

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

现代PCB设计及 雕刻工艺实训教程

沈月荣 主编
程婧 申继伟 王艳 副主编

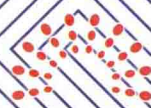
The Training Tutorial of Modern
PCB Design and Sculpture Craft



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



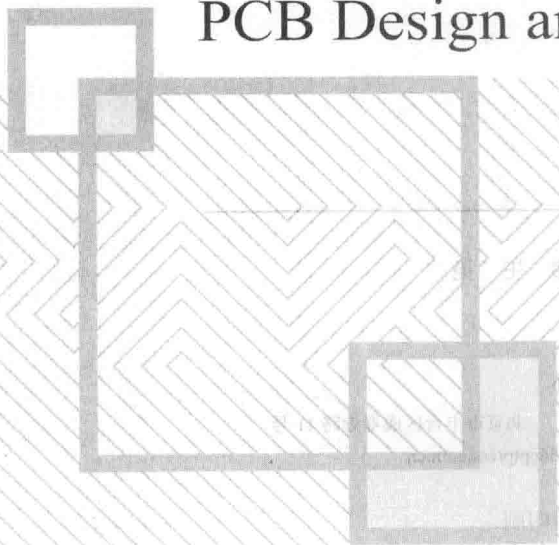
高校系列

高等院校信息通信工程规划教材
University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

现代PCB设计及 雕刻工艺实训教程

沈月荣 主编
程婧 申继伟 王艳 副主编

The Training Tutorial of Modern
PCB Design and Sculpture Craft



人民邮电出版社

北京



高校系列

图书在版编目 (CIP) 数据

现代PCB设计及雕刻工艺实训教程 / 沈月荣主编. —
北京: 人民邮电出版社, 2015. 9
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-39749-2

I. ①现… II. ①沈… III. ①印刷电路—计算机辅助
设计—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第182696号

内 容 提 要

本书注重体现实践技能的培养,分为基础篇和实践篇,共11章:第1章为常用元器件的检测与应用;第2章为电子测量技术应用;第3章为基本技能训练;第4章为印制电路板的设计与制作;第5章为线路板制作工艺;第6章为收音机原理分析;第7章为基本实践技能训练;第8章为收音机实践训练;第9章为模拟电子线路实践训练;第10章为数字电路实践训练;第11章为单片机实践训练。最后在附录A中介绍常见元器件;附录B中介绍常用集成电路元件;附录C中介绍保险元件及常用耗材;附录D中介绍电子小制作常用工具、仪表;附录E中介绍电子实习规章制度;附录F中介绍安全规章制度;附录G中介绍安全用电常识。通过本书的学习,学生能具备电子整机装配知识和从事生产线电子整机装配的基本技能,并掌握电子产品的现代化加工流程、先进的制造技术和最新的加工工艺。

本书可作为高等院校电子实习实训教材,还可供相关行业人员自学参考。

-
- ◆ 主 编 沈月荣
 - 副 主 编 程 婧 申继伟 王 艳
 - 责任编辑 张孟玮
 - 执行编辑 税梦玲
 - 责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 18.75 2015年9月第1版
 - 字数: 456千字 2015年9月北京第1次印刷
-

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

项目	内容	学时
1.1 课程简介	1.1.1 课程性质与任务	2
1.2 课程目标	1.2.1 知识目标	2
1.3 课程考核	1.3.1 考核方式	2
1.4 课程资源	1.4.1 教材与参考书目	2
1.5 课程评价	1.5.1 评价方式	2

前言

随着电子产品制造技术的发展，应用型本科学校的电子工艺基础教学存在的主要问题是传统的教学内容与现代电子生产企业生产实际差异的不断增大。本书的编写尝试打破原来的学科知识体系，按现代电子企业的生产流程来构建“电子工艺实习”课程的技能培训体系，即原理图的设计与绘制，软件程序的设计，PCB 印刷电路板的雕刻，元器件的认知与测试，硬件电路的组装、焊接与调试。

