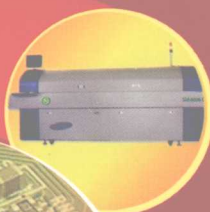
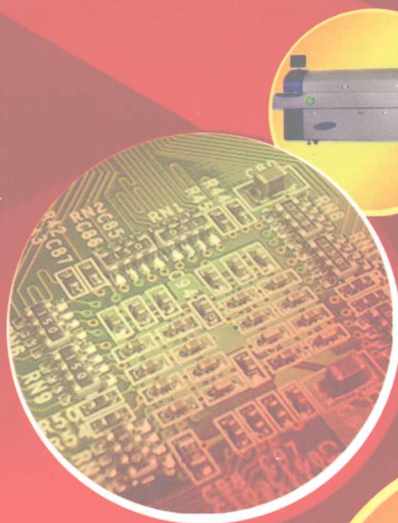




高职高专“十一五”规划·电子信息专业标准化教材

电子工艺和电子技能实训

李三波 叶 钢 编著
杜建清 傅璐璐



北京航空航天大学出版社

高职高专“十一五”规划·电子信息专业标准化教材

电子工艺和电子技能实训

李三波 叶 钢 杜建清 傅璐璐 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为适应 21 世纪实验教学改革的需要,培养学生动手能力而编写。全书分为两大部分:第一部分为电子工艺实训,包括电子元器件、常用材料、焊接工艺、电子装配工艺、调试工艺基础和整机装配实例——收音机整机装配共 6 章;第二部分为电子技能实训,包括模拟电路和数字电路等 21 个实训内容。

本书在内容上体现了先进性,如:在第一部分第 1 章中,介绍了激光元器件,环行、R 型变压器等;在第 3 章中介绍了 SMT 技术,红外、激光、超声、电子束、组焊射流法焊接等;第 5 章中对数字化产品的调试工艺等作了一定介绍。在教学上体现“实用”二字,如:在第二篇的电子技术实训中选用一些符合现代高职高专学生特点、又切实可行的实训内容,旨在培养学生的电子技术基本技能。每章皆附有复习思考题。

本书可作为高职高专电子信息类各专业的实践教材,对从事电子产品开发、设计和生产的工程技术人员也有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺和电子技能实训/李三波等编著. —北京:北京
航空航天大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-81124-041-2

I. 电… II. 李… III. 电子技术—高等学校:技术学校—
教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 171035 号

电子工艺和电子技能实训

李三波 叶 钢 杜建清 傅璐璐 编著
责任编辑 李文轶

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:16.5 字数:422 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-041-2 定价:27.6 元

前 言

教育部(2006)16号文件明确指出,高等职业教育应以培养高素质技能型人才为目标,以适应现代企业对人才的需求;而技能型人才的培养离不开实验教学,更离不开生产性实践。

为了培养学生的动手能力,以及观察问题、分析问题和解决问题的能力;为了适应现代电子技术迅速发展和对工程技术人员培养的要求,本实训教程以作者多年实验教学为基础编写而成。基本指导思想为:

- (1) 熟悉常用电子测量仪器仪表,了解其正确的使用方法,如示波器、图示仪、函数发生器、毫伏表、万用表和直流稳压电源等;
- (2) 学会识别常用电子元器件型号、引脚和种类等,培养查阅电子器件手册的能力;
- (3) 熟练掌握焊接工艺,掌握正确的焊接技巧,如手工焊接技术、表面安装技术和波峰焊接技术等;
- (4) 熟悉电子装配工艺,了解电子装配的过程和工艺文件的编制等;
- (5) 熟悉电子调试工艺,了解静态测试、动态测试和整机调试的技术和方法等;
- (6) 掌握电子电路的主要参数测量方法;
- (7) 学会根据实验要求、结合所学知识自行设计实验项目,选用仪器和元件,进行实验论证的全过程;
- (8) 初步掌握分析、寻找和排除电子电路中常见故障的方法;
- (9) 掌握规范实验报告的书写。

本书宗旨在于加强学生基本技能的训练,培养其实际操作能力。可作为高职高专电子信息类各专业的电子技术实训教材,以及电子产品开发、设计和生产工程技术人员的参考书。

李三波老师拟定本书的编写提纲,并负责全书的定稿工作。其中,第一部分的第1、2、3章由傅璐璐编写;第4、5、6章由叶钢编写;第二部分由杜建清和李三波编写。本书在编写过程中得到了丽水职业技术学院电子实验中心全体老师的帮助,在此一并表示感谢。

