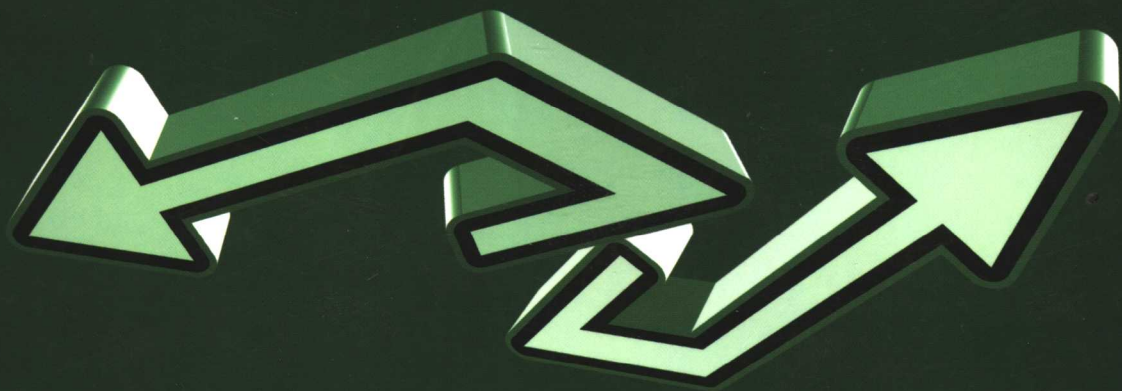


【先进制造业职业教育规划教材】

电子技术与应用实践

● 李关华 黄杰 主编 徐力平 主审 ●



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

【先进制造业职业教育规划教材】

电子技术与应用实践

● 李关华 黄杰 主编 徐力平 主审 ●



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

·北 京·

本教材编写以培养现代技术工人目标,以培养电类专业中级维修(安装)电工为主体,兼顾培养初级维修电工和机电类专业人才。教材结构采取项目教育法模式,重在将繁琐的理论教育融入到实践项目中去,通过动手做项目得到感性认识,使学生去发现问题、寻找理论依据、解决问题并不断提高。

本教材共分5个课题,25个项目。主要内容包括:模拟电子技术基础、数字电子技术基础、模拟电子技术加深、数字电子技术加深、电子电路综合。每个项目均和实际相结合,项目设计从简单到复杂,从单一类型到综合运用,符合学生认知规律。项目内容包括实训与原理说明,并附有思考题。

本教材属于电类(机电类)专业基础课教材,主要供电气运行与控制、电气技术应用、机电技术应用、电子与信息技术等专业的学生学习使用,特别适用于电类(机电类)专业的学生通过中级工电子考试。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术与应用实践/李关华,黄杰主编. —北京:化学工业出版社,
2006.6

先进制造业职业教育规划教材

ISBN 7-5025-8834-5

I. 电… II. ①李…②黄… III. 电子技术-职业教育-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第071019号

先进制造业职业教育规划教材

电子技术与应用实践

李关华 黄杰 主编

徐力平 主审

责任编辑:王丽娜 宋薇

文字编辑:张燕文

责任校对:郑捷

封面设计:潘峰

*

化学工业出版社
职业教育教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本787mm×1092mm 1/16 印张9¼ 字数221千字

2006年7月第1版 2006年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8834-5

定价:15.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

中职教学指导委员会 电类专业教材编写委员会

编委会主任：徐寅伟

编委会副主任：谭胜富 李关华 张 玲 陈惠荣 庞广信
张仁麒 丁 莉

编委会委员：王 宁 毕燕萍 徐力平 胡晓晴 陈权昌
高文习 黄 杰 周 玲 任成平 于丽江
黄琴艳 侯守军 张业平 张晓君 杨 光
杨晓军 郑德明 葛颖辉 吴伦华 卫智敏
徐庆高 张 洪 彭昊华 李天燕 陶运道

编写说明

目前,职业教育面临着大发展的良好机遇,职业教育如何更快、更好地适应社会进步和经济发展的要求,是摆在职业教育工作者面前的机遇和挑战,为了使电类专业的多年教学改革探索有一个总结、借鉴、交流、推广的平台,2005年12月化学工业出版社组织召开了职业教育教材改革研讨会,提出组织全国的职业教育工作者交流改革经验,并在总结成功经验的基础上编写一套既符合现代职教理念,又适合不同类型、不同教学模式的中等职业教育电类专业教材,为广大的教师和学生提供优质服务,并形成—个不断发展、不断完善—的机制。为此,组建了中—职教学指导委员会电类专业教材编委会,由电类专业教材编委会组织调研并编写有特色、受欢迎的电类教材。经过近一年的努力,一套七本教材呈现在读者面前,这套教材和以往教材相比具有如下优点。

