

电子与电气控制专业



职业教育职业培训 **改革创新教材**

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

电子技术 与技能训练

◎ 叶 谦 吴荣祥 主 编
◎ 卢文升 刘 南 郭志元 副主编
◎ 廖 勇 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育职业培训改革创新教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

电子与电气控制专业

电子技术与技能训练

叶 谦 吴荣祥 主 编

卢文升 刘 南 郭志元 副主编

廖 勇 主 审

電

Publishing

Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据高等职业院校、技师学院“电子与电气控制专业”的教学计划和教学大纲,以“国家职业标准”为依据,按照“以工作过程为导向”的课程改革要求,以典型任务为载体,从职业分析入手,切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想,把理论教学与技能训练很好地结合起来,并按技能层次分模块逐步加深电子技术相关内容的学习和技能操作训练。本书编入了较多新技术、新设备、新工艺的内容,还介绍了许多典型的应用案例,便于读者借鉴,以缩短学校教育与企业需求之间的差距,更好地满足企业用人需求。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校电子与电气相关专业的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术与技能训练 / 叶谦, 吴荣祥主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.3

职业教育职业培训改革创新教材 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材. 电子与电气控制专业

ISBN 978-7-121-17857-3

I. ①电… II. ①叶… ②吴… III. ①电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185251 号

策划编辑: 关雅莉 杨 波

责任编辑: 郝黎明 文字编辑: 裴 杰

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 12.25 字数: 313.6 千字

印 次: 2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

职业教育职业培训改革创新教材
全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材
电子与电气控制专业 教材编写委员会

主任 委员：史术高 湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）

副主任委员：（排名不分先后）

尹南宁	衡阳技师学院
罗亚平	衡阳技师学院
屈美凤	衡阳技师学院
许泓泉	衡阳技师学院
唐波微	衡阳技师学院
谭 勇	衡阳技师学院
彭庆丽	衡阳技师学院
王镇宇	湘潭技师学院
黄 钧	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
刘紫阳	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
谢红亮	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
郑生明	湖南潇湘技师学院
冯友民	湖南潇湘技师学院
何跃明	郴州技师学院
刘一兵	邵阳职业技术学院
赵维城	冷水江市高级技工学校
吴春燕	冷水江市高级技工学校
李荣华	冷水江市高级技工学校
叶 谦	湖南轻工高级技工学校
凌 云	湖南工业大学
王荣欣	河北科技大学
李乃夫	广东省轻工业技师学院（广东省轻工业高级技工学校）
黄晓华	广东省南方技师学院
廖 勇	广东省南方技师学院
王 湘	永州市纺织厂
吴荣祥	肥城市职业教育中心校

委 员：（排名不分先后）

刘 南	湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）
李辉耀	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
陈锡文	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
马果红	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
王 炜	湖南工贸技师学院

罗少华	湘潭技师学院
苏石龙	湘潭技师学院
田海军	湘潭技师学院
陈铁军	湘潭技师学院
何钻明	郴州技师学院
黄先帜	郴州技师学院
刘志辉	郴州技师学院
刘建华	湖南轻工高级技工学校
伍爱平	湖南轻工高级技工学校
易新春	湖南轻工高级技工学校
蔡蔚蓝	湖南轻工高级技工学校
严 均	湖南轻工高级技工学校
石 冰	湖南轻工高级技工学校
徐金贵	冷水江市高级技工学校
刘矫健	邵阳市商业技工学校
王向东	邵阳市高级技工学校
刘石岩	邵阳市高级技工学校
何利民	湖南省煤业集团资兴矿区安全生产管理局
唐湘生	锡矿山闪星锑业有限责任公司
唐祥龙	湖南山立水电设备制造有限公司
石志勇	广东省技师学院
梁永昌	茂名市第二高级技工学校
刘坤林	茂名市第二高级技工学校
卢文升	揭阳捷和职业技术学校
李 明	湛江机电学校
刘竹明	湛江机电学校
魏林安	临洮县玉井职业中专
郭志元	古浪县黄羊川职业技术中学
王为民	广东省技师学院
徐湘和	湖南郴州技师学院
耿立迎	肥城市高级技工学校

