


职业教育课程改革规划新教材

# 模拟电子技术 基础与技能

Mo Ni Dian Zi Ji Shu Ji  
Chu Yu Ji Neng

李响初 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

电子教案

职业教育课程改革规划新教材

# 模拟电子技术基础与技能

主 编 李响初  
副主编 郭海新 邓宗寿  
参 编 阙爱仁 李喜初 王 资 陆运华  
廖礼鹏 蔡晓春



机械工业出版社

本书根据《中等职业学校电子技术基础与技能教学大纲》编写, 主要内容包括: 半导体二极管及其应用, 晶体管及放大电路基础, 常用放大器, 正弦波振荡电路, 直流稳压电源, 晶闸管及其应用以及有关实验、技能训练等。内容编排采取循序渐进、由浅入深、够用和实用的原则, 将枯燥的理论与有趣的实践紧密结合起来, 符合职业院校学生的认知规律。本书还将每章习题、测试题等单独成册, 方便教师及学生使用。

本书可作为职业院校电子类专业通用教材, 也可作为相关专业工程技术人员的学习与参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础与技能/李响初主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 2

职业教育课程改革规划新教材  
ISBN 978 - 7 - 111 - 34561 - 9

I. ①模… II. ①李… III. ①模拟电路 - 电子技术 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 277959 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: 高倩 责任编辑: 王娟 版式设计: 石冉  
责任校对: 张晓蓉 封面设计: 鞠杨 责任印制: 杨曦  
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷  
2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷  
184mm × 260mm · 14 印张 · 319 千字  
0001—3000 册  
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 34561 - 9  
定价: 29.00 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

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线: (010) 88379203

# 前 言

“模拟电子技术基础与技能”是电子、通信、信息、计算机及自动化等电类专业一门重要的专业基础课程。随着微电子技术和信息处理技术的迅速发展及新世纪人才培养目标的重新定位，对模拟电子技术课程进行与时俱进教学改革的呼声愈来愈强烈。在“以服务为宗旨，以就业为导向”的新一轮职业教育教学改革中，不少专家学者已经在该领域取得了令人瞩目的教学改革成果。本书也是编者长期致力于模拟电子技术课程教学改革实践、探索的产物，特点如下：

## 1. 内容精简实用，语言通俗易懂

本书根据职业院校的生源特点，本着“理论浅、应用多、内容新”的原则精简教学内容，删减了大量在工程技术中根本不用或很少使用的内部结构分析和理论计算。文字叙述上采用通俗易懂的语言，尽量克服以往学生对电子技术理论学习知难而退的心理障碍。

## 2. 模块化编写，适合一体化教学

本书在教学内容的组织上采用模块化编写模式，在讲解基本知识点的基础上，设计了“阅读材料”、“课堂实验”、“技能训练”等模块，强调实践技能的培养。版面安排上，加入了大量的图片、图表，采用图文并茂的编排形式，提高内容的直观性和形象性，便于理解和掌握理论知识，同时也为学生的自主学习创造了条件。

## 3. 选材新颖，实用性强

本书选材注重实用性、结构合理和新颖性，还介绍了大量常用集成电路芯片，并对其内部结构、应用特性、控制功能等进行了说明，便于读者查阅与引用。

## 4. 习题单独成册，方便使用

为了方便学生练习和教师批阅，本书将各章的习题与测试题单独成册，尽可能为教师教、学生学提供便利。

总之，全书注重了学生综合能力的培养，为社会培养、输送高素质的技能型人才的同时，也能为学生后续学习奠定坚实基础。

本课程的教学学时数为90，各部分参考学时见下表。书中标有“\*”的章节，为选学内容，可根据自己学校的学生情况、设施情况进行选讲。

内 容	学时数	内 容	学时数
第1章 半导体二极管及其应用	14	第5章 直流稳压电源	12
第2章 晶体管及放大电路基础	16	第6章 晶闸管及其应用	16
第3章 常用放大器	14	机动	8
第4章 正弦波振荡电路	10	合计	90

本书由湖南有色金属职业技术学院李响初主编并统稿。参加本书编写、电路实验、绘图与资料整理工作的还有郭海新、邓宗寿、阙爱仁、李喜初、王资、陆运华、廖礼鹏、蔡晓春等同仁。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有错漏之处，敬请读者及时批评指正，不胜感激（编者 E-mail: hnysjxjwk@126.com）。

