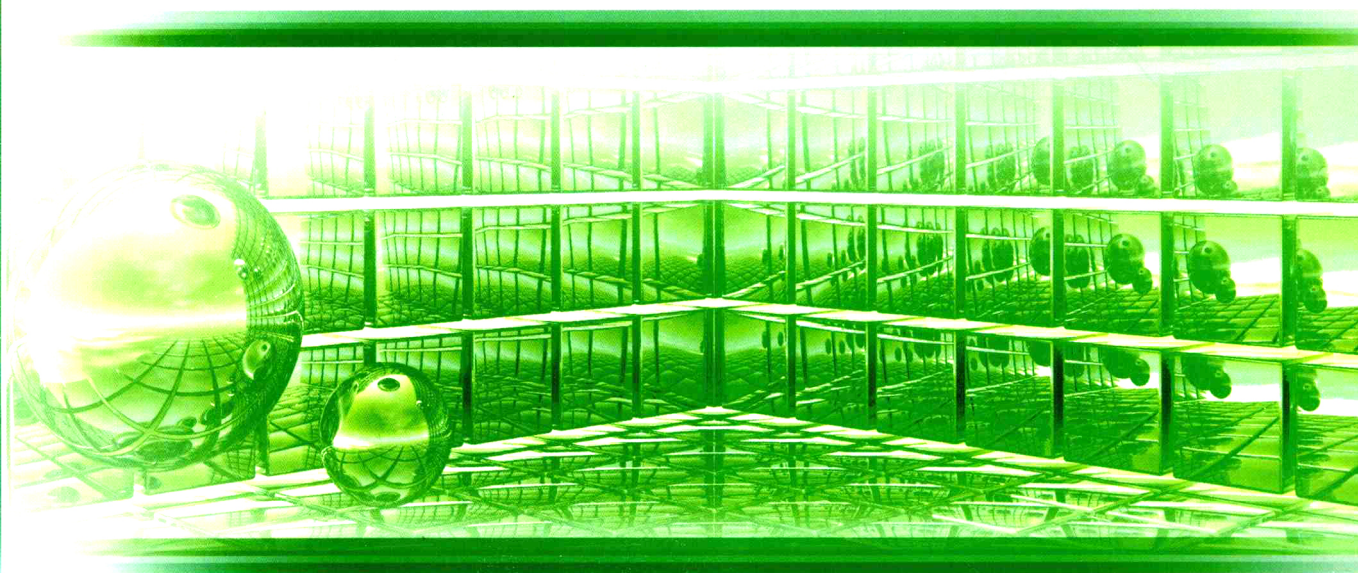




河南职业技术学院

国家示范性高职院校建设项目成果



电子线路分析与实践



张湘洁 武漫漫 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件等

河南职业技术学院
国家示范性高职院校建设项目成果

电子线路分析与实践

主 编 张湘洁 武漫漫
副主编 王东辉 万 弢
参 编 孙雷明 秦连铭 王香丽
主 审 孙立红



机械工业出版社

本书是编者在多年教学改革与实践的基础上,依据教育部制定的相关专业高技能人才培养的要求编写而成的,突破传统的学科教育对学生技术应用能力培养的局限,以任务构建教学体系,以任务驱动教学内容。

本书包括模拟电路分析与实践和数字电路分析与实践两部分。其中模拟电路分析与实践部分分为7个任务:小夜灯的制作、声控闪光电路的制作、热释电人体红外传感器的制作、电子助听器的制作、语言提示和告警电路的制作、接近开关的制作和低压直流电源的制作。数字电路分析与实践部分分为5个任务:声光显示逻辑电平测试笔的制作、八路锁存器的制作、单脉冲计数电路的制作、八路智力抢答电路的制作和温度传感器的制作。

本书可作为高职高专院校电气、电子、通信、自动化、计算机等专业电子技术课程的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、习题解答等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电或邮件索取,咨询电话:010-88379564 或邮箱:cmpqu@163.com。有任何技术问题也可通过以上方式联系。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路分析与实践/张湘洁,武漫漫主编. —北京:机械工业出版社, 2010.12

河南职业技术学院. 国家示范性高职院校建设项目成果
ISBN 978-7-111-32813-1

I. ①电… II. ①张…②武… III. ①电子电路-电路分析-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第251933号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海 张丽萍 王宗锋

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.25印张·427千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32813-1

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

序

三载寒暑，数易其稿，我院国家示范性高职院校建设成果之一——工学结合的系列教材终于付梓了，她就像一簇小花，将为我国高职教育园地增添一抹春色。我院入选国家示范性高职院校建设单位以来，以强化内涵建设为重点，以专业建设为龙头，以精品课程和教材建设为载体，与行业企业技术、管理专家共同组建专业团队，在课程改革的基础上，共同编著了30余部教材，涵盖了我院的机电一体化技术、电子信息工程技术、汽车检测与维修技术、烹饪工艺与营养四个专业的30余门专业课程。在保证知识体系完整性的同时，体现基于工作过程的基本思想，是本批教材探讨的重点。

本批教材是学院与行业企业共同开发的，适应区域、行业经济和社会发展的需要，体现行业新规范、新标准，反映行业企业的新技术、新工艺、新材料。教材内容紧密结合生产实际，融“教、学、做”为一体，力求体现能力本位的现代教育思想和理念，突出高职教育实践技能训练和动手能力培养的特色，注重实用性、先进性、通用性和典型性，是适合高职院校使用的理论和实践一体化教材。

