



普通高等教育实验实训规划教材

# 电工电子实训

毛志阳 马东雄 主编  
王晓东 主审



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013061774

TM-43

197

普通高等教育实验实训规划教材

# 电工电子实训

主编 毛志阳 马东雄  
编写 王玉辉 李晓东 刘春阳  
赵世或 李秀兰  
主审 王晓东



TM-K3  
197



北航

C1669717



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材。

本书分为电工电子基础实训和现代技术实训两篇,主要包括电子工艺焊接实训、电工实训、EDA 技术实训、ARM 嵌入式系统实训四个部分共计十九章。电子工艺焊接实训部分包括六章:电子技术安全知识、电子元器件基础、超外差式收音机工作原理、常用电子仪器仪表及其使用、电子焊接工艺、电子产品装配工艺;电工实训部分包括三章:电器基础知识、常用低压电器、三相异步电动机基本控制线路;EDA 技术实训部分包括六章:EDA 技术概述、MAX+PLUS II 软件开发系统、VHDL 语言基础、EL 教学实验系统、EDA 技术基础设计实验、EDA 技术综合设计实验;ARM 嵌入式系统实训包括四章:嵌入式系统概述、ARM 实验箱硬件资源概述、嵌入式 Linux 的开发环境、Windows CE 程序设计。

本书主要用作高等学校理、工科学生进行电工电子工程实训时的指导教材,也可供有关工程电子技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训/毛志阳,马东雄主编. —北京:中国电力出版社,2012.12

普通高等教育实验实训规划教材

ISBN 978-7-5123-3947-7

I. ①电… II. ①毛…②马… III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 315302 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 271 千字  
定价 21.00 元

## 敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前言

本教材的编写旨在提高学生实践动手能力和理论联系实际、分析解决问题的能力,全面培养学生综合素质。

教材分为电子工艺焊接实训、电工实训、EDA 技术实训、ARM 嵌入式系统实训四部分。

电子工艺焊接实训部分主要介绍有关电路及电子产品装焊的相关知识,详细地介绍了基本的电子元器件、基本手工焊接方式方法、六晶体管超外差式收音机原理及安装工艺,具有比较普遍的应用性,能够使学生了解和掌握一定的电学、电子线路的理论和基础操作技能,并锻炼学生学习新事物、了解新知识、解决新问题的能力。

电工实训部分主要介绍传统低压电器结构及其典型控制线路,从电路的组成、安装、调试开始,由简单到复杂,循序渐进、突出重点、层次分明、注重实践,使学生能够掌握常用低压电器识别、判断、使用的方式方法,掌握基本电器及电动机控制线路,培养学生的动手能力和团队协作精神。

EDA 技术实训部分主要介绍当今先进的数字电子设计方式方法,以先进的 EDA 设备做基础介绍电子设计自动化(EDA)的基本过程,力求改变学生已有的传统通用集成电路设计、验证和应用的设计开发理念,转向可编程逻辑器件的设计和开发过程,从硬件设计转向系统可编程方面的软件开发,掌握目前先进、成熟的设计思想和方法,学习和运用 EDA 技术和辅助设备完成综合课程设计或实验项目,从而提高学生的数字电子设计水平和逻辑综合运用能力。

ARM 嵌入式系统实训部分主要介绍 ARM 嵌入式系统基本开发形式和手段,引领学生进入电子开发高端领域,开阔学生视野、提高学生热情、激发学生潜力。

本教材由毛志阳、马东雄、王玉辉、刘春阳、李晓东、李秀兰、赵世或等同志共同编写。第一部分第 1 章、第三部分第 10 章、第四部分第 16 章由毛志阳编写;第一部分第 5 章由马东雄编写;第一部分第 2~4 章和第 6 章由王玉辉编写;第二部分由李晓东编写;第三部分第 11 章由刘春阳编写;第三部分第 12~15 章由赵世或编写;第四部分第 17~19 章由李秀兰同志编写。