1.教材的总体结构和内容选择经过了大量的调查研究,并经企业专家讨论确定职业能力培养的重点和深度,兼顾了普遍性和特殊性,在深入探索认知规律、提高教学有效性和企业的适应性方面取得了探索性的成果。本套教材共七本,中等职前教学和职后培训都可使用,学校可整套选用也可单本选用。

2.《电工与电子技术》采用模块式结构,分基本模块和提高模块两部分。基本模块供非电类或以初级维修电工为主体能力目标的学员选用,基本模块加提高模块供中级维修电工为主体能力目标的学员选用,具有起点低、突出基本概念和基本技能、形象生动、理论实践—体化学习的特点。

3.其余六本书为任务引领型的项目化结构教材:《电子技术与应用实践》供电子类专业使用,也可供电气类专业选用;《电工技术与应用实践》供电气类专业使用,也可供电子类专业选用;《电器设备及控制技术》、《常用电器的安装与维修》、《可编程控制器技术应用》、《变流与调速技术应用》供电气类专业以中级维修电工为主体技能目标的学员使用,以岗位职业活动为基础,具有目标明确、任务引领、由简单到综合、先形象后抽象,符合学习心理的特点。

4.为了使项目化教材有更广的适用范围,在项目设计时也予以周到考虑,项目编写结构由能力目标、使用材料与工具、项目要求、工艺要求、学习形式、检测标准、原理说明、思考题几部分组成,以适应—当今理论实践—体化学习的要求。完全按教材内容使用可作为项目化教学教材,如不用“原理说明”内容即可作为实验指导书,学习训练的测评标准和有梯度的项目、思考题设计,为提高学生的积极性和学习潜力、进行分类指导提供了条件。

各学校在选用本套教材后可发挥各自的优势和特色,根据自己的办学思想、教学模式适当增加校本内容,使教学内容和形式不断丰富和完善。

中—职教学指导委员会电类专业教材编委会

2006年4月24日

前 言

本教材是根据 2005 年全国化工中职院校教材建设工作会议确定的编写任务和 2006 年上海会议制定的《电子技术与应用实践》教材编写大纲编写的。

考虑到中职院校培养的是现代技术工人,本教材有如下特点。

① 以教学有效性为出发点,以项目教学和模块教学为基本结构,以模块选修为实施方法。

② 项目选择和名称与实际生产、生活相结合,能提高学生兴趣。项目设计从简单到复杂,从单一类型到综合,符合学生认知规律。

③ 每个项目有明确的能力目标、项目及工艺要求、检测标准等,不同的项目要求综合组成了专业培养目标的要求。

④ 为使更多的学校能接受、使用,本教材在编写时考虑到既可在开展项目化专业教学的学校使用,也可供未进行项目教改学校作为实验指导书使用。

本教材由 5 个部分组成。第一部分、第二部分为模拟和数字电路的基础部分,每个项目按 2 个学时设计;第三部分、第四部分为模拟和数字电路的加深部分,每个项目按 4 个学时设计;第五部分为综合部分,每个项目按 6 个学时设计,其中项目 25 为综合实训环节,可安排 1 周时间。

本教材由任成平编写课题一;周玲编写课题二的项目 6 至项目 8 和课题四的项目 15、项目 16;黄杰编写课题二的项目 9、项目 10,课题三,课题四的项目 17、项目 18 和课题五的项目 25;李关华编写课题四的项目 19,课题五的项目 20 至项目 24 及全书的其余部分。李关华、黄杰担任主编,李关华负责全书的修改,黄杰负责全书的统稿。

本教材由徐力平主审,他对书稿进行了认真的审阅,并提出了许多好的意见和建议,在此深表感谢。

在本教材的编写过程中,参考了一些同行的著作和文章,在本书出版之际,对参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免会有不妥之处,恳请使用者批评指正。

编 者
2006 年 5 月

目 录

课题一 模拟电子技术基础	1
项目 1 电子元器件的检测——二极管和三极管	1
项目 2 单管放大电路	8
项目 3 比例电路与比较器	17
项目 4 单相整流、滤波电路	24
项目 5 功率放大电路	32
课题二 数字电子技术基础	41
项目 6 基本门电路	41
项目 7 触发器电路	47
项目 8 报警电路	54
项目 9 计数器	59
项目 10 交通信号灯电路	64
课题三 模拟电子技术加深	69
项目 11 负反馈放大电路	69
项目 12 文氏桥式振荡电路	74
项目 13 晶体管稳压电路	78
项目 14 晶闸管延时电路	83
项目 15 方波、三角波电路	89
课题四 数字电子技术加深	95
项目 16 光控音乐门铃电路	95
项目 17 电池自动充电器电路	99
项目 18 抢答器电路	102
项目 19 脉冲序列控制电路	105
项目 20 节日彩灯控制器电路	109
课题五 电子电路综合实训	114
项目 21 水位控制器电路	114
项目 22 洗手自控器电路	117
项目 23 可燃气体报警器电路	121
项目 24 楼道灯控制器电路	124
项目 25 半导体收音机的装配与调试	127
参考文献	138