本批教材由我院国家示范性重点建设专业的专业带头人、骨干教师与相关行业企业的技术、管理专家合作编写，这些同志大都具有多年从事职业教育和生产管理一线的实践经验，合作团队中既有享受国务院政府特殊津贴的专家、河南省“教学名师”，又有河南省教育厅学术技术带头人、国家技能大赛优胜者等。学院教师长期工作在高职教育教学一线，熟悉教学方法和手段，理论方面有深厚功底，行业企业专家具有丰富的实践经验，能够把握教材的广度和深度，设定基于工作过程的教学任务，两者结合，优势互补，体现“校企合作、工学结合”的主要精髓。相信这批教材的出版，将会为我国高职教育的繁荣发展做出一定贡献。

河南职业技术学院院长 王爱群

前 言

根据教育部、财政部关于确立“国家示范性高等院校建设计划”2008年度立项建设院校的通知（教高函【2008】17号），河南职业技术学院被确立为立项建设院校。本书所属课程是该院中央财政支持的重点建设专业电子信息工程技术的专业核心课程之一。

本书内容以电子产品的设计与制作为最终目标，注重实践，将完成电子产品设计制作的工作过程整合成工作任务。以任务驱动教学，从提出“教学目的”开始，在完成工作任务的过程中，突出制作工艺要领和操作技能的培养；在每个任务的“知识能力”部分，将本任务中涉及的理论知识进行梳理，努力使实训时脱离理论教材，实现理论实训一体化。在“技能能力”部分，使学生熟悉各种典型的单元电路，对电子器件着重介绍其外部特性和参数，重点放在使用方法和实际应用上；对典型电路进行分析时，不做过于繁杂的理论推导；对集成电路主要介绍新器件的型号、特点和应用。并将工作过程进行教学描述，设计出“任务单”，要求学生从资讯、决策、计划、实施、检查、评价等六个方面开放学习，并在每个任务后面给出“考核标准”，对训练过程进行记录，并相应给出量化参考标准。最后，通过“知识测试”巩固学习成果。

本书由河南职业技术学院张湘洁和武漫漫担任主编，其中模拟电路分析与实践部分的任务3、任务4、任务5以及数字电路分析与实践部分的任务9、任务10由张湘洁老师编写；模拟电路分析与实践部分的任务1、任务2由王东辉老师编写；模拟电路分析与实践部分的任务6、任务7和数字电路分析与实践部分的任务11由武漫漫老师编写；数字电路分析与实践部分的任务12由万弢老师编写；数字电路分析与实践部分的任务8由张湘洁、孙雷明、秦连铭、王香丽老师共同编写。海尔工贸技术中心技术经理孙立红对本书进行审稿，并提出很多建议，特此感谢。

为方便教学，本书配有免费电子课件、习题解答等，凡选用本书作为授课教材的学校，均可来电或邮件索取，咨询电话：010-88379564 或邮箱：cmpqu@163.com。有任何技术问题也可通过以上方式联系。

由于编者水平有限，编写时间仓促，难免书中有疏漏、错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

上篇 模拟电路分析与实践

任务 1 小夜灯的制作	1
1.1 半导体的基础知识	1
1.2 二极管的特性及主要参数	4
1.3 工作任务描述	6
1.4 工具、仪器及材料	6
1.5 操作步骤	6
1.6 任务单	11
1.7 考核标准	12
1.8 知识测试	14
任务 2 声控闪光电路的制作	16
2.1 晶体管	16
2.2 场效应晶体管	21
2.3 放大电路的基本知识	24
2.4 基本共射放大电路	26
2.5 典型的静态工作点稳定电路	34
2.6 共集电极放大电路	36
2.7 共基极放大电路	38
2.8 多级放大电路	39
2.9 放大电路的频率响应	41
2.10 工作任务描述	43
2.11 工具、仪器及材料	44
2.12 操作步骤	44
2.13 任务单	46
2.14 考核标准	47
2.15 知识测试	49
任务 3 热释电人体红外传感器的制作	53
3.1 红外传感器的结构和原理	53
3.2 集成运算放大器	54
3.3 差动放大电路	55
3.4 恒流源式差动放大电路	59
3.5 理想运算放大器	61
3.6 有源滤波电路	66
3.7 集成运算放大器的非线性应用——电压比较器	69

3.8 工作任务描述	71
3.9 工具、仪器及材料	71
3.10 操作步骤	72
3.11 任务单	73
3.12 考核标准	74
3.13 知识测试	75
任务4 电子助听器制作	79
4.1 反馈的概念	79
4.2 反馈放大电路的一般表达式	79
4.3 反馈的类型及其判定方法	81
4.4 负反馈对放大电路性能的影响及引入原则	86
4.5 深度负反馈放大电路	88
4.6 工作任务描述	90
4.7 工具、仪器及材料	90
4.8 操作步骤	91
4.9 任务单	92
4.10 考核标准	93
4.11 知识测试	94
任务5 语言提示和告警电路制作	96
5.1 功率放大电路	96
5.2 几种常见的功率放大电路	98
5.3 工作任务描述	102
5.4 工具、仪器及材料	103
5.5 操作步骤	104
5.6 任务单	105
5.7 考核标准	106
5.8 知识测试	107
任务6 接近开关制作	109
6.1 正弦波振荡电路的基本概念	109
6.2 RC 桥式正弦波振荡电路	111
6.3 LC 正弦波振荡电路	112
6.4 非正弦波发生电路	117
6.5 工作任务描述	119
6.6 工具、仪器及材料	120
6.7 操作步骤	120
6.8 任务单	121
6.9 考核标准	122
6.10 知识测试	123
任务7 低压直流电源制作	126
7.1 直流电源概述	126
7.2 整流电路	127
7.3 滤波电路	128
7.4 稳压电路	130