由于时间仓促,加之水平有限,难免出现缺点和不足之处,恳请广大读者提出宝贵意见,以便改进。

编者

2012 年 9 月

## 目 录

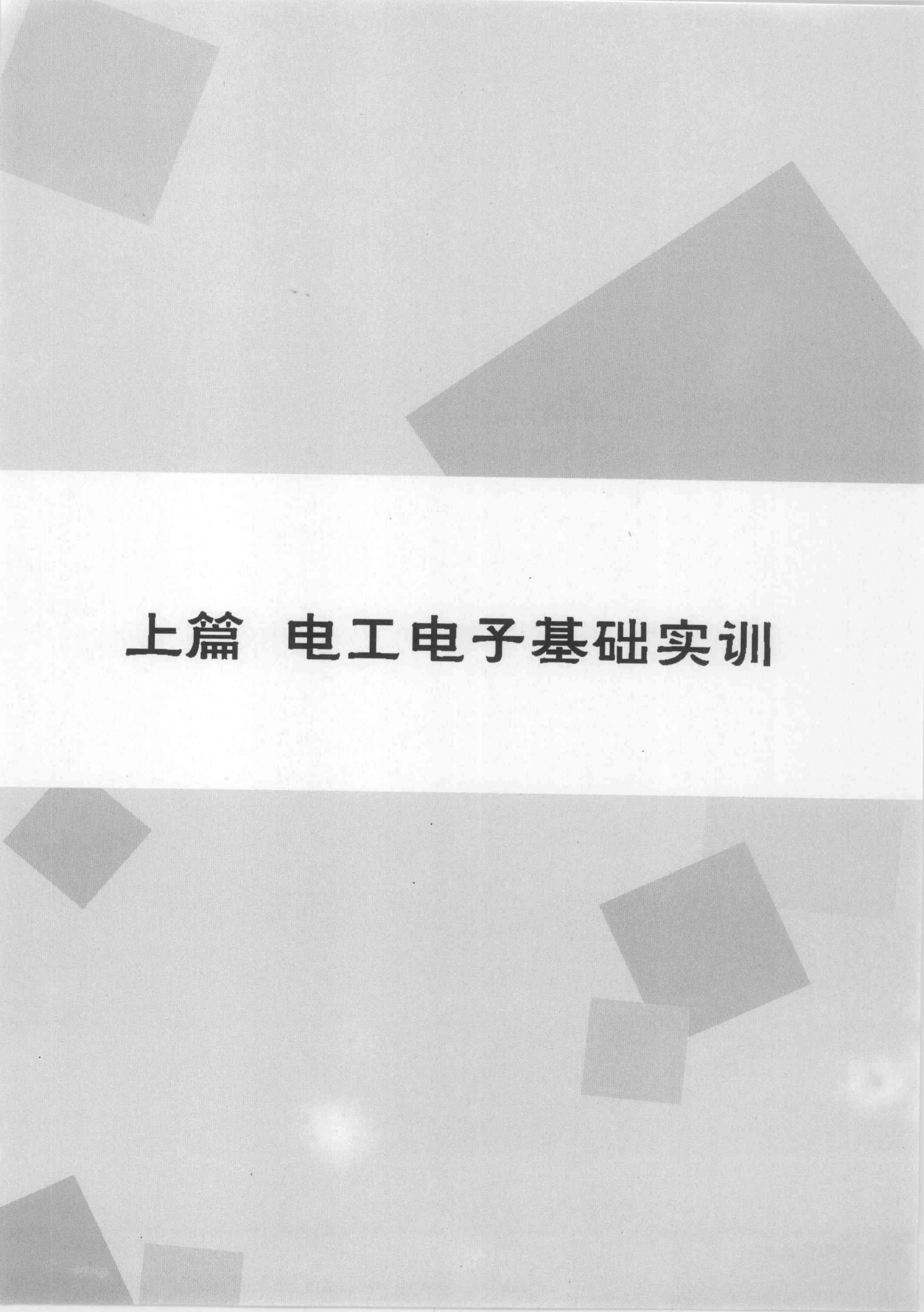
## 前言

## 上篇 电工电子基础实训

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一部分 电子工艺焊接实训       | 3  |
| 第1章 电子技术安全知识        | 3  |
| 1.1 概述              | 3  |
| 1.2 电击              | 3  |
| 1.3 安全常识            | 4  |
| 第2章 电子元器件基础         | 6  |
| 2.1 电阻器             | 6  |
| 2.2 电位器             | 8  |
| 2.3 电容器             | 9  |
| 2.4 晶体管             | 12 |
| 2.5 电感器             | 14 |
| 2.6 变压器             | 15 |
| 2.7 扬声器             | 16 |
| 2.8 集成电路            | 17 |
| 2.9 印制电路板           | 19 |
| 第3章 超外差式收音机工作原理     | 21 |
| 3.1 超外差式收音机工作原理     | 21 |
| 3.2 超外差式收音机各级工作过程   | 21 |
| 第4章 常用电子仪器仪表及其使用    | 26 |
| 4.1 MF47F 指针式万用表    | 26 |
| 4.2 DS1751S 型直流稳压电源 | 28 |
| 4.3 GRG-450B 型信号发生器 | 29 |
| 4.4 DF4328 型双踪通用示波器 | 30 |
| 第5章 电子焊接技术          | 34 |
| 5.1 焊接工具及焊接材料       | 34 |
| 5.2 焊接技术            | 37 |
| 第6章 电子产品装配工艺        | 41 |
| 6.1 电子设备组装          | 41 |
| 6.2 电子产品调试工艺        | 43 |
| 6.3 整机故障检测方法        | 45 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第二部分 电工实训</b>                 | 50  |
| <b>第 7 章 电器基础知识</b>              | 50  |
| 7.1 电器基础                         | 50  |
| 7.2 电气线路绘图方法                     | 51  |
| <b>第 8 章 常用低压电器</b>              | 52  |
| 8.1 低压开关                         | 52  |
| 8.2 熔断器                          | 53  |
| 8.3 接触器                          | 54  |
| 8.4 继电器                          | 55  |
| 8.5 控制按钮                         | 57  |
| 8.6 行程开关                         | 58  |
| <b>第 9 章 三相异步电动机基本控制线路</b>       | 59  |
| 9.1 三相异步电动机点动控制线路                | 59  |
| 9.2 三相异步电动机连续正转控制线路              | 59  |
| <b>下篇 现代技术实训</b>                 |     |
| <b>第三部分 EDA 技术实训</b>             | 63  |
| <b>第 10 章 EDA 技术概述</b>           | 63  |
| 10.1 计算机辅助设计技术与电子设计自动化           | 63  |
| 10.2 可编程逻辑器件                     | 63  |
| 10.3 专用集成电路                      | 65  |
| 10.4 MAX+PLUS II 软件开发系统          | 65  |
| 10.5 硬件描述语言                      | 66  |
