



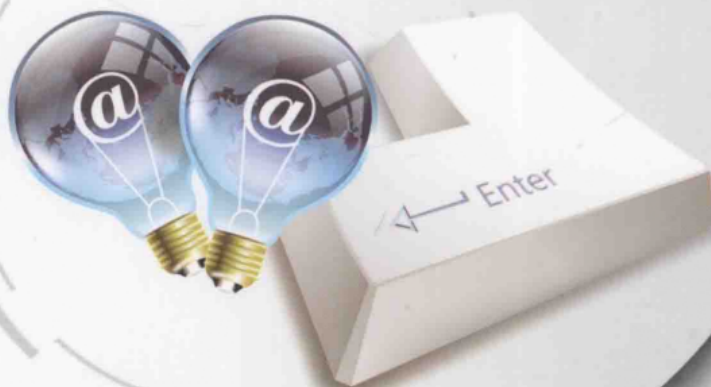
全国技工院校“十二五”系列规划教材
中国机械工业教育协会推荐教材

模拟电子技术

(任务驱动模式·含习题册)

◎ 刘玉章 张翠娟 主编

Moni Dianzi Jishu



免费下载

www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子类专业

- 1 电工基础(项目式)
- 2 电工基础与实训(含习题册)
- 3 电工电子技术基础与应用
- 4 模拟电子技术(任务驱动模式·含习题册)
- 5 模拟电子与技能训练(任务驱动模式)
- 6 电子电路与技能训练(任务驱动模式)
- 7 电子CAD(任务驱动模式)
- 8 维修电工综合实训教程
- 9 常用电力拖动控制线路安装与维修(任务驱动模式)
- 10 电力拖动基本控制线路(任务驱动模式)
- 11 电力拖动控制线路安装与维修(任务驱动模式)
- 12 电机与变压器(项目式·含习题册)
- 13 机床电气检修(任务驱动模式)
- 14 S7-200PLC应用基础与实训
- 15 PLC应用技术(三菱)(任务驱动模式)
- 16 PLC应用技术(西门子)(任务驱动模式)
- 17 单片机应用技术(汇编语言)(任务驱动模式)
- 18 变频技术及应用(任务驱动模式)
- 19 电梯安装与维修(任务驱动模式)
- 20 直流调速技术

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-39201-9

策划编辑◎陈玉芝 / 封面设计◎张静

ISBN 978-7-111-39201-9



9 787111 392019 >

定价:29.00元

全国技工院校“十二五”系列规划教材
中国机械工业教育协会推荐教材

模拟电子技术

(任务驱动模式·含习题册)

主 编	刘玉章	张翠娟					
副主编	冯 霞	吴 敏	田 伟				
参 编	任兵建	张 朴	解 辉	陈民峰	边新红		
	梁丽伟	崔建利	肖 晶	许闪闪	王彦青		
主 审	展同军						



机械工业出版社

本书是全国技工院校“十二五”系列规划教材之一,分为7个单元,具体内容包括半导体二极管和晶体管、放大电路、集成运算放大器及其应用电路、整流与稳压电路、晶闸管及其应用电路、信号产生电路、综合应用电路。每个单元又以若干个小任务的形式展开,以工作任务为主线,突出核心技能与实操能力,使理论知识与操作技能融为一体。本书内容通俗易懂,图文并茂,可操作性强,并有很强的趣味性。为便于教学本书配有习题册和电子课件。

本书可作为技工院校、职业院校电气控制类、电子信息类专业教材,也可作为相关培训机构的培训用书,还可作为相关技术人员的自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术:任务驱动模式:含习题册/刘玉章,
张翠娟主编. —北京:机械工业出版社,2012.8

全国技工院校“十二五”系列规划教材

ISBN 978-7-111-39201-9

I. ①模… II. ①刘…②张… III. ①模拟电路-电
子技术-高等职业教育-教材 IV. ① TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 169201 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:陈玉芝 责任编辑:陈玉芝 关晓飞

版式设计:霍永明 责任校对:任秀丽

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·321 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39201-9

