

王 彦 路文娟◎主 编
陈 刚 陈晓明◎副主编

模拟与数字电子 技术实训

MONI YU SHUZI DIANZI
JISHU SHIXUN

模拟与数字电子技术实训

王彦路文娟◎主 编
陈刚 陈晓明◎副主编

[illegible]

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

模拟与数字电子技术实训 / 王彦, 路文娟主编. —
成都: 西南交通大学出版社, 2012.1
ISBN 978-7-5643-1546-7

I. ①模… II. ①王… ②路… III. ①模拟电路—电
子技术②数字电路—电子技术 IV. ①TN7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 269555 号

模拟与数字电子技术实训

主 编 王 彦 路文娟

责任编辑	李芳芳
特邀编辑	胡芬蓉
封面设计	原谋书装
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	16
字 数	400 千字
版 次	2012 年 1 月第 1 版
印 次	2012 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1546-7
定 价	28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本教材是在贯彻《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神的教育改革中,积累了多年教学改革与实践的经验,根据高职高专学校电子工程类专业《模拟与数字电子技术实训》教学大纲编写的。电子技能实训是高职高专电子工程类专业的一门重要实践课,它以培养现代化电子信息产业需要的高素质高技能人才为目的,既着眼于电子技术的基本技能训练,又努力培养新技术、新器件的应用能力,同时兼顾对学生创新能力的培养。本书适用于高职高专电子工程、通信工程、电气自动化、机电一体化、汽车电子等专业,也可供从事电子技术的工程技术人员自学与参考。

本教材是以模拟电子技术、数字电子技术相关课程为基础开设的实践教学课程。该教材突出了工程类高等职业教育特色,改革传统验证性实验教学模式,以基本操作技能和各类实用电路的安装、调试为主线,使学生通过具体电路的安装调试过程,学会阅读电路图,熟悉常用元器件的识别、选择及测试,并能熟练查阅元器件手册。学会使用电子仪器仪表调测电路,并能结合调测结果进行分析、处理。教材的重点在能力培养上,理论知识贯穿在实训过程中,重点突出对工程实施方法、步骤及工程技术文件编写等方面的训练,强化实训的职业性,培养学生工程实践能力。

全书由两大部分组成:第一部分为模拟电子技能实训,包括电子元器件的识别与检测、常用电子仪器仪表的使用、基本放大电路的安装及测试、常用功率放大电路的安装及测试、常用振荡电路的安装及测试、稳压源及整流电路的安装及测试等基本电子技能的训练。第二部分为数字电子技能实训,包括基本门电路的性能测试、常用组合逻辑电路的应用与调试、触发器的使用、常用时序逻辑电路的应用与调试、D/A与A/D转换器的应用与调试、脉冲信号的产生与变换电路的应用等。通过本课程的学习,学生能掌握模拟电子技术的基本理论、基本分析方法、基本测量技能,提高学生分析问题、解决问题的能力,拓宽知识面,为今后的学习、创新和科学研究工作打下扎实的理论基础和实践基础。

本书由武汉铁路职业技术学院王彦、路文娟主编,陈刚、陈晓明副主编;余海潮、杨大丽、朱琳、朱三妹等老师为本书中实训项目的设计及改进做了大量的工作,在此一并表示感谢。

本书的编写过程中,得到了武汉铁路职业技术学院电子电气工程系任课老师的大力支持,并对大纲进行了审定;在教材的编写过程中,实训中心的陈发秀老师提出了许多宝贵意见,并对书稿进行了认真的校对,在此一并表示衷心的感谢!

