



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
计算机应用与软件技术培训用书

技能型紧缺人才
培养培训系列教材

计算机电路基础

徐新艳 主编



高等教育出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
计算机应用与软件技术培训用书

计算机电路基础

徐新艳 主编

林 东 王钧铭 主审

高等教育出版社

内容简介

本书由计算机电路基础知识、模拟电路和脉冲数字电路等部分组成。内容包括：半导体器件、放大器、振荡器、逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件、脉冲电路、数/模转换与模/数转换电路及直流稳压电源。

本书在内容上深浅适度，在结构体系上有所创新，与实际结合紧密，注重技能的培养。大量的应用举例不仅对读者掌握计算机电路基础知识十分有益，也为学习后续课程及今后的工程应用奠定了基础。

本书适合高等职业学校计算机类专业使用，也可作为广大计算机工作者的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

计算机电路基础 / 徐新艳主编. —北京：高等教育出版社，2005.6

ISBN 7-04-016509-0

I. 计... II. 徐... III. 电子计算机—电子电路—高等学校：技术学校—教材 IV. TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 038956 号

策划编辑	李 波	责任编辑	许海平	封面设计	刘晓翔	责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍	责任校对	殷 然	责任印制	孔 源		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京明月印务有限责任公司

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.5
字 数 400 000

版 次 2005 年 6 月第 1 版
印 次 2005 年 6 月第 1 次印刷
定 价 21.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16509-00

前 言

本教材是五年制高等职业院校计算机应用及相关专业的技术基础课教材。本书在编写过程中，力求把传授知识和培养能力紧密结合起来，增强课程的灵活性、适应性和实践性。具体表现在以下几个方面。

1. 在介绍基础知识方面，吸收了本课程的教学改革成果，充分考虑当前职业教育的教学实际，基本删掉了元器件内部机理的分析，在理论上降低深度和难度，只求够用，对较深层的知识只作定性解释，重点在知识的应用。

2. 突出对能力的培养。在每章开篇都列出明确的学习目标，既有知识目标，又有技能目标。在介绍知识的同时，增加阅读、典型应用等内容，鼓励学生锻炼自学能力，并且通过“阅读”，熟悉“典型应用”实例，掌握电路的实际应用，了解实践中应注意的问题，使学习更有针对性，实用性。

各章末都有实验与技能训练，以确保技能训练达到目标。技能训练目标分为三类：普遍目标、行为目标和表现目标。普遍目标用以加强对所学知识的认识，表现为一般的验证性实验；行为目标是对知识点的扩充，帮助学生学会举一反三、触类旁通，以培养学生的应用能力；表现目标用以培养学生的创造能力，提高学生的学习兴趣，在独立解决问题的过程中树立创新意识、锻炼实践能力。

每章最后都附有目标检测，这是对学生是否达到学习目标的全面检测。

3. 体现电子技术新知识、新器件、新工艺的应用。教材内容以集成电路为重点，把握好基础知识与新知识的衔接。增加了片状元器件等新器件及新工艺的介绍，以便使学生了解电子技术的工程应用。

本教材参考学时为 140 学时，其中理论教学 96 学时，实验与技能训练 44 学时。带“*”的为选学内容。各章教学时数参见以下学时分配表（不包括实验与技能训练）。

章 次	课时数	章 次	课时数
绪论	1	第 5 章	30
第 1 章	5	第 6 章	6
第 2 章	18	第 7 章	4
第 3 章	12	第 8 章	6
第 4 章	6	第 9 章	8

本书由徐新艳任主编并负责统稿，王琰编写第 2、4 章，钟卫红编写第 1、9 章，其余各章由徐新艳编写，闫云祥编写全部实验与技能训练。

本书聘请林东老师、王钧铭老师审阅，在此表示衷心感谢。

限于作者水平，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。意见或要求请联系电子邮箱：xuxinyan@btamail.net.cn。