课题一 模拟电子技术基础

项目 1 电子元器件的检测——二极管和三极管

一、能力目标

- 1. 认识与熟悉二极管、三极管的外观与型号。
- 2. 了解二极管的特性。
- 3. 学会使用万用表判别二极管的正、负极及其性能好坏。
- 4. 学会使用万用表判别三极管的管脚、类型及其性能好坏。

二、使用设备器件

实验使用设备器件见表 1-1。

表 1-1 实验使用设备器件明细表

序号	名 称	符 号	型号与规格	件 数
1	直流稳压电源	U_s		1
2	万用表			1
3	二极管	VD	1N4007	5
4	NPN 三极管	VT	9013	1
5	PNP 三极管	VT	9012	1
6	开关	S		1
7	灯泡	HL	12V	1
8	导线			若干

三、项目及工艺要求

(一) 项目要求

1. 二极管的单向导电性

① 按图 1-1 连接电路，调稳压电源输出 12V 电压，检查无误后，闭合开关 S，观察灯泡工作情况，填入表 1-2。

② 打开开关，将二极管 VD 反接，检查无误后，闭合开关，观察灯泡工作情况，填入表 1-2。

③ 根据以上步骤，总结二极管导电特性。

2. 用万用表测量二极管的正、反向电阻

① 用万用表的欧姆挡 $R \times 100\Omega$ 挡或 $R \times 1k\Omega$ 挡，设二极管的一端为 A，另一端为 B，分别测量 5 个二极管的正、反向电阻，填入表 1-3。

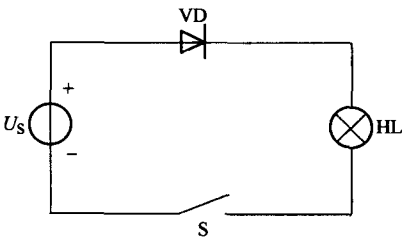


图 1-1 二极管单向导电性试验图

表 1-2 二极管导电特性

项 目	VD 正接	VD 反接
灯泡工作情况		
二极管的特性		

② 判断二极管的好坏及二极管的极性，填入表 1-3。

表 1-3 二极管的测试

项 目	二极管 1	二极管 2	二极管 3	二极管 4	二极管 5
红表笔接 A,黑表笔接 B					
红表笔接 B,黑表笔接 A					
判断二极管好坏					
二极管的正极为(A 或 B)					

3. 三极管好坏的判别

① 检测硅 NPN 管的好坏。用万用表的 $R\times 100\Omega$ 挡或 $R\times 1k\Omega$ 挡，测量发射结 b-e、集电结 b-c 的正、反向电阻和 c-e 间的正、反向电阻，填入表 1-4，并判断其好坏。

表 1-4 硅 NPN 管好坏的判定

项 目	b-c	b-e	c-e
正向电阻			
反向电阻			
结论			

② 检测锗 PNP 管的好坏。用万用表的 $R\times 100\Omega$ 挡，测出 b-c 间、b-e 间、c-e 间正、反向电阻，判断其好坏，填入表 1-5。

表 1-5 锗 PNP 管好坏的判定

项 目	b-c	b-e	c-e
正向电阻			
反向电阻			
结论			

4. 三极管类型及管脚的判别

① 用万用表的欧姆挡 $R\times 100\Omega$ 挡或 $R\times 1k\Omega$ 挡，对三极管的三个管脚轮流测试两管脚间的正、反向电阻，结果填入表 1-6（设三个管脚分别为 A、B、C）。

② 判断三极管的类型及基极，填入表 1-6。

表 1-6 三极管的测试

项 目	三极管 1			三极管 2		
	R_{AB}	R_{AC}	R_{BC}	R_{AB}	R_{AC}	R_{BC}
正向电阻						
反向电阻						
三极管类型						
三极管基极						

