145
6.3.3	实训电路安装与调试	127	6.8.5	实训 5: 声控开关电路	145
6.4	直流稳压电源设计	128	6.8.6	实训 6: 汽车尾灯控制电路	145
6.4.1	实训任务与要求	128	参考文献		147
6.4.2	设计思路与参考方案	128			
6.4.3	实训电路安装与调试	132			

第1章 实训综述

1.1 实训目的

电工电子技术是一门应用性、实践性很强的学科，实践是学习和研究电工电子技术的重要手段，既是对理论的验证，又是对理论的实施，同时还是对理论的进一步研究与探索。电工电子技术实训是应用型本科教育中的重要的实践教学环节。通过实训，学生可加深对基本理论和基本知识的理解，掌握电工电子技术测试的基本技能及归纳总结测试结果的能力，排除实践中出现故障的能力，激发和培养学生对小系统的设计和调试能力，从而达到应用型本科教育的培养目标。

本书以“应用型本科教育电工电子技术实践教学基本要求”为依据，以满足电工电子技术实训教学的需要为出发点，所编内容以基本训练为主，强化综合训练。全书共分电工技术实训、模拟电子技术实训、数字电子技术实训和电子电路设计实训 4 部分，包括电工技术实训 10 个，模拟、数字电子技术实训各 8 个，电子电路设计实训 8 个。不同的学校和专业可根据具体情况删减部分内容，以适应自身专业需要。

通过上述 4 部分的实训教学，学生能够理论联系实际。通过实训过程了解并掌握常用电工电子仪器仪表的工作原理和正确使用方法；掌握电工电路和电子电路的基本测量方法和基本实践技能；掌握常用低压电器的基本知识和使用技能；具备交流电安全用电的能力；掌握典型的应用电路及小系统的设计、组装、调试技术；掌握正确记录数据、处理数据、绘制曲线、误差分析的方法，得出正确合理的结论；能对电子电路进行仿真、分析和设计，且具有撰写合格实训报告的文字表达能力；加强从实训现象和结果中归纳、分析的能力；提高科学素养，养成严谨的工作作风、实事求是的科学态度，独立刻苦的钻研精神，培养遵守纪律、团结协作、爱护公物、勤于思考和勇于创新的优良品质。

1.2 实训准备与要求

为了完成实训任务，达到预期的实训目的，规范实训程序，培养学生实践操作技能，特提出如下的实训准备与要求。

1. 实训前的准备

为了避免盲目性，使实训过程能够有条不紊地进行，每个学生在实训前都要做好以下几方面的准备：

(1) 在进行实训操作之前，必须认真地预习实训教材中的相关内容，做到明确实训原理、实训目的和任务；

(2) 复习有关理论知识，认真完成所要求的电路设计，选择测试方案等任务；了解并掌握本次实训的仪器设备及其技术性能；

(3) 对实训中应记录的原始数据和待观察的波形先列表待用。

2. 实训要求

严格遵守实训操作规程是学好实训课程、增强实训效果、保证实训质量的重要前提，学生在实训过程中应做到以下几点。

(1) 按时到达实训室，认真听取老师对实训内容及要求的讲解，不允许在实训室随意走动、乱动设备、大声喧哗。

(2) 进行电工技术实训时，首先应将本次实训所用的设备和仪表、电路板安排在合适的位置，以便于接线、操作、读取数据和观察波形。接线应清楚整齐，以便于检查，导线应力求少用并尽量避免交叉，每个接线柱上不应连接三根以上导线。按实训电路图接好线路后，认真检查线路连接是否正确，发现错误应立即纠正，确认无误后方可接通电源，进行实训。

(3) 进行电子技术实训时，对照电路图，对实训电路板上的元器件和接线仔细进行循迹检查，检查各引线有无接错，特别是电源与电解电容的极性是否接反，各元器件接点有无漏焊、虚焊，并注意防止碰线短路等问题。经过认真仔细检查，确认安装无差错后，方可将实训电路板与电源和测试仪器接通。

(4) 按照实训的基本要求和方法进行测试，有目的地调整实训参数，正确读取数据并描绘曲线，记录实训数据并分析实训过程中出现的现象是否合理。

1.3 实训总结

实训报告是实训结果的总结和反映，也是实训课的继续和提高。通过撰写实训报告，一方面可以巩固理论知识，另一方面可以培养学生综合分析问题的能力。一次实训的价值在很大程度上取决于报告质量的高低，因此对实训报告的撰写必须予以重视。撰写一个高质量的实训报告必须做到以下几点。

