



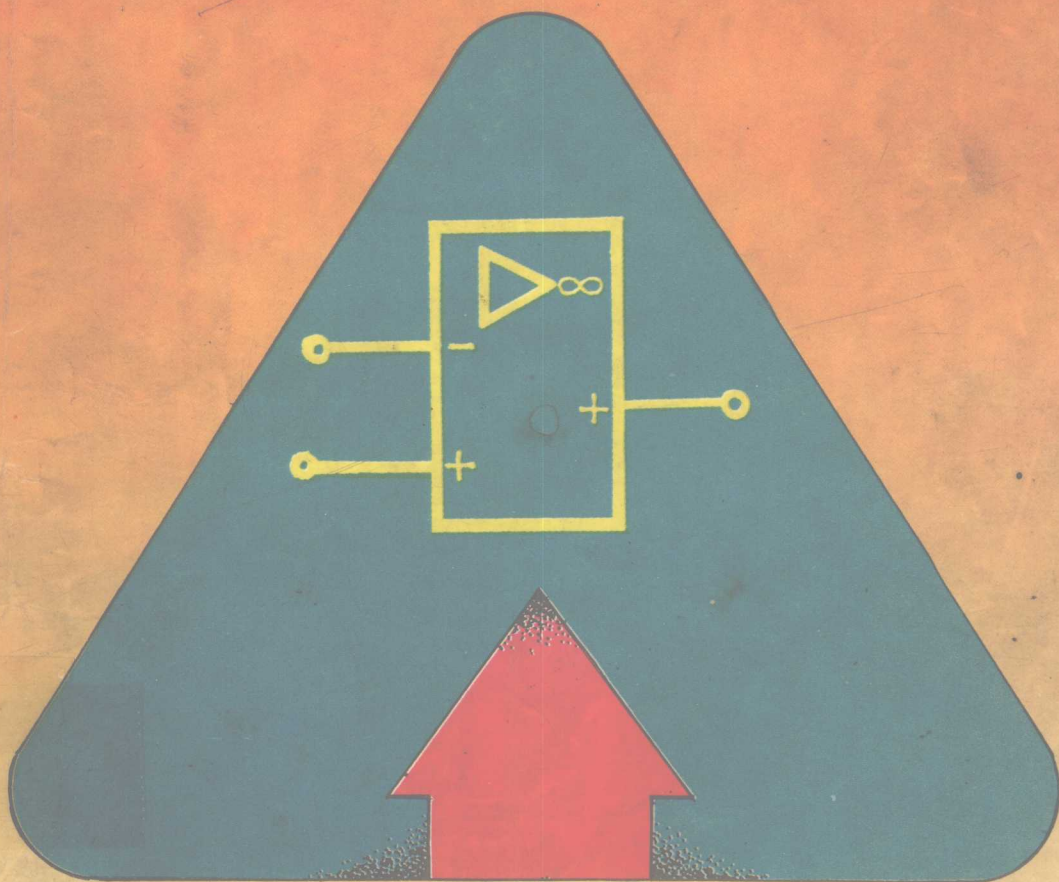
全国职业高中国家教委规划教材

电子电器专业

电子技术基础

全国职业高中电子电器专业教材编写组 编

曾祥富 张龙兴 童士宽 编



高等教育出版社

全国职业高中国家教委规划教材

电子电器专业

电子技术基础

全国职业高中电子电器专业教材编写组 编

曾祥富 张龙兴 童士宽 编

高等教育出版社

(京)112 号

内 容 简 介

本书是国家教委职业技术教育司组织编写的全国职业高中电子电器专业国家教委规划教材。全书以劳动部、电子部、国内贸易部颁发的家用电子产品、家用电器中级技术工人等级考核标准为依据,从职业高中实际出发,注重基础知识的传授与对学生能力的培养,具有较强的实用性。全书包括,第一篇:半导体二极管与整流滤波电路、半导体三极管与放大电路、负反馈放大器、调谐放大器与正弦波振荡器、直流放大器与集成运算放大器、稳压电源等;第二篇:脉冲电路基本知识、逻辑门电路、数制与逻辑代数、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、数模和模数转换、可控硅及其应用电路等。本书与《电子技能与训练》是姊妹篇,可相互配套使用。

本书还可作为职业高中电工、机电、计算机等专业的教材,也可作为其它中等职业学校相同或相近专业的教材,也适于军地两用人材或职业上岗培训班选用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/曾祥富等编. —北京:高等教育出版社,
1996.5
ISBN 7-04-005595-3

I. 电… II. 曾… III. 电子技术—基本知识—职业高中—
教材 IV. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 00009 号

• *
高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:4014048 电话:4054588

新华书店总店北京发行所发行

北京市联华印刷厂印装

*
开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 490 000

1996 年 5 月第 1 版 1997 年 3 月第 4 次印刷

印数 90 128—170 137

定价 15.10 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换。

版权所有,不得翻印

前 言

1992年9月国家教育委员会职教司召开了由北京、四川、江苏、广东、辽宁、山东、河南、福建、浙江、湖南、湖北、内蒙、天津、重庆、武汉、广州、济南等省市教委选派出的专业教师、教研员参加的全国职业高中电子电器专业的部分课程教学大纲审定会。这次会议审定通过了全国职业高中电子电器专业教学计划与23门专业课程教学大纲,落实了该专业新一轮国家教委规划教材的编写工作,成立了“全国职业高中电子电器专业教学研究组”。

