



21 世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

MONI DIANZI JISHU XIANGMU JIAOCHENG

模拟电子技术 项目教程

主 编 吴新杰 吕殿基
副主编 周国娟 于福华 张拥军



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

模拟电子技术项目教程

主 编 吴新杰 吕殿基
副主编 周国娟 于福华 张拥军



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

本书采用项目式教学方式组织内容,由浅入深,语言平实,通俗易懂。书中主要包括直流稳压电源的制作、小信号放大器的制作、功率放大器的制作、正弦波振荡器的制作和频率指示电路的制作五个项目,五个项目制作的电路可以结合为一个完整的扩音器电路。书中的实操环节采用了软件仿真和硬件实物制作与调试两种方法,这两种方法相辅相成,既提高学习效率,又提高电路的设计、安装与调试技能。本书设置知识拓展环节,便于读者扩大知识面。

本书涵盖了高职模拟电子技术教学大纲要求的内容,可以作为高等职业技术学院、中等职业学校、广播电视大学等的教学用书,也是电子技术爱好者的自学参考书。

本书备有电子课件和仿真电路,欢迎索取。

图书在版编目 (CIP) 数据

模拟电子技术项目教程 / 吴新杰, 吕殿基主编. --北京: 北京邮电大学出版社, 2017.5
ISBN 978-7-5635-5068-5

I. ①模… II. ①吴… ②吕… III. ①模拟电路-电子技术-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 080062 号

书 名: 模拟电子技术项目教程

著作责任者: 吴新杰 吕殿基 主编

责任编辑: 刘 颖

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷:

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 10

字 数: 253 千字

版 次: 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5068-5

定 价: 25.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

进入 21 世纪以来,我国在职业教育方面进行了卓越的改革,新时期对职业技能人才提出了很多新的要求,不仅包括适度的理论知识和熟练的专业技能,还包括学习能力、信息检索能力、团队合作能力等职业能力。本书的编写考虑到综合培养职业技能型人才的需求,本着理论知识适度够用、专业技能熟练扎实、提高学习能力、增强信息检索能力和培养团队合作能力的主导思想,在内容取舍、难易配合、体系架构等方面进行了综合考虑。

在体系架构方面,本书调整了课程体系架构,改变了传统教材的章节安排顺序。传统教材在章节安排上一般先介绍二极管和三极管,然后讲单管放大和多级放大,再讲直接耦合和集成运放,之后是负反馈和运放的线性应用,后面是运放的非线性应用和振荡器,功率放大和直流电源一般都非常靠后了。这种传统架构基本按照电子学的发展先后顺序进行,将集成电路视为一种具体电路,希望学生能了解集成电路内部结构,掌握模拟电路的一般规律,但实际上很多内容联系不紧密,学习难度跳跃很大。传统教材各章节基本按照功能类别组织内容,各章节的电路功能是割裂的,联系不大,容易造成学生的疑惑,导致学生学了很多个独立的电路单元后,并不清楚这些电路单元的应用场景,感觉非常繁复和凌乱。

本书以项目为载体,采用情境式教学,整体项目背景是一个完整的扩音器电路,其中分为五个项目(五章),包括直流稳压电源的制作、小信号放大器的制作、功率放大器的制作、正弦波振荡器的制作和频率指示电路的制作等。第一个项目引入二极管相关知识,并以实际的直流稳压电源作为项目载体,使学生对二极管有比较深刻的认识,入门容易,学习难度低。第二个项目引入集成运放,将集成运放当作一个实际的器件,不仅学习起来比三极管还要容易许多,而且在小信号放大的实际应用中也逐渐取代了三极管。在这一部分还介绍了负反馈的概念,集成运放与负反馈结合起来学习的难度比三极管分立元件放大电路与负反馈结合起来的难度要小不少。第三个项目是功率放大器,在这个项目中介绍了三极管和三极管基本放大电路,这主要是由于实际的功率放大器多数还是分立器件构成的电路,本着从应用出发的角度,三极管也是必须要讲的内容。第四个项目是正弦波振荡器的制作,里面介绍了正反馈,这部分内容也是运放和三极管的具体应用。第五个项目是频率指示电路的制作,这部分的内容对于整体扩音器电路来说属于扩展功能,装饰的成分更大一些,但是就学习的知识架构来说却很重要,里面包括了比较器(运放的非线性应用)、有源滤波器、精密整流和峰值检测电路等内容,是前面学过的很多知识的综合运用。