| 10.6 数字系统设计方法                    | 67  |
| <b>第 11 章 MAX+PLUS II 软件开发系统</b> | 69  |
| 11.1 初步认识 MAX+PLUS II            | 69  |
| 11.2 运用 MAX+PLUS II 进行设计         | 73  |
| <b>第 12 章 VHDL 语言基础</b>          | 86  |
| 12.1 VHDL 语言入门                   | 86  |
| 12.2 VHDL 程序的基本结构                | 90  |
| 12.3 VHDL 的描述语句                  | 94  |
| 12.4 VHDL 例程分析                   | 100 |
| <b>第 13 章 EL 教学实验系统</b>          | 103 |
| 13.1 教学实验系统概述                    | 103 |
| 13.2 数字电路模块                      | 103 |
| 13.3 模拟电路模块                      | 110 |
| 13.4 电源及其他模块                     | 111 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>第 14 章 EDA 技术基础设计实验</b>          | 112 |
| 14.1 基本门电路设计                        | 112 |
| 14.2 组合逻辑电路设计                       | 114 |
| 14.3 触发器及寄存器设计                      | 122 |
| 14.4 时序逻辑电路设计                       | 126 |
| <b>第 15 章 EDA 技术综合设计实验</b>          | 130 |
| 15.1 模拟型交通灯控制器设计                    | 130 |
| 15.2 数字计时器设计                        | 134 |
| 15.3 具有自动量程转换功能的频率计                 | 137 |
| 15.4 简易函数信号发生器                      | 142 |
| 15.5 液晶显示控制器                        | 146 |
| <b>第四部分 ARM 嵌入式系统实训</b>             | 150 |
| <b>第 16 章 嵌入式系统概述</b>               | 150 |
| 16.1 嵌入式系统的历史及发展状况                  | 150 |
| 16.2 嵌入式系统的特点                       | 151 |
| 16.3 嵌入式系统的组成                       | 151 |
| <b>第 17 章 ARM 实验箱硬件资源概述</b>         | 153 |
| 17.1 实验系统的硬件资源                      | 153 |
| 17.2 系统结构                           | 154 |
| 17.3 硬件资源分配                         | 154 |
| 17.4 启动实验平台                         | 158 |
| <b>第 18 章 嵌入式 Linux 的开发环境</b>       | 161 |
| 18.1 嵌入式 Linux 开发流程                 | 161 |
| 18.2 启动 Linux 实验平台                  | 162 |
| 18.3 应用程序编程                         | 163 |
| <b>第 19 章 Windows CE 程序设计</b>       | 167 |
| 19.1 Windows CE 程序与桌面 Windows 程序的联系 | 167 |
| 19.2 窗口的概念                          | 167 |
| 19.3 创建 HelloWorld 工程               | 168 |
| 19.4 下载并运行 HelloWorld               | 170 |
| <b>参考文献</b>                         | 173 |