秘 书 处：刘南、杨波、刘学清

出版说明

人才资源是国家发展、民族振兴最重要的战略资源，是国家经济社会发展的第一资源，是促进生产力发展和体现综合国力的第一要素。加强人力资源开发工作和人才队伍建设是加快我国现代化建设进程中事关全局的大事，始终是一个基础性的、全面性的、决定性的战略问题。坚持人才优先发展，加快建设人才强国对于全面实现小康社会目标、建设富强民主文明和谐的社会主义现代化国家具有决定性意义。党和国家历来高度重视人力资源开发工作，改革开放以来，尤其是进入新世纪新阶段，党中央和国务院做出了实施人才强国战略的重大决策，提出了一系列加强人力资源开发的政策措施，培养造就了各个领域的大批人才。但当前我国人才发展的总体水平同世界先进国家相比仍存在较大差距，与我国经济社会发展需要还有许多不适应。为此，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》提出：“坚持服务发展、人才优先、以用为本、创新机制、高端引领、整体开发的指导方针，培养和造就规模宏大、结构优化、布局合理、素质优良的人才队伍，确立国家人才竞争比较优势，进入世界人才强国行列，为在本世纪中叶基本实现社会主义现代化奠定人才基础。”

职业教育培训是人力资源开发的主要途径之一，加强职业教育培训，创新人才培养模式，加快人才队伍建设是人力资源开发的重要内容，是落实人才强国战略的具体体现，是实现国家中长期人才发展规划纲要目标的根本保证。

职业资格鉴定是全面贯彻落实科学发展观，大力实施人才强国战略的重要举措，有利于促进劳动力市场建设和发展，关系到广大劳动者的切身利益，对于企业发展和社会经济进步以及全面提高劳动者素质和职工队伍的创新能力具有重要作用。职业资格鉴定也是当前我国经济社会发展，特别是就业、再就业工作的迫切要求。

国家题库的建立，对于保证职业资格鉴定工作的质量起着重要作用，是加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优秀的技术技能型、复合技能型和知识技能型的高技能人才，为各行各业造就出千万能工巧匠的重要具体措施。但目前相当一部分职业资格鉴定题库的内容已经过时，湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）组织鉴定站所、院校和企业专家开发了新的题库，并经过人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心审核，获准可以按照新的题库开展相应工种的职业资格鉴定工作。

职业教育培训教材是职业教育培训的重要资源，是体现职业教育培训特色的知识载体和

教学的基本工具，是培养和造就高技能人才的基本保证。为满足广大劳动者职业培训鉴定需要，给广大参加职业资格鉴定的人员提供帮助，我们组织参加这次国家题库开发的专家，以及长期从事职业资格鉴定工作的人员编写了这套“国家职业资格技能培训与鉴定教材”。本套丛书是与国家职业标准、国家职业资格鉴定题库相配套的。在本套丛书的编写过程中，贯彻了“围绕考点，服务考试”的原则，把编写重点放在以下几个主要方面。

第一，内容上涵盖国家职业标准对该工种的知识和技能方面的要求，确保达到相应等级技能人才的培养目标。

第二，突出考前辅导的特色，以职业资格鉴定试题作为本套丛书的编写重点，内容上紧紧围绕鉴定考核的内容，充分体现系统性和实用性。

第三，坚持“新内容”为编写的侧重点，无论是内容还是形式上都力求有所创新，使本套丛书更贴近职业资格鉴定，更好地服务于职业资格鉴定。

这是推动培训与鉴定紧密结合的大胆尝试，是促进广大劳动者深入学习、提高职业能力和综合素质、促进人才队伍建设的一项重要基础性工作，很有意义，是一件大好事。

组织开发高质量的职业培训鉴定教材，加强职业培训鉴定教材建设，为技能人才培养提供技术和智力支持，对于提高技能人才培养质量，推动职业教育培训科学发展非常重要。我们要适应新形势新任务的要求，针对职业培训鉴定工作的实际需要，统一规划，总结经验，加以完善，努力把职业培训鉴定教材建设工作做得更好，为提高劳动者素质、促进就业和经济社会发展做出积极贡献。