本书的体系架构从浅入深,前后呼应,联系紧密,模拟了实际工作场景,各章节的学习难度起伏不大。

目前信息技术飞速发展,互联网和手机广泛深入人们的学习、工作和生活中,学生只要掌握一定的信息检索技术,就能随时查找自己所需要的知识。因此,在内容取舍方面,不需要担心内容不够丰富的问题。现在的教材只要能够将最重要的知识以合理的架构紧密的结合起来

就可以了,教师在教学过程中指导学生适度、快捷、熟练地使用互联网获取知识也是教学的重要内容。

本书本着适度、够用的原则组织内容,难易适中,一些与核心内容联系不太紧密的内容和较难的内容放在了知识拓展部分。

本书的实操环节采用了软件仿真和硬件实物制作与调试两种方法,这两种方法相辅相成,既提高了学习效率,又提高了电路的设计、安装与调试技能。希望读者能认真阅读软件仿真部分,有些电路细节在仿真部分有较详细的讨论,电路中的各元器件的作用和效果也需要通过仿真进行仔细体会,可以说,只有通过认真仿真才能真正理解一个电路。实际安装、调试电路不仅仅是一项职业技能,更是真正掌握一个电路的必由之路。电子技术是实际的工程技术,只有理论和仿真是远远不够的。实际安装、调试电路可以每人独立完成,也可以采取小团队配合的形式,两种方式各有优点,可根据实际情况安排。

本书由北京经济管理职业学院教师吴新杰、吕殿基主编,周国娟、于福华、张拥军担任副主编。吴新杰负责总体策划、全书统稿和项目二、项目三的编写工作,吕殿基负责项目五的编写工作,周国娟负责项目一的编写工作,于福华和张拥军负责项目四的编写工作。付丽琴、金红莉、孟淑丽、吴劲松和杨军等同志参与了各章内容的讨论和部分编写工作。

本书在编写过程中得到了单位领导和同仁的大力支持,参考了大量同类教材和网络资源,部分图片和内容来自于互联网,在这里一并表示感谢。

本书凝结了编者二十余年的教学经验,由浅入深,语言平实,通俗易懂,备有电子课件和仿真电路,欢迎索取。

联系邮箱: wuxinjie@biem.edu.cn

编 者
2017 年 2 月

目 录

项目一 直流稳压电源的制作	1
任务一 二极管的识别与检测	2
知识 1 半导体	2
知识 2 二极管	2
任务二 整流电路的应用	6
知识 1 单相半波整流电路	6
知识 2 单相桥式整流电路	8
任务三 滤波电路的应用	11
知识 1 纹波系数和电容滤波	11
知识 2 π 型滤波电路	13
任务四 集成稳压电路的特点与使用	14
知识 1 固定稳压集成电路	14
知识 2 可调稳压集成电路	16
任务五 小功率直流稳压电源的制作与调试	18
知识 可调式稳压电路的组成与分析	18
知识拓展	21
项目小结	23
思考与练习	24
项目二 小信号放大器的制作	25
任务一 集成运算放大器	26
知识 集成运算放大器	26
任务二 集成运放的线性应用	29
知识 1 负反馈	29
知识 2 电压跟随器	30
知识 3 同相比例放大电路	37
知识 4 反相比例放大电路	39
知识 5 求和电路	43
知识 6 求差电路	43
知识 7 微分电路	44