与会代表充分肯定了由国家教委职教司与高等教育出版社组织编写的上一轮职业高中电子电器专业教材,认为这一轮教材对提高全国职业高中电子电器专业教学质量,强化技能训练方面的教学改革起到了保证作用,受到了全国各地职高师生的好评,社会效益明显。

随着职业技术教育改革的深化,特别是国家教委教职017号文件“关于制定职业高级中学(三年制)教学计划的意见”的颁布,迫切需要制定新的职业高中电子电器专业的教学计划和按照新的教学计划对教材进行修订。为此,经过与会代表认真、细致的研讨,提出了职业高中电子电器专业的教学计划、教学大纲以及新一轮教材编写的改革构想与实施方案。其中,对职业高中电子电器专业新一轮教材编写工作,主要做了以下几方面的改革与完善。

一、将国家教委教职017号文件的原则与精神,具体落实到该专业教学计划的制定与教材编写工作当中。根据017号文件精神,职业高中电子电器专业的培养目标是掌握该专业所需要的文化基础知识、专业技术知识与实际操作技能的中级技术工人;政治课和文化课与专业课、实习课的课时比例定为3:3:3.5左右,另安排了大约5%的专业选修课。

二、在教学大纲制定与教材编写中,要以劳动部、电子部、国内贸易部最新颁布的电子行业、家用电器维修专业的有关工种中级工人技术等级标准为依据。

三、电子电器专业是一个很大专业群的总称,它是职业高中面对人才市场需要,为适应毕业生不包分配这一特点而设置的,具有职业高中特色。该专业包括电子、电器两大分支。电子类产品是以电子技术为基础设计和生产出来的各种产品;电器类产品是以电动、电热、电磁原理为基础设计和生产出的各种产品。每个分支按实际工作需要,又可分成若干个门类、工种,例如以劳动部、电子部最新颁布的电子行业工人技术等级标准分类,电子电器专业含无线电装接工、调试工、成品检验工、家用电子产品维修工等;以国内贸易部最新颁发的家用电器维修专业工人技术等级标准分类,电子电器专业包括家用视频设备维修、家用音频设备维修、家用制冷设备维修、家用电热器具与电动器具维修、复印设备维修和一般办公室设备维修等工种。面对上述情况,职业高中电子电器专业有关的教学计划与教材编写,采用了积木式教学法,将电子电器专业课分为两段教学。

第一段教学安排在一年级与二年级的前半段,主要针对上述电子、电器两大分支共有的专业知识要求与基本技能要求,开设了:电工技术基础、电工技能与训练、电子技术基础(含模拟与数字电路)、电子技能与训练、机械常识与钳工基本技能、微处理器在家用电器中的应用、计算机语言与应用。这段教学要体现职业高中的“宽口径”特点,保持相对稳定性。

第二段教学安排在二年级后半段至三年级前半段。根据人才市场的需要,这段教学又可分别安排为若干个积木块。这次会议向全国推荐了三个较为成熟的积木块,它们是:音频与视频设备维修;电热、电动与制冷设备维修;电子产品生产工艺。这次会议制定了这三个积木块开设的课程、课时与教学要求(教学大纲)。其中,音频与视频设备维修类开设:音响设备原理、音响设备维修技术、电视机原理、电视机维修技术、录像机原理与维修技术;电热、电动与制冷设备维修类开设:制冷与空调设备原理、制冷与空调设备维修技术、电热与电动器具原理、电热与电动器具维修技术;电子产品生产工艺类开设:电子仪表与测量、电子整机装配工艺与技能训练、整机原理与维修技术。(整机内容要根据就业方向而定,例如、分配方向为电视机生产线工人,即开设电视机原理与维修技术)。为适应专业间相互渗透的发展趋势,每个门类(积木块)还要开设选修课(大约200学时),即对另一门类(积木块)的专业技术课进行选修,例如,音频与视频设备维修类,可选修制冷与空调设备原理与维修技术。在这些积木块的教学大纲制定与教材编写中,注意贯彻了有关部委制定的中级工人技术等级标准。这段教学具有“对口就业”倾向,安排上体现了一定的灵活性。

实践证明,职业高中的专业技术培训不能只对准单一工种,而要对准某一子类或主类进行,并且要随着市场产品的变化进行调整。“积木块”式的课程设置方法,对职业高中进入市场经济,是一种行之有效的教学手段。

四、上一轮教材采用了双轨制,即为保证技能训练的内容与实施,将理论与技能训练分别设课和编教材,同步教学。几年的实践证明,“双轨制”教学是保证和突出技能训练的重要措施,符合017号文件关于职业高中要重视技能训练的精神。在这次制定教学计划与教学大纲过程中,既坚持了上一轮教材的“双轨制”方向,也针对其存在的问题进行了修改。例如,在编写《电子技术基础》与《电子技能与训练》时,验证性实验归到《电子技术基础》,而《电子技能与训练》这门技能培训课程,主要是根据电子行业工人技术等级标准中的技能要求,进行专业技能训练。这样,理论与技能课分工明确,更有利于教学和提高教学质量。新一轮技能训练教材的编写中,明确了要求,训练要有具体内容与目标(部颁标准),要具有可操作性和可检测性,要突出实用性和效益性。同时,在教材编写中,注意了对有关教具、器材的配套、规范化和革新。

五、本次会议成立了由国家教育委员会直接领导,由部分省市教委选派专家、专业教师及专业教研人员参加的全国职业高中电子电器专业教学研究组。该教学研究组的成立,将从组织上保证教学计划的实施与高水平教材的出版。

