



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

电子线路

电子通讯类(试验版)

宋贵林 姜有根 主编



机械工业出版社

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 线 路

电子通讯类(试验版)

主 编	宋贵林	姜有根
参 编	胡春萍	马广月
责任主审	赖荣宗	
审 稿	唐鸿宾	李 元 庄廷舫



机械工业出版社

本书主要内容有：半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、正弦波振荡电路、线性集成电路、低频功率放大器、直流稳压电源、无线电发送与接收的基础知识、数值与逻辑代数、逻辑门电路、组合逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、模/数、数/模转换电路、大规模集成电路。

读者对象为信息技术类中专、职业高中和技校师生。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/宋贵林, 姜有根主编. —北京: 机械工业出版社, 2001.6

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-111-08991-X

I. 电… II. ①宋…②姜… III. 电子线路—专业学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 029813 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王世刚 版式设计: 冉晓华 责任校对: 申春香

封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·24 印张·590 千字

0 001—5000 册

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

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，努力为教材选用提供比较和选择，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

普 鑑

頁 4 平 1005

前言

本教材是信息技术类中专、职业高中和技校的电子线路课程国家规划教材,编写提纲是按照新的“电子线路”教学大纲编写的。为了适应不同学制和各校实际情况,把全书分为基础部分、拓宽部分和选学部分。基础部分是信息技术类专业学生的必修内容;拓宽部分(用*表示)是四年制学生必修增加的内容;选学部分(用**表示)供各校根据自己的特点灵活选用。

本书主要内容有:半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、正弦波振荡电路、线性集成电路、低频功率放大电路、直流稳压电源、无线电发送与接收的基础知识、数值与逻辑代数、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、模/数、数/模转换电路、大规模集成电路。

本书注重职业教育的特点,着重基本概念、基本分析方法和基本计算方法等基础知识的讲解。重点在于培养学生分析问题、解决问题的能力,理论联系实际能力和实际操作能力。在学习基础知识和分立元件电路的基础上,较多地介绍了新型元器件和常用集成电路的有关知识。每章均有小结、习题,书末备有实验,以供教学中选用。

本书共16章,包括模拟电路(第一章~第八章)和脉冲数字电路(第九章~第十六章)两部分。

本书第一章至第四章由宋贵林编写,第五章至第七章由胡春萍编写,第八章由马广月编写,第九章至第十六章由姜有根编写,北京无线电工业学校刘连青任主审。本书编写过程中得到了李长欣、张翠兰、赵炳棋、孔凡训、宋军、李郁文、杨西明、崔鹏飞等老师的大力帮助,编者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,请广大师生批评指正。

编 者

2001年4月

目 录

出版说明	1	一、直流通路的估算法	36
前言	1	* 二、直流通路的图解法	37
绪论	1	* 第四节 共发射极基本放大电路	40
第一章 半导体器件	3	的交流通路分析	40
* 第一节 半导体的基础知识	3	一、微变等效电路法	41
一、本征半导体的结构及其特性	3	二、交流通路的图解法	46
二、杂质半导体	3	第五节 几种常用的小信号放大电路	50
三、PN 结及其特性	4	一、分压式电流负反馈偏置电路	50
第二节 半导体二极管	5	二、电压反馈式偏置电路	52
一、二极管的结构与类型	5	三、共集电极电路	54
二、二极管的伏安特性	5	四、共基极放大电路	57
三、二极管的主要参数	8	五、三种组态的放大电路的比较	58
四、其它二极管	9	** 第六节 小信号调谐放大电路	59
第三节 半导体三极管	13	一、LC 并联谐振回路的频率特性	59
一、三极管的结构与类型	13	二、简单调谐放大电路	61
二、三极管的放大作用	14	三、调谐放大器的类型和应用	62
三、三极管的连接方法	15	四、集成中频放大电路	63
四、三极管的伏安特性曲线	16	第七节 放大电路的频率特性及产生	65
五、三极管的主要参数	19	原因	65
第四节 场效应晶体管	21	一、放大电路的频率特性	65
一、结型场效应晶体管	21	二、放大器频率特性产生的原因	66
二、绝缘栅型场效应晶体管	24	第八节 多级放大器	66
第二章 放大电路基础	29	一、多级放大器的耦合方式及其特点	66
第一节 放大器的基础知识	29	二、多级放大器的性能	68
一、放大器的基本结构	29	* 第九节 场效应晶体管放大电路	68
二、放大器的分类	29	一、自生偏压共源放大电路	68
三、放大器的基本指标	30	二、分压偏置共源放大电路	70
第二节 共发射极放大电路的基础知识	31	三、源极输出器电路	71
一、放大电路的偏置原理	32	第三章 放大电路中的负反馈	76
二、共发射极基本放大电路的结构	33	第一节 反馈的基本概念	76
三、共发射极基本放大电路的工作	34	一、反馈的概念	76
原理	34	二、反馈的类型及其判断方法	77
第三节 共发射极基本放大电路的	36	* 第二节 负反馈放大电路的一般表达式	79
直流通路分析	36	一、放大倍数	79