③ 判别 NPN 管的集电极和发射极。用万用表黑表笔接假定的集电极 c，红表笔接假定的发射极 e（接法 1），并用手捏住基极和假定的集电极（b、c 不能直接接触），测量 c-e 间的电阻值 R_{ce} ，测量 e-c 间的电阻值 R_{ec} ，然后将红、黑表笔反接（接法 2）重测，读出其电阻值，并判断其集电极和发射极，填入表 1-7。

表 1-7 NPN 管集电极和发射极的判断

项 目	接法 1		接法 2	
	R_{ce}	R_{ec}	R_{ce}	R_{ec}
电阻值/k Ω				
结论				

④ 判别 PNP 管的集电极和发射极。用万用表黑表笔接假定的集电极 c，红表笔接假定的发射极 e（接法 1），并用手捏住基极和红表笔所接的电极，测量 c-e 间的电阻值 R_{ce} ，测量 e-c 间的电阻值 R_{ec} ，然后将红、黑表笔反接（接法 2）重测，读出其电阻值，并判断其集电极和发射极，填入表 1-8。

表 1-8 PNP 管集电极和发射极的判断

项 目	接法 1		接法 2	
	R_{ce}	R_{ec}	R_{ce}	R_{ec}
电阻值/k Ω				
结论				

（二）工艺要求

- ① 测量二极管、三极管时注意万用表欧姆挡的量程。
- ② 正确使用万用表，测量时万用表笔的极性不能接反。

四、学习形式

小组协作和个体学习相结合。

五、检测标准

评分细则见表 1-9。

表 1-9 评分细则

项 目 名 称			电子元器件的检测		评分记录	
序号	鉴定要求	配分	等级	评 分 细 则	学生自评	教师评分
1	元件检测:按电路要求配齐元件,并检测出技术参数合适的元件	10	A	检测方法 & 元件判别完全正确		
			B	元件判别错 1 次		
			C	元件判别错 2 次		
			D	检测方法不正确或元件不能判别		
2	元件安装接线	20	A	安装接线规范正确		
			B	安装接线错 1 次,能自行修正		
			C	安装接线错 2 次,经提示后能自行修正		
			D	安装接线错误,经提示后还不能自行修正或不能完成		

续表

项 目 名 称			电子元器件的检测		评分记录	
序号	鉴定要求	配分	等级	评 分 细 则	学生自评	教师评分
3	通电调试	20	A	通电调试完全正确		
			B	调试未达到要求,能自行修改后结果基本正确		
			C	调试未达到要求,经提示 1 次后修改结果基本正确		
			D	通电调试失败或未能通电调试		
4	仪器使用	40	A	正确使用仪器		
			B	使用仪器错 1 次		
			C	使用仪器错 2 次		
			D	仪器不会使用		
5	安全操作,无事故发生	10	A	安全文明,符合操作规程		
			B	操作过程中损坏元件 1~2 只		
			C	经提示后再次损坏元件		
			D	不经提示擅自操作,造成设备损坏		

注：阴影处为否决项。

六、原理说明

(一) 半导体

自然界有着许许多多不同的物质，按其导电性能的不同，大致可分为三类。第一类是导电性能良好的物质，称导体，金属一般都是导体，如金、银、铜、铝、铁等。第二类是在一般条件下不能导电的物质，称绝缘体，如陶瓷、玻璃、橡胶、塑料等。第三类物质，其导电性介于导体和绝缘体之间，称半导体，如硅、锗、砷化镓及某些氧化物、硫化物等。

半导体除了在导电性能方面与导体和绝缘体不同外，还具有一些其他的特性。例如，当半导体受到外界光和热的辐射时，其导电能力会显著地变化。如果在纯净的半导体中掺入微量的其他元素（称杂质），就会使它的导电性能发生显著的变化，这种掺杂的半导体称为杂质半导体。按掺入杂质性质的不同，它可分为 N 型半导体和 P 型半导体两大类。在硅（或锗）中掺入微量的五价元素，如磷（或锑）等，它就成为 N 型半导体；在硅（或锗）中掺入微量三价元素，如硼（或镓）等，它就成为 P 型半导体。

(二) 二极管

1. 半导体二极管的结构、分类与符号

采用特殊制造工艺，将 P 型半导体和 N 型半导体紧密地结合在一起，在两种半导体的交界面处就会产生一个特殊的接触面，称为 PN 结。在 PN 结两侧各接上电路引线，并以管壳加固即为二极管。半导体二极管按所用材料分，有硅管、锗管和砷化镓管等；按用途分，有整流二极管、检波二极管、稳压二极管、开关二极管、特殊二极管等；按结构分，有点接触型二极管和面接触型二极管两种。点接触型二极管的结构如图 1-2(a) 所示。它的特点是 PN 结的面积非常小，因此不能通过较大电流；但高频性能好，故适用于高频和小功率工作，一般用于检波和脉冲电路。面接触型二极管的结构如图 1-2(b) 所示。它的主要特点是

