

高等学校通用教材

电子技术基础实验 与综合实践教程

施金鸿 陈光明 编著

DIANZI JISHU JICHU SHIYAN
YU ZONGHE SHIYAN JIAOCHENG



北京航空航天大学出版社

TN-33
23

高等学校通用教材

电子技术基础实验 与综合实践教程

施金鸿 陈光明 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在多年实验教学的基础上,为适应 21 世纪实验教学改革的需要,培养学生实际动手能力,特别是分析与解决实际问题的能力和创新意识,于 2003 年编写的电子技术实验教材。几年来,本书在自动化系和机电系等各专业中使用,得到了师生的肯定。这次出版,根据教学改革与实践,做了较大的修改,补充了部分基础实验内容,增加了第三部分综合应用实验内容。

本书共编入实验 42 个,分为三个部分。其中,第一部分模拟电子技术基础实验 17 个,第二部分数字电子技术基础实验 13 个,第三部分综合应用实验 12 个。还收录附件 7 个。

本书可作为高等学校理工科电子、电气、信息、通信、电子信息工程、自动控制、计算机应用、机电及非电类专业电子技术实验教材,也可供相关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验与综合实践教程/施金鸿等编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.7

ISBN 7-81077-866-8

I. 电… II. 施… III. 电子技术-实验-高等学校-教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 030107 号

电子技术基础实验与综合实践教程

施金鸿 陈光明 编著

责任编辑 韩文礼

*

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: bhpresse@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:17.75 字数:398 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-866-8 定价:23.00 元

前 言

电子技术课程包括模拟电子技术和数字电子技术,是一门理论性和实践性都很强的技术基础课程。因此,实验教学是本课程一个必不可少的重要环节。如果学生仅有书本理论知识而缺乏正确的电子测量调试技术,缺乏实践中排除故障、克服干扰的技能,缺乏为完成某一实验要求而具有的独立思考和分析解决问题的能力,是很难掌握电子技术基本理论和搞好有关电子技术工作的。

为了培养学生的实际动手能力,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,本实验教程的基本指导思想为:

(1) 熟悉常用电子测量仪器仪表,从中了解使用它们的正确方法,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) 掌握电子电路的主要参数测量方法,如频率、相位、电压、电流和电位的测量,及平均值、有效值和功率的计算等;

(3) 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;

(4) 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;

(5) 初步掌握分析、寻找和排除电子电路中常见故障的方法;

(6) 具有正确处理实验数据,并分析误差的初步能力;

(7) 能写出规范的实验报告。

本教程在内容的组织上充分考虑到教学的适应性,可作为高等学校理工科电子、电气、信息、通信、电子信息工程、自动控制、测控技术、计算机应用和非电类电子技术实验课程的教材,教师可根据本专业相关课程和学生的实际情况,选用其中的实验内容。

本书在编写过程中,得到了广东技术师范学院自动化系领导和实验中心以及机电系领导的支持,梁荣新教授、孙炳达教授、郑巍副教授、祁伟副教授、何仲副教授、于文胜副教授、桂金莲副教授、汪蔚老师对本书提出过很好的意见与建议,在此表示由衷的感谢!本书的编写与修订参考并吸收了暨南大学等兄弟院校电子实验教材的部分内容,在此一并表示谢意!

限于编者水平及时间仓促,书中错误恳请广大师生和读者提出批评与建议。

广东技术师范学院自动化系
施金鸿 陈光明

本书常用符号说明

一、基本参数符号

1. 电压和电流符号

u, i	电压、电流瞬时值
U, I	正弦交流电压、电流的有效值
u, i	小写下标表示交流电压(电流)瞬时值
U, I	大写下标表示直流电压(电流)或平均电压(电流)值
U_Q, I_Q	静态工作点电压、电流值
u_m, i_m	正弦交流电压、电流幅值(最大值)
u_{p-p}, i_{p-p}	正弦交流电压、电流峰峰值
U_{CE}	集电极和发射极直流电源电压
U_{DD}	漏极与源极之间的直流电源电压
U_i	输入交流电压的有效值
U_o	输出交流电压的有效值
U_f	反馈电压的有效值
U_{REF}	基准电压
U_{IO}, I_{IO}	输入失调电压、电流
U_{id}, U_{ic}	差模输入电压、共模输入电压