二、反馈深度	80	第五章 线性集成电路	105
第三节 负反馈的四种组态	81	第一节 直流放大电路的特殊问题	105
一、电流串联负反馈	81	一、直接耦合	105
二、电压串联负反馈	82	二、电位移动	105
三、电压并联负反馈	83	三、零点漂移现象	105
四、电流并联负反馈	83	* 第二节 差动放大电路	106
第四节 负反馈对放大电路性能的影响	84	一、双端输入—双端输出差动放大电路	106
一、降低放大倍数	84	二、其他形式的差动放大电路	108
二、提高放大倍数的稳定性	84	第三节 集成运算放大器概述	109
三、减小非线性失真	85	一、集成电路概述	109
四、展宽频带	85	二、集成运算放大器的基础知识	110
五、改变输入电阻和输出电阻	85	三、集成运算放大器的基本接法	113
六、减小放大器的内部噪声	86	第四节 集成运算放大器的应用	116
第四章 正弦波振荡电路	88	一、比例运算电路	116
第一节 振荡电路的基础知识	88	二、加法运算电路	116
一、振荡电路的组成	88	三、减法运算电路	117
二、振荡电路的振荡条件	88	* 四、积分运算电路	117
第二节 变压器耦合振荡电路	90	* 五、微分运算电路	118
一、变压器耦合振荡电路的结构	90	* 六、有源滤波电路	119
二、电路能否振荡的判断	91	七、电压比较电路	121
三、振荡频率 f_0	91	第五节 集成运算放大器的应用常识	122
四、变压器耦合振荡电路的应用	91	一、集成运算放大器的选择与测试	122
第三节 三点式振荡电路	92	二、集成运算放大器使用中的注意事项	123
一、三点式振荡电路的结构	92	第六章 低频功率放大电路	128
二、三点式振荡电路能否振荡的判断	93	第一节 功率放大电路的基础知识	128
三、三点式振荡电路的振荡频率 f_0	93	一、功率放大电路的特点和要求	128
四、电容三点式振荡电路	94	二、功率放大器的分类	128
五、电感三点式振荡电路	96	第二节 OTL 功率放大器	130
第四节 石英晶体振荡电路	96	一、OTL 功率放大器的特点	131
一、石英晶片的特点	97	二、OTL 功放电路的基本结构及工作原理	131
二、石英晶体振荡电路	98	三、基本的 OTL 功放电路	131
第五节 RC 正弦波振荡电路	98	四、复合管 OTL 功率放大器	134
一、RC 串并联电路的频率特性	99	五、集成电路 OTL 功率放大器	135
* 二、RC 桥式正弦波振荡电路	100	第三节 OCL 功率放大器	136
* 第六节 集成电路信号发生器	100	一、OCL 功率放大器的特点	136
一、5G8038 的基本结构	101	二、OCL 功放电路的基础知识	136
二、5G8038 的基本工作原理	101		
三、5G8038 输出信号的波形	101		
四、5G8038 的应用电路	101		