编 者

2004年11月

目 录

绪论	1	4.3 振荡器的频率稳定度	106
第1章 二极管	2	4.4 晶体振荡器	106
1.1 半导体的导电特性	2	*4.5 调制与解调	110
1.2 二极管	4	本章小结	115
1.3 特殊二极管简介	12	实验与技能训练	115
本章小结	16	目标测试	116
实验与技能训练	16	第5章 数字电路	118
目标测试	18	5.1 数字逻辑基础	118
第2章 三极管及其放大器	21	5.2 门电路	128
2.1 概述	21	5.3 组合逻辑电路	147
2.2 三极管	25	5.4 时序逻辑电路	160
2.3 基本放大器的组成及原理	36	本章小结	176
2.4 放大器的分析方法	38	实验与技能训练	177
2.5 放大器工作点的稳定	43	目标测试	185
2.6 共集放大器与共基放大器	49	第6章 存储器与可编程器件	189
2.7 多级放大器	53	6.1 存储器	189
2.8 功率放大器	57	6.2 可编程逻辑器件	198
2.9 放大器的调整与测试	61	本章小结	202
本章小结	64	实验与技能训练	202
实验与技能训练	66	目标测试	205
目标测试	67	第7章 用555定时器组成的脉冲电路	207
第3章 集成运放及其应用	70	7.1 定时器电路构成及功能	207
3.1 概述	70	7.2 用定时器组成脉冲电路	208
3.2 集成运放	71	7.3 定时器实用电路	213
3.3 负反馈放大器	80	本章小结	213
3.4 集成运放的应用	86	实验与技能训练	213
*3.5 集成电路型号命名法及器件手册	91	目标测试	215
本章小结	95	第8章 数/模转换与模/数转换	216
实验与技能训练	95	8.1 D/A 转换器	216
目标测试	97	8.2 A/D 转换器	223
第4章 正弦波振荡器	99	本章小结	231
4.1 反馈式振荡器工作原理	99	实验与技能训练	231
4.2 LC 正弦波振荡器	101	目标测试	233

第 9 章 直流稳压电源	235	附录	250
9.1 整流器与滤波器	235	附录 A 二极管型号命名法	250
9.2 稳压二极管稳压电路	240	附录 B 三极管型号命名法	250
9.3 串联型稳压电路	242	附录 C 半导体集成电路型号 命名法	251
9.4 集成稳压电路	243	附录 D 常用数字集成电路 一览表	251
9.5 开关型稳压电路	245	参考文献	254
本章小结	248		
实验与技能训练	248		
目标测试	249		

绪 论

本书讲述的计算机电路包括模拟电路、数字电路、脉冲电路、模数接口电路及电源等。

现实生活中遇到的许多物理量一般都具有连续变化的特点，如温度、压力等，这类连续变化的物理量称为模拟量。为了控制和处理这些物理量，常把它们转换成电压或电流信号。与模拟物理量对应的电信号称为模拟信号。模拟信号是连续变化量。处理模拟信号的电路称为模拟电子线路，简称模拟电路。

用模拟电路组成的计算机，电路复杂，运算速度慢，可靠性差，因此，目前已很少使用。

取值非连续的、离散的量称为数字量。与数字量相对应的电信号称为数字信号。数字信号的最常见形式是矩形脉冲序列，即可以用数字 0 和 1 表示的序列，如图 0-1 所示。通常规定：0 表示矩形脉冲低电平；1 表示矩形脉冲高电平。当然，也可以反过来进行规定。处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路重点考虑的是输出信号状态(低电平或高电平，即 0 或 1)与输入信号状态(低电平或高电平，即 0 或 1)之间的对应关系，也就是逻辑关系，即电路的逻辑功能。所以，数字电路又称为逻辑电路。

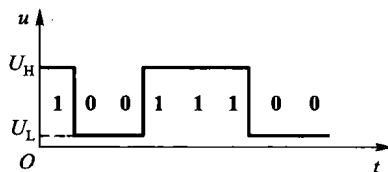


图 0-1 用矩形脉冲表示数字信号的方法

二值形式的数字信号易用电路的两个稳定状态来表示，便于电路实现，易于电路集成。并且，由于采用二值电平逻辑，使数字电路器件具有一定的容错能力，能有效地抑制噪声和干扰信号，从而提高系统的可靠性。因此，用数字电路组成计算机电路，通用性强，可扩展性好，对部件精度和线性度要求较低，成本较低。

数字计算机处理的是数字信号。而声音、图像等模拟量可经换能器转变成模拟信号，这种信号如需用数字计算机处理时，必须有能够将模拟信号转换成数字信号的电路，这就是模拟电路与数字电路之间的接口电路。相反，由计算机处理的数字信号，要以声音、图像形式重现时，同样也需要数模接口电路，将数字信号转换成模拟信号，再推动扬声器发声、显示器显示。



图 0-2 几种脉冲信号波形

脉冲信号是指在很短时间内出现的电压或电流信号。

更广义地讲，凡不连续的信号都泛称为脉冲信号。图 0-2 示出了几种常见的脉冲信号波形：矩形波、三角波、锯齿波。

脉冲电路是产生各种脉冲信号以及对各种脉冲波形进行变换的电路。脉冲电路用于计算机电路中，产生计算机所需要的矩形脉冲时钟信号，组成定时电路等。

电源的作用是提供电路工作时所需要的能量。

本课程是计算机及相关专业的一门重要技术基础课。学习本课程，要求学生掌握模拟电路与数字电路中基本电路的功能、特点、工作原理、外特性及基本分析方法、工程估算方法，正确使用常用小规模、中规模集成电路，了解大规模集成电路，具有一定的实践技能，掌握合理选用有关器件的基本方法，为学习专业课和毕业后从事有关的技术工作奠定必要的基础。