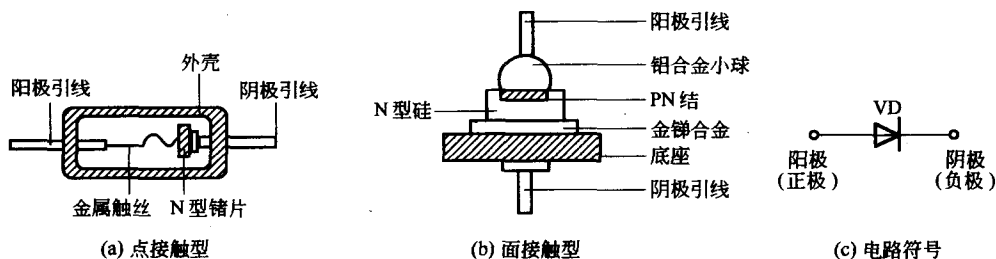


图 1-2 半导体二极管的结构和符号

PN 结的面积很大，故可通过较大的电流；但工作频率较低，一般用作整流。二极管的电路符号如图 1-2(c) 所示，文字符号为 VD。

2. 二极管的伏安特性

二极管两端的电压与通过的电流的关系曲线，称二极管的伏安特性曲线，可以通过实验或晶体管特性图示仪测出。实际二极管的伏安特性曲线如图 1-3 所示，下面对伏安特性分三部分加以说明。

(1) 正向特性 对应于图 1-3 中的①段。当正向电压超过某一数值后，才有明显的正向电流，该电压称为门限电压 U_{th} （又称死区电压）。在室温下，硅管的 U_{th} 约为 0.5V，锗管约为 0.1V。正向导通时，硅管的压降约为 0.6~0.8V，锗管约为 0.2~0.3V。

(2) 反向特性 对应于图 1-3 中的②段。此时反向电流极小，可以认为二极管基本不导通。反向电流越小，二极管的反向截止性能越好。一般硅管的反向电流比锗管小得多。温度升高，反向电流将随之增加。

(3) 反向击穿 如图 1-3 中的③段所示。当反向电压增加到一定数值时，反向电流突然剧增，二极管失去单向导电性，这种现象称为反向击穿。此时所加的反向电压称为反向击穿电压。反向击穿电压随所用材料和结构的不同而不同，一般在几十伏以上，有的甚至可达几千伏。

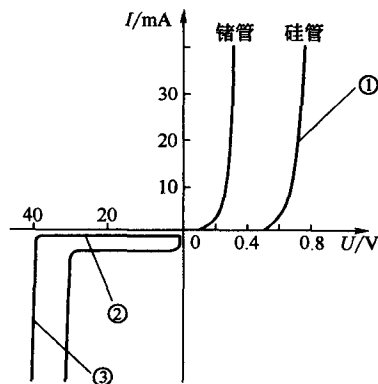


图 1-3 二极管伏安特性曲线

3. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_F 指二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流。超过这一数值二极管可能因过热而烧坏。工作电流较大的大功率管子还必须按规定安装散热装置。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 指二极管在使用时所允许加的反向电压峰值。超过 U_{RM} 二极管就有被反向击穿的危险。一般手册上给出的最高反向工作电压约为反向击穿电压的一半，以保证管子安全运行。

4. 二极管的简单测试

(1) 判断二极管的正负极 普通二极管一般在外壳上均印有型号和标记。标记有箭头、色点、色环三种，箭头所指方向或靠近色环的一端为阴极，有色点的一端为阳极。若遇到型号和标记不清楚时，可用万用表的欧姆挡进行判别。万用表挡位选在 $R \times 100\Omega$ 挡或 $R \times 1k\Omega$ 挡。主要利用二极管的单向导电性进行测量。测量时，两表笔分别接被测二极管的两个电极，若测出的电阻值为几百欧姆到几千欧姆，说明是正向电阻，这时黑表笔接的是二极管正

极，红表笔接的是二极管的负极；若电阻值在几十千欧到几百千欧，即为反向电阻，此时，红表笔接的是二极管的正极，黑表笔接的是二极管的负极。

(2) 检查二极管的好坏 一般二极管的反向电阻比正向电阻大几百倍，可以通过测量正、反向电阻来判断二极管的好坏。表 1-10 可作为判断时的参考。正常小功率硅二极管的正向电阻为几百欧到几千欧，锗二极管约为 100Ω 到 1kΩ。

