



第2版

 高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子技术基础

第2版

主编 彭利标
主审 罗挺前

高等教育出版社

内 容 提 要

本书参照教育部颁布的中等职业学校电子技术基础教学大纲,以及有关的职业资格标准或行业职业技能鉴定标准,在保留2001年出版的中等职业教育国家规划教材《电子技术基础》(彭利标主编)编写风格的基础上,根据近几年中等职业教育生源的变化情况,贯彻落实“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学指导思想,修订而成。

主要内容包括:晶体二极管及应用、晶体三极管及放大电路、场效晶体管放大器、负反馈放大电路、集成运算放大器及应用、功率放大器、信号产生电路、稳压电路、晶闸管及其应用电路、数字电路基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、数字信息采集与处理、大规模数字集成电路简介以及电子技术实践。每章均有适量“考考你”(思考题与习题)、“学了就用”等小模块,便于教学与自学。书后附有学生实验、仿真及实训,以供选用。

本书附有学习卡,登录高等教育出版社“<http://sve.hep.com.cn>”4A网络教学平台,可获得网上教学资源。

本书采用模块式编写结构,内容安排由浅入深,通俗易懂,突出应用。本书可作为中等职业学校电子技术应用、电子电器及电工类专业电子技术基础课程教材,也可作为岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/彭利标主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-018720-5

I. 电... II. 彭... III. 电子技术-专业学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第008939号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	特约编辑	李嘉珊	封面设计	李卫青
责任绘图	尹莉	版式设计	胡志萍	责任校对	金辉	责任印制	朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 520 000

版 次 2001年7月第1版
2006年6月第2版
印 次 2006年6月第1次印刷
定 价 24.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18720-00

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写。从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为学校选用教材提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

前 言

本教材是根据全国职教工作会议精神以及教育部颁发的中等职业学校电子技术基础教学大纲的指导思想,贯彻以就业为导向,贴近岗位、贴近学生等要求修订而成的。

电子技术基础是工科电工、电子类各专业的工程技术基础课,教学目标是使学生获得必要的基本知识和解决实际问题的能力,能排除电子技术应用中一些简单而常见的故障,通过技能训练培养劳动者的综合实践能力。

本书分三部分:模拟电子技术、数字电子技术和电子技术实践。在模拟电子技术中,介绍了半导体元器件,同时介绍了有关电路,如放大电路、负反馈电路、运算电路、电源电路及振荡电路等,列举了一些实际应用例子。在数字电子技术中,介绍了门电路、触发器、计数器、寄存器、译码器以及存储器等器件,同时介绍了有关电路和实际应用实例。电子技术实践包括模拟电路及数字电路实验(分别有基本实验及选做实验)和电子技术实训,介绍了电子装配和焊接技术应注意的问题和操作方法,同时介绍了几个实训方案,如基本焊接技术训练、超外差收音机的装配与调试、电话机的装配及其有关电路介绍。

本教材保持了原有风格,力求简单明了,内容清晰,实用性强,做到理论联系实际,突出“浅、宽、新、用”四字方针。在原稿的基础上,每章用“本章学点什么呢?”提出问题,将学生的注意力引入教材,章末用“掌握得怎么样?考考您!”来检验知识点的掌握程度。本稿删除了较为复杂、要求较高的习题。部分章节增加了“学了就用”,使理论与实际的结合更紧密,提高学生的学习兴趣。为了结合国家的职业鉴定,增补了职业鉴定的理论模拟试卷及参考答案,供师生参考。

参加本书编写和修订工作的有天津理工大学中环信息学院的彭利标、赵辉,天津电子信息职业技术学院的王萍、张澄,南京无线电工业学校的王钧铭,中国科学技术大学的彭鹏,广东珠海第三职业学校的张立群,广东顺德梁球锯职业学校的石河成,由彭利标担任主编,并进行全书的统稿工作。本书由罗挺前主审,在编写过程中还得到了天津电子信息职业技术学院季世伦的具体指导,他们提出了许多宝贵意见和建议。另外,还得到了天津电子信息职业技术学院和天津理工大学的几位领导和有关人士的大力支持。在此一并表示感谢。