由于水平所限,存在的错误和缺漏,敬请读者批评指正。

作 者
2007. 10

目 录

第一部分 电子工艺实训

第1章 常用电子元器件

1.1 电阻器与电位器	3
1.2 电容器	10
1.3 电感器和变压器	14
1.4 半导体器件	18
1.5 电声器件	28
1.6 开关继电器	31
习 题	34

第2章 常用材料

2.1 线 材	35
2.2 绝缘材料	37
2.3 磁性材料	39
2.4 印制电路板	40
习 题	44

第3章 焊接工艺

3.1 焊接基础知识	45
3.2 焊接工具与材料	47
3.3 手工焊接工艺	52
3.4 浸焊与波峰焊	60
3.5 表面安装技术	66
3.6 无锡焊接技术	69
习 题	73

第4章 电子装配工艺

4.1 工艺文件	74
4.2 装配准备工艺	81
4.3 电子设备组装工艺	90
4.4 印制电路板的插装	101
4.5 连接和整机总装工艺	106
4.6 整机总装质量的检验	111
习 题	111

第5章 调试工艺基础

5.1 调试工艺过程	113
5.2 静态测试与调整	115
5.3 动态测试与调整	116
5.4 整机性能测试与调整	119
习 题	122

第6章 整机装配实例——753F AM/FM 收音机装配

6.1 电原理分析	123
6.2 收音机整机装配	125
6.3 收音机调试工艺	125
习 题	127

第二部分 电子技能实训

实训一 常用电子仪器的使用	131
实训二 共射单管放大电路性能测试	135
实训三 负反馈放大电路性能测试	142
实训四 差动放大电路性能测试	146
实训五 OTL 功率放大电路性能测试	150
实训六 集成运算放大器指标测试	154
实训七 函数信号发生器的组装与调试	160
实训八 整流滤波与并联稳压电路性能测试	163
实训九 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	168
实训十 小规模组合逻辑电路的应用	173
实训十一 中规模集成译码器的设计与测试	175
实训十二 数据选择器及其应用	181
实训十三 触发器及其应用	187
实训十四 中规模计数器逻辑功能及其应用	191
实训十五 移位寄存器及其应用	195
实训十六 555 时基电路及其应用	200
实训十七 数/模和模/数转换器	206
实训十八(综合) 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	212
实训十九(综合) 智力竞赛抢答装置	216
实训二十(综合) 电子秒表	218
实训二十一(综合) 数字频率计	222

附 录	228
-----------	-----

附录 A 753F AM/FM 装配用工艺文件	228
-------------------------------	-----

附录 B 全国大学生电子设计竞赛题目	253
--------------------------	-----

参考文献	255
------------	-----

第一部分

电子工艺实训

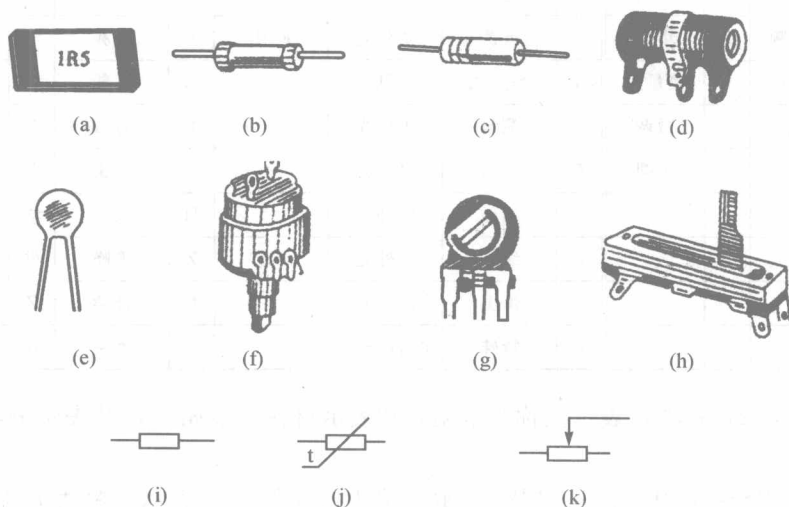
第 1 章 常用电子元器件

电阻器、电容器、电感器、半导体器件、电声器件、开关和继电器等是整机电路常用的元器件。学习和掌握常用元器件的性能、用途、质量判别方法,对提高电子设备的装配质量及其可靠性将起到重要的保证作用。

