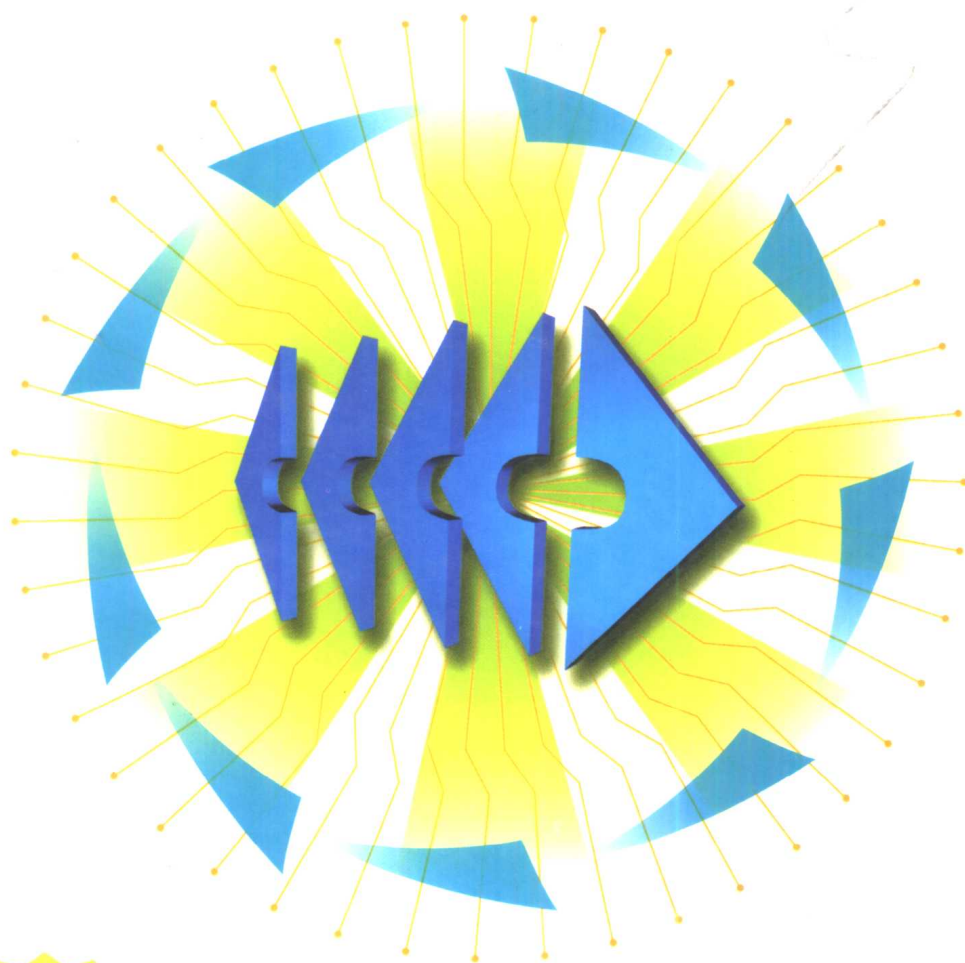


中国高等职业技术教育研究会推荐

高职系列教材

模拟电子技术

■ 主编 李雅轩



面向

21 世纪

高级应用型人才



西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

□中国高等职业技术教育研究会推荐

高职系列教材

模拟电子技术

主编 李雅轩

副主编 付植桐 王文生

西安电子科技大学出版社

2000

内 容 简 介

本书是中国高等职业技术教育研究会与西安电子科技大学出版社联合策划、出版的“计算机与应用”、“电子技术”专业两个系列的高职教材之一。

本书系统地介绍了模拟电子技术的基本概念、基本理论及其应用知识。其内容包括半导体元件及其特性、基本放大电路、放大电路中的负反馈、差动放大电路与集成运算放大器、功率放大器及其应用、振荡器、直流稳压电源、综合实训等八章。

本书以充实的实际应用知识为基础,通过贯穿全书的实训,强化了实际应用能力的培养。

本书不仅可作为高等职业技术学院计算机、应用电子技术、自动化等电类专业“模拟电子技术”课的教材,也可供相关专业教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/李雅轩主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2000. 11