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

全国技工院校“十二五”系列规划教材 编审委员会

顾 问：郝广发

主 任：陈晓明 李 奇 季连海

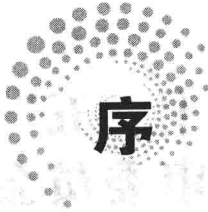
副主任：（按姓氏笔画排序）

丁建庆	王 臣	刘启中	刘亚琴	刘治伟	李长江
李京平	李俊玲	李晓庆	李晓毅	佟 伟	沈炳生
陈建文	徐美刚	黄 志	章振周	董 宁	景平利
曾 剑	魏 蕙				

委 员：（按姓氏笔画排序）

于新秋	王 军	王 珂	王小波	王占林	王良优
王志珍	王栋玉	王洪章	王惠民	方 斌	孔令刚
白 鹏	乔本新	朱 泉	许红平	汤建江	刘 军
刘大力	刘永祥	刘志怀	毕晓峰	李 华	李成飞
李成延	李志刚	李国诚	吴 岭	何立辉	汪哲能
宋燕琴	陈光华	陈志军	张 迎	张卫军	张廷彩
张敬柱	林仕发	孟广斌	孟利华	荆宏智	姜方辉
贾维亮	袁 红	阎新波	展同军	黄 樱	黄锋章
董旭梅	谢蔚明	雷自南	鲍 伟	潘有崇	薛 军

总策划：李俊玲 张敬柱 荆宏智



序

“十二五”期间，加速转变生产方式、调整产业结构，将是我国国民经济和社会发展的重中之重。而要完成这种转变和调整，就必须有一大批高素质的技能型人才作为后盾。根据《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》的要求，至2020年，我国高技能人才占技能劳动者的比例将由2008年的24.4%上升到28%（目前一些经济发达国家的这个比例已达到40%）。可以预见，作为高技能人才培养重要组成部分的高级技工教育，在未来的10年必将会迎来一个高速发展的黄金期。近几年来，各职业院校都在积极开展高级工培养的试点工作，并取得了较好的效果。但由于起步较晚，课程体系、教学模式都还有待完善与提高，教材建设也相对滞后，至今还没有一套适合高级技工教育快速发展需要的成体系、高质量的教材。即使一些专业（工种）有高级工教材，也不是很完善，或是内容陈旧、实用性不强，或是形式单一、无法突出高技能人才培养的特色，更没有形成合理的体系。因此，开发一套体系完整、特色鲜明、适合理论实践一体化教学、反映企业最新技术与工艺的高级工教材，就成为高级技工教育亟待解决的课题。

鉴于高级技工教材短缺的现状，机械工业出版社与中国机械工业教育协会从2010年10月开始，组织相关人员，采用走访、问卷调查、座谈等方式，对全国有代表性的机电行业企业、部分省市的职业院校进行了历时6个月的深入调研。对目前企业对高级工的知识、技能要求，各学校高级工教育教学现状、教学和课程改革情况以及对教材的需求等有了比较清晰的认识。在此基础上，他们紧紧依托行业优势，以为企业输送满足其岗位需求的合格人才为最终目标，组织了行业和技能教育方面的专家精心规划了教材书目，对编写内容、编写模式等进行了深入探讨，形成了本系列教材的基本编写框架。为保证教材的编写质量以及编写队伍的专业性和权威性，2011年5月，他们面向全国技工院校公开征稿，共收到来自全国22个省（直辖市）的110多所学校的600多份申报材料。在组织专家对作者及教材编写大纲进行了严格的评审后，决定首批启动编写机械加工制造类专业、电工电子类专业、汽车检测与维修专业、计算机技术相关专业教材以及部分公共基础课教材等，共计80余种。

本系列教材的编写指导思想明确，坚持以达到国家职业技能鉴定标准和就业能力为目标，以各专业的工作内容为主线，以工作任务为引领，由浅入深，循序渐进，精简理论，突出核心技能与实操能力，使理论与实践融为一体，充分体现“教、学、做合一”的教学思想，致力于构建符合当前教学改革方向的，以培养应用型、技术型、创新型人才为目标的教材体系。

本系列教材重点突出了三个特色：一是“新”字当头，即体系新、模式新、内容新。

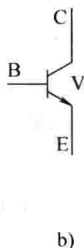
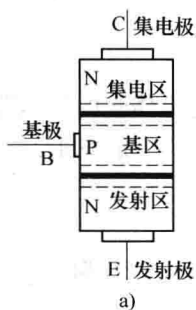


图 1-18 NPN 型晶体管

a) 结构 b) 图形符号

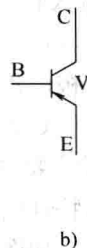
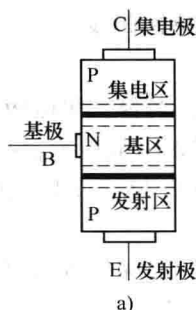


图 1-19 PNP 型晶体管

a) 结构 b) 图形符号

虽然发射区和集电区都是同类型的半导体，但它们是不对称的，其中发射区比集电区掺杂质的浓度大（有利于发射电子），集电结的面积比发射结的面积大（有利于接收电子），所以实际使用时，发射极与集电极不能互换。

二、晶体管的电流放大作用

晶体管的集电极电流 I_C 与相应的基极电流 I_B 的比值称为共发射极直流电流放大系数（或放大倍数），用 $\bar{\beta}$ （或 h_{FE} ）表示，即

