



高等职业教育“十二五”规划教材



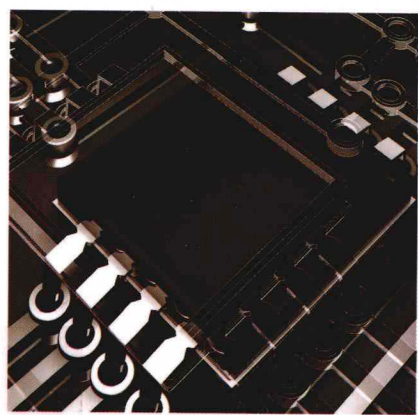
高职高专电类专业基础课规划教程

电子技术基础

仿真与实训

黎兆林 主编

林培雁 朱强 陆智生 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



高等职业教育“十二五”规划教材



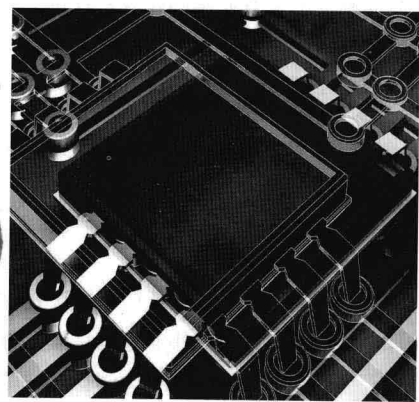
高职高专电类专业基础课规划教程

电子技术基础

仿真与实训

黎兆林 主编

林培雁 朱强 陆智生 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要内容包括直流稳压电源（含晶闸管电路）、放大电路基础、集成运算放大器、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换、仿真软件 Multisim 的基本操作等。

本书充分体现了培养学生的“技术应用能力”为目标的高职教育的特点，将电子技术的基础知识、仿真教学及技能训练有机结合，并贯穿于教学的全过程。本书图文并茂，内容浅显易学，丰富的技能实训内容可满足不同层次的教学需要。本书配有 PPT 课件、仿真实例素材及仿真软件操作的屏幕录像视频，便于教学。

本书可作为高职高专院校、高级技工学校和中职中专学校的电子信息、电气自动化、机电一体化以及数控技术、楼宇智能化、计算机应用等相关专业的电子技术课程的教材，也可供有关工程技术人员学习、参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术基础仿真与实训/黎兆林主编. —北京：电子工业出版社，2013.4

高职高专电类专业基础课规划教材

ISBN 978-7-121-19757-4

I. ①电… II. ①黎… III. ①电子电路-计算机仿真-高等职业教育-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 046422 号

策划编辑：束传政

责任编辑：贺志洪 特约编辑：王 纲 徐 堃

印 刷：北京中新伟业印刷有限公司

装 订：北京中新伟业印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：18.25 字数：467 千字

印 次：2013 年 4 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

本书以培养学生的“技术应用能力”为主线，将电子技术的基础知识、仿真教学及技能训练有机结合，可以满足不同层次的“电子技术基础”课程的教学需要。

一、本书特色

1. 在教学内容设置上，较好地处理了基础知识与技能训练的关系。根据对相关行业的调研及编者多年从事电子技术教学与应用的实践，精选了电子技术应用中必需的基础知识；强调了电子技能的训练，将技能训练贯穿于课程教学的全过程。通过学习，学生能得到必要的技能训练，初步掌握电子技术的基础知识和基本技能。

2. 在教学要求上，充分考虑了高等职业技术教育的特点，突显电子技术的应用性。本书简化理论推导，通过实例使学生掌握基本概念，具备典型单元电路分析、计算的能力；淡化分立元件，突出集成电路的应用，通过对典型单元应用电路的分析，培养学生理解电子电路、使用器件的初步能力。每小节开始给出简明的学习要求，末尾安排了适当的思考题，有利于激发、引导学生的学习兴趣。

3. 在教学方法上，本书将仿真软件 NI Multisim 应用于课程教学的全过程。利用仿真软件进行教学是一种灵活开放的教学手段，在课堂上通过仿真软件的演示可将抽象的理论知识简单化、形象化，从而加深对基础知识的理解；仿真软件提供丰富的虚拟电气元件、仪器仪表，弥补了实验教学中实验场所、经费和设备不足等带来的缺陷，学生可以轻松、快捷地完成应用电路构建、性能测试等仿真任务，既调动了学生的积极性、利于培养他们的创新意识，又减轻了教师的负担，可以充分利用教学资源，有效提高教学效率。