表 1-10 判断二极管好坏的正、反向电阻参考值

正 向 电 阻	反 向 电 阻	二 极 管 的 好 坏
100 欧至几千欧	几十千欧至几百千欧	好
趋于零	趋于零	短路
趋于无穷大	趋于无穷大	开路
正、反向电阻接近		失效

(三) 半导体三极管

半导体三极管简称晶体管或三极管，它由两个相互联系、相互影响的 PN 结所构成，是组成放大电路的核心元件。常用的几种三极管外形如图 1-4 所示。



图 1-4 常见的几种三极管外形

1. 结构与符号

根据结构不同，三极管可分为 NPN 型和 PNP 型两大类，图 1-5 所示为三极管的结构示意图及图形符号，文字符号为 VT。由图可以看出，管子的内部都是由三层半导体构成，分别称为发射区、基区和集电区；由三个区各引出一个电极，分别称为发射极 (e)、基极 (b) 和集电极 (c)；三层半导体形成两个 PN 结，分别称为发射结和集电结。

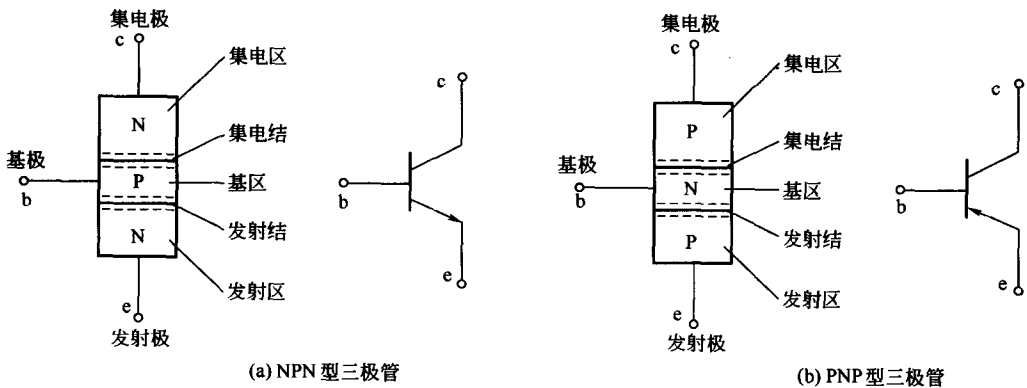


图 1-5 半导体三极管结构示意图及图形符号

三极管制造工艺特点是：发射区掺杂浓度高，基区掺杂浓度低且很薄，集电区面积大。这种内部结构和工艺特点是保证晶体管具有电流放大作用的内因，在使用时，发射极和集电极不能互换。

2. 三极管的主要参数

(1) 共射直流电流放大系数 $\bar{\beta}$ 静态时, I_C 与 I_B 的比值称为直流电流放大系数, 用 $\bar{\beta}$ 表示。

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B} \quad (1-1)$$

(2) 共射交流电流放大系数 β U_{CE} 一定时, 集电极电流的变化量与基极电流变化量的比值, 称为交流电流放大系数, 用 β 表示。

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (1-2)$$

$\bar{\beta}$ 和 β 虽然定义不同, 但两者数值较为接近。一般在工作电流不十分大的情况下, 可以认为 $\bar{\beta} \approx \beta$, 故常混用。通常中、小功率晶体管的 β 值在 20~200 之间, 大功率晶体管的 β 值在 10~50 之间。

(3) 极间反向电流

① I_{CBO} 指发射极开路、集电结反偏时流过集电结的反向饱和电流。小功率硅管一般在 0.1 μA 以下; 锗管为几微安至十几微安。

② I_{CEO} 指基极开路, 集电结反偏时的集电极电流, 习惯称穿透电流, 且有

$$I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO} \quad (1-3)$$

I_{CEO} 数值较小, 但随温度变化大, 它是衡量晶体管质量好坏的重要参数之一, 其值越小越好。

(4) 极限参数

① 集电极最大允许电流 I_{CM} 当 I_C 过大时, 电流放大系数 β 值将下降, 使 β 下降至正常值的 2/3 时的 I_C 值, 定义为集电极最大允许电流 I_{CM} 。

② 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} P_{CM} 与三极管的工作温度和散热条件有关, 三极管不能超温使用。使用时, 应当保证 $P_C < P_{CM}$ 。否则将导致热损坏。

③ 集-射极反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$ 当基极开路时, 集电极与发射极之间最大允许电压。当加在管子的 U_{CE} 值超过 $U_{(BR)CEO}$ 时, I_C 急剧增加, 造成管子击穿。为可靠工作, 使用时 U_{CC} 可取 $U_{(BR)CEO}$ 的 1/2 或 1/3。