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$$

晶体管集电极电流变化量 ΔI_C 与相应的基极电流变化量 ΔI_B 的比值称为共发射极交流电流放大系数（或放大倍数），用 β 表示，即

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

一般晶体管的 β 值为 20 ~ 200。

小知识 直流放大系数 $\bar{\beta}$ 和交流放大系数 β 几乎是固定不变的。一般地，质量好的晶体管其 $\bar{\beta}$ 比 β 略小，实际应用中均用 β 表示。

三、晶体管的电流分配关系

晶体管的基极电流 I_B 、集电极电流 I_C 和发射极电流 I_E 之间满足下列关系：

$$I_E = I_C + I_B \quad (1-1)$$

由于

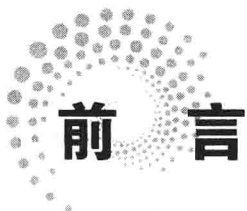
$$I_C = \beta I_B \quad (1-2)$$

代入式 (1-1)，得

$$I_E = (1 + \beta) I_B \quad (1-3)$$

四、晶体管的种类

晶体管按导电类型不同，分为 NPN 型和 PNP 型；按半导体材料不同，分为硅管和锗管；按工作频率不同，分为高频管（工作频率不低于 3MHz）和低频管（工作频率低于 3MHz）；按功率不同，分为小功率管（耗散功率小于 1W）和大功率管（耗散功率不小于 1W）；按用途不同，分为普通晶体管、开关晶体管等。



前言

本书以人力资源和社会保障部培训就业司 2008 年颁发的高级技工学校专业教学计划与教学大纲为依据,以“注重实践、强化应用”为指导思想,采用“任务驱动”的编写模式,以工作任务为引领,由浅入深,循序渐进,精简理论,突出技能与实操能力,使理论与实践融为一体,充分体现“教、学、做合一”的教学理念。

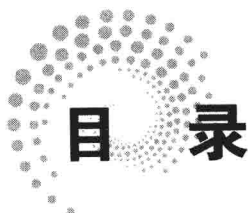
体现技工院校学生综合专业素质的重要标志就是实操能力。如何更好地提高技工院校学生实操能力,怎样在教材上更好地为之服务,是我们职业教育者多年来一直探讨、研究的课题。针对此,在本书编写过程中我们进行了一些探索和实践,力争在内容上既能突出操作技能训练,又能掌握和了解相关理论知识,着重突出易懂、易学、易会的特点。

本书根据单元要求设置具体任务,以完成任务来达到知识目标、技能目标和素质目标的实现。任务的设置和学习目标是具体学什么;工作任务是学习目标的细化,相关理论、任务准备和任务实施是指导学生怎么学;检查评议是检验学生学习效果,便于今后进一步提高;知识拓展是为了开阔学生的视野,拓展学生的专业知识面;思考与练习是为了更好地学透和掌握知识。本书在内容上注重遵循“先易后难,先浅后深”的原则,注重任务实施环节,明确了具体实施方法和步骤,对提高操作能力、尽快地掌握所学内容有较大的帮助。

本书由刘玉章、张翠娟任主编,冯霞、吴敏、田伟任副主编,参加编写的人员还有任兵建、张朴、解辉、陈民峰、边新红、梁丽伟、崔建利、肖晶、许闪闪、王彦青。本书由展同军任主审。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者和同仁给予批评指正。

编 者



目录

序

前言

单元 1 半导体二极管和晶体管	1
任务 1 二极管的特性测试与检测	1
任务 2 二极管箝位电路和限幅电路的实验装接与测试	7
任务 3 晶体管特性测试与检测	12
单元 2 放大电路	18
任务 1 低频小信号放大电路的实验装接与检修	18
任务 2 小功率晶体管音频放大电路的制作与检修	28
任务 3 功率放大器的制作与检修	41
单元 3 集成运算放大器及其应用电路	50
任务 1 比例运算应用电路的实验装接与检修	50
任务 2 三角波—方波发生器的制作与检修	60
任务 3 函数信号发生器的制作与检修	65
单元 4 整流与稳压电路	70
任务 1 单相整流电路的实验装接与测试	70
任务 2 并联型稳压电路的实验装接与检修	77
任务 3 串联型稳压电路的制作与检修	84
任务 4 开关型直流稳压电源的制作与检修	91
单元 5 晶闸管及其应用电路	100
任务 1 家用台灯调光电路的制作与检修	100
任务 2 220V 调光电路的制作与检修	106
任务 3 直流电动机调速电路的实验装接与检修	116
单元 6 信号产生电路	131
任务 1 LC 正弦波振荡电路的制作与检修	131
任务 2 RC 桥式振荡电路的制作与测试	139
单元 7 综合应用电路	150
附录 半导体分立器件型号命名方法	157
参考文献	159