电子工业出版社 职业教育分社

2013年2月

前 言

本书根据高等职业院校、技师学院“电子与电气控制专业”的教学计划和教学大纲，以“国家职业标准”为依据，按照“以工作过程为导向”的课程改革要求，以典型任务为载体，从职业分析入手，切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想，把理论教学与技能训练很好地结合起来，并按技能层次分模块逐步介绍电子技术相关内容的学习和技能操作训练。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容，还介绍了许多典型的应用案例，便于读者借鉴，以缩短学校教育与企业需求之间的差距，更好地满足企业用人需求。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校电子与电气相关专业的教材，也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

本书的编写符合职业学校学生的认知和技能学习规律，形式新颖，职教特色明显；在保证知识体系完备，脉络清晰，论述精准深刻的同时，尤其注重培养读者的实际动手能力和企业岗位技能的应用能力，并结合大量的工程案例和项目来使读者更进一步灵活掌握及应用相关的技能。

● 本书内容

全书共分为6个模块、19个任务，还包括4个实训项目、6个子任务，内容由浅入深，全面覆盖了电子技术的知识和相关的技能训练，主要包括模拟电子基础知识与基本电路、模拟电子应用电路、ATX开关电源的认识与拆装、足球小音箱电路的设计与制作、ZX2039型多功能防盗报警器的设计与制作、采用CXA1191M/AM/FM收音机的安装与调试、数字电路基础、数字电子应用电路、数字电路实训等内容。

● 配套教学资源

本书提供了配套的立体化教学资源，包括专业建设方案、教学指南、电子教案等必需的文件，读者可以通过华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载使用或与电子工业出版社联系（E-mail: yangbo@phei.com.cn）。

● 本书主编

本书由湖南轻工高级技工学校叶谦，肥城市职业教育中心校吴荣祥主编，揭阳捷和职业技术学校卢文升、湖南省人事劳动厅鉴定中心刘南、古浪县黄羊川职业技术中学郭志元副主编，广东省南方技师学院廖勇主审，湖南轻工高级技工学校刘建华、伍爱平、易新春、蔡蔚

蓝、严均、石冰等参与编写。由于时间仓促，作者水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

● 特别鸣谢

特别鸣谢湖南省人力资源和社会保障厅职业技能鉴定中心、湖南省职业技术培训研究室对本书编写工作的大力支持，并同时鸣谢湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）史术高对本书进行了认真的审校及建议。

主 编

2012 年 8 月

目 录

模块一 模拟电子基础知识与基本电路（中技）	1
任务 1 半导体二极管	1
子任务 1 半导体二极管的识别与测试	1
子任务 2 半导体二极管的应用	6
任务 2 半导体三极管	12
子任务 1 半导体三极管的识别与测试	12
子任务 2 半导体三极管的三种基本放大电路	18
任务 3 多级放大器	27
任务 4 反馈电路	32
模块二 模拟电子应用电路	41
任务 1 调谐放大器	41
任务 2 振荡电路	48
任务 3 集成运算放大电路	54
任务 4 直流稳压电路	60
任务 5 可控硅电路	68
模块三 实训（技师）	74
实训项目 1 ATX 开关电源的认识与拆装	74
实训项目 2 足球小音箱电路的设计与制作	82
实训项目 3 ZX2039 型多功能防盗报警器的设计与制作	88
实训项目 4 采用 CXA1191M/AM/FM 收音机的安装与调试	95
模块四 数字电路基础	106
任务 1 数字电路基础知识	106
任务 2 逻辑门电路	113
任务 3 组合逻辑电路	118
任务 4 集成触发器	126
任务 5 时序逻辑电路	136
模块五 数字电子应用电路	139
任务 1 多谐振荡器及应用——模拟“知了”声电路的制作	139
任务 2 555 集成电路及应用	144

子任务1 555 单稳态触发器电路及应用——延时定时器的制作	145
子任务2 555 施密特触发器电路及应用——波形整形电路的制作	151
模块六 数字电路实训（技师）	156
任务1 数字钟的设计与制作	156
任务2 智力竞赛抢答器的设计与安装	165
任务3 数字万用表的装接	177

模块一 模拟电子基础知识与基本电路 (中技)

