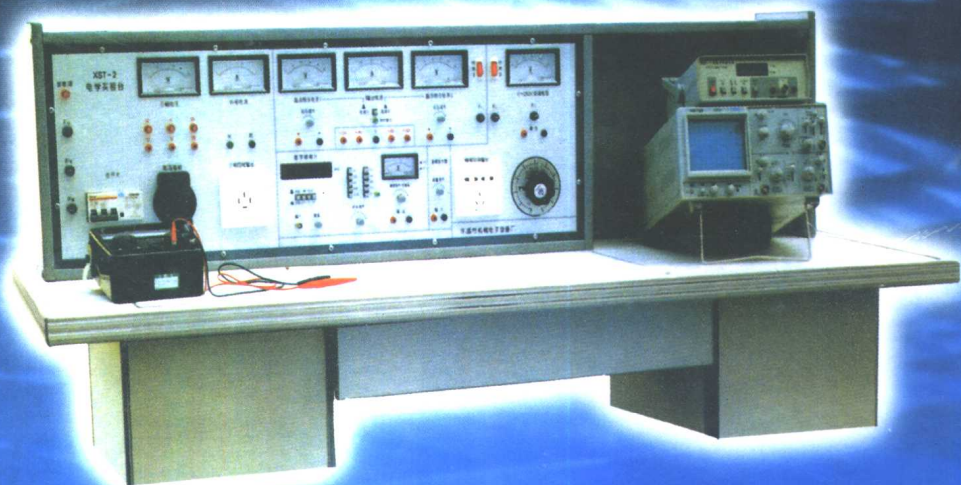


高 等 学 校 教 材

电工与电子技术

实验教程

王俊峰 安家文 吕宽州 主编



黄河水利出版社

DIANZIJIASHU
SHIYANJIACHENG

高等学校教材

电工与电子技术实验教程

王俊峰 安家文 吕宽州 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是根据理工科大、中专院校电类相关专业教学大纲要求,在总结长期相关课程教学经验的基础上编写的。内容包括基础篇、实验篇、设计应用篇、仪器仪表篇和资料篇五大部分。实验分为验证性、提高性和设计性三个层次,加强了集成电路、新元件、新材料的应用。介绍了电路设计方法和设计题目,以及与实验和设计题目有关的基础知识和技术资料,以满足不同专业、不同学时数和不同层次的教学需要。

本书可作为理工科大、中专院校电气类、电子类、自动化类和其他相近专业及非电类专业的学生教材,也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验教程/王俊峰,安家文,吕宽州

主编. — 郑州:黄河水利出版社,2001.3

高等学校教材

ISBN 7-80621-468-2

I. 电… II. ①王…②安…③吕… III. ①电工
技术-实验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等
学校-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 05566 号

责任编辑:雷元静 杜亚娟

装帧设计:朱 鹏

责任校对:裴 惠

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮编:450003

发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

印 刷:黄委会设计院印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17.25

版 次:2001年3月 第1版

印 数:1-3500

印 次:2001年3月 郑州第1次印刷

字 数:400千字

定 价:25.00 元

版权所有 翻印必究

编写人员名单

主 编 王俊峰 安家文 吕宽州
副主编 康丽生 查蔓莉 行文凯 王爱枝
编 委 栗克强 赵洪波 李玉平

前 言

《电工与电子技术实验教程》一书,是根据理工科电类相关专业教学大纲编写的,也是为了适应教学改革,进行素质教育,理论与实践相结合培养学生的实际工作能力、开发创新能力而编写的。

全书分基础篇、实验篇、应用设计篇、仪器仪表篇和资料篇五大部分,内容包括电工学,电路,模拟电子技术,数字电子技术,变流技术,电力拖动,交、直流电机与调速系统等课程的实验,以及设计应用型实验。鉴于新型器件问世,新型先进多功能仪器仪表的出现,原有的实验内容、方法远不能满足现代教学的需要,因此,基础篇和资料篇介绍了新元件、新材料的性能及有关技术参数,便于在实验过程中查找和使用;仪器仪表篇介绍了新型仪器仪表的结构、工作原理和使用方法。

本书在内容上具有很强的通用性和选择性,适用于大、中专电学相关专业及非电类专业根据教学大纲的需要选用。同时,也适用于从事电子产品开发、设计、生产的科技人员参考。

本书在编写过程中,得到了瑞新电气有限公司于生伟厂长、朱长山总工程师的热情支持与帮助,在此向他们表示感谢。

本书邀请郑州大学机电系张元教授担任主审。张元教授在审阅书稿时提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。