第 1 章

二 极 管

学习目标

- (1) 熟悉二极管及特殊二极管的外形和符号。
- (2) 掌握二极管及特殊二极管的主要特性和参数。
- (3) 具有选用二极管的能力，并会用万用表判断二极管的正、负极和检测其质量。

二极管是用半导体材料制成的，其核心是具有单向导电特性的 PN 结。二极管是电子设备中的常用元件。掌握二极管的特性、应用常识及典型电路是本章的重点。

1.1 半导体的导电特性

自然界物质按导电能力可分为导体、绝缘体和半导体。常温下，导体中存在大量可以移动的自由电子，因此导电能力强。绝缘体中自由电子很少，导电能力很差，可以看作不导电。半导体的导电能力则介于导体和绝缘体之间。常用的半导体材料有硅晶体 (Si) 和锗晶体 (Ge)。

1.1.1 本征半导体的导电特性

由纯净的硅或锗材料制成的半导体称为本征半导体。

能够自由移动的带电粒子称为载流子。载流子定向移动便形成电流。金属等导体中的载流子是自由电子，而本征半导体中则有两种载流子：一种是带负电的自由电子，另一种是带正电的空穴。它们成对出现，因此称之为电子空穴对。本征半导体中电子空穴对的数目很少，所以它的导电能力很弱。

温度升高或光照增强时，本征半导体中的电子空穴对数目显著增加，导电能力大大增强。例如，硅在 200℃ 时的导电能力比常温时增加几千倍。半导体这种对温度和光照十分敏感的特性分别称为热敏性和光敏性。利用半导体的热敏特性，可以制造自动控制系统中常用的热敏电阻及其他热敏元件。利用其光敏特性，可以制造光敏电阻、光电二极管、光电三极管等，并被用于路灯、航标灯的自动控制或制成火灾报警装置、光电控制开关等。

本征半导体还具有掺杂特性，即在本征半导体中掺入微量的其他元素（称为杂质元素），使半导体中的载流子数目显著增加，导电能力大大增强。

阅读 空穴是怎样导电的

半导体硅和锗的价电子都是 4 个。价电子决定元素的导电性能，内层电子对其影响不大。

若把内层电子与原子核看成一个带正电的整体,就可以用图 1-1 表示硅或锗的原子结构。

硅或锗晶体中原子间距离很近,每个价电子不仅受自身原子核的吸引还受相邻原子核的吸引,即一个价电子为相邻两个原子所“共用”。这种价电子共用的结构称为“共价键”。每个硅或锗原子都有 4 个价电子,就与它相邻的 4 个原子构成 4 个共价键,如图 1-2 所示。

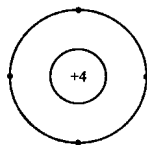


图 1-1 硅或锗简化原子结构示意图

在热力学温度 0°K 时,全部价电子都被束缚在共价键中不能移动,半导体不能导电。当温度升高或受光照射时,价电子获得能量,其中一部分价电子获得足够的能量挣脱了共价键的束缚成为自由电子,同时在共价键中留下相同数量的空位,即“空穴”,如图 1-2 所示。

当共价键中出现一个空穴时,邻近共价键中的价电子跳过来填补这个空穴,使空穴转移到邻近的共价键中。上述过程继续下去,带负电的价电子依次填补空穴的移动,就相当于一个带正电的空穴在移动,如图 1-3 所示,所以空穴是一种带正电的载流子。当有电场作用时,空穴会在电场作用下定向移动,形成电流。

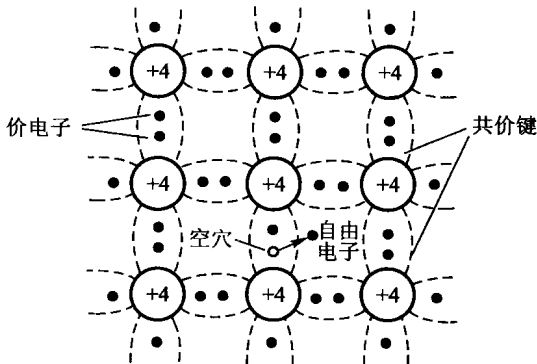


图 1-2 硅或锗晶体中共价键结构示意图

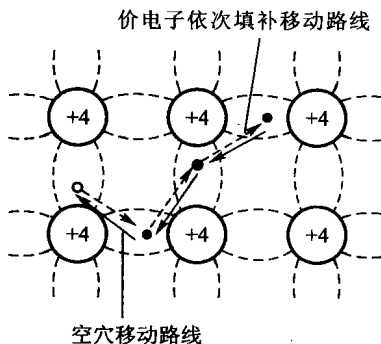


图 1-3 空穴移动

1.1.2 杂质半导体的导电特性

在本征半导体中掺入微量有用的杂质元素,半导体的导电能力有极大提高,这种半导体称为杂质半导体。按掺入杂质元素不同,杂质半导体分为 N 型半导体和 P 型半导体两大类。