2. 功率符号

P_o	输出功率
$P_{o,max}$	最大输出功率
P_i	输入功率
P_D	直流电源提供的功率

3. 频率符号

f	频率
-----	----

f_H	上限频率
f_L	下限频率
f_c	截止频率
f_0	中心频率
f_{BW}	通频带
ω	角频率

4. 电阻、电容、电感符号

R, r	直流电阻、交流电阻
R_s	信号源内阻
R_L	负载电阻
R_i	输入电阻
R_o	输出电阻
R_{if}	有反馈时的输入电阻
R_{of}	有反馈时的输出电阻
R_w	可调电位器
C	电容(器)
L	电感(器)

5. 增益或放大倍数符号

A	增益、放大倍数
A_f	反馈放大器的增益、反馈放大器的放大倍数
A_{uo}	开环电压增益、共模电压放大倍数
A_u	有负载时的电压增益、电压的放大倍数
A_{uc}	共模电压增益、共模电压放大倍数
A_{ud}	差模电压增益、差模电压放大倍数
A_{uf}	闭环电压增益、闭环电压放大倍数
A_{um}	中频区电压增益、中频区电压放大倍数

二、器件参数符号

B	基极
C	集电极
E	发射极

g_m	跨导
r_{be}	共发射极接法下基极与发射之间的微变等效电阻
VD	二极管、场效应管的漏极
VD _w	稳压管
G	场效应管的栅极
I_{CM}	集电极最大允许电流
I_D	二极管的电流、漏极电流
U_{Dm}	二极管承受的最大反向电压
I_{DSS}	场效应管的饱和漏电流
S	场效应管的源极
V	晶体三极管、场效应管
U_P	场效应管的夹断电压
U_Z	稳压管的稳定电压
β	共发射极接法下的集电极电流放大系数

三、其他符号

K_{CMR}	共模抑制比
Q	静态工作点
F	反馈系数
S_N	稳压电路的稳压系数
T	周期、热力学温度
τ	时间常数
η	效率
T	变压器
θ	相位差

目 录

绪 论.....	1
----------	---

第一部分 模拟电子技术基础实验

实验一 常用电子元器件的识别方法.....	5
实验二 常用电子仪器的使用方法	12
实验三 共发射极单管放大电路的测试	16
实验四 场效应管放大电路的测试	24
实验五 负反馈放大电路的测试	29
实验六 共集电极电路的测试	33
实验七 差动放大电路的测试	38
实验八 集成运算放大电路的线性应用	42
实验九 有源滤波电路的测试	48
实验十 电压比较电路的测试	54
实验十一 RC 正弦波振荡电路的测试	58
实验十二 LC 正弦波振荡电路的测试	62
实验十三 OTL 功率放大电路的测试	66
实验十四 集成功率放大电路的测试	70
实验十五 串联型直流稳压电源电路的测试	74
实验十六 整流滤波集成稳压电路的测试	78
实验十七 波形发生电路的测试	83

第二部分 数字电子技术基础实验

实验一 晶体管开关特性、限幅电路与钳位电路.....	91
实验二 TTL 集成门电路功能与参数的测试	95
实验三 组合逻辑电路的设计与测试方法.....	102
实验四 译码器及其应用.....	105
实验五 数据选择器及其应用.....	112
实验六 触发器及其应用.....	118

实验七 计数器及其应用	125
实验八 移位寄存器及其应用	131
实验九 脉冲分配器及其应用	138
实验十 555 集成定时器的应用	142
实验十一 自激多谐振荡器	149
实验十二 单稳态与施密特触发器	153
实验十三 D/A、A/D 转换器	160

第三部分 综合应用实验

实验一 函数信号发生器的组装与调试	169
实验二 温度监测及控制电路	172
实验三 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	178
实验四 智力竞赛抢答装置	183
实验五 电子秒表的组装与调试	185
实验六 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	190
实验七 数字频率计的组装与调试	196
实验八 拔河游戏机的设计	203
实验九 随机存取存储器 2114A 及其应用	208
实验十 多功能数字钟电路的设计	218
实验十一 具有数字显示的洗衣机时控电路设计	227
实验十二 电子节能镇流器的故障分析及排除方法	232

第四部分 附录

附录一 示波器原理及使用	239
附录二 图示仪原理及使用	250
附录三 用万用电表对常用电子元件检测	255
附录四 电阻器的标称值及精度色环标志法	259
附录五 集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	261
附录六 集成触发器新、旧图形符号对照	262
附录七 部分集成电路引脚排列	263
参考文献	272

绪 论

实验规则

为保证实验顺利进行,培养学生的实事求是、科学严谨的学风,特制定以下实验规则。

(1) 学生必须按如下要求预习:

- ① 各实验中指定的“预习要求”内容;
 - ② 每个实验中所使用仪器的基本原理和操作方法;
 - ③ 设计性实验要根据实验要求设计实验电路,选定实验仪器,拟定实验步骤,并写成设计报告;
 - ④ 实验前应设计好原始数据记录表格;
 - ⑤ 实验前必须了解仪器设备的性能、操作方法及注意事项,使用时必须严格按照操作规程操作仪器。
- (2) 实验期间要服从指导教师指导,严格按线路图认真接线,经老师检查无误后方可接通电源进行实验。实验过程中如有异常现象应立即关断电源,然后报告老师,并与老师一起查找原因。
- (3) 实验结束时,实验中所记录的实验结果(数据、波形等)必须由老师审查后才能拆除实验线路。
- (4) 实验所用仪器设备在实验后经老师验收合格后方可离开实验室,若发现仪器设备损坏,本人必须填写“事故报告单”,由实验中心根据有关规定酌情处理。

基础性实验报告要求

撰写实验报告是培养学生按规范编写技术文献的重要途径。为使能够写出科学严谨、既有理论分析、又有实验数据证明的、文理通顺的实验报告,特提出以下要求:

- ① 独立完成实验报告,写上实验名称、年级、姓名、同组人姓名、完成日期和指导老师姓名等。
- ② 实验报告内容包括:实验目的;实验原理;实验设备;实验内容;实验电路;实验总结和预习要求。
- ③ 实验报告计入平时成绩,晚交和不交者,扣除相应成绩。

综合应用实验报告要求

综合应用实验是理论性和实践性较强的实验,它是设计、安装、调整、测试、故障分析与排除等两个项目或两个以上的项目结合在一起的实验,与传统的单一验证型实验有较大区别,对学生工程实际动手能力将起到积极作用。因此,实验报告与一般验证型实验有所区别。

综合性实验报告一般的书写格式如下:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验项目与电路 如有多个项目时,应分别列出;
- (3) 实验方法与步骤 详细列出各项目的实验方法和步骤;
- (4) 实验记录 列表记录实验结果;
- (5) 实验中发现的故障及故障分析、排除 如实验中发现故障,应记录实验现象,并从理论上分析故障原因及故障所在,详列故障查找与排除的方法和步骤;
- (6) 实验误差分析;
- (7) 实验结论;
- (8) 实验体会;
- (9) 关于实验的改进建议;
- (10) 实验人签字;
- (11) 实验时间记录。

第一部分

模拟电子技术基础实验

实验一 常用电子元器件的识别方法

一、实验目的

- (1) 了解常用电子元器件的性能、主要技术指标和用途等。
- (2) 掌握用色标法读取色环电阻标称值及其允许偏差的方法。
- (3) 学习使用万用表检测电阻、电容和电感的方法。
- (4) 学习使用万用表判断二极管和三极管的类型与管脚,估测三极管电流放大系数的方法。
- (5) 熟悉集成运算放大器引脚的排列。

二、实验原理

电子元件是构成电子电路的基本单元,熟悉各种电子元件的性能及其测试方法,了解其用途等对完成电子电路的设计、安装和调试是十分重要的。

电阻器、电位器、电容器、电感器、二极管、三极管是电子电路中应用最多的元件。

1. 电阻器

(1) 种类:电阻器的种类较多,按制作的材料不同,可分为合成(实芯)电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等。碳膜电阻器具有较好的稳定性(指电压、温度的变化对阻值的影响较小),而且适用于高频场合;金属膜电阻器各方面的性能均优于碳膜电阻器,其缺点是售价较高;线绕电阻器的最大优点是阻值精确,功率范围大,但它不适用于高频场合。合成电阻目前已用得较少。

除上述电阻器以外,还有一类特殊用途的电阻器——光敏、气敏、压(力)敏、压(电)敏和热敏电阻器等,它们的阻值分别随着外界光线的强弱、某种气体浓度的高低、压力的大小、电压的高低和温度的高低而变化。

(2) 性能测量:电阻器的类别及其主要技术参数的数值一般都标注在它的外表面上,但当其参数标志因某种原因而脱落或欲知其精确阻值时,就需要进行测量。对于常用的碳膜电阻器、金属膜电阻器以及线绕电阻器的阻值,可用普通万用电表的电阻挡直接测量。

(3) 用途:在电路中多用来分压、分流、阻抗匹配、限流和滤波(与电容结合)等。

2. 电位器

(1) 种类:根据所用材料的不同,电位器可分为线绕电位器和非线绕电位器两大类;根据结构的不同,电位器又可分为单圈电位器、多圈电位器,单连、双连和多连电位器;在这些电位器中,又分为带开关电位器、锁紧和非锁紧型电位器等;根据调节方式的不同,电位器还可分为旋转式电位器和直滑式电位器两种类型。