知识 8 积分电路	45
知识 9 多级放大电路	46
知识 10 运放的单电源应用	47
知识 11 电流负反馈	48
任务三 小信号放大器的制作与调试	50
知识 1 话筒和扬声器	50
知识 2 小信号放大器设计	53
知识拓展	56
项目小结	58
思考与练习	59
项目三 功率放大器的制作	60
任务一 三极管的识别与检测	61
知识 三极管	61
任务二 三极管放大电路基本类型	69
知识 1 共射放大电路	69
知识 2 共集放大电路	77
知识 3 共基放大电路	80
任务三 集成功率放大器	81
知识 1 功率放大电路	81
知识 2 集成功率放大器	84
任务四 OCL 功率放大电路	86
知识 OCL 功率放大电路	86
任务五 OTL 功率放大电路	89
知识 OTL 功率放大电路	89
知识拓展	94
项目小结	98
思考与练习	99
项目四 正弦波振荡器的制作	100
任务一 RC 正弦波振荡器	101
知识 1 信号发生器	101
知识 2 正反馈	102
知识 3 RC 正弦波振荡器	103
知识 4 设计 RC 正弦波振荡器	108
任务二 LC 正弦波振荡器	112
知识 1 LC 正弦波振荡器	112
知识 2 石英晶体振荡电路	116
知识拓展	119

项目小结·····	120
思考与练习·····	120
项目五 频率指示电路的制作 ·····	121
任务一 集成运放的非线性应用·····	122
知识 集成运放过零比较器·····	122
任务二 门限比较器·····	124
知识 1 门限比较器·····	124
知识 2 滞回比较器·····	127
任务三 电压指示电路·····	129
知识 电压指示电路·····	129
任务四 频率指示电路·····	132
知识 1 有源滤波器·····	132
知识 2 精密整流电路·····	139
知识 3 峰值检测电路·····	140
知识 4 频率指示电路·····	142
知识拓展·····	146
项目小结·····	149
思考与练习·····	150
参考文献 ·····	151

项目一

直流稳压电源的制作

项目剖析

(1) 功能要求

实现将 220 V 交流照明电转换为低压直流电的功能。

(2) 技术指标

输入: 交流电压 220 V。

输出: 一路直流电压 +5 V, 输出电流 1 A; 一路 +3 ~ +12 V 可调, 输出电流 0.5 A。

纹波系数: 小于 0.01%。

(3) 系统结构

交流高压变为直流低压, 需要有两个转变, 一个就是交流变直流, 另一个是高压变低压。这两个转变可以分别进行, 常见的方法是先用电容器将高压交流转变为低压交流, 然后再将低压交流变换为低压直流。变压器只能将交流信号进行升压或降压, 不能对直流进行电压升降变换。

低压交流转换为低压直流, 不能一步达到要求, 需要两步: 第一步是通过整流电路, 将交流变换为广义的直流, 这样的直流波纹系数非常大, 不能满足用电设备需求; 第二步是滤波, 滤波将去掉绝大多数的电流波纹, 使波纹系数达到技术指标要求。

按照国家标准 GB 12325—2008, 标称电压为 220 V 的单相供电电压可以有 $-10\% \sim +7\%$ 的电压偏差。也就是说, 220 V 交流电源的电压可能在 198 ~ 235.4 V 之间波动, 而一般的直流用电设备不希望电源有这么大的波动, 所以, 直流稳压电源都有稳压环节。

综上所述, 直流稳压电源的系统结构如图 1.0.1 所示。



图 1.0.1 直流稳压电源系统结构框图

项目目标

(1) 知识目标

- ① 了解半导体、PN 结的基本知识;
- ② 深刻理解二极管单向导电性, 了解二极管主要参数;
- ③ 理解直流稳压电源系统结构;
- ④ 了解波纹系数的含义;

- ⑤ 理解滤波的几种方法;
- ⑥ 了解稳压电路的工作原理;
- ⑦ 了解集成电路的基本知识。

(2) 技能目标

- ① 能熟练识别和检测电阻、电容、电感和二极管等元器件;
- ② 能对简单电路进行安装、调试;
- ③ 能对直流稳压电路关键参数进行测量;
- ④ 能较为熟练地掌握焊接技巧;
- ⑤ 会使用万用表和示波器;
- ⑥ 初步掌握仿真软件的使用方法,能对简单电路进行仿真。