*三、OCL 功放电路的功率参数	137	稳压电路	174
四、功放管的选择条件	138	第五节 串联式开关稳压电源	175
五、分立元件 OCL 功放电路	139	一、基本结构	175
六、集成电路 OCL 功率放大器	141	二、基本工作原理	176
**第四节 BTL 功率放大器	142	**第六节 变换器电路	176
一、BTL 功率放大器的特点	142	一、电感贮能式脉冲变换器	176
二、BTL 功率放大器的基本结构	142	二、半桥式脉冲变换器	177
三、BTL 功率放大器的基本工作原理	142	**第七节 微型计算机电源	178
四、集成电路 BTL 功率放大器	143	一、主机电源	178
第五节 功率管的散热与保护	144	二、不间断电源	179
一、功率管的散热	144	**第八章 无线电发送与接收	
二、功率管的保护措施	145	的基础知识	181
*第六节 谐振功率放大器	146	第一节 无线电通信系统	181
一、谐振功率放大器的基本工作		一、无线通信系统的组成	181
原理	146	二、调制与解调	182
二、谐振功率放大器的特性分析	147	三、无线电发送设备和接收设备的	
三、谐振功率放大器电路	152	组成	183
四、谐振功率放大器实例	155	第二节 调幅与检波	184
第七章 直流稳压电源	160	一、幅度调制的基本原理	184
第一节 整流电路	160	二、幅度调制电路	187
一、半波整流电路	160	三、检波	190
二、全波整流电路	161	第三节 混频与倍频	193
三、桥式整流电路	162	一、概述	193
四、倍压整流电路	163	二、混频原理	193
五、整流电路性能的比较	164	三、混频干扰	195
第二节 滤波电路	165	四、倍频器	196
一、电容滤波电路	165	第四节 角度调制及其解调	197
二、电感滤波电路	167	一、频率调制	197
三、 Γ 型滤波电路	168	二、相位调制	199
四、 π 型滤波电路	168	三、调频信号的产生	200
五、滤波电路性能的比较	169	四、调频波解调	200
第三节 串联式稳压电路	169	第五节 反馈控制电路	203
一、简单的串联式稳压电路	169	一、自动增益控制电路	203
二、具有放大环节的串联式稳压		二、自动频率控制电路(AFC)	205
电路	170	三、锁相环路	205
第四节 集成稳压电路	173	四、集成频率合成器	206
一、W7800、W7900 三端固定		第六节 无线电接收应用实例	209
集成稳压电路	173	第九章 数制与逻辑代数	213
二、W317、W337 三端可调集成		第一节 数制与编码	213

一、计算机系统常用数制	213	第三节 竞争冒险现象及其消除	263
二、编码	215	一、竞争冒险现象产生条件	263
第二节 逻辑代数	218	二、竞争冒险的检查	265
一、基本逻辑运算	218	三、竞争冒险的消除措施	266
二、逻辑函数的表示方法	221	第十二章 触发器	269
三、逻辑运算法则和基本公式	222	第一节 基本 R-S 触发器及其功能	269
四、逻辑函数的公式化简法	224	转换	269
*五、逻辑函数的图形化简法	225	一、基本 R-S 触发器	269
第十章 逻辑门电路	234	二、触发器的功能转换	273
第一节 基本逻辑门电路	234	第二节 同步触发器	275
一、与门电路	234	一、同步 R-S 触发器	275
二、或门电路	234	二、同步 D 触发器	276
三、非门(反相器)电路	235	第三节 触发器的空翻及其抑制	277
第二节 TTL 门电路	236	一、空翻现象	277
一、与非门	236	二、几种抑制空翻的措施	277
二、OC 门	236	第十三章 时序逻辑电路	284
三、与门	237	第一节 时序逻辑电路的分类、分析及设计	284
四、三态门	238	一、时序逻辑电路分类	284
第三节 CMOS 门电路	238	二、时序逻辑电路的分析步骤	284
一、CMOS 反相器	238	三、时序逻辑电路的设计步骤	284
二、CMOS 与非门	239	第二节 寄存器	285
三、CMOS 或非门	240	一、数据寄存器	285
四、CMOS 传输门	240	*二、移位寄存器	286
第四节 门电路的使用常识	241	第三节 计数器	289
一、TTL 门电路的基本参数	242	一、二进制计数器	289
二、CMOS 门电路的基本参数	244	二、十进制计数器和任意进制计数器	292
三、逻辑门符号综述及空端处理	246	三、环形计数器	296
第十一章 组合逻辑电路	249	四、节拍器	301
第一节 组合逻辑电路的特点和设计、分析方法	249	五、分频器	303
一、组合逻辑电路的特点	249	第十四章 脉冲波形的产生与变换	308
二、组合逻辑电路的设计、分析方法	249	第一节 555 集成定时器	308
第二节 基本组合逻辑电路	249	一、电路组成	308
一、编码器	250	二、电路的基本功能	309
二、译码器	253	第二节 脉冲波形的产生	309
*三、比较器	257	一、矩形脉冲信号发生器(多谐振荡器)	309
四、数据分配器和数据选择器	259	二、锯齿波电压发生器	311
*五、加法器	260		

