

实践技能课程系列教材·电子技术实训教程

电子工艺实训教程

张弘强 李怀亮 王春红◇主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

实践技能课程系列教材·电子技术实训教程

电子工艺实训教程

张弘强 李怀亮 王春红◇主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实训教程 / 张弘强, 李怀亮, 王春红主编
-- 哈尔滨: 黑龙江大学出版社; 北京: 北京大学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-81129-937-3

I. ①电… II. ①张… ②李… ③王… III. ①电子技术-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 203804 号

电子工艺实训教程

DIANZI GONGYI SHIXUN JIAOCHENG

张弘强 李怀亮 王春红 主编

责任编辑 戚增媚 李 卉

出版发行 北京大学出版社 黑龙江大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路 205 号 哈尔滨市南岗区学府路 74 号

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 14.75

字 数 301 千

版 次 2015 年 11 月第 1 版

印 次 2015 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-81129-937-3

定 价 30.00 元

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

目 录

第 1 章 常用电子元器件	1
1.1 电阻器	1
1.2 电容器	7
1.3 电感器	10
1.4 半导体器件——晶体二极管	11
1.5 半导体器件——晶体三极管	12
1.6 半导体器件——场效应管和晶闸管	15
1.7 实训——电阻的识别与检测	16
1.8 实训——电容的识别与检测	18
1.9 实训——电感和变压器的识别与检测	20
1.10 实训——晶体二极管的识别与检测	23
1.11 实训——晶体三极管的识别与检测	25
第 2 章 常用仪器仪表的使用	30
2.1 万用表简介	30
2.2 数字式万用表	32
2.3 模拟示波器	34
2.4 数字示波器	38
2.5 实训——示波器和信号发生器的使用	42
第 3 章 焊接技术及常用工具使用	45
3.1 焊接技术	45
3.2 常用工具	48
3.3 钻孔	52
3.4 铰削	55
3.5 实训——焊接技术	58

第4章 Protel 99 se 软件基础应用	62
4.1 Protel 的简介以及特点	62
4.2 Protel 99 se 应用设计环境	63
4.3 元器件编辑	68
4.4 原理图元件库操作	77
4.5 PCB 元件封装库操作	87
4.6 原理图设计系统	97
4.7 实训——差分放大电路绘制	116
4.8 实训——RS232 电路绘制	117
4.9 实训——AD 转换电路	119
4.10 实训——单片机电路绘制	122
4.11 实训——FLASH 电路绘制	125
4.12 实训——RELAY 开关电路绘制	131
4.13 实训——开关电源电路绘制	134
4.14 实训——D/A 电路绘制	136
4.15 实训——RS485 接口电路绘制	140
4.16 实训——自主绘制电路练习	143
第5章 印制电路板(PCB)设计系统	145
5.1 PCB 相关概念	145
5.2 PCB 设计步骤	149
5.3 PCB 设计系统工具栏	153
5.4 PCB 设计基本原则	155
5.5 PCB 制作流程	159
5.6 实训——差分放大电路 PCB 文档编辑	177
5.7 实训——RS232 电路 PCB 文档编辑	180
5.8 实训——AD 转换电路 PCB 文档编辑	183
5.9 实训——单片机电路 PCB 文档编辑	188
第6章 电子装配工艺	192
6.1 元件的处理	192
6.2 电路图的识读和表面贴装技术介绍	193
6.3 表面贴装技术	197
6.4 电子产品的装配	200

第 7 章 电子电路设计制作	202
7.1 实训——交替闪烁灯设计制作	202
7.2 实训——直流稳压电源设计制作	207
7.3 实训——555 定时器应用设计制作	210
7.4 实训——功放电路设计与制作	215
7.5 实训——功放电路整机装配	220
7.6 实训——典型电路设计制作	222

第1章

常用电子元器件

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器简介

电阻器简称电阻,它在电路中具有稳定和调节电路中电流与电压的作用,即通常人们所说的分流、分压和消耗电能的负载等。

电阻由基本骨架、引线、电阻体材料和保护膜等组成。

表 1.1-1 电阻图形符号

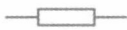
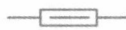
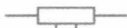
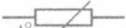
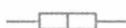
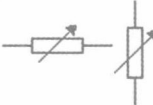
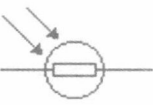
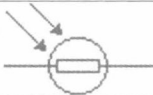
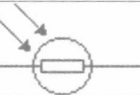
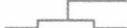
元件符号	说明	元件符号	说明	元件符号	说明
	固定电阻		压敏电阻		1/2 W 电阻
	带抽头的 固定电阻		直热式 热敏电阻		1 W 电阻
	可变电阻 可调电阻		旁热式 热敏电阻		2 W 电阻
	微调电阻		光敏电阻		5 W 电阻
	滑动电阻		1/8 W 电阻		10 W 电阻
	微调滑动 电阻		1/4 W 电阻		20 W 电阻