1.1 电阻器与电位器

1.1.1 功用及单位

固定电阻器是用电阻率较大的材料制成,在电路中起限流、分压、耦合、负载等作用。电位器即可调电阻器,在电路中常用来调节各种电压或信号的大小。电阻器和电位器的单位为:欧姆(Ω),千欧($k\Omega$),兆欧($M\Omega$),吉欧($G\Omega$)等, $1 G\Omega = 10^3 M\Omega = 10^6 k\Omega = 10^9 \Omega$ 。各种电阻器、电位器的图形和符号如图 1-1 所示。



(a) 片状电阻器; (b) 金属膜电阻; (c) 碳膜电阻器; (d) 线绕电阻器; (e) 热敏电阻器; (f) 带开关电位器;
(g) 微调电位器; (h) 直滑式电位器; (i) 固定电阻符号; (j) 热敏电阻符号; (k) 可变电阻(电位器)符号

图 1-1 各种电阻器、电位器的图形和符号

1.1.2 命名方法

固定电阻器、电位器、敏感电阻的命名方法主要由五个部分组成:第一部分用字母表示产品的主称,其中,R 表示电阻器,W 表示电位器,M 表示敏感电阻器;第二部分用字母表示产品的材料或类别,如表 1-1 所列;第三部分用数字或字母表示电阻器、电位器、敏感电阻器的特

性、用途和类别,如表 1-2 所列;第四部分用数字表示其生产序号;第五部分用字母表示同一生产序号但性能又有一定差异的产品区别代号。

表 1-1 固定电阻器、电位器、敏感电阻的材料或类别

电阻器、电位器				电阻器、电位器			
字 母	材 料	字 母	材 料	字 母	材 料	字 母	材 料
T	碳膜	Y	氧化膜	Z	正温度系数 热敏材料	S	湿敏材料
H	合成膜	C	沉积膜			Q	气敏材料
S	有机实芯	1	玻璃釉膜	F	负温度系数 热敏材料	G	光敏材料
N	无机实芯	X	线绕			C	磁敏材料
J	金属膜			Y	压敏材料		

表 1-2 电阻器、电位器、敏感电阻器的特性、用途和类别

电阻器、电位器				敏感电阻							
数 字	意 义	字 母	意 义	数 字	热敏电阻 用 途	光敏电阻 用 途	力敏电阻 用 途	字 母	压敏电阻 用 途	字 母	湿敏电阻 用 途
1	普通	G	高功率	1	普通	紫外光	硅应变片	W	稳压	C	测量湿度
2	普通	T	可调	2	稳压	紫外光	硅应变梁	G	高压保护	k	控温
3	超高频	X	小型	3	微波测量	紫外光	硅柱	P	高频	字	气敏电阻
4	高阻	L	测量用	4	旁热式	可见光		N	高能	母	用途
5	高温	W	微调	5	测量	可见光		k	高可靠	Y	烟敏
6	精密	D	多圈	6	控温	可见光		L	防雷	k	可燃性
				7	消磁	红外光		H	灭弧	字	磁敏电阻
				8	线性	红外光		Z	消噪	母	用途
				9	恒温	红外光		B	补偿	Z	电阻器
				0	特殊	特殊		C	消磁	W	电位器

例 1-1 RJ21 中,“R”表示主称为电阻,“J”表示材料为金属膜,“2”表示分类为普通,“1”表示序号。

例 1-2 WSW1A 中,第一个“W”表示主称为电位器,“S”表示材料为有机实芯,第二个“W”表示分类为微调,“1”表示序号,“A”表示区别代号。

1.1.3 电阻器参数

1. 标称值和允许偏差

一般电阻器标称值系列如表 1-3 所列,表中所有数值都可以乘以 10^n ,单位为 Ω , n 为正整数。该表也适用电位器、电容器标称值系列,表示电容容量标称值系列时的单位为皮法(pF)。

表 1-3 电阻器、电容器标称值系列

系 列	偏 差	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
		3.3,3.6,3.9,4.3,4.7,5.1,5.6,6.2,6.8,7.5,8.2,9.1
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

电阻器的标称值和偏差一般都标记在电阻体上,其使用的标记方法有以下几种:

(1) 直标法 用具体数字、单位或偏差符号直接把阻值和偏差标记在电阻体上,如图 1-2(a)所示。误差常用“Ⅰ”表示±5%，“Ⅱ”表示±10%，“Ⅲ”表示±20%。

(2) 文字符号法 将标称值及允许偏差通过文字和数字有规律的组合来表示,如图 1-2(b)所示。例如,“2R2K”表示 $(2.2 \pm 0.22) \Omega$ ，“R33J”表示 $(0.33 \pm 0.165) \Omega$,末尾字母为偏差。一般常用字母表示偏差,允许的偏差符号含义如表 1-4 所列,不标记的表示偏差未定。

(3) 数码表示法 如图 1-2(c)所示,例如 103K,“10”表示 2 位有效数字,“3”表示倍乘 10^3 ，“K”表示偏差±10%,即阻值为 $10 \times 10^3 \Omega = 10 \text{ k}\Omega$,该偏差表示方法与文字符号法相同。 10Ω 以下的小数点也与文字符号法相同,用“R”表示,例如 2.2Ω ,也可用 2R2 表示。

表 1-4 允许偏差的符号含义

	W	B	C	D	F	G	J	K	M	N	R	S	Z
偏差/%	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	±30	+100 -10	+50 -20	+80 -20

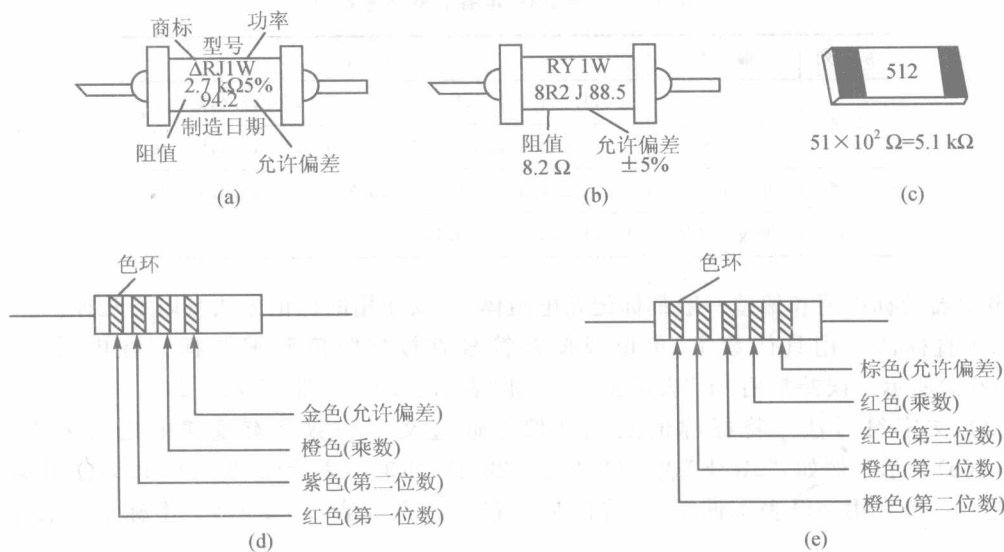
(4) 色标法 用不同的颜色表示电阻数值和偏差或其他参数时的色标符号规定,如表 1-5 所列。该表也适用于色标法来表示电容、电感的数值和偏差。

表 1-5 色标符号规定

	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	
有效数字	/	/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	/
乘数	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	
偏差(%)	±10	±5	/	±1	±2	/	/	±0.5	±0.25	±0.1	/	+50 -20	±20
额定电压/V	/	/	4	6.3	10	16	25	32	40	50	63	/	/

用色标法表示的电阻数值和偏差如图 1-2(d)和(e)所示。普通电阻常用 2 位有效数字表示,精密电阻常用 3 位有效数字表示。从表 1-5 查得:图 1-2(d)所示的阻值为 $27 \times 10^3 \Omega = 27 \text{ k}\Omega$,偏差±5%;图 1-2(e)所示的阻值为 $332 \times 10^2 \Omega = 33.2 \text{ k}\Omega$,偏差±1%。

第一色环即第一位数值,其识别方法为:第一色环一般是靠最左边,偏差色环常稍远离前面几个色环,另外金、银色环不可能是第一色环。若色环均匀分布且又没有金银色环时,只能通过用万用表测试来帮助判断。