参加本书编写的主要有王俊峰、安家文、吕宽州、康丽生、查蔓莉、行文凯、王爱枝;另外,栗克强、赵洪波、李玉平也参加了本书的部分编写工作。全书由王俊峰统稿、定稿。

由于时间仓促,且编者水平有限,书中难免存在错误和不足,恳请读者批评指正。

编 者

2001年2月

目 录

第一篇 基础篇

| | |
|-------------------------|------|
| 一、电阻器、电容器与电感器 | (1) |
| (一)电阻器 | (1) |
| (二)电容器 | (2) |
| (三)电感器 | (3) |
| 二、常用半导体器件 | (5) |
| (一)二极管 | (5) |
| (二)三极管 | (6) |
| (三)单结晶体管 | (7) |
| (四)晶闸管 | (8) |
| (五)光电二极管和光电三极管 | (10) |
| (六)场效应晶体管的测量 | (11) |
| 三、常用集成电路的使用方法 | (12) |
| (一)集成电路命名规则 | (12) |
| (二)运算放大器的使用 | (14) |
| (三)TTL 集成电路的使用规则 | (15) |
| (四)CMOS 集成电路的使用规则 | (16) |
| 四、电路基本参数的测量 | (17) |
| (一)频率和时间的测量 | (17) |
| (二)电路放大倍数的测量 | (19) |
| (三)放大器输入电阻的测量 | (20) |
| (四)放大器输出电阻的测量 | (22) |

第二篇 实验篇

| | |
|----------------------------|------|
| 一、电路部分实验 | (25) |
| 实验一 常用电子仪器仪表及元器件测量 | (25) |
| 实验二 元件伏安特性的测定 | (28) |
| 实验三 基尔霍夫定律的验证 | (32) |
| 实验四 戴维南定理的证明 | (34) |
| 实验五 日光灯电路及其功率因数的改善 | (36) |
| 实验六 三相交流电路负载星形连接 | (38) |
| 实验七 RLC 串联谐振电路 | (39) |
| 实验八 一阶网络的零输入响应和零状态响应 | (41) |
| 实验九 RLC 二阶串联电路暂态响应 | (43) |

| | |
|------------------------|-------|
| 二、模拟电路实验 | (45) |
| 实验一 半导体元器件的测量 | (45) |
| 实验二 晶体管特性与参数的测试 | (46) |
| 实验三 单级阻容耦合放大器的安装与调试 | (50) |
| 实验四 结型场效应管共源放大电路 | (52) |
| 实验五 共射—共集放大电路 | (56) |
| 实验六 带恒流源的差动放大电路 | (58) |
| 实验七 负反馈放大器 | (61) |
| 实验八 集成运算放大器的参数测试 | (63) |
| 实验九 基本运算电路 | (68) |
| 实验十 OTL 功率放大器 | (71) |
| 实验十一 波形产生器 | (73) |
| 实验十二 有源滤波器 | (76) |
| 实验十三 模拟电路综合设计性实验 | (78) |
| 实验十四 直流稳压电源 | (81) |
| 实验十五 放大器故障检查与排除 | (83) |
| 三、数字电路实验 | (87) |
| 实验一 TTL 与非门主要参数测试 | (87) |
| 实验二 门电路的逻辑功能测试 | (90) |
| 实验三 组合逻辑电路 | (94) |
| 实验四 DTL 逻辑门电路 | (97) |
| 实验五 多谐振荡器 | (99) |
| 实验六 锯齿波电压发生器 | (101) |
| 实验七 J-K 集成触发器参数的测试 | (104) |
| 实验八 集成触发器 | (108) |
| 实验九 时序逻辑电路 | (111) |
| 实验十 计数、译码、显示电路 | (113) |
| 实验十一 串行移位电路 | (118) |
| 实验十二 传输门的使用 | (123) |
| 实验十三 555 集成定时器及其应用 | (126) |
| 实验十四 D/A 转换器 | (129) |
| 四、变流技术实验 | (133) |
| 实验一 单相半控桥式整流电路三种负载的研究 | (133) |
| 实验二 三相半控桥式整流电路的研究 | (136) |
| 实验三 三相半波(零式)有源逆变电路的研究 | (139) |
| 实验四 直流斩波电路实验 | (141) |
| 实验五 单相交流调压电路实验 | (143) |
| 实验六 三相交流调压电路实验 | (145) |