7.5 三端集成稳压器	131
7.6 工作任务描述	133
7.7 工具、仪器及材料	133
7.8 操作步骤	134
7.9 任务单	136
7.10 考核标准	137
7.11 知识测试	138

下篇 数字电路分析与实践

任务8 声光显示逻辑电平测试笔的制作	140
8.1 数字信号与模拟信号的基本知识	140
8.2 数制与码制	141
8.3 基本逻辑关系	144
8.4 门电路	147
8.5 工作任务描述	154
8.6 工具、仪器及材料	155
8.7 操作步骤	156
8.8 任务单	157
8.9 考核标准	158
8.10 知识测试	159
任务9 八路锁存器的制作	162
9.1 基本公式与定律	162
9.2 基本规则及逻辑函数的表示	163
9.3 用代数法化简逻辑式	165
9.4 逻辑函数的卡诺图化简法	166
9.5 具有无关项的逻辑函数及其化简	169
9.6 组合逻辑电路的分析	170
9.7 组合逻辑电路的设计	171
9.8 编码器	172
9.9 译码器	175
9.10 数据选择器和数据分配器	177
9.11 加法器	182
9.12 数值比较器	183
9.13 组合逻辑电路中的竞争冒险	184
9.14 工作任务描述	186
9.15 工具、仪器及材料	186
9.16 操作步骤	187
9.17 任务单	190
9.18 考核标准	191
9.19 知识测试	192
任务10 单脉冲计数电路的制作	195
10.1 触发器	195
10.2 时序逻辑电路	204

10.3	计数器	207
10.4	寄存器	215
10.5	工作任务描述	220
10.6	工具、仪器及材料	221
10.7	操作步骤	221
10.8	任务单	222
10.9	考核标准	224
10.10	知识测试	225
任务 11	八路智力抢答电路的制作	230
11.1	单稳态触发器	230
11.2	施密特触发器	235
11.3	多谐振荡器	238
11.4	工作任务描述	239
11.5	工具、仪器及材料	242
11.6	操作步骤	243
11.7	任务单	244
11.8	考核标准	245
11.9	知识测试	247
任务 12	温度传感器的制作	249
12.1	D/A 转换器	249
12.2	A/D 转换器	255
12.3	工作任务描述	261
12.4	工具、仪器及材料	262
12.5	操作步骤	262
12.6	任务单	265
12.7	考核标准	266
12.8	知识测试	267
参考文献		268

上篇 模拟电路分析与实践

任务1 小夜灯的制作

教 学 目 的

知识能力：掌握二极管的结构符号及分类；理解常用电子元器件的特性；掌握二极管电路的分析方法；掌握具有其他功能二极管的应用方法；为分析实际的电子电路打下必要基础。

技能能力：掌握常用二极管的识别与测试方法。

社会能力：训练学生的工程意识、良好的劳动纪律观念和自学能力；培养学生良好的语言表达能力、客观评价能力、劳动组织和团体协作能力以及自我学习和管理的素养。

► 知识能力



1.1 半导体的基础知识

自然界中的物质，按其导电能力可分为三大类：导体、半导体和绝缘体。易于传导电流的物质称为导体，如金、银、铜、铝等金属材料；很难传导电流的物质称为绝缘体。现代电子技术中常用的半导体材料主要有硅（Si）、锗（Ge）和化合物砷化镓（GaAs）等，硅是目前最常用的一种半导体材料，其次是锗半导体材料。

半导体除了在导电能力方面不同于导体和绝缘体外，它还具有一些其他物质不具备的特点：①热敏性，当半导体材料受外界热刺激时，其导电能力将发生显著改变；②光敏性，当半导体材料受外界光照射时，其导电能力将发生显著改变；③掺杂性，在纯净半导体材料中，掺入微量杂质，半导体的导电能力会显著增加。

利用半导体的这些特点，可以制成半导体热敏器件、光敏器件和半导体二极管、晶体管、场效应晶体管等器件。

1. 本征半导体

完全纯净的、结构完整的半导体材料称为本征半导体。

（1）本征半导体的原子结构及共价键 硅和锗都是四价元素，它们都具有四个价电子。在本征半导体材料硅和锗中，每个原子外层的价电子不仅受到自身原子核的束缚，而且受到周围相邻原子核的束缚，每个价电子的个别轨道，成为相邻两个原子间两个价电子的公共轨道，这就是晶体中的共价键结构。形成共价键后，每个原子的最外层电子是八个，构成稳定结构。共价键有很强的结合力，使原子规则排列，形成晶体。共价键内的两个电子由相邻的