(a) 直标法；(b) 文字符号法；(c) 数码表示法；(d) 二位有效数字色标法；(e) 三位有效数字色标法

图 1-2 电阻器标称值表示方法

2. 电阻器额定功率

电阻器额定功率是指在正常条件下,电阻器长期连续工作并满足规定的性能要求时,所允许消耗的最大功率。电阻器额定功率系列如表 1-6 所列。

表 1-6 电阻器额定功率系列 (单位:W)

非线性绕电阻	0.05,0.125,0.25,0.5,1,2,5,10,25,50,100
线绕电阻	0.125,0.25,0.5,1,2,4,8,10,16,25,40,50,75,100,150,250,500

额定功率 2 W 以下的电阻一般不在电阻器上标出,额定功率 2 W 以上的电阻才在电阻器上用数字标出,线路图上的电阻符号若没有特别标记,则一般指额定功率为 0.125 W 的电阻。电阻器额定功率符号如图 1-3 所示。



图 1-3 电阻器额定功率符号

3. 电阻器其他性能参数

电阻器其他性能参数,如温度系数、噪声系数等,与其所用的材料有关,一般不在电阻器上标明。

1.1.4 常见电阻器

常见电阻器类型如下:

(1) 碳膜电阻(型号 RT) 阻值范围在 1 Ω~10 MΩ 之间。各项性能参数一般,但其价格

低廉,广泛用于各种电子产品中。

(2) 金属膜电阻(型号 RJ) 阻值范围在 $1\ \Omega \sim 10\ \text{M}\Omega$ 之间。温度系数小,稳定性好,噪声低;与功率下与碳膜电阻相比,体积较小;但价格稍贵,常用于要求低噪声、高稳定的电路中。

(3) 金属氧化膜电阻(型号 RY) 有极好的脉冲高频过负荷性能,机械性能好,化学性能稳定;但其阻值范围窄($1\ \Omega \sim 200\ \text{k}\Omega$),温度系数比金属膜电阻差,常用于一些在恶劣环境中工作的电路上。

(4) 线绕电阻(型号 RX) 阻值范围在 $0.01\ \Omega \sim 10\ \text{M}\Omega$ 之间。可以制成精密型和功率型电阻,所以常在高精度或大功率电路中使用,但不能用于高频电路中工作。

(5) 金属玻璃釉电阻(型号 RI) 耐高温,功率大,阻值宽($5.1\ \Omega \sim 200\ \text{M}\Omega$),温度系数小,耐湿性好,常用它制成小型化贴片电阻。

(6) 实芯电阻(型号 RS) 阻值范围在 $4.7\ \Omega \sim 22\ \text{M}\Omega$ 。过负荷能力强,不易损坏,可靠性高,价格低廉;但其他性能参数都较差,常用在要求高可靠性的电路中。

(7) 合成碳膜电阻(型号 RH) 阻值范围在 $10 \sim 10^6\ \text{M}\Omega$ 之间。主要用来制造高压高阻电阻器。

(8) 电阻排 又称集成电阻,是在一块基片制成多个参数性能一致的电阻,常在计算机上使用。

(9) 熔断电阻 又称水泥电阻,常用陶瓷或白水泥封装,内有热熔性电阻丝。当工作功率超过其额定功率时,会在规定时间内熔断,主要起保护其他电路的作用。在电视、录像机电路中常用作大功率限流电阻。

(10) 敏感元器件(M) 主要用于检测温度、光照度、湿度、压力、磁通量、气体浓度等物理量的传感器,以及各种自动化控制电路和保护电路上。例如,电话机上使用的压敏电阻,主要用于防雷或防电压冲击;彩电上使用的热敏电阻(消磁电阻),用于实现彩电自动化消磁;抽油烟机常用的气敏电阻,利用其对可燃性气体特别敏感的特点,可实现自动抽油烟,也可以用它来制造一氧化碳报警器;用作对 CF_4 有敏感作用的气敏电阻,可制作冰箱、冷气机雪柜检漏器。现在,为了提高传感器的灵敏度,一般加有放大电路。例如,用于测量红外线能量变化的热释红外线传感器,就是利用两个红外线热敏电阻和一个场效应管构成,这种传感器常用于制作人体遥感开关,如自动门等电路。

1.1.5 电位器

电位器一般有 3 只引脚,若带中心抽头则有 4 只引脚,若是多联电位器则引脚数就更多了,其中每一个单联电位器都只有一只滑动臂,其余为固定臂。图 1-4 所示的是碳膜电位器内部结构图。