单元1 半导体二极管和晶体管

用半导体材料制成的半导体器件是 20 世纪中期发展起来的新型电子器件。其中, 半导体二极管、晶体管是电子技术中最常用的器件, 由于它们具有体积小、重量轻、工作可靠、寿命长、耗电量小等优点, 所以在电子技术中得到了广泛应用。本单元主要介绍二极管和晶体管的相关知识、应用电路的实验装接及示波器的使用方法。

任务1 二极管的特性测试与检测



学习目标

知识目标:

1. 了解二极管的结构及符号, 熟悉其种类及型号, 了解硅稳压二极管的特性及主要参数。
2. 理解二极管的伏安特性曲线和主要参数。

技能目标:

掌握常用二极管的识别与检测方法。

素质目标:

养成学生独立思考和动手操作的习惯, 培养学生相互学习的精神。



工作任务

仪器仪表及家用电器中的指示灯通常是发光二极管。发光二极管简称 LED, 是二极管的一种, 它还可以组成文字或数字显示电路。二极管的应用十分广泛, 几种常用二极管的外形如图 1-1 所示。

那么, 二极管在电路中的特性是什么? 本任务主要介绍二极管的相关知识及检测方法。

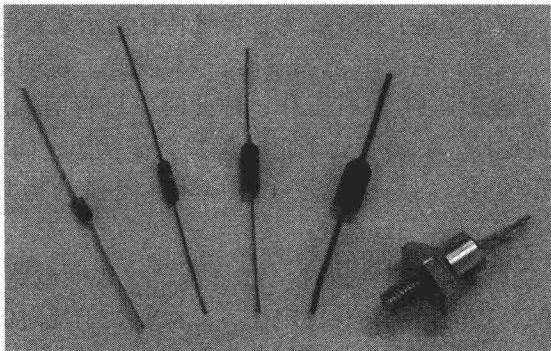


图 1-1 几种常用二极管的外形

相关理论

一、半导体的基本知识

自然界中的物质按其导电能力的不同分为导体、半导体和绝缘体三大类，其中半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。

纯净的半导体导电能力较差，但当半导体的环境温度上升、受光照或掺入杂质时，其导电能力会大大增强，即半导体具有光敏特性、热敏特性和掺杂特性。

掺入了杂质的半导体称为杂质半导体，分为 N 型半导体和 P 型半导体。N 型半导体的多数载流子是带负电的自由电子，P 型半导体的多数载流子是带正电的空穴。

通过特殊工艺将 N 型半导体和 P 型半导体紧密结合在一起，在其交界面处形成一个特殊的带电薄层，称为 PN 结。

二、二极管的结构及性能

1. 二极管的基本结构

从 PN 结的 P 型区（简称 P 区）和 N 型区（简称 N 区）各引出一个电极，封装起来就构成了二极管。其中，从 P 区引出的电极为二极管的正极，从 N 区引出的电极为二极管的负极，其结构与符号如图 1-2 所示。

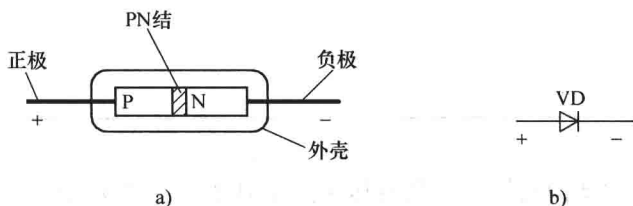


图 1-2 二极管的结构与符号

a) 结构 b) 符号

2. 二极管的种类

二极管按材料可分为硅管、锗管、砷化镓管等；按结构可分为点接触型、面接触型和平面型；按用途可分为整流二极管、开关二极管、稳压二极管、变容二极管、发光二极管、光敏二极管等。

3. 二极管的伏安特性

演示实验：图 1-3 为二极管特性演示实验电路。

现象：当合上开关 S 时，VL 发光，说明电路中有足够大的电流使 VL 正常工作，称此时二极管两端所加的电压为正向电压，二极管处于正向偏置工作状态，简称正偏。二极管正偏时，内部呈现较小的电阻，阻值约为几百欧至几千欧。

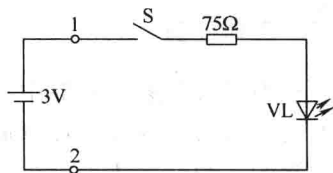


图 1-3 二极管单向导电性演示电路

将电源反向连接时，VL 不发光，说明电路中没有电流通过或电流很小，称此时二极管两端所加的电压为反向电压，二极管处于反向偏置工作状态，简称反偏。二极管反偏时，内部呈现很大的电阻，理想状态阻值为无穷大。

