

高等职业教育教学改革示范教材·电子信息类专业规划教材系列

省级
精品课程
配套教材

模拟电子技术与实践

韩春光 等编著

项目导向

任务驱动

侧重技能

面向就业

Electronic

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



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



欢迎登录 **免费** 获取本书教学资源
<http://www.hxedu.com.cn>

模拟电子技术与实践

精简并整合教材内容，突出高职应用能力培养的要求
从项目、实验、课程设计三个层面反复训练，强化实践环节

采用“项目引导”的教学方法，体现“实践、理论、再实践”的学习和认知规律

配套的教学网站内容丰富，PPT、习题解答、试题库、项目制作相关资料一应俱全



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

Electronic



策划编辑：王昭松
责任编辑：雷洪勤
责任美编：徐海燕

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。



ISBN 978-7-121-09465-1



9 787121 094651 >

定价：24.00 元

高等职业教育教学改革示范教材·电子信息类专业规划教材系列

模拟电子技术与实践

韩春光 严金龙 李 华 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共5章,分别是绪论(包括常用电子器件介绍)、二极管应用电路、三极管应用电路、模拟集成电路及应用、模拟电子电路应用实例。全书以电子器件为主线展开,以项目为引导,基于实践优先原则,强调实践应用能力的培养。结合教学内容和工程实际,本书设计了三组实践项目,将原理、知识和概念融入到项目的应用电路中,在项目的制作过程中,使学生逐渐建立起工程应用的概念和意识,在不知不觉中掌握模拟电子技术的知识和电路应用能力。此外,本课程的教学网站(<http://www.dhyedu.com/jp/dz/main.htm>)还有相应的配套教学资源:PPT电子教案、习题解题指南、配套试卷库、项目制作相关资料等。

本书可作为高职院校电子、通信、计算机、机电一体化、自动化等专业的教学用书,也可以作为相关专业工程技术人员的参考书。

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

模拟电子技术与实践/韩春光等编著. —北京:电子工业出版社,2009.9

高等职业教育教学改革示范教材·电子信息类专业规划教材系列

ISBN 978-7-121-09465-1

I. 模… II. 韩… III. 模拟电路-电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第154431号

策划编辑:王昭松

责任编辑:雷洪勤

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:329千字

印 次:2009年9月第1次印刷

印 数:4000册 定价:24.00元

凡所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,联系及邮购电话:(010)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。

前 言

模拟电子技术课程是一门历史悠久的专业基础课,在电子信息类专业中占有非常重要的地位。目前,国内已有许多院校对此课程进行了教学改革和建设,出版了不少教材,这些教材都做得比较完善、细致,做得都非常深入,但使用后感觉它们对高职学生而言不太适合,主要表现为:

- (1) 内容多而全,不适于高职生的学习和接受。
- (2) 理论内容深,数学推导的内容多而且要求高,不符合高职理论“必须、够用”的原则。
- (3) 实践内容以设计为主,与高职教育以注重操作和制作为主有差距。
- (4) 实践环节的训练时间不够。

为此,我院 2006 年开始着手对该课程进行改革,改革的重点是教学内容和教学方法,在内容方面针对岗位的要求,着重突出实践能力的培养,对内容进行了调整。减少了理论分析和较为烦琐的数学推导等方面的内容,增加了实践方面的内容,结合工程实际,设计了若干电路制作项目;在教学方法上,提出了“项目引导”的教学新思路,并编写了教学讲义和自编教材。通过三年的实际使用,内容和组织方式得到了进一步改进和完善,效果也有很大提高,形成了自己的特点。本教材主要包括以下三方面特点。

1. 教材内容的精简与整合

高职教育经过十多年的改革和探索,取得很大的发展,在专业建设和课程建设上也取得了许多丰硕的成果,各种优秀高职教材也很多,供各学校选择的余地也很大。我们这几年也使用了许多不同版本的教材,从具体的使用情况来看,不同的教材有不同的特点,理论减少了,增加了一些实践内容。但我们认为这些教材都有一个共同的问题:内容比较全,涉及的面比较广。这就使许多教师在实际的教学过程中难以取舍,也不是很适合高职生的实际学习需要。