“电子技术基础”课程的教学时数为200课时,本教材各章参考学时见教学课时分配表。

教学课时分配表

章次	课时数	章次	课时数
1	12	9	10
2	32	10	10
3	12	11	12
4	12	12	12
5	16	13	14
6	14	14	12
7	10	15	6
8	8	16	8

本书由全国职业高中电子电器专业教材编写组编,其中第一篇第一章至第七章由重庆市龙溪职业中学曾祥富编写;第二篇第八章至第十一章、第十六章由常州市第三职业中学张龙兴编

写,第十二章至第十五章由常州市第三职业中学童士宽编写。重庆大学单考教授、常州市职业技术学院陆竹林副教授担任全书主审。参加本门课程教学大纲和本书编写提纲讨论会的有单考、曾祥富、褚建和、彭吉六等,参加本书审稿会的除主编主审外,还有唐文源、杨剑波等。他们对本书编写提纲和初稿提出了许多宝贵意见。在本书编写过程中得到江苏省教委、重庆市教委、常州市教委、重庆渝北区教委、重庆龙溪职业中学、常州市第三职业中学有关领导的支持。陈光华、邓朝平等同志参加了本书插图和资料整理。在此谨对各方的大力支持和帮助,致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中错误与不当之处在所难免,热忱欢迎读者批评指正。

编者

1995年2月

目 录

第一篇 模拟电路基础

第一章 半导体二极管与整流滤波电路 1	第三节 LC 振荡器 86
第一节 半导体的基本知识 1	第四节 RC 振荡器 90
第二节 半导体二极管 3	第五节 石英晶体振荡器 94
第三节 单相整流电路 4	本章小结 96
第四节 滤波电路 9	思考题与习题四 97
第五节 稳压二极管及简单稳压电路 13	实验 7 LC 调谐放大器的调试 99
本章小结 15	实验 8 LC 正弦波振荡器的调试 101
思考题与习题一 16	第五章 直流放大器与集成运算放大器 102
实验 1 二极管伏安特性曲线的测试 19	第一节 直流放大器的基本概念 102
第二章 半导体三极管与放大电路 21	* 第二节 恒流源电路 103
第一节 半导体三极管及其特性 21	第三节 差动放大器 105
第二节 三极管基本放大电路 29	第四节 集成运算放大器的基本概念 109
第三节 具有稳定工作点的放大电路 40	第五节 基本集成运算放大电路 112
第四节 放大器的频率特性 44	第六节 集成运算放大器的应用 116
第五节 多级放大器 46	本章小结 121
第六节 放大器的三种组合状态 49	思考题与习题五 122
第七节 场效应管及其放大器 52	实验 9 差动放大器性能指标的测试 124
本章小结 57	实验 10 集成运放的主要应用 127
思考题与习题二 58	第六章 功率放大器 130
实验 2 三极管输入、输出特性曲线的测试与绘制 61	第一节 功率放大器的基本概念 130
实验 3 共射放大电路有关参数的测试 63	* 第二节 变压器耦合功率放大器 131
实验 4 多级放大器有关参数的测试 65	第三节 双电源互补对称电路 132
实验 5 场效应管及其放大器的测试 67	第四节 单电源互补对称电路 134
第三章 负反馈放大器 69	第五节 集成功率放大器 138
第一节 反馈的基本概念 69	本章小结 142
第二节 负反馈类型及其判别 70	思考题与习题六 142
第三节 负反馈对放大器性能的影响 73	实验 11 分立元件 OTL 功率放大器的调测 144
本章小结 75	实验 12 集成功率放大器的测试 146
思考题与习题三 75	第七章 直流稳压电源 148
实验 6 负反馈对放大器性能的影响 77	第一节 晶体管串联型稳压电源 148
第四章 调谐放大器与正弦波振荡器 79	第二节 集成稳压电源 151
第一节 调谐放大器 79	第三节 开关型稳压电源 156
第二节 振荡的基本概念与原理 84	

本章小结	159	实验 13 串联型稳压电源的测试	161
思考题与习题七	159		
第二篇 脉冲与数字电路基础			
第八章 脉冲与数字电路基础知识	163	本章小结	236
第一节 脉冲的基本概念	163	思考题与习题十二	236
第二节 RC 波形变换电路	164	实验 16 集成触发器逻辑功能测试	239
第三节 晶体管的开关特性	168	第十三章 时序逻辑电路	242
本章小结	173	第一节 概述	242
思考题与习题八	173	第二节 寄存器	243
第九章 逻辑门电路	175	第三节 二进制计数器	246
第一节 基本逻辑门	175	第四节 十进制计数器	250
第二节 TTL 集成逻辑门	181	第五节 时序逻辑电路的应用	254
第三节 CMOS 集成逻辑门	184	本章小结	256
本章小结	188	思考题与习题十三	256
思考题与习题九	188	实验 17 异步二进制计数器	259
实验 14 集成逻辑门电路逻辑功能的测试	190	第十四章 脉冲的产生和整形电路	262
第十章 数制与逻辑代数	194	第一节 多谐振荡器	262
第一节 数制	194	第二节 单稳态触发器	266
第二节 逻辑代数基本公式	196	第三节 施密特触发器	270
第三节 逻辑函数的化简	198	第四节 555 集成定时电路	275
第四节 逻辑电路图、真值表与逻辑函数间的 关系	200	本章小结	278
本章小结	203	思考题与习题十四	279
思考题与习题十	203	第十五章 数模和模数转换	280
第十一章 组合逻辑电路	206	第一节 数模转换器 DAC	280
第一节 组合逻辑电路的基本知识	206	第二节 模数转换器 ADC	283
第二节 编码器	208	本章小结	287
第三节 译码器	210	思考题与习题十五	287
第四节 显示器	213	第十六章 可控硅及其应用电路	289
第五节 加法器	216	第一节 可控硅的结构和工作原理	289
本章小结	219	第二节 可控硅整流电路	291
思考题与习题十一	219	第三节 可控硅触发电路	293
实验 15 译码显示电路的测试	221	第四节 双向可控硅的结构和工作原理	294
第十二章 集成触发器	224	第五节 可控硅应用电路	296
第一节 RS 触发器	224	本章小结	297
第二节 主从 RS 触发器	227	思考题与习题十六	298
第三节 JK 触发器	229	实验 18 可控硅特性测试	299
第四节 D 触发器和 T 触发器	230	附录 I 国家教育委员会关于颁发职业 高级中学部分专业教学计划、专 业教学器材配备目录(摘录)	302
第五节 分立元件双稳态触发器	232	附录 II 半导体器件型号命名方法	304
第六节 集成触发器的应用	234		