由于编者学识所限,书中难免存在不足之处,敬请有关专家和读者批评指正。

编 者

2006年1月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010)58581897/58581896/58581879

传 真:(010)82086060

E - mail:dd@hep.com.cn

通信地址:北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编:100011

购书请拨打电话:(010)58581118

特别提醒:凭随书所附学习卡,可登录高等教育出版社在线学习网站 <http://sve.hep.com.cn> 或 <http://sve.hep.edu.cn> 学习。本卡为高教版中职教材正版书的专用标识,提供增值教学服务,广大读者可凭此卡上的卡号和密码登录网站获得增值服务,并以此辨别图书真伪。

学习卡使用说明:

本学习卡随高等教育出版社出版的各类中职教材赠送。凭此卡上的卡号和密码登录“<http://sve.hep.com.cn>”或“<http://sve.hep.edu.cn>”,可获得累计 20 小时中职课程的多项增值服务。网站本着服务广大读者的宗旨,提供多项增值服务。中职教师通过收集 20 个有效学习卡的账号和密码,登录网站注册获得会员账号,可获得 100 小时教师网上资源,包括电子教案、教学设计建议、教学素材及新技术信息等。

学习卡账号自登录之日起一年内有效,过期作废。截止使用时间见学习卡背面。会员账号自注册之日起一年内有效。

此卡可作为高等教育出版社正版图书的甄别标识。为保护您的合法权益不受到侵害,如使用本学习卡有任何问题,请联系:

电子信箱:4A_admin_zz@hep.edu.cn

目 录

◎第一篇 模拟电子技术

第1章 晶体二极管及应用	2	输出电阻	30
1.1 晶体二极管	2	2.5 图解法分析放大器	32
1.1.1 二极管的结构和电路符号	2	2.5.1 负载线及静态工作点	32
1.1.2 二极管的伏安特性曲线	3	2.5.2 静态工作点对输出波形的影响	32
1.1.3 二极管在电路中的基本分析方法	5	2.5.3 最大输出电压幅值 V_{omax}	33
1.1.4 二极管的主要参数	6	2.6 稳定工作点的电路	33
1.1.5 二极管的种类	6	2.6.1 温度对固定偏置电路工作点的影响	34
1.1.6 二极管的检测	7	2.6.2 分压式电流负反馈偏置电路	34
1.2 二极管的典型应用电路	8	2.7 其他类型的放大器及特点	35
1.2.1 半波整流电路	9	2.7.1 共集电极放大电路	35
1.2.2 桥式整流电路	10	2.7.2 共基极放大电路	37
1.2.3 滤波电路	12	2.8 多级放大器	37
1.3 特种二极管及应用简介	13	2.8.1 常见的几种多级放大器	37
1.3.1 稳压二极管	13	2.8.2 多级放大器分析	39
1.3.2 发光二极管	14	掌握得怎么样? 考考您!	40
1.3.3 光电二极管	16	*第3章 场效晶体管放大器	42
1.3.4 变容二极管	16	3.1 结型场效晶体管	42
掌握得怎么样? 考考您!	17	3.1.1 类型和电路符号	42
学了就用——光控节能灯电路	18	3.1.2 伏安特性曲线	43
第2章 晶体三极管及放大电路	20	3.1.3 主要参数	44
2.1 放大器的基本概念	20	3.1.4 结型场效晶体管放大电路的组成	44
2.2 晶体三极管的基本知识	22	3.2 绝缘栅场效晶体管	44
2.2.1 三极管的特性曲线	23	3.2.1 结构、类型和电路符号	44
2.2.2 三极管的主要参数	26	3.2.2 特性曲线	46
2.2.3 三极管的种类	26	3.2.3 主要参数	47
2.3 基本放大电路	27	3.2.4 场效晶体管使用时注意事项	47
2.3.1 基本放大电路的组成和元器件的作用	27	3.3 场效晶体管放大器	48
2.3.2 放大电路的工作过程	28	掌握得怎么样? 考考您!	49
2.4 等效电路法分析放大器	29	第4章 负反馈放大电路	51
2.4.1 交流通路	30	4.1 负反馈的基本概念	51
2.4.2 三极管的输入电阻	30	4.1.1 放大电路中的负反馈	51
2.4.3 放大电路的电压增益、输入和			