原子各用一个价电子组成,称为束缚电子。图 1-1 所示为硅和锗的原子结构和共价键结构。

(2) 本征激发和两种载流子——自由电子和空穴 绝对零度下,本征半导体中没有可以自由移动的带电粒子。

本征激发:当温度 $T=0\text{K}$ 时,半导体不导电,如同绝缘体。在 $T=300\text{K}$ 的室温下,将有少数价电子克服共价键的束缚成为自由电子,在原来的共价键中留下一个空位——空穴。在晶体中产生电子—空穴对的现象称为本征激发,如图 1-2 所示。

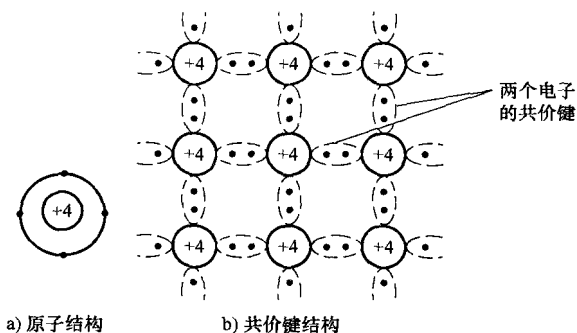


图 1-1 硅和锗的原子结构和共价键结构

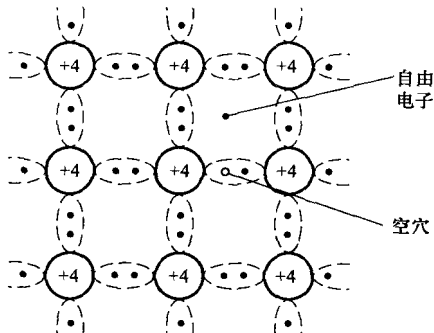


图 1-2 本征半导体中的自由电子和空穴

由于共价键出现了空穴,在外加电场或其他的作用下,邻近价电子就可填补到这个空位上,而在这个电子原来的位置上又留下新的空位,以后其他电子又可转移到这个新的空位。这样就使共价键中出现一定的电荷迁移。空穴的移动方向和电子的移动方向是相反的。自由电子和空穴使本征半导体具有导电能力,但很微弱。在一定温度下本征半导体中载流子的浓度是一定的,并且自由电子与空穴的浓度相等。因此,在本征半导体中存在两种载流子,即带负电的自由电子和带正电的空穴,它们是成对出现的。

2. 杂质半导体

在本征半导体中掺入某些微量元素作为杂质,可使半导体的导电性发生显著变化。掺入的杂质主要是三价或五价元素。掺入杂质的本征半导体称为杂质半导体。杂质半导体包括: N 型半导体——掺入五价杂质元素(如磷)的半导体; P 型半导体——掺入三价杂质元素(如硼)的半导体。

(1) N 型半导体 (N-type Semiconductor) 五价磷、锑、砷等杂质原子中只有四个价电子能与周围四个半导体原子中的价电子形成共价键,而多余的一个价电子因无共价键束缚而很容易形成自由电子,但与此同时五价杂质原子成为一个不能移动的正离子,同时也存在热激发产生的电子和空穴对,如图 1-3a 所示。在 N 型半导体中,自由电子是多数载流子,它主要由杂质原子提供;空穴是少数载流子,提供自由电子的五价杂质原子因带正电荷而成为正离子。N 型半导体的简化表示法如图 1-4a 所示。

(2) P 型半导体 (P-type Semiconductor) 在硅(或锗)半导体晶体中,掺入微量的三价元素,如硼(B)、镓(Ga)等,则构成 P 型半导体。

三价元素只有三个价电子,在与相邻的硅(或锗)原子组成共价键时,由于缺少一个价电子,在晶体中便产生一个空位,邻近的束缚电子如果获取足够的能量,就有可能填补这个空位,使原子成为一个不能移动的负离子,但与此同时产生了一个空穴。同时也存在热激发产生的电子和空穴对,如图 1-3b 所示。因此,在 P 型半导体中空穴是多数载流子,它主

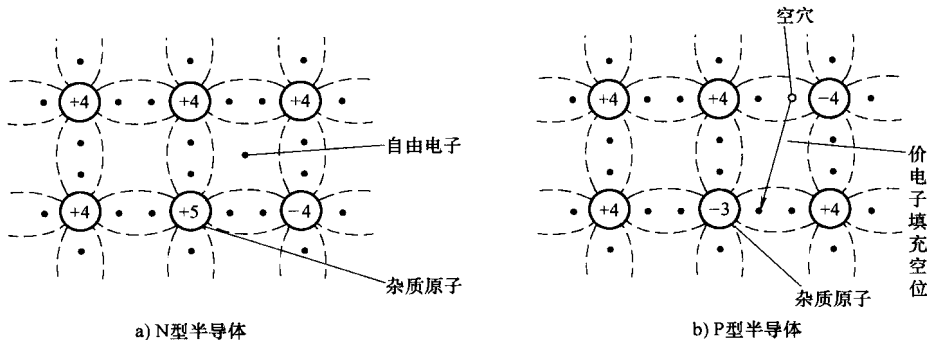


图 1-3 杂质半导体结构示意图

要由杂质原子提供；电子是少数载流子。P 型半导体的简化表示法如图 1-4b 所示。

由上述分析可知，根据所掺杂质的不同，杂质半导体可分为 P 型和 N 型半导体两大类。在 P 型半导体中，除含有多数载流子空穴及与其数目相等的受主杂质离子（不能移动的负离子）外，还有本征激发产生的少数电子—空穴对，如图 1-4b 所示。在 N 型半导体中，除含有多数载流子电子及与其数目相等的施主杂质离子（不能移动的正离子）外，还有本征激发产生的少数电子—空穴对，如图 1-4a 所示。杂质半导体中的正、负电荷数量相等，因此仍然保持电中性。