4. 本书尝试将电子技术的教学与国家职业资格考试的要求相结合，书中提供的习题及设置的技能实训，均与相关中（高）级职业资格考试中的有关内容、形式和要求紧密联系。

5. 本书配套有丰富的教学资源包，包括 PPT 课件、习题参考答案以及书中全部仿真实例的素材，还有仿真软件 NI Multisim 基本操作演示的屏幕录像视频，为读者快速掌握仿真软件的安装、仿真电路的构建、仿真及调试等基本操作提供了参考。使用本书的教师，可登录电子工业出版社网站（www.phei.com.cn）下载相关教学资源。

二、教学建议

1. 本书的参考学时为 60 ~ 100 学时，其中理论教学建议以 40 ~ 50 学时为限，各校各专业可根据需要及课程设置的学时对书中的内容适当取舍。

2. 本书的第 8 章用于辅助教学。由于 NI Multisim 界面的菜单、各种工具栏的操作与读者熟悉的其他 Windows 应用软件的操作相同，容易掌握，应以自学为主。教师可在课程教学前，通过教学资源包中的屏幕录像视频中的第 1、2、3 节介绍教材的 8.1 节、8.3.1 小节的内容，使学生对仿真软件的操作有基本的了解，进而根据课程教学的进程（结合演示视频）介绍其余相关内容。

3. 本书中的全部仿真实例都在 NI Multisim 11.0 版本中成功运行，使用仿真实例素材时

请参照电路设置的参数进行仿真，以免出错（参见屏幕录像视频第6节）。

4. 书中验证性的实训建议利用仿真软件进行，将更多的实训学时用于如电子元器件测试、电路组装（焊接）及调试、电子仪器的使用等实操训练，从而加强电子技能实训。

三、编写团队

本书由黎兆林主编，林培雁、朱强、陆智生担任副主编。其中，陆智生编写第1章；林培雁编写第2章；朱强编写第3章；梁江、罗颖合编第4章；郭伟浩、梁丽艳合编第5章；黎兆林编写第6章；谭静倪、唐宇合编第7章；叶文编写第8章；刘凯制作视频资料。全书由黎兆林统稿和修改。

本书的编写过程直接或间接引用了许多学者的研究成果，在此，特向他们表示深切的敬意和衷心的感谢。鉴于有些引用的出处无法取证，未能在参考文献中逐一列出，特此致歉。书中的错误和欠妥之处，恳请各位同行、读者不吝赐教。

作者联系邮箱：gxjmlzl@126.com。

黎兆林

2012年12月20日

目 录

第 1 章 直流稳压电源	1
1.1 半导体二极管	1
1.1.1 半导体二极管简介	1
1.1.2 二极管的特性和主要参数	2
1.1.3 二极管的测试及应用	4
1.1.4 特殊半导体二极管	6
1.2 直流稳压电源	8
1.2.1 整流和滤波	9
1.2.2 稳压电路	14
1.3 可控整流及交流调压电路	20
1.3.1 晶闸管简介	21
1.3.2 单相可控整流电路	22
1.3.3 触发电路	23
1.3.4 双向晶闸管及交流调压电路	27
1.4 技能实训	30
1.4.1 基本焊接技术	30
1.4.2 二极管、晶闸管的识别与测试	31
1.4.3 直流稳压电源的组装和测试	33
1.4.4 交流调压电路的测试	35
1.5 习题	36
第 2 章 放大电路基础	41
2.1 晶体管	41
2.1.1 晶体管简介	41
2.1.2 晶体管的基本特性	42
2.1.3 晶体管的特性曲线和主要参数	45
2.1.4 晶体管的测试	46
2.2 基本放大电路	48
2.2.1 共发射极放大电路	49
2.2.2 静态工作点的稳定与电路的偏置	53
2.2.3 共发射极放大电路性能指标的估算	55
2.2.4 共集电极放大电路	60
2.2.5 共基极放大电路及三种基本放大电路的性能比较	64
2.3 场效应晶体管放大电路	66

2.3.1	场效应晶体管	66
2.3.2	场效应管放大电路	70
2.4	多级放大电路	71
2.4.1	多级放大电路简介	72
2.4.2	功率放大电路	75
2.4.3	集成功率放大器	78
2.5	技能实训	80
2.5.1	常用电子仪器的使用	80
2.5.2	基本放大电路的焊接、调试和测试	82
2.5.3	集成功放的应用	85
2.6	习题	86
第3章	集成运算放大器	91
3.1	集成运算放大器简介	91
3.1.1	概述	91
3.1.2	理想运算放大器	93
3.1.3	放大电路中的负反馈	94
3.2	集成运放的线性应用	96
3.2.1	比例运算电路	97
3.2.2	加法与减法运算电路	99
3.2.3	积分与微分运算电路	103
3.2.4	有源滤波电路	106
3.3	集成运放的非线性应用	107
3.3.1	单限电压比较器	108
3.3.2	滞回电压比较器	109
3.3.3	双限电压比较器	110
3.4	集成运放组成的信号发生器	113
3.4.1	非正弦波信号发生器	114
3.4.2	正弦波信号发生器	117
3.4.3	集成运放组成的函数信号发生器	122
3.5	集成运放使用常识	124
3.6	技能实训	126
3.6.1	集成运放的基本应用	126
3.6.2	集成运放组成的信号发生器	128
3.6.3	函数信号发生器的设计	130
3.6.4	电动机“星-三角”接法自动切换控制电路	132
3.7	习题	135
第4章	数字电路基础	139
4.1	数字电路基本概念	139

