

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电子线路实验与实训

主 编 林理明

副主编 匡忠辉 欧丽娅 任富民



高等教育出版社

内容提要

本书是中等职业教育国家规划教材《电子线路》的配套教学用书,根据教育部颁布的中等职业学校电子线路教学大纲编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。

本书分为低频电子线路、脉冲数字电路、高频电子线路、常用仪器使用四大部分,以典型产品带动教学的方式进行编写。低频部分以电脑音箱放大器、直流稳压电源为典型产品;高频部分以超外差接收机和通信产品中常用的频率变换电路为典型产品;数字部分以数字钟、抢答器等为典型产品;常用仪器的使用供在实训中参考。各部分均以工厂应用实例、实际产品为主线,将实操技能和必备的理论知识点融入各实例项目中;以学生为主体和中心,充分利用所讲授的生活应用实例激发学生的学习积极性,结合声、光、音乐等趣味性实例提高学生的学习兴趣。本书将教学大纲中要求的知识点和能力点融入到各项目中,以够用、学懂为原则,进一步进行精简和提炼,对于实践技能和工艺方面知识则适当进行补充和加强。

本书图文并茂、生动活泼,并配有光盘,含教材中涉及的电路仿真及电子教案等内容。

本书可供中等职业学校电子电器专业、电子信息类专业、通信专业使用,也可作为岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实验与实训/林理明主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-014911-7

I. 电... II. 林... III. 电子电路-实验-专业学校-教学参考资料 IV. TN710-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第040182号

策划编辑 韦晓阳 责任编辑 刘素馨 封面设计 于涛
版式设计 张岚 责任校对 杨雪莲 责任印制

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷			
开 本	787×1092 1/16	版 次	年 月第1版
印 张	20.5	印 次	年 月第 次印刷
字 数	500 000	定 价	33.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

《电子线路实验与实训》是在我国职业教育蓬勃发展的形势下，为进一步突出职业教育实践教学的特点和技能培养的目标，以实训教学模式开展教学的需要而编写的。本书试图以实用为根本，以学生为中心，以市场需求为导向，以培养在工厂、生产车间第一线的电子技术工作人员为任务，将其所必备的基本知识点、焊接装配工艺、图纸分析、故障排除等技能和在实际工作中必须用到的理论知识融入各实训项目中，并应用电化教育的手段，使学生尽快掌握电子线路的基本知识。本教材的编写依据是教育部颁发的中等职业教育《电子线路教学大纲》，可供全国中等职业技术学校3、4年制电子信息类专业学生使用。

近年来我国职业教育蓬勃发展，中职教育的特点和教学环境也发生了巨大的变化，一方面是科学技术迅猛发展、职业技术人才短缺，另一方面是中职学生的文化素质不断下降。针对这一现状，本书在编写过程中力图体现以下的特点：

1. 本书分为低频电子线路、高频电子线路、脉冲数字电路、电路仿真介绍四大部分。在电子线路实训教材中增加电路仿真内容，主要是考虑到现在计算机的应用相当普及，一方面可以自己动手焊接调试电路，另一方面又可以通过仿真软件进行逼真的模拟，既可以尽早地接触计算机的应用，又可以运用电化教育的方法，帮助学生理解电子线路的基本原理。为此，本书随书附光盘一张。在光盘中详细介绍了仿真软件 PROTEL 99 的使用方法，同时提供了在 PROTEL 99 界面下的主要实验电路，读者只要选择仿真方式、设置仿真参数便可以运行仿真，观察仿真的结果，与理论分析进行比较。

2. 以典型产品带动教学的方式进行编写。本书的每部分均分为实验和实训，实验为常规的单元电路，实训项目为典型产品。低频部分的典型产品是立体声扩音机；高频部分的典型产品是超外差接收机；数字部分为数字钟、抢答器等。各部分均是以应用实例、实际产品为主线，将实操技能和必备的理论知识点融入各实例项目中，充分利用生活应用实例激发学生的学习积极性。常规的实验项目最后都在综合实训项目中得到应用，通过实例，使学生学习由被动变主动，变为学生自己做，主动学，在轻松、愉悦但又紧张、有序的实践环境中学到教学大纲中要求掌握的知识和技能。

