

<http://www.phei.com.cn>

高等学校电工电子实践系列

模拟电子技术 基础实验

杨刚 主编 徐雪梅 副主编

0-33



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等学校电工电子实践系列

模拟电子技术基础实验

杨 刚 主 编
徐雪梅 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是根据高等院校工科本科生的模拟电子技术实验课程基本要求编写的。

书中实验内容丰富,包含原理性实验、验证性实验和设计性实验,具有将实物实验与以 Multisim 2001 为代表的 EDA 设计仿真实验紧密结合的特点,并含有可编程逻辑器件设计实验。

本书附录部分包含电子技术实验常用的数字万用表、数字实时示波器、任意波形发生器、双路跟踪稳压电源等器件的使用说明,供读者查阅。

本书可作为高等院校电类和非电类专业本科生、专科生学习使用,亦可作为电视大学、职业大学、业余大学以及远程教育、网络教育中的电类和非电类专业的电子技术实验教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础实验/杨刚主编. —北京:电子工业出版社,2003.11

(高等学校电工电子实践系列)

ISBN 7-5053-9226-3

I. 模... II. 杨... III. 模拟电路—实验—高等学校—教材 IV. TN710—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 090598 号

责任编辑:王 颖

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:11.75 字数:258 千字

版 次:2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:15.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

《模拟电子技术实验》是高等工科院校实践教学环节的一个重要组成部分。通过这门课程的学习,学生可将电子技术基础理论与实际操作有机地联系起来,加深对所学理论课程的理解,逐步培养和提高自身的实验能力、实际操作能力、独立分析问题的能力和解决问题的能力,以及创新思维能力和理论联系实际的能力。

本教材是根据教育部工科电工教学指导委员会关于电子技术基础课程教学大纲的基本要求,同时总结了近几年来四川大学的实践教学经验,并按照当前教学改革的要求编写的。教材实验内容丰富,且遵从循序渐进的原则。基础部分以二极管、三极管、电阻、电容的测试开始,配以常用仪器练习,让学生逐步对电子元器件及其测试方法有一定的了解,并掌握实验中常用电子仪器的使用和测量方法;之后通过基本放大电路、组合放大电路、场效应管放大电路、功率放大电路等各种不同的电路组态的实验,使学生掌握和熟练运用各种单元放大电路;再以集成运放为核心的集成运放参数测试、算术运算电路、比较电路和低通、高通、带通、带阻电路来加深学生对集成电路的实验和设计能力;最后通过 LC、RC 正弦波发生器电路实验和非正弦波发生器电路转换实验让学生对反馈和波形的产生有进一步认识,并通过 AM、FM 调制和解调电路实验,来加强学生对通信电路原理的理解。书中每一个实验都包含实验目的、实验原理、实验内容和实验报告要求,旨在不仅要教会学生怎样去做,而且要使学生弄懂为什么这样去做,并启发学生进行思考。

本教材的一大特点是将传统的原理性、验证性实验与以 Multisim 2001 为代表的 EDA 设计性实验紧密结合,将实物实验与虚拟仿真实验有机地、紧密地结合,充分利用了计算机的辅助设计能力,并顺应现代电子技术发展的潮流。通过虚拟仿真实验,可方便学生在实验课前预习和课后练习,同时将许多实验室中无法进行的实验操作或实际操作难度大的实验内容通过计算机进行仿真实验完成,极大地丰富了电子技术的实验内容。实物实验一方面加强学生的实际操作能力,另一方面又是对理论教学和虚拟仿真实验的验证。

本书主编杨刚,副主编徐雪梅。实验一、二、六、七、八、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、二十一、二十二、二十三由杨刚编写,实验三由李雷编写,实验五由徐雪梅编写,实验十九由徐法强编写,实验二十四由龙海燕编写,实验四、九由杨刚、徐雪梅共同编写,实验二十由杨刚、徐法强共同编写,附录一、二、三由杨刚、林波、莫平共同编写,附录四、五由杨刚编写。

本书由四川大学电气信息学院李国成教授主审,参加本书审稿工作的还有四川大学电气信息学院林承基教授、周群副教授、贾绍芝副教授和刘婕副教授,在此表示衷心感谢!