高职系列教材

ISBN 7-5606-0910-4

I. 模… II. 李… III. 模拟电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TP710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 38566 号

责任编辑 夏大平 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828

邮 编 710071

http: //www. xduph. com

E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印 刷 陕西画报社印刷厂

版 次 2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18

字 数 412 千字

印 数 1~4000 册

定 价 18.00 元

ISBN 7-5606-0910-4/TN·0155

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

序

在即将跨入 21 世纪的前夕,中共中央、国务院召开了第三次全国教育工作会议,并颁发了《中共中央、国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,进一步明确了高等职业教育的重要地位,指出“高等职业教育是高等教育的重要组成部分。要大力发展高等职业教育。”在这一方针的指引下,我国高等职业教育取得了空前规模的发展。至 1999 年,从事高等职业教育的高等职业学校、高等专科学校和独立设置的成人高校已达 1345 所,占全国高校总数的 69.2%;专科层次的在校生占全国高校在校生的 55.37%,毕业生占高校毕业生总数的 68.5%。这些数字表明,高等职业教育在我国高等教育事业中占有极其重要的地位,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。随着社会的发展、科技的进步,以及我国高等教育逐步走向大众化,我国的高等职业教育必将进一步发展壮大。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批“双师型”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校。

为解决当前高职教材严重匮乏的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会联合策划、组织编写了计算机及应用电子技术两个专业的教材,现已出版。本系列教材,从策划到主编、主审的遴选,从成立专家组反复讨论大纲,研讨职业教材特色到书稿的字斟句酌,每走一步都比较扎实、十分精心。作者在编写中紧密联系实际,尽可能地吸收新理论、新技术、新工艺,并按照案例引入、改造拓宽、课题综合(通过一个大型的课题,综合运用所学内容)的思路,进行编写,努力突出高职教材的特点。本系列教材内容取材新颖、实用;层次清楚,结构合理;文笔流畅,装帧上乘。这套教材比较适合高等职业学校、高等专科学校和成人高校等高等职业教育的需要。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优而辛勤工作。但高职教材的建设还刚刚起步,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

高等职业技术教育“计算机及应用电子技术专业” 教材编审专家委员会

主 任：闵光太(中国高等职业技术教育研究会副会长，
金陵职业大学校长，教授)

副主任：俞克新(中国高等职业技术教育研究会秘书长，研究员)

孙建京(北京联合大学教务长，副教授)

余苏宁(深圳职业技术学院计算机应用工程系副主任，副教授)

李荣才(西安电子科技大学出版社总编辑，教授)

计算机组

组 长：余苏宁(兼)

成 员：(按姓氏笔画排列)

丁桂芝(天津职业大学计算机工程系主任，副教授)

朱振元(长沙大学高级工程师)

张 燕(金陵职业大学计算机系讲师)

唐连章(广州大学副教授)

韩伟忠(金陵职业大学计算机系主任，副教授)

樊月华(北京联合大学应用技术学院副教授)

颜 彬(江汉大学副教授)

应用电子技术组

组 长：孙建京(兼)

成 员：(按姓氏笔画排列)

付植桐(天津职业大学副教授)

刘守义(深圳职业技术学院电子通信工程系副主任，高工)

李建民(江汉大学应用物理系副主任，副教授)

高泽涵(广州大学机电工程系副主任，高级实验师)

鲁宇红(金陵职业大学副校长，副教授)

熊幸明(长沙大学工程系主任，副教授)

总策划：梁家新

策 划：马乐惠 徐德源 云立实

前 言

为满足各地高职院校计算机及应用电子技术专业教学的要求,加快我国高素质应用型人才培养的步伐,中国高等职业技术教育研究会与西安电子科技大学出版社联合策划、出版了“计算机与应用”、“电子技术”专业两个系列的高职教材。本教材是上述系列教材之一。教材是按照教材专家委员会西安会议评审、主任委员会南京会议复议所确定的编写大纲编写的。编写中突出了以下几个特点:

1. 在理论知识够用为度的前提下,充实实际应用知识的内容,加强应用技术能力的培养。在注重讲清基本概念、基本原理和基本分析方法的同时,尽可能避免烦琐的数学公式推导和大篇幅的理论分析。贯穿全书的实训强化了学生实际应用能力的培养。

2. 各章均从最基本的电路入手进行技能训练,并由此引入相关知识,提出问题;再进入理论授课,使这些问题得到解决,并进一步提出和解决新的问题;最后,经过综合实训归纳所学知识,进行全面训练。这样,由感性认识引出理论,再由理论到实际应用,可使学生打下牢固的理论与应用基础,提高分析问题和解决问题的能力。

3. 注意内容的实用性、先进性。对电子器件,主要介绍它们的外部性能,学会合理选择、正确使用。对于单元电路,注重讲清其基本原理。适当压缩了分立元件电路的内容,重点讲述集成器件及由集成器件组成的电路,特别是集成运放的有关内容占有相当大的比例。思考题、练习题的选择既注重所学理论的消理解,又注重学生自学能力的培养。

总之,本教材的编写原则是“保证基础,讲清原理;注重实际,提高技能;深入浅出,方便自学”。

书中带“*”号的内容是在教学基本要求的基础上加深(或加宽)的内容,可根据专业需要和学时数多少选择使用。

参加本书编写工作的人员有:邢朝明(第1章,综合实训4)、刘南平(第2章,综合实训3)、王文生(第3章,第8章8.1节,综合实训1、2)、李雅轩(第4、5章)、付植桐(第6、7章)。李雅轩负责全书的统稿工作。

全书由金陵职业大学鲁宇红副教授主审,她对初稿提出了宝贵的意见和建议;编审过程中得到了天津职业大学俞克新研究员、西安电子科技大学出版社夏大平、马乐惠编辑的大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间紧迫,书中难免存在不少问题或错误,敬请各位读者提出宝贵意见。

编者

2000年5月于
天津职业大学

常用符号说明

一、基本符号

I, i	电流	C	电容
U, u	电压	M	互感
P	功率	Z	阻抗
W	能量	X	电抗
R, r	电阻	Y	导纳
g	电导	A	放大倍数
L	电感		

二、电压、电流

英文小写字母符号 $u(i)$ ，其下标若为英文小写字母，则表示交流电压(电流)瞬时值(例如， u_o 表示输出交流电压瞬时值)。

英文小写字母符号 $u(i)$ ，其下标若为英文大写字母，则表示含有直流的电压(电流)瞬时值(例如， u_o 表示含有直流的输出电压瞬时值)。

英文大写字母符号 $U(I)$ ，其下标若为英文小写字母，则表示正弦电压(电流)有效值或幅值(例如， U_o 表示输出正弦电压有效值)。

英文大写字母符号 $U(I)$ ，其下标若为英文小写字母，则表示直流电压(电流)(例如， U_o 表示输出直流电压)。

U, I	正弦电压、电流相量(复数量)
U_m, I_m	正弦电压、电流幅值
U_Q, I_Q	电压、电流的静态值
U_i, I_i	反馈电压、电流有效值
U_{BB}, U_{CC}, U_{EE}	基极、集电极、发射极直流电源电压
U_{DD}, U_{SS}	漏极和源极直流电源电压
U_s, I_s	正弦电压源、电流源电压、电流有效值
u_s, i_s	正弦电压源、电流源电压、电流瞬时值
U_i	输入电压有效值
u_1	含有直流成分输入电压瞬时值
u_i	输入交流电压瞬时值
U_o, I_o	输出交流电压、电流有效值
u_o	含有直流成分输出电压的瞬时值
U_R	基准电压，参考电压
I_R	参考电流、二极管反向电流
U_+, I_+	运放同相端输入电压、电流

$U_-、I_-$	运放反相端输入电压、电流
U_{id}	差模输入电压信号
U_{ic}	共模电压信号
U_{CEQ}	集电极、发射极间静态压降
I_{BQ}	基极静态电流
I_{CQ}	集电极静态电流
ΔU_{CE}	直流变化量
Δi_B	基极含有直流成分的电流瞬时值的变化量