在本征半导体中掺入某微量杂质元素后,使其内部自由电子数量显著增加而成为多数载流子的杂质半导体,称为 N 型半导体;若掺入微量杂质元素后,其内部的空穴数量显著增加而成为多数载流子,这类杂质半导体称为 P 型半导体。

阅读 N 型半导体和 P 型半导体是怎样形成的

在硅本征半导体中掺入微量五价元素如磷,由于磷原子有 5 个价电子,在与相邻硅原子组成共价键时,有 1 个多余的价电子未能构成共价键,这个价电子就成为自由电子,从而使自由电子的数量大大增多。如果掺入的微量元素是三价元素如硼,则硼原子在与硅原子组成共价键时就会因缺少 1 个价电子而留有 1 个空位,邻近硅原子的价电子过来填补这个空位便形成空穴,从而使空穴的数量大大增多。

思考与练习

- (1) 半导体具有哪些主要特性？
- (2) 什么是P型半导体？什么是N型半导体？它们分别具有什么特点？

1.2 二极管

1.2.1 二极管的结构与符号

二极管的基本结构如图 1-4 (a) 所示。采用掺杂工艺，使一块本征半导体的一边形成 P 型半导体区域，另一边形成 N 型半导体区域，在这两种杂质半导体的交界面处就会形成一个具有特殊电性能的薄层，称为 PN 结。从 P 区引出的引线为正极，从 N 区引出的引线为负极。封装时通常用玻璃、塑料或金属材料做外壳，外壳的作用是保护管芯免受外部环境影响和机械损伤。在外壳上一般还印有标记，以区分正负电极。

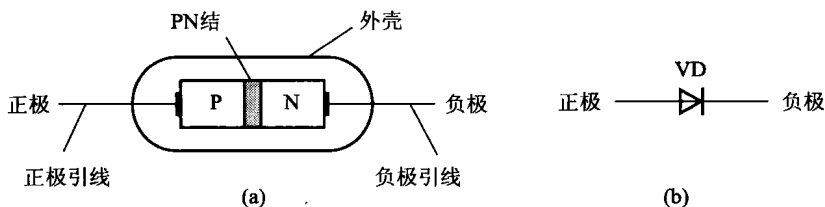


图 1-4 二极管的结构示意图及符号

图 1-4 (b) 是二极管的电路符号。图中三角箭头所指方向表示二极管的正向电流方向。VD 为二极管的文字符号。

1.2.2 二极管的主要特性——单向导电性

二极管的核心是 PN 结，二极管的导电特性实质上就是 PN 结的导电特性。

给二极管外加电压，当正极电位高于负极电位（即 P 区电位比 N 区电位高）时，称为正向偏置，简称正偏；当正极电位低于负极电位（即 N 区电位比 P 区电位高）时，称为反向偏置，简称反偏。

二极管的主要特性是单向导电性。它的主要含义是：

1. 正偏导通

给二极管加正偏电压，如图 1-5 (a) 所示，这时灯亮且电流表读数较大，即该电路有较大电流通过，说明二极管呈现的电阻小，把这种现象称为二极管正偏导通或正向导通。

2. 反向截止

给二极管加反偏电压，如图 1-5 (b) 所示，这时灯不亮且电流表读数极小，即流过电路的电

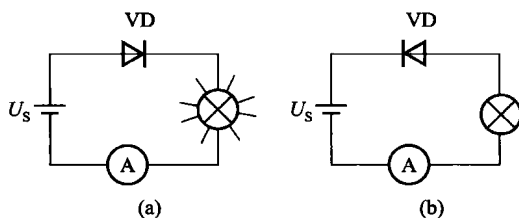


图 1-5 二极管的单向导电性

流极小, 说明二极管呈现的电阻大, 把这种现象称为二极管反偏截止或反向截止。

总之, 正偏时二极管导通, 呈现的正向电阻小, 形成的正向电流大; 反偏时二极管截止, 呈现的反向电阻大, 形成的反向电流小, 这就是二极管的单向导电性。

1.2.3 二极管的伏安特性曲线

为了更全面、准确地了解二极管的导电特性, 需借助曲线方式。二极管的伏安特性曲线是指二极管两端电压 u_{VD} 与流过二极管的电流 i_{VD} 之间的关系曲线, 简称二极管伏安特性。可用逐点法 (即改变二极管两端电压, 测出通过它的电流, 并将值逐点描绘在坐标纸上) 或晶体管特性图示仪直接观察得到二极管伏安特性曲线, 如图 1-6 所示。其中, 虚线是锗材料二极管的伏安特性, 实线为硅材料二极管的伏安特性。