本书根据教育部关于推动高校生产实习基地建设，提高生产实习教学质量的文件精神编写。“电子工艺实习”是应用型技术人才本科院校电子信息类实践教学环节的必修课，是一门重要的基础实践课程。本书提供了多个电子产品实物制作案例，通过原理图设计软件，PCB 制作软件，雕刻、焊接、装配、调试技术，使学生掌握电工电子相关操作技能，能够将基本技能训练、基本工艺知识相结合，为学生提供一个实践平台。

本书是编者在积累多年的教学实践经验的基础上，参考现代电子企业的生产技术文件编写而成的。本书既强调基础，又体现新知识、新技术、新工艺，教学内容与实际电子产品制作相结合。在编写体例上采用新的形式和简约的文字表述，采用大量实物图片，图文并茂，直观明了。全书注重理论和实践相结合，每章内容设置课后习题，并通过配套的技能实训项目来加强学生技能的培养。

本课程为 200 课时，各章的参考教学课时见以下的课时分配表。

章节	课程内容	课时分配	
		讲授	实践训练
第 1 章	常用元器件的检测与应用	4	4
第 2 章	电子测量技术应用	2	2
第 3 章	基本技能训练	2	4
第 4 章	印制电路板的设计与制作	8	20
第 5 章	线路板制作工艺	4	0
第 6 章	收音机原理分析	8	0
第 7 章	基本实践技能训练	2	4
第 8 章	收音机实践训练	2	30
第 9 章	模拟电子线路实践训练	4	30

续表

章 节	课 程 内 容	课 时 分 配	
		讲授	实践训练
第 10 章	数字电路实践训练	4	30
第 11 章	单片机实践训练	4	32
课 时 总 计		44	156

通过本书这一系列的流程学习，学生能熟悉和掌握电子产品的制作过程，理解电子线路的理论知识，积累电路板设计的实践经验，以及在雕刻印制板中要注意的技巧和要领，提高发现问题和解决问题的能力。

本书由沈月荣任主编，程婧、申继伟、王艳任副主编，孟迎军教授、钱建平教授任主审。同时，本书部分实验配有二维码，学生通过扫二维码，可观看在线视频，在此，也感谢殷明同学在视频拍摄中提供的帮助！感谢无锡华文默克有限公司提供的雕刻机系列产品的相关资料，感谢该公司程明经理及其相关技术人员的技术支持！

感谢南京理工大学紫金学院领导在本书出版过程中的大力支持和帮助！

编 者

2015 年 5 月

章 节	课 时	课 程 内 容	备 注
第 1 章	4	绪论	
第 2 章	4	PCB 设计基础知识	
第 3 章	4	PCB 设计软件	
第 4 章	4	PCB 设计软件	
第 5 章	4	PCB 设计软件	
第 6 章	4	PCB 设计软件	
第 7 章	4	PCB 设计软件	
第 8 章	4	PCB 设计软件	
第 9 章	4	PCB 设计软件	
第 10 章	4	PCB 设计软件	
第 11 章	4	PCB 设计软件	

