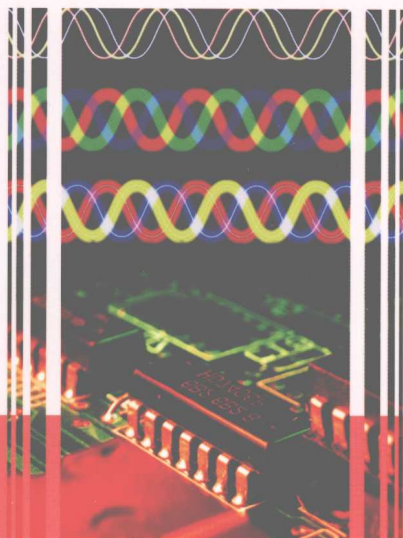




辽宁职工职业技能培训系列教材

电子技术



主 编 黄 华

DIANZIJIISHU

D Z J S

辽宁大学出版社

辽宁职工职业技能培训系列教材

电子技术

主编 黄 华

主审 全 安

辽宁大学出版社

©黄华 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术/黄华主编. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2006. 12
(辽宁职工职业技能培训系列教材)

ISBN 7-5610-4967-6

I. 电... II. 黄... III. 电子技术—技术培训—教材
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143727 号

责任编辑: 刘东杰
封面设计: 薄庆民

版式设计: 东 兴
责任校对: 中 君

辽 宁 大 学 出 版 社

地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036

联系电话: 024-86864613 网址: <http://press.lnu.edu.cn>

电子邮件: LnuPress@vip.163.com

新民市印刷厂印刷

辽宁大学出版社发行

幅面尺寸: 140mm×203mm

印张: 8.625

字数: 190 千字

2006 年 12 月第 1 版

2006 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1~4000 册

定价: 18.00 元

本书编委会

主 任：于克谦

副主任：张 征 徐大庆

成 员：郑德春 杜沈生 宫模强

姜 旭 陈欲晓 顾振华

李世维 赵建国

支撑“辽宁制造” 承载振兴大业（代序）

中共辽宁省委常委、省总工会主席 王俊莲

全面推动辽宁经济振兴和社会进步，从根本上说取决于劳动者素质的提高和大批高素质人才的培养。建设创新型辽宁关键是组织起创新型人才队伍。

随着我国改革开放的发展和社会主义市场经济体制的不断完善，社会经济成分、劳动关系、就业方式、分配形式日益多样化，市场竞争日趋激烈，高素质劳动力的争夺已经成为企业竞争的焦点，发展中的各种所有制企业，迫切需要建设高素质的技能型人才队伍。同时，广大职工群众渴求知识、渴望提高自身素质，以真才实学投身社会，参与竞争、谋求发展，学习科学文化知识，实现自己人生价值，创造美好生活的愿望日益强烈，学文化、学技术的热情越来越高涨。在这样的形势下，组织广大职工开展职业技能培训已经为企业所需、职工所求，成为企业发展、职工增收的共同点。因此，动员社会方方面面的力量，积极为职工群众学习新知识、掌握新技能创造条件、搭建平台，既是使企业在市场竞争中赢得主动权的需要，也是适应广大职工日益增长的精神文化需求，维护职工学习权、发展权的具体体现，必将极大地推进工人阶级知识化进程。

2006年是“十一五”规划的开局之年，也是振兴辽宁老工业基地的关键一年。辽宁省委提出，今后5年，要确保我省经济增长速度和效益增幅持续达到或超过东部地区平均水平；确保县域经济增长速度和效益增幅持续超过全省平均水平；确保城镇居

民人均可支配收入达到全国平均水平，农民人均纯收入达到沿海省份平均水平。经过5年乃至更长一段时间的不懈努力，相信能够基本实现振兴辽宁老工业基地的目标。实现这一目标，在很大程度上要依靠我省工业化程度的进一步提高和新型工业化的进一步发展，依靠全省广大职工的奋发努力。因此，把全省广大职工，特别是把广大农民工培养成为高技能人才和新型的产业大军已成为实现辽宁老工业基地振兴的紧迫任务。近年来，我省职工队伍建设取得了很大的成效，整体素质有了很大的提高。但从总体上看，职工的文化素质和技术技能的现状与老工业基地振兴发展的要求还很不适应，职工技术更新的速度不快，高级技术工人严重短缺，职工技术技能结构不尽合理，科技和管理创新能力较弱的问题还十分突出。随着产业结构的调整，新型工业化进度加快，大批进城务工人员成为我国工人阶级队伍中的新成员，技能人才队伍建设面临着严峻挑战。因此，通过在全省开展职业技能培训活动，尽快提高广大职工的技术技能，加快培养一大批企业急需的数量充足、结构合理、素质优良的现代技术技能型、知识技能型、复合技能型人才队伍，已成为振兴辽宁老工业基地的当务之急。