本书在编写过程中得到四川大学电工电子基础教学中心实验室同志们的大力支持和帮助,同时还获得四川大学电气信息学院各位领导的鼓励和支持,在此一并表示感谢!
本书不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2003年4月于四川大学

目 录

实验一 晶体二极管和三极管的测试	1
实验二 常用电子仪器的使用	7
实验三 虚拟电子实验平台的使用	14
实验四 基本放大电路	20
实验五 组合放大电路	31
实验六 场效应管放大电路	35
实验七 差动放大电路	41
实验八 功率放大电路	49
实验九 负反馈电路	58
实验十 集成运算放大器参数的测试	69
实验十一 算术运算电路	76
实验十二 比较电路	86
实验十三 电流源电路	93
实验十四 有源低通滤波电路	98
实验十五 高通滤波电路	109
实验十六 带通滤波电路	120
实验十七 带阻滤波电路	127
实验十八 LC 振荡电路	133
实验十九 RC 振荡电路	137
实验二十 非正弦波发生与转换电路	142
实验二十一 整流、滤波和稳压电路	146
实验二十二 AM 调制和解调电路	154
实验二十三 FM 调制和解调电路	158
实验二十四 检波电路	162
附录一 FLUKE 45 型双显示数字万用表	165
附录二 TDS 210 型数字式实时示波器	167
附录三 AFG310 任意波形发生器	173
附录四 HY1711-30S 双路可跟踪直流稳定电源	178
附录五 EE1641B 函数信号发生器/计数器	180
参考文献	182

实验一 晶体二极管和三极管的测试

一、实验目的

- ❖ 学习和掌握使用万用表测量晶体二极管和三极管的方法。
- ❖ 通过万用表测量二极管的正反向电阻,对二极管 PN 结极性、晶体材料作出判断。
- ❖ 通过万用表测量,学会区分普通二极管和稳压管。
- ❖ 测量三极管,标出 BCE 极,判断三极管的材料,并测量穿透电流的大小。
- ❖ 用图示仪观察普通二极管、稳压管和三极管的特性曲线。

二、实验器材

- ✓ 晶体管图示仪 1 台;
- ✓ 500 型万用表 1 台;
- ✓ 二极管、三极管 若干个。

三、实验原理

1. 万用表测量原理

用万用表测量二极管、三极管,方法简单,无需复杂的专用仪表,就能较为迅速地确定被测管的类型、管脚极性,并判断它的好坏。

用万用表测试二极管和三极管使用万用表的欧姆挡。在测试时,必须注意万用表欧姆挡的以下几个特点:

①万用表欧姆挡等效电路如图 1-1 所示。图中 E 为表内电源(一般基本挡使用一节 1.5V 的电池), r 为万用表等效内阻, I 为被测回路中的实际电流。由图可知万用表正端的表笔(一般习惯用红色表笔)对应表内电源的负极,而负端的表笔(一般习惯用黑色表笔)对应于表内电源的正极。

②万用表表面欧姆挡的刻度尺的中央刻度值称为万用表欧姆挡的“中值电阻”,它即为万用表欧姆挡的等效内阻。

③一般万用表以 $R \times 1k$ 挡作为基本挡。这时表内电源(电池)为 1.5V,为满足测量小电阻的需要,在基本挡的基础上增设电阻 r' ,如图 1-2 所示。这样,使流经表头的电流值所表征的被测电阻值变小了,或者说仪表的等效内阻(中值电阻)变小了,能够输出的测量电流变大了。一般万用表 $R \times 100$, $R \times 10$, $R \times 1$ 挡级的中值电阻较之基本挡依次递减 10 倍;为满足测量大电阻的需要,一般是采用提高电源电压 E ,同时加大 r 值的方法,