(1) 以实事求是的科学态度认真做好每次实训。在实训过程中，对测量的各种原始数据应按实际情况记录下来，不能擅自修改，更不能弄虚作假。

(2) 对测量结果和所记录的现象要会分析和判断，不能对测量结果的正确与否一无所知，以致出现因数据错而重做的情况。如果发现数据有问题，要认真检查线路并分析原因。数据经初步整理后，请指导老师审阅后方可拆线。

(3) 基础实训部分的报告的主要内容包括以下几个方面：

- ① 实训目的；
- ② 实训设备；
- ③ 实训电路；
- ④ 步骤和测试方法；
- ⑤ 实训数据、波形和现象，以及对它们的处理结果；
- ⑥ 实训数据分析；
- ⑦ 实训结论；
- ⑧ 实训中问题的处理、讨论和建议，收获和体会。

在撰写实训报告时，常常要对实训数据进行科学的处理才能找出其中的规律，并得出正确的结论。常用的数据处理方法是列表和制图。实训所得的数据可分类记录在表格中，这样便于对数据分析和比较，实训结果也可绘成曲线直观地表示出来。

(4) 综合实训报告应主要包含以下几个方面：

- ① 实训目的；
- ② 项目设计方案论证，主要包括可行性设计方案论证、从可行性方案中确定最佳方案，项目设计要求按选择的方案进行硬件设计或软件编程，且列出所需硬件元器件清单；
- ③ 项目设计结果分析主要包括项目设计与制作结果的工艺水平，项目测试性能指标的正确性和完整性，软件运行情况和效果分析，故障或错误原因的分析 and 处理方法；
- ④ 实训中问题的处理、讨论和建议，收获和体会。

第2章 常用电子元器件

电子电路主要是由电子元器件组成的，这些电子元器件包括电阻器、电容器、电感器、半导体器件和集成电路等。电子元器件种类繁多，新的品种不断涌现，原有电子产品的性能也不断提高，因此，只有经常查阅近期有关资料，才能及时了解最新元器件，不断丰富自己的知识。只有掌握了电子电路的基本理论和设计方法，熟悉元器件的选用知识，才能正确设计、组装、调试电子电路，制作出价廉物美的合格的电子产品。

2.1 电阻器

电阻器简称电阻，是电子电路中应用最广泛的一种元器件，在电路中的主要用途有限流、降压、分压、分流、负载和取样等。常用电阻器的电路符号如图 2.1 所示。

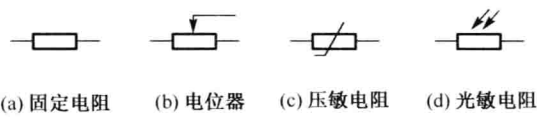


图 2.1 电阻器的电路符号

2.1.1 电阻器的分类

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。固定电阻器按材料的不同，可分为碳膜电阻、金属膜电阻和绕线电阻等。可变电阻器可分为可调电阻器和电位器两种，其中电位器应用较多，它是一种具有三个端子的可变电阻器，其阻值可在一定范围内变化。可调电位器有立式和卧式之分，分别用于不同的电路中。几种常用电阻的种类及特点如表 2.1 所示。

表 2.1 常用电阻的种类及特点

种 类	特 点
碳膜电阻	碳膜的厚度决定电阻值的大小，通常改变碳膜的厚度和用刻槽的方法可得到不同的阻值。碳膜电阻稳定性良好，负温度系数小，高频特性好，受电压和频率影响小，价格低
金属膜电阻	除具有碳膜电阻的特征外，比碳膜电阻精度高，稳定性好，体积小，工作频率范围大，噪声小，成本较高
绕线电阻	这种电阻分固定和可变两种，工作稳定，耐热性能好，误差范围小，适用于大功率场合，额定功率一般在 1W 以上
敏感电阻	以半导体为材料，可将某些非电量转换为电量，如光敏、压敏、热敏等
碳膜电位器	连续且范围宽，精度较差，耐温耐潮性差，使用寿命较低
绕线电位器	阻值变化范围小，功率较大

2.1.2 电阻器的型号命名法

电阻器的命名一般由四部分组成，第一部分用字母表示主称，第二部分用字母表示材料，第三部分用数字或字母表示分类，第四部分用数字表示序号等。其符号和意义如表 2.2 所示。