由于时间仓促,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年9月

目 录

第一篇 模拟电子技术实训部分

实训一	常用电子元器件的检测	1
实训二	常用电子仪器的使用	19
实训三	晶体管单管共射极放大器	25
实训四	场效应管放大器	33
实训五	负反馈放大器	37
实训六	射极跟随器	41
实训七	差动放大器	45
实训八	集成运算放大器指标测试	49
实训九	集成运算放大器的基本应用 (I) —— 模拟运算电路	56
实训十	集成运算放大器的基本应用 (II) —— 有源滤波器	62
实训十一	集成运算放大器的基本应用 (III) —— 电压比较器	68
实训十二	集成运算放大器的基本应用 (IV) —— 波形发生器	73
实训十三	RC 正弦波振荡器	79
实训十四	LC 正弦波振荡器	84
实训十五	函数信号发生器芯片的应用与调试	88
实训十六	压控振荡器	91
实训十七	低频功率放大器 (I) —— OTL 功率放大器	94
实训十八	低频功率放大器 (II) —— 集成功率放大器	99
实训十九	直流稳压电源 (I) —— 串联型晶体管稳压电源	103
实训二十	直流稳压电源 (II) —— 集成稳压器	109
实训二十一	晶闸管可控整流电路	114
实训二十二	综合实训 (一) —— 温度监测及控制电路	118
实训二十三	综合实训 (二) —— 运算放大器组成的万用电表设计与调试	123

第二篇 数字电子技术实训部分

实训一	晶体管开关特性、限幅器与钳位器	127
实训二	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	132
实训三	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	137
实训四	集成逻辑电路的连接和驱动	141
实训五	组合逻辑电路的设计与测试	145

实训六	译码器及其应用	148
实训七	数据选择器及其应用	154
实训八	触发器及其应用	160
实训九	计数器及其应用	168
实训十	移位寄存器及其应用	174
实训十一	脉冲分配器及其应用	179
实训十二	使用门电路产生脉冲信号——自激多谐振荡器	183
实训十三	单稳态触发器与施密特触发器——脉冲延时与波形整形电路	187
实训十四	555 时基电路及其应用	194
实训十五	D/A、A/D 转换器	199
实训十六	综合实训（一）——智力竞赛抢答装置	205
实训十七	综合实训（二）——电子秒表	207
实训十八	综合实训（三）—— $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	212
实训十九	综合实训（四）——数字频率计	218
实训二十	综合实训（五）——拔河游戏机	224
实训二十一	综合实训（六）——数字钟电路的设计与组装	229
附录 1	CC7107 型 A/D 转换器组成的 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	236
附录 2	示波器原理及使用	238
附录 3	放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	246
参考文献		249

第一篇

模拟电子技术实训部分

实训一 常用电子元件的检测

一、实训目的

- (1) 了解常用电子元件的种类、外形、结构和主要性能指标。
- (2) 能够利用万用表检测常用的电子元件基本参数和性能好坏。

二、实训设备与器件

器材名称
机械万用表或数字万用表
电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管等常用元器件若干

三、实训原理

电子元件种类很多，常用的有电阻器、电容器、电感器、半导体器件和集成电路等。用万用表可以对晶体二极管、三极管、电阻、电容等进行粗测。万用表电阻挡等值电路如图 1.1 所示，其中的 R_0 为等效电阻， E_0 为表内电池，当万用表处于 $R \times 1$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 挡时，一般 $E_0 = 1.5\text{ V}$ ，而处于 $R \times 10k$ 挡时， $E_0 = 15\text{ V}$ 。测试电阻时要记住，红表笔接在表内电池负端（表笔插孔标“+”号），而黑表笔接在正端（表笔插孔标以“-”号）。

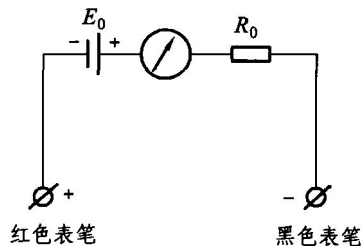


图 1.1 万用表电阻挡等值电路

(一) 电阻器

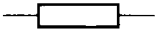
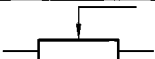
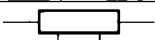
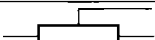
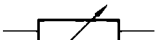
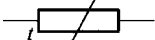
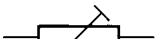
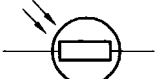
电阻器（简称电阻）是在电子电路用得最多的元件之一，在电路中起限流和分压的作用。