因为 E 提高后,更大的 E 能使万用表的表针有足够的偏转,一般万用表 $R \times 10k$ 挡的中值电阻较基本挡高十倍,其 E 多采用 $9V$ 或 $15V$ 。

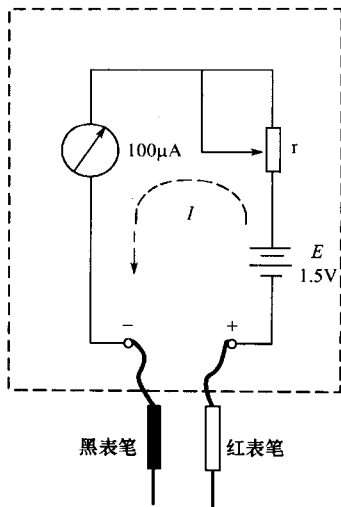


图 1-1 万用表欧姆挡等效电路

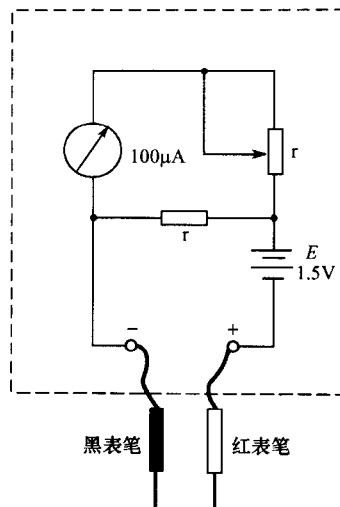


图 1-2 万用表欧姆挡测量挡位扩展原理

2. 万用表测量二极管(使用 $R \times 1k$ 挡)

(1) 判别二极管的极性

因为二极管的核心是一个 PN 结,所以把二极管当做一个被测元件,以不同方向接入万用表表笔两端时,测量回路里的电流是不一样的,若红表笔(电源 -)接在二极管 N 极,黑表笔(电源 +)接在二极管 P 极,如图 1-3 所示,则二极管是正向导通。这时,测量回路里电流较大,指示的电阻较小。反之,红表笔(电源 -)接在二极管 P 极。黑表笔(电源 +)接在二极管 N 极,则二极管是反向不导通,这时测量回路里电流极小,指示电阻很大。因此,根据万用表欧姆挡电阻的大小就可以判别二极管的 P 极和 N 极。

(2) 判别二极管的好坏

用万用表欧姆挡测二极管反向电阻时,若电阻在 $200k\Omega$ 以上,这时可以认为这只二极管基本上是好的。

若正反向测量时,二极管所呈现电阻都很小,则这只二极管被击穿通路(坏)。

若正反向测量时,二极管所呈现的电阻都很大,则这只二极管是断路的(坏)。

(3) 判别二极管的晶体材料

若正向测量二极管时,电表指示在满刻度的 90% 左右(这时可参考 500 型万用表第

二条标尺),则这只二极管是一只锗管。

若正向测量二极管时,电表指示在满刻度约 60% 左右,则这只二极管是一只硅管。

(4) 区分普通二极管和稳压管

一般二极管反向击穿电压都在 15V 以上。所以一般情况下,用 $R \times 1k$ 挡测量二极管反向电阻时,其阻值在 $200k\Omega$ 、甚至在数兆欧姆以上,然而用 $R \times 10k$ 挡测量时,其反向电阻仍然很大。稳压管就不同,用 $R \times 1k$ 挡测量时,阻值很大,而用 $R \times 10k$ 挡测量时,阻值变得很小。原因是当万用表指针打到 $R \times 10k$ 挡时,其内电源除了原来的一只 1.5V 电池以外,还串联了另一只 9V 电池。其电压达到 10.5V,反向测量二极管时,此电压不足以击穿普通二极管,却能击穿 10V 以下的稳压管,当稳压管被击穿时其阻值将变得很小。由此可以区分普通二极管和稳压管。

3. 用万用表测量三极管

(1) 判定基极和管子类型(用 $R \times 1k$ 挡)