II 目 录

4.1.2 反馈环方框图及反馈基本关系式	51
4.2 负反馈放大器的类型	53
4.2.1 电压反馈和电流反馈	54
4.2.2 串联反馈和并联反馈	54
4.2.3 负反馈放大电路分析	55
4.3 负反馈对放大电路性能的影响	57
4.3.1 负反馈对放大倍数和放大倍数稳定性的影响	58
4.3.2 减小输出波形的非线性失真	58
4.3.3 展宽放大电路的通频带	59
4.3.4 负反馈对输入电阻的影响	59
4.3.5 负反馈对输出电阻的影响	59
掌握得怎么样? 考考您!	60
第5章 集成运算放大器及应用	63
5.1 差分放大器	63
5.1.1 零点漂移现象	63
5.1.2 差分放大电路	64
5.2 集成运算放大器简介	65
5.2.1 集成运放的电路组成及符号	66
5.2.2 集成运放的主要参数	67
5.2.3 理想集成运放	68
5.2.4 集成运放的外特性	68
5.3 集成运算放大器的应用电路	69
5.3.1 运算电路	69
5.3.2 交流放大器	72
5.3.3 信号转换电路	72
5.3.4 电压比较器	73
5.4 集成运放的使用常识	75
5.4.1 集成运放的保护措施	75
5.4.2 集成运放常见故障分析	75
掌握得怎么样? 考考您!	76
第6章 功率放大器	78
6.1 概述	78
6.2 互补对称式功率放大器	79
6.2.1 单管甲类功率放大器	79
6.2.2 乙类功率放大器	80
6.3 集成功率放大器	85
6.3.1 集成运放功率驱动电路	85
6.3.2 4100 系列功率放大器	85
6.3.3 5G37 集成音频功率放大器	86
6.3.4 LM386 集成音频功率放大器	87
6.4 高保真功率放大器简介	87
掌握得怎么样? 考考您!	88
学了就用——音频功率放大器	89
第7章 信号产生电路	92
7.1 振荡的概念	92
7.1.1 振荡电路的组成	92
7.1.2 正弦波振荡器的振荡条件	92
7.2 RC 振荡器的分析	93
7.2.1 RC 串并联网络的选频特性	93
7.2.2 RC 振荡器实例	94
7.3 LC 振荡器	95
7.3.1 变压器反馈式振荡器	95
7.3.2 三点式 LC 振荡器	96
7.4 石英晶体振荡器	97
7.4.1 石英晶体谐振器的电特性	98
7.4.2 石英晶体振荡器	99
7.5 负阻振荡器	100
7.5.1 负阻器件的伏安特性	100
7.5.2 负阻振荡电路	100
7.6 非正弦波信号发生器	101
7.6.1 矩形波发生器	101
7.6.2 锯齿波信号发生器	103
掌握得怎么样? 考考您!	104
学了就用——基极调幅发射机	106
第8章 稳压电路	108
8.1 稳压二极管稳压电路	108
8.2 串联型稳压电路	109
8.3 集成稳压电路	111
8.3.1 三端固定式稳压器	111
8.3.2 几种实用电路	112
8.3.3 可调式三端集成稳压器	113
8.3.4 集成稳压器主要参数	114
8.4 开关型稳压电路	114
8.4.1 开关型稳压电路原理	115
8.4.2 开关型集成稳压器	115
掌握得怎么样? 考考您!	117
第9章 晶闸管及其应用电路	118
9.1 晶闸管的结构与特性	118