二极管伏安特性分成三个区: 正向特性区 (OA)、反向特性区 (OB) 及反向击穿区 (BC)。

1. 正向特性

二极管外加正向电压较小时, 正向电流非常小, 只有当电压超过某一数值时, 电流才开始快速增长。这一电压称为阈值电压, 也称死区电压或开启电压, 记作 U_{th} 。阈值电压取值与半导体材料有关, 硅管约为 0.5V, 锗管约为 0.1V。通常认为, 当正向电压低于阈值电压时, 二极管不导通, 只有当正向电压高于阈值电压时, 二极管才开始导通。

二极管导通时的正向电压值称为二极管导通电压或管压降, 记作 U_D , 一般小功率硅管为 0.6~0.8V, 锗管为 0.2~0.3V。二极管导通时, 特性曲线趋于直线, 电压与电流之间近似成线性关系, 二极管呈现较小的导通电阻。

2. 反向特性

二极管外加反向电压时, 若环境温度一定, 反向电压由零增高到一定程度后, 再增高, 反向电流几乎不变。二极管反向电流一般很小, 小功率硅管为几微安, 锗管为几十微安。

由于反向电流很小, 所以二极管呈现很大的反向电阻。

3. 反向击穿特性

当反向电压增高到一定数值 $U_{(BR)}$ 时, 二极管反向电流急剧增大, 这种现象称为反向击穿。开始出现反向击穿的电压 $U_{(BR)}$ 称为击穿电压。击穿电压值因管子不同而异。

二极管反向击穿分为电击穿与热击穿。发生击穿时首先出现的是电击穿, 这时只要从外电路中采取适当限流措施, 二极管就不会损坏。电击穿是可逆的, 即反向电压降低后, 二极管仍可恢复反向截止特性。如果不采取限流措施, 就会因电流过大而烧毁 PN 结, 发生热击穿。热击穿是不可逆的, 发生热击穿后将造成二极管永久损坏。

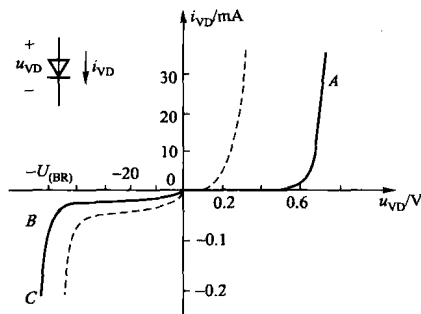


图 1-6 二极管伏安特性

1.2.4 二极管的主要参数

电子元器件的参数是表示电子元器件特性和使用条件的一些物理量, 是选用电子元器件的主要依据。二极管的参数可以直接测量, 也可以从半导体器件手册中查找。它的主要参数如下。

1. 最大整流电流 I_F

I_F 是指二极管长期运行时允许通过的最大平均电流。其大小与 PN 结材料、结面积和散热条件有关。

2. 最大反向工作电压 U_{RM}

U_{RM} 是指二极管在使用时所允许加的最大反向电压。为避免二极管反向击穿，通常将二极管击穿电压 $U_{(BR)}$ 的一半定为 U_{RM} 。

3. 反向电流 I_R

I_R 是指二极管未击穿时的反向电流值。 I_R 越小，二极管单向导电性越好。但需注意的是 I_R 与温度有关，温度升高时 I_R 会急剧增大，所以使用时要注意温度的影响。

4. 最高工作频率 f_M

PN 结存在电容，具有电容效应，但容量较小，一般在频率较高的场合才考虑其影响。

f_M 就是由 PN 结电容决定的参数。当工作频率 f 高于 f_M 时，由于结电容容抗减小，二极管将失去单向导电性。

上述参数中， I_F 、 U_{RM} 和 f_M 又被称为极限参数，使用中不能超过。

应当指出，由于制造工艺限制，即使同一型号的二极管，参数离散性也很大，手册上给出的往往是参数范围。此外，手册上的参数是在一定条件下测得的，使用时若条件改变，相应的参数值也会发生变化。

1.2.5 二极管的类型及选用

1. 二极管的类型

二极管分类有多种。按制造材料分为硅管、锗管及化合物管；按封装形式分为玻璃封装、塑料封装、金属封装等；按内部结构分为点接触型、面接触型和硅平面型；按额定工作电流，分为小功率管、大功率管；按用途分为普通管、整流管、开关管等。图 1-7 所示是几种常用二极管的外形。