表 2.2 电阻器的型号命名法

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		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	包括： 序号 额定功率 阻值 允许误差 精度等级
W	电位器	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	7	精密	
		Y	氧化膜	8	高压	
		S	有机实芯	9	特殊	
		N	无机实芯	G	高功率	
		X	绕线	T	可调	
		R	热敏	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
		M	压敏	W	微调	
				D	多圈	

2.1.3 电阻器的主要技术参数

1. 标称阻值和允许误差

电阻的国际单位是欧姆，用 Ω 表示。除欧姆外，还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。它们之间的换算关系为： $1k\Omega = 1000\Omega$ ， $1M\Omega = 1000k\Omega$ 。

标称阻值通常是指电阻器上标注的电阻值。目前，电阻标称阻值有三大系列：E6、E12、E24，其中 E24 系列最全面，如表 2.3 所示。实际根据表 2.3 中所列标称阻值乘以 10^N （ N 为整数）表示实际的电阻值，例如，标称值 1.8 可表示 1.8Ω ， 18Ω ， 180Ω ， $1.8k\Omega$ ， $180k\Omega$ ， $1.8M\Omega$ 等实际电阻值。往往电阻的实际值与标称值之间存在一定的差别，电阻的实际值和标称阻值的偏差除以标称阻值所得的百分数，称为电阻的允许误差。常用电阻允许误差的等级有 I 级（ $\pm 5\%$ ）、II 级（ $\pm 10\%$ ）、III 级（ $\pm 20\%$ ）。误差为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 的电阻称为精密电阻。误差越小，电阻精度越高。

表 2.3 电阻标称阻值系列

系列	允许误差/%	标称阻值
E24	± 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, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E12	± 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	± 20	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

2. 额定功率

额定功率是指在标准大气压和规定的环境温度下，电阻长期连续负荷运行而不改变其性能所允许消耗的最大功率。选用电阻时，要留有一定的余量。一般选择其额定功率比实际功率大 1~2 倍。常用的有 0.05W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W、5W。

3. 极限工作电压

极限工作电压是指电阻的最大安全工作电压，当电阻器的工作电压过高时，虽然电阻器的功率未超过额定功率，但电阻器内部因其电流密度过大，电阻将会过热而损坏或失效。

2.1.4 电阻值的标志方法

1. 直标法

直标法是指将电阻的主要参数直接印注在电阻表面。采用直标法的电阻，其电阻值用阿拉伯数字，允许误差用百分数直接标注在电阻的表面上。若电阻上未标注偏差，则均为 $\pm 20\%$ 。例如， $4.2\text{k}\Omega \pm 5\%$ 。

2. 文字符号法

文字符号法也是将有关参数直接标在电阻表面的。区别在于，采用文字符号法标注的电阻值和允许误差是用数字和符号组合在一起表示的。具体的规定是：单位符号 Ω （或 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ ）前面的数字表示阻值的整数部分，单位符号后面的数字表示阻值的小数部分，例如， $2\text{K}7$ 表示 $2.7\text{k}\Omega$ 。

3. 色环法

色标法就是用颜色表示电阻的数值及精度。普通电阻大多用四个色环表示其阻值和允许误差。第一、二环表示有效数值，第三环表示倍率（乘数），与前三环距离较大的第四环表示精度。精密电阻采用五个色环标志，第一、二、三环表示有效数字，第四环表示倍率，与四环距离较大的第五环表示精度。色环颜色所代表的数值和意义如表 2.4 所示。

表 2.4 色环颜色所代表的数值和意义

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
代表倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
允许误差/%	1	1	2			0.5	0.25	0.1			5	10	20

例如，标有蓝、灰、橙、金四环的电阻，其阻值大小为 $68 \times 10^3 = 68000\Omega = 68\text{k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ ；标有棕、黑、绿、棕、棕五环的电阻，其阻值大小为 $105 \times 10^1 = 1050\Omega = 1.05\text{k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 1\%$ 。

