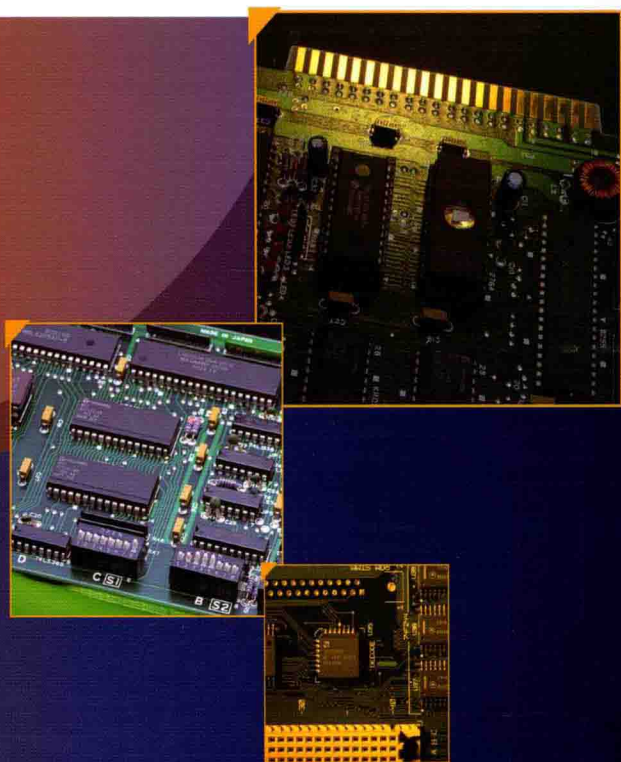


高职高专“十二五”规划教材

SHIYONG MONI DIANZI JISHU FENXI YU YINGYONG

实用模拟电子技术 分析与应用

胡宏梅 陈 清 主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

实用模拟电子技术 分析与应用

胡宏梅 陈 清 主 编
施纪红 周静红 钱志宏 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

7 30 485 价 实

本书有 5 个项目,分别为简单直流稳压电源的制作与测试、彩灯声控控制电路的制作与测试、分立式音频功率放大电路的制作与测试、集成式音频功率放大电路的制作与测试以及简易信号发生器电路的制作与测试,囊括了模拟电子技术中的半导体二极管、半导体三极管、放大电路基础、负反馈放大电路、集成电路及振荡电路的相关知识点。本书以应用为目的,用工程观点删繁就简,突出重点,根据高职学生的知识接受能力和学习习惯,将学习项目由易到难、由简到繁进行剖析,将知识点和技能点逐点增加,将课堂讲授,课内讨论和技能训练有机结合在一起,调动学生学习积极性,提高师生互动性,形成理论和实践相结合的教学模式。同时,每个项目都有一个知识点和技能点的综合应用,帮助学生回顾重点,完成项目。此外,在每个项目后都有相应的练习题,方便学生对该项目知识点的复习。为方便教学,配套电子课件。

本书可作为高职高专电子、电气、自动化、计算机等专业模拟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。

图书在版编目(CIP)数据

实用模拟电子技术分析与应用/胡宏梅,陈清主编. —北京:化学工业出版社,2015.1
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-22489-7

I. ①实… II. ①胡… ②陈… 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(2014)第 287544 号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:王晓宇

责任校对:吴 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{2}$ 字数 264 千字 2015 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.00 元

版权所有 违者必究

前言

Foreword

本书依据高职培养目标的要求,以及后续专业课程对模拟电子技术知识点的需求而编写,可作为高职高专电子、电气、自动化、计算机等专业模拟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。

本书以应用为目的,用工程观点删繁就简,突出重点,根据高职学生的知识接受能力和学习习惯,将学习项目由易到难、由简到繁进行剖析,调动学生的学习积极性和主动性,加强理论知识和实践知识的结合,培养学生应用所学知识解决实际问题的能力,通过这些项目的学习可使高职学生具备初步的模拟电路分析与设计能力。

本书分为5个项目,包含了电源电路、放大电路、振荡电路等模拟电路中的经典电路。每个项目的开始都是该项目的项目分析,让学生直观上了解本项目在实际生活中的应用,继而给出本项目的电路图,剖析电路图,完成项目的分解,其后对每一部分电路进行知识点和技能点的详细展开,让学生真正体会“做中学,学中做”的乐趣,最后,每个项目的最后一个模块和项目分析相呼应,让学生完成本项目的分析、制作与测试,实现本项目知识点和技能点的综合应用。实现了项目从最基本的分析、测试到复杂的综合应用,循序渐进。

本书将理论教学内容和实践教学内容相结合,每讲解1到2个知识点,就有1个技能训练内容,形成理论与实践训练相结合的教学模式。本书中的技能训练既可采用模拟仿真(如PROTEUS或EWB)方式,也可采用实验板制作方式。