编 者

# 目 录

前言	
绪论	1
0.1 电子技术发展概况	1
0.2 模拟电子技术基础与技能课程的研究对象及任务	2
0.3 日常生活中涉及的典型模拟电子技术电路举例	2
0.4 模拟电子技术基础与技能课程的基本学习方法	3
第1章 半导体二极管及其应用	4
1.1 半导体二极管的特性、结构与分类	4
技能训练一 半导体二极管的识别及检测	15
1.2 整流电路及应用	17
1.3 滤波电路及应用	23
技能训练二 镍镉电池简易充电器的制作	27
本章小结	29
第2章 晶体管及放大电路基础	30
2.1 晶体管及其应用	30
技能训练一 晶体管的识别及检测	42
2.2 放大电路基础及应用	43
技能训练二 调试分压式偏置放大电路的静态工作点	51
2.3 场效应晶体管放大器	58
技能训练三 电子声光防盗报警器的制作	61
本章小结	63
第3章 常用放大器	64
3.1 集成运算放大器	64
技能训练一 集成运放的识别与检测	76
3.2 低频功率放大器	77
技能训练二 音频 OTL 功率放大器的装接与参数测试	84
3.3 谐振放大器	85
技能训练三 霜冻监测控制器的制作	87
技能训练四 育雏温控器的制作	91
本章小结	93
第4章 正弦波振荡电路	95
4.1 正弦波振荡电路的基本概念	95
4.2 常用正弦波振荡电路	97
技能训练 五挡定时控制器的制作	105
本章小结	108
第5章 直流稳压电源	110
5.1 串联反馈稳压电路	110
技能训练一 三端稳压电源的组装与调试	117
5.2 开关型稳压电源	118
技能训练二 串联型稳压电源的组装与调试	122
技能训练三 锂离子电池充电器的制作	124
本章小结	128
第6章 晶闸管及其应用	129
6.1 晶闸管	129
技能训练一 家用调光台灯的安装与调试	137
6.2 晶闸管整流电路	139
6.3 双向晶闸管及交流调压	143
技能训练二 触摸式延迟自熄照明灯的制作	146
技能训练三 可编程彩灯控制器的制作	149
本章小结	153
附录	154
附录 A 焊接工艺与印制电路板的手工制作	154
附录 B 半导体分立器件的型号命名	157
参考文献	161

# 绪论



## 0.1 电子技术发展概况

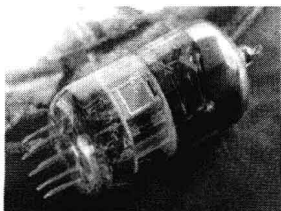
电子技术（也称电子学）是研究电子元器件和电子电路应用的一门科学。电子元器件主要是指电子管、晶体管和集成电路等。电子电路指由电子元器件构成的、能够完成某种功能的电子线路。电子技术的发展可划分以下几个时期：

**【电子管时代】** 1906年，美国发明家德福雷斯等发明了第一代电子元器件——电子管，如图0-1a所示。电子管的出现被称为现代电子学的萌芽，推动了无线电电子学的发展。

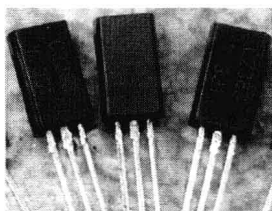
1946年，取名为ENIAC的世界上第一台电子计算机在美国研制成功。这台计算机使用了近18800个电子管，占地170m<sup>2</sup>，重达30t，耗电140kW，价格为40多万美元，是一个昂贵而且耗电的“庞然大物”。它采用了电子线路来执行算术运算、逻辑运算和存储信息，大大提高了运算速度。

**【晶体管时代】** 电子管的问世推动了无线电电子学的蓬勃发展，但是不可否认的是，电子管十分笨重、能耗大、寿命短、制造工艺也十分复杂。因此，电子管问世不久，由于其本身固有的弱点和无线电电子学发展的迫切需要，促使人们努力寻找替代电子管的新型电子器件。

1946年，美国贝尔实验室的物理学家着手固体电子器件的研究。1948年，肖克莱等发明了第二代电子器件——晶体管，如图0-1b所示。晶体管的发明是电子技术史上具有划时代意义的伟大事件，它开创了一个崭新的时代——固体电子技术时代。肖克莱、巴丁、布拉顿由此共同获得了1956年度的诺贝尔物理学奖。晶体管的发明奠定了现代电子技术的基础，揭开了微电子技术和信息化的序幕，由它引起的技术革命对社会产生了巨大推动作用和深远影响。此后集成电路（见图0-1c）、微处理器、微型计算机等都是从晶体管发展而来的。



a) 电子管



b) 晶体管



c) 集成电路

图0-1 电子器件

**【集成电路时代】** 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、可靠性等方面还是

远远满足不了需要。在 20 世纪 40 年代电子管曾碰到的应用窘境，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，最终导致了集成电路的出现。