9.1.1 晶闸管的结构与符号	118	9.3.2 音乐彩灯控制电路	125
9.1.2 晶闸管的主要参数	121	9.3.3 时间继电器	126
9.1.3 双向晶闸管简介	121	掌握得怎么样? 考考您!	126
9.2 单晶体管及触发电路	122	附录 A 半导体分立器件型号命名方法	128
9.2.1 单晶体管	122	附录 B 常用半导体器件参数选录	129
9.2.2 单晶体管振荡电路	123	附录 C 集成运算放大器型号组成及主 要参数	135
9.3 晶闸管典型应用电路	124		
9.3.1 可控整流电路	124		
◎第二篇 数字电子技术			
第 10 章 数字电路基础	140	11.2.3 CMOS 门电路在使用中应注意的 问题	170
10.1 概述	140	11.2.4 CMOS 门电路和 TTL 门电路的 连接	170
10.1.1 数字信号、数字电路	140	掌握得怎么样? 考考您!	171
10.1.2 常见脉冲波形及参数	140	第 12 章 组合逻辑电路	173
10.1.3 晶体管的开关特性	142	12.1 组合逻辑电路的分析	173
10.2 数制与编码	142	12.2 加法器	175
10.2.1 进位计数制	142	12.2.1 半加器	175
10.2.2 不同进制数之间的转换	145	12.2.2 全加器	175
10.2.3 BCD 码	147	12.2.3 多位加法器	176
10.3 基本逻辑关系及门电路	148	12.3 编码器	178
10.3.1 基本逻辑关系	148	12.3.1 二-十进制编码器	178
10.3.2 逻辑门电路	149	12.3.2 优先编码器	179
10.4 逻辑函数及其化简	153	12.4 译码器和数字显示电路	181
10.4.1 逻辑函数及化简的意义	153	12.4.1 二进制译码器	182
10.4.2 逻辑代数的基本公式和定理	153	12.4.2 码制变换译码器	183
10.4.3 逻辑函数的代数化简法	155	12.4.3 显示译码器	184
10.4.4 逻辑函数的卡诺图化简法	157	12.5 数据选择器和数据分配器	192
掌握得怎么样? 考考您!	161	12.5.1 数据选择器	192
第 11 章 集成逻辑门电路	164	12.5.2 数据分配器	195
11.1 TTL 逻辑门电路	164	12.6 比较器	197
11.1.1 TTL 与非门	164	12.6.1 1 位数码比较器	197
11.1.2 TTL 与非门的电压传输特性及 主要参数	164	12.6.2 中规模集成 4 位比较器 74LS85 及 应用	198
11.1.3 TTL 与非门的输入、输出特性	166	掌握得怎么样? 考考您!	199
11.1.4 TTL 与非门在使用中应注意的 问题	167	第 13 章 触发器	202
11.1.5 其他类型的 TTL 门电路	167	13.1 RS 触发器	202
11.2 CMOS 集成门电路	169	13.1.1 基本 RS 触发器	202
11.2.1 CMOS 非门(反相器)	169	13.1.2 同步 RS 触发器	203
11.2.2 CMOS 传输门和模拟开关	169		