# 上篇 电工电子基础实训



## 第一部分 电子工艺焊接实训

### 第1章 电子技术安全知识

#### 1.1 概述

安全是人类从事各种活动的基本保障,用电安全则是现代人无可回避的基本常识。从家庭到办公室,从娱乐场所到工矿企业,从学校到公司,几乎没有不用电的场所。电是现代物质文明的基础,同时也是危害人类的肇事者之一,如同现代交通工具把速度和效率带给人类的同时,也让交通事故这个恶魔闯进现代文明一样,电气事故是现代社会不可忽视的问题。

随着电气技术的不断发展,电能已广泛地用于生产和生活中。电气化给我们带来了巨大的物质文明,但是如果使用不当,就会造成触电伤亡、设备损坏,甚至波及电力系统安全运行,导致大面积停电或引起火灾。因此,学习安全用电知识、加强安全用电观念、严格执行安全操作规程和保证安全工作制度是十分必要的。

同样地,在电子装配调试中,要使用各种工具、电器,如果不具备必要的安全知识,操作中没有足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。要防止事故的发生,首先要了解在电子操作中存在哪些不安全因素。

#### 1.2 电 击

电击,即通常所说的触电,是从事电类工作必须时刻注意的危险。除电击之外,装焊工作中常用的设备,如电钻、剪床、电锯等也存在事故的威胁,必须强调的是,在最常见的钻床操作中,戴手套及留长发而不戴帽子是非常危险的。机械损伤中,常见的还有手工工具使用不当,如螺丝刀滑出扎手、电烙铁烫手等。

##### 1.2.1 人体电阻以及低电压的危险

人体有电流通过时会产生生理反应,一般1mA的电流,就可引起肌肉收缩、神经麻木。电疗仪及电子针灸器就是利用微弱电流对身体的刺激达到治疗的目的。如果较大的电流流过人体,就会产生剧烈的生理反应,使人受到电击。电击对人的危害同电流强度、电击时间、电流的途径及电流性质有关。

人体电阻,因人、因条件而异,一般干燥的皮肤大约有100k $\Omega$ 以上的电阻,但随着皮肤潮湿程度变大,电阻逐渐变小,可小到1k $\Omega$ 以下。因此,不能认为低电压不会造成危害。决定电击的是电流。通常认为安全电压的情况是指人体皮肤干燥时而言的,倘若用湿手接触36V的所谓安全电压,同样也会受到电击。

##### 1.2.2 电击强度

所谓电击强度,指的是通过人体的电流和通电时间的乘积。要准确确定人体能承受的电击强度是不可能的,因为每个人的生理条件及承受能力是不相同的。根据大量研究统计,人体受到30mA $\cdot$ s以上的电击强度时,就会产生永久性伤害,一般数毫安电流即可产生电击

感应,十几毫安电流即可使肌肉剧烈收缩、痉挛、失去自控能力、无力使自己与带电体脱离,如果几十毫安电流通过人体达1s以上就可造成死亡,而几百毫安电流可使人严重烧伤,并且立即停止呼吸。

### 1.2.3 电流途径和电流性质

如果电流不经人脑、心、肺等重要部位,则除了电击强度较大时,可造成内部烧伤外,一般不会危及生命;但如果电流经上述部位时则会造成严重后果。

不同种类电流对人体伤害是不一样的。相对而言40~300Hz的交流电对人体的伤害要比高频电流、直流电及静电大,这是由于高频(特别是高于20kHz)电流的集肤效应使得体内电流相对减弱;而静电的作用,一般随时间很快地减弱,没有足够量的电荷,不会导致严重后果。此外,电磁波也会对人体产生一定伤害作用,不过对于一般电子行业工作而言,所受到的电磁波辐射是微不足道的。电流对人体的作用见表1-1。