1958 年，美国德克萨斯仪器公司宣布一种集成的振荡器问世，首次把晶体管、电阻和电容等集成在一块硅片上，构成了一个基本完整的单片式功能电路。1961 年，美国仙童公司宣布制成一种集成的触发器。自此，集成电路获得了飞速的发展。

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、元器件、电路三者之间的统一，与传统电子元器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，而到 1977 年已能制造在  $30\text{mm}^2$  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。



## 0.2 模拟电子技术基础与技能课程的研究对象及任务

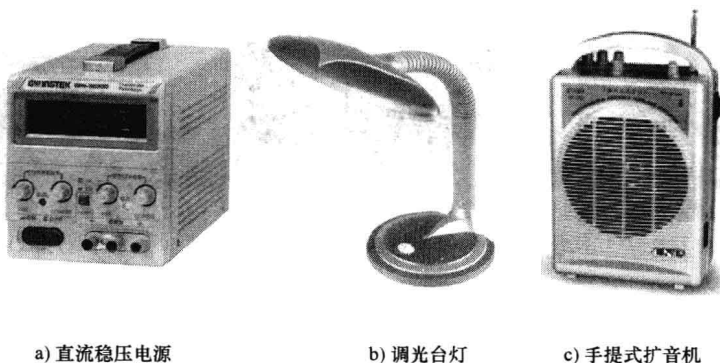
本课程的研究对象是模拟电子技术中的基本元器件、基本电路结构及分析方法、常用模拟器件工作原理及其应用特性。

本课程的主要任务是使电类专业学生通过对本课程的学习，掌握电类专业必备的模拟电子技术基础知识和基本技能，具备分析和解决生产生活中一般模拟电路问题的能力，具备学习后续电类专业技能课程的能力。结合实践教学环节，帮助学生树立正确的学习目的，培养扎实、认真的科学态度和理论联系实际的良好工作作风，提高解决实际问题的能力，培养学生的创新精神，提高动手能力，增强实践经验，为学习后续课程以及从事与本专业相关的工程技术等工作打下一定的基础。



## 0.3 日常生活中涉及的典型模拟电子技术电路举例

模拟电子技术电路在实际生活中的应用非常广泛，图 0-2 所示为常见的典型模拟电子技术电路。



a) 直流稳压电源

b) 调光台灯

c) 手提式扩音机

图 0-2 常见的典型模拟电子技术电路



## 0.4 模拟电子技术基础与技能课程的基本学习方法

模拟电子技术基础与技能课程是电类专业的一门非常重要的专业技术基础课，理论与实践并重。它比后面将要学习的专业课程更强调基本理论和基本技能，而相对于数学、物理等理论基础课程来说，它更强调理论与实践的结合，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，即具有定性分析、定量估算、实验调整相结合的特点。

第一、对于模拟电子技术基础与技能课程的这些特点，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，以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，培养自己的电路识图与分析能力。

第四、对于教材各章的实验、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、认识和理解所学知识，从而真正掌握技能，理解知识，增强电路分析和识图能力。

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



# 第1章

## 半导体二极管及其应用



### 本章导读

#### 知识目标:

- ① 掌握半导体二极管的外形、电气符号和单向导电性。
- ② 了解半导体二极管的主要参数及伏安特性。
- ③ 了解稳压二极管、发光二极管、光敏二极管、变容二极管等特殊二极管的外形及应用特性。
- ④ 理解整流电路的作用及工作原理。

#### 技能目标:

- ① 会利用万用表检测半导体二极管的极性和质量优劣。
- ② 能正确识读整流电路,且通过估算,能合理选用整流电路元器件。
- ③ 会组装与调试镍镉电池简易充电器。
- ④ 会查阅半导体器件手册,能按要求选用半导体二极管。



### 1.1 半导体二极管的特性、结构与分类



#### 话题导入

生活中有很多家用电器都配有遥控设备,如音响、彩色电视机、空调、DVD以及录像机等都有。这些遥控设备使用了红外发光二极管和红外接收二极管,其中红外发光二极管是一种能把电能直接转换成红外光能的发光器件,红外接收二极管又称为红外光敏二极管,它能很好地接收红外发光二极管发射的波长为940nm的红外光信号,从而实现遥控控制功能。

在工程技术中,半导体二极管的应用范围很广泛,如家用电器、工业控制、航天军工等领域,里面都有半导体二极管的身影。初学者学习该课程时,一般要把各类型二极管的应用特性作为首要研究对象。