附录Ⅲ	半导体集成电路型号命名方法	305
附录Ⅳ	部分集成运放技术指标	306
附录Ⅴ	部分常用 TTL 门电路的外引线	

排列图	307
附录Ⅵ 部分常用 CMOS 门电路的外引	
线排列图	309

第一篇 模拟电路基础

赵国兵

电子技术是现代科学技术的一个极为重要的组成部分,它广泛应用于国民经济各部门和人们的日常生活中。电子技术研究的对象包括电子元器件及其用这些元器件所组成的基本功能电路,以及用某些基本功能电路组合成的具有专门用途的装置或系统。电子技术又分为模拟电子技术和数字电子技术两大部分。其中模拟电子技术是研究在平滑的、连续变化的电压或电流——模拟信号下工作的电子电路及其技术;而数字电子技术则是研究在离散的、断续变化的电压或电流——数字信号下工作的电子电路及其技术。

本篇将介绍模拟电子技术的基础知识,包括半导体二极管、半导体三极管、场效应管、部分典型集成电路等元器件,以及由这些元器件组成的整流、滤波、放大、反馈、振荡、集成运放、稳压电源等电路。

电子元器件及其组成的电路
电源的作用

第一章 半导体二极管与整流滤波电路

半导体器件是本世纪中叶才发展起来的新型电子器件,其中最简单的是半导体二极管,由它组成的整流滤波电路也是最常用的电子电路之一。

整流电路的任务是将交流电流变换成单向脉动电流,再通过滤波电路滤去其中的交流成分,得到比较平滑的直流电流。

第一节 半导体的基本知识

半导体是制作半导体器件的关键材料,在研究半导体器件之前,有必要学习半导体的有关知识。

一、半导体导电特性

自然界中,按物质导电能力的不同,将其分为导体、绝缘体和半导体三类。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。它能得到广泛的应用,是因为它的导电能力随着掺入杂质、输入电压(或电流)、温度和光照等条件的变化而发生很大变化,这就是半导体的导电特性。人们根据这些特点,制成了多种性能的电子元器件,如半导体二极管、半导体三极管、集成电路、热敏元件、光敏元件等。

半导体特性·除导电特性外的变化

二、N型半导体与P型半导体

不含杂质的纯净半导体称为本征半导体。本征半导体的原子在空间按一定规律整齐排列,又称为晶体,所以半导体管亦称为晶体管。半导体的导电性能,与其原子最外层电子有关,这种电子称为价电子。常用的半导体材料是硅和锗,它们都只有四个价电子,称为四价元素。这些单原子在组成晶体时,将形成共价键结构。这些共价键中的某些电子,在有一定的温升或光照时,将获得足够能量挣脱共价键的束缚而成为自由电子,同时在原有共价键中留下空穴。电子带负电荷,空穴因失去电子而带正电荷。由于它们都是携带电荷的粒子,又简称载流子。

如果在本征半导体硅或锗的晶体中掺入微量五价元素磷,使某些位置的硅原子被磷原子代替。而磷最外层的五个价电子中,有四个与相邻硅原子组成了共价键,多余一个电子受磷原子束缚力很小,容易挣脱磷原子而成为自由电子。可见掺入磷原子的结果,使晶体中的电子大量增加,电子成为多数载流子,使半导体的导电能力显著增加。这种主要靠电子导电的半导体称为电子型半导体或N型半导体。

如果在本征半导体硅中掺入微量杂质三价元素硼,硼原子有三个价电子,与附近的三个硅原子组成三个完整的共价键后,还有一个共价键中因差一个电子,便多出一个空穴,使硅晶体中空穴大量增加,空穴成为半导体导电的多数载流子,这种主要靠空穴导电的半导体称为空穴型半导体或P型半导体。

三、PN结

在一块完整的本征半导体硅或锗上,采用掺杂工艺,使一边形成N型半导体,另一边形成P型半导体。在这两种导电性能相反的半导体交界面上,将形成一个特殊的带电薄层——PN结。

P型半导体中的多数载流子空穴和N型半导体中的多数载流子电子因浓度差将发生扩散,结果使PN结中靠P区一侧带负电,靠N区一侧带正电,形成由N区指向P区的电场,即PN结的内电场。内电场将阻止多数载流子的继续扩散,又称阻挡层。