(2) 性能测量:具体检测时,可以先测量一下它的阻值,即两端片之间的阻值应等于其标称值,然后再测量它的中心端片与电阻体的接触情况。这时万用表仍工作在电阻挡上,将一只表笔接电位器的中心焊片,另一只表笔接其余两端片中的任意一个。慢慢将转柄从一个极端位置旋转到另一个极端位置,其阻值应从零(或标称值)连续变化到标称值(或零)。整个旋转过程中,表针不应有任何跳动现象。在电位器转柄的旋转过程中,应感觉平滑,不应有过松或过紧现象,也不应出现响声。

(3) 用途:广泛应用于各种电子电路、电子仪器和家用电器产品中。

3. 电容器

(1) 种类:电容器的种类较多,按介质不同可分为纸介电容器、有机薄膜电容器、涤纶电容器、瓷介电容器、玻璃釉电容器、云母电容器、电解电容器等;按结构不同可分为固定电容器、可变电容器、微调(俗称半可变)电容器等。

(2) 性能测量: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。利用万用表测量电解电容器的漏电流时,可用万用电表电阻挡(一般用 $R \times 1k$ 档)测电阻的方法来估测,即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。待不动时指示的电阻值越大表示漏电流越小。此时的电阻值就是电容器的漏电阻,一般应大于几百到几千欧。对存放时间很久的电容器,测量时间应大于半分钟,或者采取储能措施(即先加低电压,经一定时间后,再逐渐加至额定电压)后再进行测量。若指针向右摆动后不再摆回,说明电容器已击穿;若指针根本不向右摆,说明电容器内部断路或电解质已干涸而失去容量。

上述测量电容器漏电的方法,还可以用来鉴别电容器的正、负极和估计其容量大小。对失掉正、负极标志的电解电容器,可先假定某极为“+”极,让其与万用电表的黑表笔相接,另一个电极与万用电表的红表笔相接,同时观察并记住表针向右摆的幅度;将电容放电后,两只表笔对调重新测量。在两次测量中,若表针最后停留的摆动幅度较小,则说明该次对其正、负极的假设是对的。对某些铝壳电容器来说,其外壳为负极,中间的电极为正极。一般说来,电解电容器的实际容量与其标称容量差别较大,特别是放置时间较久或使用时间较长的电容器,要用万用电表准确地测量出其电容量,是难以做到的,只能比较出它们的相对大小。方法是测电容器的充电电流,接线方法与测漏电流时相同。表针向右摆动的最大幅度越大,其容量也越大。相同型号的电解电容器,体积越大,其电容量越大,而且耐压性越高。

(3) 用途:电容器是一种储能元件,具有储存电能的作用,在电路中多用来滤波、隔直、交

流耦合、交流旁路及与电感元件组成振荡回路等。

4. 电感器

(1) 种类:常用的电感器有固定电感器、微调电感器、色码电感器等。变压器、阻流圈、振荡线圈、偏转线圈、天线线圈、中周、继电器以及延迟线和磁头等,都属于电感器类;它们在电路中各起不同的作用,但在通电后都具有储存磁能的特性。

(2) 电感器性能的测量:一般用 Q 表或电容电感表测电感器的电感量。用万用表电阻挡检查线圈的好坏,若电阻无限大则该线圈已断路,不能使用。

(3) 用途:电感器具有阻交流、通直流的特性,广泛应用于调谐、振荡、耦合、匹配和滤波等电路中。

5. 半导体分立器件

(1) 半导体二极管。

1) 分类:半导体二极管(以下简称二极管)是内部具有一个 PN 结,外部具有两个电极的一种半导体器件。二极管有多种类型,按制作的材料不同,分为锗二极管和硅二极管;按制作工艺不同,分为面接触型二极管和点接触型二极管;按用途不同,又可分为整流二极管、检波二极管、稳压二极管、变容二极管和光敏二极管等。

2) 普通二极管的检测:对二极管进行检测,主要是鉴别它的正、负极性及其单向导电性能。

① 测量二极管的正、反向电阻。通常小功率锗二极管的正向电阻值为 $300 \sim 500 \Omega$,硅管为 $1 \text{ k}\Omega$ 或更大些。锗管反向电阻为几十 $\text{k}\Omega$,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)。二极管正反向电阻的差值越大越好。