IV 目 录

13.2 D 触发器	204	15.4 多谐振荡器	245
13.3 JK 触发器和 T 触发器	206	15.4.1 RC 环形多谐振荡器	245
13.3.1 JK 触发器	206	15.4.2 石英晶体多谐振荡器	247
13.3.2 T 触发器	207	掌握得怎么样? 考考您!	247
13.4 集成边沿触发器	208	学了就用——红外线自动控制洗手器	248
13.4.1 正边沿 D 触发器	208	第 16 章 数字信息采集与处理	250
13.4.2 负边沿 JK 触发器	209	16.1 多路转换单元	250
13.4.3 边沿触发器的特点及工作波形	210	16.1.1 多路选择器	251
13.4.4 集成触发器的参数	211	16.1.2 多路分配器	251
13.4.5 触发器的互相转换	211	16.1.3 多路信号分时传送	251
13.4.6 应用举例	212	16.2 D/A 转换器	253
掌握得怎么样? 考考您!	213	16.2.1 T 型电阻网络 D/A 转换器	253
第 14 章 时序逻辑电路	214	16.2.2 集成 D/A 转换器	254
14.1 概述	214	16.3 A/D 转换器	256
14.1.1 同步时序逻辑电路的分析方法	215	16.3.1 A/D 转换的基本原理	256
14.1.2 分析举例	215	16.3.2 逐次逼近式 A/D 转换器	257
14.2 寄存器	217	16.3.3 A/D 转换器的主要技术特性	258
14.2.1 数码寄存器	217	16.3.4 集成 A/D 转换器 $AD574$	258
14.2.2 移位寄存器	218	掌握得怎么样? 考考您!	260
14.2.3 移位寄存器应用举例	220	第 17 章 大规模数字集成电路简介	261
14.3 计数器	221	17.1 半导体存储器	261
14.3.1 计数器的特点和分类	221	17.1.1 随机存储器 RAM	261
14.3.2 二进制计数器	222	17.1.2 只读存储器 ROM	262
14.3.3 十进制计数器	228	17.1.3 可编程只读存储器 $PROM$	263
14.3.4 中规模集成计数器	229	17.1.4 可擦可编程只读存储器	
掌握得怎么样? 考考您!	232	$EPROM$	264
学了就用——数字式石英钟表	234	17.1.5 电擦除可编程只读存储器	
第 15 章 脉冲波形的产生与变换	238	$EEPROM$	264
15.1 集成 555 定时器	238	17.2 可编程逻辑器件 PLD	264
15.1.1 集成 555 定时器的分析	238	掌握得怎么样? 考考您!	266
15.1.2 用 555 定时器构成多谐振荡器	239	附录 D 半导体集成电路型号命名	
15.2 单稳态触发器	240	方法	267
15.2.1 555 定时器构成单稳态触发器	240	附录 E 部分常用 TTL 电路的引脚	
15.2.2 集成单稳态触发器	241	排列图	268
15.2.3 单稳态触发器的应用	242	附录 F 部分常用 CMOS 电路的引脚	
15.3 施密特触发器	244	排列图	272
15.3.1 用 555 定时器构成施密特		附录 G 部分其他集成电路的引脚排	
触发器	244	列图	276
15.3.2 集成施密特触发器	244		

◎第三篇 电子技术实践

第 18 章 模拟电路实验	278	20.1.1 电子产品的组装特点及方法	308
18.1 基本实验	278	20.1.2 印制电路板的组装	308
18.2 选做实验	290	20.1.3 印制电路板装配工艺	310
第 19 章 数字电路实验	297	20.2 焊接技术	311
19.1 基本实验	297	20.2.1 焊接的基本知识	311
19.2 选做实验	303	20.2.2 手工焊接技术	312
19.3 电路的计算机仿真实验	305	20.3 电子技术实训方案	314
19.3.1 电路仿真基本操作练习	305	20.3.1 基本焊接技术的训练	314
19.3.2 绘制仿真电路进行模拟电路 实验	305	20.3.2 超外差收音机的装配与调试	314
19.3.3 数字电路的仿真测试	306	20.3.3 电话机的装配	317
第 20 章 电子技术实训	308	20.3.4 S-2000 型直流稳压/充电电源的 装配	321
20.1 电子产品的组装	308	20.4 电子产品的调试工艺	330
参考文献	331		

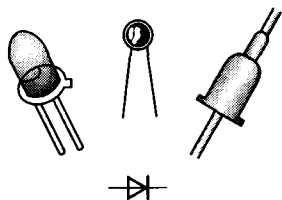
第一篇

模拟电子技术

晶体二极管及应用

本章学点什么呢？

半导体器件是近代电子学中主要组成部分。由于半导体器件体积小、重量轻、能量转换效率高,因而得到广泛应用。晶体二极管是最简单的半导体器件,但它却在电子电力设备和集成电路中起着重要作用,所以认识晶体二极管的结构,了解晶体二极管的特性及参数,掌握晶体二极管的典型应用,熟知晶体二极管种类是非常必要的。



1.1 晶体二极管

什么是晶体二极管(以下简称二极管)?它的内部由什么组成?它又有什么特殊性质和作用呢?