图 1.1-1 电阻实物图

1.1.2 电阻的命名方法

电阻的型号由以下四部分组成:第一部分用字母表示产品名称,第二部分用字母表示产品材料,第三部分一般用数字表示特征(也有的用字母表示),第四部分用数字表示序号。

表 1.1-2 电阻的命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
表示产品名称		表示产品材料		表示特征		表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	包含
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	额定功率 阻值 允许偏差 精度低级
W	电位器	P	硼碳膜	2	普通	
		U	硅碳膜	3	普通	
		H	合成膜	4	超高频	
		I	玻璃釉膜	5	高阻	
		J	金属膜	6	高温	
		Y	氧化膜	7	精密	
		S	有机实芯	8	高压	
		N	无机实芯	9	特殊	
		X	线绕	G	高功率	
		R	热敏	T	可调	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

1.1.3 电阻的种类、特点和用途

按材料分:碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻和线绕电阻。按结构分:固定电阻、可变电阻和电位器。特殊电阻有热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻、磁敏电阻、力敏电阻、湿敏电阻、气敏电阻等。

表 1.1-3 电阻的种类、特点和用途

种类			特点	用途
固定电阻器	非线绕	膜式	体积小,阻值范围宽	频率较高的电路
		实芯	过载能力强,可靠性高,稳定性和电性能差	要求不高的电路
	线绕		功率大、精度高,体积大	频率较低的电路
	敏感 (半导体)		电特性对热或光、磁、机械力、湿等敏感	检测相应物理量的探测器、无触点开关
可变电阻器			阻值可在一定范围内调节	需调节电参数的电路

1.1.4 电阻的主要参数

1. 标称值和允许误差

常用电阻的标称值系列与允许误差系列如表 1.1-4 所示。电阻的标称值是表中系数乘以 10^n , 其中 n 为正、负整数或零。

表 1.1-4 常用电阻的标称值系列与允许误差系列

误差等级	I	II	III	误差等级	I	II	III
允许误差	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	允许误差	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
标称值系列 (欧姆) (微法)	1.0	1.0	1.0	标称值系列 (欧姆) (微法)	3.3	3.3	3.3
	1.1	—	—		3.6	—	—
	1.2	1.2	—		3.9	3.9	—
	1.3	—	—		4.3	—	—
	1.5	1.5	1.5		4.7	4.7	4.7
	1.6	—	—		5.1	—	—
	1.8	1.8	—		5.6	5.6	—
	2.0	—	—		6.2	—	—
	2.2	2.2	2.2		6.8	6.8	6.8
	2.4	—	—		7.5	—	—
	2.7	2.7	—		8.2	8.2	—
	3.0	—	—		9.1	—	—

2. 电阻的额定功率

电阻在电路所允许消耗的最大功率称为电阻的额定功率。额定功率是电阻在电路工作中允许消耗功率的限额。电阻的额定功率系列(W)共分 19 个等级,常用的有 0.05 W、0.125 W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、3 W、5 W、7 W、10 W。

3. 温度系数

温度系数反映电阻的电阻率随温度变化而变化的情况。金属膜、合成膜等电阻具

有较小的正温度系数,碳膜电阻具有负温度系数。

1.1.5 阻值和误差的表示方法

1. 直标法

将电阻的阻值和误差直接用数字印在电阻上,其中小于 1 kΩ 的电阻只标阻值、不标单位,kΩ、MΩ 只标 k、M。精度等级只标 I 或 II。

2. 色环法

各色环所代表的数字大小如表 1.1-5 所示。

表 1.1-5 各色环所代表的数字大小

色别	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
对应数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
误差	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±5%	±10%	±20%