| | |
|-------------------------------------|-------|
| 五、电机拖动控制实验 | (148) |
| 实验一 三相异步电动机的点动与连续运行 | (148) |
| 实验二 三相异步电动机的正反转控制 | (150) |
| 实验三 三相异步电动机的 Y— Δ 变换起动 | (151) |
| 实验四 三相异步电动机的行程控制 | (152) |
| 实验五 三相鼠笼式异步电动机的制动控制 | (154) |
| 六、交、直流电机与调速实验 | (155) |
| 实验一 直流并励发电机实验 | (155) |
| 实验二 直流电动机的起动和调速实验 | (158) |
| 实验三 直流电动机的反转与制动 | (160) |
| 实验四 单相变压器的空载和短路实验 | (162) |
| 实验五 三相变压器的极性和联接组的测定 | (165) |
| 实验六 三相异步电动机的起动 | (168) |
| 实验七 三相异步电动机的反转和制动 | (170) |
| 实验八 三相异步电动机作发电机运行实验 | (172) |
| 实验九 三相同步电动机的并联运行实验 | (174) |

第三篇 设计应用篇

| | |
|----------------------------|-------|
| 一、常用电路的一般设计方法 | (178) |
| 二、设计举例 | (183) |
| 三、设计题目 | (189) |
| (一)自动调光台灯电路设计 | (189) |
| (二)实用电热毯节电电路设计 | (190) |
| (三)双路连续可调直流稳压电源设计 | (191) |
| (四)声控节电开关照明电路设计 | (192) |
| (五)火灾报警器电路设计 | (193) |
| (六)定时开关电路设计 | (194) |
| (七)节约水电智能电路设计 | (195) |
| (八)无绳电话防盗用节电电路设计 | (196) |
| (九)分币猜面游戏电路设计 | (198) |
| (十)玻璃瓶计数器的光电转换电路设计 | (199) |
| (十一)10路温度巡回检测电路设计 | (200) |
| (十二)多路数字显示抢答器的设计 | (202) |
| (十三)家用多功能环保器的设计 | (204) |
| (十四)计算机交流电源监视器的设计 | (205) |
| (十五)超声波传感器直接探测电路设计 | (206) |
| (十六)定时自动正反转控制电路设计 | (207) |
| (十七)延时起动控制电路设计 | (207) |

| | |
|---------------------------|-------|
| (十八)行程控制工作台电路设计 | (208) |
| (十九)直流电动机无级调速电路设计 | (208) |
| (二十)三相交流电动机无级调速电路设计 | (209) |

第四篇 仪器仪表篇

| | |
|------------------------------|-------|
| 一、MF500 型万用电表 | (211) |
| 二、XSD-1 实验多用毫伏表 | (213) |
| 三、XD-2 型信号发生器 | (215) |
| 四、XC4320 双通道 20MHz 示波器 | (217) |
| 五、QS-18A 型万用电桥 | (221) |
| 六、BS1 型失真度测量仪 | (223) |
| 七、JT-1 型晶体管特性图示仪 | (226) |
| 八、XS1582X1A 电子实验多用仪 | (232) |
| 九、XSX 系列电路实验箱 | (234) |
| 十、XST 系列电学实验台 | (235) |

第五篇 资料篇(常用半导体器件)

| | |
|------------------------------|-------|
| 一、二极管 | (238) |
| (一)普通二极管 | (238) |
| (二)稳压二极管 | (239) |
| (三)开关二极管 | (240) |
| 二、半导体三极管 | (241) |
| (一)NPN 型硅低频小功率三极管 | (241) |
| (二)NPN 型硅高频小功率三极管 | (241) |
| (三)NPN 型硅低频大功率三极管 | (243) |
| (四)NPN 型硅高频大功率三极管 | (243) |
| (五)中外晶体管置换表 | (244) |
| (六)三极管及场效应管管脚图 | (245) |
| 三、模拟集成电路 | (246) |
| (一)单运算放大器 | (246) |
| (二)双运算放大器 | (250) |
| (三)四运算放大器 | (251) |
| (四)其他电路 | (252) |
| 四、数字集成电路 | (253) |
| (一)74 系列 TTL 数字逻辑电路 | (253) |
| (二)4000 系列 CMOS 数字逻辑电路 | (259) |

第一篇 基础篇

一、电阻器、电容器与电感器

(一) 电阻器

1. 电阻器的分类

电阻器的种类很多,这里仅介绍碳膜和金属膜电阻器。

1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器的阻值范围为 $0.75\Omega \sim 10M\Omega$,额定功率有 $0.1W$ 、 $0.125W$ 、 $0.25W$ 、 $0.5W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $5W$ 、 $10W$ 等,少数做成 $25W$ 、 $50W$ 、 $100W$ 。