结论：二极管只能在正向电压的作用下才能工作，即二极管具有单向导电性。

描述流过二极管的电流随其两端电压变化的特性就是二极管的伏安特性，通常用伏安特性曲线来表示，如图 1-4 所示。

二极管的伏安特性分为正向特性和反向特性。

1) 正向特性是指当二极管正偏（正极接高电位，负极接低电位）时，流过它的电流随其两端电压变化的特性，图 1-4 所示的第一象限图形为其正向特性曲线。由图可知：当正向电压很小时，二极管的正向电流几乎为零，称这个区域为死区，对应死区的最大电压为死区电压。一般硅管的死区电压约为 0.5V，锗管的死区电压约为 0.2V。

当正向电压大于死区电压时，二极管的电流随电压的变化迅速上升，进入导通状态。二极管导通后，其两端电压比较稳定，几乎不随电流的大小发生变化，称这一较稳定的正向电压为二极管的正向压降，也称为管压降。一般硅管的管压降约为 0.7V，锗管的管压降约为 0.3V。

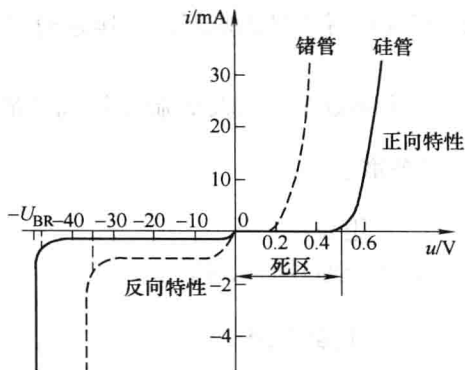


图 1-4 二极管的伏安特性曲线

2) 反向特性是指当二极管两端反偏（负极接高电位，正极接低电位）时，流过它的电流随其两端电压变化的特性，图 1-4 所示的第三象限图形为其反向特性曲线。由图可知：在反向电压的一定范围内，反向电流（称之为反向饱和电流）很小，且基本不变，二极管处于截止状态。当反向电压超过一定值时，反向电流会突然增大，称这一现象为二极管的反向击穿，此时所对应的电压称为反向击穿电压，用 U_{BR} 表示。二极管发生反向击穿时，若采取适当的限流措施，把电流限制在二极管能承受的范围内，二极管便不会损坏。如果没有适当的限流措施，二极管将会因电流过大而导致过热发生热击穿，则二极管将永久损坏。普通二极管不允许工作在反向击穿状态。

由二极管特性曲线可知，锗二极管的反向饱和电流比硅二极管的大。通常，硅管的反向饱和电流是几微安到几十微安，锗管则可达到几百微安。反向饱和电流是衡量二极管质量优劣的重要参数，其值越小，二极管的质量越好。

由于半导体的热敏性，二极管的正向压降会随环境温度的升高而降低，而其反向饱和电流则随环境温度的升高而增大，并且锗管的反向饱和电流随温度升高的变化量比硅管大，所以锗管的热稳定性比硅管差。

由以上分析得出：二极管正偏时导通，反偏时截止，即二极管具有单向导电性。因为二极管的内部结构就是一个 PN 结，所以单向导电性也是 PN 结的特性。

三、二极管的主要参数

1. 最大整流电流 I_{FM}

最大整流电流是指二极管长期工作时允许通过的最大正向电流平均值。实际工作中通过二极管的正向电流平均值不得超过此值，否则二极管可能会因过热而损坏。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压是指二极管正常工作时其两端所允许外加的最大反向电压值。实际工作中，若二极管两端的反向电压超过此值，可能会导致二极管反向击穿。一般手册上给出的最大反向工作电压约为反向击穿电压的 1/2，以确保二极管安全工作。

3. 反向电流 I_R

反向电流是指在规定的反向电压和环境温度下流过二极管的反向电流值。该值越小，二极管的单向导电性能越好，工作越稳定。 I_R 对温度很敏感，使用时应注意环境温度不宜过高。

以上参数中，最大整流电流 I_{FM} 和最高反向工作电压 U_{RM} 是选用二极管的两个重要依据。

任务准备

1. 万用表。
2. 各类型号的二极管。



任务实施

使用二极管时，必须注意引脚的极性不能接错，否则电路将不能正常工作，甚至可能烧毁管子及相关元器件。二极管引脚的极性可以通过外形识别或万用表检测来确定。

一、二极管引脚的识别

二极管的正、负极可从外壳标注或由其特定的外形结构来判定。常用的标注方式有标志环、图形符号等，如图 1-5 所示。有标志环的一端是负极。

二、二极管引脚的检测

在二极管没有或看不清楚任何极性标志时，可以使用万用表来简单检测其引脚极性及好坏。

1. 二极管引脚极性的检测

对于小功率二极管，可以用万用表的 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡测量其正、反向电阻的方法来确定其引脚极性。