(1) 三色环

体积很小的电阻,其阻值和误差常以色环表示。在靠近电阻器的一端有三道色环,第一和第二道色环分别表示电阻值的第一和第二位数字,第三道色环表示再乘以 10ⁿ。



图 1.1-2 三色环电阻

(2) 四色环

靠近电阻的一端从左到右标有四道色环,第一、第二和第三道色环的含义与三色环标志相同,第四道色环表示阻值的允许误差。



图 1.1-3 四色环电阻

(3) 五色环标志

五色环的第一、第二、第三道色环表示阻值的三位数字,第四道色环表示三位数字再乘以 10ⁿ,第五道色环表示阻值的允许误差。



图 1.1-4 五色环电阻

1.1.6 电阻的选用与好坏检测

1. 电阻器的选用

电阻种类多、性能差异大,应用范围有很大区别。全面了解各类电阻的性能,正确选用各类电阻,可对整体设计的合理性起到一定的积极作用。

选用电阻时,应考虑以下各因素:

- (1) 电阻的额定功率应高于在电路工作中实际值的 0.5 ~ 1 倍。
- (2) 温度对电路的影响,根据电路特点来选择正、负温度系数的电阻。
- (3) 电阻的精度及噪声要符合电路要求。
- (4) 工作环境、可靠性和经济性等。

2. 电阻的好坏检测

一看电阻引线有无折断及外壳烧焦现象,二用万用表 Ω 挡测量阻值,合格的电阻值应稳定在允许的误差范围内,如超出误差范围或阻值不稳定,则不能选用。根据“电阻质量越好,其噪声电压越小”的原理,可使用“电阻噪声测量仪”测量电阻噪声,判别电阻的好坏。

1.1.7 电位器简介

电位器是一种可调电阻,有三个引出端,其中两个为固定端,一个为滑动端,移动滑动端会改变电阻值。

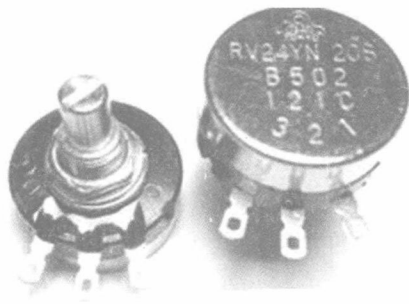


图 1.1-5 电位器实物图

1.1.1.8 电位的命名方法

表 1.1-6 电位器命名

分类			举例
材料	合金型	线绕	线绕电位器(WX)
		金属箔	金属箔电位器
	薄膜型		金属膜电位器(WJ)、金属氧化膜电位器(WY)、 复合膜电位器(WH)、碳膜电位器(WT)
	合成型	有机	有机实芯电位器(WS)
		无机	无机实芯电位器、金属玻璃釉电位器(WI)
	导电塑料		直滑式(LP)、旋转式(CP)(非部标)
用途			普通、精密、微调、功率、高频、高压、耐热
阻值变化率	线性		线性电位器(X)
	非线性		对数式(D)、指数式(Z)、正余弦式
结构特点			单圈、多圈、带推拉开关、带旋转开关
调节方式			旋转式、直滑式

1.1.1.9 电位器标注方法

WT-5 10 Ω +10% 碳膜电位器 5 W 10 Ω 精度 +10%
WX-2 W 470 kΩ 线绕电位器 2 W 470 kΩ 精度 +5%

1.1.1.10 电位器的参数

基本参数包括标注阻值、额定功率、极限电压、阻值变化规律、滑动噪声、分辨力等。

1. 标注阻值

标注在电位器上的阻值。测量阻值与标注阻值误差范围按不同精度等级可分为 +20%、+10%、+5%、+2%、+1%，精密电位器精度可达 +0.1%。

2. 额定功率

电位器的两个固定端上允许消耗的最大功率为电位器的额定功率。使用中应注意，额定功率不等于中心抽头与固定端的功率。线绕电位器功率系列有 0.5、0.75、1、3、5、10、16、25、40、100，单位为 W。

3. 滑动噪声

当滑片滑动时，电位器中心端与固定端的电压无规则的变化，称为电位器的滑动噪声。它是由分布不均匀的滑片滑动时无规律接触电阻的引起的。

4. 分辨力

电位器对输出量的最精细的调节能力,称为分辨力。

1.1.11 电位器的选用

应当根据实际需要,选用满足电路要求的电位器。表 1.1-7 为不同条件下所选用的电位器,仅供参考。

表 1.1-7 电位器的选择

用途	选用电位器
普通电子仪器	碳膜或合成实芯
大功率、高温	线绕或金属玻璃釉
高精度	非线性绕或多圈式微调
高分辨力	线绕或导电塑料或精密合成碳膜
高频、高稳定	薄膜
调节后稳定	锁紧式
精密、微量调节	带慢轴调节机构的微调电位器
电压均匀变化	直线式
音量控制用电位器	指数式