碳膜电阻器的温度系数较小,稳定性好,运用频率高,价格较便宜,广泛应用于直流、交流和脉冲电路中。

2) 金属膜电阻器

这类电阻器与碳膜电阻器相比,耐热特性及阻值的稳定性较好,温度系数小,潮湿系数小,噪声小,可工作于 120°C 的温度条件,而且体积小。它的阻值范围 $1\Omega \sim 600M\Omega$,精度可达 0.5% ,额定功率一般不超过 $2W$ 。

金属膜电阻器的温度系数很小,工作温度可达 200°C 以上。

2. 电阻器的标称值

固定电阻器阻值的大小,不是无穷多个连续数值,而是按一定规律制造的,产品出厂时给定的值,称为标称值,它标示在电阻器上。

电阻标称值的直接表示法,即把此数值直接标出,如表 1-1。

电阻标称值的间接表示法,即采用色环表示电阻的大小和允许误差。在电阻器上一般涂有四个色环,偏向电阻器的一端。如果电阻体较小,色环均匀分布,则由误差色环来区分首尾。两位有效数字的色环如图 1-1,色环第一圈 A 表示电阻值的最高位数字,第二圈 B 表示电阻值的第二位数字,第三圈 C 表示再乘以 10^C ,第四圈 D 表示阻值的允许误差。三位有效数字的色环如图 1-2,色环第一圈 A 表示电阻值的最高位数字,第二圈 B 表示电阻值的第二位数字,第三圈 C 表示电阻值的第三位数字,第四圈 D 表示再乘以 10^D ,第五圈 E 表示阻值的允许误差。电阻的单位为欧姆(Ω)。

表 1-1 电阻的文字符号及其标称值

| 文字符号 | 电阻标称值 | 文字符号 | 电阻标称值 |
|------|---------------|------|---------------|
| R10 | 0.1Ω | 10k | $10k\Omega$ |
| R332 | 0.332Ω | 33k2 | $33.2k\Omega$ |
| 1R0 | 1Ω | 1M0 | $1M\Omega$ |
| 3R32 | 3.32Ω | 33M2 | $33.2M\Omega$ |



图 1-1 四色环电阻



图 1-2 五色环电阻

色环颜色的表示值如表 1-2。

表 1-2 电阻色环颜色表示值

| 颜色 | 有效数字 | 乘数 | 允许误差(%) | 颜色 | 有效数字 | 乘数 | 允许误差(%) |
|----|------|-----------|----------|----|------|--------|------------|
| 银色 | | 10^{-2} | ± 10 | 绿色 | 5 | 10^5 | ± 0.5 |
| 金色 | | 10^{-1} | ± 5 | 蓝色 | 6 | 10^6 | ± 0.25 |
| 黑色 | 0 | 10^0 | | 紫色 | 7 | 10^7 | ± 0.1 |
| 棕色 | 1 | 10^1 | ± 1 | 灰色 | 8 | 10^8 | |
| 红色 | 2 | 10^2 | ± 2 | 白色 | 9 | 10^9 | ± 50 |
| 橙色 | 3 | 10^3 | | 无色 | | | ± 20 |
| 黄色 | 4 | 10^4 | | | | | |

例如,四个色环分别为:红(第一位数)、紫(第二位数)、橙(乘数)、金(允许误差),则电阻值为 $R = (2 \times 10 + 7) \times 10^3 \pm 5\% = 27\,000 \pm 5\% (\Omega)$ 。

若五个色环分别为:橙(第一位数)、橙(第二位数)、红(第三位数)、棕(乘数)、蓝(允许误差),则电阻值为 $R = (3 \times 100 + 3 \times 10 + 2) \times 10^1 \pm 0.25\% = 3\,320 \pm 0.25\% (\Omega)$ 。

3. 额定功率

电阻器的额定功率,是指在长期连续负荷而不损坏或基本不改变性能的情况下,在电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值会发生改变,严重时还会烧坏。

普通电阻的额定功率随着电阻尺寸的增大而增大。额定功率为 0.05 ~ 2W 的一般不标出,而大功率电阻器的额定功率往往直接标在电阻器上面。

(二) 电容器

1. 电容量的单位

电容器的容量单位是法拉(F)。由于此单位太大,实用上经常使用的单位及换算关系为:微法(μF), $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$;纳法(nF), $1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$;皮法(pF), $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$ 。

2. 电容器的分类

按电容器的容量是否可调,可将其分为固定电容器、可变电容器和半可变电容器;按电容器的介质材料可将其分为云母电容器、瓷介电容器、纸介电容器、电解电容器等。

1) 云母电容器

云母电容器是以云母作介质,有很高的绝缘性能,即使在高频时,其介质损耗也极小。因其固有电感小,使用频率可很高。其稳定性良好,耐压也高,应用极广。但其容量一般不大,通常在 10 ~ 51 000pF。