本书由苏州健雄职业技术学院胡宏梅、陈清、施纪红、周静红等共同编写。其中,项目一由施纪红编写,项目二、项目三、项目四由胡宏梅、钱志宏编写,项目五由周静红编写,陈清、浦灵敏、仲小英、贾瑞参与其中部分内容编写。

本书的编写工作得到了苏州健雄职业技术学院电气工程学院领导的大力支持,得到了相关老师的帮助和指导,许多老师对此书提出了宝贵的意见,在此一并表示感谢。

本书配套电子课件,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要,可登陆 www.cipedu.com.cn 下载。

基于编者自身水平有限,书中难免存在遗漏之处,希望广大读者不吝指正。

编者

目录

CONTENTS

项目一 简单直流稳压电源的制作与测试	1
项目分析 简单直流稳压电源的认识	1
模块1 二极管的识别与检测	2
任务1 二极管的认识	2
任务2 晶体二极管的检测	8
模块2 整流电路的分析与测试	10
任务1 单相半波整流电路的分析	10
任务2 单相桥式整流电路的分析与测试	13
任务3 倍压整流电路的分析	15
模块3 滤波电路的分析与测试	17
任务1 电容滤波电路的分析与测试	17
任务2 电感滤波电路的分析与测试	21
任务3 复式滤波电路的分析	23
模块4 稳压电路的分析与测试	24
任务1 并联型稳压电路的分析与测试	25
任务2 集成稳压电路的分析与测试	29
模块5 简单直流稳压电源的制作与测试	36
练习题	38
项目二 彩灯声控控制电路的制作与测试	41
项目分析 彩灯声控控制电路	41
模块1 放大电路的认识	42
模块2 晶体管的认识	44
任务1 晶体管的识别与检测	44
任务2 晶体三极管的特性	46
模块3 三极管基本应用电路的分析及测试	49
任务1 三种基本组态放大电路的认识	49
任务2 固定式共射放大电路的分析与测试	52
任务3 分压式共射放大电路的分析与测试	62
模块4 多级放大电路的分析与测试	64
任务1 多级放大电路的认识	64
任务2 多级放大电路的分析	66
模块5 彩灯声控控制电路的制作与测试	70
拓展任务 共集和共基放大电路的分析与测试	71

任务 1 共集放大电路的分析	71
任务 2 共基级放大电路的分析	73
练习题	74
项目三 分立式音频功率放大电路的制作与测试	79
项目分析 分立式音频功率放大电路	79
模块 1 负反馈放大电路的分析与测试	81
任务 1 反馈放大电路的认识	81
任务 2 反馈电路类型的判别	82
任务 3 深度负反馈的认识	84
任务 4 负反馈放大电路的应用	86
模块 2 功率放大电路的分析与测试	91
任务 1 功率放大电路的认识	91
任务 2 互补对称功率放大电路的分析与测试	94
模块 3 分立式音频功率放大电路的制作与测试	103
拓展任务 话筒及扬声器的认识	105
任务 1 话筒的认识	105
任务 2 扬声器的认识	106
练习题	107
项目四 集成音频功率放大电路的制作与测试	111
项目分析 集成音频功率放大电路	111
模块 1 集成电路的识别与检测	112
任务 1 集成电路的认识	112
任务 2 集成电路的检测	116
模块 2 集成运算放大电路的分析与测试	118
任务 1 集成运算放大器的线性应用	118
任务 2 集成运算放大器的非线性应用	123
模块 3 集成功率放大器的分析与测试	126
任务 1 集成功率放大器的认识	126
任务 2 典型集成功率放大器的应用	127
模块 4 集成音频功率放大电路的制作与测试	133
练习题	135
项目五 简易信号发生器电路的制作与测试	138
项目分析 简易信号发生器电路	138
模块 1 正弦波振荡电路的分析与测试	139
任务 1 正弦波振荡电路的认识	139
任务 2 RC 正弦波振荡电路的分析与测试	141

任务3 LC正弦波振荡电路分析与测试	144
任务4 石英晶体振荡电路的分析与测试	148
模块2 非正弦信号发生电路的分析与测试	151
任务1 方波信号发生器的分析与测试	151
任务2 三角波信号发生器的分析与测试	153
模块3 简易信号发生器电路的制作与调试	154
练习题	158

参考文献	161
------------	-----

项目一

简单直流稳压电源的制作与测试

项目分析 简单直流稳压电源的认识

我们的生活离不开各种各样的电子设备，每种电子设备都需要电源，提供电源的电路就是电源电路。每种电子设备配置的电源电路的结构、复杂程度千差万别。某些电源电路本身就是一套复杂的电源系统。这套电源系统能够为复杂的电子设备的各部分提供持续稳定、符合设备使用要求的电源。而另外一些电子设备只需要一个较简单的电池电源电路供电即可。但电池电源电路也在不断更新，目前较新型的电源电路具备了电池能量提醒、掉电保护等高级功能。所以说电源电路是电子设备的重要基础。