(一) 正向偏置

在PN结两端加上电压,称为给PN结以偏置。如果使P区接电源正极,N区接电源负极,称为正向偏置,简称正偏。这时外加电压对PN结产生的电场与PN结内电场方向相反,削弱了内电场及内电场对多数载流子扩散的阻碍作用,使扩散继续进行,这种多数载流子扩散的定向运动,即在PN结内外电路形成正向电流,并随着外加电压的升高而迅速增大。这种现象称为PN结的正向导通。

(二) 反向偏置

与正向偏置相反,将PN结的P区接电源负极,N区接电源正极,称为反向偏置,简称反偏。这时外加电压对PN结产生的电场与PN结内电场方向相同,加强了内电场,也加强了PN结对多数载流子扩散的阻碍能力,反向电流极小,这种现象称为PN结的反向截止。

PN结加正向偏压时导通,加反向偏压时截止,这就是PN结的单向导电性。

PN结两端施加的反向偏压增加到一定值时,反向电流急剧增大,称为PN结的反向击穿。如果反向电压电流未超过允许值,当反向电压撤除后,PN结仍能恢复单向导电性。若反向电压

电流增大到超过允许值,会使 PN 结烧坏而造成热击穿。这时反向电压撤除后,PN 结不能恢复单向导电性。

(三) PN 结电容

PN 结交界面两边分别集聚着不能移动的正负离子,相当于电容器已带上电荷的两块极板。在正负离子之间因内电场影响又缺乏导电的载流子,几乎没有导电能力,相当于电容器极板间的绝缘介质,因此 PN 结存在着电容,称为 PN 结的结电容。

第二节 半导体二极管

一、半导体二极管的结构和符号

半导体二极管又称晶体二极管。它由管芯(主要是 PN 结),从 P 区和 N 区分别焊出的两根金属引线——正、负电极,以及塑料、玻璃或金属封装的外壳组成。

由于管芯结构的不同,二极管又分为点接触型、面接触型和平面型几种,其结构和符号如图 1-1 所示。其中点接触型二极管 PN 结接触面小,适宜在高频电路、开关电路等小电流状况下使用,面接触型和平面型二极管 PN 结接触面大,载流量大,适于在整流电路中使用。

三、二极管的特性

二极管的关键部分是 PN 结,PN 结具有单向导电性,这也是二极管的主要特点。

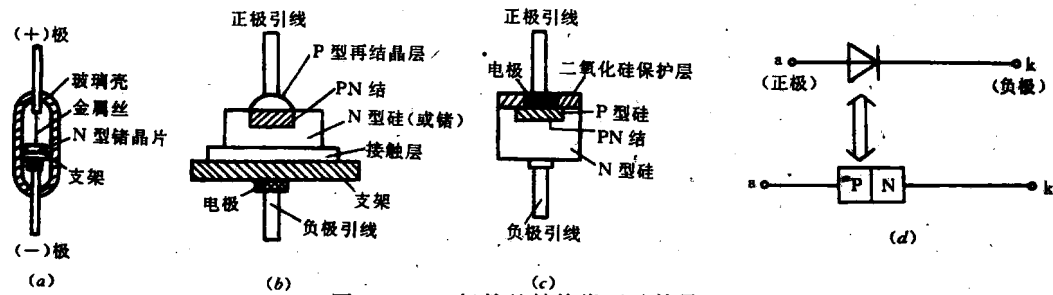


图 1-1 二极管的结构类型及符号

(a) 点接触型 (b) 面接触型 (c) 平面型 (d) 符号

二极管的导电性能,由加在二极管两端的电压和流过二极管的电流来决定,这两者之间的关系称为二极管的伏安特性。用于定量描述这两者关系的曲线叫伏安特性曲线,如图 1-2 所示。由图可见,二极管的导电特性可分为正向特性和反向特性两部分。

(一) 正向特性

指二极管加上正向偏压时电流与电压的关系。即图中的 OA、AB 段。在 OA 段,外加正向电压低,外电场不足以克服内电场对多数载流子扩散的阻力,多数载流子不能顺利扩散,正向电流极小,这个电压区域称为死区,硅二极管死区电压约 0.5V;锗二极管死区电压约 0.2V。在实际使用中,当二极管正偏电压小于死区电压时,视为其正向电流为零的截止状态。在 AB 段,正向电压大于死区电压之后,随着外加电压的增加,外电场削弱了内电场的阻碍作用,使正向电流

迅速增大,特性曲线接近直线,二极管处于正向导通状态,此时管子两端电压降变化不大,硅管约0.6~0.7V,锗管约0.2~0.3V。

(二) 反向特性

指二极管加反向电压时电流与电压的关系。即图中的OC、CD段。在OC段,反向电压加强了内电场对多数载流子的阻碍,多数载流子几乎不能扩散形成电流,只有少数载流子在外电场作用下漂移,形成很小的反向电流。由于少数载流子数量的限制,使这种反向电流在外加反向电压增高时并无明显增大。所以这个区域称为反向截止区。二极管反向截止时通过的电流叫反向饱和电流或反向漏电流,通常硅管有几微安到几十微安;锗管有几十微安到几百微安。这个电流是衡量二极管质量优劣的重要参数,其值越小,二极管质量越好。