3. 在编写过程中注意实验项目和实训项目的连贯、衔接，避免重复。力求使用尽量少的元件，把每个实验项目都连贯起来。在实验实训中，补充少量的课外知识（例如驻极体话筒、音乐片集成电路），然后由学生经过简单的连接，便可成为一个比较实用的电器设备。例如在低频部分，先是学共射放大电路和共集电路，然后构成共射共集级联电路，加少量元件又成为负反馈放大电路，由负反馈放大电路构成话筒放大电路，再和功放电路连接，就成为简易的扩音机。项目的安排按照由易到难、由简到繁的原则，使老师的教和学生的学不脱节。使学生建立由电子线路组成电子设备的概念。

4. 该实训指导书融理论于实训项目中，融趣味性和实用性于一体。在每个实验项目前，

增加基本知识点，将教学大纲中要求的知识点和能力点融入到各项目中。理论知识以够用、学懂为原则，进行精简和提炼。实践技能和工艺方面知识则适当加强。

5. 考虑到阅读对象为 14~15 岁的初中毕业生，阅读能力较差，长篇累牍的大块文章很难读懂和读下去。参照目前电脑书的方法，排版上分两种字体：宋体说明一般的内容，楷体说明较重要的内容。较重点部分字体用黑底，并有提示、说明、深入、技巧小图标。用图文并茂、生动活泼的排版方式来使学生提高阅读的效率。

本书由广东省电子技术学校高级讲师林理明任主编，负责全书的策划构思、选稿和统稿工作。参加编写工作的有林理明、匡忠辉、欧丽娅、任富民老师，林理明编写第 1 章，欧丽娅编写第 2 章，任富民编写第 3 章，匡忠辉编写第 4 章，随书附送的光盘由匡忠辉设计与制作。余任之、聂辉海任主审，两位专家对全书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书的实验和实训项目大多选自我校经过使用的项目。在编写本书前，每一个项目又经过重新试验，参数准确。学生只要认真按照指导书进行焊接、装配，各实例成功率达百分之百。

由于编者水平有限，加上编写时间十分紧迫，书中难免会有缺点和不妥之处，诚恳希望读者批评指正。意见和要求可联系电子邮箱：lin.liming@tom.com

编者

2004 年 1 月于广州

目 录

第1章 低频电子线路实验与实训	1	第3章 数字电子线路实验与实训	144
1.1 半导体器件的命名方法和测试	1	3.1 数字电路基础	144
1.2 常用电子仪器的认识与使用	13	3.2 逻辑门电路的功能测试	149
1.3 单管共射放大电路	29	3.3 组合逻辑电路的设计和调试	156
1.4 射极输出器	36	3.4 触发器和移位寄存器的功能 测试	162
1.5 共射共集级联放大电路	41	3.5 计数器	174
1.6 负反馈放大电路	47	3.6 数码抢答器	182
1.7 差分放大电路	52	3.7 数字时钟	198
1.8 集成运算放大器的应用	57	3.8 彩灯控制电路	208
1.9 互补对称功率放大电路	64	3.9 A/D(模/数)、D/A(数/模) 转换	221
1.10 集成稳压电源的应用	69		
1.11 立体声扩音机的安装与调试	74		
第2章 高频电子线路实验与实训	92	第4章 Protel 99 电路仿真应用	235
2.1 小信号调谐放大电路	92	4.1 Protel 99 仿真电路设计入门	236
2.2 电感三点式振荡器	103	4.2 简单电路仿真实例——单管 放大电路分析	252
2.3 集成电路振荡器	108	4.3 深入学习电路仿真技术	260
2.4 调幅与检波电路	112	4.4 电路仿真实例	288
2.5 调频无线话筒	118	附录 仿真库 SIM. DDB 中元件 电气图形符号说明	321
2.6 模拟乘法器的应用	122		
2.7 AM/FM 收音机的安装与调试	131		

第1章

低频电子线路实验与实训

低频电子线路的作用主要是对 20 kHz 以下的音频信号进行放大, 即把输入微小的低频电信号放大成没有失真的大幅度的输出信号。放大包含了电压放大和功率放大, 低频电子线路又称为线性放大电路。本章的实验电路是各种不同功能、用于不同目的的放大电路(电压放大、负反馈放大、直流放大、功率放大等), 兼顾实用性和趣味性, 又介绍了话筒放大电路和音乐片集成电路。实训项目是由低频电子线路组成的典型产品——双声道扩音机。