1. 电位器参数

(1) 标称阻值和允许偏差 标称阻值是指电位器两个固定端的阻值,其规定的标称值与电阻规定中的标称值 E6, E12 系列相同,具体标称值可参见表 1-3。电位器的允许偏差有下列几种: $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$ 和 $\pm 0.1\%$ 等。

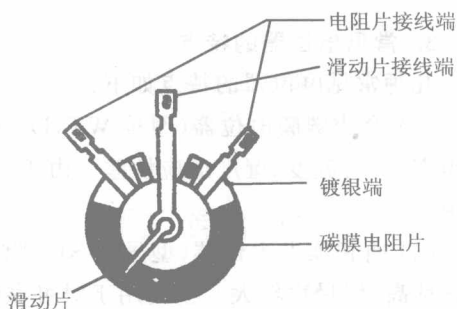
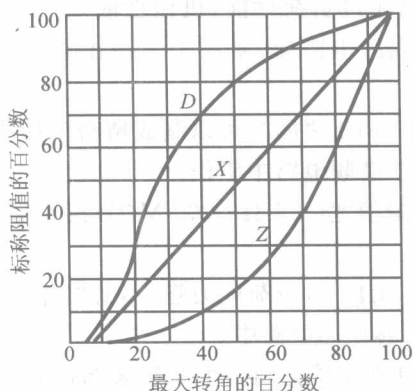


图 1-4 碳膜电位器内部结构图

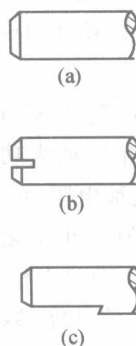
(2) 电位器额定功率 在相同体积情况下,线绕电位器功率比一般电位器的功率大。

(3) 电位器其他参数 ①滑动噪声;②电位器分辨力;③电阻膜耐磨性;④双联电位器同步性;⑤电位器阻值变化规律,如图 1-5 所示;⑥电位器轴长及其轴端结构,如图 1-6 所示。



X—直线式; D—对数式; Z—指数式

图 1-5 电位器阻值的变化规律



(a) ZS-光轴式; (b) ZS-3 带起子槽式;

(c) ZS-5 铣平面式

图 1-6 电位器轴长及其轴端结构

2. 电位器的分类

电位器种类很多,按材料、调节方式、结构特点、阻值变化规律和用途可分成多种电位器,其内容如表 1-7 所列。

表 1-7 电位器的种类

分类方式		电位器种类
材料	合金型电位器	线性电位器,块金属膜电位器
	合成型电位器	有机和无机实芯,金属玻璃釉型,导电塑料型
	薄膜型电位器	金属膜型,金属氧化膜型,碳膜型,复合膜型
按调节方式		直滑式,旋转式(有单圈和多圈两种)
按结构特点		带抽头型,带开关型(推拉式和旋转式),单联,同步多联,异步多联
按阻值变化规律		线性型,对数型,指数型
按用途		普通型,微调型,精密型,功率型,专用型

3. 常见电位器的特点

几种常见电位器的特点如下:

(1) 合成碳膜电位器(型号 WTH) 阻值范围宽,可达 $100\ \Omega \sim 4.7\ \text{M}\Omega$,分辨力高;但滑动噪声大,对温度、湿度适应性差。由于生产成本低,广泛用于收音机、电视机和音响等家电产品中。

(2) 有机实芯电位器(型号 WS) 阻值范围宽,可达 $100\ \Omega \sim 4.7\ \text{M}\Omega$,分辨力高,耐高温,可靠性高,但噪声较大。主要用于对可靠性、耐高温性有较高要求的电器上。

(3) 线绕电位器(型号 WX) 相对额定功率大,耐高温性能稳定,精度易于控制;但阻值

范围小,为 $4.7\ \Omega \sim 100\ \text{k}\Omega$ 分辨力低,高频特性差。

接触型电位器除了以上3种外,还有可作大范围、高精度调整的多圈电位器,高性能、高耐磨导电塑料电位器,带驱动电动机的电位器等,在此不一一叙述。非接触型电位器因克服了接触型电位器滑动噪声的缺陷,正逐渐被采用,如光敏电位器、磁敏电位器。