1. 电阻器的类型

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。固定电阻器按其材料的不同可分为碳质电阻、碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。可变电阻器的阻值可以在一定的范围内调整，它的标称阻值是最大值，其滑动端到任意一个固定端的阻值在 0 和最大值之间连续可调。可变电阻器又分成可调电阻器和电位器两种。可调电阻器有立式和卧式之分，分别用于不同的电路安装。电位器就是可调电阻器加上一个开关，做成同轴联动形式，如收音机中的音量旋钮和电源开关就是一个电位器。按照电阻的使用场合不同可分为：精密电阻器、大功率电阻器、高频电阻器、高压电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器、熔断电阻器等。

常用电阻器的图形符号如表 1.1 所示。

表 1.1 常用电阻器的图形符号

图形符号	名 称	图形符号	名 称
	固定电阻		可调电位器
	带抽头的固定电阻		微调电位器
	可调电阻（变阻器）		热敏电阻
	微调电阻		光敏电阻

2. 电阻（位）器的型号及命名法

根据国家标准 GB 2470—1995 的规定，国产电阻器及电位器的型号由四个部分组成，如表 1.2 所示。

表 1.2 电阻（位）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		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
R W	电 阻 器 电 位 器	T	碳 膜	1, 2	普 通	包括：额定功率、阻值、允许误差精度等级等
		H	合 成 膜	3	超 高 频	
		P	硼 碳 膜	4	高 阻	
		U	硅 碳 膜	5	高 温	
		C	沉 积 膜	7	精 密	
		I	玻 璃 釉 膜	8	电 阻 器-高 压	
		J	金 属 膜	9	电 位 器-特 殊 函 数	
		Y	氧 化 膜	G	高 功 率	
		S	有 机 实 芯	T	可 调	
		N	无 机 实 芯	X	小 型	
		X	线 绕	L	测 量 用	
		R	热 敏	W	微 调	
		G	光 敏	D	多 圈	
		M	压 敏			

3. 电阻器的主要参数

1) 标称电阻值与允许误差

电阻器上所标的阻值称为标称阻值。电阻器的实际阻值和标称值之差除以标称值所得到的百分数,称为电阻器的允许误差。误差越小的电阻器,其标称值规格越多。常用固定电阻器的标称阻值见表 1.3,允许误差等级见表 1.4。电阻器上的标称阻值是按国家规定的阻值系列标注的,因此选用时必须按此阻值系列去选用,使用时将表中的数值乘以 $10^n \Omega$ (n 为整数),就成为这一阻值系列。如 E24 系列中的 1.8 就代表有 1.8Ω 、 18Ω 、 180Ω 、 $1.8 \text{ k}\Omega$ 、 $180 \text{ k}\Omega$ 等标称电阻。

表 1.3 常用固定电阻器的标称阻值系列

系列	允许误差	电阻系列标称值
E24	I 级 $\pm 5\%$	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, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E12	II 级 $\pm 10\%$	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 $\pm 20\%$	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

表 1.4 常用电阻器的允许误差等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
等 级	005	01	I	II	III
文字符号	D	F	J	K	M

阻值和允许误差在电阻器上常用的标志方法有下列三种。

(1) 直接标志法:将电阻器的阻值和误差等级直接用数字印在电阻器上。对小于 $1\,000 \Omega$ 的阻值只标出数值,不标单位;对 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ 只标注 k 、 M 。精度等级标 I 或 II 级,III 级不标明。

(2) 文字符号法:将需要标志的主要参数与技术指标用文字和数字符号有规律地标志在产品表面上。例如, 0.68Ω 电阻的文字符号标志为 $\Omega 68$; $8.2 \text{ k}\Omega$ 、误差为 $\pm 10\%$ 的电阻的文字符号标志为 $8\text{k}2 \text{ II}$; 3.3×10^{12} 欧姆的电阻可标志为 $3\text{T}3$ 。

(3) 色环标志法:对体积很小的电阻和一些合成电阻器,其阻值和误差常用色环来标注。采用色环标志的电阻器,颜色醒目,标志清晰,不易褪色,从不同的角度都能看清阻值和允许偏差。目前国际上都广泛采用色标法。