第1篇 基 础 篇

第 1 章 常用元器件的检测与应用 4

1.1 电阻器与电位器 4

1.1.1 常用电阻器 4

1.1.2 电位器的检测 9

1.2 电容器 10

1.2.1 电容器的种类 10

1.2.2 电容的主要技术参数 11

1.2.3 电容器的标志识别 14

1.2.4 万用表对电容器的粗测 14

1.2.5 万用表对电容器 μF 值的 测量 15

1.2.6 万用表对小电容器性能的 测试 15

1.2.7 数字万用表对小容量电容器 的测试 16

1.2.8 万用表对电解电容器极性的 判断 16

1.3 晶体二极管 16

1.3.1 晶体二极管结构及其单向导 电性 16

1.3.2 二极管整流电路 18

1.3.3 半导体二极管的两个主要 参数 19

1.3.4 二极管的简易测试 19

1.4 中、小功率三极管 20

1.4.1 三极管结构及引脚 20

1.4.2 PNP 型与 NPN 型三极管的 判别 20

1.4.3 三极管的电极判别 21

1.4.4 三极管的电流放大作用 22

1.4.5 三极管的在路检测 23

1.5 集成电路 24

1.6 晶闸管 26

1.7 贴片元件及贴片工艺 27

1.7.1 贴片电阻器 28

1.7.2 贴片电容器 29

1.7.3 贴片电感器 30

1.7.4 贴片二极管 32

1.7.5 贴片三极管 32

1.7.6 贴片集成电路 33

1.8 微型继电器 33

1.8.1 微型继电器的作用与 分类 33

1.8.2 继电器的主要电气参数 33

1.9 电声器件 34

1.9.1 扬声器 34

1.9.2 选用电声元件的注意事项 35

1.9.3 用万用表判断扬声器的 好坏 35

1.10 显示器件 36

1.10.1 用数字万用表检测 LED 数码管 36

1.10.2 用数字万用表检测共阴极 LED 数码管	36	3.4 手工焊接的工艺流程和方法	60
1.10.3 用万用表对发光二极管的检测	37	3.4.1 手工焊接的基本步骤	60
1.11 三端电源稳压器	37	3.4.2 手工焊接的常识	61
1.11.1 种类和命名方法	37	3.5 导线和接线端子的焊接	64
1.11.2 78/79 系列三端稳压器	38	3.5.1 绕焊	64
1.11.3 引脚识别与主要性能检测	40	3.5.2 钩焊	64
1.12 面包板及面包板的插接方式	40	3.5.3 搭焊	65
思考与练习	42	3.5.4 插焊	65
第 2 章 电子测量技术应用	43	3.6 印制电路板上的焊接	65
2.1 电子测量概述	43	3.6.1 焊接方法	65
2.1.1 电子测量的内容	43	3.6.2 焊接要求	66
2.1.2 电子测量的类型	44	3.7 特殊元器件的焊接要求	66
2.1.3 电子测量方法	44	3.7.1 MOS 集成电路的焊接	66
2.1.4 测量方法的选择及测量仪器的选用	44	3.7.2 片状元器件的印制板焊盘要求	67
2.1.5 电子测量仪器的分类	45	3.7.3 继电器的焊接	67
2.1.6 常用仪器的作用	46	3.7.4 瓷质元件的焊接	67
2.1.7 非电量的电测法	46	3.7.5 开关元件的焊接	67
2.2 常用电子测量仪表——万用电表	47	思考与练习	68
2.3 测量方法问题	51	第 4 章 印制电路板的设计与制作	69
2.4 信号地的连接方法	52	4.1 印制电路板的基础知识	69
2.5 测量仪器共地的问题	53	4.1.1 印制电路板的分类	69
思考与练习	55	4.1.2 印制电路板设计要符合设计原则	70
第 3 章 基本技能训练	56	4.1.3 焊接方式	70
3.1 焊料与焊剂	56	4.1.4 插接器连接方式	71
3.1.1 焊料	56	4.2 印制电路板的排版设计	72
3.1.2 焊剂	57	4.2.1 印制电路板的设计原则	72
3.2 焊接工具的选用	57	4.2.2 布线的原则	72
3.2.1 电烙铁的基本结构	58	4.2.3 印制电路板干扰的产生及抑制	72
3.2.2 外热式和内热式电烙铁简介	58	4.2.4 元器件排列及安装方式	73
3.2.3 电烙铁的选用和温度控制	59	4.2.5 元器件布设原则	74
3.2.4 电烙铁的使用和维护	59	4.2.6 焊盘及孔的设计	74
3.3 保证焊接质量的因素	60	4.2.7 印制导线设计	76
		4.2.8 草图设计	77
		4.2.9 制版底图绘制	79
		4.2.10 制版工艺图	79