1.1.6 工艺文件的填写

1. 固定电阻器

固定电阻器参数在工艺文件上填写为:主称—型号—额定功率—引线形式—阻值及偏差。

例 1-3 15 W、30 k Ω 碳膜电阻,引出线是轴向,误差 $\pm 5\%$ 。

在工艺文件上的填写为:电阻器—RT—15—b—30 k Ω — $\pm 5\%$ 。

2. 电位器

电位器参数在工艺文件上的填写方法为:主称—型号—品种—功率—阻值—变化特性—轴规格。

例 1-4 电位器 470 k Ω 、0.1 W 单联合成膜。

在工艺文件上的填写为:电位器—WT—1—0.1—470 k Ω —X—60ZS—3。

1.1.7 性能检测

1. 固定电阻器的性能检测

固定电阻器的性能检测方式如下:

(1) 独立测量方法 使用万用表测量固定电阻器两端的阻值,并与其标称值进行比较,只要阻值在偏差范围内,则为性能良好的电阻器。使用万用表测量电阻器(或其他元器件)时要注意,手不能同时接触电阻器的两条引脚,选择刻度数尽可能靠中的量程来测量,选好量程后还要对该量程调零。

(2) 在印制电路板上测量的方法 电阻器损坏时,只要排除了因潮湿或尘埃引起阻值变小的可能外,大部分电阻阻值都会变大甚至开路。而在印制电路板上测量电阻器时,由于与之并联的元器件较多,正常测量结果显示,电阻读数都会小于或等于标称值。若正、反测量电阻发现有一次读数大于标称值且超出偏差范围,则该电阻值肯定有问题;若两次读数都小于标称值,则该电阻不可以相信。若还有怀疑,则必须将之拆出来单独测量。若怀疑电阻(或其他元器件)热稳定性差时,则可以在开机后加热一段时间或刚开机时,观察故障是否有变化,若有变化则表示该电阻热稳定性差,应该更换。

2. 电位器的质量判断

固定引脚与滑动引脚的阻值,转动电位器滑动臂时阻值应从零到其标称值范围内均匀变化,且指针必须平稳摆动,无跳变、抖动等现象。对于多联电位器必须将其逐联来测量。若是带开关的电位器还要测量其开关的通断情况。

3. 敏感电阻器的质量判断

通过测量敏感电阻在加入相应敏感条件(如加温、加压、加光等)后其两端阻值的变化来判断其好坏。若变化不大,则敏感电阻器性能不合格。

例如,用于彩电消磁的热敏电阻 MZ72,在常温时测量其阻值只有 $27\ \Omega$,用吹风机加热

1 min左右后,阻值已增至几十兆欧,则说明该消磁电阻性能良好。

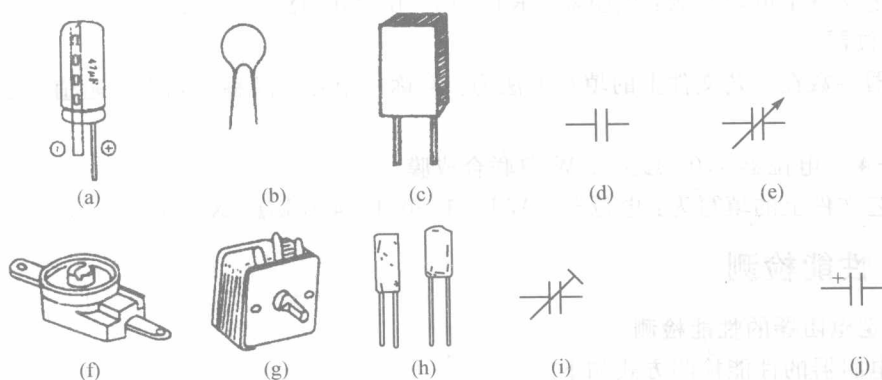
1.2 电容器

电容器是组成电路的基本元件之一,它是由两个相互靠近的导体与中间所夹的一层绝缘介质组成。电容器是一种储能元件,常用于谐振、耦合、隔直、滤波和交流旁路等电路中。

1.2.1 常见电容器外形、符号和单位

1. 电容器外形及其符号

电容器的外形及其符号如图 1-7 所示。



(a) 电解电容器; (b) 瓷介电容器; (c) 玻璃釉电容器; (d) 一般电容器符号; (e) 可调电容器符号
(f) 微调电容器; (g) 双联可调电容器; (h) 涤纶电容器; (i) 半可调电容器符号; (j) 电解电容器符号