基于这样的考虑,我们对教材的内容进行了精简与整合。内容取舍较现有其他教材有较大变化,突出应用,突出高职教育的特点。针对高职学生学习模拟电路较困难的特点,精简了教学内容,确保二极管、三极管和集成电路的基本应用等重点内容的教学,将传统的章节内容和实训、课程设计项目进行整合,强化技能和实践训练。全书教学内容以半导体器件为主线展开,共 5 章,分别是绪论(包括常用电子器件介绍)、二极管应用电路、三极管应用电路、模拟集成电路的应用、模拟电子电路应用实例。

2. 实践环节强化

在原有实验、课程设计的基础上,通过增加课外项目制作的实训内容,促进理论和实践紧密结合,从项目、实验、课程设计三个层面加强实践环节,不断强化和反复训

练,以适应高职生掌握知识的特点和要求,同时增大实践环节在课程考核中的比重,突出了高职课程实践性较强的特点。

本书共设计了6个可选的项目,3个可选的课程设计选题(配套的实验及实验指导书,参见本课程的教学网站:<http://www.dhyedu.com/jp/dz/main.htm>)。

3. “项目引导”的教学新方法

为激发学生的学习兴趣,尽快进入课程学习,教材采用了“项目引导”的教学新方法。此方法的基本思路是在每章的开始,设计1~2个实际电路的项目,作为引导,引入课程内容,每章教学内容的引入都从完成一个实际的项目开始。项目的基本内容包括本章的教学重点,而且突出实际制作。具体做法是在每章的开始,利用两个学时的时间,由教师给出项目任务书、指标要求等,并进行简单的解说,而学生则利用课外时间自行进行实际制作,调动他们的积极性和主动性,使他们带着问题进入本章的理论学习,激发学生的学习兴趣。同时要求主讲教师随时指导学生、答疑解惑、帮助学生完成项目。每章结束时,要求学生上交项目报告书和制作完成的实物作品,教师要根据项目完成情况进行综合评分。

此外,除采用“项目引导”作为整个课程的方法展开教学外,这种思路还体现了“实践、理论、再实践”的知识学习、吸收的认知规律,尤其适合高职生的学习特点,实践表明,教学效果良好。

本书共5章,分别是绪论(包括常用电子器件介绍)、二极管应用电路、三极管应用电路、模拟集成电路及应用、模拟电子电路应用实例。全书以电子器件为主线展开,以项目为引导,结合教学内容和工程实际,设计了三组实践项目,将原理、知识和概念融入到项目的应用电路中,在项目的制作过程中,使学生逐渐建立起工程应用的概念和意识,在不知不觉中掌握模拟电子技术的知识和电路应用能力。同时,在本课程的教学网站上(<http://www.dhyedu.com/jp/dz/main.htm>)还有相应的配套教学资源:PPT电子教案、习题解题指南、配套试卷库、项目制作相关资料等。

该教材全书由韩春光担任主编,负责内容的编排、整合、统稿和审查,并编写了第1章及3.6、4.2节,绘制了大部分图稿。严金龙、李华任副主编,严金龙编写了2.1节、3.1节、3.7节及4.1节的内容;李华编写了全书的习题和第5章的主要内容;程越编写了2.2节、2.3节及2.4节的主要内容;高晓红编写了3.2节、3.7节;丁嘉编写了3.5节、4.3节、4.4节;王海熔编写了3.3节、3.4节。此外,史福元、张信通和陈轩老师对书稿进行了仔细的阅读和校对,同时提出了许多宝贵的意见和建议。

在本书的组织、编写和实际的试用过程中,还得到了宁波大红鹰学院有关院领导、教务处和机电学院老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,热忱欢迎广大读者和同行老师们批评指正。