1.1 半导体器件的命名方法和测试



教学要求

- ◆ 认识本学期实训用的全部元器件, 能够识读它们的参数。
- ◆ 了解常用半导体器件的命名方法, 二极管、三极管的型号与参数。
- ◆ 掌握使用万用表判别二极管的极性和三极管的管脚的方法。
- ◆ 掌握使用万用表判别二极管和三极管质量的方法。
- ◆ 复习电阻、电容、电感的命名方法并使用万用表对它们进行测量。

电子设备由各种不同功能的电子线路组合而成, 电子线路由元、器件组合而成, 如图 1.1.1

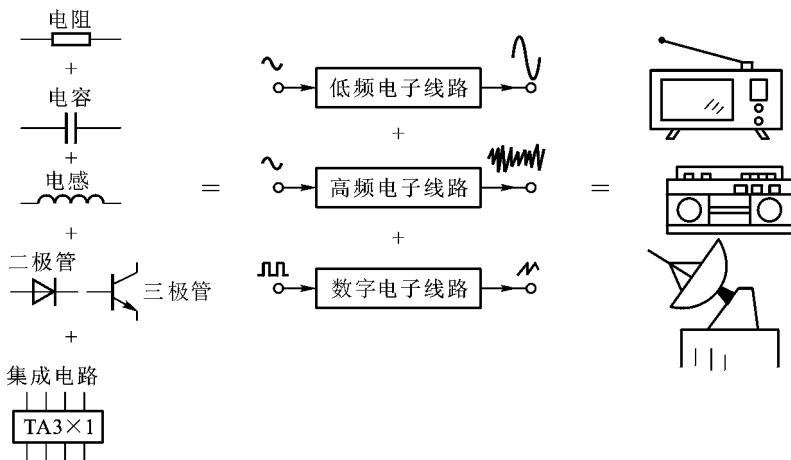


图 1.1.1 电子元件、电子线路、电子设备的关系

所示。常用的元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、集成电路等)。为了能正确地选择和使用这些元器件,就必须掌握它们的性能、参数及质量好坏的判别方法。

1.1.1 半导体器件及基本知识点

1. 二极管、三极管的结构和作用

二极管由一个 PN 结、两根引线构成,三极管由两个 PN 结、三根引线构成,故可将三极管等效为两个背靠背的二极管,如图 1.1.2 所示。这样,三极管的测试问题就可转化为两个二极管的测试问题。PN 结正向电阻小,反向电阻大,故用万用表的欧姆挡可判别二极管的极性,三极管的管脚及二极管、三极管的质量。

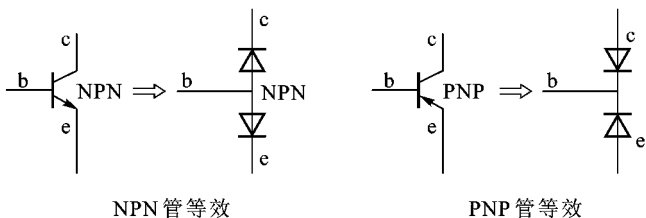


图 1.1.2 三极管等效为两个背靠背的二极管



二极管的基本作用就是单向导电性。即当 $V_+ > V_-$ (正向偏置时),二极管导通,呈低电阻(正向电阻一般为几欧到几千欧);当 $V_+ < V_-$ (反向偏置时),二极管截止,呈高电阻(反向电阻一般为几百千欧以上直至无穷大)。三极管在电子线路中的作用是电流放大和开关作用,电流放大指的是三极管的集电极电流 i_c 远远大于基极电流 i_b ,开关作用指的是在外加偏置电压的控制下,CE 极好像开关一样地接通和断开,如图 1.1.3 所示。