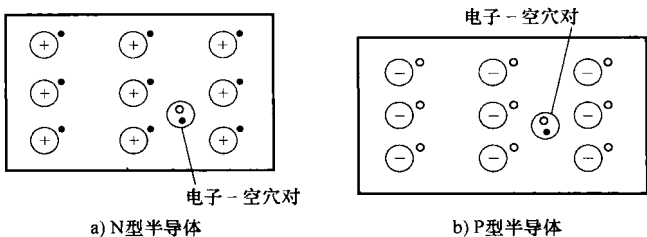


图 1-4 杂质半导体的简化表示法

导体中，除含有多数载流子电子及与其数目相等的施主杂质离子（不能移动的正离子）外，还有本征激发产生的少数电子—空穴对，如图 1-4a 所示。杂质半导体中的正、负电荷数量相等，因此仍然保持电中性。

(3) 杂质对半导体导电性的影响 掺入杂质对本征半导体的导电性有很大的影响，一些典型的数据如下： $T = 300\text{K}$ 室温下，本征硅的自由电子和空穴浓度为 $1.4 \times 10^{10} \text{ 个/cm}^3$ ，掺杂后的 N 型半导体中的自由电子浓度为 $5 \times 10^{16} \text{ 个/cm}^3$ ，本征硅的原子浓度为 $4.96 \times 10^{22} \text{ 个/cm}^3$ ，以上三个浓度的数量级基本上依次相差 10^6 个/cm^3 。

3. PN 结及其单向导电性

通过现代工艺，使一块本征半导体的一边形成 P 型半导体，另一边形成 N 型半导体，于是两个区域的交界处就形成了一个特殊的薄层，称为 PN 结。

(1) PN 结的形成 由于两侧的电子和空穴的浓度相差很大，因此它们会产生扩散运动：电子从 N 区向 P 区扩散，空穴从 P 区向 N 区扩散。电子和空穴相遇时，将发生复合而消失，它们向另一侧扩散的同时在 N 区留下了带正电的空穴，在 P 区留下了带负电的杂质离子，这样就形成了空间电荷区（耗尽层），扩散的结果使空间电荷区变宽。也就是形成了内电场，方向为 N 区→P 区。PN 结的形成如图 1-5 所示。

在内电场的作用下，载流子将作漂移运动，它的运动方向与扩散运动的方向相反，内电场越强使漂移运动越强，从而使空间电荷区变窄。内电场的强弱与扩散的程度有关，扩散的越多，内电场越强，同时对扩散运动的阻力也越大，当扩散运动与漂移运动相等时，PN 结的交界区就形成一个缺少载流子的宽度不变的高阻区，又把它称为阻挡层或耗尽层。

(2) PN 结的单向导电性 在 PN 结两端加不同方向的电压，可以破坏它原来的平衡，从而使它呈现出单向导电性。

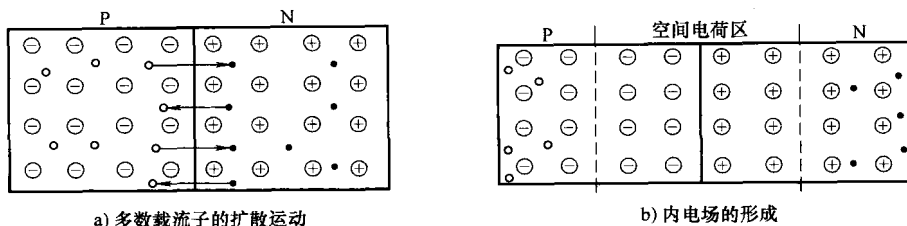


图 1-5 PN 结的形成

1) PN 结外加正向电压。PN 结外加正向电压的接法是 P 区接电源的正极, N 区接电源的负极。这时外加电压形成电场的方向与内电场的方向相反, 从而使阻挡层变窄, 扩散作用大于漂移作用, 多数载流子向对方区域扩散形成正向电流, 方向是从 P 区指向 N 区。这时的 PN 结处于导通状态, 它所呈现的电阻为正向电阻, 正向电压越大, 电流也越大。它们呈指数关系, 即

$$i = I_S (e^{\frac{u}{U_T}} - 1) \quad (1-1)$$

式中, I_S 为反向饱和电流; U_T 为温度的电压当量, 常温 (300 K) 下, $U_T \approx 26\text{mV}$ 。

2) PN 结外加反向电压。此时的外加电压形成电场的方向与内电场的方向相同, 从而使阻挡层变宽, 漂移作用大于扩散作用, 少数载流子在电场的作用下, 形成漂移电流, 它的方向与正向电压的方向相反, 所以又称为反向电流。因反向电流是由少数载流子形成的, 故反向电流很小, 即使反向电压增加, 少数载流子也不会增加, 反向电流也不会增加, 因此它又被称为反向饱和电流。此时, PN 结处于截止状态, 呈现的电阻为反向电阻, 而且阻值很高。