2.1.5 电阻值的简易测试

电阻值的测试主要是用万用表的电阻挡进行测量。

（1）按数字万用表使用方法，黑表笔接“COM”口，红表笔接“V Ω ”口。将挡位旋钮置于电阻挡，先选大倍率挡，然后逐渐减小。

（2）右手拿万用表的两个表笔，左手拿被测电阻，两个表笔分别接触电阻的两根引线，读出电阻值。

注意测量时，手不要碰电阻两端或接触表笔的金属部分，否则会引起测试误差。在电路中测量电阻应切断电源，要考虑电路中其他的元器件对电阻值的影响。

2.2 电容器

理想的电容器是一种储能元件，在电路中存储电荷。电容器也是电子电路中用得较多的一种电子元器件，常用于电路中的滤波、耦合、调谐、隔直、延时、交流旁路和能量转换。

2.2.1 电容器的分类

电容器按结构，可分为固定电容、可变电容和微调电容；按材料介质，可分为气体介质电容、纸介电容、云母电容、瓷介电容、电解电容等；按有无极性，可分为有极性电容和无极性电容。其电路符号如图 2.2 所示。

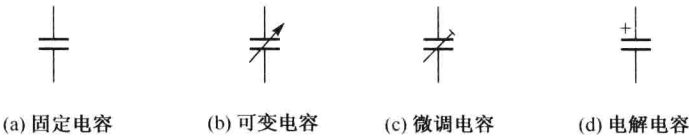


图 2.2 电容器的电路符号

2.2.2 电容器的型号命名法

电容器的型号命名由三部分组成，各部分的符号及意义如表 2.5 所示。

表 2.5 电容器的型号命名法

第一部分		第二部分				第三部分			
主称		材料				分类			
符号	意义	符号	意义	符号	意义	数字	意义		
C	电容器	C	高频陶瓷	Q	漆膜	1	瓷	云母	有机
		T	低频陶瓷	H	复合介质		圆形	非密封	非密封
		I	玻璃釉	D	电解质	2	管形	非密封	非密封
		O	玻璃膜	A	钽电解质	3	叠片	密封	密封
		Y	云母	N	银电解质		独石	密封	密封
		V	云母纸	G	合金电解质	4	穿心	—	穿心
		Z	纸介	L	涤纶等有极性有机薄膜	5	支柱	—	—
		J	金属化纸		聚碳酸酯极性有机薄膜	6	—	—	—
		B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜	LS	其他材料电解质	7	高压	高压	高压
		BF	聚四氟乙烯非极性有机薄膜	E	质	8	—	—	特殊

2.2.3 电容器的主要性能参数

1. 标称容量和允许误差

电容的国际单位是法拉，用 F 表示，常用的还有微法（ μF ）和皮法（ pF ）。它们之间的换算关系为： $1\text{pF} = 10^{-6}\mu\text{F} = 10^{-12}\text{F}$ 。

标称容量是标志在电容器上的电容量。实际生产的电容器的容量和标称容量之间总会有误差。实际容量与标称容量的允许误差范围称为允许偏差范围。一般分为三个等级,用 I 级 ($\pm 5\%$)、II 级 ($\pm 10\%$)、III 级 ($\pm 20\%$) 表示。通常标称容量和误差都标志在电容器的壳体上,以便识别和选用。

2. 额定工作电压

额定工作电压是指电容器在线路中能长期可靠工作所能承受的最高电压。一般标志在电容器的壳体上,供选用时参考。耐压值选得太低,电容器容易被击穿;选得太高,又会增大电容器的体积,同时还要增加成本。常用的固定式电容器的直流工作电压系列为: 6.3V, 10V, 16V, 25V, 35V, 50V, 68V, 100V, 160V, 250V, 400V。

3. 绝缘电阻

绝缘电阻是额定工作电压下的直流电压与通过电容的漏电流的比值。它的大小反映了电容器绝缘性能的好坏。绝缘电阻越小,漏电流就越大,电能损耗越多,这种损耗不仅影响电容的寿命,而且会影响电路的工作。因此,绝缘电阻越大越好,一般应在 $5000\text{M}\Omega$ 以上,优质电容器可达 $\text{T}\Omega$ ($10^{12}\Omega$, 称为太欧) 级。

2.2.4 电容器的标志方法

1. 直标法

直标法是把电容器的型号规格、容量、耐压及误差等用阿拉伯数字和单位符号直接标注在电容的壳体上。其中,误差一般用字母表示。常见的表示误差的字母有 J ($\pm 5\%$) 和 K ($\pm 10\%$) 等。例如, 47nJ100 表示容量为 47nF 或 $0.047\mu\text{F}$, 误差 $\pm 5\%$, 耐压值为 100V。