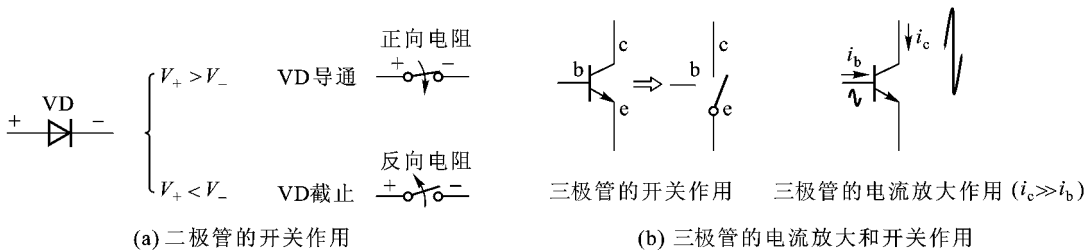


图 1.1.3 二极管、三极管在电路中的主要作用

2. 半导体器件的命名方法

半导体分立器件的型号由五部分组成。第一部分用数字表示半导体分立器件的电极数目,第二部分用字母表示半导体分立器件的材料和极性,第三部分用字母表示半导体分立器件的类

别，第四部分用数字表示半导体分立器件的序号，第五部分用字母表示区别代号。场效应管、半导体特殊器件、复合管、PIN管、激光器件的型号只有第三、四、五部分而没有第一、二部分。半导体分立器件型号命名法见表1.1.1，识别示例如图1.1.4所示。

表1.1.1 国产半导体器件型号命名法

第二部分		第三部分			
字母	意义	字母	意义	字母	意义
A	N型，锗材料	P	普通管	D	低频大功率管 ($f_{\alpha} < 3 \text{ MHz}$ $P_c \geq 1 \text{ W}$)
B	P型，锗材料	V	微波管		
C	N型，硅材料	W	稳压管	A	高频大功率管 ($f_{\alpha} \geq 3 \text{ MHz}$ $P_c \geq 1 \text{ W}$)
D	P型，硅材料	C	参量管		
A	PNP型，锗材料	Z	整流器	T	半导体闸流管(可控整流器)
B	NPN型，锗材料	L	整流堆	Y	体效应器件
C	PNP型，硅材料	S	隧道管	B	雪崩管
D	NPN型，硅材料	N	阻尼管	J	阶跃恢复管
E	化合物材料	U	光电器件	CS	场效应器件
		K	开关管	BT	半导体特殊器件
		X	低频小功率管 ($f_{\alpha} < 3 \text{ MHz}$ $P_c < 1 \text{ W}$)	PIN	PIN型管
				FH	复合管
		G	高频小功率管 ($f_{\alpha} \geq 3 \text{ MHz}$ $P_c < 1 \text{ W}$)	JG	激光器件

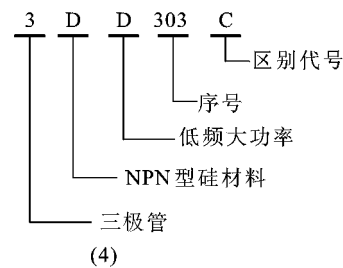
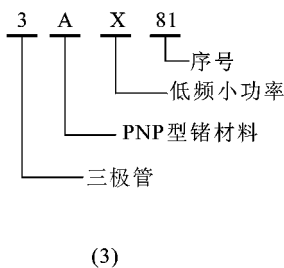
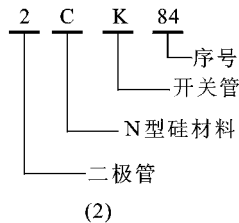
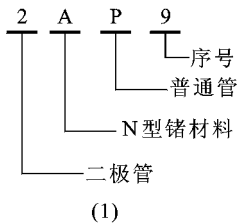


图1.1.4 半导体器件识别示例

提示

目前市面上流行的硅小功率三极管大多数为日、韩生产的。这些二极管、三极管的参数大多数都能满足我们实训使用的需要。为了方便同学们的使用，列出这些三极管的参数如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 日、韩生产的硅小功率三极管

型 号	极 性	P_{CM} /W	I_{CM} /A	$V_{(BR)CBO}$ /V	$V_{(BR)CEO}$ /V	$V_{(BR)CBO}$ /V	f_T /MHz
9011	NPN	0.4	0.03	50	30	5	370
9012	PNP	0.625	0.5	40	20	5	—
9013	NPN	0.625	0.5	40	20	5	—
9014	NPN	0.625	0.1	50	45	5	270
9015	PNP	0.45	0.1	50	45	5	190
9016	NPN	0.4	0.025	30	20	4	620
9018	NPN	0.4	0.05	30	15	5	1100
8050	NPN	1	1.5	40	25	6	190
8550	PNP	1	1.5	40	25	6	200
3903	NPN	0.625	0.2	60	40	5	300
3905	PNP	0.625	0.2	60	40	5	250
4401	NPN	0.625	0.6	60	40	5	300
4402	PNP	0.625	0.6	60	40	5	300
5401	PNP	0.625	0.6	160	150	6	200
5551	NPN	0.35	0.6	180	160	6	200
2500	NPN	0.9	2	30	10	7	150

