



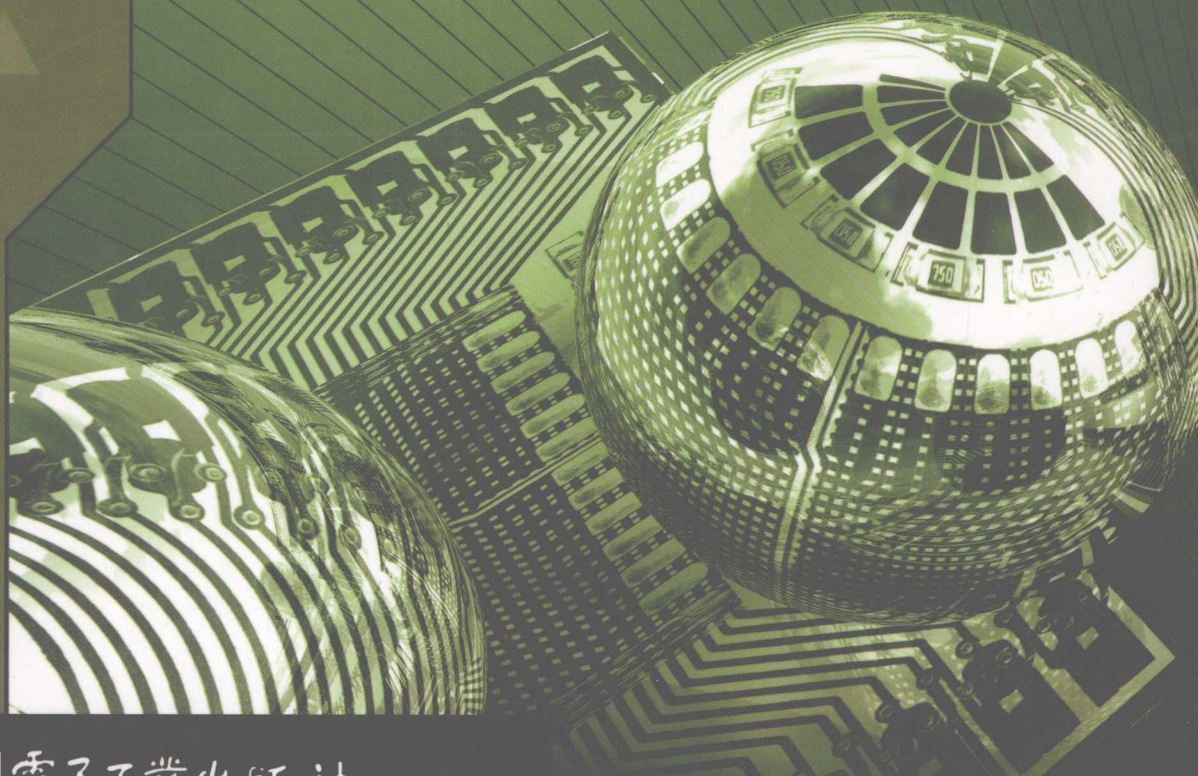
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 应用电子技术专业

电子线路 学习指导与实训

· 林春方 主 编

· 彭俊珍 张存礼 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

电子线路学习指导与实训

林春方 主 编

彭俊珍 副主编
张存礼

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

模拟电子线路课程概念多,分析方法多,器件和电路类型较复杂,学习起来难度较大。本书配合教学内容,从学生“学”的角度出发,在理论和实践两个方面提供了全面的辅导。内容包括低频电子线路和高频电子线路,理论方面包括“重点、难点解析”和“典型例题解析”两大部分,实践方面包括电子线路综合实训部分及实训基础知识,综合实训的选题难易兼顾,电路新颖、实用,综合应用能力强,旨在培养学生的实际动手能力和综合应用能力。

本书可作为高职高专院校电子信息技术、应用电子技术、通信技术及相近专业学生的辅导教材或教师的参考书,也可供相关专业工程技术人员参考。

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

电子线路学习指导与实训/林春方主编. —北京:电子工业出版社,2004.7

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

ISBN 7-121-00089-X

I. 电… II. 林… III. 电子电路—高等学校:技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第066261号

责任编辑:陈晓明 特约编辑:王宝祥

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:365千字

印 次:2004年7月第1次印刷

印 数:5000册 定价:17.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。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。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