三、电阻

r_s	信号源内(外)阻
r_i	输入电阻
r_o	输出电阻
r_{if}	具有反馈时输入电阻
r_{of}	具有反馈时输出电阻
r_{id}	差模输入电阻
R_p	电位器(可变电阻器)
R_c	集电极外接电阻
R_b	基极偏置电阻
R_e	发射极外接电阻
R_L	负载电阻

四、放大倍数、增益

A_u	电压放大倍数, $A_u = U_o/U_i$
A_{us}	考虑信号源内阻时电压放大倍数, $A_{us} = U_o/U_s$, 即源电压放大倍数
A_{ud}	差模电压放大倍数
A_{uc}	共模电压放大倍数
A_{od}	开环差模电压放大倍数
A_{um}	中频电压放大倍数
A_{uwl}	低频电压放大倍数
A_{uwh}	高频电压放大倍数
A_f	闭环放大倍数
A_{uf}	具有负反馈的电压放大倍数, 即闭环电压放大倍数
A_i	开环电流放大倍数
A_{if}	闭环电流放大倍数
A_r	开环电阻传输系数
A_{rf}	闭环电阻传输系数
A_g	开环电导传输系数
A_{gf}	闭环电导传输系数
F	反馈系数

五、功率

P	平均功率(有功功率)
P_o	输出信号功率
P_c	集电极损耗功率
P_U	直流电源供给功率

六、频率

f	频率通用符号
ω	角频率通用符号
f_H	放大电路的上限截止频率。此时,放大电路的放大倍数为 $A_{ush}=0.707A_{usm}$
f_L	放大电路的下限截止频率。此时, $A_{ul}=0.707A_{usm}$
f_{BW}	通频带(带宽) $f_{BW}=f_H-f_L$
f_{Hf}	具有负反馈时放大电路的上限截止频率
f_{Lf}	具有负反馈时放大电路的下限截止频率
f_{BWf}	具有负反馈时的通频带
ω_0	谐振角频率、振荡角频率
f_0	振荡频率

七、器件参数

V_D	二极管
U_{V_D}	二极管工作电压
U_F	二极管正向导通压降
U_T	温度电压当量 $U_T=kT/q$
I_{V_D}	二极管工作电流
I_D	漏极电流
I_S	源极电流,二极管反向饱和电流
I_{FM}	最大整流电流
U_B	基极直流电压
V_{DZ}	稳压二极管
$U_{V_{DZ}}$	稳压管稳定电压值
$I_{V_{DZ}}$	稳压管工作电流
$I_{V_{DZ}max}$	稳压管最大稳定电流
$r_{V_{DZ}}$	稳压管的动态电阻
b	基极
c	集电极
e	发射极
I_{CBO}	发射极开路时的集—基间反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时的集—射间穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流

P	空穴型半导体
N	电子型半导体
$r_{bb'}$	基区体电阻
$r_{e'}$	发射区体电阻
$r_{c'}$	集电区体电阻
$r_{e'b'}$	发射结的微变等效电阻
$r_{b'c'}$	集电结的微变等效电阻
r_{be}	共射接法下, 基射极间的微变电阻
r_{ce}	共射接法下, 集射极之间的微变电阻
α	共基接法下, 集电极电流的变化量与发射极电流的变化量之比, 即 $\alpha = \Delta I_C / \Delta I_E$
$\bar{\alpha}$	从发射极到达集电极的载流子的百分数, 或 $\bar{\alpha} = I_C / I_E$
β	共射接法下, 集电极电流的变化量与基极电流的变化量之比, 即 $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$
β	共射接法时, 不考虑穿透电流时, I_C 与 I_B 的比值
g_m	跨导
I_{CM}	集电极最大允许电流
P_{CM}	集电极最大耗散功率
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时, e-b 间的击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时, c-e 间的击穿电压
U_{OS} 、 I_{OS}	集成运放输入失调电压、失调电流
I_B	集成运放输入偏置电流
V	三极管, 晶闸管
D	场效应管漏极
G	场效应管栅极, 晶闸管控制极
S	场效应管源极, 开关
A	晶闸管阳极
K	晶闸管阴极
$U_{GS(th)}$	场效应管开启电压
$U_{GS(off)}$	场效应管栅源截止电压(夹断电压)
I_{DSS}	结型、耗尽型场效应管 $U_{GS}=0$ 时的 I_D 值
K_{CMRR}	共模抑制比
Q	静态工作点, LC 回路的品质因数
τ	时间常数
η	效率
ϕ, φ	相角
φ_F	反馈网络的相移
T	变压器