任务一 二极管的识别与检测

知识 1 半导体

半导体(Semiconductor)是指导电性能介于绝缘体和导体之间的材料,是绝大部分电子产品的关键原材料。常见的半导体材料有硅、锗等元素半导体和砷化镓等化合物半导体,目前硅材料的元器件应用最为广泛。

硅(Si)元素是地壳中广泛存在的元素,丰富程度仅次于氧元素,硅通常以含氧化合物形式(如二氧化硅)存在岩石、沙砾和尘土中。硅化合物经冶炼提纯后,可以制备为多晶硅、单晶硅,多晶硅常用于太阳能电池,也用于制备单晶硅,单晶硅广泛用于三极管、集成电路等电子元件。

半导体材料常具备热敏性、光电效应、压电效应、导电性等性质。利用热敏性可以制作热敏电阻,用来测量温度;利用光电效应可以制作光敏二极管、光敏电阻,测量光的强弱,也可以制作太阳能电池;利用压电效应可以制作优良的滤波器,也可以测量机械振动。

纯净半导体材料导电性能较弱,可以用掺杂的方法改善导电性。如果在纯硅中掺入少许的砷或磷,就会形成 N 型半导体;如果在纯硅中掺入少许的硼,就形成 P 型半导体。掺杂越多,P 型半导体和 N 型半导体的导电能力越强,通过控制掺杂浓度,可以准确地控制半导体材料的导电性能。

知识 2 二极管

1. 二极管的结构和符号

如果在纯净硅材料一侧通过掺杂制备成 P 型半导体,另一侧制备成 N 型半导体,在两者的交界处就会形成一种有趣的结构,称为 PN 结。将 PN 结用塑料、玻璃等绝缘物质封装起来,分别从 P 型半导体和 N 型半导体引出金属导线,就构成了二极管(Diode)。从 P 型半导体引出的金属导线称为阳极(或正极),从 N 型半导体引出的金属导线称为阴极(或负极)。

半导体二极管按其结构的不同可分为点接触型、面接触型和平面型等几类。点接触型二极管适于做高频检波和脉冲数字电路中的开关元件,也可用来作小电流整流。面接触型二极

管适用于整流等低频电路。平面型二极管是用制造集成电路的工艺制成的,结面积较大的平面型二极管可用于整流等低频电路,结面积小的平面型二极管,适用于高频电路和脉冲数字电路。

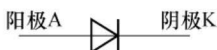


图 1.1.1 二极管符号

二极管的符号如图 1.1.1 所示。

2. 单向导电性

二极管具有与 PN 结相同的性质,最重要的就是单向导电性:当二极管阳极电位高于阴极的时候,电流很容易从阳极流向阴极;当二极管阴极电位高于阳极的时候,几乎没有电流从阴极流向阳极。简单理解就是:电流只能从 P 型半导体一侧流向 N 型半导体一侧,反之则不行。二极管的这个性质类似于机械结构的单向阀门,比如:用打气筒给自行车打气的时候,空气只能从打气筒进入到轮胎内部,而不能从轮胎内部排向外部。