1.2 电容器

1.2.1 电容器简介

电容器简称电容,是由两个相互靠近的导体与中间所夹的一层不导电的绝缘介质构成的。

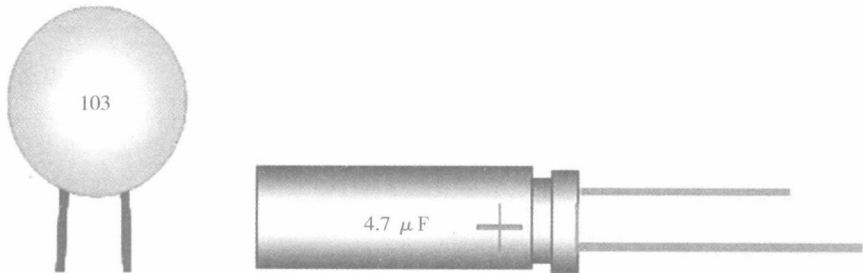


图 1.2-1 无极电容和电解电容实物图

电容有储存电荷的能力,能把电能转换成电场能储存起来。在电路中用于滤波、隔直、耦合、旁路、调谐。

表 1.2-1 电容符号

名称	电容器	电解电容	穿心电容	可变电容	同调可 变电容	微调 电容器
图形 符号						

1.2.2 电容的命名方法

表 1.2-2 电容的命名

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
表示名称		表示材料		表示特征		表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	包含
C	电容器	C	瓷介	T	铁电	品种尺寸 温度特性 直流工作电压 标称值允许误差
		I	玻璃釉	W	微调	
		O	玻璃膜	J	金属化	
		Y	云母	X	小型	
		V	云母纸	S	独石	
		Z	纸介	D	低压	
		J	金属化纸	M	密封	
		B	聚苯乙烯	Y	高压	
		F	聚四氟乙烯	C	穿心式	
		L	涤纶(聚酯)			

1.2.3 电容的种类、特点和用途

表 1.2-3 电容的种类、特点和用途

种类	特点	用途
无机介质 云母陶瓷	稳定性好,结构简单,不易老化, 但容量小	适用于高频电路
有机介质 纸介	机械强度高,电容量及工作电压范围广, 但易老化,稳定性差	一般电路中
电解电容	体积小,质量轻,容量大,但工作电压低, 损耗大,频率及温度特性差	整流、滤波及旁路电容 和耦合电容

1.2.4 电容的参数

电容的主要参数有标称容量、允许误差和额定电压,通常都标注在电容器上。

1. 标称容量和允许误差

标称容量指电容器表面标出的容量值。标称容量与实际容量之间的偏差为允许

误差。

误差分五级:00级($\pm 1\%$)、0级($\pm 2\%$)、I级($\pm 5\%$)、II级($\pm 10\%$)、III级($\pm 20\%$)。

2. 额定电压

电容工作时,能够承受的最大电压值。

1.2.5 电容和误差的表示方法

1. 字母法

$1\mu\text{F} = 1000\text{ nF}$, $1\text{ nF} = 1000\text{ pF}$ 。

2. 数字法

前两位数为有效数,第三位数为倍率(零的个数),第四位(字母)为误差。

3. 色码法

第一、第二环色表示容量值的有效数字,第三环色表示后面零的个数,单位 pF 。与电阻的色环法基本相同。

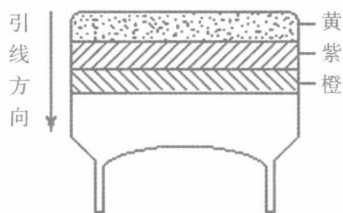


图 1.2-2 色码法

1.2.6 常见的电容

1. 有机介质电容

有机介质电容除传统的纸介电容、金属化纸介电容外,还有涤纶电容、聚苯乙烯电容等。

纸介电容容量范围和耐压范围宽,为 $0.036 \sim 30\text{ kV}$,成本低。但体积大,只适用于直流或低频电路中。

金属化纸介电容绝缘电阻与纸介电容基本一致,但体积小。

2. 有机薄膜电容

电容体积小质量轻,电参数也要比纸介电容器好得多。

3. 无机介质电容

无机介质电容分为瓷介电容、云母电容、玻璃电容等。瓷介电容体积小、质量轻、价格便宜。瓷介电容的容量一般从几 pF 到 $0.1\mu\text{F}$ 之间。

云母电容有优良的电性能和机械性能,并且具有损耗小、可靠性高、容量精度高等优良电参数,被广泛应用于高频电路和高稳定性的电路中。一般应用的电容范围为 $4.7 \sim 47000 \text{ pF}$ 。