任务1 半导体二极管

子任务1 半导体二极管的识别与测试



任务描述

图 1-1-1 所示为二极管，现要求对其进行以下测试。

1. 二极管好坏的判断。
2. 二极管极性的判断。

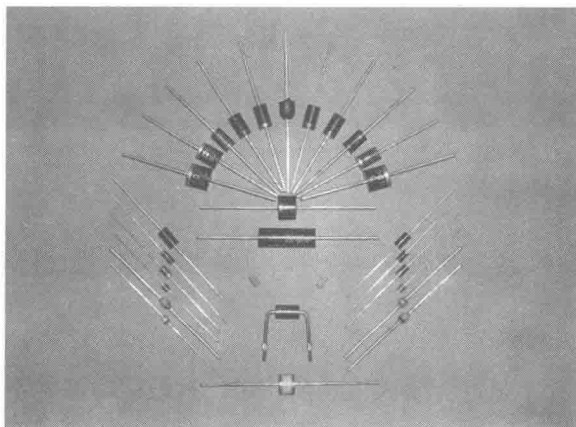


图 1-1-1 二极管外形图



学习目标

1. 了解二极管的结构。

2. 理解二极管的单向导电特性和主要参数。



任务分析

1. 二极管的结构

半导体二极管是由一个 PN 结（管芯）加上电极引线和管壳构成的。从 P 型区引出的电极称为正极；与 N 型区相连的电极为负极，其结构示意图和电路符号如图 1-1-2 所示。

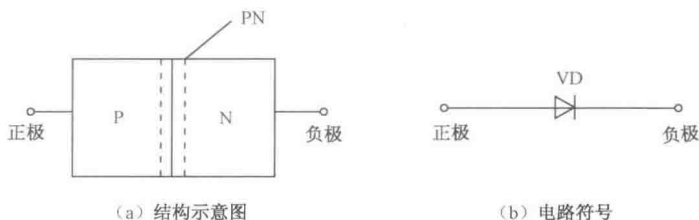


图 1-1-2 二极管的结构示意图与电路符号

二极管按结构不同分为点接触型和面接触型两类。

2. 二极管好坏的判断

用万用表测量二极管的正反向电阻，判断二极管的好坏。

3. 判断二极管的极性

要求能从标记符号判断二极管的极性，并掌握用万用表和晶体管图示仪测试二极管的步骤及方法。



完成任务/操作步骤

任务准备

一、二极管的伏安特性曲线

二极管的主要特性就是 PN 结的单向导电特性，可以用伏安特性曲线来描述，如图 1-1-3 所示。

1. 正向特性

当外加正向电压较小时，不足以克服内电场的作用，扩散运动基本不能进行，因此正向电流趋于零，则该区称为死区。

当正向电压增加到一定数值 U_{on} 时，开始出现正向电流，此时的电压称为开启电压 U_{on} （或称死区电压）。常温下，硅二极管的 $U_{on}=0.5\sim 0.7V$ ；锗二极管的 $U_{on}=0.1\sim 0.3V$ 。

当外加正向电压大于 U_{on} 时，正向电流成指数规律上升，近似线性上升，因此，该区称为“线性工作区”。

注意：二极管正向导通时应工作在该区。

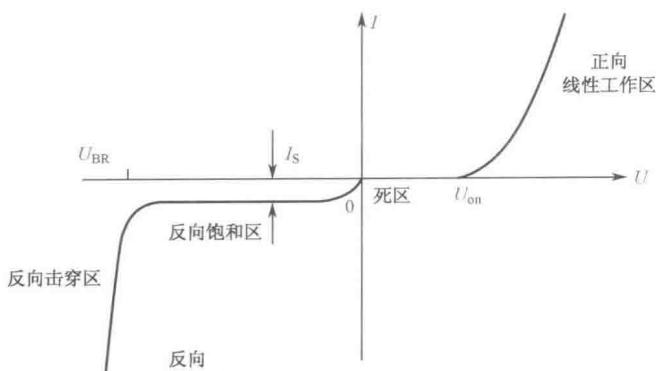


图 1-1-3 二极管的伏安特性

2. 反向特性

在反向电压作用下，没有多子做扩散运动，只有少子做漂移运动，形成很小的漂移电流，称为反向饱和电流 I_S 。

当温度一定时， I_S 表现饱和性质，因此，该区称为反向饱和区，管子基本显截止状态。硅管的 I_S 约在纳安（nA）量级；锗管约在微安（ μA ）量级。

当反向电压增加到一定数值时，反向电流 I_S 剧增，二极管反向击穿，曲线出现长尾现象，则该区称为反向击穿区，所对应的反向电压 U_{BR} 称为击穿电压。

二、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连续工作时，允许通过二极管的最大正向工作电流的平均值。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压是指二极管允许承受的反向工作电压的峰值。