表1-1 电流对人体作用

| 电流 (mA) | 对人体的作用                   |
|---------|--------------------------|
| <0.7    | 无感觉                      |
| 1       | 有轻微感觉                    |
| 1~3     | 有刺激感,一般电疗仪器取此电流          |
| 3~10    | 感到痛苦,但可自行摆脱              |
| 10~30   | 引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险     |
| 30~50   | 强烈痉挛,时间超过60s既有生命危险       |
| 50~250  | 产生心脏室颤,丧失知觉,严重危害生命       |
| >250    | 短时间内(1s以上)造成心脏骤停,体内造成电灼伤 |

## 1.3 安全常识

### 1.3.1 接通电源前的检查

任何新的或搬运过的以及自己不了解的用电设备,不要冒失拿起插头就往电源上插,要记住“四查而后插”。

所谓“四查”就是:

一查电源线有无破损;

二查插头有无外露金属或内部松动;

三查电源线插头两极有无短路,同外壳(设备是金属外壳)有无通路;

四查设备所需电压值是否与供电电压相符。

### 1.3.2 检修、调试电子设备的安全问题

(1) 检修之前,一定要了解检修对象的电气原理,特别是电源系统。

(2) 不要以为断开电源开关就没有触电危险,只有拔下插头并对仪器内的高电压大容量电容器放电处理才能认为是安全的。

(3) 不要随便改动仪器设备的电源线。

(4) 洗手后或手出汗潮湿时, 不要带电作业。

### 1.3.3 装焊操作安全规则

(1) 不要惊吓正在操作的人员，不要在实验室打闹。

(2) 烙铁头在没有确信脱离电源或冷却时,不能用手摸。

(3) 烙铁头上多余的锡不要乱甩，特别是往身后甩，危险很大。

(4) 易燃品要远离电烙铁。

(5) 拆焊有弹性的元件时, 不要离焊点太近, 并使可能弹出焊锡的方向向外。

(6) 插拔电烙铁等电器的电源插头时,要手拿插头,不要抓电源线。

(7) 用剪线钳剪断导线或元器件管脚时, 要让导线飞出方向朝着工作台或空地, 决不可向着人或设备。

## 第2章 电子元器件基础

电子产品性能的优劣,不但与电路的设计、结构和工艺水平有关,而且与正确的选用元器件有很大的关系。一部整机是由许许多多的元器件组成的,它们在电路中都起着不同的作用。因此,对它们的结构、特性、使用方法及注意事项等基本知识都应该有所了解,下面对几种常见的元器件做简单介绍。

### 2.1 电阻器

电阻器(简称电阻)是电子设备中应用最多的元件之一,在电路中多用来进行分压、分流、滤波(与电容组合)、阻抗匹配等。电阻实际上是吸收电能的换能元件,消耗电能使自身温度升高,其负载能力取决于电阻长期稳定工作的允许发热温度。常见电阻的外形如图2-1所示。

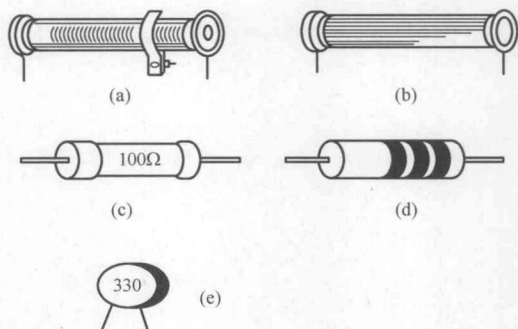


图2-1 常见电阻外形

(a) 可变线阻; (b) 固定线阻; (c) 碳膜电阻;  
(d) 合成碳阻; (e) 热敏电阻

#### 2.1.1 电阻器的分类和参数

电阻器的种类很多,可按电阻体的材料、电阻的用途等进行分类。

按照制造电阻的材料分类,可分为:

①合金型,用块状电阻合金拉制成合金线或碾压成合金箔制成电阻,如线绕电阻、精密合金箔电阻等;②薄膜型,在玻璃或陶瓷基体上沉积一层电阻薄膜,膜厚一般在几微米以下,薄膜材料有碳膜、金属膜、化学沉积膜及金属氧化膜等;③合成型,电阻体本身由导电颗粒和有机(或无机)粘接剂混合而成,可制成薄膜或实芯两种,常见的有合成