前言

当今世界已进入信息时代,以计算机技术、现代控制技术、电子和通信技术为代表的高新技术正在迅速渗透到各个领域,而作为这些新技术基石的《低频电子线路》和《高频电子线路》的教育越来越受到关注和重视,本书将作者多年教学积累和搜集的资料进行整理汇编,以满足这些领域求学者的需要。

本书根据“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”中的《低频电子线路》和《高频电子线路》课程要求,从学生“学”的角度出发,在理论和实践两个方面提供了全面的辅导。全书共分为三篇。上篇为低频电子线路部分,主要内容包括:半导体二极管,晶体管及其放大电路,放大电路中的反馈,低频功率放大电路,多级放大电路与集成运算放大器,直流电源。中篇为高频电子线路部分,主要内容包括:高频小信号放大器,高频功率放大器,正弦波振荡器,调幅、检波与混频,调角与解调,锁相环路以及数字信号的调制与解调。各章均包括“重点、难点解析”、“典型例题解析”两大部分,全面系统地总结了各章的内容及各章的重点和难点。在例题的选材上注重题型的多样性、内容的典型性和工程实用性,通过对例题进行的深入细致的分析和解答,力求帮助学生抓住重点,突破难点。下篇为电子线路综合实训部分,综合实训的选题难易兼顾,电路新颖、实用,综合应用性强,旨在培养学生的实际动手能力和综合应用能力。附录中还附有利用易学的 EWB 仿真软件对电子线路中的主要单元进行的实验仿真,以及体现了实践教学手段的先进性及其发展方向的多媒体课件。

本书由安徽电子信息职业技术学院林春方老师任主编,负责全书的统稿工作,并编写了第 7 章至第 10 章以及综合实训部分,湖北职业技术学院彭俊珍老师编写了第 5、6 章以及第 11 章至第 13 章,山东济宁职业技术学院张存礼老师编写了第 1 章至第 4 章,刘利斌老师编写了附录 A 部分,彭俊珍、张存礼老师任副主编。此外,张永生、姚卿佐、曹光跃、陈尚武、董守愚、李倩、徐明利等老师为本书的编写提出了许多宝贵的意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中错误之处恳请广大读者批评指正。

编者

2004 年 5 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

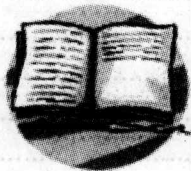
上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院



Contents

上篇 低频电子线路

第1章 半导体二极管	(1)
1.1 重点、难点解析	(1)
1.1.1 半导体与二极管	(1)
1.1.2 二极管的分类与应用	(2)
1.2 典型例题解析	(4)
练习题	(6)
第2章 晶体管及其放大电路	(7)
2.1 重点、难点解析	(7)
2.1.1 双极型晶体管	(7)
2.1.2 放大电路基础	(10)
2.1.3 共射放大电路的组成和工作原理	(11)
2.1.4 放大电路的分析方法	(12)
2.1.5 静态工作点稳定放大电路	(15)
2.1.6 基本放大电路的三种组态	(16)
2.1.7 场效应管放大电路	(16)
2.1.8 放大电路的频率响应	(20)
2.2 典型例题解析	(23)
练习题	(29)
第3章 放大电路中的反馈	(31)
3.1 重点、难点解析	(31)
3.1.1 反馈的概念	(31)
3.1.2 反馈的分类及其判别	(31)
3.1.3 负反馈放大电路的一般分析方法	(32)
3.1.4 负反馈对放大电路性能的影响	(34)
3.1.5 负反馈放大电路的稳定性问题	(35)
3.2 典型例题解析	(36)
练习题	(37)

**第4章 低频功率放大电路** (40)

- 4.1 重点、难点解析 (40)
 - 4.1.1 功率放大电路的特点和分类 (40)
 - 4.1.2 互补对称功率放大电路 (40)
 - 4.1.3 集成功率放大器 (43)
- 4.2 典型例题解析 (43)
- 练习题 (46)

第5章 多级放大电路与集成运算放大器 (48)