1.1.1 二极管的结构和电路符号

图 1-1(a)是日常生活中常用到的直流电源外形,它的作用是将交流电源转换成电压和功率合适的直流电源,例如电子琴、录音机、随身听、游戏机、扫描仪等都要用到它。如果将其拆开就会看到一些电子元器件,用电路符号表示其内部结构,如图 1-1(b)所示,其中 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 、 VD_4 都表示晶体二极管。

众所周知,自然界中的物质按其导电能力可分为导体、绝缘体和半导体,常用的半导体有硅、锗和砷化镓等,半导体是制造半导体器件的关键材料。通过对半导体的研究发现,它的导电能力随温度、光照条件和掺入杂质的不同而有明显的变化。在半导体中存在两种运载电荷的粒子,一种是带负电的“自由电子”,另一种是带正电的“空穴”,它们统称为载流子。在纯净的半导体中掺入微量杂质元素就可形成电子型、空穴型半导体。电子型半导体又称 N 型半导体,在 N 型半导体中,主要靠电子导电,电子是多数载流子,空穴是少数载流子;空穴型半导体又称 P 型半导体,在 P 型半导体中,主要靠空穴导电,空穴是多数载流子,电子是少数载流子。将 P 型半导体和 N 型半导体经特殊工艺紧密结合在一起时,在两者交界面处形成一种特殊的接触面,称 PN 结,如图 1-2(a)所示。将 PN 结用塑料、玻璃或金属外壳封装后,从 P 区、N 区分别引出电极就制成了二极管,其电路符号如图 1-2(b)所示。与符号中三角形底边(P 型半导体)相连的电极称为正极,记为“+”,另一端(N 型半导体)为负极,记为“-”。二极管的正、负极在使用时不能混用,必须严加区分。二极管在电路中的文字符号本书中用 VD 表示。