由于三极管 b 到 c 和 b 到 e 分别是两个 PN 结,如图 1-4 所示。首先将任一表笔接在假定的基极上(可以任意假定),另一支表笔分别测试其他两支管脚。若测试得

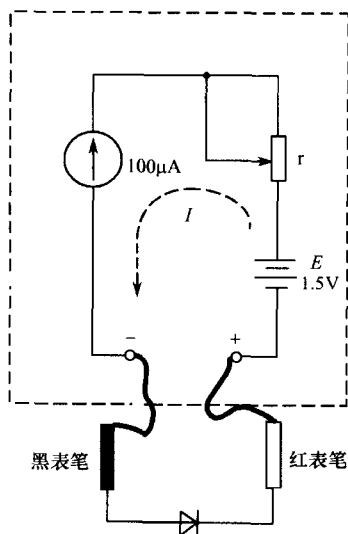


图 1-3 万用表测量二极管

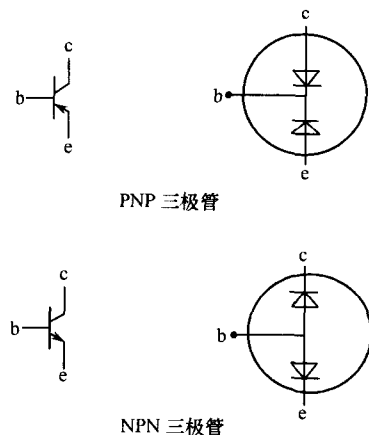


图 1-4 三极管 PN 结等效示意图

到两次测量的电阻都大(或者都小),这时可将红、黑表笔互换,再重复以上测量。若测得结果,电阻变得很小(或很大),则假定的基极就是正确的。如果假定的基极对其他两支管脚的电阻一大一小,则应选择另外的管脚作为假定基极,重复以上测量直至找出基极为止。

假若三个管脚都不能确认为基极,则被测管不是一只晶体三极管,或是一只坏管。

当基极确定后,假若黑表笔接基极,红表笔分别接 c 极和 e 极,所测电阻很小,则被测管为 NPN 管。

假若红表笔接 b 极,黑表笔分别接 c 极和 e 极,所测电阻很小,则被测管为 PNP 管。

(2) 判断三极管的晶体材料(用 $R \times 1k$ 挡)

假若三极管 b-c 和 b-e 正向导通时,表针大约在满刻度 60% 左右,则被测管为一只硅管。

假若三极管 b-c 和 b-e 正向导通时,表针指示位置在满刻度 90% 左右,则被测管为一只锗管。

(3) 检查电流放大系数 β , 判断 c 极和 e 极(硅管用 $R \times 1k$ 挡, 锗管用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 10$ 挡)

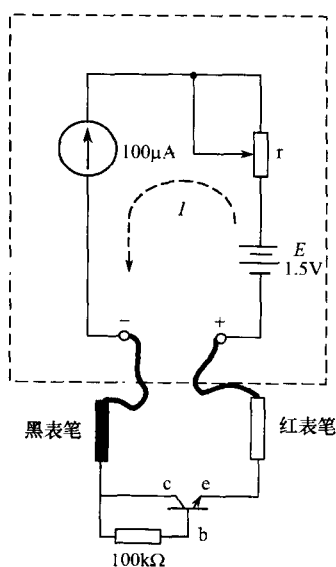


图 1-5 三极管电流放大系数 β 的测量

下面以 NPN 管为例说明检测方法,如图 1-5 所示。

首先假定某只管脚为 c 极,黑表笔接假设的 c 极,红表笔接 e 极,(这时不要接入 $100k\Omega$ 电阻),测量回路有一个电流 I_1 ,这时若在黑表笔和基极之间,接上一只 $100k\Omega$ 偏流电阻,因为基极注入电流,则集电极电流将增加,这时测量回路里电流为 I_2 ,于是得到一个变化量 ΔI ,然后再交换表笔。红表笔接 c 极,黑表笔接 e 极,测得电流 I_1' ,在 c 极和 b 极之间接上 $100k\Omega$ 电阻测得电流 I_2' ,同样得到一个变化量 $\Delta I'$ 。两次假设中,以变化量大的一次为准(即 β 大)。对 NPN 管来说,黑表笔接的一端为 c 极,而红表笔接的端为 e 极。