学习型企业是最具竞争力的企业，知识型职工是最具竞争力的职工。这次由省总工会、省劳动保障厅和省电大联合开展的职工职业技能培训活动，就是与我省“十一五”同步，计划用5年的时间完成10万名以上中高级技工的培训任务，旨在为广大职工立足本职岗位、建功立业、创新成才搭建广阔的平台，全力打造“辽宁技工”的品牌，推出一批知识型、技能型的示范领军人物，造就一支具有娴熟精湛的岗位技术能力、高超的技术创新能力、睿智的发明创造能力、过硬的自主创新能力的高技能人才大军，支撑“辽宁制造”，承载振兴大业。这是一项立足当前、着眼未来的战略性工作，是有利于企业自身发展和职工自身全面发

展的现实选择，是实现“十一五”规划、推进辽宁老工业基地振兴的重要举措。

开展技能培训，打造技工队伍，这是一项事关我省发展全局的系统工程，需要全社会的共同参与和长期努力。省“创争”活动指导协调小组要切实加强对这项工作的领导与指导，以高度的责任感，为提高职工队伍素质提供切实有力的保证。要认真贯彻“尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造”的方针，把开展职工职业技能培训活动作为深入开展“创争”活动的重要载体，把提高职工技能与加快地方和企业发展有机结合起来，形成全方位、分层次、多渠道的培训工作新格局，提高活动的实际效果。各有关部门要加强协作，明确各自的职责，精心组织，周密部署，科学动作，扎实推进，不断形成推进工作的合力。要一级抓一级，一级促一级，形成上下联动、齐抓共管的工作机制。要建立推动和促进学习的保障体系，包括职工教育和培训经费的提取使用，各类人才培养、使用、选拔、待遇机制，以及促进职工学习的约束和激励机制等。各级工会要切实承担起参与、配合、督促、协调的职能，认真做好组织发动工作，让更多的职工投身到技能培训活动中来，推进培训目标的实现。劳动与社会保障部门要检查、督促企业行政按规定落实职工教育培训经费，规划和指导建立职工实习基地，认真做好职业技能的考核鉴定工作，不断扩大鉴定的覆盖面。电大系统要积极提供教育资源和高品质的教学服务，为职工接受继续教育创造条件。在课程设置上，要努力做到贴近辽宁实际，贴近企业实际，贴近职工需求。各企业单位要从以人为本、树立科学发展观的高度为职工接受教育创造条件，把加强技能人才队伍建设作为提升企业核心竞争力的基础性工作组织并鼓励职工积极参加职业技能培训活动，最大限度地创造条件满足职工的学习要求；要保证每年有计划、有步骤地组织职工参加培训，并建立职工培训、考核、使用和待遇相结合的有

效机制；要按照有关规定提取职工培训教育经费，并合理安排好职工的培训时间。广大职工要主动适应社会主义市场经济深入发展和科技进步日新月异的新形势，牢固树立终身学习的理念，自觉坚持学习、不断加强学习，坚持用丰富的文化科学知识充实自己，抓住这次培训的机会，努力掌握各种新知识、新技能，不断增强劳动本领和竞争能力，争当学习型、知识型、技能型、专家型职工，在平凡的岗位上做出不平凡的贡献。

全面提高职工队伍素质，特别是尽快提高广大职工的技术技能和科技创新能力，已成为当前一项十分紧迫的任务。让我们共同努力，发挥各自优势，最大限度地为职工搭建学习的平台，创建实习的基地，学用结合，扎实推进职工职业技能培训活动的广泛开展，为实现“十一五”规划和老工业基地振兴提供坚实的人才保证和智力支持，充分发挥工人阶级的主力军作用。