膜电阻和实芯电阻。

按用途可分为:①通用型,指一般技术要求的电阻,额定功率范围为 $0.05\sim 2\text{W}$ ,阻值为 $1\Omega\sim 22\text{M}\Omega$ ,允差 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等;②精密型,有较高的精度和稳定性,功率一般不大于 $2\text{W}$ ,标称值在 $0.01\Omega\sim 20\text{M}\Omega$ ,精密允差为 $\pm 2\%\sim \pm 0.001\%$ 分挡;③高频型,电阻自身电感量极小,常称为无感电阻,用于高频电路,阻值一般小于 $1\text{k}\Omega$ ,功率范围宽,最大可达 $100\text{W}$ ;④高压型,用于高压装置,功率在 $0.5\sim 15\text{W}$ ,额定电压可达 $35\text{kV}$ 以上,标称阻值可达 $1\text{kM}\Omega$ ;⑤高阻型,阻值都在 $10\text{M}\Omega$ 以上;⑥集成电阻,这是一种电阻网络,它具有体积小、规整化、精密度高等特点,适用于电子设备及计算机工业生产中。

除上述电阻器以外,还有一类特殊用途的电阻器:光敏、气敏、压(力)敏、(电)压敏、热敏电阻等。它们的阻值随着外界光线的强弱、某种气体浓度的高低、压力的大小、电压的高低、温度的高低而变化。

电阻器的主要参数有标称阻值和额定功率两个。前者指电阻体表面上标注的电阻值（对热敏电阻器则是 25℃ 时的阻值）；后者是指电阻器在直流或交流电路中，当在一定大气压力下和在产品标准中规定的温度下（-55~125℃ 不等），长期连续工作所承受的最大功率。常用的电阻标称功率值有 1/16、1/8、1/4、1/2、1、2、3、5、10W 和 20W 等多种。

### 2.1.2 电阻器的标识方法

#### 1. 直标法

直标法是指在元件表面直接标出数值与偏差，如图 2-2 所示。直标法中可以用单位符号代替小数点，例如，0.33Ω 可标为 Ω33，3.3K 可称为 3K3。

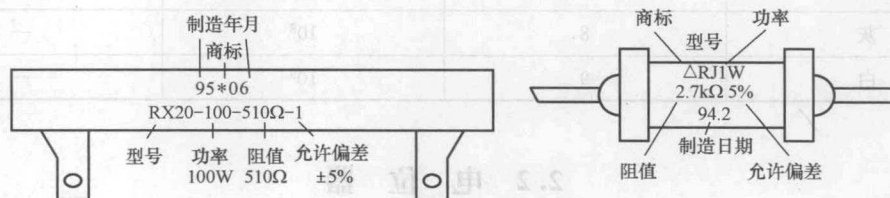


图 2-2 直标法表示的电阻

#### 2. 色环法

色环法是指用不同颜色代表数字，表示标称值和偏差。此法是在电阻器表面从左至右印刷有 4 个或 5 个色环，从左至右的前 2 个或 3 个色环代表阻值的第一、第二位或第一、第二、第三位有效数字，第 3 个或第 4 个色环代表倍乘，第 4 个或第 5 个代表阻值精度，如图 2-3 所示。

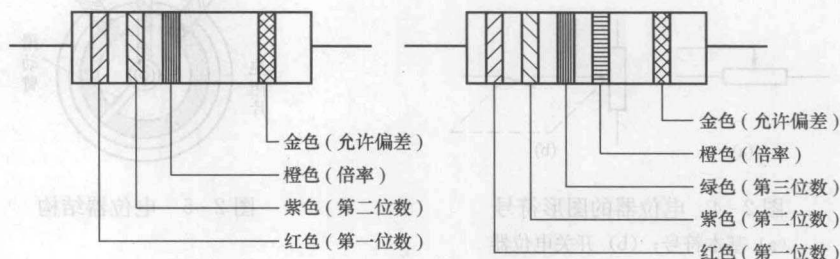


图 2-3 色环法表示的电阻

各个色环代表的含义见表 2-1。

表 2-1

电阻色环含义表

| 色环颜色 | 代表有效数字 | 代表倍数      | 代表阻值精度 (%) |
|------|--------|-----------|------------|
| 银    | —      | $10^{-2}$ | ±10        |
| 金    | —      | $10^{-1}$ | ±5         |
| 黑    | 0      | $10^0$    |            |
| 棕    | 1      | $10^1$    | ±1         |