- 5.1 重点、难点解析 (48)
 - 5.1.1 多级放大电路 (48)
 - 5.1.2 差动放大电路 (48)
 - 5.1.3 集成运算放大器 (51)
 - 5.1.4 理想运算放大器 (51)
 - 5.1.5 集成运算放大器的技术指标和分类 (52)
 - 5.1.6 集成运算放大器的应用 (53)
- 5.2 典型例题解析 (53)
- 练习题 (60)

第6章 直流电源 (62)

- 6.1 重点、难点解析 (62)
 - 6.1.1 直流电源的组成 (62)
 - 6.1.2 单相整流电路 (62)
 - 6.1.3 单相可控整流电路 (63)
 - 6.1.4 滤波电路 (65)
 - 6.1.5 串联型晶体管稳压电路 (66)
 - 6.1.6 集成稳压器 (66)
 - 6.1.7 开关电源 (67)
- 6.2 典型例题解析 (68)
- 练习题 (71)

中篇 高频电子线路**第7章 高频小信号放大器** (73)

- 7.1 重点、难点解析 (73)
 - 7.1.1 宽带放大器的特点、技术指标和分析方法 (73)
 - 7.1.2 扩展放大器通频带的方法 (74)
 - 7.1.3 小信号谐振放大器 (74)
 - 7.1.4 集中选频放大器 (77)
- 7.2 典型例题解析 (77)



练习题	(84)
第 8 章 高频功率放大器	(85)
8.1 重点、难点解析	(85)
8.1.1 高频功率放大器的分类与特点	(85)
8.1.2 谐振功率放大器	(85)
8.1.3 丙类倍频器	(88)
8.1.4 宽带高频功率放大器	(89)
8.2 典型例题解析	(90)
练习题	(96)
第 9 章 正弦波振荡器	(98)
9.1 重点、难点解析	(98)
9.1.1 反馈式振荡器的工作原理	(98)
9.1.2 LC 正弦波振荡器	(99)
9.1.3 石英晶体振荡器	(102)
9.1.4 RC 振荡器	(103)
9.1.5 振荡器的选择	(104)
9.2 典型例题解析	(105)
练习题	(115)
第 10 章 调幅、检波与混频	(118)
10.1 重点、难点解析	(118)
10.1.1 调幅波的基本性质	(118)
10.1.2 调幅电路	(121)
10.1.3 检波器	(122)
10.1.4 混频器	(123)
10.1.5 自动增益控制 (AGC)	(125)
10.2 典型例题解析	(126)
练习题	(135)
第 11 章 调角与解调	(137)
11.1 重点、难点解析	(137)
11.1.1 调角波的基本性质	(137)
11.1.2 调频电路	(138)
11.1.3 鉴频器	(140)
11.1.4 自动频率控制 (AFC)	(142)
11.2 典型例题解析	(143)
练习题	(146)
第 12 章 锁相环路	(148)
12.1 重点、难点解析	(148)



12.1.1 锁相环路的基本工作原理	(148)
12.1.2 锁相环路的性能分析	(148)
12.1.3 集成锁相环路及其应用	(151)
12.2 典型例题解析	(151)
练习题	(154)

第13章 数字信号的调制和解调 (155)

13.1 重点、难点解析	(155)
13.1.1 数字通信系统概述	(155)
13.1.2 基带数字信号	(156)
13.1.3 幅度键控	(158)
13.1.4 频率键控	(159)
13.1.5 相位键控	(159)
13.2 典型例题解析	(160)
练习题	(162)

下篇 电子线路综合实训

实训一 MF-47型万用表的装配与调试 (163)

一、实训目的	(163)
二、主要内容与基本要求	(163)
三、万用表的基本结构及技术指标	(163)
四、测量电路的工作原理	(167)
五、万用表的装配工艺	(171)
六、万用表的调试工艺	(174)

实训二 音响放大器的制作与调试 (176)

一、实训目的	(176)
二、主要内容与基本要求	(176)
三、音响放大器的工作原理	(176)
四、电路的安装与调试	(180)
五、音响放大器主要技术指标的测试	(181)

实训三 函数发生器的制作与调试 (183)

一、实训目的	(183)
二、主要内容与基本要求	(183)
三、函数发生器的组成与工作原理	(183)
四、电路安装与调试技术	(187)

实训四 热释电红外自动节能灯控制电路的制作与调试 (188)

一、实训目的	(188)
二、主要内容与基本要求	(188)