2006年10月

前 言

本书从职工职业技能培训的角度,以全新的理念介绍了现代电子技术的基础知识,以基础知识为引导,突出介绍了电子技术的新发展、新器件、新技术、新工艺,特别注重了在实践性方面的应用,贴近岗位技能需要。其内容以基本概念和原理为主,加强电路分析。为方便教学与自学,在每章起首有知识点,章末有本章小节和复习与思考题。全书共分七章,主要包括半导体器件及应用、晶体管放大电路、多级放大电路、放大电路中的反馈、场效应管及其放大电路、功率放大电路及集成功率放大器、晶闸管及其应用、集成运算放大器及其应用、正弦波振荡电路、数字电路基础、基本数字器件、常用电子测量仪器等。本书是具有职工培训特色的教材,也可作为电工类工人岗位培训教材,也可作为电子类、维修电工类工人的岗位培训教材。

在本书在编写过程中,得到了各级领导和同志们的关心和支持,尤其是本校陈立奇老师、吕明珠老师、施立群老师和赵亮老师的支持和帮助,在这里表示感谢。

由于编者的水平有限,不足和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年9月

目 录

第一章 半导体器件及其应用	1
第一节 半导体二极管	1
第二节 晶体管	28
复习与思考题	32
第二章 晶体管放大电路和振荡电路	34
第一节 单管放大电路	34
第二节 放大电路的图解法	40
第三节 放大电路的微变等效电路法	45
第四节 静态工作点稳定的放大电路	50
第五节 射极输出器	54
第六节 场效应管及其放大电路	56
第七节 多级放大电路	62
第八节 放大电路中的反馈	66
第九节 正弦波振荡电路	69
第十节 功率放大电路	79
复习与思考题	87
第三章 晶闸管及其应用	89
第一节 晶闸管	89
第二节 可控整流电路	93
第三节 晶闸管的触发电路	104
第四节 晶闸管的保护	108
第五节 交流调压电路	110

复习与思考题	114
第四章 集成运算放大器及其应用	115
第一节 差动放大电路	115
第二节 集成运算放大器	122
第三节 线性集成运算放大电路	126
第四节 集成运放的非线性应用	135
第五节 集成运放应用中的一些问题	139
复习与思考题	142
第五章 数字电路基础	144
第一节 数字电路的特点	144
第二节 逻辑门电路	151
第三节 数字集成电路及其使用常识	159
第四节 触发器	172
第五节 集成 555 定时器	185
复习与思考题	192
第六章 基本数字部件	194
第一节 数的表示方法	194
第二节 计数器	199
第三节 寄存器	213
第四节 数字译码和显示电路	218
第五节 计数、译码、显示电路	228
复习与思考题	234
第七章 常用电子测量仪器	236
第一节 信号发生器	236
第二节 晶体管毫伏表	241
第三节 通用示波器	244
复习与思考题	263

第一章 半导体器件及其应用

知识点：半导体的基本知识、PN 结的形成及导电特性、半导体二极管、特殊二极管及应用；晶体三极管的结构和符号、电流关系、伏安特性和参数、直流稳压电源应用。

第一节 半导体二极管

一、半导体基础知识

自然界中的物质，按其导电能力可分为导体、半导体和绝缘体，半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。

(一) 本征半导体

不含杂质的半导体称为本征半导体，常见的纯净的 Si 和 Ge 都是本征半导体。它们都是四价元素。

1. 本征半导体中的两种载流子

在室温下，本征半导体中少数价电子因受热而获得能量，摆脱原子核的束缚，从共价键中挣脱出来，成为自由电子。与此同时，失去价电子的硅或锗原子在该共价键上留下了一个空位，这个空位称为空穴。电子与空穴是成对出现的，所以称为电子—空穴对。在室温下，本征半导体内产生的电子—空穴对数目很少。当本征半导体处在外界电场中，其内部自由电子逆外电场方向作定向运动，形成电子流；空穴顺外电场方向作定向运动，形成漂移空穴流。自由电子带负电荷，空穴带正电荷，它们都对形成电流做出贡献，因此称自由电子为电子载流子，称空穴为空穴载流