##### 1.1.1 半导体二极管的结构及符号

**【半导体二极管的结构】** 半导体二极管(以下简称二极管)是由一个PN结构成的半导体器件,即将一个PN结加两条电极引线做成管芯,并用管壳封装而成。在工程技术中,根据管芯结构的不同,可将二极管分成点接触型和面接触型,如图1-1所示。

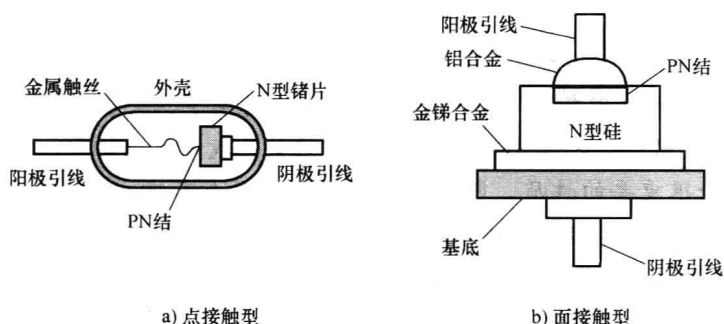


图 1-1 二极管的结构示意图

点接触型二极管的 PN 结面积小、结电容小，不允许通过很大的电流也无法承受较高的反向电压，但其高频性能好，适用于作高频检波、小功率电路和脉冲电路的开关元件，也可用作小电流整流。

面接触型二极管的 PN 结面积大、结电容大，可以通过较大的电流和承受较高的反向电压，适用于较大电流整流电路，但不宜用于高频电路。

【二极管的电气符号与实物图】 图 1-2a 所示为二极管的电气符号。由 P 端引出的电极为正极（或阳极），由 N 端引出的电极为负极（或阴极），箭头的方向表示二极管正向电流方向，VD 是二极管的文字符号。

目前，常见的二极管有金属、塑料、玻璃和贴片封装 4 种。根据功能不同，二极管分为整流、检波、开关、稳压、发光、光敏和变容二极管等种类，常见二极管外形如图 1-2b 所示。

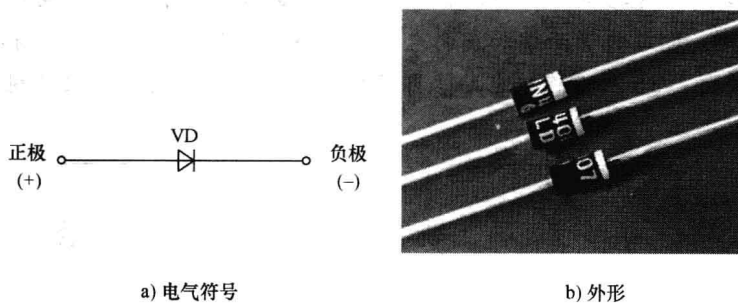


图 1-2 二极管的电气符号与外形

## 阅读材料

### 奇妙的 PN 结

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，其中半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。现代电子技术中常用的半导体材料主要有硅 (Si) 和锗 (Ge)，如在硅 (或锗) 半导体晶体中掺入微量杂质，可使其导电性能显著改变，从而形成

P型半导体和N型半导体。

当我们将P型半导体和N型半导体单独使用时，它们并没有任何特别的地方，但是将P型半导体和N型半导体结合在一起时，奇妙的现象就发生了，即在两种半导体的交界面处形成了一个很薄的空间电荷区（又称为耗尽层），这就是我们所说的PN结。

PN结具有一个很重要的性质，即单向导电性：当外加正向电压（P区一端接高电位、N区一端接低电位）也称正向偏置时PN结处于导通状态，如同开关闭合，结电阻很小；当外加反向电压（P区一端接低电位、N区一端接高电位）也称反向偏置时PN结处于截止状态，如同开关断开，结电阻很大。当反向电压加大到一定程度时，PN结会产生击穿而损坏。

利用PN结制成的二极管由于具有单向导电性，因此它的主要功能是整流。除此之外，它还具有许多其他方面的功能，如作为开关用的开关二极管、利用二极管加反向偏压时击穿形成的稳压二极管等。



## 课堂实验

### 二极管单向导电性测试

#### 【实验目的】

- 1) 能正确识别二极管的正负极。
- 2) 掌握二极管的单向导电特性。

#### 【实验内容】

- 1) 识别二极管正负极，靠近色环标志的一端为负极。
- 2) 按图 1-3a 所示连接电路，将二极管正极与电源高电位相接，二极管负极通过指示灯与电源低电位相接，即二极管两端加正向电压。观察指示灯的变化情况，并将观察到的现象记入表 1-1。再按图 1-3b 所示连接电路，即将电源两端对调，观察并记录现象。