3. 反向饱和电流 I_S

反向饱和电流是指管子没有击穿时的反向电流值。其值越小，说明二极管的单向导电性越好。

完成任务

三、二极管的测试

普通二极管的品种很多，例如，整流二极管、检波二极管、开关二极管等，这些管子又有锗管和硅管之分，但它们都是由一个 PN 结组成的，所以其测试方法基本上都是一样的。

1. 二极管好坏的判断

用万用表测量二极管的正反向电阻，把两支表笔分别接二极管的两个电极。

① 若测得的反向电阻很大（几百千欧以上），正向电阻很小（几千欧以下），表明二极管性能良好。

② 若测得的反向电阻和正向电阻都很小，表明二极管短路。

③ 测得的反向电阻和正向电阻都很大, 表明二极管断路, 已损坏。

2. 二极管极性的判断

(1) 从标记符号判断二极管的极性

观察外壳上的标记符号。通常在二极管印有色环(多为黑色或白色)的一端为负极(阴极), 另一端则为正极(阳极)。

(2) 使用万用表测试普通二极管

将万用表置于 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡(对于面接触型的大电流整流管可用 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10$ 挡), 把两支表笔分别接二极管的两个电极, 测出二极管的电阻值, 然后对换两支表笔再测量一次二极管的电阻值。若先后两次所测得的阻值差异较大, 则说明被测二极管是好的(差异越大, 管子的性能越好); 阻值小的为二极管的正向电阻, 其阻值一般在 $10k\Omega$ 以下, 锗管一般在 $100 \sim 1k\Omega$, 硅管在 1 千欧至几千欧。阻值大的为二极管的反向电阻, 其阻值应在几百千欧以上, 甚至接近无穷大。

在测试中, 阻值小的那一次, 黑色表笔接的电极就是二极管的正极(阳极), 红色表笔接的则是二极管的负极(阴极)。

3. 使用晶体管图示仪测试普通二极管

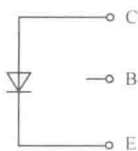


图 1-1-4 晶体管特性图示仪插孔示意图

晶体管特性图示仪是一种可直接在示波管荧光屏上观察各种晶体管的特性曲线的专用仪器。测试时只要把图示仪的旋钮及开关调整至正确的位置, 通过仪器的标尺刻度可直接读出被测晶体管的各项参数; 它可用来测定晶体管的共集电极、共基极、共发射极的输入特性、输出特性、转换特性、 α 、 β 参数特性; 可测定各种反向饱和电流 I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 I_{EBO} 和各种击穿电压 U_{CBO} 、 U_{CEO} 、 U_{EBO} 等。晶体管特性图示仪插孔示意图如图 1-1-4 所示。



知识链接

特殊二极管

1. 稳压二极管

稳压二极管又名齐纳二极管, 简称稳压管, 是一种用特殊工艺制作的面接触型硅半导体二极管, 这种管子的杂质浓度比较大, 容易发生击穿, 其击穿时的电压基本上不随电流的变化而变化, 从而达到稳压的目的。稳压管工作于反向击穿区。

(1) 稳压管的伏安特性和符号

图 1-1-5 所示为稳压管的伏安特性和符号。

(2) 稳压管的主要参数

① 稳定电压 U_Z 。它是指当稳压管中的电流为规定值时, 稳压管在电路中其两端产生的

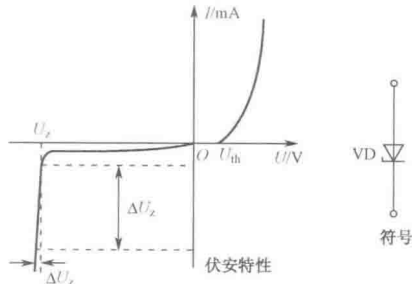


图 1-1-5 稳压管的伏安特性和符号

稳定电压值。

② 稳定电流 I_Z 。它是指稳压管工作在稳压状态时，稳压管中流过的电流，有最小稳定电流 I_{Zmin} 和最大稳定电流 I_{Zmax} 之分。

③ 耗散功率 P_M 。它是指稳压管正常工作时，管子上允许的最大耗散功率。

（3）应用稳压管应注意的问题

① 稳压管稳压时，一定要外加反向电压，以保证管子工作在反向击穿区。当外加的反向电压值大于或等于 U_Z 时，才能起到稳压作用；若外加的电压值小于 U_Z ，则稳压二极管相当于普通的二极管。