目 录

第 1 章 半导体元件及其特征	1
实训 1 常用半导体元件的识别与性能测试	1
方法 1 用万用表简易判别二极管、三极管	1
方法 2 用逐点法测试二极管和三极管的特性曲线	4
1.1 半导体二极管	7
1.1.1 PN 结的形成与特性	7
1.1.2 二极管的结构和类型	8
1.1.3 二极管的特性及参数	9
1.1.4 半导体二极管的应用	10
1.1.5 特种二极管	12
1.2 半导体三极管	15
1.2.1 三极管的结构及类型	15
1.2.2 三极管的特性曲线	19
1.2.3 三极管的主要参数	22
1.2.4 复合三极管	24
1.3 场效应管	25
1.3.1 结型场效应管	25
1.3.2 绝缘栅场效应管	29
1.3.3 场效应管的主要参数	32
1.3.4 场效应管与三极管的比较	32
1.4 晶闸管	32
1.4.1 晶闸管的基本结构	33
1.4.2 晶闸管的工作原理	33
1.4.3 晶闸管的主要参数	35
1.4.4 晶闸管的应用	37
思考题	40
练习题	40
第 2 章 基本放大电路	43
实训 2 分压式电流负反馈偏置电路放大器的组装与测试	43
2.1 基本放大电路的组成及工作原理	44
2.1.1 放大电路的组成	44
2.1.2 放大电路的工作原理	45
2.1.3 放大电路的主要性能指标	47
2.2 放大电路分析方法	50
2.2.1 图解法	50

2.2.2 微变等效电路分析法	59
2.2.3 放大器的偏置电路	69
2.3 共集电极电路和共基极电路	73
2.4 多级放大电路与组合放大电路	78
2.4.1 多级放大电路	78
2.4.2 组合放大电路	82
*2.5 放大电路的频率特性	83
*2.6 放大电路设计举例	92
2.6.1 固定偏置放大电路的设计	92
2.6.2 分压式电流负反馈放大器的设计	96
思考题	102
练习题	102
第3章 放大电路中的负反馈	106
实训3 负反馈放大器的性能	106
3.1 反馈的基本概念	109
3.1.1 集成运算放大器简介	109
3.1.2 反馈的基本概念	110
3.1.3 负反馈放大器的基本关系式	111
3.2 反馈的类型与判别	113
3.2.1 反馈的分类及判别	113
3.2.2 四种基本负反馈类型	116
3.3 负反馈对放大器性能的影响	120
3.3.1 提高放大倍数的稳定性	120
3.3.2 展宽通频带	121
3.3.3 减小非线性失真	123
3.3.4 改变输入电阻和输出电阻	123
3.4 深度负反馈放大器的估算	126
*3.5 负反馈放大器的稳定问题	132
思考题	134
练习题	134
第4章 差动放大电路与集成运算放大器	138
实训4 基本运算电路的组装与测试	138
4.1 差动放大电路	142
4.1.1 直接耦合放大中的特殊问题	142
4.1.2 基本差动放大器	144
4.1.3 实际差动放大器	147
4.1.4 差动放大器的几种接法	152
4.2 集成运算放大器基础	154
4.2.1 集成运算放大器概述	154
4.2.2 集成运算放大器的内部电路简介	154
4.2.3 集成运放的基本技术指标	158