② 判别二极管极性。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。将万用表拨到欧姆挡(一般用 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{k}$ 挡,不要用 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10\text{k}$ 挡,因为 $R \times 1$ 挡使用的电流太大,容易烧坏管子,而 $R \times 10\text{k}$ 挡使用的电压太高,可能击穿管子),表笔分别与二极管的两极相连,测出两个阻值,在测得阻值较小的一次测量中,与黑表笔相接的一端就是二极管的正极;同理在测得阻值较大的一次测量中,与黑表笔相接的一端就是二极管的负极。如果测得的反向电阻很小,说明二极管内部已短路;若正向电阻很大,则说明二极管内部已断路。在这两种情况下,二极管不能使用。

③ 判别二极管管型。因为硅二极管的正向压降一般为 $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$,锗二极管的正向压降为 $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$,所以通过测量二极管的正向导通电压,就可以判别被测二极管是硅管还是锗管。方法是:在干电池(1.5 V)或稳压电源的一端串一个电阻(约 $1 \text{ k}\Omega$),同时二极管按正向接法与电阻相连接,使二极管正向导通,然后用万用表的直流电压挡测量二极管两端的管压降 U_D ,如果测到的 U_D 为 $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$ 则为硅管,如果测到的 U_D 为 $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$ 就是锗管。

(2) 半导体三极管。

1) 分类:三极管的种类较多,按使用的半导体材料不同,可分为锗三极管和硅三极管两类,目前国产锗三极管多为 PNP 型,硅三极管多为 NPN 型;按制作工艺不同,可分为扩散管

和合金管等;按功率不同,可分为小功率管、中功率管和大功率管;按工作频率不同,可分为低频管、高频管和超高频管;按用途不同,又可分为放大管和开关管等。另外,每一种三极管中,又有多种型号,以区别其性能。在电子设备中,比较常用的是小功率的硅管和锗管。

2) 用万用表判别管脚和管型的方法:用万用表判别管脚的根据是,把晶体管的结构看成是两个背靠背的 PN 结(见图 1-1),对 NPN 管来说,基极是两个结的公共阳极;对 PNP 管来说,基极是两个结的公共阴极。

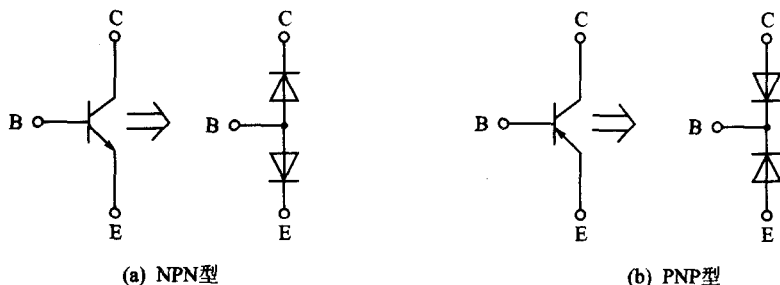


图 1-1

① 判断三极管的基极。对于功率在 1 W 以下的中小功率管,可用万用表的 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 挡测量;对于功率在 1 W 以上的大功率管,可用万用表的 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡测量。用黑表笔接触某一管脚,用红表笔分别接触另两个管脚,如表头读数都很小,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。若用红表笔接触某一管脚,而用黑表笔分别接触另两个管脚,表头读数同样都很小时,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。用上述方法既判定了晶体三极管的基极,又判别了三极管的类型。

② 判断三极管的发射极和集电极。以 NPN 型三极管为例,确定基极后,假定其余的两只脚中的一只是集电极,将黑表笔接到此脚上,红表笔则接到假定的发射极上。用手指把假定的集电极和已测出的基极捏起来(但不要相碰),看表针指示,并记下此阻值的读数。然后再作相反假设,即把原来假设为集电极的脚假设为发射极,作同样的测试并记下此阻值的读数。比较两次读数的大小,若前者阻值较小,说明前者的假设是对的,那么黑表笔接的一只脚就是集电极,剩下的一只脚便是发射极。若需判别的是 PNP 型晶体三极管,仍用上述方法,但必须把表笔极性对调一下。

3) 用万用表估测电流放大系数 β :将万用表拨到相应电阻挡,按管型将万用表表笔接到对应的极上(对 NPN 型管,黑笔接集电极,红笔接发射极;对 PNP 型管,黑笔接发射极,红笔接集电极)。测量发射极和集电极之间的电阻,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。手捏在极与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。也可接一只 $50 \sim 100 \text{ k}\Omega$ 的电阻来代替手捏的方法进行测试。

一般的万用表具备测量 β 的功能,将晶体管插入测试孔中就可以从表头刻度盘上直接读 β