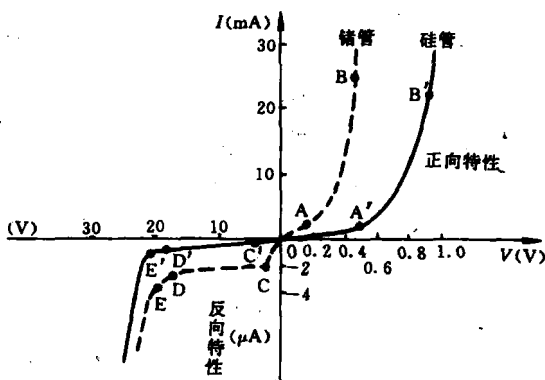


图 1-2 二极管的伏安特性曲线

D点以后,当反向电压稍有增大时,反向电流急剧增大,特性曲线接近于陡峭直线,这种现象叫做二极管的反向击穿,这时二极管两端所加电压叫做反向击穿电压。如果反向电压和电流超过允许值而又不采取保护措施,将导致二极管热击穿而损坏。

从二极管伏安特性曲线可以看出,二极管的电压与电流变化不呈线性关系,其内阻不是常数,所以二极管属于非线性器件。

三、二极管的主要参数

二极管的参数,是定量描述二极管性能优劣的质量指标。二极管参数较多,但应用最广泛的是最大整流电流和最高反向工作电压。

(一) 最大整流电流 I_{VM}

指二极管长时间工作时允许通过的最大直流电流。这个数值与PN结的面积和二极管的散热条件有关。使用二极管时,应注意流过二极管的正向最大平均电流不能大于这个数值(它是二极管极限运用参数),否则可能损坏二极管。

(二) 最高反向工作电压 V_{RM}

指二极管正常使用时所允许加的最高反向电压。通常采用二极管反向击穿电压的一半或三分之二。使用中如果超过此值,二极管将有被击穿的危险。

第三节 单相整流电路

将交变电流变换成单方向脉动电流的过程叫做整流,完成这种功能的电路称为整流电路,又叫整流器。本节将重点讨论最基本的半波整流电路和应用最广泛的桥式整流电路。介绍有一定实用价值的变压器抽头全波整流电路。

一、单相半波整流电路

(一) 电路结构与整流原理

1. 电路结构

该电路由整流二极管 V 、负载电阻 R_L 和电源变压器 T 的副边绕组串联组成,如图 1-3 所示。其中电源变压器将电网供给的交流电压变换成符合整流电路所需要的交流电压;二极管 V 是整流元件,将交流电变成单向脉动电流;负载 R_L 是耗能元件。

2. 整流原理

该变压器副边输出电压为

$$v_2 = \sqrt{2} V_2 \sin \omega t$$

其波形如图 1-4(a)所示。

在交流电压 v_2 的正半周($0 \sim \pi$),设变压器副边输出电压极性为 a 正 b 负,此时二极管正偏导通,电流 i_V 由电源变压器 a 端通过二极管 V ,负载 R_L 回到变压器副边 b

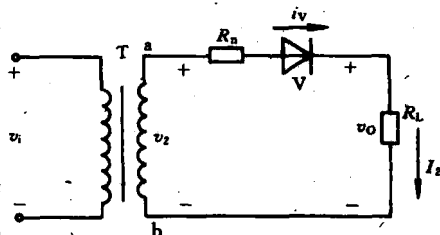


图 1-3 单相半波整流电路

端,如图 1-4(b)所示。由于 v_2 的正半周电流通过 R_L ,忽略二极管正向压降时,则负载 R_L 上获得的电压为 $v_0 = v_2$,如图 1-4(c)所示。在 v_2 的负半周($\pi \sim 2\pi$),电源变压器副边输出电压极性变为 a 负 b 正,二极管反偏截止,负载 R_L 上电流、电压均为零。 v_2 成为二极管的反偏电压全部加在 V 两端,如图 1-4(d)所示。由此可知,在 v_2 的下一个周期仍然是正半周 V 导通,负载上有电流 i_V 通过而产生电压 $v_0 = v_2$;负半周 V 截止,负载上得不到电流电压。可见这种半波整流的结果,只有一个方向的电流通过负载,即负载上只能得到半个周期的电压和电流;所以名曰半波整流。

(二) 负载电压和电流

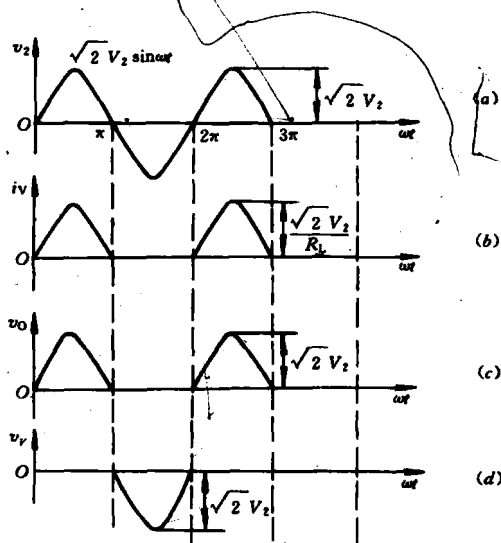


图 1-4 半波整流波形

负载所得半波整流电压虽然方向不变,但大小是随时间不断变化的。可以用其平均值表示其大小。数学理论证明,一个周期内,半波整流电压平均值是交流电压峰值的 $\frac{1}{\pi}$ 倍,即

$$\bar{V}_o = \frac{\sqrt{2} V_2}{\pi} \approx 0.45 V_2 \quad (1-1)$$

式中, V_2 为交流电压的有效值。在负载上的平均电流为

$$\bar{I}_o = \bar{I}_V = \frac{\bar{V}_o}{R_L} = 0.45 \frac{V_2}{R_2} \quad (1-2)$$

在交流电压的负半周,二极管所受的最高反向电压为 v_2 的峰值,即

$$V_{RM} = \sqrt{2} V_2 \quad (1-3)$$

可见,正确选用二极管时,必须满足:

最大整流电流 $I_{VM} \geq I_o$;

最高反向工作电压 $V_{RM} \geq \sqrt{2} V_2$ 。

* 二、单向全波整流电路

(一) 电路结构与整流原理

1. 电路结构

单向全波整流电路相当于由两个半波整流电路组成。该电路所用电源变压器副边有中心抽头,将原边电压变换成大小相等,方向相反的两个电压,由两支二极管 V_1 、 V_2 分别完成对交流电两个半周的整流,并向负载 R_L 提供单向脉动电流。电路如图 1-5 所示。

2. 整流原理

假设在交流电压 v_2 的正半周, a 端为正、b 端为负,二极管 V_1 正偏导通, V_2 反偏截止。电流从 a 端流经 V_1 和负载 R_L 回变压器中心抽头端(电压为 0V 端);在 v_2 负半周, a 负 b 正,二极管 V_1 反偏截止, V_2 正偏导通,电流由 b 端经 V_2 和 R_L 回到变压器中心抽头端。可见在该电路中,交流电压的正负两个半周, V_1 、 V_2 轮流导通,在负载 R_L 上总是得到自上而下的单向脉动电流。与半波整流相比,它有效地利用了交流电的负半周,所以整流效率提高了一倍。全波整流波形如图 1-6 所示。

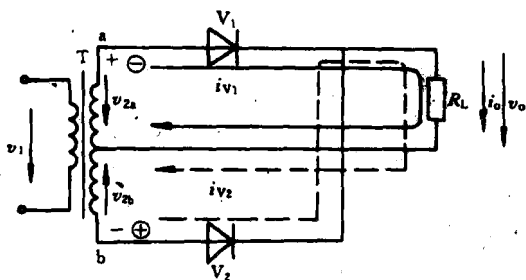


图 1-5 单向全波整流电路

(二) 负载电压和电流

由于该电路整流效率提高一倍,其负载所获直流电压平均值也将比半波整流高一倍,即

$$\bar{V}_o = 2 \times 0.45 V_2 = 0.9 V_2 \quad (1-4)$$

负载平均电流为

$$\bar{I}_o = 0.9 \frac{V_2}{R_L} \quad (1-5)$$

由图 1-6(d)可见,当一只二极管导通时,另一只被截止的二极管将承受变压器副边 ab 两端全部电压的峰值,其值为半波整流时的两倍,即

$$V_{RM} = 2 \sqrt{2} V_2 \quad (1-6)$$

由于两只二极管轮流导通,每只二极管通过的平均电流只有负载平均电流的一半,即

$$\bar{I}_V = \frac{1}{2} \bar{I}_o = 0.45 \frac{V_2}{R_L} \quad (1-7)$$

单相全波整流电路的整流效率高,输出电压高且波动小。但变压器必须有中心抽头,二极管

承受的反向电压高,所以对变压器和二极管要求较高。

三、单相桥式整流电路

半波整流虽然电路简单,但电能利用率低,输出电压脉动大,输出直流电压也低。变压器抽头的全波整流电路克服了半波整流的缺点,但对变压器和二极管的要求又较高。在工程技术上应用面仍不够普遍,目前在实践中广泛应用的是桥式整流电路。

(一) 电路结构与整流原理

1. 电路结构

单相桥式整流电路由电源变压器 T, 四只整流二极管 $V_1 \sim V_4$ 和负载 R_L 组成。其中四只整流二极管组成桥式电路的四条臂, 变压器副边绕组和接负载的输出端分别接在桥式电路的两条对角线顶点, 如图 1-7 所示。其中图(a)为常用画法, 图(b)为变形画法, 图(c)为简单画法。

2. 整流原理

变压器接入交流电源时, 副边输出交流电压 $v_2 = \sqrt{2} V_2 \sin \omega t$ 。

设 v_2 的正半周, 变压器副边电压极性为 a 正 b 负, 二极管 V_1 和 V_3 正偏导通, 负载 R_L 上获得单向脉动电流。此时 V_2 、 V_4 受到反向电压而截止。若将截止的 V_2 、 V_4 略去, 在图 1-8(a)中可以看出单向脉动电流流向为: $a \rightarrow V_1 \rightarrow c \rightarrow R_L \rightarrow d \rightarrow V_3 \rightarrow b$, 负载上电流方向从上到下, 其电压极性为上正下负。