第三节 波形变换	312	实验三 负反馈放大器的研究	338
一、微分电路、积分电路	312	实验四 LC 正弦波振荡器	
二、施密特触发器	313	(变压器耦合式)	340
三、单稳态电路	316	实验五 差动放大电路	341
** 第十五章 模/数、数/模转换		实验六 集成运算放大器	
电路	319	主要参数的测试	343
第一节 D/A 转换电路	319	实验七 OTL 功率放大电路	345
一、转换原理	319	实验八 串联型稳压电源	346
二、典型电路	319	实验九 幅度调制器	349
第二节 A/D 转换电路	321	实验十 大信号包络检波实验	351
一、并行电压比较型 A/D 转换器	321	实验十一 变容二极管频率调制器	
二、逐次比较型 A/D 转换器	323	的调试与测量	352
三、典型电路介绍	324	实验十二 比例鉴频器的调试与	
第十六章 大规模集成电路	326	测量	354
第一节 存储器	326	实验十三 数字集成电路的简单	
一、随机存储器(RAM)	326	测试	355
二、只读存储器(ROM)	327	实验十四 组合逻辑电路的测试	363
第二节 逻辑阵列器件	331	实验十五 触发器和时序电路	
一、可编程逻辑阵列器件(PLA)	331	功能测试	366
二、通用逻辑阵列器件(GAL)	332	实验十六 多谐振荡器和施密特	
实验一 半导体二极管与三极管	334	触发器功能测试	369
实验二 分压式电流负反馈偏置		参考文献	371
电路	336		

绪 论

电子技术是当代迅速发展的学科之一,它在自动控制、通信、计算机以及家用电器等各个领域的应用日益广泛。如果在电子线路的输入端接入气敏、磁敏、光敏、热敏、压敏等敏感元件时,就可以制作出煤气报警器、金属裂纹探测器、路灯自动控制器、温度自动控制器、电子秤等设备。我们日常学习、生活中所用的收录机、扩音机、电视机、VCD机、录像机以及电话、电脑等,都是电子线路的应用产品。

以扩音机为例,当有人对着话筒讲话时,我们就可以从扬声器中听到洪亮的声音。这是为什么呢?话筒是一种把声音转变成电信号的(声—电转换)设备。当人们对着话筒讲话时,话筒就把声音转变成微弱的音频电压信号送入扩音机。扩音机内部具有电压放大电路、功率放大电路、电源电路及控制电路等。它们利用电源提供的能源,首先把话筒送入的微弱的音频信号进行电压放大,然后再进行功率放大,从而得到很大功率的音频信号电流,最后送入扬声器。扬声器是一种把电信号转变成声音的(电—声转换)设备,它把输入的音频信号电流变成声音输出。扩音机中的各种电压放大电路、功率放大电路、电源电路及控制电路等,都是今后我们在电子线路这门课中要学到的知识。

《电子线路》包括模拟电路和脉冲数字电路两部分,它是中等职业学校信息技术类专业必修的一门专业基础课程,也是电子技术的入门基础课程。它的任务是使学生具备从事信息技术工作的高素质劳动者和中级专门人才所必须的电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,为培养学生的创新能力和全面素质打下良好的基础。

电子电路中的信号,有模拟信号和数字信号两种。所谓模拟信号,是指在时间上和数值上都是连续的信号,并将产生、放大和处理这些信号电子电路称为模拟电路。所谓数字信号,是指在时间上和数值上都是离散的信号,并将产生、放大和处理这些信号电子电路称为数字电路。这两种电路的区别还在于电路中电子器件的工作状态不同;在模拟电路中,电子器件工作在放大区,处于连续变化的线性状态中;在数字电路中,电子器件工作在截止区或饱和区,处于时而截止时而饱和的开关状态中。