色环标志法有四环和五环两种。四环电阻的一端有四道色环,第 1 道环和第 2 道环分别表示电阻的第一位和第二位有效数字,第 3 道环表示 10 的乘方数 (10^n , n 为颜色所表示的数字),第 4 道环表示允许误差(若无第四道色环,则误差为 $\pm 20\%$)。色环电阻的单位一律为 Ω 。表 1.5 列出了色环电阻所表示的数字和允许误差。精密电阻器一般用五道色环标注,它用前三道色环表示三位有效数字,第四道色环表示 10^n (n 为颜色所代表的数字),第五道色环表示阻值的允许误差。

表 1.5 色环颜色所表示的有效数字和允许误差

色 别	有效数字	乘方数	允许误差	误差代码
银	—	10^{-2}	$\pm 10\%$	K
金	—	10^{-1}	$\pm 5\%$	J
黑	0	10^0	—	—
棕	1	10^1	$\pm 1\%$	F
红	2	10^2	$\pm 2\%$	G
橙	3	10^3	—	—
黄	4	10^4	—	—
绿	5	10^5	$\pm 0.5\%$	D
蓝	6	10^6	$\pm 0.2\%$	C
紫	7	10^7	$\pm 0.1\%$	B
灰	8	10^8	—	—
白	9	10^9	—	—
无色	—	—	$\pm 20\%$	M

在色环电阻器的识别中，找出第一道色环是很重要的，可用下法识别:在四环标志中，第四道色环一般是金色或银色，。由此可推出第一道色环。在五环标志中，第一道色环与电阻的引脚距离最短，由此可识别出第一道色环。

2) 额定功率

电阻器在交直流电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率，称为电阻器的额定功率，如表 1.6 所示，共分为 19 个等级，常用的有：1/20 W，1/8 W，1/4 W，1/2 W，1 W，2 W，5 W，10 W，20 W 等。

表 1.6 电阻器额定功率系列

种 类	电阻器额定功率系列 (W)
线绕电阻	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 8, 10, 16, 25, 40, 50, 75, 100, 150, 250, 500
非线绕电阻	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100

4. 电阻 (位) 器的测试

1) 普通电阻器的测试

当电阻的参数标志因某种原因脱落或欲知道其精确阻值时，就需要用仪器对电阻的阻值进行测量。对于常用的碳膜、金属膜电阻器以及线绕电阻器的阻值，可用普通指针式万用表的电阻挡直接测量。在具体测量时应注意以下几点：

(1) 合理选择量程。

先将万用表功能选择置于“Ω”挡，由于指针式万用电表的电阻挡刻度线是一条非均匀

的刻度线,因此必须选择合适的量程,使被测电阻的指示值尽可能位于刻度线的0刻度到全程 $2/3$ 的这一段位置上,这样可提高测量的精度。对于上百千欧的电阻器,则应选用 $R \times 10k$ 挡来进行测量。

(2) 注意“调零”。

所谓“调零”就是将电表的两只表笔短接,调节“调零”旋钮使表针指向表盘上的“0 Ω ”位置上。“调零”是测量电阻器之前必不可少的步骤,而且每换一次量程都必须重新调零一次。顺便指出,若“调零”旋钮已调到极限位置,但指针仍回不到“0 Ω ”位置,说明电表内部的电池电压已不足了,应更换新电池后再进行调零和测量。

(3) 读数要准确。

在观测被测电阻的阻值读数时,两眼应位于电表指针的正上方(万用表应水平放置),注意双手不能同时接触被测电阻的两根引线,以免人体电阻的存在影响测量的准确性。

2) 热敏电阻器的测试

目前在电路中应用较多的是负温系数热敏电阻。欲判断热敏电阻器性能的好坏,可在测量其电阻的同时,用手指捏在热敏电阻器上,使其温度升高,或者利用电烙铁对其加热(注意不要让电烙铁接触电阻)。若其阻值随温度变化而变化,说明其性能良好;若不随温度变化或变化很小,说明其性能不好或已损坏。