检测步骤如下：

- 1) 将万用表量程置于 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 挡，并进行欧姆调零，如图 1-6a 所示。

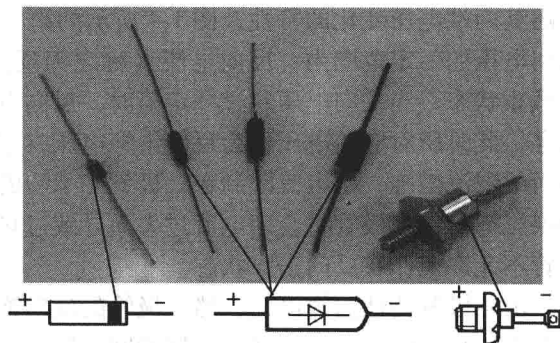


图 1-5 二极管的常见封装

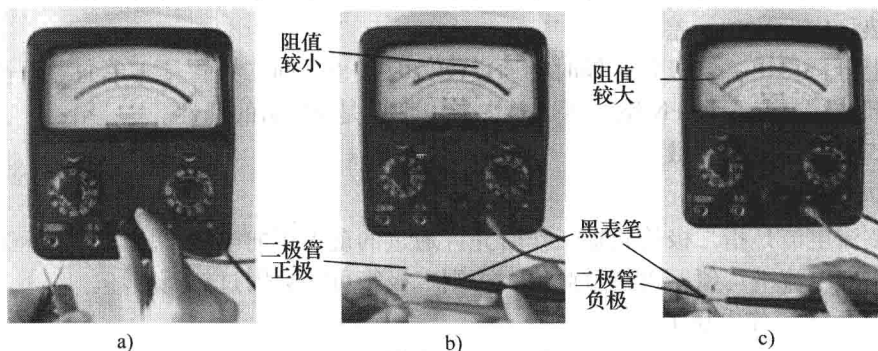


图 1-6 二极管的检测

a) 欧姆调零 b) 二极管的正向电阻 c) 二极管的反向电阻

2) 将万用表的红表笔和黑表笔分别与二极管的两个引脚相接,记录所测电阻值。将两个表笔交换,再次测量两个引脚间的阻值,并记录结果。两次测量中,阻值小的一次,黑表笔所接的引脚为二极管的正极,红表笔所接的为二极管的负极,该阻值为二极管的正向电阻。较大的阻值为二极管的反向电阻。检测操作如图 1-6b 和图 1-6c 所示。

小知识 用万用表测电阻时,表内接电池,其红表笔接内电池负极,黑表笔接内电池正极。在测量器件阻值前,先对万用表进行欧姆调零。

实际使用万用表各挡测二极管时,所得阻值是不同的。这是因为万用表各挡的端电压是不一样的,而 PN 结的阻值是随外电压变化的,所以用万用表不同的电阻挡对同一管子测得的阻值就不一样。例如用 $R \times 100$ 挡测 2CP22 的正向阻值约为 500Ω ,反向阻值约为 $300k\Omega$,而用 $R \times 1k$ 挡测得的正向阻值为 $4k\Omega$,反向阻值在 $550k\Omega$ 以上。

2. 二极管性能的检测

在检测步骤 2) 中,正、反向电阻相差越大,说明二极管的性能越好。一般地,用万用表测二极管的正、反向电阻时,如果正向阻值为几十至几百欧,反向电阻值在 $200k\Omega$ 以上,可以认为二极管是好的;如果正、反向电阻均为无穷大,则表示管子内部断路;如果正、反向电阻均接近零,则表示管子内部短路;如果正、反电阻相差不多,则表示管子质量不好。

想一想 为什么测量小功率二极管时不能使用万用表的 $R \times 10k$ 挡或 $R \times 1$ 挡?



检查评议

评分标准见表 1-1。

表 1-1 评分标准

序号	项目内容	评分标准	配分	扣分	得分
1	二极管的识别与测试	1. 不会测试引脚,扣 20 分 2. 不会测试二极管的好坏,扣 20 分 3. 识读标志符号错误,扣 10 分	50		
2	仪表的使用	万用表使用不正确,扣 20 分	20		
3	课堂练习	依据课堂提问及练习,酌情扣分	30		
4	合计		100		
5	时间	15min/10 只管			