4.3 集成运算放大器的应用	159
4.3.1 理想运算放大器的条件及特点	159
4.3.2 基本运算放大器	161
4.3.3 集成运放在信号运算中的应用	163
4.3.4 集成运放在信号处理中的应用	169
4.3.5 集成运放在波形发生器中的应用	173
4.3.6 集成运放线性放大电路应用举例	176
4.3.7 集成运放应用中的几个问题	178
思考题	181
练习题	181
第5章 功率放大器及其应用	188
实训5 推挽功率放大器的组装与测试	188
5.1 功率放大器的特点与分类	190
5.1.1 功率放大器的特点	190
5.1.2 功率放大器的分类	190
5.2 变压器耦合功率放大器	191
5.2.1 单管功率放大器	191
5.2.2 推挽功率放大器	194
5.3 互补对称功率放大器	197
5.3.1 乙类基本互补对称功率放大器	198
5.3.2 单电源互补对称功率放大器	200
5.3.3 甲乙类互补对称功率放大器	200
5.3.4 复合管互补对称功率放大器	201
5.3.5 集成功率放大器	202
5.4 功率放大器的应用	205
5.4.1 功率放大器实际应用电路	205
5.4.2 功率放大器应用中的几个问题	208
思考题	209
练习题	209
第6章 振荡器	213
实训6 RC 音频振荡器	213
6.1 振荡的基本概念	214
6.1.1 振荡的基本概念	214
6.1.2 振荡条件及振荡电路的组成	215
6.2 RC 振荡器	216
6.2.1 RC 移相振荡器	216
6.2.2 RC 桥式振荡器	218
6.3 LC 振荡电路	219
6.3.1 变压器反馈式振荡电路	219
6.3.2 电感反馈式振荡电路	220
6.3.3 电容反馈式振荡电路	220

6.3.4 石英晶体振荡电路	221
思考题	223
练习题	223
第7章 直流稳压电源	226
实训7 整流、滤波和稳压电路练习	226
7.1 整流滤波电路	228
7.1.1 单相半波整流电路	228
7.1.2 单相桥式整流电路	229
7.1.3 倍压整流电路	231
7.1.4 滤波电路	231
7.2 硅稳压管稳压电路	235
7.2.1 硅稳压管稳压电路的工作原理	235
7.2.2 硅稳压管稳压电路参数的选择	235
7.3 串联型三极管稳压电路	237
7.3.1 带有放大环节的串联型三极管稳压电路	237
7.3.2 稳压电源的主要技术指标	238
7.3.3 提高稳压性能的措施和保护电路	239
7.4 开关式稳压电路	240
7.4.1 开关式稳压电路工作原理	241
7.4.2 微机直流稳压电源	242
7.5 集成稳压器	244
7.5.1 单片式多端集成稳压器	244
7.5.2 单片式三端集成稳压器	245
思考题	247
练习题	248
第8章 综合实训	249
8.1 概述	249
8.1.1 综合实训的任务与基本要求	249
8.1.2 电子电路的安装与调试	249
8.2 综合实训	253
综合实训1 铂电阻测温电路的制作实训	253
综合实训2 集成运放构成波形发生器的制作实训	255
综合实训3 扩音机的制作实训	256
综合实训4 直流稳压电源的制作实训	258
附录	260
附录A 半导体器件型号命名方法(国家标准 GB249—74)	260
附录B 常用半导体器件的参数	262
参考文献	271

第 1 章 半导体元件及其特征

半导体元件是电子线路的核心元件。只有掌握半导体元件的结构、性能、工作原理和特点,才能正确分析电子电路工作原理,正确选择和合理使用半导体元件。本章主要介绍常用半导体元件的识别与性能测试,然后介绍二极管、三极管、场效应管、晶闸管的结构、工作原理、主要参数以及应用电路等。

实训 1 常用半导体元件的识别与性能测试

方法 1 用万用表简易判别二极管、三极管

(一) 实训目的

- (1) 认识常用晶体二极管和三极管的外形特征。
- (2) 学会使用万用表判别晶体二极管的极性和三极管的管脚。
- (3) 熟悉用万用表判别二极管和三极管的质量。