4.3 印制电路板制造过程的基本环节	80	5.5.4 溶剂使用注意事项	136
4.4 印制板加工技术要求	81	5.6 HW-TN200 镀锡机	136
4.5 Protel 99 SE 的电路设计	82	5.6.1 HW-TN200 镀锡机的性能和用途	136
4.5.1 Protel 99 SE 的安装步骤	82	5.6.2 HW-TN200 镀锡机的主要技术规格	137
4.5.2 计算机辅助设计印制电路的新概念	85	5.6.3 HW-TN200 使用说明	137
4.5.3 Protel 99 SE 电路设计简介	85	5.7 HW-2004 小型全自动回流焊	137
4.5.4 电路原理图设计	86	5.7.1 主要技术特性	138
4.5.5 印制电路图设计	99	5.7.2 仪器安装	138
思考与练习	113	5.7.3 温度曲线设定	139
第 5 章 线路板制作工艺	114	5.7.4 编程实例	142
5.1 HW-3030V 视频雕刻机简介	115	5.7.5 控制面板使用说明	143
5.1.1 视频雕刻机的功能	115	5.7.6 使用注意事项	144
5.1.2 视频雕刻机的主要结构和部件	115	思考与练习	146
5.1.3 HW-3030V 视频雕刻机的规格和技术参数	116	第 6 章 收音机原理分析	147
5.2 HW-3030V 视频雕刻机的安装	117	6.1 收音机的基本工作原理	147
5.2.1 运输和储存条件	117	6.2 超外差式收音机与直放式相比的主要优点	149
5.2.2 环境及电源要求	117	6.3 9018 型袖珍收音机原理分析	149
5.2.3 仪器及配套软件的安装	117	6.3.1 输入调谐回路电路	151
5.3 HW-3030V 视频雕刻机软件的使用	118	6.3.2 变频级电路	151
5.3.1 生成加工文件	118	6.3.3 中频放大电路	152
5.3.2 视频雕刻软件功能说明	125	6.3.4 检波级电路	153
5.4 HW-3030V 视频雕刻机制作电路板	133	6.3.5 自动增益控制电路	153
5.4.1 雕刻前的准备工作	133	6.3.6 低频放大电路	153
5.4.2 钻孔操作步骤	133	6.3.7 无输出变压器的推挽功率放大器	153
5.4.3 线路板割边操作步骤	134	6.4 9018 型袖珍收音机部分器件说明	154
5.4.4 HW-3030V 视频雕刻机的使用技巧及注意事项	134	6.4.1 磁棒天线及使用电路分析	154
5.5 HW-K1000 金属孔化箱的使用	134	6.4.2 收音机输入调谐电路原理分析	155
5.5.1 部件功能说明	134	6.4.3 可变电容器和微调电容器及其使用电路分析	155
5.5.2 电镀过孔的基本参数	135	6.4.4 振荡线圈和中频变压器及其电路分析	156
5.5.3 电镀过孔的工艺流程	135	6.4.5 本机振荡器的工作原理	157

6.4.6 中频选频电路分析	158	6.7.2 元器件清单	164
6.4.7 音频输入变压器使用电路 分析	158	6.7.3 TA7613AP 集成芯片 简介	165
6.5 几种常用的检修方法	159	6.7.4 安装及焊接技术	166
6.5.1 直观检修法	159	6.7.5 测试与调整	167
6.5.2 干扰法	159	6.8 调频调幅二波段——208HAF 收音机	167
6.5.3 短路法	159	6.8.1 电路原理图	167
6.5.4 代替法	160	6.8.2 元器件清单	167
6.5.5 电压、电流检查法	160	6.8.3 安装流程	167
6.6 PNP 型超外差收音机电路原理 分析	160	6.8.4 波段的调整步骤	169
6.7 9018 集成电路收音机原理	164	思考与练习	169
6.7.1 电路原理图	164		
第 2 篇 实践创新篇			
第 7 章 基本实践技能训练	172	9.10 红外探测器	207
7.1 电信号定量测定的方法	172	9.11 晶闸管的简易测试及导通关断 条件实验	210
7.2 基本技能焊接训练	175	9.12 光电探测器响应时间的 测试	213
第 8 章 收音机实践训练	176	9.13 利用集成运放设计放大 电路	215
8.1 9018 收音机的装配	176	思考与练习	218
8.2 集成电路超外差式调幅收音机的 组装	179	第 10 章 数字电路实践训练	219
8.3 6 管收音机的组装调试修理	182	10.1 555 定时器的应用	219
8.4 调频调幅二波段——208HAF 收音机的制作	186	10.2 可控硅多路抢答器的装配与 调试	222
第 9 章 模拟电子线路实践训练	188	10.3 录放音电路	224
9.1 直流稳压电源器的制作与 组装	188	10.4 声光双控节电灯的制作	226
9.2 基于 LM2576 的直流稳压 电源	190	10.5 七彩循环装饰灯控制器的 制作	229
9.3 LM317 可调稳压电源套件的 组装与调试	192	10.6 红外光发射器	231
9.4 声控闪光电路	195	思考与练习	232
9.5 步进电机驱动电路	196	第 11 章 单片机实践训练	234
9.6 纹波电压的测试	199	11.1 单片机最小系统	234
9.7 声光控（带触摸）延时开关电路的 制作	200	11.2 温度控制电路设计	236
9.8 光控音乐门铃的组装与调试	202	11.3 彩灯控制电路	239
9.9 台灯调光电路的制作与调试	205	11.4 程控电压表	241
		11.5 数字钟电路设计	245