就电子技术的特性而言，电子设备对电源电路的要求包括：能够提供持续稳定、满足负载要求的电能（很多时候要求提供稳定的直流电能）。提供稳定直流电能的电源就是直流稳压电源。图 1-0-1 是计算机机房用稳压电源；图 1-0-2 是实验室常用的稳压电源；图 1-0-3 是生活中使用的稳压电源。

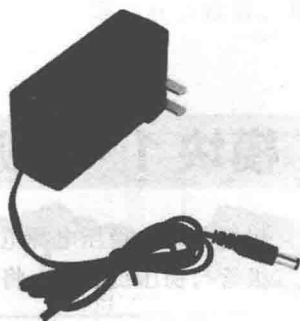
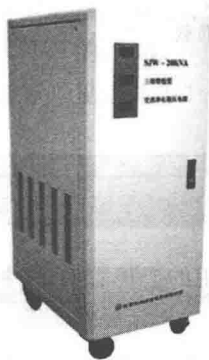


图 1-0-1 机房用稳压电源 图 1-0-2 实验室常用的稳压电源 图 1-0-3 生活中使用的稳压电源

可见直流稳压电源是各种电子仪器、设备中不可缺少的组成部分，在这一个项目中就来介绍一款简单的小功率半导体直流稳压电源，这种电源由变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分组成，其原理框图和各部分输出波形如图 1-0-4 所示。

其各部分功能及作用如下：

(1) 电源变压器：根据用电设备的需要变换所需伏值的交流电压。 u_1 为电网提供的交流电压（一般为 220V 或 380V）； u_2 为变换后的次级线圈电压，一般较低的电压可以降低对整流、滤波和稳压电路中所用元件的耐压要求。所以 u_2 需要利用变压器将电网电压变换成

所需数值的正弦交流电压。

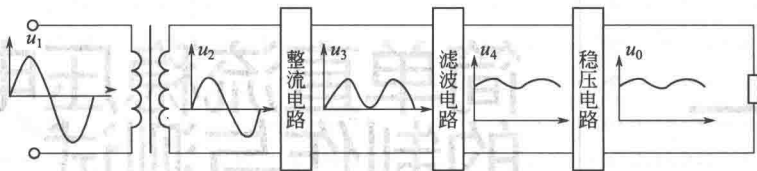


图 1-0-4 直流稳压电源的电路框图

- (2) 整流电路：将交流电 u_2 转换成直流电 u_3 。利用具有单向导电性能的二极管，将变压器输出的正、负交替变化的正弦交流电压 u_2 整流变换成单向脉动的直流电压 u_3 。
- (3) 滤波电路：把整流后脉动较大的直流电 u_3 变换成平滑的直流电 u_4 。一般使用电容、电感等储能元件来滤除单向脉动电压 u_3 中的谐波成分。
- (4) 稳压电路：克服电网电压或负载电流变化时所引起的输出电压 u_4 的变化，保持输出电压 u_0 的稳定。

简单直流稳压电源电路原理如图 1-0-5 所示，现将电路原理图按照电路框图分解成三个相应的单元电路，下面将先介绍二极管，然后分别对这三个单元电路进行讲解：整流电路、滤波电路、稳压电路。

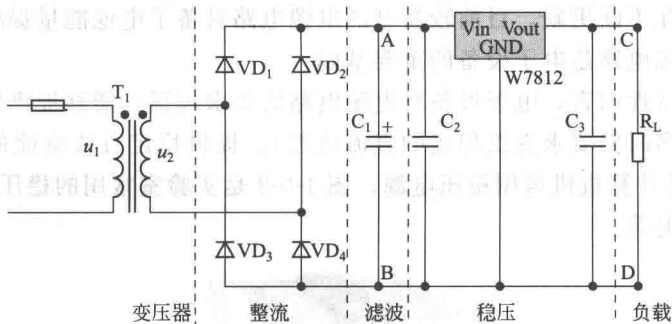


图 1-0-5 简单直流稳压电源电路原理图

模块 1 二极管的识别与检测

二极管是整个稳压电源电路中最关键的器件。在稳压电源电路中常用的二极管有 2 种——整流二极管与稳压二极管，将在模块 1 和模块 4 详细介绍。

任务 1 二极管的认识

知识 1 二极管的识别与选择

1. 二极管的结构

二极管的主要材料是半导体，半导体是指导电性介于导体与绝缘体之间的一种材料。二极管是在一块完整的纯度极高的半导体晶片上，通过特殊的掺杂工艺，使晶片的一半为 P

型半导体，另一半为 N 型半导体，然后在它们的交界面形成了一个具有特殊物理性质的带电薄层，成为 PN 结，见图 1-1-1。将 PN 结用外壳封装起来，并且加上两根电极引线就构成了二极管。从 P 区引出的是正极性引脚，一般用 A 表示；从 N 区引出的是负极性引脚，一般用 K 表示。如图 1-1-2 为二极管的结构与图形符号。