2) 瓷介电容器

瓷介电容器是以高介电常数、低损耗的陶瓷材料为介质做成的管状或圆片状电容器。其主要优点是损耗和固有电感极小,可工作至超高频范围,耐热性好,稳定性高,温度系数的大小和正负在制作中能够控制。

瓷介电容器的容量一般为 $1 \sim 1\,000\text{pF}$ 。而高介电常数的铁电陶瓷、独石电容器容量较大,可达几微法,但其温度系数大,容量误差大,损耗大,只能在要求不高的场合作旁路滤波电容用。

3) 纸介电容器

纸介电容器的优点是在一定体积内可得到较大的电容量,构造简单,造价低;缺点是稳定性不高,介质损耗大,固有电感也较大。它主要用作低频电路的旁路和隔直电容器。

4) 电解电容器

电解电容器是有极性的,在其外壳上标明“+”或“-”两个极性,即正极接直流高电位,负极接直流低电位,千万不能接错,否则,电解作用反向进行,氧化膜会很快变薄而被破坏,漏电增大,造成电容器发热损坏甚至爆炸。由新工艺制成的无极性电解电容器则不存在这个问题。

电解电容器的优点是容量大、体积小;缺点是误差大,容量随工作频率而变,温度稳定性和时间稳定性较差,绝缘电阻低,工作电压不高,一般只用作低频滤波和去耦旁路电容。而钽、铌或钛电解电容器的漏电小、体积小、工作温度高,但价格也高。

3. 电容器的标称容量

固定式纸介电容器、金属化纸介电容器、低频有机薄膜介质电容器的标称容量如表 1-3 规定,表中标称容量 $\leq 1\mu\text{F}$ 者,应将表中数值乘以 10^n ,其中 n 为整数。

表 1-3

| 容量范围 | 100pF ~ 1μF | | | 1 ~ 100μF | | | | | | |
|--------|-------------|-----|-----|-----------|----|----|----|----|-----|----|
| 标称容量系列 | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 |
| | 3.3 | 4.7 | 6.8 | 20 | 30 | 50 | 60 | 80 | 100 | |

高频无机性有机薄膜介质电容器的瓷介质电容器、玻璃釉电容器、云母电容器等无机介质电容器的标称容量如表 1-4 所示。表中数值可乘以 10^n ,其中 n 为整数。

一般电解电容器的标称容量为 1、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8,再乘以 10^n ,其中 n 为正整数,单位为 μF 。

4. 电容器的色标法和文字表示法

电容器的色标法和文字表示法与电阻器的表示方法相类似。电阻器的单位为 Ω ,电容器的单位为 pF 。标称电容量的文字符号及其组合类似于表 1-1,但要作如下变更(其阿拉伯数字不变): $\Omega \rightarrow \text{pF}$; $R \rightarrow p$; $k\Omega \rightarrow \text{nF}$; $k \rightarrow \text{n}$; $M\Omega \rightarrow \mu\text{F}$; $M \rightarrow \mu$ 。

(三) 电感器

电感器是由导线绕制的一种元件,它和电阻、电容等元件恰当配合构成各种功能电路。

表 1-4

| 允许误差 | 标称容量系列 | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ± 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 | | | |
| ± 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 | | | | | | |
| ± 20% | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 3.3 | 4.7 | 6.8 | | | | |

1. 电感器的种类

电感器大体上分为带有磁芯和不带磁芯两大类,详细分为:

1) 高频电感线圈

它是一种电感量较小的电感器,用于高频电路中,分为空心线圈、磁芯线圈等,前者多用较粗铜线或镀银铜线脱胎绕成,或绕在空心塑料骨架上,后者多绕在带磁芯的塑料骨架上。带磁芯的线圈其电感量可以通过改变磁芯在线圈中的位置来进行调节,而空心线圈则必需通过增减匝数或匝距来进行调节。

还有一种小型固定高频线圈,也叫色码电感。它也是磁芯线圈之一,不过在绕制以后再用环氧树脂或塑料封装起来,其外壳上标以色环或直接用数字标明电感量数值。这种电感的工作频率为 10kHz ~ 200MHz。电感量一般为 0.1 ~ 33 000 μ H。其电感量误差等级分 I (5%)、II (10%) 和 III (10%) 级。用色码标示时,其第一条色带表示电感量的第一位有效数字;第二条表示第二位有效数字;第三条表示乘以 10 的乘方数(可以从 10^0 ~ 10^9),单位是微亨;第四条表示误差。数字和颜色的对应关系和色环电阻标称法相同。固定电感器的另一种结构形式是在塑料或瓷骨架上绕成蜂房式结构,一般电感量在 2.5 ~ 10mH 之间,称为高频扼流圈。