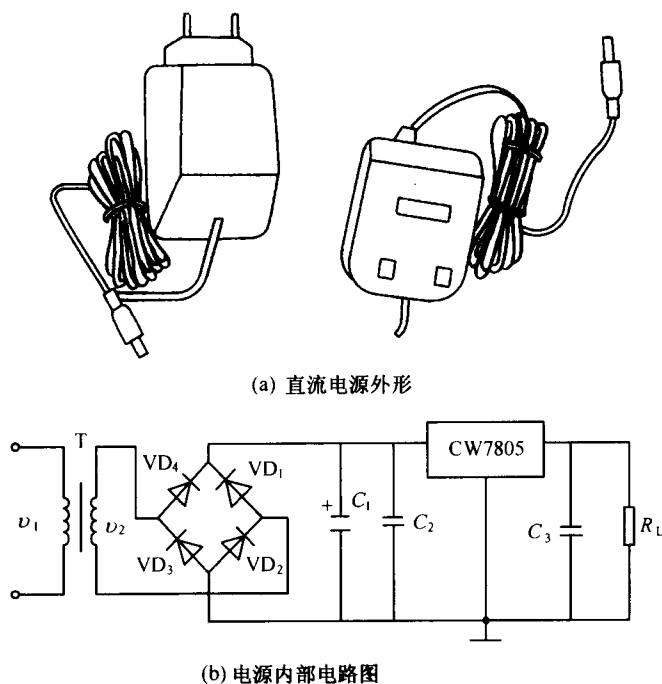


图 1-1 直流电源外形及内部电路图

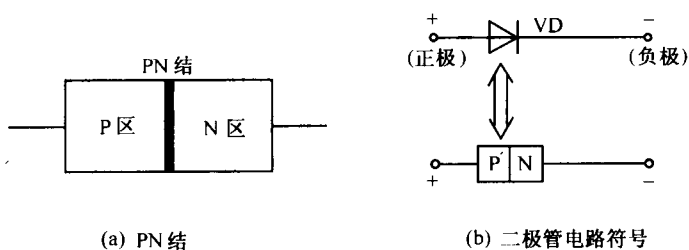


图 1-2 PN 结的结构及晶体二极管电路符号

1.1.2 二极管的伏安特性曲线

任何一种半导体元器件都可以用伏安特性曲线描述其性能。二极管的伏安特性曲线,是在它两个电极之间加上不同数值的电压时,此电压与对应流过它的电流的关系曲线。该曲线可以用类似于数学中描点法绘制出来,具体方法是:在二极管两端加一个电压,测得该电压下流过二极管中的电流,这一对电压、电流值就确定了以电压、电流值为直角坐标系中的一个点。不断改变电压值,并测得相应的电流值就可得到足够多个点,把这些点连接起来就可得到二极管伏安特性曲线,如图1-3所示。

从图中可见,当二极管两端电压 V_D 从 0 V 开始正向逐渐加大(称为正向偏置,简称正偏),

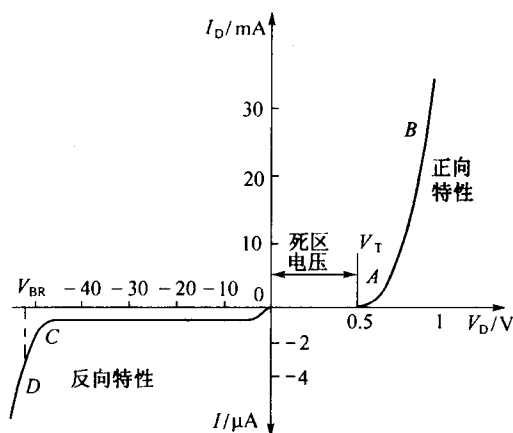


图 1-3 二极管的伏安特性曲线

在 V_D 处于 $0\text{ V} \sim V_T$ 之间时,由于 I_D 很小,可认为二极管还未导通,故称此区为死区,称 V_T 为正向导通门限电压。当 V_D 大于 V_T 后, I_D 明显随电压 V_D 的增加而增大,二极管导通,故称 V_D 大于 V_T 的区域为二极管正向导通区,在这个区域内,电流 I_D 与电压 V_D 基本上呈指数关系变化。在正向电压作用区域内, I_D 从二极管正极流向负极,称为二极管的正向电流。当 V_D 从 0 V 开始反向逐渐加大(称为反向偏置,简称反偏),在 V_D 的数值小于 V_{BR} 时, I_D 几乎不随 V_D 变化,且值很小(μA 量级),所以,反向电流在坐标系中用 μA 作单位。在 $0 \sim V_{BR}$ 的区域内,可认为二极管中几乎无电流,处于截止状态,故称这个区域为二极管的反向截止区。当 V_D 的数值大于 V_{BR} 时,二极管中的反向电流迅速增加, V_D 略增加, I_D 增加很多,这一现象称为二极管的反向击穿现象。 V_{BR} 称为反向击穿电压,把 V_D 大于 V_{BR} 的区域称为二极管的反向击穿区。

总之,二极管的特性曲线可分为四个区:死区、正向导通区、反向截止区和反向击穿区。正向导通门限电压 V_T ,对不同材料制成的二极管,其 V_T 值大小不同,一般锗二极管 V_T 约为 $0.1 \sim 0.2\text{ V}$,硅二极管 V_T 约为 $0.3 \sim 0.5\text{ V}$ 。反向击穿电压值随二极管制造材料及工艺的差异而有所不同。由于二极管在较大的反向电流作用下很容易烧坏,故二极管工作时应避免工作于击穿区。这里应当指出的是:有些二极管可利用反向击穿特性(软击穿)来实现某方面的特殊用途,如稳压二极管等,这将在稍后再予以介绍。