3) 电位器的测试

主要测试要求:电位器的总阻值要符合标志数值,电位器的中心滑动端与电阻体之间要接触良好,其动噪声和静噪声应尽量小,其开关应动作准确可靠。

检测方法:先测量电位器的总阻值,即两端片之间的阻值应为标称值,然后再测量它的中心端片与电阻体的接触情况。将一只表笔接电位器的中心焊接片,另一只表笔接其余两端片中的任意一个,慢慢将其转柄从一个极端位置旋转至另一个极端位置,其阻值则应从零(或标称值)连续变化到标称值(或零)。在整个旋转过程中,万用表的指针不应有跳动现象。在电位器转柄的旋转过程中,应感觉平滑,松紧适中,不应有异常响声。开关接通时,开关两端之间的阻值应为零;开关断开时,其阻值应为无穷大。

(二) 电容器

电容器(简称电容)是一种能存储电能的元件,其特点是通交流、隔直流、阻低频、通高频,在电路中常用作耦合、旁路、滤波、谐振等用途。

1. 电容器的类型

电容器按结构可分为固定电容和可变电容,可变电容又有半可变(微调)电容和全可变电容之分。电容器按材料介质可分为气体介质电容、纸介电容、有机薄膜电容、瓷介电容、云母电容、玻璃釉电容、电解电容、钽电容等。电容器还可分为有极性和无极性电容器。

2. 电容器的型号命名法

根据国标 GB 2470—1995 的规定,电容器的产品型号一般由四部分组成,各部分含义见表 1.7。

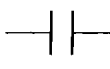
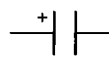
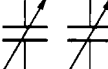
表 1.7 电容器型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主体		用字母表示材料		用字母表示特征		用数字或字母表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
C	电 容 器	C	瓷介	T	铁电	包括：品种、尺寸代号、 温度特性、直流工作电 压、标称值、允许误差、 标准代号等
		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			
		S	聚碳酸酯			
		Q	漆膜			
		H	纸膜复合			
		D	铝电解			
		A	钽电解			
		G	金属电解			
		N	铌电解			
		T	钛电解			
		M	压敏			
		E	其他电解材料			

3. 常用电容器的图形符号

常用电容器的图形符号如表 1.8 所示。

表 1.8 常用电容器的图形符号

图形符号					
名 称	电容器	电解电容器	可变电容器	微调电容器	同轴双可变电容

4. 电容器的主要参数

1) 标称容量与允许误差

电容器上标注的电容量值，称为标称容量。标准单位是法拉（F），另外还有微法（μF）、

纳法 (nF)、皮法 (pF)，它们之间的换算关系为： $1\text{ F}=10^6\text{ }\mu\text{F}=10^9\text{ nF}=10^{12}\text{ pF}$ 。电容器的标称容量与其实际容量之差，再除以标称值所得的百分比，就是允许误差，一般分为八个等级，如表 1.9 所示。

表 1.9 电容器允许误差等级

级 别	01	02	I	II	III	IV	V
允许误差	1%	±2%	±5%	±10%	±20%	+20%~ -30%	+50%~ -20%

固定电容器的标称容量系列见表 1.10，任何电容器的标称容量都满足表中标称容量系列再乘以 10^n (n 为正或负整数)。

表 1.10 固定电容器容量的标称值系列

电 容 器 类 别	允许误差	标 称 值 系 列
高频纸介质、云母介质 玻璃釉介质 高频（无极性）有机薄膜介质	±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
纸介质、金属化纸介质 复合介质 低频（有极性）有机薄膜介质	±10%	1.0, 1.5, 2.0, 2.2, 3.3, 4.0, 4.7, 5.0, 6.0, 6.8, 8.2
电解电容器	±20%	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

电容器的常见标称容量、误差标志方法如下：

- (1) 直标法：在产品的表面上直接标志出产品的主要参数和技术指标的方法。例如在电容器上标志： $33\text{ }\mu\text{F}$ ， $\pm 5\%$ ， 32 V 。
- (2) 文字符号法：将需要标志的主要参数与技术性能用文字、数字符号有规律地组合标志在产品的表面上。采用文字符号法时，将容量的整数部分写在容量单位标志符号前面，小数部分放在单位符号后面。例如， 3.3 pF 标志为 $3\text{p}3$ ， 1 000 pF 标志为 1n ， 6 800 pF 标志为 $6\text{n}8$ ， $2.2\text{ }\mu\text{F}$ 标志为 $2\mu 2$ 。
- (3) 数字表示法：体积较小的电容器常用数字标志法。一般用三位整数，第一位、第二位为有效数字，第三位表示有效数字后面零的个数，单位为皮法 (pF)，但是当第三位数是 9 时表示 10^{-1} 。例如，“243”表示容量为 24 000 pF ，而“339”表示容量为 $33\times 10^{-1}\text{ pF}$ (3.3 pF)。
- (4) 色标法：电容器的色标法原则上与电阻器类似，其单位为皮法 (pF)。