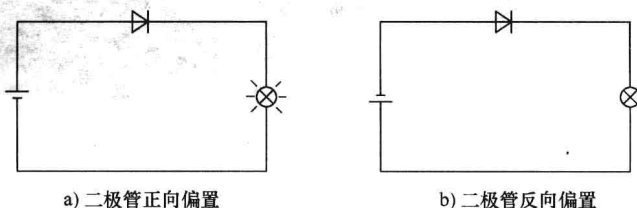


图 1-3 二极管单向导电性实验图

表 1-1 实验数据表

项 目	二极管状态	灯 的 状 态
加正向电压		
加反向电压		

**【实验结论】** 二极管具有单向导电性，即二极管外加正向电压时导通、外加反向电压时截止。



## 想一想

- 1) 参照实验结论, 是否能再设计一个实验电路来测试二极管正负极并判断其质量好坏?
- 2) 如果将该实验电路的电源换成交流电, 会出现什么现象?

【例 1-1】 二极管电路如图 1-4 所示。判定电路中硅二极管的工作状态, 并计算  $U_o$  的值。

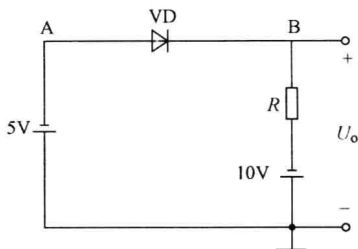


图 1-4 例 1-1 图

【解析】 判定二极管工作状态的方法:

- ① 假定二极管断开, 估算其两端的电压;
- ② 接上二极管判定是正偏还是反偏。若二极管正偏, 则二极管导通; 否则二极管截止。

在图 1-4 中, 假定二极管 VD 断开, 则二极管两端承受的电压为

$$U_{AB} = U_A - U_B = -5V - (-10V) = 5V$$

显然, 二极管接入以后处于正向偏置, 工作在导通状态。设硅二极管的正向导通压降为  $0.7V$ , 则输出电压  $U_o$  为

$$U_o = U_A - U_{VD} = -5V - 0.7V = -5.7V$$

### 1.1.2 半导体二极管的伏安特性和主要参数

【二极管的伏安特性】 二极管两端的电压与流过二极管的电流之间的关系曲线, 称为二极管的伏安特性曲线。在工程技术中, 二极管的伏安特性可以通过实验数据来说明。表 1-2 和表 1-3 分别给出了二极管 2CP31 加正向电压和反向电压时, 实验所测得的该二极管两端电压  $U$  和流过电流  $I$  的一组数据。

表 1-2 二极管 2CP31 加正向电压的实验数据

电压 $U/mV$	000	100	500	550	600	650	700	750	800
电流 $I/mA$	000	000	000	10	60	85	100	180	300

表 1-3 二极管 2CP31 加反向电压的实验数据

电压 $U/mV$	000	-10	-20	-60	-90	-115	-120	-125	-135
电流 $I/mA$	000	10	10	10	10	25	40	150	300

将实验数据绘成曲线, 可得到二极管的伏安特性曲线如图 1-5 所示。

- (1) 正向特性 二极管外加正向电压时电流和电压的关系称为二极管的正向特性。由

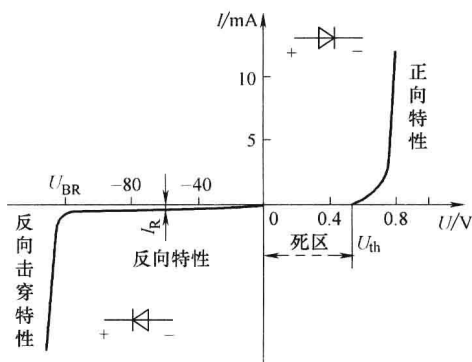


图 1-5 二极管的伏安特性曲线

图 1-5 可见, 当二极管所加正向电压比较小时 ( $0 < U < U_{th}$ ), 二极管上流过的电流为零, 二极管仍截止, 此区域称为死区,  $U_{th}$ 称为死区电压 (或门坎电压)。在常温下, 硅管的  $U_{th}$  为 0.5V, 锗管的  $U_{th}$  为 0.1V。

当所加正向电压大于死区电压时, 二极管完全导通, 此时二极管电流变化范围很大, 电压变化范围很小, 一般硅管为 0.6 ~ 0.7V, 锗管为 0.2 ~ 0.3V, 称为导通电压。二极管充分导通时, 可认为电压基本保持不变, 习惯上统一取硅管的导通电压为 0.7V, 锗管的导通电压为 0.3V。