子。本征半导体在外电场的作用下其电流为电子流与空穴流之和。

2. 本征半导体的热敏特性和光敏特性

实验发现，本征半导体受热或光照后其导电能力大大增强。

当温度升高或光照增强时，本征半导体内的原子运动加剧，有较多的电子获得能量成为自由电子，即电子—空穴对增多，所以本征半导体中电子—空穴对的数目与温度或光照有密切的关系。温度越高或光照越强，本征半导体内的载流子数目越多，导电性能越强，这就是本征半导体的热敏特性和光敏特性。利用这种特性就可以做成各种热敏器件和光敏器件，这些器件在自动控制系统中有广泛的应用。

3. 本征半导体的掺杂特性

实验发现，在本征半导体中掺入微量的其他元素，会使其导电能力大大加强。例如，在硅本征半导体中掺入百万分之一的其他元素，它的导电能力就会增加一百万倍。这就是半导体的掺杂特性。掺入杂质后的本征半导体称为杂质半导体。杂质半导体有P型半导体和N型半导体两大类。

1) P型半导体

如果在本征半导体中掺入三价元素，如硼（B）、镓（In）等，在半导体内产生大量空穴，这种半导体叫做P型半导体。

在P型半导体中，空穴是多数载流子，简称“多子”，电子是少数载流子，简称“少子”，但整个P型半导体是呈现电中性。P型半导体在外界电场的作用下，空穴电流远大于少子电流。P型半导体是以空穴导电为主的半导体，所以称为空穴半导体。

2) N型半导体

如果在本征半导体中掺入微量五价元素，如磷（P）、砷（As）等，在半导体中会产生许多自由电子，这种半导体叫做N

型半导体。

在 N 型半导体中, 电子载流子远大于空穴数, 所以电子是 N 型半导体中的多子, 空穴是 N 型半导体中的少子, 但整个 N 型半导体是呈现电中性。N 型半导体在外界电场的作用下, 电子电流远大于空穴电流。N 型半导体是以电子导电为主的半导体, 所以它又称为电子型半导体。

半导体中多子的浓度取决于掺入杂质的多少, 少子的浓度与温度有密切的关系。

(二) PN 结

单纯的一块 P 型半导体或 N 型半导体, 只能作为一个电阻元件。但是如果把 P 型半导体和 N 型半导体通过一定制作工艺结合起来, 就形成了 PN 结。PN 结是构成半导体二极管、半导体三极管、晶闸管、集成电路等众多半导体器件的基础。

1. PN 结的形成

在一块完整的本征硅(或锗)片上, 用不同的掺杂工艺使其一边形成 N 型半导体, 另一边形成 P 型半导体, 这两种杂质半导体的交界面附近就会形成一个具有特殊性质的薄层, 这个特殊的薄层就是 PN 结。由于 P 区与 N 区之间存在着载流子浓度的显著差异: P 区空穴多、电子少; N 区电子多, 空穴少, 于是在 P 区与 N 区的交界面处发生载流子扩散运动。所谓扩散运动, 就是因浓度差异而引起载流子从浓度高的区域向浓度低的区域运动。扩散结果: 交界面附近 P 区因空穴减少而呈现负电, N 区因电子减少而呈现正电。这样, 在交界面上出现了正、负离子构成的空间电荷区, 这就是 PN 结。如图 1-1 所示。

2. PN 结的导电性

实验发现, PN 结在外加电压作用下, 形成了电流。外加电压极性不同, 流达 PN 结的电流大小有很大差别。

1) PN 结正向偏置

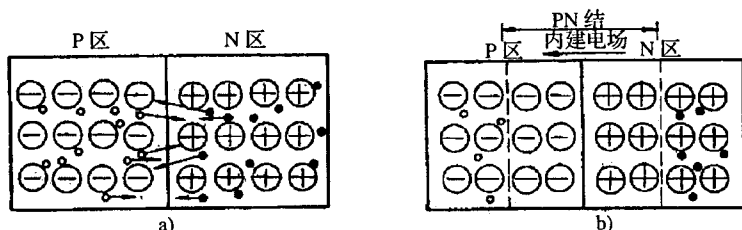


图 1-1 PN 结的形成

a) 浓度差引起扩散 b) 动态平衡后形成空间电荷区

如图 1-2a 所示，P 区接电源正极，N 区接电源负极，这种接法叫正向偏置，形成电流叫正向电流，而且外加正向偏置电压稍微增加，则正向电流迅速上升，PN 结呈现电阻很小，表现为导通状态。