2) 空心式及磁棒式天线线圈

它是把绝缘或镀银导线绕在塑料胶木管上或磁棒上,其电感量和可调电容配合谐振于收音机欲接收的频率上。中波段天线线圈的电感量较大,200 ~ 300 μ H,线圈圈数较多;短波段电感量小得多,只有几个微亨到十几个微亨,通常只有几圈。

3) 低频阻(扼)流圈

它是利用漆包线在铁芯(硅铜片)外多层绕制而成的大电感量的电感器。一般电感量为数亨,常用于音频或电源滤波电路中。其工作电流在 60 ~ 300mA 之间。

2. 电感器的主要技术参数

(1) 电感量。电感量的大小与线圈圈数、绕制方式及磁芯的材料等因素有关。圈数越多,绕制线圈越集中,则电感量越大;线圈内有磁芯的比无磁芯的电感量大,磁芯导磁率大的电感量也大。

(2) 品质因数 Q 。 Q 值越高则表明电感线圈的功耗越小,效率越高,即“品质”越好。

用 Q 值高的线圈与电容组成的谐振电路具有更好的谐振特性。线圈的标称电流常用字母 A、B、C、D、E 分别代表标称电流值为 50、150、300、700、1 600mA。

(3)分布电容。电感线圈的匝与匝之间和层与层之间都有绝缘介质,因而具有电容效应,即为电感的分布电容。分布电容使线圈的工作频率受到限制,并使线圈的 Q 值下降。为了减小分布电容,提高固有频率,应当选用介电常数小的绝缘介质和适当的绕制方法,如单层间绕、多层叠绕等。

(4)稳定性。电感线圈在使用过程中,如果工作条件发生变化,就可能影响线圈的参数。一般情况下,受温度变化的影响,线圈的电感量和其他参数可能改变。

(5)电感线圈的屏蔽。屏蔽有两种情况:一种是低频电感线圈的屏蔽,属磁屏蔽,用磁性材料作屏蔽盒,阻止外界磁通进入线圈,避免相互干扰;另一种是高频电感线圈屏蔽,采用导电良好的铜、铝等金属材料,起到屏蔽的作用。

二、常用半导体器件

(一)二极管

1. 二极管的选择使用

选用检波二极管时,应考虑其正向压降、反向电流、检波效率和检波损耗、最高工作温度等。

选用开关二极管时,必须考虑反向恢复时间和零偏压结电容等。

选用稳压二极管时,必须考虑稳定电压值、稳定电流、最大功耗和最大工作电流、动态电阻、电压温度系数等。

选用发光二极管时,必须考虑工作电流、工作电压、击穿电压、极限功耗、发光波长和亮度等。

二极管在使用时应注意如下事项:

(1)加在二极管上的电流、电压、功率及环境温度不能超过规定。

(2)二极管在容性负载下工作时(例如作整流时,其后为电容滤波),则二极管的额定电流值应降低 20% 使用。

(3)二极管焊入电路时,其引线离管体距离应大于 10mm。焊接时用 45W 以下的电烙铁,并用金属镊子夹住引线散热。

(4)管脚弯曲时离管端应大于 5mm。

(5)二极管应避免靠近发热元件。

(6)焊接时管脚的清洁处理,可用纱布擦亮,用中性焊剂焊接,切勿用刀或砂纸擦刮,否则,合金引脚很难焊接。

2. 普通二极管的测量

用普通指针式万用表的电阻测量挡来测量二极管时,万用表的等效电路如图 1-3。万用表面板上的“+”习惯使用红表笔,“-”使用黑表笔。而极性“+”和“-”是测量直流电压和直流电流时,保证指针正常偏转所规定的连接要求的。在测量电阻时,表笔“+”处实际为低电位,而表笔“-”处实际为高电位,即表面板上的“+”和“-”与实际电位差的极

性相反。这一点在实际应用中一定要记住。

测量小功率管时,万用表置于 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k\Omega$ 挡,以防万用表的 $R \times 1\Omega$ 挡输出电流过大,或 $R \times 10k\Omega$ 挡输出电压过高而造成器件的损坏。对于面接触型大电流整流二极管可用 $R \times 1\Omega$ 或 $R \times 10\Omega$ 挡进行测量。

实际测量时,黑表笔接二极管的正极,红表笔接二极管的负极,二极管正向导通,测得的是二极管正向电阻,一般为几百欧姆到几千欧姆。当两根表笔对调后,测量到的是二极管的反向电阻。锗管的反向电阻应在 $100k\Omega$ 以上,硅管的反向电阻很大,几乎看不出表头指针的偏转。