3. 万用表内电源极性与表笔颜色的关系

提示

万用表处于欧姆(Ω)挡时,需要使用万用表中的内电池,这时“-”端(即黑表笔)为万用表内电源正极;而“+”端(即红表笔)为万用表内电源负极。即:黑表笔是正电压,红表笔是负电压。这一点千万不能与测量外电路的直流电压时“红表笔接外电路正电位端、黑表笔接外电路负电位端”相混淆。掌握万用表内电源极性与表笔颜色关系对记忆测试二极管、三极管时的结论具有重要的意义。

1.1.2 实验内容

1. 用万用表测量二极管



说明

用万用表测量二极管主要是测量它的单向导电性,通常小功率锗二极管的正向电阻值为 $300 \sim 500 \Omega$,硅二极管为 $1 \text{ k}\Omega$ 或更大些。锗管反向电阻为几十千欧,硅管反向电阻在 $500 \text{ k}\Omega$ 以上(大功率二极管的数值要小得多)。正反向电阻差值越大越好。如果测得的反向电阻很小,说明二极管内部短路,若正向电阻很大,则说明管子内部断路。在这两种情况下二极管就需报废。

根据二极管正向电阻小、反向电阻大的特点可判别二极管的极性:

(1) 将万用表拨到欧姆挡。一般用 $R \times 100 \Omega$ 或 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡,不要用 $R \times 1 \Omega$ 挡或 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡。因为 $R \times 1 \Omega$ 挡使用的电流太大,容易烧坏管子,而 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡使用的电压太高,可能击穿管子。

(2) 用表笔分别与二极管的两极相连,测出两个阻值,在所测得阻值较小的一次,与黑表笔相接的一端即为二极管的正极。同理,在所测得阻值较大的一次,与黑表笔相接的一端为二极管的负极。

(3) 将被测二极管的外形、极性、正、反向电阻值填入表 1.1.3 中。

表 1.1.3 二极管的识别与简单测试

被测二极管	外型与极性	正向电阻/ Ω	反向电阻/ Ω	万用表挡位	硅、锗管	质量
VD ₁						
VD ₂						
VD ₃						
VD ₄						
VD ₅						

2. 用万用表测量三极管

用万用表测量三极管主要是判别它的三个电极,并初步判定它的质量(电流放大倍数),下面分别给予说明。

(1) 判断三极管的基极



提示

用万用表判别管脚的根据是:NPN 型三极管基极到发射极和基极到集电极均为 PN 结的正向,如图 1.1.5 所示。而 PNP 型三极管基极到发射极和基极到集电极均为 PN 结的反向,如图 1.1.6 所示。对于功率在 1 W 以下的中小功率管,可用万用表的 $R \times 1 \text{ k}$ 或 $R \times 100$ 挡测量,对于功率在 1 W 以上的大功率管,可用万用表的 $R \times 10$ 挡测量。

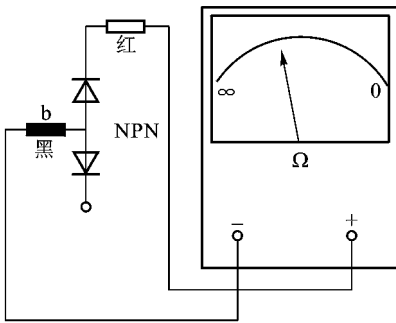


图 1.1.5 黑表笔对其他两个电极均为正向电阻，则黑表笔所接为基极，管型为 NPN

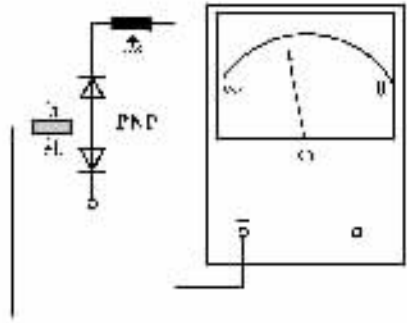


图 1.1.6 红表笔对其他两个电极均为正向电阻，则红表笔所接为基极，管型为 PNP

- ① 设用黑表笔接触某一管脚，红表笔分别接触另两个管脚，如表头读数都很小(正向电阻)，则与黑表笔接触的那一管脚是基极，同时可知此三极管为 NPN 型。
- ② 设用红表笔接触某一管脚，而黑表笔分别接触另两个管脚，表头读数同样都很小(正向电阻)时，则与红表笔接触的那一管脚是基极，同时可知此三极管为 PNP 型。
- ③ 如果两次测得的电阻值是一大一小，则可肯定原假设的基极是错误的，这时就必须重新假设另一电极为“基极”，再重复上述的测试，最多重复两次就可找出真正的基极。