2) PN 结反向偏置

如图 1-2b 所示，P 区接电源负极，N 区接电源正极，这种接法叫反向偏置，形成的电流叫反向电流。当温度一定时，反向电流几乎不随外加反向偏置电压的变化而变化，所以又称反向饱和电流。反向饱和电流受温度影响很大。但由于反向电流的值很小，与正向偏置电流相比，一般可以忽略，所以 PN 结反向偏置时，处于截止状态，呈现电阻很大。

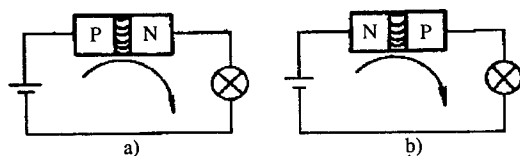


图 1-2 PN 结的单向导电性

a) P 端接电源正端灯亮光 b) P 端接电源负端灯不亮

PN 结正偏时导通，反偏时截止，具有单向导电性。

二、半导体二极管

(一) 二极管的结构和符号

在 PN 结的两端引出金属电极，外加玻璃、金属或用塑料封装，就做成了半导体二极管。由于用途不同，二极管的外形各异。几种常见的二极管外形如图 1-3。

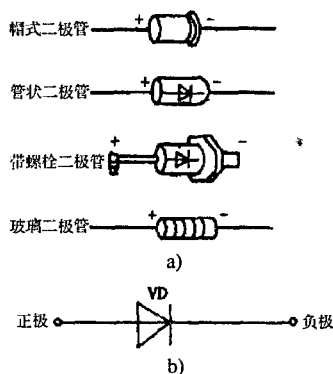


图 1-3 常见二极管的外形及符号

a) 外形 b) 符号

二极管按 PN 结形成的制造工艺方式可分为点接触型、面接触型和平面接触型几种。点接触型二极管的接触面积小，不能通过很大的正向电流和承受较高的反向电压，但它的频率性能好，适宜于高频检波电路和功率较小电路中使用；面接触型二极管 PN 结的接触面大，可以通过较大电流，能承受较高的反向电压，适用于整流电路；平面型二极管适宜用作大功率开关管，在数字电路中有广泛的应用。图 1-4 是二极管的类型结构图。

二极管有两个电极，由 P 区引出的电极是正极，由 N 区引出的电极是负极。三角箭头方向表示正向电流方向，正向电流只能从二极管的正极流入，负极流出。二极管的文字符号在国际标

准中用 VD 表示。

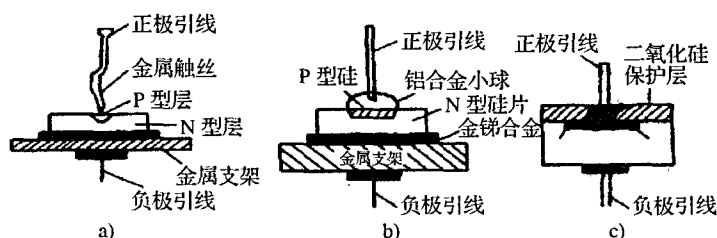


图 1-4 二极管的类型结构图

a) 点接触型 b) 面接触型 c) 平面型

(二) 二极管的伏安特性

二极管的主要特点是单向导电性。可以通过实验来认识二极管两端的电压和流过二极管的电流关系。由实验所得到的一组数据，见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 二极管的实验数据 (加正向电压)

电压/mV	000	100	500	550	600	650	700	750	800
电流/mA	000	000	000	010	060	085	100	180	300

表 1-2 二极管的实验数据 (加反向电压)

电压/V	000	-10	-20	-60	-90	-115	-120	-125	-135
电流/ μ A	000	10	10	10	10	25	40	150	300

将实验数据在坐标纸上标出，并连成线，就是二极管的伏安特性曲线。

二极管的伏安特性就是流过二极管的电流 I 与加在二极管两端电压 U 之间的关系曲线。图 1-5 所示为硅和锗二极管的伏安特性曲线。

二极管的伏安特性曲线可分成几部分讨论：

1. 正向特性

OA 段：当外加正向电压较小时，正向电流非常小，近似为零。在这个区域内二极管实际上还没有导通，二极管呈现的电阻