以上的测量方法,能大概判别二极管的好坏。当记住了万用表接线柱上的输出电压极性及和二极管的连接关系后,就可判别出二极管的正负电极。

有些数字万用表上具有二极管的测试挡,如 DT-830 型数字万用表,其测试原理和指针式万用表测量电阻的方式完全不同。它测试二极管时的等效电路如图 1-4,实际上是测量二极管两端的直流电压。当二极管的正负极和表的“+”及“-”相连接时,二极管属正向导通状态,经过定量校正后,数字电压表上显示 V_D 的电压值。若二极管的正负极和表的“-”及“+”对应连接,二极管反向偏置,表上“+”和“-”两端电压 V_D 的值超过数字电压表的量程,从而造成溢出指示。这种情况表示二极管具有单向导电性。

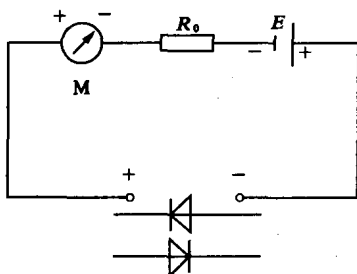


图 1-3 万用表的等效电路

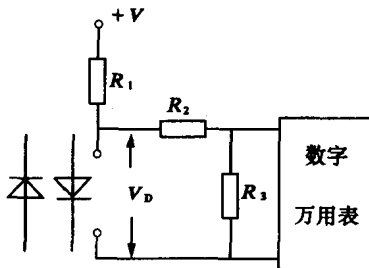


图 1-4 万用表测试二极管的等效电路

(二) 三极管

1. 三极管的选择使用

三极管使用时应注意如下事项:

(1) 由于三极管制造的离散性,即使是同一型号三极管,其性能也有较大差别,应对其影响电路的参数进行测试。

大功率三极管处在小电流工作状态时,其电流放大系数 β 很小,只有达到一定输入电流以后其值才较大,测试和使用时必须注意推动电流不能太小。

(2) 三极管的焊接要求与二极管的一样。由于一些三极管的金属壳就是集电极,安装时不能与其他电路相碰。

(3) 三极管接入电路时应先接通基极,最后接通电源。拆线时应最先断开电源,最后拆除基极连线。切勿在电路通电状态下焊接电路元件。

(4)对于 MOS 管,为了防止栅极感应击穿,要求测试仪器、电烙铁、线路本身都良好接地,焊接时先焊源极。

(5)大功率三极管的散热要求应按规定安装,保证有良好的散热条件。

2. 三极管的测量

1)基极的判别

无论是 NPN 三极管还是 PNP 三极管,其内部都存在两个 PN 结,即集电结和发射结。根据 PN 结的单向导电性,利用二极管的判别测试方法,很容易找出基极和判别三极管的导电类型。

现以 NPN 型三极管为例说明测试方法,使用的是普通指针式万用表,采用测量电阻的方法。按惯例将红表笔插入“+”端,黑表笔插入“-”端。先选定一个管脚,假设它是基极,用万用表黑表笔接在其上,用红表笔分别接通其他两脚,得到两个电阻值均较小,则再把红表笔与该假设基极连接,用黑表笔分别与其他两脚接通,如得到两个电阻值都很大,则原先假设的基极正确。否则,原假设错误。按以上步骤重新假设后进行测试,直到上述情况出现。

当基极判别出来以后,由上面测试电阻的结果还可知道,只有当黑表笔接基极,红表笔接其他两引脚时,测到的两个电阻值较小。反之,得到的两个阻值较大,只能是 NPN 型三极管。

对于某些型号的大功率三极管,因其允许的工作电流很大,可达到安培数量级,其发射结面积大,杂质浓度较高,造成基极—发射极的反向电阻不很大,但还是能和正向电阻区分开来,可使用 $R \times 1\Omega$ 或 $R \times 10\Omega$ 挡进行测试。

2)发射极和集电极的判别

判别发射极和集电极的依据,是正常运用时的 β 值比反向运用时要大得多。

现以 NPN 型三极管为例说明测试方法。把万用表黑表笔接假设的集电极,红表笔接假设的发射极,在集电极和基极之间接入一个 $100k\Omega$ 左右的电阻,看万用表的电阻值。然后,把两表笔接法对调,仍在黑表笔和基极之间接入原用电阻,观察万用表显示的电阻值。以电阻值小表示通过电流大,就是正常放大状态,则此时黑表笔对应的就是集电极,红表笔对应的是发射极。