2) 额定耐压

额定耐压是指在规定温度范围内，电容器正常工作时能承受的最大直流电压。固定式电容器的耐压系列值有： 1.6 V 、 4 V 、 6.3 V 、 10 V 、 16 V 、 25 V 、 32^* V 、 40 V 、 50 V 、 63 V 、 100 V 、 125^* V 、 160 V 、 250 V 、 300^* V 、 400 V 、 450^* V 、 500 V 、 1 000 V 等（带*号者只限于电解电容使用）。耐压值一般直接标在电容器上，但有些电解电容器在正极根部用色点来表示耐压等级，如 6.3 V 用棕色， 10 V 用红色， 16 V 用灰色。电容器在使用时不允许超过这个耐压值，若超过此值，电容器就可能损坏或被击穿，甚至爆裂。

3) 绝缘电阻

绝缘电阻指加到电容器上的直流电压和漏电流的比值, 又称漏阻。漏阻越低, 漏电流越大, 介质耗能越大, 电容器的性能就越差, 寿命也越短。

5. 电容器的测试

对电容器进行性能检查, 应视型号和容量的不同而采取不同的方法。

1) 电解电容器的测试

对电解电容器的性能测量, 最主要的是容量和漏电流的测量。对正、负极标志脱落的电容器, 还应进行极性判别。

用万用表测量电解电容的漏电流时, 可用万用表电阻挡测电阻的方法来估测。万用表的黑表笔应接电容器的“+”极, 红表笔接电容器的“-”极, 此时表针迅速向右摆动, 然后慢慢退回, 待指针不动时其指示的电阻值越大表示电容器的漏电流越小; 若指针根本不向右摆, 说明电容器内部已断路或电解质已干涸而失去容量。

用上述方法还可以鉴别电容器的正、负极。对失掉正、负极标志的电解电容器, 可先假定某极为“+”, 让其与万用表的黑表笔相接, 另一个电极与万用表的红表笔相接, 同时观察并记住表针向右摆动的幅度; 将电容放电后, 把两只表笔对调重新进行上述测量。哪一次测量中, 表针最后停留的摆动幅度较小, 说明该次对其正、负极的假设是对的。

2) 中、小容量电容器的测试

这类电容器的特点是无正、负极之分, 绝缘电阻很大, 因而其漏电流很小。若用万用表的电阻挡直接测量其绝缘电阻, 则表针摆动范围极小而不易观察, 用此法主要是检查电容器的断路情况。

对于 $0.01\ \mu\text{F}$ 以上的电容器, 必须根据容量的大小, 分别选择万用表的合适量程, 才能正确加以判断。如测 $300\ \mu\text{F}$ 以上的电容器可选择“ $R \times 10\text{k}$ ”或“ $R \times 1\text{k}$ ”挡; 测 $0.47 \sim 10\ \mu\text{F}$ 的电容器可用“ $R \times 1\text{k}$ ”挡; 测 $0.01 \sim 0.47\ \mu\text{F}$ 的电容器可用“ $R \times 10\text{k}$ ”挡等。具体方法是: 用两表笔分别接触电容的两根引线(注意双手不能同时接触电容器的两极), 若表针不动, 将表针对调再测, 若表针仍不动则说明电容器断路。

对于 $0.01\ \mu\text{F}$ 以下的电容器不能用万用表的欧姆挡判断其是否断路, 只能用其他仪表(如 Q 表)进行鉴别。

3) 可变电容器的测试

对可变电容器主要是测其是否发生碰片(短接)现象。选择万用表的电阻($R \times 1$)挡, 将表笔分别接在可变电容器的动片和定片的连接片上。旋转电容器动片至某一位置时, 若发现有直通(即表针指零)现象, 说明可变电容器的动片和定片之间有碰片现象, 应予以排除后再使用。