3. 二极管伏安特性

要准确描述二极管两端电压和电流的关系,必须使用伏安特性曲线图,如图 1.1.2 所示。

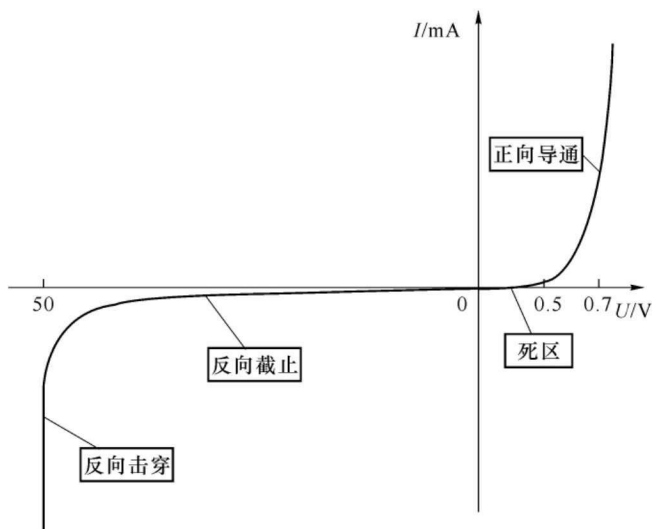


图 1.1.2 二极管伏安特性曲线图

普通二极管在工作时有两个状态:导通和截止。导通是指电流从阳极流向阴极,也称为正向导通。二极管在导通时,两端电压比较稳定,一般小功率硅二极管导通压降 $0.6 \sim 0.8 \text{ V}$,锗二极管导通压降 $0.1 \sim 0.3 \text{ V}$ 。导通压降的高低与二极管的功率和结构有关系。

截止是指没有电流流过二极管,严格来讲,只有二极管两端电位相同才绝对没有电流流过二极管,当阳极电位略高于阴极电位时和阴极电位略高于阳极时,都有极微量的电流从电位高的一侧流向电位低的一侧,这种极微弱的电流往往可以忽略不计,称为漏电流,漏电流相当于打气筒微弱漏气,或者说单向阀门密封不严。正向截止区域也被称为死区,只有给二极管所加的正向电压超出死区范围时,二极管才会有比较明显的正向电流,这个电压一般称作导通电压,用 U_{on} 表示。室温时,硅二极管导通电压约 0.5 V ,锗二极管导通电压约 0.1 V 。二极管反向截止的区域比较大,一般用参数反向击穿电压来衡量,不同型号差距很大,一般从几十伏到几百伏不等。

反向击穿区是特殊状态,如果二极管两端反向电压极大(大到反向击穿电压),超出二极管承受能力,二极管就会反向击穿,这时候流过二极管的反向电流急剧增大,容易造成二极管永久损坏。应该避免二极管进入反向击穿区。为保证二极管不被损坏,通常在设计环节选择二极管型号的时候,应使二极管两端正常最大反向电压不超过反向击穿电压的一半。

4. 电容效应

二极管和 PN 结还具有电容效应,称为结电容,类似于皮法级的小电容。电容对电流的阻抗大小与频率有关。在低频和直流的时候,电容效应可以忽略不计,二极管仅对电流产生阻碍作用,类似于电阻;在高频的时候,二极管等效为一个小电容和电阻的并联,总阻抗小于低频的时候,甚至在频率足够高的场合,电容效应会导致二极管的单向导电性完全失效。

二极管内部结构的不同,决定其等效电容的大小。如果电路需要利用较大结电容的二极管,可以选用变容二极管。变容二极管是一类专门制作的二极管,其结电容较大,并且结电容大小与变容二极管反偏电压的大小有关。

5. 二极管分类

- 按结构的不同,可分为点接触型、面接触型和平面型;
- 若按应用场合的不同,可分为整流二极管、稳压二极管、检波二极管、限幅二极管、开关二极管、发光二极管等;
- 若按功率的不同,可分为小功率、中功率和大功率;
- 若按制作材料的不同,可分为锗二极管和硅二极管等。

6. 二极管主要参数

(1) 最大整流电流 I_{FM}

I_{FM} 是指二极管长时间工作时允许通过的最大正向平均电流。实际工作时,二极管通过的电流不应超过这个数值,否则将导致二极管过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

U_{RM} 是指二极管不被击穿所允许施加的最高反向电压。一般取反向击穿电压 U_{BR} 的 $1/2 \sim 2/3$ 。点接触型二极管的 U_{RM} 约数十伏,而面接触型二极管的 U_{RM} 可达数百伏。

(3) 最大反向电流 I_R

I_R 是指二极管加最高反向工作电压时的反向电流。反向电流越小,管子的单向导电性能越好。常温下,硅管的反向电流一般只有几微安,锗管的反向电流较大,一般在几十微安至几百微安之间。反向电流受温度影响大,温度越高,其值越大,硅管的温度稳定性比锗管好。