② 在稳压管稳压电路中，一定要配合限流电阻的使用，以保证稳压管中流过的电流在规定的范围之内。

2. 发光二极管

发光二极管是一种光发射器件，英文缩写是 LED。此类管子通常由镓（Ga）、砷（As）、磷（P）等元素的化合物制成，管子正向导通，当导通电流足够大时，能把电能直接转换为光能，发出光来。目前发光二极管的颜色有红、黄、橙、绿、白和蓝 6 种，所发光的颜色主要取决于制作管子的材料，例如，用砷化镓发出红光，而用磷化镓则发出绿光。其中白色发光二极管是新型产品，主要应用在手机背光灯、液晶显示器背光灯、照明等领域。

发光二极管工作时导通电压比普通二极管大，其工作电压随材料的不同而不同，一般为 1.7~2.4V。普通绿、黄、红、橙色发光二极管工作电压约为 2V；白色发光二极管的工作电压通常高于 2.4V；蓝色发光二极管的工作电压一般高于 3.3V。发光二极管的工作电流一般在 2~25mA。

发光二极管应用非常广泛，常用做各种电子设备（如仪器仪表、计算机、电视机等）的电源指示灯和信号指示灯，还可以做成七段数码显示器等。发光二极管的另一个重要用途是将电信号转为光信号。普通发光二极管的外形和符号如图 1-1-6 所示。



图 1-1-6 普通发光二极管的外形和符号

3. 光电二极管

光电二极管又称光敏二极管，它是一种光接收器件，其 PN 结工作在反向偏置状态，可以将光能转换为电能，实现光电转换。图 1-1-7 所示为光电二极管的基本电路和符号。

4. 变容二极管

图 1-1-8 所示为变容二极管的符号。此种管子是利用 PN 结的电容效应进行工作的，它工作在反向偏置状态，当外加的反偏电压变化时，其电容量也随着改变。

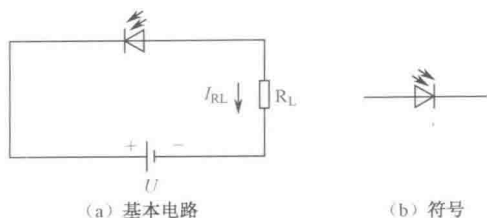


图 1-1-7 光电二极管的基本电路和符号

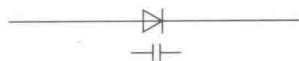


图 1-1-8 变容二极管的符号

5. 激光二极管

激光二极管是在发光二极管的 PN 结间安置一层具有光活性的半导体, 构成一个光谱谐振腔。工作时接正向电压, 可发射出激光。

激光二极管的应用非常广泛, 在计算机的光盘驱动器、激光打印机中的打印头、激光唱机、激光影碟机中都有激光二极管。



思考与训练

1. 用万用表测试二极管 2AP7, 判断其好坏。
2. 用万用表测试二极管 2DZ54C, 判断其极性。

子任务 2 导体二极管的应用



任务描述

要求制作如图 1-1-9 所示的直流稳压电源, 并简单分析电路的工作原理。

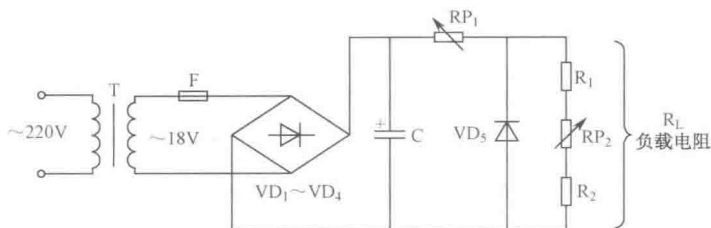


图 1-1-9 直流稳压电源原理图



学习目标

1. 掌握单相半波整流电路的组成、工作原理。
2. 掌握单相桥式整流电路的组成、工作原理。



任务分析

1. 直流稳压电源工作原理如图 1-1-9 所示, 经过变压器 T 降压后的交流电经桥式全波整