(2) **反向特性** 二极管外加反向电压时电流和电压的关系称为二极管的反向特性。由图 1-5 可见, 二极管外加反向电压时, 反向电流很小 ( $I \approx -I_R$ ), 而且在一定的反向电压范围内, 反向电流几乎不变, 因此称此电流值为二极管的反向饱和电流。此时二极管呈现的电阻很大, 处于截止状态。

一般硅二极管的反向电流比锗管小很多。

(3) **反向击穿特性** 由图 1-5 可知, 当反向电压加大到某一值时, 反向电流突然增大, 二极管失去单向导电性, 该现象称为反向击穿, 所加反向电压称为反向击穿电压  $U_{BR}$ 。利用二极管的反向击穿特性, 可以做成稳压二极管。注意: 普通二极管不允许工作在反向击穿区, 以免因反向电流过大而永久损坏。

**【二极管的主要参数】** 二极管的参数是用来表征其各方面性能和适应范围的数据, 是选择和应用二极管的依据, 其主要参数为:

(1) **最大整流电流  $I_{FM}$**   $I_{FM}$ 是指二极管长期连续工作时, 允许通过二极管的最大正向平均电流。当电流流经 PN 结时, 会引起管芯发热, 温度上升, 如果电流过大, 使温度超过允许限度 (硅管为 140℃ 左右, 锗管为 90℃ 左右) 时, 会烧坏管芯。实际应用时, 正向平均电流不能超过此值, 否则二极管会因过热而损坏。在一些大电流的整流电路中, 为了帮助整流二极管散热, 通常采取加散热片等措施。

(2) **最高反向工作电压  $U_{RM}$**   $U_{RM}$ 是指二极管正常工作时所能承受的最高反向电压。为了安全, 一般取反向击穿电压值的 1/2 作为最高反向工作电压  $U_{RM}$ 。

(3) **最大反向电流  $I_{RM}$**   $I_{RM}$ 是指二极管承受最高反向工作电压时的反向电流, 其值愈小, 则二极管的单向导电性愈好。此外, 当温度升高时,  $I_{RM}$ 增大。

(4) 最高工作频率  $f_M$   $f_M$  是指保证二极管具有良好单向导电性的最高工作频率。结电容越大, 则  $f_M$  越低, 当工作频率过高时, 二极管就会失去单向导电性能。

二极管除以上参数外还有功率损耗、结电容、温度系数、效率、动态电阻等。

表 1-4 列出了 2AP 系列二极管部分产品的主要参数, 供选择时参考。

表 1-4 2AP 系列二极管主要参数

型 号	反向电流/ $\mu\text{A}$	最大整流电流/ $\text{mA}$	最高反向工作电压/ $\text{V}$	最高工作频率/ $\text{MHz}$
2AP1	$\leq 250$	16	20	150
2AP2	$\leq 250$	16	30	150
2AP3	$\leq 250$	25	30	150
2AP4	$\leq 250$	16	50	150
2AP5	$\leq 250$	16	75	150
2AP6	$\leq 250$	12	100	150
2AP7	$\leq 250$	12	100	150
2AP8	$\leq 100$	35	10	150
2AP9	$\leq 200$	8	15	100
2AP10	$\leq 40$	8	30	100

## 阅读材料

### 爱迪生效应

托马斯·爱迪生是举世闻名的发明家。“爱迪生效应”是他在改进所发明的碳丝电灯时偶然发现的。

1877年, 爱迪生发明碳丝电灯, 应用不久后即出现了寿命太短的问题, 这是因为碳丝难耐高温, 使用不久即会“蒸发”, 灯泡的寿命也就完结了。爱迪生一直设法改进这种电灯, 1883年, 他突发奇想: 在灯泡内另行封入一根铜线, 也许可以阻止碳丝蒸发, 延长灯泡寿命。

经过反复实验, 碳丝依然蒸发如故, 实验宣告失败, 但他却从实验中发现了一个稀奇现象: 碳丝加热后, 铜线上竟有微弱的电流流过! 铜线与碳丝并不相连, 哪里来的电流? 在当时, 这是一件不可思议的事情, 爱迪生敏感地意识到这是一项新的发现, 把它命名为“爱迪生效应”。

爱迪生实验中装有铜丝的碳丝灯泡, 实际上就是世界上第一只真空二极电子管。可惜爱迪生没有觉察到这一点, 他当时只停留在发现的“热电子发射现象”(即爱迪生效应)的实用性上, 而没有预感到这种现象可能带来的科学技术上的重大意义, 从而使他与真空二极电子管的重大发明擦肩而过。