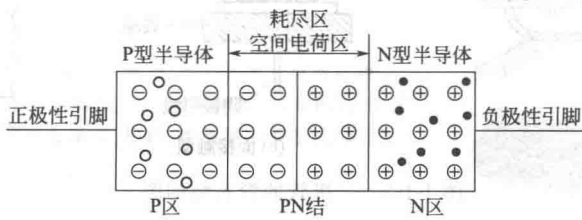


图 1-1-1 二极管的 PN 结结构

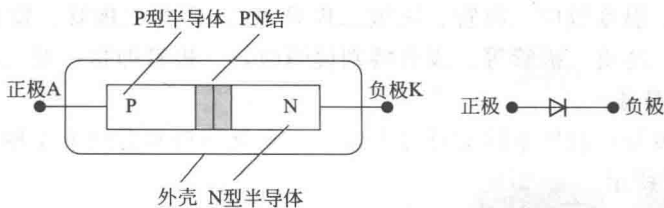


图 1-1-2 二极管的结构与图形符号

注：P 型半导体和 N 型半导体是根据在半导体晶体（硅或锗）中掺杂入少量的杂质（砷或硼）后形成的不同性能而区分的。N 型半导体的多数载流子是电子，P 型半导体的多数载流子是空穴。

2. 二极管的分类

根据形状、大小、材质、构造、功能等，二极管可以分为很多种类。

从外形的不同，可分为玻壳二极管、塑封二极管、金属壳二极管、螺栓状二极管、片状二极管等，见表 1-1-1。

表 1-1-1 二极管的不同外形

玻壳二极管	塑封二极管	金属壳二极管	螺栓状二极管	片状二极管
				

根据制造材料的不同，可分为锗管和硅管两大类，每一类又可以分为 N 型和 P 型；如 N 型锗二极管、P 型锗二极管、N 型硅二极管、P 型硅二极管。

根据管芯结构的不同，可分为点接触型二极管、面接触型二极管及平面型二极管，如图 1-1-3 所示。

点接触型二极管的特点是：PN 结结面积小、不允许通过较大的电流，但它的结电容小，可以在高频下工作，所以一般适用于小电流整流、高频检波电路和开关电路。面接触型二极管的特点是：PN 结结面积大、允许通过较大的电流，但它的结电容也大，所以适合低频整流电路。平面型二极管的特点是：PN 结结面积可大可小，结面积较大时应用于大功率

整流，结面积小时应用于数字电路。

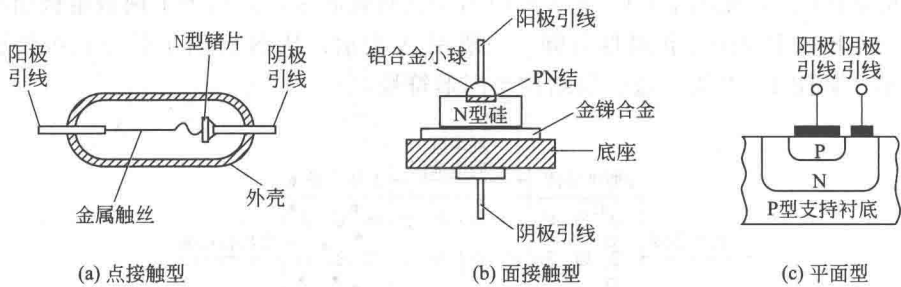


图 1-1-3 二极管的管芯结构图

根据功能与用途的不同，可分为一般二极管和特殊二极管两大类。一般二极管包括检波二极管、整流二极管、开关二极管、快速二极管等。特殊二极管主要有稳压二极管、敏感二极管（磁敏二极管、温度效应二极管、压敏二极管等）、变容二极管、发光二极管、光电二极管、激光二极管、隧道二极管等。没有特别说明时，二极管即指一般二极管。

3. 常见二极管符号

不同功能的二极管一般用不同的符号来表示，常见的符号有以下 4 种，最经常用到的是前三个，如图 1-1-4 所示。



图 1-1-4 常见二极管符号

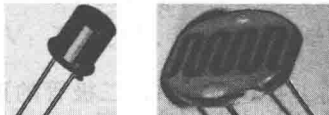
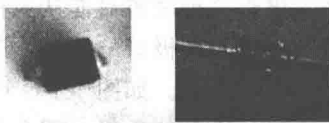
4. 二极管的选择