注意事项

检测二极管时,不能在连接电路中测量,因为与其连接的其他器件的阻值会对其产生影响。



知识拓展

特殊二极管

一、稳压二极管

1. 稳压二极管的伏安特性

稳压二极管是一种特殊的面接触型二极管，其符号及伏安特性曲线如图 1-7 所示，它的正向特性曲线与普通二极管相似，而反向击穿特性曲线很陡。正常情况下稳压二极管工作在反向击穿区，由于曲线很陡，反向电流在很大范围内变化时，端电压变化很小，因而具有稳压作用。只要反向电流不超过其最大稳定电流，就不会形成破坏性的热击穿。因此，在电路中稳压二极管应串联适当阻值的限流电阻。

2. 稳压二极管的主要参数

1) 稳定电压 U_Z 是指正常工作时稳压二极管两端的反向电压值，其值决定于稳压二极管的反向击穿电压值。

2) 稳定电流 I_Z 是指稳压二极管稳压工作时的电流值，通常为工作电压等于 U_Z 时所对应的电流值。当工作电流低于 I_Z 时，稳压效果变差，若低于 I_{Zmin} 时，由图 1-7b 可知稳压二极管将失去稳压作用。

3) 最大耗散功率 P_{ZM} 和最大工作电流 I_{ZM} 。 P_{ZM} 和 I_{ZM} 是为了保证管子不被热击穿而规定的极限参数，由管子允许的最高结温决定， $P_{ZM} = I_{ZM} U_Z$ 。

4) 动态电阻 r_z 是指稳压范围内电压变化量与相应的电流变化量之比，即 $r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ ，如图 1-7b 所示。 r_z 值很小，约为几欧到几十欧。 r_z 越小，即反向击穿特性越陡，稳压性能就越好。

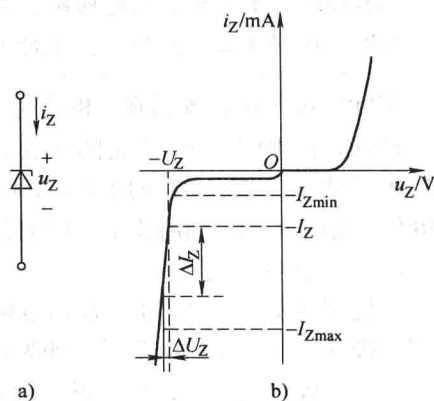


图 1-7 稳压二极管的符号及伏安特性曲线

a) 符号 b) 伏安特性曲线

二、发光二极管

发光二极管是一种通以正向电流就会发光的二极管，它由某些当自由电子和空穴复合时就会产生光辐射的半导体制成，采用不同材料，可发出红、橙、黄、绿、蓝色光，其图形符号如图 1-8 所示。

发光二极管的伏安特性与普通二极管相似，不过它的正向导通电压较大，可达 1~2V，同时发光的亮度随通过的正向电流增大而增强，工作电流为几毫安到几十毫安，典型工作电流为 10 mA 左右。发光二极管的反向击穿电压一般大于 5V，但为使器件稳定可靠地工作，应使其工作在 5V 以下。

发光二极管主要用做显示器件，可单个使用，也可制成七段数字显示器以及矩阵式器件。不可见光红外发光二极管主要用在遥控装置中。

三、光敏二极管

光敏二极管的结构与普通二极管类似，但其 PN 结面积较大，且管壳上有一个透光的窗口，可接收外部的光照，其图形符号如图 1-9 所示。

光敏二极管使用时工作在反向偏置状态。在无光照射时，光敏二极管的伏安特性和普通二极管一样，此时的反向电流称为暗电流，一般为几微安，甚至更小；当有光照射时，其反向电流随光照强度的增加而上升（这时的反向电流称为光电流）。另外，光电流的大小还与入射光的波长有关。因此，光敏二极管是将光信号转换为电信号的半导体器件，可用做光的测量。利用光敏二极管的工作原理可制成太阳能电池。



图 1-8 发光二极管的图形符号



图 1-9 光敏二极管的图形符号

四、二极管光耦合器

将发光二极管和光敏二极管组合起来可构成光耦合器,如图1-10所示。将输入的电信号施加到发光二极管的两端,使其发出的光照射到光敏二极管上,这样在器件的输出端产生与输入信号变化规律相同的电信号,从而实现了信号的光电耦合,将电信号从输入端传送到输出端。由于两个二极管之间是电隔离的,因此光耦合器是通过光传输信号的电隔离器件,常在数字、模拟式计算机控制系统中作接口电路。

五、变容二极管

构成变容二极管的PN结具有电容效应,当其反向偏置时反向电阻很大,近似开路。变容二极管可构成较理想的电容器件,且其容量随两端反向电压的增加而减小。变容二极管的电路符号及电容电压特性曲线如图1-11所示。变容二极管广泛用于高频电子电路中,例如用于谐振回路的电调谐、调频信号的产生等。