“爱迪生效应”不仅具有重大科学意义, 而且具有重要的实际应用价值, 它引起了电子管的发明和电子工业的兴起, 是 19 世纪末期一项最重要的科学发现之一。

### 1.1.3 特殊二极管

目前,常用的特殊二极管有发光二极管、光敏二极管、变容二极管和稳压二极管等。

【发光二极管】发光二极管(简称LED)是一种将电能转换成光能的特殊二极管,其电气符号和实物图如图1-6所示。在LED的管头上一般都加装了玻璃透镜。

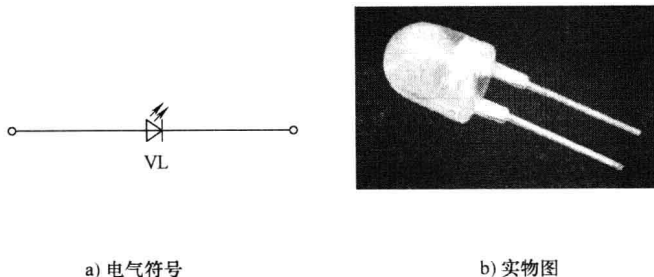


图 1-6 发光二极管的电气符号和实物图

LED通常由镓(Ga)、砷(As)、磷(P)等元素的化合物制成,当其正向导通,且导通电流足够大时,能把电能直接转换为光能,发出光来。目前发光二极管的颜色有红、黄、橙、绿、白和蓝等颜色,所发光的颜色主要取决于所用的半导体材料,如用砷化镓发出红光,而用磷化镓则发出绿光。在工程技术中,发光二极管是一种新型冷光源,具有功耗低、体积小、寿命长、工作可靠等特点,目前在显示等领域应用广泛,如图1-7所示。

发光二极管工作时导通电压比普通二极管大,其工作电压随材料的不同而不同,一般为1.7~2.4V。普通绿、黄、红、橙色发光二极管工作电压约为2V;白色发光二极管的工作电压通常高于2.4V;蓝色发光二极管的工作电压一般高于3.3V。发光二极管的工作电流一般在2~25mA的范围内。表1-5列出了常用发光二极管的主要参数,供选择时参考。



图 1-7 LED 用途举例

表 1-5 部分发光二极管的主要参数

型号	最大耗散功率/W	最大工作电流/mA	正向电压/V	反向电压/V	波长/nm	发光颜色
BT101	0.05	20	2.0	$\geq 5$	650	红
BT102	0.05	20	2.5	$\geq 5$	700	红
BT103	0.05	20	2.5	$\geq 5$	565	绿
BT201	0.09	40	2.0	$\geq 5$	650	红
BT202	0.09	40	2.5	$\geq 5$	700	红

(续)

型号	最大耗散功率/W	最大工作电流/mA	正向电压/V	反向电压/V	波长/nm	发光颜色
BT203	0.09	40	2.5	$\geq 5$	656	绿
BT204	0.09	40	2.5	$\geq 5$	585	黄
BT301	0.09	120	2.0	$\geq 5$	650	红
BT302	0.09	120	2.5	$\geq 5$	700	红
BT303	0.09	120	2.5	$\geq 5$	565	绿
BT304	0.09	120	2.5	$\geq 5$	585	黄
2EF102	—	50	2.0	—	700	红
2EF112	—	20	2.0	—	700	红
2EF122	—	30	2.0	—	700	红
2EF205	—	40	2.5	—	656	绿
2EF405	—	40	2.5	—	585	黄
FG314003	0.125	—	2.5	$\geq 5$	700/585	红/黄
FG314101	0.1	—	2.5	$\geq 5$	700/585	红/黄
FG314102	0.1	—	2.5	$\geq 5$	700/585	红/黄

## 阅读材料

### LED 节能灯将呈燎原之势——摘自“人民网”

中国一年因电能利用效率低下造成的浪费相当于2.3个三峡发电站的发电量，是仅次于美国的第二大发电大国。每年照明用电达到3000亿千瓦时，约占全社会用电量的12%，如果把现有在用的白炽灯全部替换为LED节能灯，一年可节电480亿千瓦时，占2008年三峡发电站发电量的60%。我国目前用于普通照明的白炽灯约30亿只，而节能灯却只有4亿只，两者比例约为7.5:1，与全球大约4:1的应用比例相比，国内节能灯还没有得到普遍的应用。国家科技部、财政部于2008年年底启动的照明工程——“十城万盏”工程，计划到2010年在10~20个城市推广30万盏以上LED市政照明灯具，通过示范工程的实施，解决LED照明技术、成本和规模化生产的系统集成问题，让城市照明走向节能时代。