(4) 最高工作频率 f_M

最高工作频率反映二极管的结电容大小,二极管工作时的信号频率应该低于最高工作频率。

实操: 二极管的识别与检测

1. 二极管外观

常见二极管的外观如图 1.1.3 所示,另外还有一些表贴二极管,体积较小,外形与表贴电阻类似。

二极管有阳极和阴极两根引线(也称为管脚),所以,二极管外观最重要的特点是两根引线。

二极管引线分为阴极和阳极,所以在外观上,二极管阴极和阳极也是有着明显区别的,比如:发光二极管的两个管脚一长一短,长的为阳极,短的为阴极;有的二极管上标有二极管符号,管脚极性与符号方向一致;有的二极管在某一端有白色或黑色环状标记,有环状标记一侧的管脚为阴极,另一侧为阳极;有的大功率二极管直接在某一管脚上标明+或-。

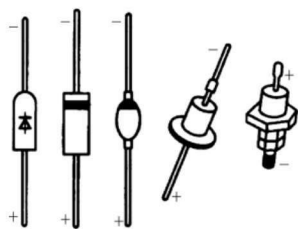


图 1.1.3 半导体二极管的外形

二极管的外壳有塑料、玻璃或者金属等不同种类,一般功率越大,二极管体积越大,玻璃外壳的仅限于小功率二极管,中等功率的二极管一般采用塑料外壳,大功率二极管通常采用金属壳,以便于散热。

2. 二极管检测

一般通过万用表或简易电路对二极管进行常规检测,能够检查二极管的单向导电性是否被破坏,多数万用表能够检测小功率二极管的正向导通压降。二极管的准确伏安特性曲线需要使用晶体管特性图示仪进行测量,晶体管特性图示仪是比较贵的专用设备,一般只有学校的实验室或研究机构才有。

大多数的场合仅需要对二极管进行常规检测,二极管的主要参数可以查找数据手册获得。用简易电路检测二极管需要使用一个扬声器、一节 1.5 V 电池和两三根导线,用一根导线连接电池负极和扬声器一个端子,然后二极管阳极接电池正极,阴极接扬声器另一个端子的时候,扬声器会发出咔咔的声音,如果二极管反向接,则扬声器不出声。用这种方法测试的时候要注意不要长时间接通电路,应该快速连接并迅速断开,反复几次。简易电路检测如图 1.1.4 所示。

用数字万用表测试二极管时,先将万用表打到二极管挡位,然后红色表笔接二极管阳极,黑色表笔接二极管阴极,则万用表显示二极管正向压降,反接时,万用表用指针式万用表测试二极管时,红、黑表笔的接法与数字万用表相反。显示断路。二极管正向压降差别较大,小功率二极管大约零点几伏,发光二极管可达二点几伏。在用万用表测量时,正向连接的发光二极管有可能会发光,而反向连接的发光二极管不会发光。用数字万用表测试二极管的示意图和测量结果如图 1.1.5 所示。

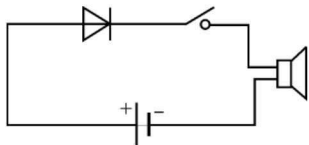


图 1.1.4 简易电路检测示意图

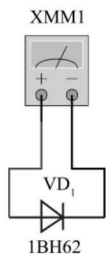


图 1.1.5 万用表测试二极管

任务二 整流电路的应用

知识 1 单相半波整流电路

发电厂发出来的电是 50 Hz 交流电,经过远距离传输,传递到用电单位的仍是 50 Hz 交流电,一般送到工业用电户的为 380 V 的三相交流电,送到普通民用户的为 220 V 的单相交流电。电子设备内部一般使用直流电作为电源,将发电厂送来的交流电转变为电子设备内部使用的直流电就需要二极管整流滤波电路。

二极管整流滤波电路一般分为半波整流、全波整流和桥式整流:半波整流最简单,性能较差,用在要求较低的场合;全波整流性能较好,但是需要中间抽头的变压器,所以现在应用较少;桥式整流价格低廉,性能较好,所以现在桥式整流应用最为广泛。