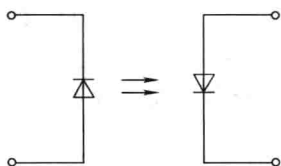


图 1-10 二极管光耦合器

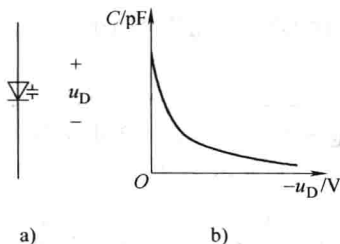


图 1-11 变容二极管

a) 图形符号 b) 电容电压特性曲线

任务2 二极管箝位电路和限幅电路的实验装接与测试



学习目标

知识目标:

掌握二极管箝位电路和限幅电路的工作原理。

技能目标:

1. 掌握示波器的使用方法。
2. 掌握二极管箝位电路和限幅电路的实验装接及测试方法。

素质目标:

养成学生动手操作的习惯,培养学生相互学习及团队协作的精神。



工作任务

由于二极管的单向导电性,其应用非常广泛。利用二极管可以组成各种应用电路,其中最简单的就是二极管箝位电路和限幅电路。本任务一是学习二极管箝位电路和限幅电路的相关知识,二是介绍二极管箝位电路和限幅电路的实验方法,将理论知识与实际电路相结合,提高学生识读电子电路的能力及实验能力,并熟悉示波器的使用方法。

相关理论

一、二极管箝位电路

当多个二极管的正极接在一起（又称为共阳极接法）或负极接在一起（又称为共阴极接法）时，正向压降较大的二极管优先导通。图 1-12 所示电路中， VD_1 、 VD_2 为共阴极接法。为了分析问题的方便，假设二极管为理想二极管（正向导通时管压降为 $0V$ ，反向截止时电流为 $0A$ ），由于二极管 VD_1 的正向压降大于 VD_2 的正向压降，所以 VD_1 优先导通，A 点的电位 $U_A = U_{V1} + U_F = U_F = 3V$ 。 VD_2 两端的电压 $U_{V2} = U_B - U_F = -3V$ ， VD_2 截止。F 点的电位就被箝制在 A 点电位 $3V$ 上，即箝位。

二极管的箝位电路应用很广泛，如整流电路、限幅电路和门电路。

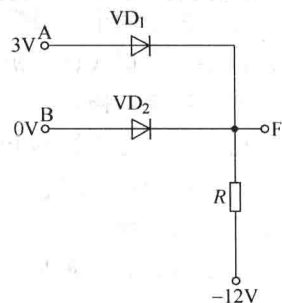


图 1-12 箝位电路

- 想一想**
1. 图 1-12 中如果二极管的方向相反，F 点的电位发生变化吗？如果发生变化，其大小为多少？
 2. 当 A、B 两点的电位相等时，F 点的电位为多少？

二、二极管双向限幅电路

限幅电路是指限制输出信号幅值的电路。当输入信号幅值变化较大时，为了使信号幅值能够限制在一定范围内，可将输入信号接入限幅电路。

二极管双向限幅电路如图 1-13 所示。假设二极管为理想二极管，当输入信号大于 $3V$ 时，二极管 VD_1 导通，输出信号为 $3V$ 。当输入信号小于 $-3V$ 时，二极管 VD_2 导通，输出信号为 $-3V$ 。这样，输出信号被限制在 $-3 \sim 3V$ ，实现了双向限幅的作用。

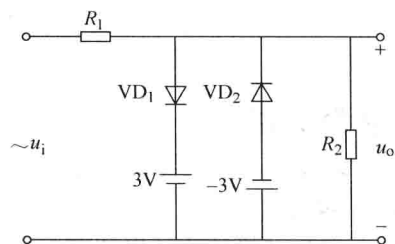


图 1-13 双向限幅电路

三、示波器的使用方法

示波器是电子技术中常用的测量仪器，用于观察被测信号的波形及测量被测信号的电压、周期和相位。下面以图 1-14 所示的 YB43020B 型示波器为例，介绍示波器的使用方法。

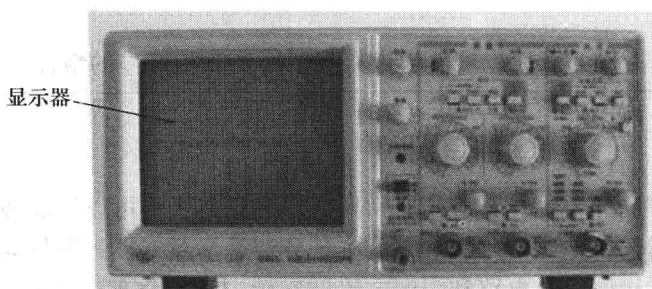


图 1-14 YB43020B 型示波器