(三) 电感器和变压器

电感器(简称电感)也是构成电路的基本元件, 在电路中有阻碍交流电通过的特性。其基本特性是通低频、阻高频, 在交流电路中常作扼流、降压、谐振等。

1. 电感器

电感器可分为固定电感和可变电感两大类。按导磁性质可分为空心线圈、磁芯线圈和铜芯线圈等；按用途可分为高频扼流线圈、低频扼流线圈、调谐线圈、退耦线圈、提升线圈和稳频线圈等；按结构特点可分为单层、多层、蜂房式、磁芯式等。

1) 小型固定式电感线圈

这种电感线圈是将铜线绕在磁芯上，再用环氧树脂或塑料封装而成。它的电感量用直标法和色标法表示，又称色码电感器。它具有体积小、重量轻、结构牢固和安装使用方便等优点，因而广泛用于收录机、电视机等电子设备中，在电路中用于滤波、陷波、扼流、振荡、延迟等。固定电感器有立式和卧式两种，其电感量一般为 $0.1 \sim 3\,000\ \mu\text{H}$ ，允许误差分为 I、II、III 三挡，即 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，工作频率在 $10\ \text{kHz} \sim 200\ \text{MHz}$ 。

2) 低频扼流圈

低频扼流圈又称滤波线圈，一般由铁芯和绕组等构成。其结构有封闭式和开启式两种，封闭式的结构防潮性能较好。低频扼流圈常与电容器组成滤波电路，以滤除整流后残存的交流成分。

3) 高频扼流圈

高频扼流圈在高频电路中用来阻碍高频电流的通过。在电路中，高频扼流圈常与电容串联组成滤波电路，起到分开高频和低频信号的作用。

4) 可变电感线圈

在线圈中插入磁芯（或铜芯），改变磁芯的位置就可以达到改变电感量的目的。如磁棒式天线线圈就是一个可变电感线圈，其电感量可在一定的范围内调节。它还能与可变电容组成调谐器，用于改变谐振回路的谐振频率。

2. 变压器

变压器是用作变换电路中电压、电流和阻抗的器件，按其工作频率的高低可分为低频变压器、中频变压器、高频变压器。

1) 低频变压器

低频变压器主要用在阻抗变换和交流电压的变换上，常见的低频变压器有音频变压器和电源变压器。音频变压器的主要作用是实现阻抗匹配、耦合信号、将信号倒相等，因为只有电路阻抗匹配的情况下，音频信号的传输损耗及其失真才能降到最小。电源变压器是将 $220\ \text{V}$ 市电交流电压升高或降低，变成所需的各种交流电压。

2) 中频变压器

中频变压器是超外差式收音机和电视机中的重要元件，又叫中周。中周的磁芯和磁帽是用高频或低频特性的磁性材料制成的，低频磁芯用于收音机，高频磁芯用于电视机和调频收音机。中周的调谐方式有单调谐和双调谐两种，收音机多采用单调谐电路。常用的中周有 TFF-1、TFF-2、TFF-3 等型号为收音机所用；10TV21、10LV23、10TS22 等型号为电视机所用。中频变压器的适用频率范围从几千赫兹到几十兆赫兹，在电路中起选频和耦合等作用，在很大程度上决定了接收机的灵敏度、选择性和通频带。

3) 高频变压器

高频变压器又分为耦合线圈和调谐线圈两类。调谐线圈与电容可组成串、并联谐振回路，用于选频等作用。天线线圈、振荡线圈等都是高频线圈。

4) 行输出变压器

它又称为逆行程变压器，接在电视机行扫描的输出级，将逆行程反峰电压经过升压整流、滤波，为显像管提供阳极高压、加速极电压、聚焦极电压以及其他电路所需的直流电压。新产品均为一体化行输出变压器。