4.1.1	数字信号与数字电路	139
4.1.2	数制及其转换	139
4.2	逻辑与逻辑电路	141
4.2.1	基本逻辑关系及逻辑门电路	142
4.2.2	逻辑代数及逻辑函数的化简	151
4.2.3	集成逻辑门电路	159
4.3	技能实训	160
4.3.1	集成与非门的功能测试	160
4.3.2	集成与非门的简单应用	163
4.4	习题	164
第5章	组合逻辑电路	167
5.1	组合逻辑电路的分析与设计	167
5.1.1	组合逻辑电路的分析	167
5.1.2	组合逻辑电路的设计	168
5.2	常用的组合逻辑电路	170
5.2.1	加法器和数值比较器	170
5.2.2	编码器	174
5.2.3	译码器	176
5.2.4	数据选择器与数据分配器	184
5.2.5	组合逻辑电路中的竞争-冒险	186
5.3	技能实训	188
5.3.1	组合逻辑电路的测试	188
5.3.2	多路信号分时传输电路的设计和测试	190
5.4	习题	191
第6章	时序逻辑电路	194
6.1	触发器	194
6.1.1	RS 触发器	194
6.1.2	JK 触发器与 T (T') 触发器	197
6.1.3	D 触发器	198
6.1.4	集成边沿触发器	200
6.2	计数器	203
6.2.1	二进制计数器	204
6.2.2	十进制加法计数器	206
6.2.3	集成计数器	206
6.3	寄存器	213
6.3.1	数码寄存器与移位寄存器	213
6.3.2	集成移位寄存器	215
6.4	技能实训	216

6.4.1	集成计数器的功能与应用	216
6.4.2	移位寄存器的功能及应用	218
6.4.3	计数译码显示电路的实验	219
6.4.4	数字式智力抢答器的仿真设计	221
6.4.5	步进电动机转速控制电路的安装与测试	223
6.5	习题	225
第7章	脉冲信号的产生与变换	229
7.1	施密特触发器	229
7.1.1	施密特触发器组成及工作原理	229
7.1.2	施密特触发器的应用	234
7.2	单稳态触发器	236
7.2.1	单稳态触发器的电路组成及工作原理	236
7.2.2	单稳态触发器的应用	238
7.3	多谐振荡器	239
7.3.1	555 定时器组成的多谐振荡器	240
7.3.2	多谐振荡器的应用	242
7.4	数字量与模拟量的转换	243
7.4.1	数模转换器	244
7.4.2	模数转换器	247
7.5	技能实训	250
7.5.1	555 定时器应用电路的测试	250
7.5.2	冰箱保护器的组装与调试	252
7.6	习题	254
第8章	仿真软件 Multisim 的基本操作	257
8.1	Multisim 11.0 的界面及操作	257
8.2	虚拟仪器仪表	260
8.3	仿真电路的创建	265
8.3.1	基尔霍夫定律实验电路	266
8.3.2	桥式整流电路	271
8.4	仿真的基本分析方法	275
8.4.1	直流工作点分析	276
8.4.2	交流分析	278
8.4.3	仿真过程中要注意的问题	279
	参考文献	281

第 1 章

直流稳压电源

电源是电子电气设备运行的基础，也是电子电气设备维护、检修中首要考虑的主要参数。在各种电子电气设备所使用的电源中，除了常见的直流稳压电源以外，还有可控整流电源、交流调压电源等类型，它们一般都是电力系统供给的交流电转换而成的。我们通常所说的电源就是实现这种转换的电子电路。本章将介绍几种相关的半导体器件及常用的几种电源电路。

1.1 半导体二极管

知识点：

- ① 二极管的基本特性、主要参数以及基本应用。
- ② 稳压二极管、发光二极管和光电二极管的特性。

技能点：

- ① 会测试及选用二极管、稳压管。
- ② 会测试及判断发光二极管、光电二极管。

1.1.1 半导体二极管简介

1. 半导体二极管的结构、符号、外形和类型

半导体二极管简称二极管，其核心是一个 PN 结，由 P 区引出的电极称为阳极或正极，由 N 区引出的电极称为阴极或负极。二极管的结构、符号如图 1-1 所示。普通二极管按所用管芯材料可分为硅二极管和锗二极管；按内部结构可分为点接触型二极管和面接触型二极管，点接触型频率特性好，适用于高频工作，面接触型能通过较大的电流，适用于整流电路；按封装形式有玻璃封装、塑料封装及金属封装等类型。