二极管的类型很多，如何能够选择到合适的二极管呢。主要考虑以下三个方面。

- ① 根据具体电路的要求选用合适种类的二极管。例如在检波电路中，要选择检波二极管；在整流电路中，要选择整流二极管；在电子调谐电路中，可选择变容二极管和开关二极管；在稳压电路中，选择稳压二极管等等。
- ② 在合适种类的基础上，选择二极管的系列和型号，使二极管的各项主要技术参数和特性符合电路要求。不同用途的二极管对参数的要求各不相同。例如整流二极管要关注它的最大整流电流参数，整流电路中通过二极管的电流一定不能超过这个数值，并且整流二极管功率的大小、工作频率、工作电压、反向电流都是重点关注参数。稳压管除了要注意稳定电压、最大工作电流等参数外，还要注意选用动态电阻较小的稳压管，因动态电阻越小，稳压管性能越好。开关二极管要关注开关时间（也就是反向恢复时间）这个参数。变容二极管要特别注意零偏压结电容和电容变化范围等参数，并根据不同的频率覆盖范围，选用不同特性的变容二极管。二极管的各项主要参数可以从《晶体管手册》和有关的资料查出，但是使用前最好用万用表及其他仪器复测一次，以确保使选用的二极管参数符合要求并留有一定的余量。
- ③ 根据电路的要求和电子设备的尺寸，选择二极管的外形、尺寸大小和封装形式。二极管的外形、大小及封装形式多种多样，外形有圆形的、方形的、片状的、小型的、超小型的、大中型的；封装形式有全塑封装、金属外壳封装等。在选择时，可根据性能要求和使用条件（包括整机的尺寸）选用符合条件的二极管。

表 1-1-2 是一些常见二极管的类型与外形, 将在介绍具体电路的时候再针对各电路介绍各类型二极管的具体选用方法。

表 1-1-2 二极管的类型与外形

类 型	常 见 外 形
(1) 整流二极管 能够将交流电能转变为直流电能的二极管, 主要应用于整流电路。由于这种二极管的正向电流较大, 所以它多为面接触型, 结面积大, 结电容大, 但工作频率低。封装有金属壳、塑料、玻璃等多种形式, 同时二极管的功率越大体积也相对比较大	
(2) 检波二极管 能够把叠加在高频载波上的低频信号检出来的二极管	
(3) 稳压二极管 利用二极管反向击穿时电压基本不随电流变化来达到稳压的效果, 多为硅材料制作的面结合型二极管。该管在反向击穿前的导电特性与普通二极管相似	
(4) 发光二极管 加上正向电压后, 产生发光现象。根据材料的不同可以发出不同颜色的光, 形状有圆形、方形级、组合型等	
(5) 光敏二极管 也叫光电二极管, 在光线照射下, 反向电阻会由大变小, 其顶端有能够射入光线的窗口, 光线可以通过该窗口照射到管芯上	
(6) 变容二极管 该二极管的 PN 结电容随外加偏压的变化而变化。该二极管为反偏压二极管	
(7) 开关二极管 可以接通和关断电流的二极管, 主要应用在脉冲数字电路中。它的反向恢复时间短, 可以满足高频和超高频电路的需要	
(8) 快恢复二极管 也叫阻尼二极管、高速开关二极管, 引线比较粗。开关特性好, 反向恢复时间很短。主要应用于开关电源、脉宽调制器、变频器等	

知识 2 二极管的特性

1. 单向导电性

用实验来说明二极管的最大特点——单向导电性, 即电流只能在二极管中沿一个方向流动。

准备电压可调的直流电源 V_G (电压开始调到最小)、二极管 VD 、指示灯 H 、限流电阻 R 、开关 S 、电压表, 按图 1-1-5 (a) 进行电路连接。闭合开关 S 后, 指示灯 H 不亮。慢慢

调节 V_G 的电压，当二极管两端的电压表达达到一定数值后指示灯 H 开始发光，说明此时二极管的电阻变小，电流能够从二极管流过，导电性良好，称为“导通”状态，可以等效成图 1-1-5 (c)。若保持原电路不变，把二极管 VD 反一个方向（即二极管的正负极反向）接入电路，同时直流电源 V_G 电压调到最小，如图 1-1-5 (b) 所示，闭合开关 S ，指示灯 H 不亮。慢慢调节 V_G 的电压（二极管两端的电压不要超过 $10V$ ），指示灯一直不亮，说明此状态时二极管的电阻很大，电流无法流过，把这种情况称为“截止”状态，等效电路如图 1-1-5 (d) 所示。