通过理论和实践教学,使我们掌握电子线路中各种基本电路的工作原理、基本功能、性能特点及应用实例,掌握常用电子仪器的正确使用方法,具有查阅电子元器件手册及合理选用元器件的能力,具有应用常见模拟电路和数字电路的能力,具有测试常用电子线路的功能、性能及排除简单故障的能力,初步具有应用集成电路的能力;培养我们的辩证唯物主义观点,实事求是的科学态度,分析问题和解决问题的能力,观察和思考问题的能力,并具有良好的职业道德。

在今后的学习中,将学习许多电子线路的基本概念、基本原理、基本电路及其分析方法。电子线路是一门实践性很强的课程,除了要牢固掌握它的基本理论外,还要重视实验技术。如果只有理论知识而缺乏实践,就不能真正把电子技术学到手。在今后学习理论知识的同时,一定要认真上好实验课,学会调试与测量电子电路的基本方法,掌握各种基本电子

仪器的使用方法，学会查阅电子器件手册，努力把书本上学到的理论知识应用到实践中去。在课余时间要力所能及地多搞一些电子技术小制作，多读一些电子技术期刊杂志，特别是一些电子技术应用类的资料，逐渐扩大自己的知识技术领域，就一定能学好电子线路这门课程。

第一章 半导体器件

*第一节 半导体的基础知识

半导体器件是电子电路的核心，电子电路的质量与所用半导体器件的质量关系非常密切。因此，学习电子电路必须首先了解半导体器件的构造，掌握它们的工作原理、特性和参数。半导体器件的种类很多，一般来说，由半导体材料制造的二极管、三极管、场效应管及集成电路等，统称为半导体器件。本章论述的主要是半导体和半导体二极管、三极管、场效应管的基础知识。

世界上有多种物质，按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体三类。导电性能良好的称为导体，例如各种金属及酸、碱、盐的水溶液等。不善于导电的称为绝缘体，例如玻璃、橡胶及陶瓷等。另外还有一类物质，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，称为半导体，例如硅、锗、硒、砷化镓和大多数金属氧化物及硫化物等。

一、本征半导体的结构及其特性

(一) 本征半导体的结构

纯净的半导体又称为本征半导体。常用的半导体硅(Si)、锗(Ge)分别由硅、锗原子组成。在常温下，由于其为共价键结构而处于稳定状态，自由电子极少，所以它们的导电性能很差。由于某种原因(例如受热、光照)，有的价电子由于吸收能量而内能增加，挣脱了原子核的束缚变为自由电子。电子离去后，原来的位置就留下一个空位，这个空位我们称它为“空穴”。

一个价电子的离去即可形成一个电子和一个空穴，这个空穴又可以被别的电子填补，这样就又产生了一个新的空穴。电子和空穴均为载流子。在电场的作用下，电子向高电位运动，空穴向低电位运动，形成了电流。

(二) 本征半导体的特性

1. 热敏特性

当半导体的温度升高时，电子、空穴增多，它的导电性能就会随着温度的升高而增强。半导体的这种特性，称为热敏特性。利用半导体的热敏特性可制成热敏元件。

2. 光敏特性

当半导体受到光的照射时，电子、空穴也会增多，它的导电性能也会随光照的增强而增强。半导体的这种特性称为光敏特性。利用半导体的光敏特性可制成光敏元件。

3. 掺杂特性

当我们有目的的往本征半导体中掺入微量的五价或三价元素时，它的导电性能就会急剧增强。半导体的这种特性称为掺杂特性。利用半导体的掺杂特性，可以制成半导体材料。

二、杂质半导体

利用半导体的掺杂特性往本征半导体中掺入微量的五价或三价元素，就制成了半导体材

料。半导体材料有 N 型和 P 型两种，是制作各种半导体元器件的材料。

(一) N 型半导体

往本征半导体中掺入微量的五价元素，就可得到 N 型半导体材料。这是由于五价元素的掺入使自由电子浓度增大，进而使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。N 型半导体的导电是以电子导电为主的，所以 N 型半导体又称为电子导电半导体。