3. 三极管好坏的判别

选用万用表的 $R \times 100\Omega$ 挡或 $R \times 1k\Omega$ 挡, 检测硅材料 NPN 型三极管时, 将黑表笔接基极, 红表笔分别接集电极和发射极, 测该管 PN 结正向电阻应为几百欧至几千欧。调换表笔后, 测试 PN 结反向电阻, 应在几十千欧到几百千欧以上。集电极和发射极间的电阻, 无论表笔如何接, 其阻值均应在几百千欧以上。

检测锗 PNP 型三极管用 $R \times 100\Omega$ 挡更合适一些, 且测出的各阻值应小于 NPN 型三极管的检测值。

4. 判别三极管管脚和类型

(1) 根据管脚排列及其色点判别 金属管壳封装的三极管, 管脚一般呈等腰三角形排列, 顶点是 b 极, 有凸出定位销的一极是 e 极, 另一极为 c 极; 另一种等腰三角形排列, 顶点是 b 极, 有红色点的一极是 c 极, 另一极为 e 极; 还有一种, 依靠不同的色点来区分, 顶点与管壳上的红点标记相对应的为 c 极, 与白点对应的为 b 极, 与绿点对应的为 e 极。有些管子管脚排列成一条直线但距离不相等, 则距离较近的两脚之中靠外的管脚为 e 极, 靠里的为 b 极, 另一极为 c 极。

塑封晶体三极管, 可将剖去一个平面或去掉一角的标记朝向自己, 则从左至右依次为 e 极、b 极、c 极。超小型晶体三极管, 其中一个管脚截去一角为标记, 定为 e 极, 与其垂直的管脚为 c 极, 另一个管脚为 b 极。

(2) 用万用表判别 用万用表可以判断三极管的电极、类型及好坏, 一般万用表选择欧姆挡 $R \times 100\Omega$ 挡或 $R \times 1k\Omega$ 挡。

① 判断 b 极和三极管的类型 先假设三极管的某极为 b 极, 将黑表笔接在假设的 b 极上, 再将红表笔依次接到其余两个电极上, 若两次测得的电阻都很大 (约为几十千欧到几百千欧) 或者都很小 (约为几百欧), 则可确定假设的 b 极是正确的。否则假设另一电极为 b 极, 重复上述的测试, 以确定 b 极。如无一个电极符合上述测量结果, 说明三极管已坏。

当 b 极确定后, 将黑表笔接 b 极, 红表笔分别接其他两极, 若测得的电阻值都很小, 则该三极管为 NPN 型; 反之, 则为 PNP 型。

② 判断 c 极和 e 极 以 NPN 型为例, 把黑表笔接到假设的集电极 c 上, 红表笔接发射极 e 上, 并用手捏住 b 极和 c 极 (b、c 不能直接接触, 通过人体相当于在 b、c 之间接入偏置电阻), 读出表头所示 c、e 间的电阻值, 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。因为 c、e 间电阻值小, 说明通过万用表的电流很大, 偏置正常。

七、思考题

① 设图 1-6 中各二极管均为硅管, 试判断图中哪个二极管是导通的?

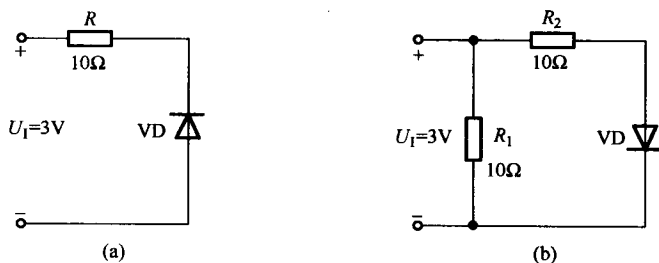


图 1-6 思考题 1 图

② 在测二极管的反向电阻时, 为使测试表笔与管脚接触良好, 用两只手握紧管脚与测试表笔接触处, 结果发现二极管的反向电阻较小, 认为不合要求, 但该二极管用在设备上却工作正常, 这是为什么?

③ 为什么不能用万用表 $R \times 1$ 挡和 $R \times 100k\Omega$ 挡来检查二极管、三极管?

④ 半导体三极管的集电极和发射极能否调换使用? 为什么?

⑤ 用万用表判断 NPN 三极管和 PNP 三极管管脚时操作有什么不同?