(二) 预习要求

- (1) 预习 PN 结的外加正、反向电压的工作原理和三极管电流放大原理。
- (2) 预习万用表电阻挡的使用方法。

(三) 实训原理

1. 二极管的外形特征

(1) 二极管共有两根引脚,两根引脚有正、负之分,在使用中两根引脚不能接反,否则会损坏二极管或损坏电路中的其它元件。

(2) 二极管的两根引脚轴向伸出。

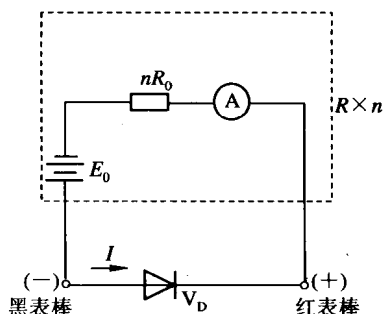
(3) 有一部分二极管外壳上标出二极管的电路符号,以便识别二极管的正负极引脚。

2. 万用表测试二极管的原理

晶体二极管内部实质上是一个 PN 结。当外加正向电压,也即 P 端电位高于 N 端电位时,二极管导通呈低电阻,当外加反向电压,也即 N 端电位高于 P 端电位时,二极管截止呈高电阻。因此可应用万用表的电阻挡鉴别二极管的极性和判别其质量的好坏。实图 1.1 所示为万用表电阻挡的等效电路。由图可知,表外电路的电流方向从万用表负端(—)流向

正端(+), 即万用表处于电阻挡时, 其(-)端为内电源的正极, (+)端为内电源的负极。 R_0 是电阻挡表面刻度中心阻值, n 是电阻挡旋钮所指倍数。由等效电路图可算出电阻挡在 n 倍率下输出的短路电流值。测试时, 可由指针偏转角占全量程刻度的百分比 θ (可通过指针所处直流电压刻度位置估算之) 估算流经被测元器件的直流电流。可用下式计算:

$$I = \theta \frac{E_0}{nR_0} \quad (1.1) \quad \text{实图 1.1 万用表电阻挡等效测试电路}$$

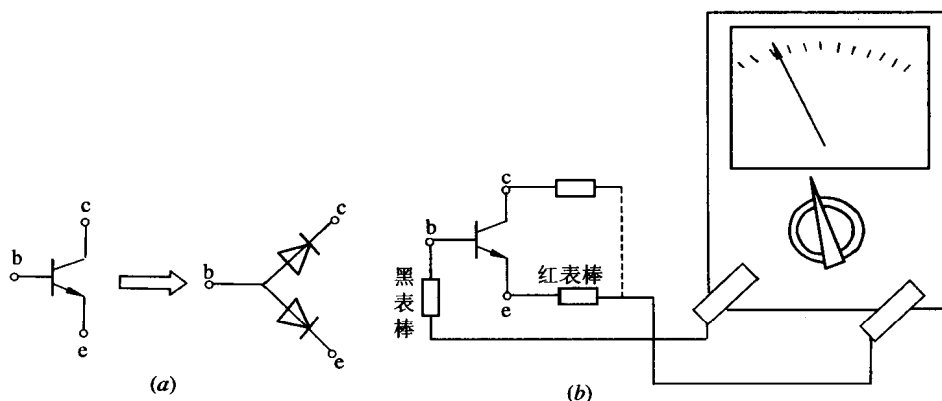


在测试小功率二极管时一般使用 $R \times 100(\Omega)$ 或 $R \times 1k(\Omega)$ 挡, 不致损坏管子。

3. 万用表测试三极管的原理

1) 基极和管型的判断

三极管内部有两个 PN 结, 即集电结和发射结, 实图 1.2(a) 所示为 NPN 型三极管。与二极管相似, 三极管内的 PN 结同样具有单向导电性。因此可用万用表电阻挡判别出基极 b 和管型。例如, NPN 型三极管, 当用黑表棒接基极 b, 用红表棒分别搭试集电极 c 和发射极 e, 测的阻值均较小; 反之, 表棒位置交换后, 测的阻值均较大。但在测试时未知电极和管型, 因此对三个电极脚要调换测试, 直到符合上述测量结果为止。然后, 再根据在公共端电极上表棒所代表的电源极性, 可判别出基极 b 和管型。如实图 1.2(b) 所示。