11.6	电子秤电路设计	247
11.7	电子密码锁电路设计	249
11.8	频率计电路设计	252
11.9	低频信号发生器设计	254
11.10	酒精浓度检测仪电路设计	257
11.11	智能交通灯电路设计	260
11.12	金属探测器设计	262
11.13	煤气报警电路设计	264
	思考与练习	267

附录 A	常见元器件	268
附录 B	常用集成电路元件	278
附录 C	保险元件及常用耗材	280
附录 D	电子小制作常用工具、仪表	282
附录 E	电子实习规章制度	284
附录 F	安全规章制度	285
附录 G	安全用电常识	286
	参考文献	290

本课程是学习电子技术（Electronic Technology）的重要基础。本课程主要介绍电子技术的基本概念、基本理论和基本实验。通过学习，使学生掌握电子技术的基本知识，为后续课程的学习打下基础。本课程的教学目标是：使学生了解电子技术的发展概况，掌握电子技术的基本概念、基本理论和基本实验，为后续课程的学习打下基础。

第1章 电路

日常生活中随处可见电路，如家庭电路、工业电路、通信电路等。

第1篇 基础篇

电路是电子技术的基础，也是电子技术的重要组成部分。

电路是由电源、负载、导线和开关等元件组成的。电路的作用是实现电能的传输和转换，以及信号的传递和处理。电路的分析方法是电子技术的基础，也是电子技术的重要组成部分。本章主要介绍电路的基本概念、基本定律和基本分析方法。