玻璃电容具有良好的防潮性和抗震性,能在 $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温下长期稳定工作,是一种高温稳定性的电容;其稳定性介于云母电容与瓷介电容之间;其体积大大小于云母电容,一般只有云母电容的几十分之一。

4. 电解电容

以金属氧化膜作为介质,以金属和电解质作为电容的两极。金属为正极,电解质为负极。

电解电容要注意极性,不能用于交流电路中。在要求大容量的场合,如滤波等,均选用电解电容。电解电容损耗大,温度和频率特性差,绝缘性能差,漏电流大,长期存放可能干涸、老化等,因而除体积小以外,其余的任何性能均远不如其他类型的电容。常见的有铝电解电容、钽电解电容、铌电解电容等。

5. 可变电容

可变电容是定片组与支架一起固定,动片组联结旋柄,能自由旋转的电容。聚苯乙烯薄膜密封可变电容多用于晶体管收音机中,空气可变电容多用于电子管收音机中。

1.2.7 电容的选用

额定电压:额定电压高于电路板上施加在电容两端电压的 $1 \sim 2$ 倍。

容量:容量不能相差太多,否则会影响电路正常工作。

1.3 电感器

1.3.1 电感器简介

凡能产生电感作用的元件统称电感器,用绝缘导线制成的各种线圈也称电感器。它是一种储磁能的元件,具有通直流电、阻碍交流电的作用。

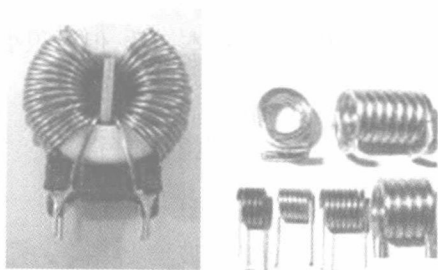


图 1.3-1 电感器实物图

电感线圈自感的大小称电感量,用字母 L 表示,单位为亨利(H)、毫亨(mH)和微亨(μH)。

单位换算关系为 $1\text{H} = 1000\text{mH} = 1000000\mu\text{H}$ 。

线圈的圈数愈多,线径愈大,电感量就愈大,反之电感量就愈小。当在线圈中装有磁芯或铁芯时,该线圈的电感量将大大增加。

1.3.2 电感的分类

电感按在电路中的作用分为耦合线圈、高频扼流器、偏转线圈、回路线圈等。

1.3.3 变压器的选用

1. 检测绝缘电阻和输出电压

首先检测变压器的绝缘电阻,电阻越大越好。如果变压器的绝缘电阻明显降低,与要求值相差较大,则不能选用。

通电检测变压器输出电压是否正常。将变压器初级线圈加上 220 V 交流电,用万用表交流电压挡测输出电压,同时听交流声是否大,断电后摸一下铁芯的表面,看温度是否正常。如果无输出电压,则说明变压器线圈有开路;如输出电压偏大或偏小或温度上升,则不能用。

2. 变压器的组装

组装必须坚固,不能有松动,不能在搬运过程中因振动而脱落。

3. 输入、输出变压器的选用

(1) 选用绝缘性能好的变压器。

(2) 判断变压器的初、次级线圈。

输入变压器两组线圈的直流电阻较大,初级线圈多为几百欧,次级线圈多为 $100 \sim 200\ \Omega$;而输出变压器初级线圈为几十到上百欧,次级线圈为零点几欧到几欧。

1.4 半导体器件——晶体二极管

1.4.1 晶体二极管的结构、导电性和种类

晶体二极管简称二极管,是由一块 P 型半导体和一块 N 型半导体相结合而构成的(其中两个半导体的交界面称为 PN 结)。

二极管的结构:PN 结、引线(P+, N-)、管壳。

二极管的导电特性:单向导电。

二极管的种类:点接触型和面接触型。其中,点接触型适合在较高的频率下工作,多用于检波电路;面接触型适合大电流工作的场合,多用于整流电路。