1.2 二极管的特性及主要参数

1. 二极管的伏安特性

伏安特性是指二极管两端的电压与流过二极管电流的关系 (电压—电流特性) 曲线, 如图 1-6 所示。处于第一象限的是正向伏安特性曲线, 处于第三象限的是反向伏安特性曲线。

(1) 正向特性 当正向电压低于某一数值时, 正向电流很小, 这个区域称为死区, 硅管死区电压为 0.5V , 锗管死区电压为 0.1V 。只有当正向电压高于某一值时, 二极管才有明显的正向电流, 这个电压被称为导通电压 U_{ON} 。在室温下, 硅管的导通电压为 $0.6 \sim 0.8\text{V}$, 锗管的导通电压为 $0.1 \sim 0.3\text{V}$, 一般认为当正向电压大于 U_{ON} 时, 二极管才导通, 否则截止。

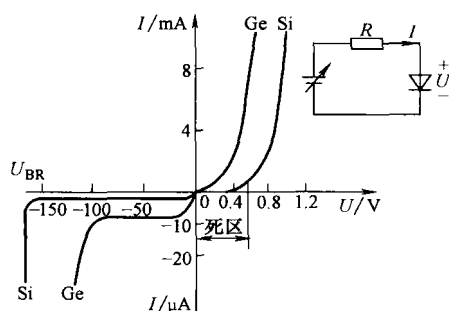


图 1-6 二极管的伏安特性曲线

(2) 反向特性 二极管的反向电压较小时, 反向电流很小, 而且变化不大, 称为饱和电流 I_S ; 当反向电压大于某一数值时, 反向电流急剧变大, 产生击穿。

(3) 击穿特性 当加于二极管两端的反向电压增大到 U_{BR} 时, 二极管的反向电流将随反向电压的增加而急剧增大, 如图 1-6 所示, 这种现象称为反向击穿, U_{BR} 称为反向击穿电压。反向击穿后, 只要反向电流和反向电压的乘积不超过 PN 结允许的耗散功率, 二极管一般不

会损坏。当反向电压下降到击穿电压以下后,其性能可恢复到原有情况,即这种击穿是可逆的,称为电击穿;若反向击穿电流过高,则会导致PN结结温过高而烧坏,这种击穿是不可逆的,称为热击穿。

2. 温度对伏安特性的影响

硅二极管温度每增加 8°C ,反向电流大约增加一倍;锗二极管温度每增加 12°C ,反向电流大约增加一倍。另外,无论是硅二极管还是锗二极管,温度每升高 1°C ,正向导通电压 U_{ON} 减小 $2\sim 2.5\text{mV}$,即具有负的温度系数,如图1-7所示。

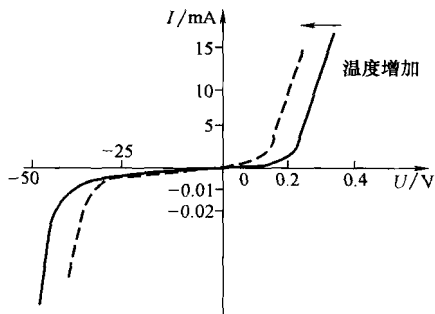


图 1-7 温度对伏安特性的影响

3. 稳压二极管

稳压二极管又称齐纳二极管,是一种特殊工艺制造的结面型硅二极管,通常工作在反向击穿状态。

(1) 伏安特性曲线及符号

1) 伏安特性曲线。稳压二极管的伏安特性曲线

如图1-8a所示。当稳压二极管工作在反向击穿状态时,如果工作电流 I_Z 满足 $I_{Z\min} < I_Z < I_{Z\max}$,则稳压二极管两端电压 U_Z 几乎不变。

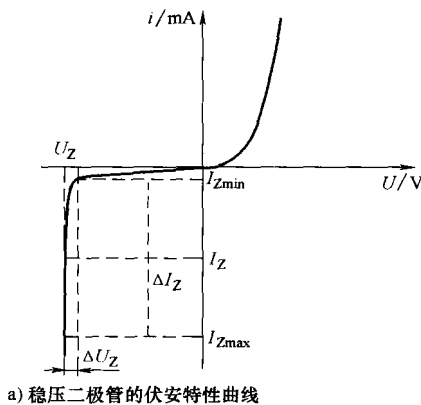
2) 符号。稳压二极管的符号如图1-8b所示,按图所示加电压使管子工作在反向击穿区,则管子工作在稳压状态。

(2) 主要参数

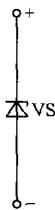
1) 稳定电压 U_Z :稳定电压是指流过规定的电流 I_Z 时,稳压二极管两端的反向工作电压值。

2) 稳定电流 I_Z :稳定电流是指稳压二极管稳定工作时的参考电流值。其值在最大稳定电流 $I_{Z\max}$ 和最小稳定电流 $I_{Z\min}$ 之间。

3) 最小稳定电流 $I_{Z\min}$:最小稳定电流是指稳压二极管稳定工作时的最小参考电流值。如果小于此值,稳压二极管则会失去稳压作用。



a) 稳压二极管的伏安特性曲线



b) 稳压二极管的符号

图 1-8 稳压二极管的特性曲线和符号

4) 最大稳定电流 $I_{Z\max}$:最大稳定电流是指稳压二极管稳定工作时的最大参考电流值。如果大于此值,稳压二极管的耗散功率则会超过最大耗散功率。

5) 最大耗散功率 P_{ZM} :最大耗散功率是指为了保证管子不被热击穿而规定的极限参数。 $P_{ZM} = I_{ZM} U_Z$ 是由管子的最高结温决定的。