电路的分析方法是电子技术的基础，也是电子技术的重要组成部分。

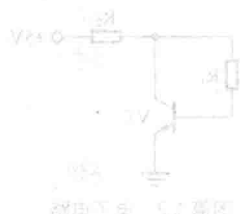


图 1-1 简单电路

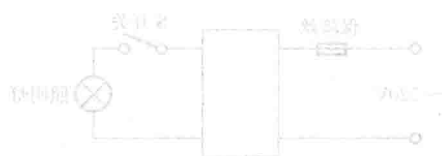
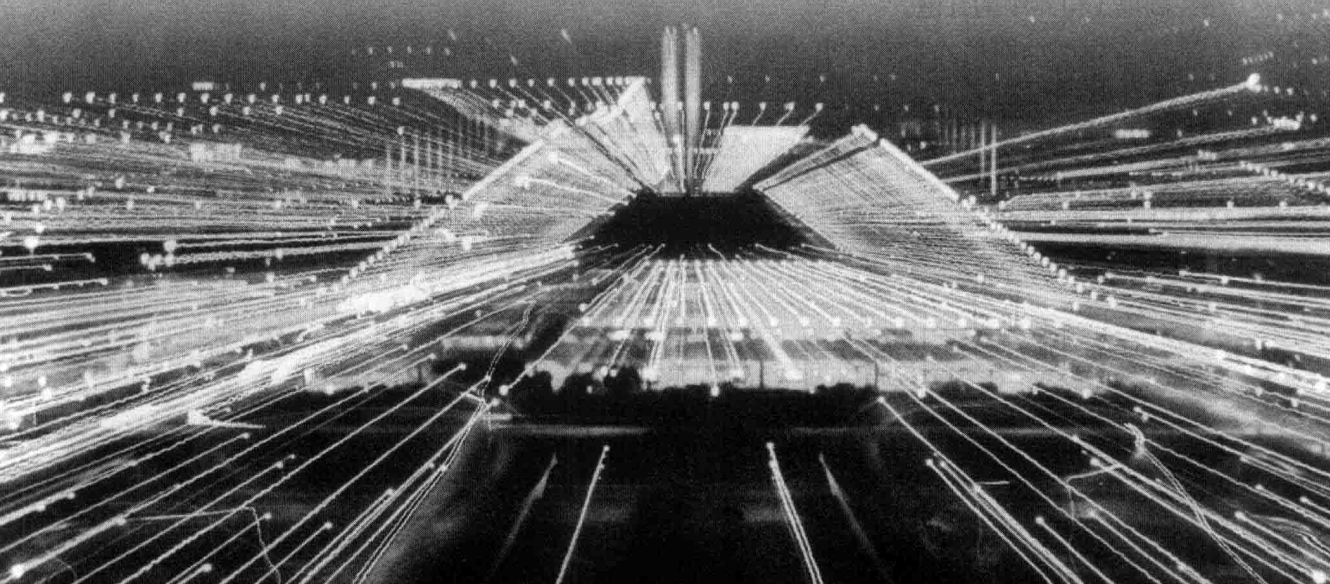


图 1-2 带开关的电路

电路的分析方法是电子技术的基础，也是电子技术的重要组成部分。本章主要介绍电路的基本概念、基本定律和基本分析方法。

电路的分析方法是电子技术的基础，也是电子技术的重要组成部分。本章主要介绍电路的基本概念、基本定律和基本分析方法。



掌握基础知识是学习电子技术（Electronic Technology）的必要条件。有的学生在分析电路时，不知从何下手，究其原因就是没有全面地学习电子技术基础知识，系统分析整机电路。总电路都是由多个单元电路组合成的，在学习过程中，理解元器件和电路的工作原理和工作特性，显得至关重要。

1. 电路

日常生活中到处可以看见电路，有电通过的线路都是电路。

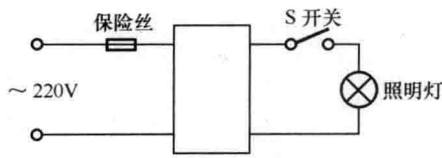
2. 电工电路与电子电路的区别

电工电路（Electrical Circuit）与电子电路（Electronic Circuit）的区别在于电路中工作的电压高低不同。

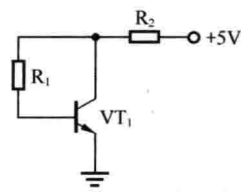
电工电路如图篇 1.1 所示。

工业用电的电压是三相交流 380V，民用市电的电压是交流 220V，采用这类电源供电的电路称为电工电路。例如，机械设备动力电路、常用照明电路、洗衣机的供电电路等都是电工电路。

电子电路如图篇 1.2 所示。



图篇 1.1 电工电路

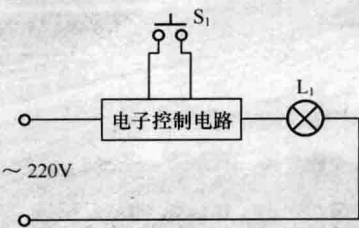


图篇 1.2 电子电路

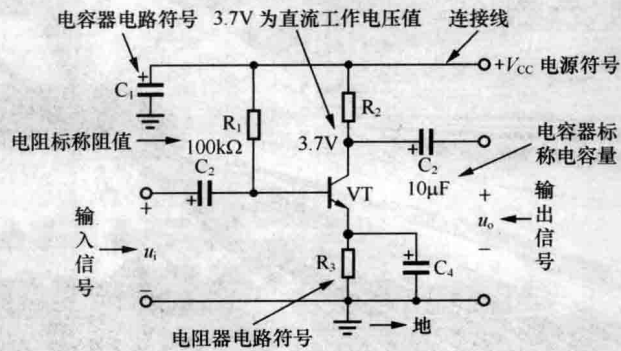
收音机、电视机等电器内部的电路主要由电子元器件构成。在一般情况下，用低电压、微小电流驱动电路工作的电路，称为电子电路。例如，电路中的三极管 VT_1 在工作时需要的低电压，所以这样的电路是电子电路。