对 PNP 管来说,同样首先假定某一只管脚为 c 极,然后红表笔接 c 极,黑表笔接 e 极,仍以变化量大的一次为准,则对应红表笔接的一脚为 c 极,而黑表笔接的一脚为 e 极。

因为锗管的穿透电流较大,即在没有加入偏流电阻之前,集电极就有较大电流,所以这时以使用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 10$ 挡效果较好。

假如手边没有偏流电阻时,可用人体电阻代替之,偏流电阻的大小不一定拘于 $100k\Omega$, $50 \sim 200k\Omega$ 之间电阻均可。

(4) 穿透电流的测量(用 $R \times 1k$ 挡)

把万用表两表笔分别接于 c、e 两极,b 极悬空,如图 1-5 所示,其中, $100k\Omega$ 电阻不接

入。对 NPN 管黑表笔接 c 极,红表笔接 e 极,对 PNP 管红表笔接 c 极,黑表笔接 e 极,这时表针有一个指示,在 500 型万用表第二条标尺刻度上读取表针偏转满刻度的百分数 K ,则穿透电流 I_{CEO} 为:

$$I_{CEO} = \frac{E \cdot K}{R_0} (\text{mA})$$

式中, E 为电源电压(即万用表电池电压),单位为 V;





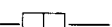
R_0 为万用表中值电阻,单位为 $k\Omega$ 。

四、实物实验内容及步骤

1. 晶体二极管的测量

按照前面实验原理所介绍的方法,用万用表测量表 1-1 中二极管的正反向电阻,然后对二极管好坏情况、PN 结极性、二极管晶体材料和二极管类型作出判断,记入表 1-1 中。注意每只二极管管脚均被修剪成一长一短,以便于标注 PN 结极性。






表 1-1 晶体二极管的测量

参 数 型 号	二极管好坏情 况(好或坏)	标出二极管 PN 结极性	二极管晶体材 料(硅或锗)	二极管类型(普 通管或稳压管)
2AP7				
2CP13				
2CW				
1N4148				
1N4007				

2. 晶体三极管的测量

按照前面实验原理所介绍的方法,用万用表测量表 1-2 中的各个三极管,然后对三极管好坏情况、三极管晶体材料和二极管类型作出判断,然后标出 b 极、c 极、e 极,并测量穿透电流 I_{CEO} 的大小,记入表 1-2 中。注意标注三极管 b 极、c 极、e 极时,应使管脚朝自己,即以底视图方式标注。同时还应注意有些国产三极管的管脚布置方式,通常是以等腰三角形形状引出三极管底部,而且位于底部截面偏上半部分的位置。此外有的三极管管帽还带一小凸起作为标记。

表 1-2 晶体三极管的测量

参 数 型 号	三极管好坏情 况(好或坏)	三极管晶体 材料(硅或锗)	三极管类型 (PNP 或 NPN)	三极管 b 极、 c 极、e 极	三极管穿透电 流 I_{CEO}
3DG6					
3CG14					
3AX					
9014					
9015					

3. 用图示仪观察普通二极管、稳压管和三极管的特性曲线

- ① 观测二极管的正向伏安特性和反向伏安特性。
- ② 观测稳压管的正、反伏安特性,确定稳压管的稳定电压值。
- ③ 观测三极管的输出特性,了解电流放大倍数的求取方法。
- ④ 观测三极管的输入特性以及 V_{CE} 对输入特性的影响——晶体管内部反馈作用。

五、实验报告要求

- ❖ 整理测试结果,对被测管作出判断。
- ❖ 绘出普通二极管、稳压管和三极管的特性曲线。
- ❖ 结合实验对万用表测试晶体二极管、三极管的方法进行小结。

实验二 常用电子仪器的使用

一、实验目的

- ❖ 掌握直流稳压电源和函数发生器的使用方法。
- ❖ 练习正确使用数字万用表。
- ❖ 初步了解双踪示波器的使用方法。
- ❖ 掌握电阻、电容等元器件的测量方法。