密雷(二) P 型半导体

往本征半导体中掺入微量的三价元素，就可得到 P 型半导体材料。这是由于三价元素的掺入使空穴浓度增大，进而使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。在电场的作用下，电子依次填补“空穴”形成电流。P 型半导体的导电是以空穴导电为主的，所以 P 型半导体又称为空穴导电半导体。

由于杂质的掺入，使得 N 型半导体和 P 型半导体内部的载流子数目远远大于本征半导体，所以半导体材料的导电能力比本征半导体有了极大的增强。但是，在本征半导体中掺入杂质的目的，并不仅是为了提高半导体的导电能力，而更重要的是通过控制掺杂量，制造出合乎要求的半导体材料，用来生产半导体器件。

三、PN 结及其特性

(一) PN 结

当我们把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体以一定的工艺方法结合在一起时，P 型半导体中的空穴和 N 型半导体中的电子就会相互扩散、复合，在它们的界面就会形成一个带有电荷而无载流子的特殊薄层，这个薄层就叫作 PN 结。PN 结的 P 型区由于失电子、得电子而带负电，PN 结的 N 型区由于失电子、得空穴而带正电，由此形成的电场称为 PN 结电场。由于 PN 结内的电子与空穴已经复合而无载流子，所以 PN 结又叫做“耗尽层”，PN 结的结构如图 1-1 所示。

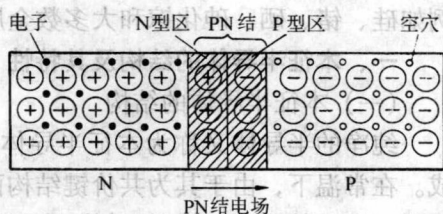


图 1-1 PN 结的结构示意图

(二) PN 结的特性

PN 结具有单向导电特性，即加正向电压导电、加反向电压不导电。PN 结的单向导电特性具有很重要的理论和实用意义，它是分析半导体二极管和三极管工作原理的基础。

1. PN 结正向导电

当给 PN 结加上正向电压(P 端接高电位，N 端接低电位)时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相反。由于外电场的加入，使 PN 结电场减弱，PN 结变薄，使得扩散能够继续进行而导电，如图 1-2a 所示。

2. PN 结反向不导电

当给 PN 结加反向电压(P 端接低电位，N 端接高电位)时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相同。由于外电场的加入，使 PN 结电场增强，PN 结变厚，使得扩散不能进行而不导电，如图 1-2b 所示。

材料科学出版社

材料科学出版社

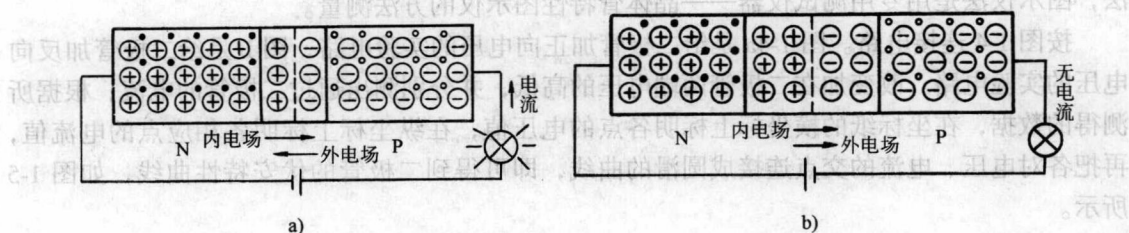


图 1-2 PN 结的单向导电特性

a) PN 结正向导电 b) PN 结反向不导电

第二节 半导体二极管

半导体二极管是电子电路中常用的一种半导体器件，它主要用于整流、稳压、检波、钳位及温度补偿等。在本书中，如无特殊指定，“二极管”均指半导体二极管。

一、二极管的结构与类型

1. 二极管的结构

一个二极管是由一个 PN 结加上引线经封装而构成的，如图 1-3a 所示。P 区接出的引线为二极管的正极，N 区接出的引线为二极管的负极。二极管在电路中常用一个专用图形符号来表示，如图 1-3b 所示；带箭头的一端为二极管的正极，带竖线的一端为二极管的负极；图中，VD 是二极管的文字符号。