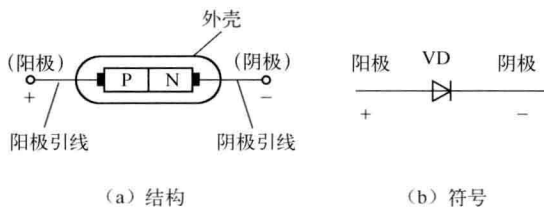


图 1-1 二极管的结构及符号

常见的二极管外形如图 1-2 所示。除了在外壳上用二极管的符号来标识正、负电极外，有的二极管用色环（或色点）来标识二极管的负极，通常大功率螺栓式二极管带螺纹的一端是负极。

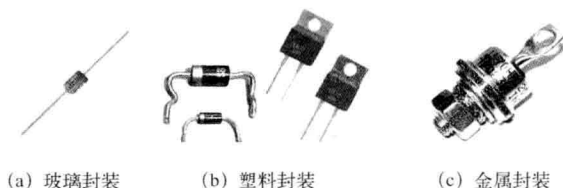


图 1-2 二极管常见的外形

2. 二极管导电特性的仿真电路

按图 1-3 所示的仿真电路连接直流电源、二极管、指示灯和负载（灯泡），接上测试仪表观测二极管两端的电压及回路电流。在图 1-3 (a) 中，电源 V_1 的正极连接到二极管 VD_1 的正极，使二极管的正极电位高于负极电位（称为正向偏置），指示灯 L_1 亮，此时电路中通过较大的正向电流 $I_F = 0.776\text{A}$ （如图中的仪表所显示，下同），二极管 VD_1 两端有一个很小的正向压降 $U_{VD1(on)} \approx 0.83\text{V}$ ，二极管这种状态称为导通（相当于一个闭合的开关）；在图 1-3 (b) 中，将二极管的极性对调，电源的正极连接到二极管 VD_2 的负极，使二极管的负极电位高于正极电位（称为反向偏置），此时指示灯 L_2 灭，电路中流过极小的反向电流 $I_R = 1.2\mu\text{A}$ （一般可忽略），二极管 VD_2 承受的反偏电压 $U_{VD2(off)}$ 等于电源电压，二极管这种状态称为截止（相当于一个断开的开关）。

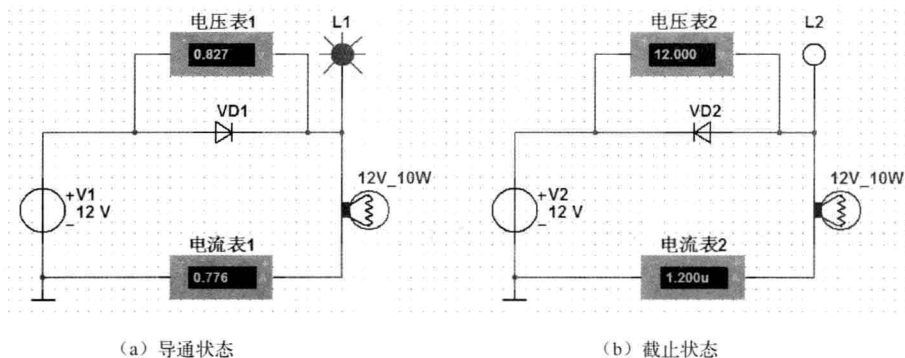


图 1-3 二极管特性的仿真电路

注意：由于仿真软件的原因，本书列举软件默认的元件标识及据此创建的仿真电路图，有些与国标的电路图无法一致，比如下标、正斜体等。

可见，二极管的基本特性是单向导电：正向偏置导通，反向偏置截止。二极管符号的箭头代表了正向电流的方向，外加电压的方向与箭头方向一致时二极管导通，反之则截止。

1.1.2 二极管的特性和主要参数

1. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指二极管两端电压和流过二极管电流之间的关系。典型的二极管伏

安特性曲线如图 1-4 所示。

(1) 正向特性

二极管的正偏电压较小时, 其正向电流极小 (近似为 0), 这一区域称为死区, 相应的 $A(A')$ 点的电压被称为死区电压 (或称为阈值电压)。死区电压与环境温度有关, 常温下硅管的死区电压约为 0.5V , 锗管的约为 0.1V 。

当正向电压超过死区电压后, 二极管进入导通状态, 正向电流迅速增大, 在电流增长很大的范围内, 二极管两端的电压的变化很小, 正向导通电压近似为一个稳定值, 如图中 $AB(A'B')$ 段。在工程估算中, 通常取硅管的正向导通电压为 0.7V , 锗管的为 0.3V 。