6) 动态电阻 r_z :动态电阻是指稳压二极管稳压范围内电压变化量与电流变化量之比,即 $r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ 。其值约为几欧到几十欧,其值越小,稳压性能越好。

7) 稳定电压温度系数 α_{VZ} :稳定电压温度系数是指温度每增加 1°C ,稳压值的相对变化量。其值越小,说明管子性能越好。

➤ 技能能力

1.3 工作任务描述

本任务主要进行小夜灯的制作、测试与分析，小夜灯主要由发光二极管和稳压二极管组成。小夜灯功耗小，方便实用，夜晚休息时有微弱灯光照亮，无强光刺激。

图 1-9 所示为小夜灯的原理电路，它主要由发光二极管和稳压二极管组成。开关 S_2 闭合时，照明灯亮；夜晚休息时，断开 S_2 ，闭合开关 S_1 ， $VL_1 \sim VL_4$ 发光，小夜灯亮。 V_s 用来防止 220V 反向交流电压冲击使发光二极管损坏。

电路中所用元器件： R 为限流电阻，选用 $20\text{k}\Omega/3\text{W}$ 的碳膜电阻即可，限制流过发光二极管的电流使其在 20mA 以内； $VL_1 \sim VL_4$ 为普通发光二极管，可根据自己的喜好任意选用颜色，无特别要求； V_s 为稳压二极管，可选用 2CZ59B 二极管。

制作时也可选购平面组合发光块取代四只发光二极管，如型号 OLB2600 的组合发光块，内部由四只高亮度的发光二极管封装而成；另选购一个带电源指示窗口的双开墙壁开关，把其指示窗口锉大，再镶上组合发光块，用 502 胶粘牢，按电路接好连线，就制成了小夜灯，如图 1-9 所示。

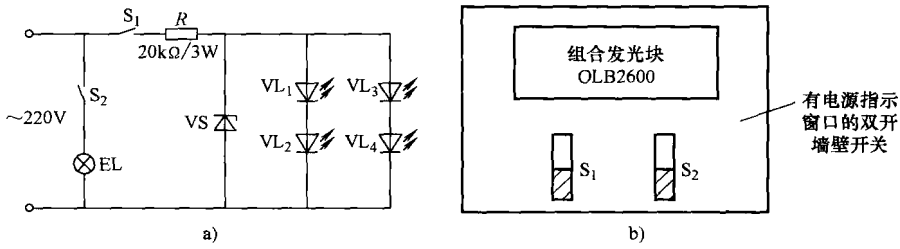


图 1-9 小夜灯的原理电路

1.4 工具、仪器及材料

工具：电烙铁、小电钻、水砂纸、镊子、剪刀、剥线钳等。

仪器：万用表、双踪示波器。

材料：502 胶、松香、焊锡、导线若干等。电路元器件参数及功能见表 1-1。

表 1-1 电路元器件参数及功能

序号	元器件代号	名称	型号及参数	功能
1	CT	电源输入线	5A/250V	220V 电源输入
2	S_1 、 S_2	电源开关	5A/250V	控制输入电源通断
3	EL	灯泡	60W/220V	照明
4	$VL_1 \sim VL_4$	LED ₁ ~ LED ₄ 发光二极管	RJ11—5.1kΩ/0.25W 红色	照明
5	V_s	稳压二极管	2CZ59B	稳压
6	R	碳膜电阻	20kΩ/3W	限流

1.5 操作步骤

1. 各种元器件的识别与检测

(1) 普通二极管的识别与检测

1) 普通二极管的外形，如图 1-10 所示。

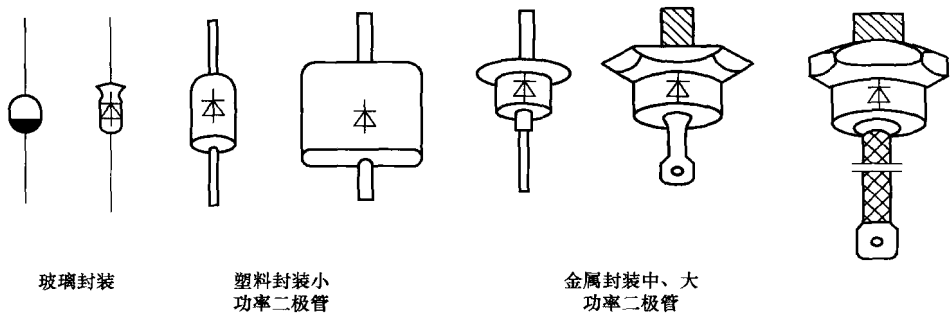


图 1-10 普通二极管的外形

2) 检测方法。在实践中，常用万用表测量二极管电阻的方法来判断二极管的极性和质量好坏，具体检测方法为：将模拟万用表（指针式）置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，数字万用表（数显式）置于二极管测量档，两表笔任意连接二极管两管脚，测量一次阻值；然后交换表笔，再测量一次阻值，如图 1-11 所示。如果二极管性能良好，则两次测量结果必然出现一大一小的显著区别，小的为正向电阻，大的为反向电阻。测量的正/反向阻值范围、表笔与二极管极性之间的关系以及质量好坏的判别见表 1-2（注意：模拟万用表电阻档的红表笔接内电池的负极，黑表笔接内电池的正极，数字万用表二极管测试档的红表笔接内电池的正极，黑表笔接内电池的负极）。两种万用表表笔连接的内电池极性刚好相反（一般不用数字万用表的电阻档检测二极管）。用万用表判断二极管的极性、检测质量好坏的方法见表 1-2。