编 者

2009年6月10日

目 录

第1章 绪论	1
1.1 电子技术发展简介	1
1.1.1 从真空管检波器说起	1
1.1.2 电子三极管	2
1.1.3 晶体管的发明	2
1.1.4 集成电路	3
1.2 现代电子技术的相关职业	4
1.3 现代电子技术的基本学习方法	5
1.4 常用电子元器件的基本特性	5
1.4.1 半导体二极管	5
1.4.2 半导体三极管	10
1.4.3 半导体场效应管	17
1.4.4 其他半导体器件	21
1.4.5 其他电子元器件	26
思考与练习	32
第2章 二极管应用电路	35
2.1 项目任务书	35
2.1.1 项目一:镍镉电池简易充电器	35
2.1.2 项目二:光照控制自动调光台灯	38
2.2 二极管整流滤波电路	40
2.2.1 半波整流电路	40
2.2.2 全波整流电路	41
2.2.3 桥式整流电路	43
2.2.4 滤波电路	45
2.3 二极管限幅电路	49
2.3.1 二极管下限幅电路	50
2.3.2 二极管上限幅电路	50
2.3.3 二极管双向限幅电路	50
2.4 稳压二极管电路	51
2.4.1 稳压二极管的基本特性	51

2.4.2 二极管稳压电路	52
思考与练习	55
第3章 三极管应用电路	62
3.1 项目任务书	62
3.1.1 项目一:电子声光防盗报警器	62
3.1.2 项目二:电子生日蜡烛	65
3.2 共发射极放大电路	68
3.2.1 共发射极放大电路的构成	68
3.2.2 直流通路与静态工作点	70
3.2.3 交流通路与动态工作参数	73
3.3 共基极放大电路	79
3.3.1 共基极放大电路的构成	79
3.3.2 直流等效电路与静态工作点	80
3.3.3 交流通路与动态工作参数	80
3.4 共集电极放大电路	81
3.4.1 共集电极放大电路的构成	81
3.4.2 直流通路与静态工作点	82
3.4.3 交流通路与动态工作参数	82
3.5 多级放大电路	86
3.5.1 多级放大电路的耦合方式及基本特点	86
3.5.2 多级放大电路的参数	88
3.6 放大器中的负反馈	90
3.6.1 反馈的基本概念	90
3.6.2 反馈的种类	91
3.6.3 负反馈四种组态的判断	92
3.6.4 负反馈对放大器性能的影响	95
3.7 功率放大电路	98
3.7.1 功率放大器的分类	99
3.7.2 乙类双电源互补对称功率放大电路(OCL电路)	101
3.7.3 甲乙类互补对称功率放大电路	104
3.7.4 晶体管的达林顿连接	106
思考与练习	107
第4章 模拟集成电路及应用	120
4.1 项目任务书	120
4.1.1 项目一:摩托车快闪烁霹雳尾灯	120
4.1.2 项目二:简易调频发射机	123
4.2 集成运算放大器	126
4.2.1 集成运算放大器的基本特性	126

4.2.2	基本运算电路	132
4.2.3	电压比较器	137
4.2.4	有源滤波器	143
4.2.5	信号发生电路	147
4.3	集成功率放大器	150
4.3.1	LM386 集成功率放大器	150
4.3.2	TDA2040 集成功率放大器	152
4.3.3	DG810 集成功率放大器	154
4.4	集成稳压器	155
4.4.1	概述	155
4.4.2	三端式集成稳压器	156
4.4.3	开关集成稳压电源	159
4.4.4	集成稳压器的应用及注意事项	159
	思考与练习	160
第5章	模拟电子电路应用实例	168
5.1	串联型稳压电源的设计与制作	168
5.1.1	设计目的	168
5.1.2	串联稳压电源的工作原理	168
5.1.3	电路设计指标要求	169
5.1.4	印制板电路的设计及要求	170
5.1.5	元器件明细表	171
5.1.6	安装及调试方法	171
5.1.7	设计报告书内容要求	171
5.1.8	评分标准	172
5.2	集成音频功率放大器的设计与装调	172
5.2.1	设计目的	172
5.2.2	LM3886 的特点及电路原理图	173
5.2.3	电路设计指标要求	174
5.2.4	印制板电路的设计及要求	174
5.2.5	元器件明细表	175
5.2.6	调试方法	176
5.2.7	设计报告书内容要求	177
5.2.8	评分标准	177
5.3	方波、三角波发生器的安装与测试	178
5.3.1	设计目的	178
5.3.2	μ A741 运算放大器介绍	178
5.3.3	设计要求	183
5.3.4	印制板电路的设计及要求	184
5.3.5	元器件明细表	185
5.3.6	调试方法	185