一个二极管在电路中要保证能正常工作,必须满足如下要求:第一,二极管工作的最高频率应大于电路信号工作频率;第二,不能工作在反向击穿区,避免出现反向击穿;第三,二极管正向端电压不应太高,比 V_T 稍大即可,一般二极管正常工作时的正向导通电压锗管约为 0.3 V ,硅管约为 0.7 V ,正向电压过大有可能因正向电流过大烧坏二极管。今后,所有分析都是建立在已满足这三个基本要求的条件下进行的,显然,对一个处于正常工作状态下的二极管,当 $V_D > V_T$ 时,二极管导通, I_D 随 V_D 增加而增加;当 $V_D < V_T$ 时,二极管截止, I_D 几乎为零。这就是实际电路中二极管的主要外在表现,把这一特性称为二极管的单向导电性,它是二极管的主要特性。

1.1.3 二极管在电路中的基本分析方法

在实际应用中,为了简化分析,可把二极管的特性曲线用折线近似,如图1-4(a)中的实线所示。

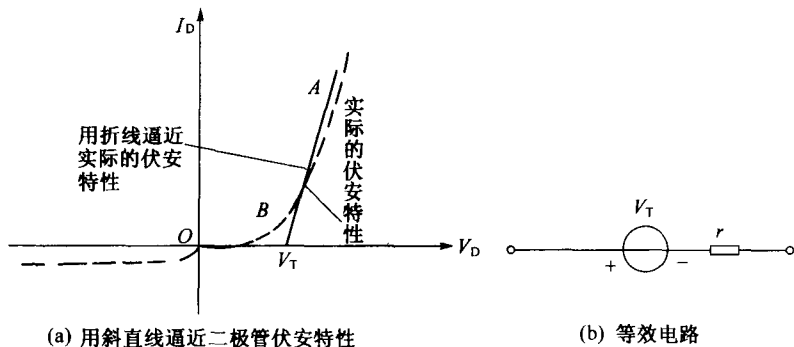


图1-4 二极管特性曲线的折线近似

二极管的特性也可以用图1-4(b)所示的等效电路表示。其中 V_T 是二极管的门限电压, r 是正向导通时的等效电阻,即图1-4(a)中斜直线斜率的倒数。

如果外电路电压值较大时,门限电压 V_T 可忽略,这样不会引起太大误差。另外,一般二极管正向导通电阻 r 很小,若外电路串入的电阻元件阻值远大于 r 时, r 也可忽略不计。这样可认为二极管在电路中的正向导通电阻为0,门限电压为0,反向电阻无穷大。把具有这种特性的二极管称为理想二极管,可用理想开关等效,如图1-5(a)所示。二极管正偏导通时的等效电路如图1-5(b)所示,反偏截止时的等效电路如图1-5(c)所示。当二极管端电压 $V_D < V_T$ 时,开关断开,电路中无电流,当 $V_D > V_T$ 时,开关闭合,电路中有电流流过。

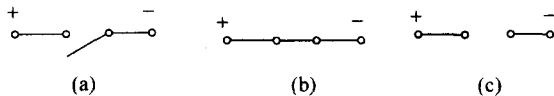


图1-5 理想二极管等效电路

例1-1 图1-6(a)中, $V_S = 10\text{ V}$, $R = 2\text{ k}\Omega$, VD 为锗二极管, $r = 20\text{ }\Omega$, $V_T = 0.2\text{ V}$ 。求二极管中的电流 I_D 。

解一 用理想开关特性求解,由于外加电源 V_S 极性对 VD 来讲是正偏,故二极管近似等效为一条导线,如图1-6(b)所示,则有

$$I_D = V_S / R = (10/2)\text{ mA} = 5\text{ mA}$$

解二 用图1-4(b)等效电路求解,由于二极管所加的是正偏电压,所以电路等效如图1-6(c)所示,则有

$$I_D = (V_S - V_T) / (R + r) = (10\text{ V} - 0.2\text{ V}) / (2 + 0.02)\text{ k}\Omega = 4.85\text{ mA}$$