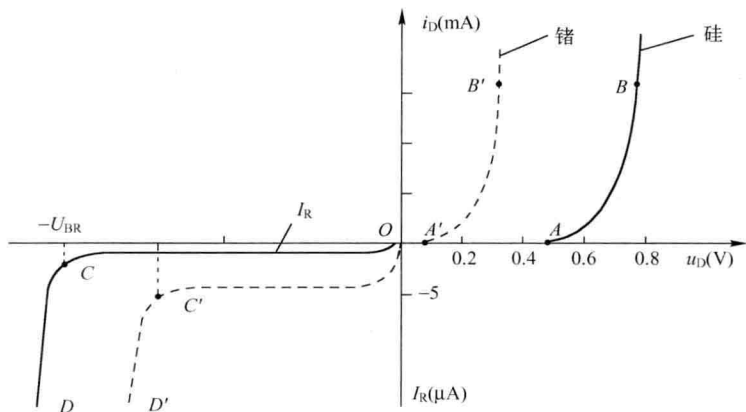


图 1-4 二极管伏安特性曲线

(2) 反向特性

二极管反偏时, 在一个很宽的电压范围内, 存在一个微弱的反向电流, 其基本不随反向电压的增大而变化, 这个电流称为反向饱和电流 I_R , 如图 1-4 中 $OC(OC')$ 段。反向电流 (又称漏电流) 越小表明二极管的单向导电性越好。二极管的反向特性与材料有关, 如图 1-4 所示, 硅管的反向特性明显优于锗管。

反向电压增大到某一值时, 反向电流突然增大, 这种现象称为反向击穿, 此时对应的电压称为反向击穿电压, 用 U_{BR} 表示, 如图 1-4 中 $CD(C'D')$ 段。此时, 二极管失去了单向导电性, 如果没有适当的限流措施, 二极管将会过流损坏。普通二极管不允许工作在反向击穿状态。

可见, 二极管正偏导通, 具有非线性特征; 反偏截止, 通过的反向电流极小, 可以忽略。

2. 二极管的主要参数

最大整流电流 I_{FM} : 是指二极管长时间使用时, 允许通过的最大正向平均电流。正常使用时正向电流必须小于此值。

最高反向工作电压 U_{RM} : 是指允许加在二极管两端的最高反向电压 (峰值)。一般元器件手册上给出的 U_{RM} 为击穿电压 U_{BR} 的一半。

反向饱和电流 I_R : 是指二极管未被击穿时的反向电流。 I_R 会随温度升高而增大, 使用二

极管时要注意温度的影响。

1.1.3 二极管的测试及应用

1. 二极管的测试

(1) 用指针型万用表测试二极管

将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡, 注意指针型万用表的红表笔要连接到万用表内置电池的负极, 黑表笔连接到电池的正极。用红、黑表笔分别对调测试二极管两次, 合格的管子两次测量的阻值应当相差极大。所测得的大阻值称为反向电阻 (二极管截止), 反之则称为正向电阻 (二极管导通)。如果反向电阻越大以及正向电阻越小, 管子的质量就越好。测量正向电阻时, 与黑表笔相连的电极二极管的正极, 另一电极则为二极管的负极, 如图 1-5 所示。一般来说, 在相同的电阻挡下测试不同二极管的正向电阻时, 阻值较大的为硅管、较小 (通常指针指示在 3 大格以下) 且不为 0 的为锗管。

若两次测得的阻值均很小或为 0, 表明管子内部已经短路; 若两次测得的阻值都极大, 则表明管子内部已经断路或烧坏; 若测得的反向电阻与正向电阻相差不大, 则说明管子的反向漏电过大, 失去了单向导电性。这三种管子都不能再使用了。

锗二极管的反向电流 (相对硅管) 较大, 通常将万用表置于 $R \times 10$ 挡进行测试, 判别方法如上所述。

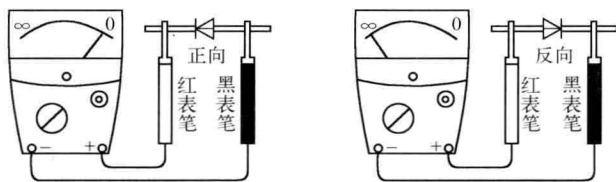


图 1-5 指针型万用表测试二极管

(2) 用数字型万用表测试二极管

数字型万用表的测试笔中, 红表笔连接万用表内置电池的正极, 黑表笔连接内置电池的负极, 与指针型万用表的表笔所连接的内置电池极性正好相反。

测试中, 显示屏上显示的是二极管导通或截止时的电压值, 以伏 (V) 或毫伏 (mV) 为单位。二极管导通时, 所测出的是较小的正向导通电压: 若显示的为 $0.500 \sim 0.700V$ (或 $600mV$ 左右), 则被测管为硅管; 若显示的为 $0.150 \sim 0.300V$ (或 $200mV$ 左右), 则被测管为锗管。此时红表笔所连接的为二极管的正极, 另一电极则为负极。二极管截止时, 反偏截止压降为“无穷大”, 显示屏显示为“1.”或“OL”。