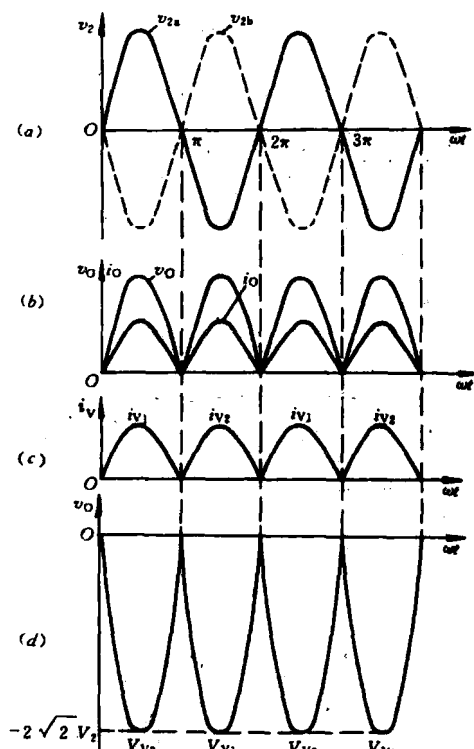


图 1-6 单相全波整流波形

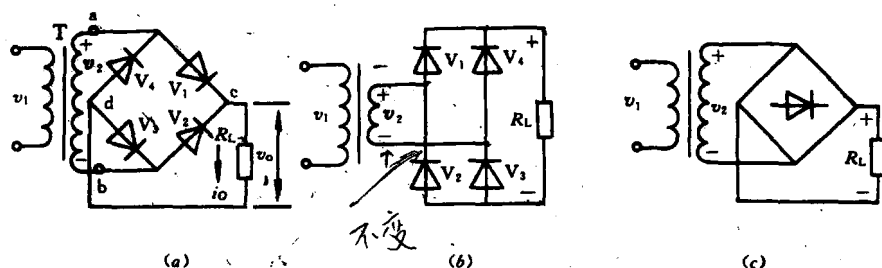


图 1-7 桥式整流电路

v_2 的负半周, 变压器副边电压极性为 a 负 b 正, 二极管 V_2 、 V_4 正偏导通, 在负载 R_L 上获得单向脉动电流, V_1 、 V_3 受到反向电压而截止。将截止的 V_1 、 V_3 略去, 从图 1-8(b)中可看出单向脉动电流流向为 $b \rightarrow V_2 \rightarrow c \rightarrow R_L \rightarrow d \rightarrow V_4 \rightarrow a$, 负载上电流方向仍然是从上到下, 电压极性也仍为

上正下负。

上述分析可以看出,在交流电压 v_2 的正负两个半周期内,负载上都能获得同方向的脉动电流和同极性的脉动电压。负载电流 i_o 和负载电压 v_o 均为两个半波的合成。电源的两个半波都能向负载供电,所以桥式整流仍属于全波整流范畴,其电流电压波形如图 1-9 所示。

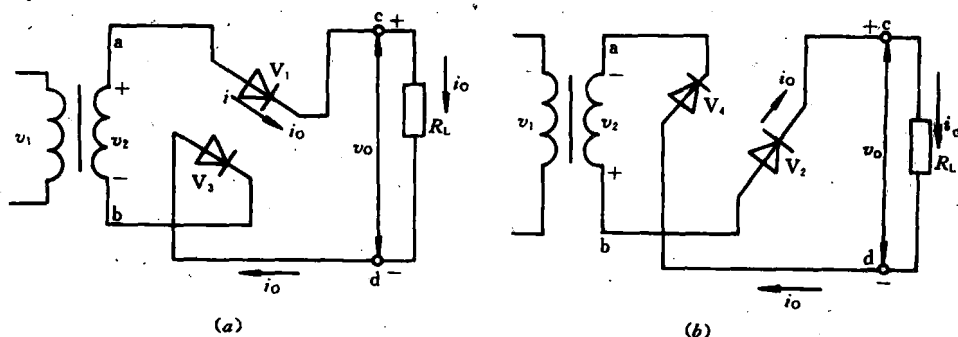


图 1-8 桥式整流电路整流原理

(a) v_2 正半周时的电流通路

(b) v_2 负半周时的电流通路

(二) 负载电压和电流

在桥式整流电路中,交流电在一个周期内的两个半波都有同方向电流通过负载,因此该整流电路输出的电流和电压均比半波整流大一倍,即

$$\begin{aligned}\bar{V}_o &= 2 \times 0.45 V_2 \\ &= 0.9 V_2\end{aligned}\quad (1-8)$$

$$\bar{I}_o = 0.9 \frac{V_2}{R_L} \quad (1-9)$$

(三) 整流二极管的电流和最高反向电压

桥式电路的结构决定了每只二极管只在半个周期内导通,所以在一个周期内流过每个管子的平均电流只有负载电流的一半,即

$$\bar{I}_V = \frac{1}{2} \bar{I}_o \quad (1-10)$$

在图 1-10 所示桥式整流电路中,若有 V_1 、 V_3 两只二极管导通时,将 v_2 并联加到不导通的两只二极管如 V_2 、 V_4 两端,使这两只二极管承受的最高反向电压为变压器副边电压峰值,如图 1-9(d) 所示,即

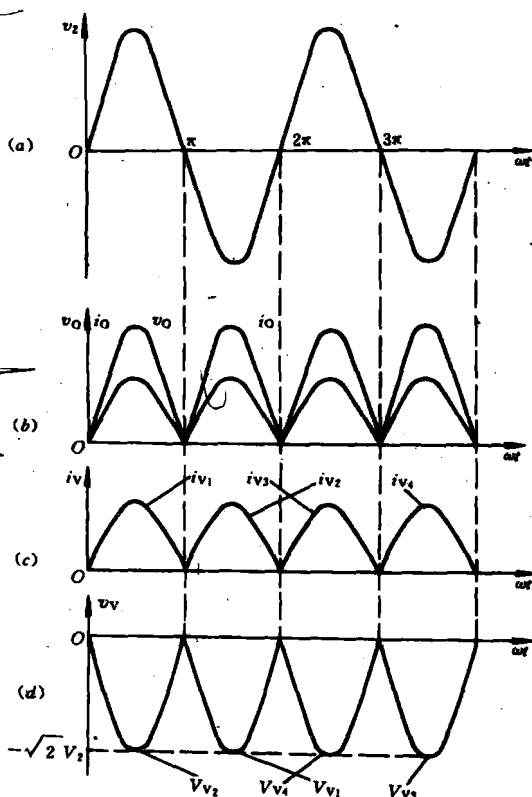


图 1-9 桥式整流电流波形