二、实验器材

- ✓HY1711-30S 双路可跟踪直流稳压电源 1台；
- ✓AFG310 函数发生器 1台；
- ✓FLUKE45 数字万用表 1台；
- ✓TDS210 数字式双踪示波器 1台；
- ✓500 型万用表 1台。

三、实验原理

1. 电子仪器仪表使用须知

在电子技术实验中,常用仪器仪表的使用方法除应遵照本书附录有关内容执行外,还应注意以下有关事项:

- ①要使电子仪器能够工作,一般需用 220V 交流电源供电。
- ②电子仪器从开机到能正常工作,一般需要(3~5)min 的预热时间。
- ③应根据测量的要求,恰当选用测量仪器仪表,才能达到准确的测量结果。例如在调整和测试放大器的静态工作点时,应使用数字万用表直流电压挡来测试;而交流放大器的输入、输出电压,只能用数字万用表交流电压挡来测试。
- ④测试过程应尽量避免工频干扰,因此各电子仪器的接零端(注意,并非指接大地端!)应与电子线路的接零端连接。
- ⑤电子仪器的波段开关、调节旋钮等,其强度都有一定限度,转动角也有一定范围,使用时绝不可强行硬旋,以免损坏仪器。

2. 电阻器基本知识

电阻器的种类很多,从构成材料来分,有碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等多种。从结构形式来分,有固定电阻器、可变电阻器和电位器三种。其中固定

电阻器用途最广泛。

电阻器的标称阻值和误差一般都标在电阻体上,标注方法有直标法、文字符号法和色标法,其中色标法应用较广泛。图 2-1(a)所示为直标法,图 2-1(b)所示为文字符号法。

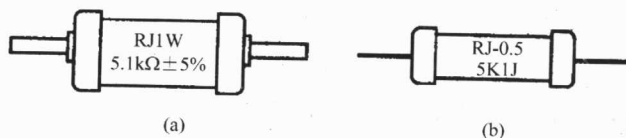


图 2-1 电阻器的直标法和文字符号法

色标法使用不同颜色的环带或点在电阻器的表面标出标称阻值和允许误差。

图 2-2(a)表示两位有效数字的色标法:普通电阻器常用四条色带表示标称阻值和允许误差,其中三条表示阻值,一条表示误差。例如,电阻器上的色带依次为绿、黑、橙、银,则表示阻值为 $50 \times 10^3 = 50\text{k}\Omega \pm 10\%$;又如电阻器的色标是红、红、黑、金,其阻值是 $22 \times 10^0 = 22\Omega \pm 5\%$ 。

图 2-2(b)表示三位有效数字的色标法,精密电阻器用五条色带表示标称阻值和允许误差。例如:色带是棕、蓝、绿、黑、棕,表示阻值为 $165\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

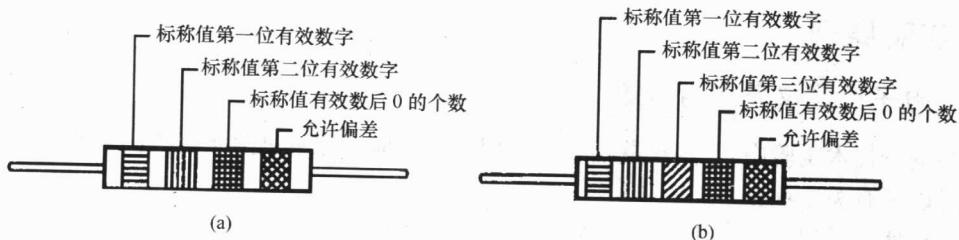


图 2-2 色环电阻

电位器的标注方法除采用直标法和文字符号法,通常还采用数码表示法。

数码表示法通常为三位数,从左算起,第一、第二位数字为有效数字位,表示电位器值的有效数字。第三位数字为倍率,表示有效数字后面零的个数,若不注明单位,数码表示的电位器单位默认为 Ω 。如 103 表示 $10 \times 10^3\Omega = 10\text{k}\Omega$, 472 表示 $47 \times 10^2\Omega = 4.7\text{k}\Omega$ 。