3. 电感线圈和变压器的型号及命名方法

1) 电感线圈的型号和命名方法

电感线圈的命名方法如图 1.2 所示。

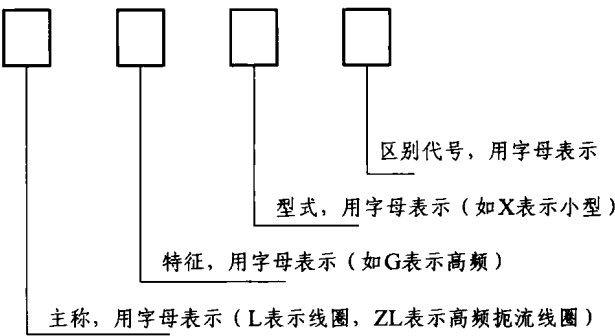


图 1.2 电感线圈的命名方法

2) 中频变压器的型号命名方法

它由三部分组成：

第一部分：主称，用字母表示；

第二部分：尺寸，用数字表示；

第三部分：级数，用数字表示。

各部分的字母和数字所表示的意义如表 1.11 所示。

表 1.11 中频变压器型号各部分所表示的意义

主 称		尺 寸		级 数	
字母	名称、特征、用途	数字	外形尺寸 (mm×mm×mm)	数 字	用于中波级数
T	中频变压器	1	7×7×12	1	第一级
L	线圈或振荡线圈	2	10×10×14	2	第二级
T	磁性瓷芯式	3	12×12×16	3	第三级
F	调幅收音机用	4	20×25×36		
S	短波段	5			

示例：TTF-2-1 型，表示调幅收音机用磁性瓷芯式中频变压器，外形尺寸为 10 mm×10 mm×14 mm，用于中波第一级。

3) 变压器型号的命名

第一部分：主称，用字母表示；

第二部分：功率，用数字表示，计量单位用伏安（V·A）或瓦（W）表示，但 RB 型变压器除外；

第三部分：序号，用数字表示。

主称部分字母表示的意义如表 1.12 所示。

表 1.12 变压器型号中主称部分字母所表示的意义

字 母	意 义	字 母	意 义
DB	电源变压器	HB	灯丝变压器
CB	音频输出变压器	SB 或 ZB	音频（定阻式）输送变压器
RB	音频输入变压器	SB 或 EB	音频（定压式或自耦式变压器）
GB	高频变压器		

4. 主要参数

1) 电感量标称值与误差

电感器的电感量也有标称值，单位有 μH （微亨）、 mH （毫亨）和 H （亨利）。它们之间的换算关系为： $1\text{ H}=10^3\text{ mH}=10^6\mu\text{H}$ 。电感量的误差是指线圈的实际电感量与标称值的差异，对振荡线圈的要求较高，允许误差为 $0.2\%\sim 0.5\%$ ；对耦合阻流线圈要求则较低，一般在 $10\%\sim 15\%$ 。电感器的标称电感量和误差的常见标志方法有直接法和色标法，标志方式类似于电阻器的标志方法。目前大部分国产固定电感器将电感量、误差直接标在电感器上。

2) 品质因数

电感器的品质因数 Q 是线圈质量的一个重要参数。它表示在某一工作频率下，线圈的感抗对其等效直流电阻的比值，即 $Q=\omega L/R$ ， Q 愈高，线圈的铜损耗愈小。在选频电路中， Q 值愈高，电路的选频特性也愈好。

3) 额定电流

额定电流指在规定的温度下，线圈正常工作时所能承受的最大电流值。对于阻流线圈、电源滤波线圈和大功率的谐振线圈，这是一个很重要的参数。

4) 分布电容

分布电容指电感线圈匝与匝之间、线圈与地以及屏蔽盒之间存在的寄生电容。分布电容使 Q 值减小、稳定性变差，为此可将导线用多股线或将线圈绕成蜂房式，对天线线圈则采用间绕法，以减少分布电容的数值。

5. 电感器与变压器的测试

1) 电感器的测试

首先进行外观检查，看线圈有无松散，引脚有无折断、生锈现象。然后用万用表的欧姆挡测线圈的直流电阻，若为无穷大，说明线圈（或与引出线间）有断路；若比正常值小很多，说明有局部短路；若为零，则线圈被完全短路。对于有金属屏蔽罩的电感器线圈，还需检查它的线圈与屏蔽罩间是否短路；对于有磁芯的可调电感器，螺纹配合要好。