若测试中显示为“0000”, 说明管子内部短路; 若两次测试均显示为“1.”或“OL”, 表明管子内部已经断路或烧坏。

2. 二极管的应用

利用二极管的单向导电性, 可以在电子电路中组成整流、检波、限幅、倍压等多种应用电路。

(1) 半波整流电路

将低频的交流电变换为直流电的电路称为整流电路。最简单的二极管半波整流电路的仿真电路如图 1-6 (a) 所示。设 $V_s = u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$, 在 V_s 的正半周, 二极管 VD 正偏导通, 忽略二极管的正向压降, 在 R_L 上得到的正向电压 $u_o \approx u_2$; 在 V_s 的负半周, 二极管 VD 反偏截止, 电路中无电流通过, 输出电压 $u_o = 0$ 。二极管承受的反偏电压等于 u_2 , 其最大值为输入交流电压 u_2 的峰值 $\sqrt{2} U_2$ 。电路的输入、输出波形如示波器屏幕所示 (见图 1-6 (b))。在输入交流电压的每个周期内, 只有半个周期有输出, 该电路称为半波整流电路, 所输出的电压称为脉动直流电压。整流电路是直流稳压电源的重要部分。

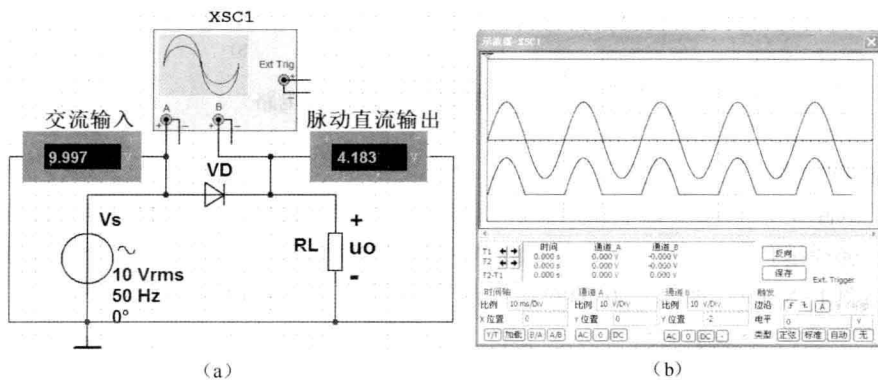


图 1-6 二极管半波整流电路的仿真电路

整流电路输出的直流电压是指一个周期内脉动电压的平均值。忽略二极管导通时的正向压降, 半波整流电路输出的直流电压可以估算为

$$U_{o1} = 0.45 U_2 \quad (1-1)$$

式中的 U_2 为输入的交流电压 u_2 的有效值。即输出电压是输入的交流电压有效值的 0.45 倍。

图 1-6 中的仿真电路中, 输出的电压值是实际的测试结果, 其包含了二极管的正向压降。显然, 在输入的交流电压较低时, 按式 (1-1) 估算产生的误差不可忽略。

整流二极管一般选用面接触型的硅二极管, 它具有工作电流大、反向击穿电压高、允许的工作温度较高等特点。常用的整流二极管的型号有 2CZ、2DZ、1N4001、1N5401 等型号。

(2) 检波电路

将调制在高频信号中的低频信号提取出来的电路称为检波电路。典型的二极管检波电路如图 1-7 (a) 所示。所输入的调幅波 V_s 是将 100Hz 的低频正弦信号调制在 1kHz 的高频波上。由于检波二极管 VD 的单向导电性, 所输出的信号波形 u_o 只有正半周的调幅波, 如示波器屏幕所示 (见图 1-7 (b))。只要利用高频滤波器将输出信号 u_o 中的高频信号滤除, 所“检出”的低频信号即可耦合到下一级低频放大电路进行再放大。

检波一般是对高频小信号而言的, 其特点是工作频率高, 所处理的信号幅度小, 要求检波二极管的频率特性好、正向压降小、效率高, 通常采用点接触型的锗二极管。常用的有 2AP 系列、1N60 等型号。检波电路广泛应用于音频、视频、图像处理电路以及各种通信设备中。