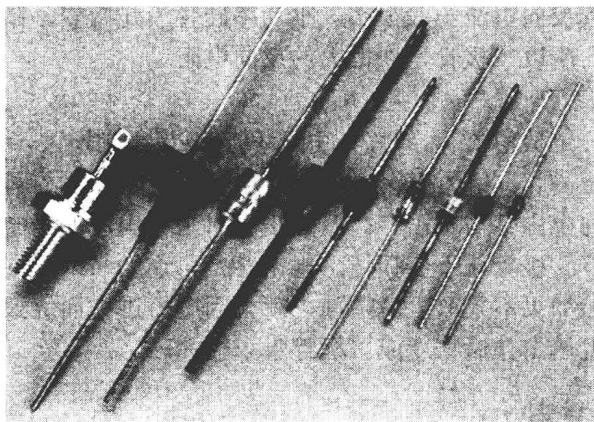


图 1-7 二极管的外形

面接触型管（多是硅管）PN 结面积大，允许通过较大电流，适合整流，但结电容大，不宜用于高频电路。点接触型管结面积小，结电容小，适用于小电流高频工作。硅平面型管中，结

面积较大的适用于大功率整流，结面积较小的适于作开关管。

每种二极管都有一个型号。国产二极管的型号是根据其材料和用途来分类命名的，如附录 A 所示，它由五部分组成。

第一部分是数字“2”，表示二极管。

第二部分用汉语拼音字母表示材料。例如，“A”为锗管，“C”为硅管。

第三部分用汉语拼音字母表示类型。例如，“P”为普通管，“Z”为整流管。

第四部分用数字表示序号。若二极管型号的前三部分相同，仅序号不同，则表示同类型管在某些性能参数上有差别。

第五部分用汉语拼音字母表示规格号。序号相同、规格号不同的二极管，仅在个别性能参数上略有差别。

目前使用中更常见的是采用国外命名方法的二极管，如 1N4001、1N4004 或 1S1834、1S1885。前者是采用美国电子工业协会半导体分立器件命名方法的二极管，其中，数字“1”表示二极管（1 个 PN 结）；“N”是美国电子工业协会注册标志，即表示此二极管已在美国电子工业协会注册登记；最后的多位数字表示该管在美国电子工业协会登记的顺序号。后者是采用日本半导体器件的命名方法，二极管以“1S”（其中 S 是日本电子工业协会注册标志）开头，之后数字表示在日本电子工业协会登记的顺序号，不同公司生产而性能相同的器件可以使用同一顺序号，数字越大，产品越新。

2. 二极管的选用原则

① 设计电路时，应根据电路对二极管的要求查阅器件手册，以确定二极管型号。需注意，所选管的极限参数 I_F 、 U_R 和 f_M 要大于电路对二极管最大平均电流、最大反向电压和最高工作频率的要求，并考虑适当余量。同时注意，要求导通电压低时选锗管；要求反向电流小时选硅管；要求反向击穿电压高时选硅管；要求工作频率高时选点接触型管；要求工作环境温度高时选硅管。

② 在维修设备，更换二极管时，应用同型号管更换。如果找不到同型号管而用其他型号管子替代时，替代二极管的极限参数 I_F 、 U_R 和 f_M 应不低于原管，且材料类型（硅或锗）应和原管相同。

例 1-1 若在设备维修时发现电路中有一支降压二极管 2AP9 坏了，但手头只有 2AK7、2AK9、2CK1、2CW15 与 2CZ1，问这种情况如何解决？

解：2AP9 是锗普通管，用于降压，所以不用考虑频率特性。2CW15 是硅稳压管，2CZ1 是硅整流管，显然，用 2CW15 与 2CZ1 替换不合适。而 2CK1 是硅开关管，用之替换，材料不同，导通电压不同，也不合适。因此，可选的有锗开关管 2AK7 与 2AK9。将 2AP9、2AK7、2AK9 的有关参数列于表 1-1 中（括号中数值为测试条件），可见，选择 2AK7 最为合适。

表 1-1 例 1-1 有关二极管的参数

型 号	I_F/mA	U_R/V	$I_R/\mu\text{A}$	型 号	I_F/mA	U_R/V	$I_R/\mu\text{A}$
2AP9	5	15	≤ 200 （反向电压 10V）	2AK9	≤ 10	50	200（反向电压 $\geq 40\text{V}$ ）
2AK7	≤ 10	30	200（反向电压 $> 30\text{V}$ ）				