**【稳压二极管】** 稳压二极管又称齐纳二极管，简称稳压管，是一种用特殊工艺制作的面接触型硅半导体二极管。与普通二极管不同之处在于它正常工作于反向击穿区，当外加反向电压撤除后，管子仍能恢复正常状态，这种性能称为可逆性反向击穿。稳压二极管常见的电气符号与实物图如图1-8所示。

(1) 稳压二极管的伏安特性 图1-9a所示为稳压二极管的伏安特性曲线。与普通二极管的伏安特性曲线相比较，两者相类似，但稳压二极管的反向击穿特性比较陡直，而且其反向击穿是可逆的，即在一定的电流范围内，不会发生“热击穿”，当去掉反向电压后，稳压二极管又恢复正常。



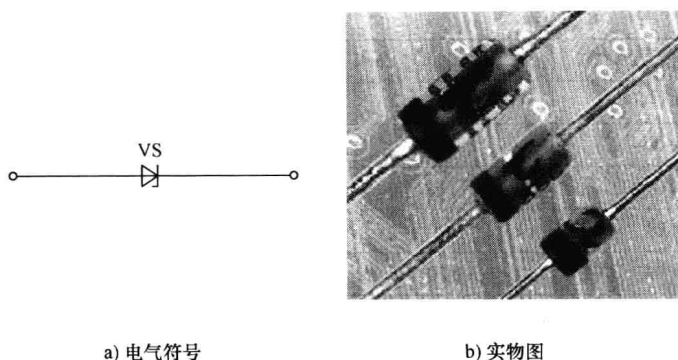


图 1-8 稳压二极管的电气符号与实物图

此外，从图 1-9a 反向击穿特性可以看出：稳压二极管反向击穿后，电流可以在相当大的范围内变化，但稳压二极管两端的电压变化很小。利用这一特性，稳压二极管在电路中可以起到稳压作用。稳压二极管的典型应用电路如图 1-9b 所示。

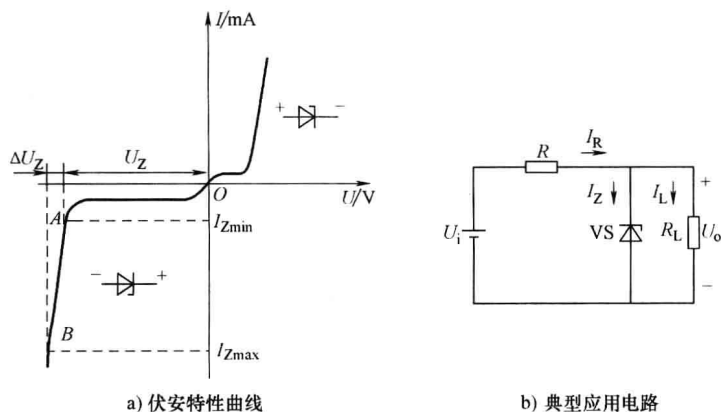


图 1-9 稳压二极管伏安特性曲线及典型应用电路

(2) 稳压二极管的主要参数 选择稳压二极管时，一般主要考虑三个参数：稳定电压、稳定电流和耗散功率。

1) 稳定电压  $U_Z$ 。  $U_Z$  是指稳压二极管反向击穿时能稳定工作的电压。此电压值在 3V 到几百伏之间。由于制造工艺的原因，同一型号的稳压二极管其稳定电压  $U_Z$  的分散性仍较大，因此手册中给出的都是某一型号稳压二极管的稳压范围。但对某一只稳压二极管而言，其稳定电压  $U_Z$  是一定的。如型号为 2CW74 的稳压二极管，稳压范围为 9.2 ~ 10.5V。

2) 稳定电流  $I_Z$ 。  $I_Z$  是指稳压二极管工作在稳压状态时流过的电流，有最小稳定电流  $I_{Zmin}$  和最大稳定电流  $I_{Zmax}$  之分。若流过的电流小于  $I_{Zmin}$ ，稳压二极管无稳压功能；若流过的电流大于  $I_{Zmax}$ ，稳压二极管会因过热而损坏。

3) 耗散功率  $P_M$ 。  $P_M$  是指稳压二极管正常工作时，管子允许耗散的最大功率。若使用中功率损耗超过此值，稳压二极管会因过热而损坏。此值与稳压二极管的 PN 结面积、散热等条件有关。

常用稳压二极管的型号和主要参数见表 1-6。