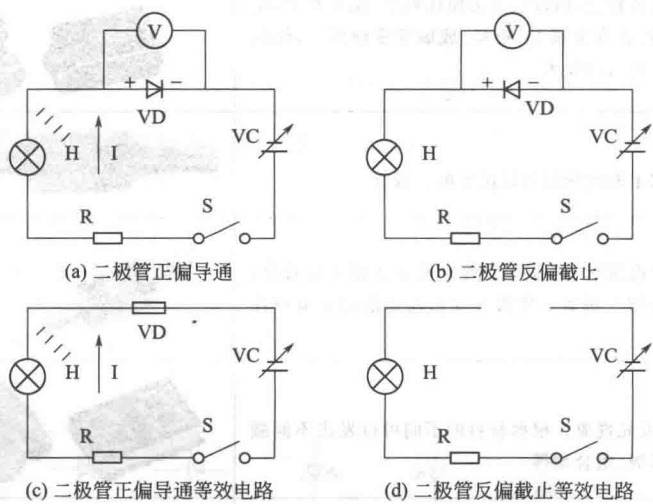


图 1-1-5 二极管的导通实验

图 1-1-5 (a) 中，二极管的极电位高于负电位，将此时二极管上外加电压称为“正向电压”，二极管处于正向偏置，简称“正偏”状态，此时二极管导通；图 1-1-5 (b) 中二极管的负电位高于正电位，将此时二极管上外加电压称为“反向电压”，二极管处于反向偏置，简称“反偏”状态，此时二极管截止。

将二极管这种电流只能从二极管的极流向负极的特性称为二极管的单向导电性，所以在使用中要注意二极管的方向，防止二极管接错，一般在二极管的外壳上都有明显的符号标记，或者色环标志。如图 1-1-6 (a) 为带引脚的二极管 PCB 图，图中二极管封装的右边一条竖线表示二极管的负极，图 1-1-6 (b) 为带引脚的二极管 PCB 安装图，可见二极管实物的银色色环应该对应 PCB 封装上的竖线位置。如图 1-1-7 上半部分 D201 为一个贴片二极管，白色封装的右边为钝角转折，表示二极管的负极，和贴片二极管上的白色竖线对应。和它对比的是图 1-1-7 下半部分为一个电阻的封装和实物，没有相应的极性标示（一般电阻上有数字标示）。

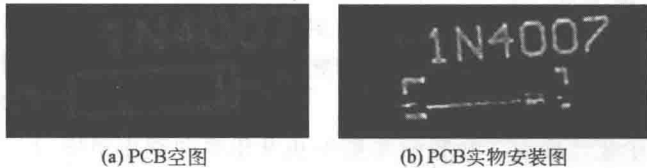


图 1-1-6 带引脚的二极管 PCB 空图及实物安装图

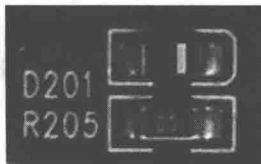


图 1-1-7 贴片二极管 PCB 安装实物图

2. 伏安特性

加在二极管两端的电压和流过二极管的电流间的关系称为二极管的伏安特性，二极管的

伏安特性曲线如图 1-1-8 所示。

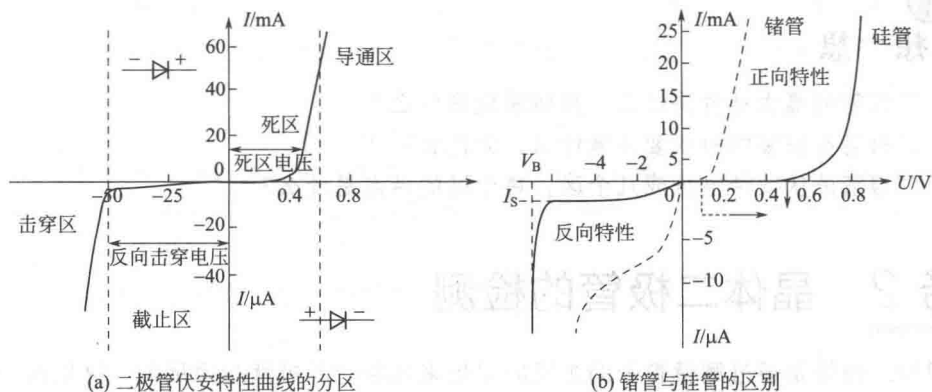


图 1-1-8 二极管的伏安特性曲线

首先分析一下正向导通时的情况。

开始虽然二极管上加的是正向电压，但是 V_G 电压较小，二极管不能导通，说明二极管两脚间的电阻比较大，灯泡不亮。当二极管两端电压达到一定的值后（硅二极管为 0.6V，锗二极管为 0.2V），灯泡才亮，二极管此时两脚间的电阻很小。将二极管正向偏置时的特性称为正向特性。根据正向偏置时，二极管的导通情况将正向特性分成两个区，一个是死区，一个是导通区，如图 1-1-8 (a) 所示。

死区：在外加的正向偏置电压较小时，二极管中流过的正向电流几乎为零，这个区域称为死区，相应的电压称为死区电压。锗管死区电压约为 0.1V，硅管死区电压约为 0.5V，如图 1-1-8 (b) 所示。

导通区：当外加的正向偏置电压超过死区电压时，电流随电压增加而快速上升，半导体二极管处于导通状态。锗管的正向导通压降为 0.2~0.3V，硅管的正向导通压降为 0.6~0.7V，如图 1-1-8 (b) 所示。