(2) 判断三极管发射极和集电极

以 NPN 型管的测试为例：

- ① 把黑表笔接到假设的集电极 c 上，红表笔接到假设的发射极 e 上，并且用手捏住 b 和 c 极(不能使 b、c 直接接触)，通过人体，相当于在 b、c 之间接入了偏置电阻，读出表头所示 c、e 间的电阻值。
- ② 然后将红、黑两表笔反接重测。若第一次电阻值比第二次小，说明原假设成立，黑表笔所接为三极管集电极 c，红表笔所接为三极管发射极 e，如图 1.1.7 所示。将测试结果填入表 1.1.4。

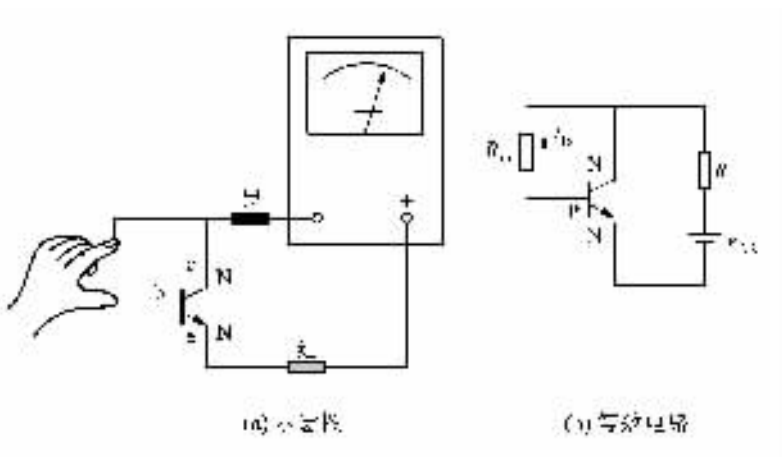


图 1.1.7 偏置正常 c、e 极间电阻值小

提示

上述这样测量的根据是当三极管符合其放大偏置条件时，其 c、e 间电阻值较小，流过万用电表的电流较大。若需判别的是 PNP 型三极管，仍用上述方法，但必须把表笔极性对调一下。

表 1.1.4 判别三极管类型与管脚名称

被测三极管	类 别	管 脚 名 称		
		1	2	3
VT ₁				
VT ₂				
VT ₃				
VT ₄				
VT ₅				

(3) 三极管电流放大系数 β 值的估测

① 将万用表拨到相应电阻挡，测量发射极和集电极之间的电阻。

② 再用手捏着基极和集电极，观察表针摆动幅度大小，摆动越大，则 β 越大，原因是手捏在两极之间等于给三极管提供了基极电流 I_B ， I_B 的大小和手的潮湿程度有关。也可用一只 50 ~ 100 k Ω 的电阻来代替手捏的方法进行测试。

说明

一般的万用表也具备了测 β 的功能，将三极管插入相应的 NPN 或 PNP 测试孔中即可从表头刻度盘上直接读 β 值。若依此法来判别发射极和集电极也很容易，只要将 e、c 对调一下，看表针偏转较大的那一次插脚正确，从万用表插孔旁标记即可辨别出发射极和集电极。

下面使用万用表测量各个 PN 结的正、反向电阻值，并填入实验表 1.1.5 中，判断三极管的好坏。

表 1.1.5 判断三极管好坏(已知管脚名称)

晶 体 管		电 极	电 阻 值 / Ω		质 量 判 断
编 号	类 别		反 向	正 向	
VT ₁		e-b			
		c-b			
		c-e			

续表

晶 体 管		电 极	电阻值/ Ω		质 量 判 断
编 号	类 别		反 向	正 向	
VT ₂		e-b			
		c-b			
		c-e			
VT ₃		e-b			
		c-b			
		c-e			