三、热释电红外自动节能灯控制电路的工作原理	(188)
四、元器件的选择	(190)
五、调试要点	(190)
附录 A 电子线路实训基础	(192)
A.1 综合实训基础知识	(192)
A.1.1 焊接基础	(192)
A.1.2 常用元器件识别与检测	(193)
A.1.3 EWB 仿真软件的基本操作	(198)
A.1.4 电子电路一般设计方法	(202)
A.2 综合实训实例——正弦信号发生器	(205)
附录 B 练习题参考答案	(209)
参考文献	(215)

上篇 低频电子线路

第 1 章 半导体二极管

1.1 重点、难点解析

1.1.1 半导体与二极管

自然界的各种物质按导电能力强弱不同可以分为导体、绝缘体、半导体。导体是导电能力特别强的物质，绝缘体是导电能力特别差的物质，半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。

1. 半导体的特点

- (1) 杂敏性。半导体对杂质很敏感。根据这一特性，用控制掺杂的方法，可以精确地控制半导体的导电能力，从而制造出各种不同性能、不同用途的半导体器件和集成电路。
- (2) 热敏性。半导体对温度很敏感。根据这一特性，可以制成自动控制中有用的热敏电阻。
- (3) 光敏性。半导体对光照很敏感。根据这一特性，可以制成自动控制中有用的光敏元件。

2. 半导体的分类

纯净的半导体称为本征半导体。在本征半导体中掺入杂质就成为杂质半导体。根据掺入杂质的不同，杂质半导体分为两类：

- (1) P 型半导体。它是在本征半导体中掺入三价元素，多数载流子为空穴，少数载流子为电子的杂质半导体，也称为空穴型半导体。
- (2) N 型半导体。它是在本征半导体中掺入五价元素，多数载流子为电子，少数载流子为空穴的杂质半导体，也称为电子型半导体。

电子带负电，空穴带正电，在电场的作用下同时参与导电是半导体与导体导电的本质区别。

3. 二极管及其伏安特性

(1) 二极管的结构和符号。如果在半导体的一侧为 P 型半导体，另一侧为 N 型半导体，在它们的交界面处就形成具有单向导电性的 PN 结。在 PN 结的两端引出两个电极，并在外面装上管壳，就成为半导体二极管。其结构、符号和外形如图 1.1 所示。

(2) 二极管的伏安特性。加在二极管两端的电压



图 1.1 半导体二极管的结构、符号和外形

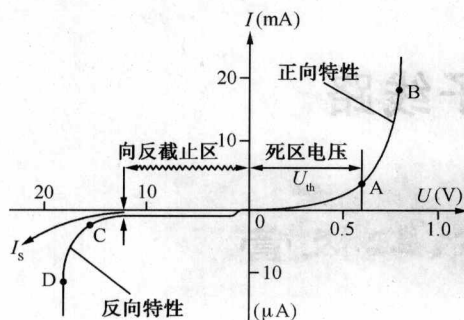


图 1.2 二极管的伏安特性

和流过二极管的电流之间的关系称二极管的伏安特性。二极管的伏安特性曲线如图 1.2 所示。

①正向特性。正向特性由两部分组成。OA 段称为正向死区，这部分电压称为门坎电压，也称死区电压。在该区段正向电压较小，正向电流极小，二极管呈现很大电阻；AB 段称为正向导通区，当正向电压大于门坎电压时，随着电压的升高电流迅速增大。电压与电流的关系基本上是一条指数曲线。

②反向特性。反向特性由两部分组成。OC 段称为反向截止区，在该区段给二极管加反向电压时，

反向电流很小，呈现的电阻很大，二极管处于反向截止状态，这时二极管的反向电流几乎不随反向电压的变化而变化，该电流称为反向饱和电流 I_s ；CD 段为反向击穿区，当反向电压增大到一定大小时，反向电流急剧增大，这种现象称为二极管的反向击穿，此时的电压称为二极管的反向击穿电压。

由特性曲线可知，二极管外加正向电压时导通，外加反向电压时截止，二极管具有单向导电性。

4. 二极管的主要参数

- (1) 最大正向电流 I_F 。 I_F 指二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流。
- (2) 最高反向工作电压 U_R 。 U_R 指正常使用时允许加在二极管两端的最大反向电压。
- (3) 反向电流 I_s 。 I_s 指二极管未击穿时的反向电流，其值越小，二极管的单向导电性越好。 I_s 值随温度增加而增加，使用时要注意。