由上述测量过程可以估计三极管的电流放大系数。在许多数字万用表内都有三极管 β 的测量电路。

(三)单结晶体管

单结晶体管又称为双基极二极管。顾名思义,它具有两个基极(一个 PN 结),其基极是一块 N 型半导体硅棒,在硅棒的两端分别引出两个基极 B_1 和 B_2 。在 B_1 和 B_2 之间制作了一个 PN 结,在 P 型半导体上引出发射极 E,它的组成和表示符号如图 1-5(a)。双基极二极管被广泛应用于控制、触发电路中,构成简单的振荡电路,如制作音响报警装置、电子琴等。

(1)管脚的判别。将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 挡,固定黑表笔于任意电极上,然后用红表笔去分别接触另外两个电极,当得到两个近似相等的电阻值(约 $10k\Omega$)时,则黑表笔所接的电极发射极 E。然后,将万用表的红表笔接在发射极上,黑表笔接任意一个基极,用

舌头舔另一个没接表笔的基极和红表笔所接的发射极,这样做两次后,注意仔细观察表针哪一次摆动大。摆动大时,则其中没接黑表笔的电极为基极 B_1 ,而另一个基极是 B_2 。如用这种方法两次测量表针都有明显的摆动,也说明管子是好的。

(2)管子好坏的判断。按图 1-5(b)焊接好双基极二极管的检测电路,将被检测双基极二极管接在虚线位置上。如果被测管是好的,发光二极管就明显交替闪光;如被测管是坏的,或者基极 B_1 和 B_2 接反了,发光二极管就一直亮着。这也说明基极 B_1 与 B_2 不能互换使用。

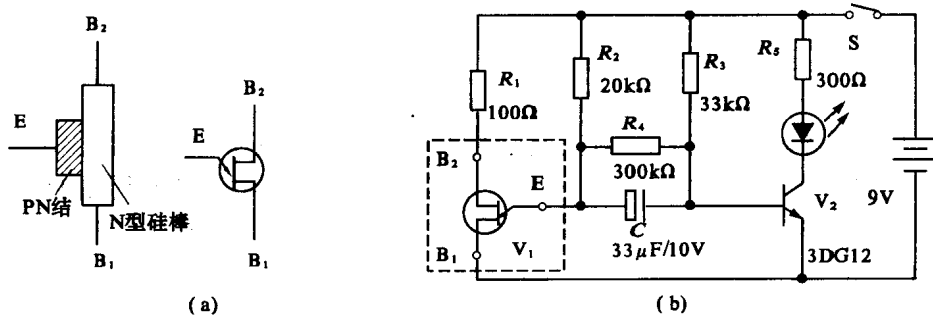


图 1-5

(四) 晶闸管

1. 单向晶闸管

单向晶闸管由 4 层半导体(PNPN)构成(如图 1-6(a)),有 3 个 PN 结: J_1 、 J_2 和 J_3 ,由最下层的 P_1 引出阳极 A,最上层的 N_2 引出阴极 K,中间的 P_2 引出门极 G。它的电路图形符号如图 1-6(b)。

如果在阳极和阴极之间加正向电压而门极不加电压时,由于 PN 结 J_2 为反向偏置,所以晶闸管不导通(称为阻断);而当所加电压的极性与前相反时,由于 J_1 和 J_3 反向,晶闸管仍然阻断。以上两种情况均相当于开关处于断开状态。如果在阳极和阴极之间加正向电压的同时,在门极与阴极之间也加一个正向电压,则晶闸管就由阻断变为导通,而且管压降很小(1V 左右),相当于开关处于闭合状态。

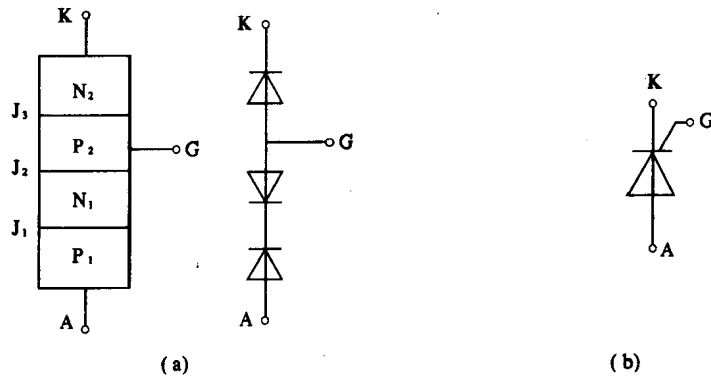


图 1-6 单向晶闸管的结构与符号