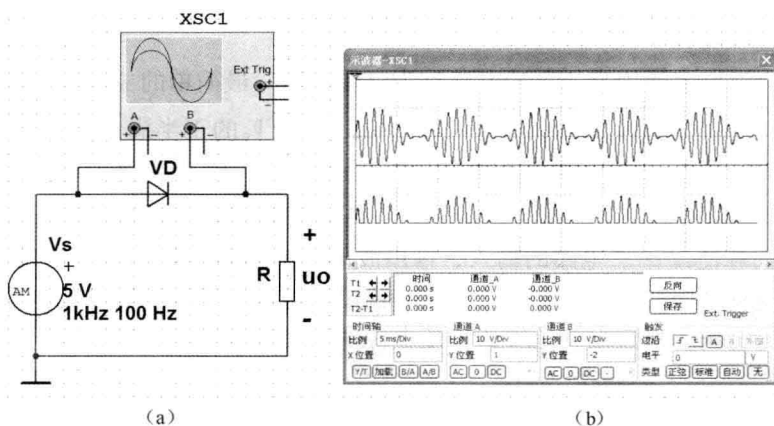


图 1-7 二极管检波电路的仿真电路

(3) 限幅电路

在电子电路中，利用限幅电路对各种信号进行处理，将输出信号的幅度限制在一定范围内，可以有选择地传输一部分，或对电路中的某些器件实现过压保护。一个双向限幅电路的仿真电路如图 1-8 (a) 所示，其中的输入信号 V_s 为正弦交流电压。

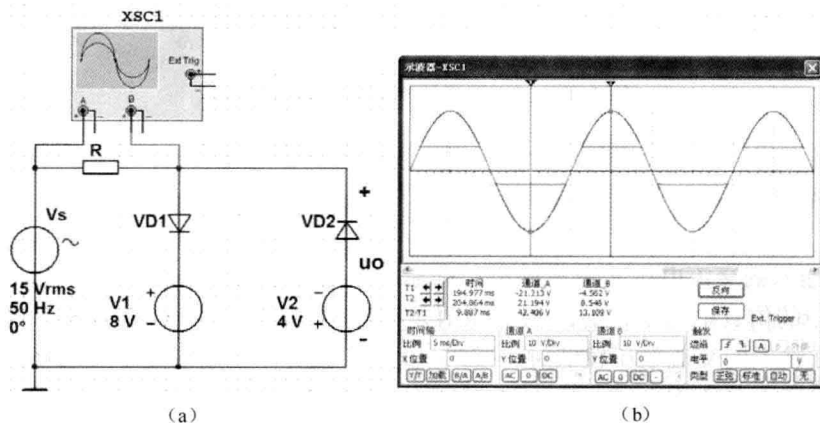


图 1-8 二极管双向限幅电路的仿真电路

从图 1-8 (b) 的示波器显示的输出信号 (通道 B) 的数据可看出: 在 V_s 的正半周, 当 V_s 的瞬时值大于 $(V_1 + U_{VD1(on)})$ 时, VD_1 导通 (VD_2 截止), 输出电压被限定在 $u_o = V_1 + U_{VD1(on)} \approx 8.55V$; 在 V_s 的负半周, 当 V_s 的瞬时值小于 $(V_2 + U_{VD2(on)})$ 时, VD_2 导通 (VD_1 截止), 输出电压被限定在 $u_o = -(V_2 + U_{VD2(on)}) \approx -4.56V$; 其余电压范围内, VD_1 、 VD_2 均截止, 输出电压 u_o 随输入电压 V_s 变化。如示波器屏幕所示, 电路输出双向限幅的电压波形。

1.1.4 特殊半导体二极管

半导体二极管的种类繁多, 从功能来看, 除上述的普通二极管外, 还有专供特殊用途的二极管, 下面介绍其中的稳压二极管、发光二极管、光电二极管。

1. 稳压二极管

稳压二极管又称齐纳二极管，简称稳压管或齐纳管，是一种用于稳压（限压）、工作在反向击穿状态的硅二极管，其用特殊工艺制作，外形与普通二极管相似。稳压管的符号、典型应用电路和伏安特性曲线如图 1-9 所示。

从特性曲线可看出，稳压管的正向特性相当于一个正偏的硅二极管，而反向特性曲线在击穿区域比普通二极管更陡直，当反向电流在很大范围内变化时，稳压管两端的电压几乎稳定不变，稳压管工作在反向击穿状态，因而能在电路中起到稳压作用。稳压管的反向击穿是可逆的，只要反向电流不超过其允许的最大稳定电流，就可以长期工作而不致损坏。在应用电路中，除了保证稳压管要处于反向击穿状态，还必须串联适当的限流电阻，如图 1-9 (a) 中的 R 。