表 2-1 色环电阻的色标含义

颜色	第一位有效位	第二位有效位	第三位有效位	倍率	允许误差
黑	0	0	0	10^0	$\pm 1\%$
棕	1	1	1	10^1	$\pm 2\%$
红	2	2	2	10^2	
橙	3	3	3	10^3	

颜色	第一位有效位	第二位有效位	第三位有效位	倍率	允许误差
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	$+5\% \sim -20\%$
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$
无色					$\pm 20\%$

3. 电容器基本知识

常用电容器有固定电容器、可变电容器及微调电容器三种。固定电容器用途广泛,按其使用的绝缘介质,则无极性的电容器可分为云母电容器、独石电容器、瓷片电容器和玻璃釉电容器等,有极性的电容器可分为铝电解电容器和钽(或铌)电解电容器等,注意有极性电容器的正负极在电路中不能接错。

电容器的标注方法有标单位的直标法、不标单位的直标法、数码表示法和色码表示法。图 2-3(a)为标单位的直标法,注意有些电容用字母“R”表示小数点,如 $R56\mu F$ 表示 $0.56\mu F$ 。图 2-3(b)为不标单位的直标法。

电容量的 p、n、 μ 、m 表示法是用 2~4 位数字和一个字母来表示标称容量,其中数字表示有效数值,字母表示数值的量级。p 表示皮法($10^{-12}F$),n 表示纳法($10^{-9}F$), μ 表示微法($10^{-6}F$),m 表示毫法($10^{-3}F$)。字母有时还表示“小数点”的位置。例如 $1p5$ 表示 $1.5pF$; $470n$ 表示 $0.47\mu F$; $1m5$ 表示 $1500\mu F$ 。

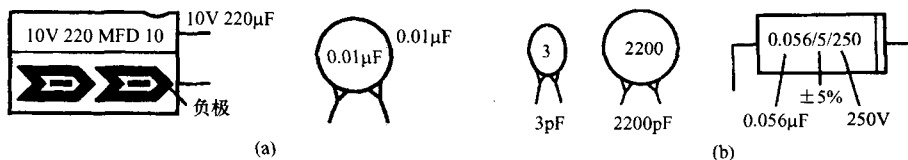


图 2-3 标单位的直标法和不标单位的直标法

电容量的数码表示法通常为三位数,从左算起,第一、第二位数字为有效数字位,表示容量值的有效数字。第三位数字为倍率,表示有效数字后面零的个数,若不注明单位,数码表示的容量单位默认为 pF 。如图 2-4 所示,103 表示 $10 \times 10^3 pF = 0.01\mu F$,224

表示 $22 \times 10^4 \text{pF} = 0.22 \mu\text{F}$, 152 表示 $15 \times 10^2 \text{pF} = 1500 \text{pF}$ 。

有一种特例, 第三位用 9 表示, 此为容量有效数字乘上 10^{-1} 。如图 2-4(d) 中 229 表示为 $22 \times 10^{-1} \text{pF} = 2.2 \text{pF}$ 。这种表示法的容量范围仅限于 $1.0 \sim 9.9 \text{pF}$ 。

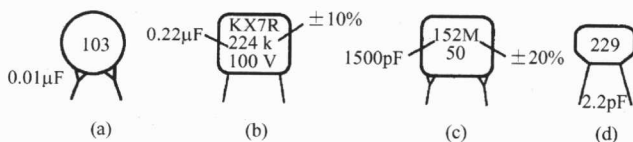


图 2-4 电容器的数码表示法

电容量的色码表示法。顺引线方向, 第一、二环色码表示电容量值的有效数字, 黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白分别代表 0~9 十个数字。第三环色码表示后面零的个数。色码表示的电容量单位也是 pF。图 2-5(a) 中电容上顺引线方向为黄、紫、橙, 表示 $47 \times 10^3 \text{pF} = 0.047 \mu\text{F}$; 图 2-5(c) 所示电容上色环表示的容量为 $22 \times 10^3 \text{pF} = 0.022 \mu\text{F}$ 。