项目 2 单管放大电路

一、能力目标

1. 熟悉放大电路的主要技术指标及测量方法。
2. 掌握放大电路静态工作点的测量和调试方法。

3. 了解负载对电压放大倍数的影响。

二、使用设备器件

实验使用设备器件见表 2-1。

表 2-1 实验使用设备器件明细表

序号	名 称	符 号	型号与规格	件 数
1	直流稳压电源	U_{CC}		1
2	信号发生器			1
3	示波器			1
4	万用表			1
5	晶体管毫伏表			1
6	开关	S_1, S_2		2
7	三极管	VT	3DG6	1
8	电位器	R_P	220k Ω	1
9	电阻	R_{b1}	10k Ω	1
10	电阻	R_{b2}	10k Ω	1
11	电阻	R_c	5.1k Ω	1
12	电阻	R_e	1k Ω	1
13	电阻	R_{L1}	2k Ω	1
14	电阻	R_{L2}	5.6k Ω	1
15	电容	C_1, C_2	20 μ F	2
16	电容	C_e	100 μ F	1
17	通用板(或铆钉板)			1

三、项目及工艺要求

(一) 项目要求

1. 放大倍数的认识

① 根据电路原理图，检测电子元件，判断是否合格。

② 根据自己设计的元件布置图在通用板

(或铆钉板) 上布图。

③ 按图 2-1 进行焊接。

④ 用波形幅值最大而不失真的方法调整静态工作点，将频率为 1kHz，电压为 10mV 正弦信号从输入端送入，用示波器观察三极管集电极输出波形，然后逐渐增大输入信号，若波形出现失真，调节 R_P 使波形不失真，再增大输入信号重复上述步骤，使波形最大而不失真，此时电路的工作点为最佳工作点。

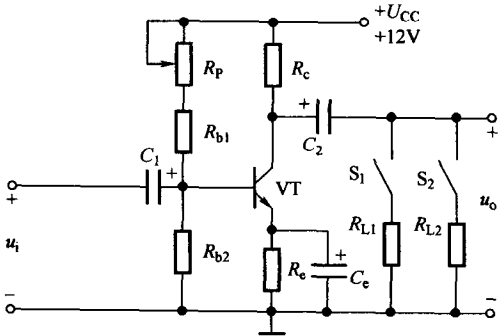


图 2-1 单管放大电路图

⑤ 测试静态工作点。断开信号源，将 $U_i=0$ （用短路线短接输入端），用万用表测量三个极电压 U_B 、 U_C 、 U_E 并计算 U_{CEQ} 和 I_{CQ} 填入表 2-2 中。

表 2-2 静态工作点测量记录

项 目	U_E	U_B	U_C	$U_{CEQ}=U_C-U_E$	$I_{CQ}=(U_{CC}-U_C)/R_c$
测量及计算值					

⑥ 测量放大倍数。打开开关 S_1 、 S_2 ，使输入电压 $U_i=10\text{mV}$ 、 $f=1\text{kHz}$ ，用晶体管毫伏表测量输出电压 U_o 。计算出 A_u 填入表 2-3 中。

表 2-3 放大倍数测量记录

测量条件	U_i/V	U_o/V	$A_u=U_o/U_i$
$R_L=\infty$			

2. 负载对放大倍数的影响

① 把开关 S_1 闭合，开关 S_2 打开，使输入电压 $U_i=10\text{mV}$ 、 $f=1\text{kHz}$ ，用晶体管毫伏表测量输出电压 U_o 。计算出 A_u 填入表 2-4 中。

② 打开开关 S_1 ，闭合开关 S_2 ，重复上面步骤。

③ 总结负载对放大倍数的影响，填入表 2-4 中。

表 2-4 负载对放大倍数的影响

负载情况	U_i/V	U_o/V	$A_u=U_o/U_i$
$R_L=2\text{k}\Omega$			
$R_L=5.6\text{k}\Omega$			
结论			

3. 放大器频率特性的测试

① 保持输入信号的幅值为 10mV ，改变信号频率，用毫伏表检测 U_o 的值，同时用示波器监视输出信号不产生失真，将数据记录在表 2-5 中。

② 将所测各频率点的输出电压值连成曲线，即为该放大器的频率响应。

表 2-5 放大器的频率特征

频率 f	5Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1kHz	10kHz	20kHz	100kHz	500kHz	1MHz
输出电压 U_o										
曲线										

4. 放大与失真

① 增大 R_P ，使工作点偏低，适当加大输入信号 U_i ，观察输出波形的失真情况，用万用表测量 U_C 和 U_{CE} ，将数据和波形填入表 2-6 中。

② 减小 R_P ，使工作点偏高，适当加大输入信号 U_i ，观察输出波形的失真情况，用万用表测量 U_C 和 U_{CE} ，将数据和波形填入表 2-6 中。

③ 判断失真类型，填入表 2-6 中。