3. 二极管的简易检测

使用晶体管图示仪可对二极管质量进行全面准确的观测。但由于晶体管图示仪价格高，体

积大,携带不方便,因此,工程中更多见的是采用简易方法来检测二极管。

在判断二极管电极时,由于二极管外壳上一般都标有符号或标志,故可据此直接判断二极管的正负极,如图1-8所示,也可利用以下介绍的方法用万用表进行检测。

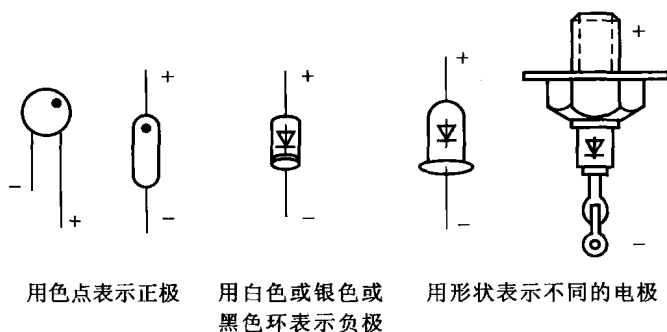


图 1-8 二极管极性判断

(1) 用指针万用表检测

判断二极管的电极。指针万用表电阻挡等效电路如图1-9所示, U_S 是表内电池(一般为1.5 V), R_S 是等效内阻。将万用表转换开关拨到电阻挡(小功率管使用 $R \times 100 \Omega$ 或 $R \times 1 k\Omega$ 挡,大功率管使用 $R \times 10 \Omega$ 或 $R \times 1 \Omega$ 挡),用表笔分别与二极管两极相接,测出电阻;交换表笔再测量一次,则所测阻值较小的一次,黑表笔所接为二极管正极(此时二极管正偏)。

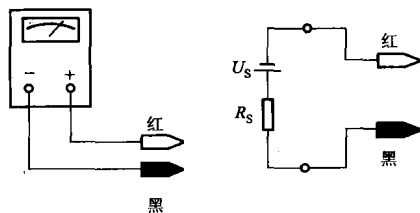


图 1-9 万用表电阻挡等效电路

在上述检测过程中,如果对换表笔前后测得二极管正向电阻均是无穷大,表明二极管内部断路;如果阻值均是零,则二极管内部短路;如果阻值接近,则管子性能严重恶化。

判断二极管的制造材料。小功率管使用 $R \times 1 k\Omega$ 挡,大功率管使用 $R \times 10 \Omega$ 挡。将黑表笔接二极管正极,红表笔接二极管负极,指针示数在1左右的是锗管,在5左右的是硅管。

(2) 用数字万用表检测

判断二极管的电极。将数字万用表转换开关拨到二极管图形符号所指挡位,用两表笔分别与二极管两极相接,读数;交换表笔,重复上述测量。其中表的示数为“1”的那次,黑表笔所接为二极管正极。

判断二极管的制造材料。将红表笔接二极管正极,黑表笔接二极管负极,表的示数为“600”左右的为硅管,表的示数为“200”左右的为锗管。

1.2.6 二极管应用举例

二极管应用十分广泛,可作整流管、检波管、开关管等使用。本章介绍二极管作开关使用的典型电路。

1. 二极管开关等效电路

一个理想开关应满足以下条件:开关闭合时,开关电阻为零,开关两端不产生压降;开关

断开时, 开关电阻无穷大, 开关中没有电流流过。二极管具有导通和截止两种可以明显区分的状态, 因此常作开关使用。

由图 1-6 所示二极管伏安特性可见, 二极管正向工作时, 若 u_{VD} 小于阈值电压 U_{th} (以硅管为例约 0.5 V), 二极管电流很小, 可看作不导通。当 u_{VD} 超过 U_{th} 后, 二极管导通, 导通后正向压降 U_D 基本不变 (约 0.7 V), 二极管对外呈现很小的电阻, 只有几十~几百欧。二极管反向工作时, 反向电流 I_R 很小且几乎不随 u_{VD} 而变化, 反向电阻很大。当反向电压超过击穿电压 $U_{(BR)}$ 后, 二极管反向击穿, 电流急剧增大。二极管作开关时, 不允许工作在击穿区。

根据以上分析可知, 在图 1-10 (a) 所示二极管开关电路中, 当 $u_i > U_{th}$ 时, 二极管导通, 等效为一个具有 U_D (0.7 V) 压降的闭合开关, 如图 1-10 (b) 所示; 当 $u_i < U_{th}$ 时, 二极管截止, 等效为一个断开的开关, 如图 1-10 (c) 所示。图 1-11 所示是将二极管视作理想开关时的等效电路。

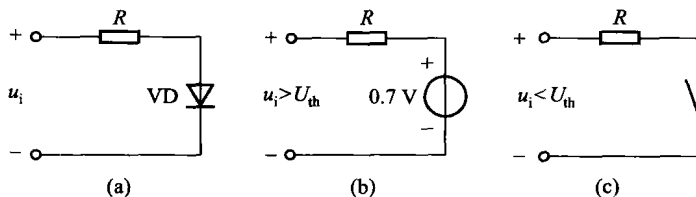


图 1-10 二极管开关等效电路

(条件: VD 正向电阻 $\ll R \ll VD$ 反向电阻)