学习要点：掌握二极管的单向导电性。

1.1.2 二极管的分类与应用

根据用途的不同，二极管可分为普通整流二极管、稳压二极管、光电二极管及发光二极管等。

1. 普通整流二极管及其应用

二极管是电子电路中常用的半导体器件。根据其单向导电性及导通时正向压降很小的特点，可应用于整流、钳位、限幅及元件保护等工作。

(1) 整流。所谓整流就是将交流电变为单向脉动的直流电。这部分内容将在第 6 章中详细介绍。

(2) 钳位。利用二极管正向导通压降很小的特性，可组成钳位电路。

(3) 限幅。利用二极管正向导通后其两端电压基本不变的特性，可以构成各种限幅电路，使输出电压限幅在某一电压值内。

(4) 元件保护。在电子线路中常用二极管来保护其他元器件，避免过高电压的损害。

2. 稳压二极管及其应用

(1) 稳压管的特性及其主要参数。



①稳压管的特性。稳压管也是一种二极管，它与普通二极管有两点不同。一是普通二极管工作在正向偏置，而稳压管工作在反向偏置；二是普通二极管反向击穿特性曲线较软，而稳压管反向击穿特性曲线较硬，且普通二极管反向击穿后不能恢复，而稳压管正常工作时就处于反向击穿状态。稳压管的特性曲线和符号如图 1.3 所示。

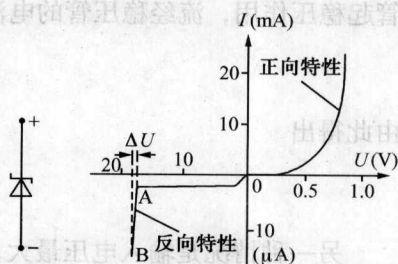


图 1.3 稳压管的符号和伏安特性

②稳压管的主要参数。

A. 稳定电压 U_Z 。 U_Z 是稳压管反向击穿后稳定工作的电压值，因型号不同而异。

B. 最大稳定电流 I_{Zmax} 。 I_{Zmax} 是指稳压管长期工作所允许通过的最大工作电流。

C. 最小稳定电流 I_{Zmin} 。 I_{Zmin} 是指稳压管进入正常稳压状态所必需的起始电流。实际电流如果小于此值，稳压管因未进入击穿状态而不能起到稳压作用。

D. 动态电阻 r_Z 。 r_Z 是指稳压管两端电压变化量与相应的电流变化量之比 ($r_Z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$)，显然 r_Z 越小，稳压管的稳压性能越好。

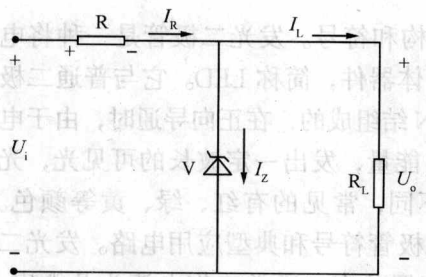


图 1.4

(2) 稳压管的应用。稳压管在直流稳压电源中获得广泛应用。

①稳压管稳压电路的工作原理。稳压管稳压电路如图 1.4 所示。它由负载 R_L 、稳压管 V 及调压电阻 R 组成， U_i 来自整流滤波电路的输出电压。

当输入电压 U_i 不变时，若 R_L 减小，则输出电流 I_L 增大，因 $I_R = I_Z + I_L$ ，故使 I_R 增大，而 I_R 增大使 U_R 增大，从而使 U_o 有减小趋势 ($U_o = U_i - U_R$)。由稳压管特性曲线知，当 U_Z ($U_Z = U_o$) 减小时 I_Z 很快减小， I_Z 减小又使 I_R 以及 U_R 均减小，结果使 U_o 有增大的趋势，补偿了 U_o 的减小。使输出电压 U_o 基本稳定。其稳压过程如下：

$$R_L \downarrow \rightarrow I_L \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_o \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow U_R \downarrow \rightarrow U_o \uparrow (= U_i - U_R \downarrow)$$