5.3.7 设计报告要求	186
5.3.8 评分标准	186
附录 半导体器件的命名法	188
习题参考答案	191
参考文献	203

第 1 章

绪 论

1.1 电子技术发展简介

电子技术(也称电子学)是研究电子器件和电子电路应用的一门科学。电子器件主要是指电子管、晶体管和集成电路等。电子电路指由电子器件及电子元件构成的、能够完成某种功能的电子线路。电子技术的发展史就是电子器件的发展史。

1.1.1 从真空管检波器说起

1858年8月5日,英国和美国第一次通过大西洋海底电缆通信的时候,美国总统的包含150个字的祝词竟用了30个小时才发完,那时没有三极管放大电路,而现在可以用7秒的时间发送完大英百科全书的全部内容。若没有发明三极管,我们信息化社会的到来就会大大推迟。今天电子管已经基本淘汰,连分立的晶体管也逐渐被集成电路所代替。但是,了解电子管的发明史对我们学习电子技术具有重要的意义。

说起电子管的发明,开始只是“发明大王”爱迪生的一件偶然所为。1877年,爱迪生发明了碳丝灯泡后,发现点燃一定时间后,灯泡上对着灯丝的地方,常常发黑,这是灯丝蒸发的原因。于是,爱迪生在灯丝的周围放上了一块金属板,没想到,在金属板上产生了电流,这是灯丝由于受热,在真空中发射出的电子,爱迪生不明白这是怎么回事,这个现象后来叫做爱迪生效应。

当时,无线电通信正处在初始阶段,还不够完善,接收无线电信号的接收装置使用的是矿石检波器,这种检波器灵敏度不高。特别是接收到的信号比较微弱,也不够稳定,影响了信号的检测。无线电通信的迅猛发展以及各行各业对无线电的殷切期望,人们迫切地等待着灵敏的检波器和放大器的问世。

1895年,英国科学家弗莱明受聘在马可尼无线电公司做顾问,弗莱明对电学造诣极深,并对爱迪生效应发生了兴趣,他认为这是一种热电子流。1904年,他在改进检波器的时候,利用这种现象发明了电子二极管,如图1-1-1所示。当时正是无线电通信发展的时代,这种元件能让电流向一个方向流动,使交流电变成直流电。用它来检波、整流,灵敏

度大大提高。用于无线电的检波,提高了效率。

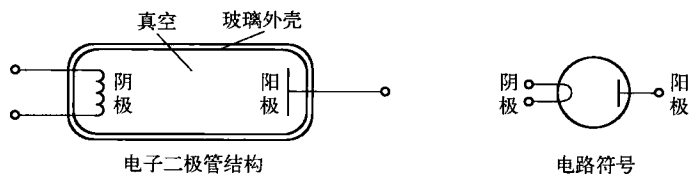


图 1-1-1 电子二极管

1.1.2 电子三极管

美国人德福雷斯特是一名电气工程师。他与马可尼的萍水相逢和马可尼对他的激励与指点,使他决心从事检波器的研究。1906年,德福雷斯特尝试着对二极管的改进。他在二极管的阳极和阴极之间,用锡箔装上第三个电极。也许他想尝试阳极距阴极远近会对检波效果有什么影响,可他没有想到,这个小小的第三极却使他取得了决定性的成功,且由此改变了整个无线电技术领域的面貌!

实验中德福雷斯特惊异地发现,倘若在第三极上加上一个不大的电压,就会改变阳极的电流强度,而且这个附加电压的微小变化,会使阳极电流产生明显的相应的变化。这不正是许多同行朝思暮想、梦寐以求的放大作用吗?