由上分析可知，二极管导通的条件有两个：①加正向偏置电压（二极管正极所加电压高于负极电压）；②正向偏置电压达到一定电压值（硅二极管为 0.6V，锗二极管为 0.2V）。

再具体分析一下反向截止时的情况。当在分析图 1-1-5 (b) 的时候，在二极管正向导通灯泡亮的电压下，二极管反向后的电路灯泡不亮。但是如果继续不断调大 V_G ，当电压大到一定程度时，灯泡突然变亮，说明此时二极管导通，但是此时即使将电压调小，灯泡依然发光，表明二极管已经被击穿，两脚间的内电阻很小，二极管损坏，已经没有单向导电性。我们将二极管接反向电压时的特性称为反向特性。根据反向偏置时，二极管的导通情况将反向特性也分成两个区，一个是截止区，另一个是击穿区，如图 1-1-8 (a) 所示。

截止区：给二极管外加反向电压，当反向电压不超过某电压范围时，反向电流基本恒定，这个电流称为反向饱和电流。在同样的温度下，硅管的反向电流比锗管小，硅管一般为 $1\mu\text{A}$ 到几十微安，锗管却可达到几百微安，此时二极管处于截止状态。

击穿区：给二极管外加反向电压，当反向电压增加到某一数值时，反向电流突然增大，二极管反向导通，称为反向击穿；该电压称为反向击穿电压。普通二极管正常工作时，不允许出现这样的情况（稳压二极管是个特例）。

- (1) 二极管的最大特性是什么，具体表现是什么？
- (2) 二极管在安装的时候要注意什么，为什么？
- (3) 二极管的伏安特性分成几个区，每个区的特点是什么？

任务2 晶体二极管的检测

一般的二极管是通过测量管子的正反向阻抗来判断它的极性与质量的。这里的一般的二极管是指整流二极管、检波二极管、开关二极管等。

1. 采用指针式万用表判断一般二极管的极性与好坏

第一步：检查指针式万用表的灵敏度和良好性。

第二步：选择欧姆挡的“ $R \times 1k$ ”挡位，然后挡位调零。

一般模拟万用表的内部结构是，当电阻挡置 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 挡时内部

电池为 $E_0 = 1.5V$ 。而 $R \times 10k$ 挡时内部电池电压较高，一般为 $9V$ （不同的万用表不尽相同，特别是数字万用表和模拟万用表就有很大的区别，现仅以普通模拟万用表为例）。万用表电阻挡等效电路如图 1-1-9 所示。

测试小功率二极管时应该选 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡，因为 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 挡内电阻小，流过二极管的电流大，正向电流过大容易烧毁二极管，而 $R \times 10k$ 挡的内部电压高容易发生反向击穿。

图 1-1-9 万用表电阻挡等效电路

第三步：一般二极管的极性可以通过二极管外壳上的标记进行识别。一般有深色标记的一端为负极，另一端为正极。

第四步：对于标记不清的二极管可以通过以下方法进行识别。

用万用表的红黑两个表笔，如图 1-1-10 (a) 所示，分两个方向测试二极管两端的电阻值 [一个按图 1-1-10 (a) 的 1 测量，另一个按图 1-1-10 (a) 的 2 测量]，即测量二极管的正向电阻和反向电阻各一次，如果测量的阻值一次比较小，一次很大，表示该二极管工作正常。对于能够正常工作的二极管，如果测得的电阻值较小只有几千欧，如图 1-1-10 (b) 所示（此时测得的是正向电阻），这时黑表笔所连一端应为二极管的正极，而红表笔所连的一端为二极管的负极；如果测得的电阻值接近无穷大（此时测得的是反向电阻），如图 1-1-10 (c) 所示，这时与黑表笔所连一端为二极管的负极，而红表笔所连一端为二极管的正极。

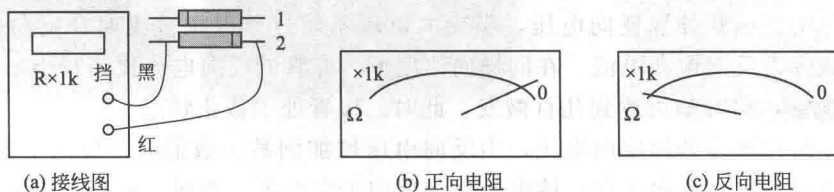


图 1-1-10 模拟万用表测试二极管示意图

注：测量时电路说明：根据在指针式万用表欧姆挡的电路中，万用表的红表笔（即万用表“+”端）是与表内电池的负极连接的，而黑表笔（即万用表的“-”端）是连接到表内电池的正极。用黑表笔（电源正极）接二极管的正极，红表笔（电源负极）接二极管负极时，二极管正向导通，正向电阻约为几百到几千欧。反之红表笔接二极管正极，黑表笔接二极管负极，二极管方向截止，反向电阻为几百千欧以上。