当负载不变时，若输入电压 U_i 增大，输出电压 U_o 则有增大趋势。由稳压管特性曲线知， U_o 的增大使 I_Z 增大，而 I_Z 增大又使 I_R 增大，进而使 U_R 增大，结果 $U_o = U_i - U_R$ 减小，补偿了 U_o 的增大，使输出电压 U_o 基本稳定。其稳压过程如下：

$$U_i \uparrow \rightarrow U_o \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_o \downarrow (= U_i - U_R \uparrow)$$

上述两过程反之亦然。

②限流电阻 R 的计算。 R 的主要作用就是当电网电压波动和负载电流变化时，使稳压管始终工作在它的稳压工作区内。因此， R 的确定应从两种最不利的情况考虑。

一种情况是在输入电压最低、而输出电流最大，这时流经稳压管的电流最小。要使稳压



管起稳压作用, 流经稳压管的电流必须大于稳压管稳压范围内的最小工作电流 I_{Zmin} , 即

$$\frac{U_{imin} - U_Z}{R} - I_{Lmax} \geq I_{Zmin}$$

由此得出

$$R \leq \frac{U_{imin} - U_Z}{I_{Lmax} + I_{Lmin}} = R_{max}$$

另一种情况是输入电压最大, 而负载电流最小, 这时流经稳压管的电流最大。要使稳压管起稳压作用而不被损坏, 流经稳压管的电流必须小于稳压管稳压范围内的最大允许电流 I_{Zmax} , 即

$$\frac{U_{imax} - U_Z}{R} - I_{Lmin} \leq I_{Zmax}$$

由此得出

$$R \geq \frac{U_{imax} - U_Z}{I_{Zmin} + I_{Zmax}} = R_{min}$$

由上述两式可得 R 的取值范围是: $R_{min} \leq R \leq R_{max}$

(3) 发光二极管及其应用。

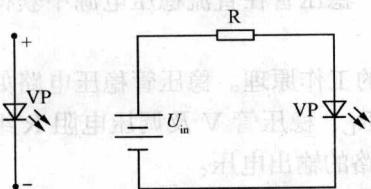


图 1.5 发光二极管符号和典型应用电路

①发光二极管的结构和符号。发光二极管是一种将电能直接转换成光能的固体器件, 简称 LED。它与普通二极管相似, 也是由一个 PN 结组成的, 在正向导通时, 由于电子和空穴的复合而放出能量, 发出一定波长的可见光, 光的波长不同, 颜色也不同, 常见的有红、绿、黄等颜色。

如图 1.5 所示是发光二极管符号和典型应用电路。发光二极管只能工作在正向偏置状态, 通常工作电流为几微安, 电流太大会烧坏二极管, 所以电路中必须串接限流电阻, 它的正向管压降为 1.2~2.2 V。

②发光二极管的应用。

- 作为电源通断指示电路, 通常称为指示灯, 在实际应用中给人提供很大方便。
- 作为数码管使用。如最常用的七段数码显示器大多由发光二极管经过一定的排列组成。

学习要点: 掌握普通二极管及其应用; 掌握稳压二极管及其应用。

1.2 典型例题解析

例 1.1 在如图 1.6 所示的电路中, u_i 是波形不整齐的输入电压, 设 V 为理想二极管; 画出输出电压的波形。

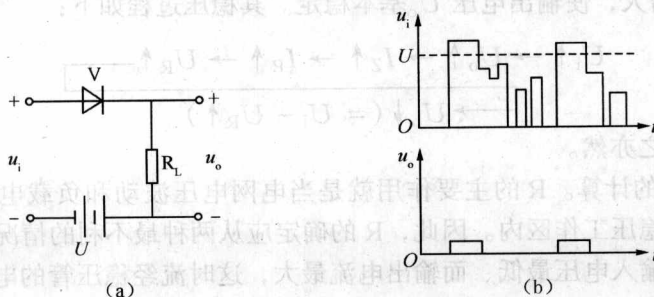


图 1.6

解 由于 $u_o = u_i - U$, 当 $u_i < U$ 时, R_L 两端电压为 0, 只有在 $u_i > U$ 时, 只能输出 u_i 大于 U 的那部分电压。在二极管 V 的作用下对 u_i 进行了检幅, 属于检波电路。输出波形如图 1.6 (b) 所示。