德福雷斯特把第三极称为栅极,它的作用就像一道闸门,可以控制阳极电流。人们在栅极上加上一个微小的信号,在阳极上就变成依同样规律变化的“放大”了的信号。电子三极管的结构和符号如图 1-1-2 所示。

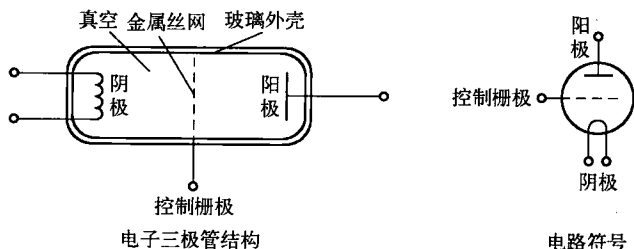


图 1-1-2 电子三极管

电子管很快被应用于信号发射器、电台、雷达、收音机,成了无线电通信和电子领域中最重要元件。后来,它又是第一代电子计算机的主要元件。电子管是一项划时代的发明,它不仅将电学革命引向深入,而且成为未来的信息革命的开端,它是电子技术史上最重要的里程碑。

1.1.3 晶体管的发明

20 世纪最初的 10 年,通信系统已开始应用半导体材料。20 世纪上半叶,在无线电爱



好者中广泛流行的矿石收音机,就采用矿石这种半导体材料进行检波。半导体的电学特性也在电话系统中得到了应用。

由于电子管处理高频信号的效果不理想,人们就设法改进矿石收音机中所用的矿石触须式检波器。在这种检波器里,有一根与矿石(半导体)表面相接触的金属丝(像头发一样细且能形成检波接点),它既能让信号电流沿一个方向流动,又能阻止信号电流朝相反方向流动。在第二次世界大战爆发前夕,贝尔实验室在寻找比早期使用的矿石晶体性能更好的检波材料时,发现掺杂有某种微量杂质的锗晶体的性能不仅优于矿石晶体,而且在某些方面比电子管整流器还要好,这就是最早的半导体二极管,同时也为晶体管的发明奠定了基础。

第二次世界大战结束后,贝尔实验室加紧了对固体电子器件的基础研究。为此,1945年秋天,贝尔实验室成立了以肖克莱为首的半导体研究小组,成员有布拉顿、巴丁等人。他们研究硅、锗等半导体材料,探索用半导体材料制作放大器件的可能性,经过一系列的实验和观察,逐步认识到半导体中电流放大效应产生的原因。布拉顿发现,在锗片的底面接上电极,在另一面插上细针并通上电流,然后让另一根细针尽量靠近它,并通上微弱的电流,这样就会使原来的电流产生很大的变化。微弱电流少量的变化,会对另外的电流产生很大的影响,这就是“放大”作用。

布拉顿等人还想出有效的办法来实现这种放大效应。他们在发射极和基极之间输入一个弱信号,在集电极和基极之间的输出端,就放大为一个强信号了。在现代电子产品中,上述晶体三极管的放大效应得到了广泛的应用。

巴丁和布拉顿最初制成的固体器件的放大倍数为50左右。不久之后,他们利用两个靠得很近(相距0.05mm)的触须接点来代替金箔接点,制造了“点接触型晶体管”。1947年12月,这个世界上最早的实用半导体器件终于问世了,在首次试验时,它能把音频信号放大100倍。

由于点接触型晶体管制造工艺复杂,致使许多产品出现故障,它还存在噪声大、在功率大时难以控制、适用范围窄等缺点。为了克服这些缺点,肖克莱提出了用一种“整流结”来代替金属半导体接点的大胆设想。

1950年,第一只“面结型晶体管”问世了,它的性能与肖克莱原来设想的完全一致。今天的晶体管,大部分仍是这种面结型晶体管。

1956年,肖克莱、巴丁、布拉顿三人,因发明晶体管同时荣获“诺贝尔物理学奖”。

1.1.4 集成电路

晶体管的出现,促使电子技术迅速渗入各个领域。在某些应用中,电子设备必须轻巧可靠,然而应用晶体管组装的电子设备在重量、体积、可靠性等方面远远满足不了需要,晶体管已面临来自应用方面的新挑战。在20世纪40年代电子管曾碰到的应用的窘境,又戏剧性地呈现在晶体管面前,新的现实促使科学家寻找新的解决办法,这就导致了集成电路的出现。