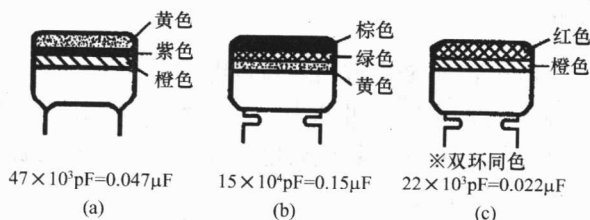


图 2-5 电容器的色码表示法

电容量误差表示方法也有多种, 如不注意就会产生误解。

①直接表示, 例如 $10 \pm 0.5 \text{pF}$, 误差就是 $\pm 0.5 \text{pF}$ 。图 2-3(b) 所示电容器上 0.056 右边的“5”字表示误差为 $\pm 5\%$ 。

②字母码表示, $D = \pm 5\%$ (或者表示 $\pm 0.5 \text{pF}$), $F = \pm 1\%$ (或者表示 $\pm 1 \text{pF}$), $G = \pm 2\%$, $J = \pm 5\%$, $K = \pm 10\%$, $M = \pm 20\%$ 。

例如图 2-4(b) 所示电容中 224k 表示 $0.22 \mu\text{F} \pm 10\%$, 不要误认为 $224 \text{k}\Omega$ 电阻。图 2-4(c) 所示电容中 152M 表示 $1500 \text{pF} \pm 20\%$, 不要误认为 152MF 。图 2-4(a) 所示电容中 103 表示容量可在 $0.01 \sim 0.02 \mu\text{F}$ 范围之内, 不要误认为 103pF 。

四、实物实验内容及步骤

1. 用 FLUKE45 数字万用表测电阻器

根据实验原理, 将表 2-2 中 被测电阻器的有效数字、倍率和允许误差填入表中。再设定 FLUKE45 数字万用表到欧姆挡进行测量, 并进行比较。

表 2-2 FLUKE45 数字万用表测电阻器

电阻器	有效数字	倍 率	允许误差	数字万用表 实测值
紫蓝棕银(色环)				
绿棕黑黑金(色环)				
棕黑黑橙金(色环)				
503(电位器)				

2. 用 500 型万用表测电容器

根据实验原理,将表 2-3 中被测电容器的有效数字、倍率填入表中。再将 500 型万用表调到 $R \times 1k$ 挡,对电容器的两极进行充放电测试(来回交换表笔),观察各电容器的充放电速度,若速度快,则电容量小;若速度慢,则电容量大;若电阻为零,则电容器已击穿;若指针不动,可换量程试一试,仍然不动,则电容器内部可能断路或损坏。将以上判断结果(充放电速度:快、适中、慢;电容器状况:好、击穿、断路)记入表 2-3 中。

表 2-3 500 型万用表测电容器

电容器	有效数字	倍 率	充放电速度	电容器状况
103(瓷片电容)				
104(独石电容)				
4.7 μ F(电解电容)				

3. 用 FLUKE45 数字万用表测直流电压

以 HY1711-30S 稳压电源上的显示为准,将稳压电源调至表 2-4 所需电压值,再选用数字万用表直流电压挡,测其输出电压,并按表 2-4 的要求将数值填入表中。

表 2-4 FLUKE45 数字万用表测直流电压

电子线路要求 电压值	稳压电源 显示值	数字万用表 实测值	数字万用表红表 笔接电源正/负端
5V			
-5V			
12V			
-12V			
25V			

4. 用 FLUKE45 数字万用表测交流信号

选择函数发生器的输出为正弦波输出,并按表 2-5 内所列电压和频率值调节函数发