当电容器所标容量没有单位时,在读其容量时可按如下原则: 当容量在 $1\sim 10^4$ 之间时,单位为 pF; 当容量大于 10^4 时,单位为 μF 。

2. 数码法

数码法是指用数值与倍率的乘积表示电容量。一般是用三位数字表示电容器的容量,其中前两位数字为数值,第三位数字为倍率,即乘以 10^n , n 的范围是 $1\sim 9$ 。例如, 222 表示 $22\times 10^2 = 2200\text{pF}$ 。

3. 色标法

色标法的表示方法与电阻的色环法类似,其颜色所代表的数字与电阻的色环一致,单位为 pF。例如,红红橙表示 $22\times 10^3\text{pF}$ 。

2.2.5 电容器的简易测试

电容器也是电子电路中用得最多的电子元件之一。它的好坏直接影响到整机的性能,同时也是容易失效的元件,因此在电容器装入电路之前应进行检测。

根据电容器容量的大小,适当选择模拟万用表欧姆挡量程(根据经验,一般情况下, $1\sim 47\mu\text{F}$ 间的电容,则万用表用 $\text{R}\times 1\text{K}$ 挡,大于 $47\mu\text{F}$ 的电容可用 $\text{R}\times 100\Omega$ 挡测量),两表笔分别接触电容的两根引线,用黑表笔接正极,红表笔接负极(电解电容器测试前应先将正、负极

短路放电)。表针应顺时针摆动,然后逆时针慢慢返回 ∞ 处,容量越大,摆动幅度越大。表针静止时的指示值就是被测电容的漏电阻,此值越大,电容器的绝缘性能就越好,质量好的电容漏电阻值很大,在几百兆欧以上。在测量过程中,静止时,表针距 ∞ 较远或表针退回到 ∞ 处又顺时针摆动,这都表明电容漏电严重。若表针在0处始终不动,则说明电容内部短路。

也可用数字万用表来测量电容的漏电阻。测量时要注意对电容进行放电,注意红表笔接正极,黑表笔接负极。注意应当在数字万用表显示为 ∞ 稳定后再进行测量。对于4700 pF以下的小容量电容器,由于容量小、充电时间短、充电电流小,所以用万用表的高阻值挡也看不到阻值,此时可借助电容表直接测量其容量。

2.3 电感器

电感器简称电感,电感和电容一样,也是一种储能元件,它能把电能转变成磁场能,并在磁场中存储能量。在电路中,电感有阻流、变压和传送信号等作用,它具有阻止交流电通过而让直流电通过的特性。电感经常和电容一起工作,构成LC滤波器、LC振荡器等。另外,人们还利用电感的特性,制造了阻流圈、变压器、继电器等。

2.3.1 电感器的分类

电感器按电感量变化情况,可分为固定电感器、可变电感器、微调电感器等;按电感器线圈性质,可分为磁芯电感器、铜芯电感器等;按绕制特点,可分为单层电感器、多层电感器、蜂房电感器等。其电路符号如图2.3所示。

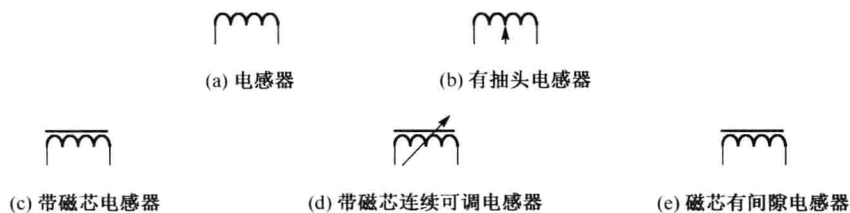


图 2.3 电感器的电路符号

2.3.2 电感器的主要性能参数

1. 电感量

电感的国际单位是亨利,用H表示。常用的还有毫亨(mH)和微亨(μH)。它们之间的换算关系为: $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

电感量也称自感系数,是表示电感器产生自感能力的一个物理量,电感量的大小主要取决于线圈的圈数、形状、尺寸和线圈中有无磁芯及磁芯材料的性质。一般来说,线圈的直径越大,绕制的圈数越多,则电感量越大。有磁芯比无磁芯的电感量要大得多;磁芯磁导率越大的线圈,电感量也越大。

2. 品质因数

品质因数也称Q值,是反映电感器传输能量的一个性能指标,是线圈在某一频率的交流