现代技术的交叉发展将电工技术与电子技术融合在一起，电工电路中有电子电路，如用弱电的电子电路控制强电的电工电路。图篇 1.3 所示的楼道延时门灯控制电路就是用电子电路控制电工电路中的灯泡。

那么用图纸的形式来表示电子电路的组成和构造，这样的图纸称为电子电路图，如图篇 1.4 所示。



图篇 1.3 电子控制电路



图篇 1.4 电子电路图

电子电路图的种类较多。通常，可由一个单元图来组成诸多电子元器件的工作情况。从图篇 1.4 中看到电子电路图就是将一些电子元器件的电路符号用连接线连接起来，表示电路的组成情况，根据这样的电路图就能表示出电路的工作原理。例如，电阻器用一个矩形加一个大写 R 字母表示。每一个元器件都有自己的电路符号。要学好电子电路的知识，就必须从识别并记住各种各样的元器件及其对应符号及字母着手，建立起实物与电路图之间初步的对应印象。

续表

材 料	20℃时的电阻率 ρ ($M\Omega \cdot M$)
碳	25
康铜 (54%铜, 46%镍)	0.50
锰铜 (86%铜, 12%锰, 2%镍)	0.43

不同材料的电阻率是不同的。相同的材料做成的导体, 直径越大电阻越小, 长度越大电阻越大。此外, 导体的电阻大小还与温度有关。金属材料的电阻随着温度的升高而增加, 呈现正温度特性; 石墨和碳等非金属材料的电阻随着温度的升高而减小, 呈现负温度特性。

2. 电阻器与电位器的型号与命名方法

电阻器的种类很多, 从构成材料上可分为有碳制电阻器 (Carbon Resistor)、碳膜电阻器 (Carbon Film Resistor)、金属膜电阻器 (Metal Film Resistor)、绕线电阻器 (Wire-Wound Resistor) 等多种; 从结构形式上可分为固定电阻器 (Fixed Resistor)、可变电阻器 (Variable Resistor) 和电位器 (Potentiometer) 3 种, 它们在电路的符号如图 1.1 所示。



图 1.1 电阻器的符号

常用电阻器、电位器的外形如图 1.2 所示。国内电阻器和电位器的型号一般由 4 部分组成, 各部分的确切含义如表 1.2 所示。



图 1.2 常用电阻器、电位器的外形

例如，RX22 表示普通线绕电阻器；RJ75 表示精密金属膜电阻器。

3. 电阻的质量参数及电阻选用

电阻的主要参数包括电阻标称阻值、允许误差和额定功率，了解电阻的质量参数，可以合理地选用电阻。

(1) 电阻的标称阻值和误差

标称阻值即电阻器表面所标的阻值 (Nominal Resistance)。电阻值用符号 R 表示，国际单位是欧姆 (Ω)，有时也用千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 表示，它们之间的关系为

$1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$

标称值有两种标识方法，一种是直接用数值标出，另一种体积小的电阻器则用色环或色点表示阻值。

① 直标法。直标法是在电阻体表面直接标识主要参数和技术性能的一种方法。电阻器直标法如图 1.3 所示。

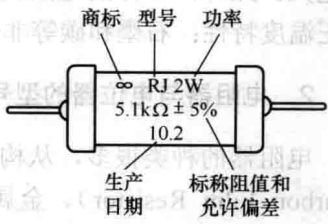


图 1.3 电阻器参数直标法示意图

表 1.2 电阻器和电位器的型号命名

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
主 称		材 料		分 类		序 号
符 号	含 义	符 号	含 义	符 号	含 义	一般用数字表示产品序号，以区分外形尺寸和性能指标
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
RP		P	硼碳膜	2	普通	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H		4	高阻	
		I		5	高温	
		J		7	精密	
		Y		8	变压电位器，特殊电阻	
		S		9	特殊	
		N		G	高功率	
		X		T	可调	
		C		X	小型	
		G		L	测量用	
				W	微调	
				D	多圈	