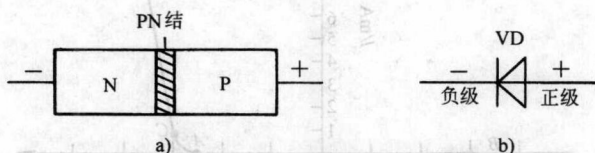


图 1-3 二极管的结构与符号

a) 二极管的结构 b) 二极管的符号

2. 二极管的类型

按构成二极管的半导体材料种类，二极管可分为硅管和锗管；按二极管的耗散功率，可分为大功率管、中功率管和小功率管；按二极管的工作频率，可分为高频管和低频管；按二极管的用途可分为普通管、整流管、变容管、开关管、稳压管和阻尼管等。

国产半导体器件的型号由一组数字和汉语拼音字母构成，用来表示器件的类型、材料和参数。半导体器件型号的命名方法，请参阅有关晶体管手册。

二、二极管的伏安特性

前面已经简述过，PN 结具有单向导电性。为了对由 PN 结构的二极管作具体的分析，必须仔细地研究二极管两端所加电压与通过二极管的电流之间的关系，即二极管的伏安特性。二极管的伏安特性通常用曲线来描述，这种曲线就叫做二极管的伏安特性曲线。

(一) 用描点法作二极管的伏安特性曲线

二极管伏安特性曲线的获得，可以采用描点法或图示仪法。描点法是下面将说明的方

法，图示仪法是用专用测试仪器——晶体管特性图示仪的方法测量。

按图 1-4 连接电路。图 1-4a 是给二极管加正向电压的实验电路，图 b 是给二极管加反向电压的实验电路。改变加在二极管两端电压的高低，并分别测出通过二极管的电流；根据所测得的数据，在坐标纸的横坐标上标明各点的电压值，在纵坐标上标明各相应点的电流值，再把各对电压、电流的交点连接成圆滑的曲线，即可得到二极管的伏安特性曲线，如图 1-5 所示。

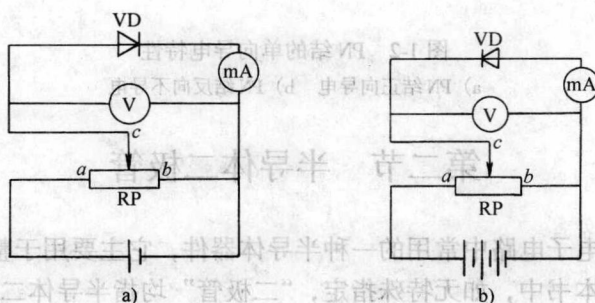


图 1-4 二极管伏安特性曲线的测试电路

a) 给二极管加正向电压 b) 给二极管加反向电压

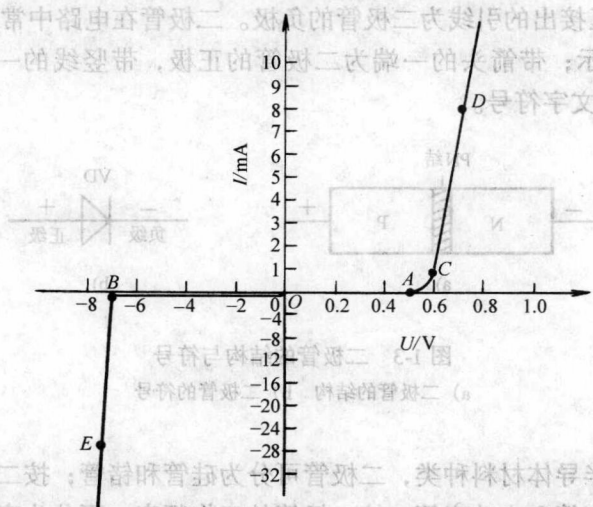


图 1-5 二极管的伏安特性曲线

1. 二极管的正向伏安特性曲线

按图 1-4a 连接电路(以 2CP 型硅二极管为例)。把电位器 RP 的滑动端 c 从 b 点逐渐向 a 点移动，从零开始逐渐给二极管加正向电压，即可得到二极管的正向伏安特性曲线。二极管的正向伏安特性曲线可分为：死区、非线性区和线性区三段，如图 1-5 中第一象限的曲线所示。