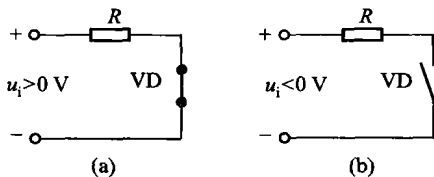


图 1-11 二极管理想开关等效电路

例 1-2 试求如图 1-12 (a) 所示电路的输出电压 U_O 。设二极管为理想开关管。

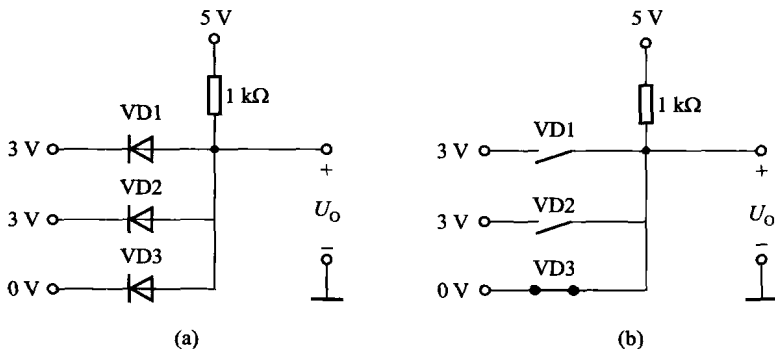


图 1-12 例 1-2 电路

解: 分析此类电路时, 先确定二极管是正极连在一起, 还是负极连在一起。若正极连在一

起, 则负极电位最低的二极管优先导通。图 1-12 中 VD3 负极电位最低, 所以 VD3 优先导通。VD3 导通后, 使 $U_O=0\text{ V}$, 故 VD1、VD2 因负极电位高于正极电位而截止。用二极管开关等效电路等效二极管, 可得如图 1-12 (b) 所示等效电路, 并得 $U_O=0\text{ V}$ 。

2. 二极管限幅器

限幅器即限幅电路, 又称削波器。当限幅电路输入信号在一定范围内变化时, 输出电压跟随输入电压线性变化; 当输入电压超过一定范围时, 输出电压保持不变。

根据二极管在电路中的连接方式, 可以将限幅电路分为串联限幅与并联限幅两类。

(1) 串联限幅器

图 1-13 所示电路中, 二极管与输出端串联, 称为串联限幅器。为分析简单起见, 设二极管是理想开关。

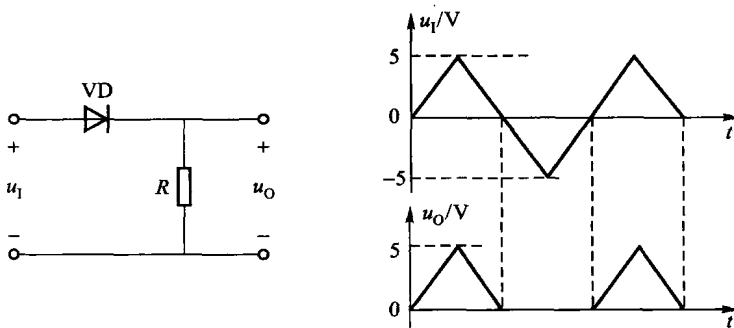


图 1-13 串联限幅器

当输入电压 $u_1 \geq 0\text{ V}$ 时, 二极管 VD 导通, $u_O=u_1$; 当输入电压 $u_1 < 0\text{ V}$ 时, VD 截止, $u_O=0\text{ V}$ 。可见, 电路为下限幅器, 限幅电平为 0 V 。

将电路中二极管 VD 反接, 就可以得到限幅电平为 0 V 的上限幅电路。

图 1-14 是限幅电平为 U_S 的串联上限幅器。当 $u_1 > U_S$ 时, 二极管 VD 截止, $u_O=U_S$; 当 $u_1 \leq U_S$ 时, VD 导通, $u_O=u_1$ 。

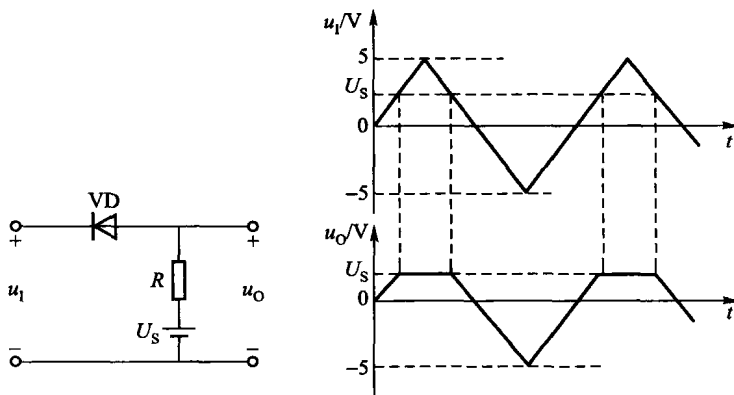


图 1-14 限幅电平为 U_S 的串联上限幅器