1.1.3 实验报告内容

1. 说明万用表处于欧姆挡时内电源极性与表笔颜色关系。
2. 总结在测量二极管、三极管各个 PN 结时的实验数据。
3. 小结怎样用万用表判断二极管的极性和估测其质量。
4. 小结怎样用万用表判断三极管的类型、材料和管脚，怎样估测三极管的电流放大倍数。
5. 画出不同类型的三极管测试时的等效电路及测 PNP 三极管 β 值时接线图。

1.1.4 实训思考与练习

1. 复习色环电阻的识读和用万用表测量电位器

制作色环电阻板若干块，每块放置色环电阻 20 只，由学生识读，并将识读、测量结果填入表 1.1.7。用万用表测量电位器，旋转或移动电位器把柄，观察阻值变化情况，测量结果填入表 1.1.7。



色环电阻的表示方法有两种，如图 1.1.8(a)、(b)所示：

① 两位有效数字色标法 普通电阻用四条色带表示标称阻值和允许偏差，其中三条表示阻值，一条表示偏差，例如，电阻器上的色带依次为绿、黑、橙、无色，则表示 $50 \Omega \times 1\,000 = 50 \text{ k}\Omega$ ，误差是 $\pm 20\%$ 。

② 三位有效数字色标法 精密电阻器用五条色带表示标称阻值和允许偏差，例如，色带是棕、蓝、绿、黑、棕，表示 $165 \Omega \pm 1\%$ 的电阻器。色标符号规定如表 1.1.6 所示。

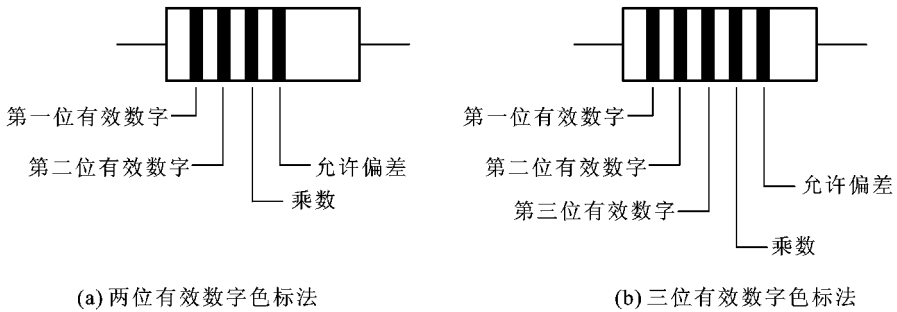


图 1.1.8 色环电阻的表示方法

表 1.1.6 电阻器色标符号规定

颜 色	有 效 数 字	倍 乘 数	允许偏差/(%)
金	—	10^{-1}	± 5
银	—	10^{-2}	± 10
黑	0	10^0	—
棕	1	10^1	± 1
红	2	10^2	± 2
橙	3	10^3	—
黄	4	10^4	—
绿	5	10^5	± 0.5
蓝	6	10^6	± 0.25
紫	7	10^7	± 0.1
灰	8	10^8	—
白	9	10^9	—
无色	—	—	± 20

表 1.1.7 色环电阻的识读和电位器测量

由色环写出具体阻值				由具体阻值写出色环			
色环	电阻值	色环	电阻值	电阻值	色环	电阻值	色环
棕黑黑		棕黑红		0.5Ω		$2.7 \text{ k}\Omega$	
红黄黑		绿棕棕		1Ω		$3 \text{ k}\Omega$	
橙橙黑		棕黑绿		36Ω		$5.6 \text{ k}\Omega$	
黄紫橙		蓝灰橙		220Ω		$6.8 \text{ k}\Omega$	
灰红红		黄紫棕		470Ω		$8.2 \text{ k}\Omega$	



电容器的容量标注法有如下三种：

① 直接标注法 将标称容量及偏差直接标在电容体上，如 $.01 \mu\text{F}$ 表示 $0.01 \mu\text{F}$ 、“3”、“47”、“6 800”、分别表示 3 pF 、 47 pF 、 $6 800 \text{ pF}$ 。对电解电容器如标“1”、“47”、“220”则分别表示 $1 \mu\text{F}$ 、 $47 \mu\text{F}$ 和 $220 \mu\text{F}$ 。