1) 死区 当正向电压较低时电流极小且不随电压的增高而增大，曲线几乎与横轴重合，此段叫作死区，如图中 OA 段所示，相应的电压值一般为 0~0.5V，A 点的电压 U_A 称为死区电压。锗管的死区电压约为 0.1V。

2) 非线性区 当正向电压从 A 点再升高时, 电流逐渐增大, 且电流与电压呈曲线关系增大, 此段叫作非线性区, 如图中 AC 段所示, 相应的电压值一般为 $0.5 \sim 0.6\text{V}$ 。

3) 线性区 当正向电压从 C 点再升高时, 电流将很快增大, 且电流与电压呈线性关系, 此段叫作线性区, 相应的电压值一般为 $0.6 \sim 0.8\text{V}$, 如图中 CD 段所示。此后, 如果所加电压过高, 二极管可能因电流过大而烧毁。锗管的线性区电压约为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ 。(一)

2. 二极管的反向伏安特性曲线

由于普通二极管反向击穿后将造成永久性的损坏, 为了实验的安全, 学习测试二极管的反向伏安特性曲线时, 可使用 6V 左右的硅稳压二极管, 如 $2\text{CW}55$ 。如欲测试普通二极管的反向伏安特性曲线, 建议采用晶体管特性图示仪。

按图 1-4b 连接电路。把电位器 RP 的滑动端 c 从 b 点逐渐向 a 点移动, 从零开始逐渐给二极管加反向电压, 即可得到二极管的反向伏安特性曲线。二极管的反向伏安特性曲线可分为截止区和击穿区两段, 如图 1-5 中第三象限的曲线所示。

1) 截止区 当反向电压从零增大到 -0.1V 时, 二极管只有极小(几乎为零)的反向电流; 随后, 反向电流不再随反向电压的增高而增大, 只保持这个极小的数值不再增大, 这就是二极管的反向饱和电流, 如图中 OB 段所示。硅二极管的反向饱和电流在纳安(nA)级, 锗二极管的反向饱和电流在微安(μA)级。

2) 击穿区 当反向电压超过 B 点电压继续增高时, 二极管将突然出现很大的反向电流, 称此时的二极管处于反向击穿状态, B 点电压 U_B 称为反向击穿电压, 如图中 BE 段所示。二极管进入击穿区后, 如果对反向电流不加以限制并继续增高反向电压, 二极管将会被击穿。普通二极管击穿后, 将造成永久性的损坏; 硅稳压二极管正常工作时, 就是工作在反向击穿区, 但也应对硅稳压二极管的反向击穿电流加以限制, 否则也将造成损坏。

3. 二极管伏安特性曲线的几点说明

1) 从二极管的伏安特性曲线可以看出, 二极管具有单向导电特性, 在一定条件下可视为一个开关。对硅二极管来说, 其两端所加电压大于 0.7V 时, 相当于一个闭合的开关; 其两端所加电压小于 0.5V 时, 相当于一个断开的开关。在数字电路中, 常用硅开关二极管作为开关器件。

2) 在没有限制电流措施的情况下, 给二极管加过高的正向电压或反向电压均能使通过 PN 结的电流过大而使二极管损坏, 这一点在测量普通二极管的反向伏安特性曲线时应该特别注意。

3) 处于正向线性区和反向击穿区的二极管, 均具有“电压的微小变化会引起电流的很大变化”的特性, 即稳压特性。利用二极管的稳压特性, 可使二极管在电路中起稳压作用。一般说来, 只有稳压二极管才可利用在反向击穿区的稳压特性对电路进行稳压, 而普通二极管只允许利用在正向线性区的稳压特性对电路进行稳压。

4) 二极管的正向伏安特性曲线与反向伏安特性曲线的坐标刻度一般是不一样的, 实用中应予以注意。

5) 温度的高低对二极管的伏安特性曲线影响很大, 这是由于半导体的热敏性造成的。当温度升高时, 二极管的正向伏安特性曲线将向左移动, 反向伏安特性曲线将向下移动, 使二极管的性能变差。在实际应用中, 必须限制通过二极管的电流或加强散热, 以保证二极管的性能并保护二极管不被损坏。