续表

| 色环颜色 | 代表有效数字 | 代表倍数   | 代表阻值精度 (%) |
|------|--------|--------|------------|
| 红    | 2      | $10^2$ | $\pm 2$    |
| 橙    | 3      | $10^3$ | —          |
| 黄    | 4      | $10^4$ | —          |
| 绿    | 5      | $10^5$ | $\pm 0.5$  |
| 蓝    | 6      | $10^6$ | $\pm 0.2$  |
| 紫    | 7      | $10^7$ | $\pm 0.1$  |
| 灰    | 8      | $10^8$ | —          |
| 白    | 9      | $10^9$ | —          |

## 2.2 电 位 器

### 2.2.1 电位器的图形符号

电位器实际上是一个滑动可变电阻器，它是在电阻器的基本符号上再画一条带有箭头的折线表示电位器的活动节点，其图形符号如图 2-4 (a) 所示。有的电位器带有开关，称为开关电位器，其图形符号如图 2-4 (b) 所示。它是由基本电位器的符号和一个开关符号组成的，并在两者之间用虚线来连接，表示开关和电位器是由同轴实现控制的。

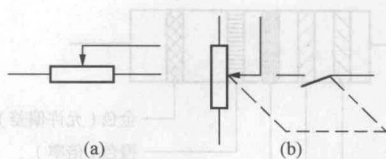


图 2-4 电位器的图形符号

(a) 基本符号；(b) 开关电位器

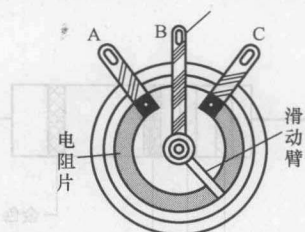


图 2-5 电位器结构

### 2.2.2 电位器的结构

在电路中通过调整电位器的轴可获得一个可变的电位，对外有三个引出端，其中 A、C 分别为电阻片的两端，B 为中间滑动端。B 的位置改变必然引起 A、B 和 B、C 之间电阻值的变化，但总阻值不变。电位器结构如图 2-5 所示。

### 2.2.3 常用电位器分类

#### 1. 接触式

(1) 按电阻体材料分为：合金型电位器（包括线绕电位器、块金属膜电位器）；合成型电位器（包括合成碳膜型、合成实芯型、金属玻璃釉、导电塑料型）；薄膜型电位器（包括金属膜型、金属氧化膜型、碳化钽膜）。

(2) 按阻值变化分为直线型、函数型、步进型。

(3) 按调节方式分为直滑式电位器、旋转式电位器（单圈、多圈）。

(4) 按结构特点分为抽头式电位器、带开关电位器（旋转开关型、推拉开关型）、单联电位器、多联电位器（同步多联式、异步多联式）。

(5) 按用途分为普通型、微调型、精密型、功率型、专用型。

## 2. 非接触式电位器

光电型、磁敏型。

## 2.3 电 容 器

### 2.3.1 概述

电容器在电子仪器中是一种必不可少的基础元件，调谐电路要用到它，耦合、旁路、滤波等也要用到它。它的基本结构是两块平行金属板中间隔一绝缘体组成。电容器是储存电荷的一种元件，但不同的电容器储存电荷的能力是不一样的。电容量就是表示电容储存电荷能力，它的符号用  $C$  表示。

将两个结构不同的电容器，让它们在相同的电源电压作用下充电，充满电后，发现它们所储存的电荷数量并不相等。储存电荷多的则储电能力强，储存电荷少的则储电能力差。因此，在相同电压的条件下，比较电容器储存电荷的多少，就能衡量出电容器储电能力的大小。我们把电容器在 1V 电压作用下所能储存的电荷数量称做电容器的电容量（简称电容），用公式表示为： $C=Q/U$ 。

电容的国际单位是库仑/伏特，它的专用名称是法拉，代号为 F。当电容器极板上的电荷为 1 库仑，极板间的电势差为 1V 时，电容器极板上的电荷为 1 法拉。法拉这个单位所表示的单位值过大，实用中常用较小的单位，如微法（ $\mu\text{F}$ ）和皮法（pF），它们和法拉的换算关系是： $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$   $1\text{pF}=10^{-6}\mu\text{F}=10^{-12}\text{F}$ 。