② 数字字母法 容量的整数部分写在容量单位标志字母的前面，容量的小数部分写在容量单位标志字母的后面。如 1.5 pF 、 $6 800 \text{ pF}$ 、 $4.7 \mu\text{F}$ 、 $1 500 \mu\text{F}$ 分别写成 $1\text{p}5$ 、 $6\text{n}8$ 、 $4\mu 7$ 、 $1\text{m}5$ 。

③ 数码法 一般用三位数字表示电容器容量大小，其单位为 pF ，其中第一、第二位为有效数字，第三位表示倍数，即表示有效数字后“零”的个数。如“103”表示 $10 \times 10^3 \text{ pF}$ ($0.01 \mu\text{F}$)、“224”表示 $22 \times 10^4 \text{ pF}$ ($0.22 \mu\text{F}$)。

选用不同标注的电容器若干个，由学生反复判别电容器的容量并注明全称将识别结果填入表 1.1.8 中。

表 1.1.8 电容器识别表

标 注	全 称	标 注	全 称	标 注	全 称
2.7		10 000		2P2	
3.3		0.01		1n	
6.8		0.015		6n8	
20		0.022		10n	
27		0.033		22n	
200		0.068		100n	
300		0.22		220n	
1 000		0.47		103	
68 000		33P		104	

(2) 电容器质量的万用表检测

利用万用表的欧姆挡就可以简单地测量出电解电容器的优劣情况，粗略地辨别其漏电、容量衰减或失效的情况，具体方法是：

① 选用 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 或 $R \times 100 \Omega$ 挡，将黑表笔接电容器的正极，红表笔接电容器的负极，若表针摆动大，且返回慢，返回位置接近 ∞ ，说明该电容器正常，且电容量大。

② 若表针摆动大，但返回时，表针显示的电阻值较小，说明该电容漏电流较大。

③ 若表针摆动很大，接近于 0Ω ，且不返回，说明该电容器已击穿；若表针不摆动，则说明该电容器已开路，失效。

该方法也适用于辨别其他类型的电容器，但如果电容器容量较小时，应选择万用表的 $R \times$

10 k Ω 挡测量。另外,如果需要对电容器再一次测量时,必须将其放电后方能进行。如果要求更精确的测量,可以用交流电桥和 Q 表(谐振法)来测量,这里不作介绍。

选用不同标称值的电容器若干个,将测量结果填入表 1.1.9 中。

表 1.1.9 用万用表测量电容器

	万用表挡位	充电指针偏转角度	实测漏电阻
小电容测量(以 0.01 ~ 0.047 μF 为例)			
大电容测量(以 100 ~ 1 000 μF 为例)			
测量中出现的问题			

3. 复习电感器的识读并用万用表测量电感器

(1) 电感器的识读

常用电感器的图形符号如图 1.1.10 所示,电感量的常用单位是:亨利(H)、毫亨(mH)、微亨(μH),三者的关系是

$$1 \mu\text{H} = 10^{-3} \text{mH} = 10^{-6} \text{H} \quad (1.1.2)$$

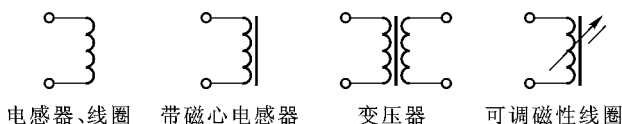


图 1.1.10 常用电感器的图形符号

说明

变压器的参数通常用直标法,把参数直接标在变压器上。电感线圈采用直标法或色码法来表示参数,色码法的识读和色码的含义与色码电阻相同。

(2) 电感器质量的万用表检测

准确测量电感线圈的电感量 L 和品质因数 Q ,可以使用万能电桥或 Q 表。用万用表检测电感器,只能判断它是否开路或局部短路,或对电感量的相对大小作出粗略判断。

说明

电感器的直流电阻值一般很小。匝数多、线径细的线圈能达几十欧。对于有抽头的线圈,引脚之间的阻值均很小,仅有几欧左右。若用万用表 $R \times 1 \Omega$ 挡测得的阻值远大于上述阻值,说明线圈已经开路。只要能测出电阻值,而外形、外表颜色又无变化,可认为被测电感线圈是正常的。将电感线圈的测量结果填入表 1.1.10。