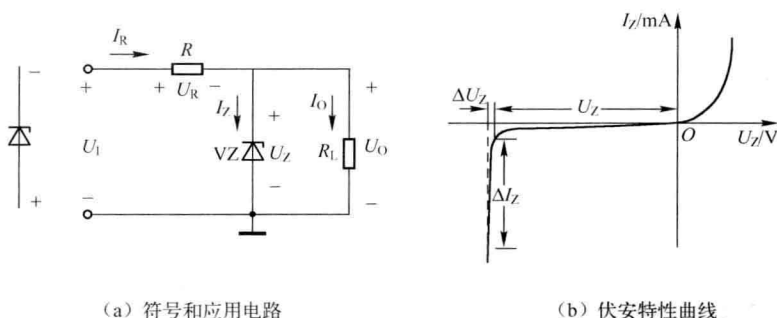


图 1-9 稳压二极管

稳压二极管的主要参数有稳定电压 U_Z 、稳定电流 I_Z 和最大稳定电流 I_{Zmax} 等。稳压管工作时通过的电流不允许超过其最大稳定电流 I_{Zmax} 。

稳压管的检测和普通二极管相同，不同的是稳压管的正向电阻一般都明显大于功率相当的普通二极管。

2. 发光二极管

发光二极管 (LED) 简称发光管，是一种直接把电能转换成光能的发光器件，正向导通时能发出一定波长（颜色）的光，广泛应用于各种显示、指示电路。其核心是一个由半导体化合物（如磷化镓、砷化镓等）制成的 PN 结，正向导通电压在 1.5 ~ 3.0V 之间，工作电流约为 5 ~ 20mA。发光二极管使用时必须正向偏置，同时要串接适当的限流电阻，防止工作电流过大损坏管子。普通发光二极管的外形及符号如图 1-10 所示。

检测发光二极管时，要求万用表的内置电池为 3V 以上，一般选择 $R \times 10k$ 挡，合格管子的正向电阻在 20k Ω 左右，反向电阻无穷大。灵敏度高的管子，在测正向电阻时可看到管芯发光。

3. 光电二极管

光电二极管也称光敏二极管，是一种常用的光电转换器件，广泛应用在遥控、测光及光电池等方面。光电二极管也由 PN 结构成，工作在反向偏置状态，它的管壳上有一个透镜封闭的窗口，入射光通过透镜照射在 PN 结上，反向电流随光照强度的增加而增大，实现将光信号转换为电信号的功能。光电二极管的结构及符号如图 1-11 所示。

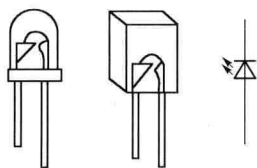


图 1-10 发光二极管的外形及符号

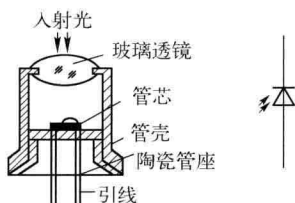


图 1-11 光电二极管的结构及符号

检测光电二极管时，首先封闭光电二极管的窗口（遮光），用测试普通二极管的方法判断管子的正、负极，其正向电阻略大于普通二极管，反向电阻（暗电阻）无穷大；当受到光照时，反向电阻随光强增大而显著变小，而正向电阻与光照基本无关。若正、反向电阻都很小或都很大，则表明管子已经击穿或内部断路。

思考题

- (1) 硅二极管与锗二极管有何区别？
- (2) 如何判定二极管的极性和质量？
- (3) 正常工作时的稳压管、发光管、光电管应该如何偏置电压（正偏或反偏）？

1.2 直流稳压电源

知识点：

- ① 直流稳压电源的组成。
- ② 整流、滤波电路的结构、原理以及输出电压的估算。
- ③ 硅稳压管稳压电路的结构、原理。
- ④ 线性集成稳压器的类型及应用。

技能点：

- ① 能设计整流、滤波电路的结构，选择电路的主要参数。
- ② 会测试整流、滤波电路，能分析常见的电路故障。
- ③ 会选用三端集成稳压器，构建典型的应用电路。

直流稳压电源是电子电路中应用最广泛的电源，通常由电源变压器、整流器、滤波器和稳压器 4 部分组成。其组成框图及相关波形如图 1-12 所示。

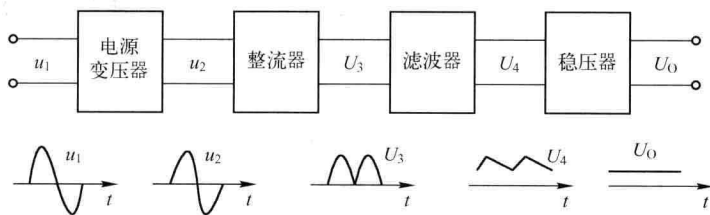


图 1-12 直流稳压电源的组成框图