例 1.2 在如图 1.7 所示的电路中, 设 $u_i = 10\sin\omega t$ V, $U_{s1} = U_{s2} = 5$ V; 画出输出电压的波形。

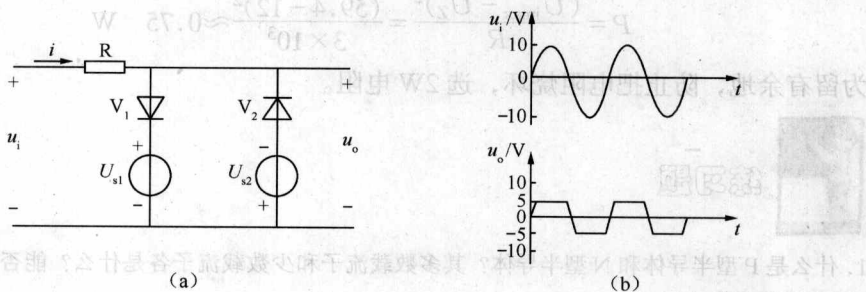


图 1.7

解 如图 1.7 (a) 所示的是一正负限幅电路。当 $-U_{s2} < u_i < U_{s1}$ 期间, V_1, V_2 都处于反向偏置而截止, 因此, $i = 0, u_o = u_i$ 。当 $u_i > U_{s1}$ 时, V_1 处于正向偏置而导通, 使输出电压保持在 U_{s1} 。当 $u_i < -U_{s2}$ 时, V_2 处于正向偏置而导通, 输出电压保持在 $-U_{s2}$ 。由于输出电压 u_o 被限制在 $+U_{s1}$ 与 $-U_{s2}$ 之间, 即 $|u_o| \leq 5$ V, 好像将输入信号的高峰和低峰削掉一样, 所以这种电路又称削波电路。输出波形如图 1.6 (b) 所示。

例 1.3 如图 1.8 所示, 设二极管正向压降为 0.7 V, $E_2 = 5$ V, 当 E_1 分别为 2 V, 5 V, 10 V 时, 求 A 点的电压 U_A 各等于多少? 如果 E_1 的电压继续增加, A 点电压的最大值 $U_{Amax} = ?$

解 根据二极管的特性, 当 A 点电压 U_A 大于 $E_2 + 0.7$ V $= 5.7$ V 时, 二极管起限幅作用, $U_A = 5.7$ V; 当 A 点电压 U_A 小于 5.7 V 时, U_A 均决定于 E_1 :

$$U_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_1 = \frac{6}{4 + 6} E_1 = 0.6 E_1$$

当 E_1 等于 2 V 时, $U_A = 0.6 \times 2 = 1.2$ V;

当 E_1 等于 5 V 时, $U_A = 0.6 \times 5 = 3$ V;

当 E_1 等于 10 V 时, 如不计二极管支路的作用 $U_A = 0.6 \times 10 = 6$ V > 5.7 V, 所以, 二极管起限幅作用, $U_A = 5.7$ V。

如果 E_1 的电压继续增加, A 点电压的最大值 $U_{Amax} = 5.7$ V。

例 1.4 在如图 1.4 所示中, 已知 $U_i = 54(1 \pm 10\%)$ V, $R_L = 2$ k $\Omega \sim \infty$, 稳压管参数为 $U_Z = 12$ V, $I_{Zmax} = 18$ mA, $I_{Zmin} = 5$ mA, 试选择 R 值。

解 $U_{imin} = 54 \times 0.9 = 48.6$ V, $U_{imax} = 54 \times 1.1 = 59.4$ V

$$I_{omin} = 0 \text{ mA}, I_{omax} = U_Z / R_L = 12 / 2 = 6 \text{ mA}$$

$$\frac{U_{imin} - U_Z}{I_{omax} + I_{Zmin}} \geq R \geq \frac{U_{imax} - U_Z}{I_{omin} + I_{Zmax}}$$

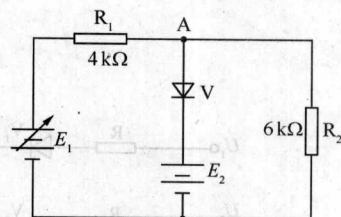


图 1.8