1952年,英国雷达研究所的G. W. A 达默首先提出了集成电路设想:根据电子线路的



要求,将电子线路所需要的晶体管、晶体二极管和其他必要元件完整地制作(集成)在单块半导体晶片上,从而构成一个具有预定功能的电子线路。但是由于当时缺乏先进的工艺手段,达默的设想无法实现。

1953年,得克萨斯仪器公司和仙童公司都宣布研制成第一块集成电路。得克萨斯的J. S 基尔比用一根硅棒制成相移振荡器。这个振荡器中各个电子元件不需要应用金属导线进行连接,硅棒本身既是构成振荡器所需要的电子元件的材料,又是电流的通路。

1954年,贝尔实验室发明了外延工艺,即在单晶片上生长一层很薄的单晶层——外延膜的工艺,此工艺很快就被移植到集成电路制造中。同年,得克萨斯仪器公司首先宣布建成了世界上第一条集成电路生产线。1960年,这家公司开始供应51系列集成电路(当时称为固体电路)。这是几种现在看来再简单不过的逻辑电路,但它却向人们宣告:第三代电子器件开始登上应用舞台。

集成电路的出现和应用,标志着电子技术发展到了一个新的阶段。它实现了材料、元件、电路三者之间的统一,与传统的电子元件的设计与生产方式、电路的结构形式有着本质的不同,随着集成电路制造工艺的进步,集成度越来越高,1960年集成电路每个半导体芯片上只有不到100个元器件,而1977年已能制造在 30mm^2 的硅晶片上集成15万个晶体管的超大规模集成电路,电子技术从此进入了微电子时代。

如今,在集成电路芯片的制造工艺中,布线宽度已经采用纳米级工艺,单颗芯片的晶体管集成数已达数亿个。

1.2 现代电子技术的相关职业

随着生产和科学技术发展的需要,电子技术得到了高速发展和广泛应用(如空间电子技术、生物医学电子技术、信息处理和遥感技术、微波应用等),它也推动了社会生产力的发展,成为近代科学技术发展的一个重要标志。

电子技术的应用极为广泛:从电子玩具到家用电器,从数控机床到机器人,从邮电管理到卫星通信,从资源调查到天气预报,从水陆交通到航空航天,从雷达警戒到卫星侦察,从火炮自动控制到导弹精确制导……可以说电子技术几乎渗透到国民经济的各个领域,在经济建设中起到了举足轻重的作用。因此,现代电子技术相关职业所包含的领域也非常广泛,如广播电视、电子信息、家用电器、网络通信等领域。电子技术专业人员可从事电子系统、电子设备及信息系统的生产、科学研究和管理工作,也可从事电子产品的引进、计算机网络应用、软件开发以及计算机机房的建设与维护等工作,可从事有关专业的教学与科研工作(如:各种类型的工程师、技术员、业务员、生产主管、教师等)。

作为高职院校的毕业生,毕业初期阶段比较合适的现代电子技术行业的岗位主要有:企业或研究所的工程师助理、绘图员,生产车间的产品调试员、维修员、检验员,销售部门的业务员、售后服务维修人员等。



1.3 现代电子技术的基本学习方法

“模拟电子技术”课程是电子技术专业的一门非常重要的基础课,理论与实践并重。它比后面将要学习的专业课更强调基本理论和基本方法,而相对于数学、物理等理论基础课来说,它更强调理论与实际的结合,它更着眼于解决实际问题,因此,其显著的特点是工程分析方法,即定性分析、定量估算、实验调整相结合的特点。

第一,对于“模拟电子技术”课程的这些特点,学习者要有充分的认识。

第二,需要选择一两本辅助教材,作为学习中的参考教材,参考教材能帮助读者从不同的角度理解各种问题。

第三,除较少的基本计算外,学习者应注重于电路的工作原理分析,即电路识图、电路功能的理解和掌握,培养自己电路分析能力的提高。

第四,对于教材中各章的引导项目和实验、实训内容,学习者一定要亲自动手,独立完成,在项目制作的实践中学习、认识和理解。只有反复的训练和模仿,才能真正地掌握技能,才能理解知识,增强电路分析和识图能力。