② 文字符号法。文字符号法是将需要识别的主要参数和技术性能，用字母和数字符号两者有规律地组合起来，标识在电阻体表面的一种方法，如图 1.4 所示。

允许误差可用等级法标识时：0 级表示 $\pm 2\%$ ；I 级表示 $\pm 5\%$ ；II 级表示 $\pm 10\%$ ；III 级表示 $\pm 20\%$ 。允许误差也用文字符号表示，各符号的含义如表 1.3 所示。

电阻标称值由字母和数字两种符号构成，字母表示电阻值单位，各字母的含义如表 1.4

所示。符号前面的数字表示整数阻值，符号后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。例如，4R7 表示 4.7Ω。

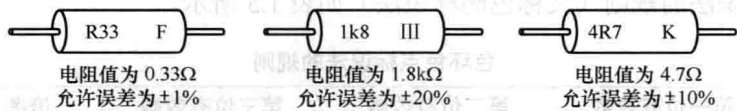


图 1.4 电阻器参数文字符号示意图

表 1.3 表示电阻器的文字符号					
文字符号	允许误差	文字符号	允许误差	文字符号	允许误差
B	±0.1%	F	±1%	K	±10%
C	±0.25%	G	±2%	M	±20%
D	±0.5%	J	±5%	N	±30%

表 1.4 表示电阻器单位的文字符号					
文字符号	所表示的单位	文字符号	所表示的单位	文字符号	所表示的单位
R	欧姆 (Ω)	M	兆欧姆 (10 ⁶ Ω)	T	太欧姆 (10 ¹² Ω)
K	千欧姆 (10 ³ Ω)	G	千兆欧姆 (10 ⁹ Ω)		

额定功率有两种标识方法：一种是 2W 以上的电阻，其功率直接用阿拉伯数字印在电阻体上；另一种是 2W 以下的电阻，其功率以自身的体积大小来表示。一般地，体积越大，其额定功率也相对较大。

各种功率的电阻器在电路图中的符号如图 1.5 所示。

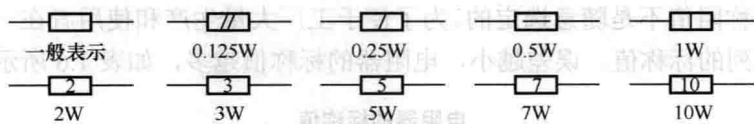


图 1.5 各种功率的电阻器在电路图中的符号

③ 色标法。色标法是指利用电阻体表面不同颜色的色环标识电阻主要参数和技术性能的一种方法。固定电阻的色环一般采用 4 色环和 5 色环标识。

普通电阻用 4 个色环表示，其中第 1、第 2 色环表示有效数字，第 3 色环表示倍乘数，第 4 色环表示误差，如图 1.6 (a) 所示。

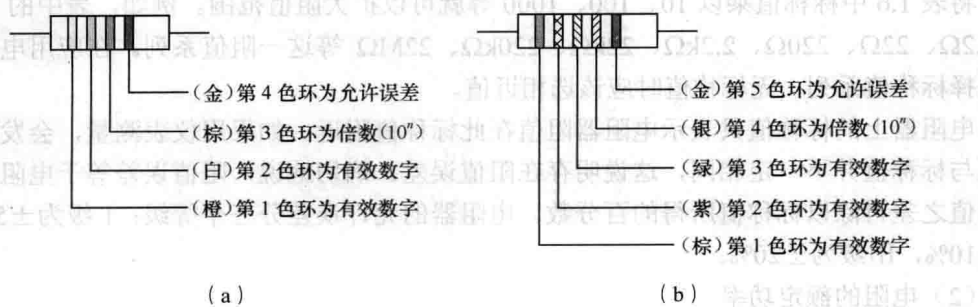


图 1.6 色标电阻器的标记