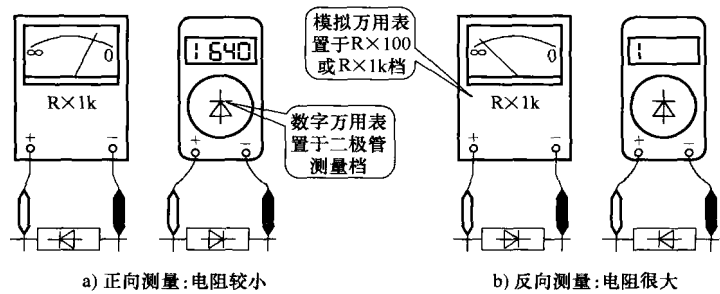


图 1-11 二极管的极性和质量好坏的检测方法

表 1-2 用万用表判断二极管的极性、检测质量好坏的方法

	测试方法	正常数据	极性判别	质量好坏
正向电阻	如图 1-11a 所示	几百欧至几千欧。锗管的正向电阻比硅管的稍小	模拟万用表黑表笔所接为正极 数字万用表红表笔所接为正极	1) 正、反向电阻相差越大，性能越好 2) 正、反向电阻均小或为 0，短路损坏
反向电阻	如图 1-11b 所示	大于几百千欧。锗管的反向电阻比硅管的稍小	模拟万用表黑表笔所接为负极 数字万用表红表笔所接为负极	3) 正、反向电阻均很大或为无穷大，开路损坏 4) 正向电阻较大或反向电阻偏小，性能不良

(2) 发光二极管（LED）的识别与检测

1) 发光二极管 (LED) 的外形如图 1-12 所示。

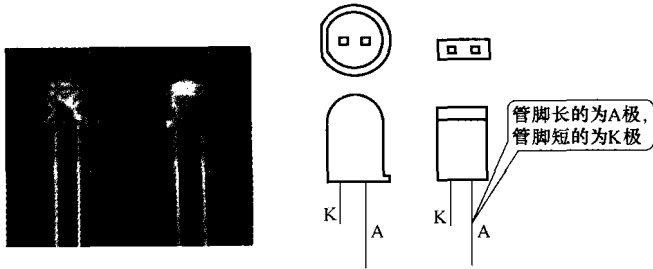


图 1-12 发光二极管的外形

2) 检测方法。发光二极管 (LED) 的正向阻值比普通二极管的正向阻值大, 一般在 $10\text{k}\Omega$ 的数量级, 反向电阻在 $500\text{k}\Omega$ 以上。并且发光二极管的正向电压降比较大, 用万用表 $R \times 1\text{k}$ 以下各档进行测试时, 因表内电池仅为 1.5V , 不能使发光二极管正向导通和发光。所以一般用 $R \times 10\text{k}$ 挡 (内部电池是 9V 或更大) 进行测试, 这样可测出正向电阻, 同时可看到发光二极管发出微弱的光。若测得正、反向电阻都很小, 说明内部击穿短路。若测得正、反向电阻都是无限大, 说明内部开路。由于 LED 数码管是由发光二极管组成的, 所以用这个方法可检查 LED 数码管。

发光二极管从外观上看, 其正极管脚比负极长。发光二极管在使用中, 为了使其正常发光, 必须加上合适的工作电流, 同时要保证不超过其最大允许耗散功率。

不同材料的发光二极管工作时的正向电压见表 1-3。

表 1-3 发光二极管的种类和参数

参数 \ 种类	磷砷化镓发光二极管	磷化镓发光二极管
正向电压降 U_F/V	1.5 ~ 1.7	2.3
工作电流 I_F/mA	10	10
最大工作电流 $I_{F\text{MAX}}/\text{mA}$	50	50

取出一个发光二极管, 运用上述测试方法, 确定待测发光二极管的好坏、极性及发光二极管的材料。记录测试结果填于表 1-4 中。

表 1-4 发光二极管的测试结果

发光二极管的颜色	发光二极管的材料	正向导通电压	质量判断

(3) 稳压二极管的检测 使用万用表电阻档进行检测。万用表 $R \times 1\text{k}$ 档的内电池电压较小, 通常不会使普通二极管和稳压二极管击穿, 所以测出的反向电阻都很大。当万用表转换到 $R \times 10\text{k}$ 档时, 万用表内电池输出电压变得很大, 使稳压二极管出现反向击穿现象, 所以其反向电阻下降很多, 由于普通二极管的反向击穿电压比稳压二极管的高得多, 因而普通二极管不击穿, 其反向电阻仍然很大。

(4) 光敏二极管的检测 光敏二极管是一种将光能转换为电能的特殊二极管, 其管壳上有一个玻璃窗口, 以便于接受光线。光敏二极管工作在反向工作区。无光照时, 光敏二极管与普通二极管一样, 反向电流很小 (一般小于 $0.1\mu\text{A}$), 反向电阻很大 (几十兆欧以上);