### 2.3.2 电容器的种类

#### 1. 按介质材料分类

(1) 有机介质（复合介质）：纸介电容、塑料电容、薄膜复合；

(2) 无机介质：云母电容、玻璃釉电容、陶瓷（独石）电容；

(3) 气体介质：空气电容、真空电容、充气电容；

(4) 电解质：普通铝电解、钽电解、铌电解。

#### 2. 按容量是否可调分类

(1) 固定电容。

(2) 可变电容：空气介质、塑膜介质。

(3) 微调电容：陶瓷介质、空气介质、塑膜介质。

#### 3. 几种常见电容器

常见的电容器外形如图 2-6 所示，在收音机中最常见的有电解电容、涤纶电容、瓷介电容和可变电容等。以下对它们做简单介绍。

##### (1) 电解质电容器。

电解质电容器是用铝（钽或铌等）箔和浸过电解液的纸或纱布交替叠好，卷成圆筒形，外部用铝壳密封而制成的。铝箔和电解液起电化作用，在铝箔表面生成一层极薄的氧化铝薄膜作为介质，由于薄膜与铝箔之间有单向导电性，即当铝箔具有较高电位，电解液一边具有

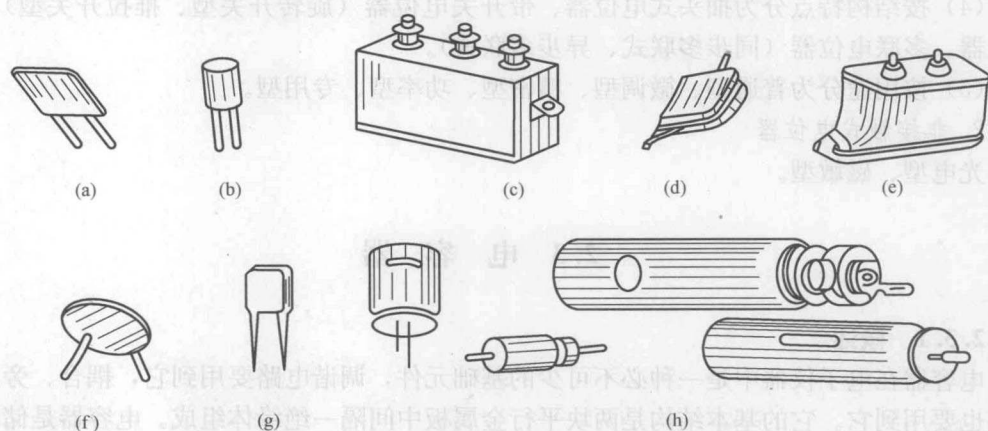


图 2-6 常见电容器外形

- (a) 涤纶介质电容器；(b) 金属膜电容器；(c) 电力电容器；(d) 云母电容器；  
(e) 油质电容器；(f) 陶瓷电容器；(g) 玻璃釉电容器；(h) 电解电容器

较低电位时，薄膜具有较好的绝缘性能；相反时，则能通过电流。所以电解电容器的两端具有正、负极之分，只有当铝箔（正极）和电路中的高电位相接，铝制外壳（负极和电解液相通）与电路中的低电位相接时，才能正常工作；相反则是不可以的。

电解电容的特点是容量大（最大可达  $6 \times 10^3 \mu\text{F}$ ）、有极性、成本低，但是它的耐压较低（500V 以下），漏电损耗大，稳定性差，所以只能用在直流或脉动电路中。电解电容通常在电容体上标有该电容器的极性，容量值和耐压值。选用电解电容时，除选择其容量外，还要考虑耐压值，所选电容的耐压值应高于或等于要接的电路中可能出现的最高电压值。

## (2) 瓷介电容、涤纶电容。

瓷介电容、涤纶电容等中小型电容常在收音机电路中用做旁路电容、耦合电容等。这些电容与电解电容比较，有容量小、耐压高、漏电小、无极性、性能稳定等特点。

## (3) 可变电容器。

可变电容器是由若干片固定片和若干片可动片组成的。在收音机电路中主要是用来选择电台的。超外差或半导体收音机中一般用有机薄膜介质双联电容器。

### 2.3.3 电容器的主要参数

#### 1. 额定电压

额定电压指在规定的温度范围内，电容器能够长期（指工作寿命内）可靠地工作的最高电压。有时又分为直流工作电压和交流工作电压（指有效值）。

#### 2. 标称电容量 $C_r$ 与允许误差 $\xi$

标志在电容器上的电容量，称做标称电容量  $C_r$ 。电容器的实际电容量与标称电容量的允许最大偏差范围，称做它的允许误差  $\xi$ 。

#### 3. 漏电阻和漏电电流

电容器中的介质并不是绝对的绝缘体，或多或少总有些漏电。除电解电容器漏电流稍大外，一般电容器漏电流是很小的。显然，电容器的漏电流越大，绝缘电阻越小。当漏电流较