若正向电阻和反向电阻值均为无穷大，说明二极管内部断开；若正向电阻和反向电阻值均为零，说明二极管内部短路；若正向电阻和反向电阻值接近，说明二极管性能恶化；后三种状态均表示二极管损坏。

2. 采用数字万用表判断一般二极管的极性与好坏

第一步：检查数字万用表的好坏。

第二步：选择二极管挡位。

第三步：用数字万用表的红黑两个表笔，如图 1-1-11 (a) 所示，分两个方向测试二极管管两端的电阻值 [一个按图 1-1-11 (a) 的 1 测量，另一个按图 1-1-11 (a) 的 2 测量]，即测量二极管的正向管压降和反向管压降各一次。对于能够正常工作的二极管，如果数字万用表测得的数字显示“1”，如图 1-1-11 (b) 所示，表示二极管处于反向偏置状态，这时与黑表笔所连一端为二极管的正极，而红表笔所连的一端为二极管的负极。如果此时数字万用表显示的数值为 600 左右如图 1-1-11 (c)，说明此时是二极管正偏状态，数值的含义是二极管正向导通后的管压降为 600 多毫伏，此时黑表笔所连一端应为二极管的负极，而红表笔所连的一端为二极管的正极，并且我们可以知道这个二极管为硅二极管；如果万用表显示的是 200 左右，如图 1-1-11 (d) 所示，状态同上，并且知道这个二极管为锗二极管

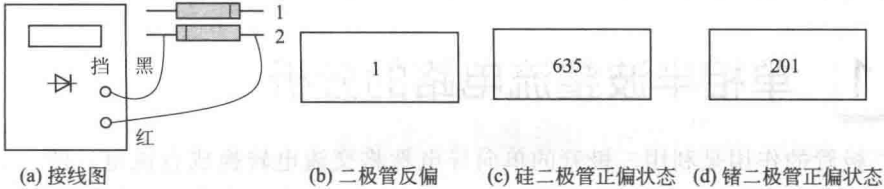


图 1-1-11 数字万用表测试二极管示意图

注：由于硅二极管的正向导通压降 U_F 为 0.6~0.7V，锗二极管则为 0.15~0.3V，两者的正向管压降不同，一般整流电路中的二极管多属于硅二极管，检波电路中的二极管多属于锗二极管。点接触型二极管多为锗二极管，面接触型二极管多为硅二极管。

...

任务实施

...

做一做

二极管的检测与判断

准备好 1N4001 和 1N4148 两种型号的晶体二极管各一只，模拟万用表 1 只，按要求进行二极管的判断，并填写表 1-1-3。

(1) 判断晶体二极管的好坏；

- (2) 判断晶体二极管的极性；
- (3) 判断晶体二极管的类型（锗管和硅管判别）。

表 1-1-3 二极管检测的数据记录表

型 号	封 装 形 式	万用表挡位开关位置	PN 正向电阻	PN 反向电阻	好 坏	类 型
1N4001						
1N4148						



想一想

- (1) 识别和检测二极管的极性与好坏时应用了二极管的什么特性？
- (2) 使用数字万用表检测与模拟万用表检测有什么不同？
- (3) 二极管中锗管和硅管的区别是什么？

模块 2 整流电路的分析与测试

整流电路的功能就是把交流电变换成直流电，利用具有单向导电性能的元件（如二极管、晶闸管等），将变压器输出的正、负交替变化的正弦交流电压整流变换成单向脉动的直流电压。小功率整流电路有半波、全波、桥式和倍压整流等多种形式。在此将一一介绍。

任务 1 单相半波整流电路的分析

整流二极管的作用是利用二极管的单向导电性将交流电转换成直流电。图 1-2-1 就是一个最简单的单相半波整流电路，电路由电源变压器 T、整流二极管 VD 和负载 R_L 组成。

注：为了简单，我们在分析电路的时候均认为二极管处于理想状态，当二极管正向导通的时候相当于短路，反向截止的时候相当于开路。

1. 工作原理

设电源变压器次级感应出的交流电压为 u_2 ，如图 1-2-2 (a) 所示。它的瞬间表达式是 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ ，式中 u_2 为瞬间值， U_2 是交流电有效值， ω 为角频率， ωt 为相位角。

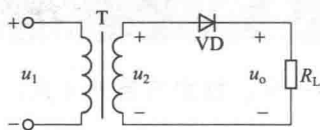


图 1-2-1 单相半波整流电路

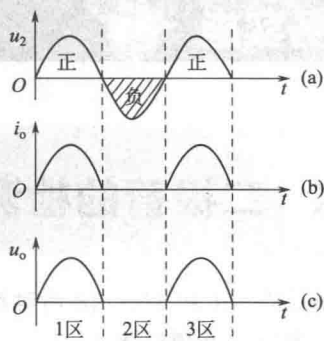


图 1-2-2 单相半波整流电路波形图