当然,学习者还必须树立必胜的信心,积极主动地向老师请教,实时与同学讨论,不断复习总结等,最关键的是学会自我学习的方法。

欢迎登录本课程教学网站:<http://www.dhyedu.com/jp/dz/main.htm>。

1.4 常用电子元器件的基本特性

1.4.1 半导体二极管

1. 二极管的单向导电性

半导体二极管又称晶体二极管,它是电子电路中最常用的器件之一,也是半导体器件中最简单和最基本的器件。它是由两种掺有不同微量杂质的半导体材料构成的,这两种掺杂有不同微量杂质的半导体因为导电载流子不同,分别称为N型(多数载流子是带负电的电子 Negative)和P型(多数载流子是带正电的空穴 Positive)半导体材料,N型和P型半导体材料相结合时,在相交的界面上由于扩散会形成一个电荷区,我们把它称为PN结。一个PN结经过封装并引出电极后,就形成了二极管。二极管的电路符号、PN结内部示意图和元件外形如图1-4-1所示。二极管的重要特点就是单向导电性。当对其外加正向电压时(PN结的P型端接外电源的正极,N型端接外电源的负极),二极管就会导通;反之,加反向电压时则其不导通或处于截止状态,二极管的方向性是非常重要的。

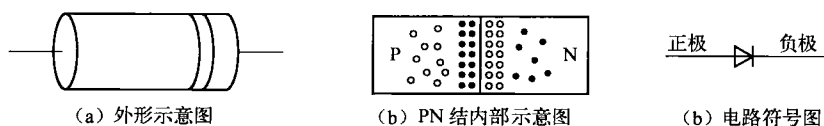


图 1-4-1 二极管的外形、内部结构和电路符号

(1) 正向特性

二极管单向导电性的伏安特性曲线如图 1-4-2 所示。由图可知,二极管两端的正向电压(P 接正、N 接负)很小时(锗管小于 0.1V,硅管小于 0.5V),二极管不导通,处于“死区”状态,当正向电压超过一定数值后,二极管才导通,电压再稍微增大,电流急剧增加。不同半导体材料的二极管,导通电压不同,硅管一般为 0.6~0.7V 左右,锗管则为 0.2~0.3V 左右。

(2) 反向特性

当二极管两端加上反向电压时,反向电流很小,当反向电压逐渐增大时,反向电流基本保持不变,这时的电流称为反向饱和电流。不同半导体材料的二极管,反向电流大小也不同,通常硅管约为 1 微安到几十微安,锗管则可高达数百微安。另外,反向电流受温度变化的影响很大,锗管的稳定性比硅管差,因此,通常使用较多的是硅二极管。

(3) 击穿特性

当反向电压增加到某一数值时,反向电流急剧增大,这种现象称为反向击穿(见曲线)。这时的反向电压称为反向击穿电压,不同结构、工艺和材料制成的二极管,其反向击穿电压值差异很大,可由 1 伏到几百伏,甚至高达数千伏。

需要说明的是,在实际应用中通常认为硅管的正向导通电压是 0.7V、锗管的是 0.3V,它们也是二极管的最大正向导通电压。也就是说,二极管到此电压导通后,无论电压再怎么升高(不能高于二极管的额定耐压值),二极管两端的电压也不会再升高了。这也是在电路中判断二极管是否导通和损坏的重要依据。

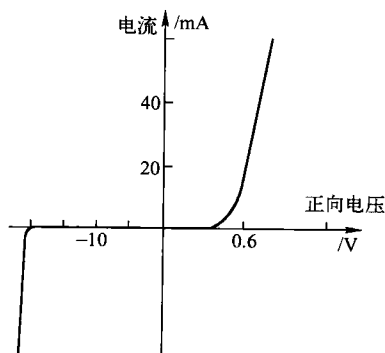


图 1-4-2 二极管的伏安特性曲线