实图 1.2 三极管及其电极辨别

(a) NPN 型三极管内部 PN 结; (b) 辨别三极管电极

2) 集电极和发射极的判别

这可根据三极管的电流放大作用进行判别。实图 1.3 所示的电路, 当未接上 R_b 时, 无 I_B , 则 $I_C = I_{CEO}$ 很小, 测得 c、e 间电阻大; 当接上 R_b , 则有 I_B , 而 $I_C = \beta I_B + I_{CEO}$, 因此, I_C 显然要增大, 测得 c、e 间电阻比未接上 R_b 时为小。如果 c、e 调头, 三极管成反向运用, 则 β 小, 无论 R_b 接与不接, c、e 间电阻均较大, 因此可判断出 c 和 e 极。例如, 测量的管型是 NPN 型, 若符合 β 大的情况, 则与黑表棒相接的是集电极 c。

3) 反向穿透电流 I_{CEO} 的检查

I_{CEO} 的大小是衡量三极管质量的一个重要指标, 要求越小越好。按产品指标是在 U_{CE} 某

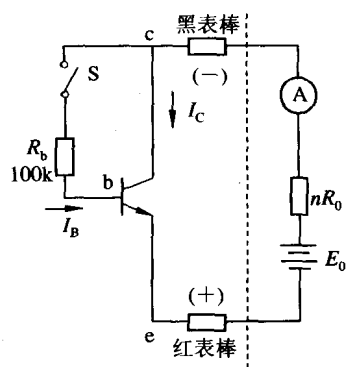
定值下测 I_{CEO} ，因此用万用表电阻挡测试时，仅为一参考值。测量方法仍如实图 1.3 所示，此时基极应开路，根据指针偏转角的百分比 θ ，由式(1.1)可估算出 I_{CEO} 的大小。

4) 共发射极直流电流放大系数 β 的性能测试

测试方法与 2) 中判别 c、e 极方法相似。由三极管电流放大倍数原理可知，在接 R_b 时测得阻值比未接 R_b 时为小，即 θ 角百分比越大，表明三极管的电流放大系数越大。

在掌握上述一些测试方法后，即可判别二极管和三极管的 PN 结是否损坏，是开路还是短路。这是在实用上判断管子是否良好所经常采用的简便方法。

应该指出，在用万用表测量晶体管时，应该使用 $R \times 100(\Omega)$ 或 $R \times 1k(\Omega)$ 的电阻挡。若放在 $R \times 10k(\Omega)$ 挡上，则因万用表内接有较高电压的电池，有可能将 PN 结击穿。若用 $R \times 1(\Omega)$ 挡，则因万用表的等效电阻较小，会使过大的电流流过 PN 结，有可能会烧坏晶体管。



实图 1.3 用万用表判别三极管 c、e 极

(四) 实训设备和器件

万用表一只；二极管：2AP 型，2CP 型各一只；三极管：3AX31，3DG6 各一只；电阻：100 k Ω 一只；坏的二极管、三极管若干只。

(五) 实训内容

1. 测试二极管的正、负极性和正反向电阻

用万用表电阻挡($R \times 100(\Omega)$ 或 $R \times 1k(\Omega)$ 挡)判别二极管的正、负极。

2. 判别三极管的管脚和管型(NPN 型和 PNP 型)

(1) 用万用表电阻挡($R \times 100(\Omega)$ 或 $R \times 1k(\Omega)$ 挡)先判别基极 b 和管型。

(2) 判别出集电极 c 和发射极 e，测定 I_{CEO} 和 β 的大小。

(3) 用万用表测试坏的二极管和三极管，鉴别分析管子质量和损坏情况。

(六) 实训报告

(1) 将测得数据进行分析整理，填入实表 1.1。

实表 1.1 正、反向电阻测量值

二极管类型	2AP 型		2CP 型	
万用表电阻挡	$R \times 100(\Omega)$	$R \times 1k(\Omega)$	$R \times 100(\Omega)$	$R \times 1k(\Omega)$
正向电阻				
反向电阻				