图 1-7 电容器的外形及其符号

2. 电容器的单位

$1\text{F}(\text{法拉})=10^3\text{mF}(\text{毫法})=10^6\mu\text{F}(\text{微法})=10^9\text{nF}(\text{纳法})=10^{12}\text{pF}(\text{皮法})$ 。

最常用的两个单位是 μF 和 pF 。一般情况下,大于等于 $10\,000\text{pF}$ 就化成 μF 单位,如 $20\,000\text{pF}=0.02\mu\text{F}$ 。

3. 电容器的命名

电容器的命名一般由四部分组成,例如,第一部分(主称)—第二部分(材料)—第三部分(特性分类)—第四部分(序号)。第一、第二、第三部分如表 1-8 和表 1-9 所列。

表 1-8 电容器材料代号及其意义

符 号	含 义	符 号	含 义	符 号	含 义	符 号	含 义
C	高频瓷介	B	聚苯乙烯	Q	漆膜	A	钽电解质
T	低频瓷介	BB	聚丙烯	Z	纸介	N	铌电解质
Y	云母	F	聚四氟乙烯	J	金属化纸介	G	合金电解质
I	玻璃釉	L	涤纶	H	复合介质		
O	玻璃膜	S	聚碳酸酯	D	铝电解		

表 1-9 电容器特性分类中数字、字母的意义

数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9
瓷介	圆片	管形	叠片	独石	穿心	支柱		高压	
云母	非密封		密封	密封				高压	
有机	非密封		密封	密封	穿心			高压	特殊
电解	筒式		烧结粉液体	烧结粉固体		无极性			特殊
字母	D	X	Y	M	W	J	C	S	
意义	低压	小型高压	密封	微调	金属化	穿心	独石		

注：以上规定对可变电容和真空电容不适用。

1.2.2 电容器性能参数

1. 电容器标称容量及其偏差

电容器标称容量和偏差与电阻器的规定相同,如表 1-3 所列;但不同种类的电容会使用不同系列,其偏差有 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等几种。它的标记方法有以下 4 种:

(1) 直标法 直接把电容器容量、偏差、额定电压等参数直接标记在电容器体上,如图 1-8(a)所示。有时因电容器的面积小而省略单位,但存在这样的规律,即小数点前面为 0 时,单位为 μF ;小数点前不为 0 时,则单位为 pF 。如图 1-8(d)所示,偏差也有用 I、II、III 三级来表示的。

(2) 文字符号法 可参照电阻的文字符号法,只是单位不同,如图 1-8(b)所示。

例 1-5 $\text{P}82=0.82 \text{ pF}$, $6\text{n}8=6\,800 \text{ pF}$, $2\mu 2=2.2 \mu\text{F}$

(3) 数码表示法 可参照电阻的数码表示法,(只有个别的不同)如图 1-8(c)所示。如第 3 位数“9”表示 10^{-1} ,后面字母表示偏差(可参见表 1-4)。

例 1-6 $339 \text{ k}=33 \times 10^{-1} \text{ pF}=3.3(1 \pm 10\%) \text{ pF}$, $103\text{J}=10 \times 10^2 \text{ pF}=1\,000(1 \pm 5\%) \text{ pF}$

(4) 色标法 电容器色标法与电阻器色标法规定相同,可参见表 1-5。基本单位为 pF ,有时还会在最后增加一色环表示电容额定电压,如图 1-8(e)和(f)所示。

电容容量表示方法还有色点表示法,该方法与色标法相似。新型贴片除了使用数码法、文字符号法表示外,还使用 1 种颜色+1 个字母,或 1 个字母+1 个数字来表示其容量。

例 1-7 黑色+A 表示 10 pF , $\text{A}0=1 \text{ pF}$ 。

2. 电容器额定直流工作电压

电容器额定直流工作电压是指电容器在指定的温度范围内能长期可靠地工作所能承受的最大直流电压,电压的大小与介质厚度、种类有关。该参数一般都直接标记在电容器上,以便选用。但要注意,当电容器工作在交流电路时,交流电压峰值不得超过额定直流工作电压。

3. 工作温度范围

电容器必须在指定的工作温度范围内才能稳定工作。一般的电解电容器都直接标出它的上限工作温度,如 85°C 或者 105°C 。

4. 损耗角正切值 $\tan \delta$

损耗角正切值 $\tan \delta$ 是指当电流流过电容器时电容器的损耗功率与存储功率的比值,该