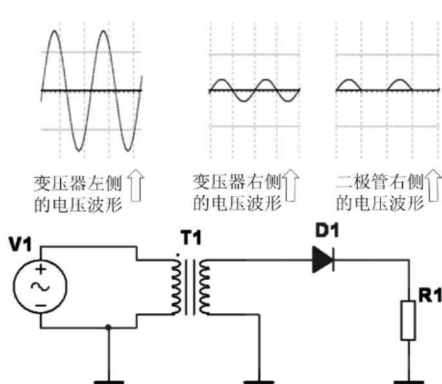


图 1.2.1 二极管半波整流电路

二极管半波整流电路如图 1.2.1 所示。图中 V_1 为发电厂送来的 220 V 单相交流电, T_1 为降压变压器, D_1 为整流二极管, R_1 为用电负载。图中画出了电路中各点的电压波形,可以看到,受二极管 D_1 单向导电性影响,负载 R_1 上的电压变成了单方向的电压,这就是广义的直流电,与电子设备中常用的直流电还有差别,但是,电流已经是单向流动的了。

电阻 R_1 两端的瞬时电压是变化的,其有效值不变,为

$$U_{R1} = 0.45 U_{V1}$$

式中, U_{V1} 为变压器副边有效值。

二极管截止时承受的反向电压峰值为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_{V1} \approx 1.414 U_{V1}$$

U_{RM} 是设计电路时选择二极管型号的重要参数,用于防止二极管被反向击穿。

实操 1: 单相半波整流电路的仿真

1. 用 Multisim 软件绘制电路图(如图 1.2.2 所示)

绘制电路图时,注意在选项-全局偏好-元器件-符号标准中选择“DIN”标准,如图 1.2.3 所示。

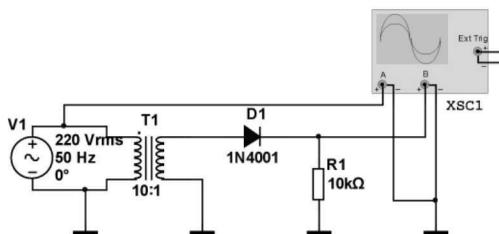


图 1.2.2 单相半波整流电路

V_1 为 220 V、50 Hz 交流电压源。变压器 T_1 一次线圈匝数为 10, 二次线圈匝数为 1。二极管型号为 1N4001, R_1 为 10 k Ω 电阻。XSC1 为示波器。

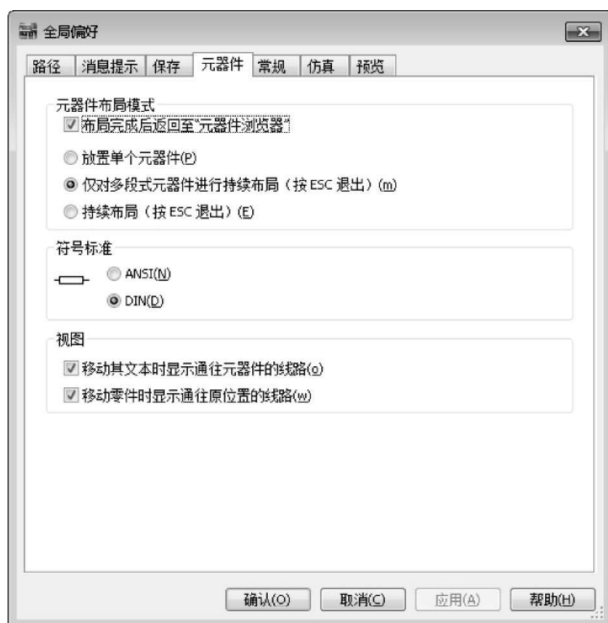


图 1.2.3 选择 DIN 标准

2. 运行仿真, 读取示波器测量结果

电路绘制完毕后, 运行仿真, 如果电路图有错误, Multisim 会给出错误提示, 如果没有错误, 仿真将会运行, 双击示波器 XSC1 图标, 则出现示波器运行界面, 调节通道 A 和通道 B 的刻度以及 Y 轴位移, 则可以使通道 A 波形(V_1)在上, 通道 B 波形(R_1)在下, 如图 1.2.4 所示。

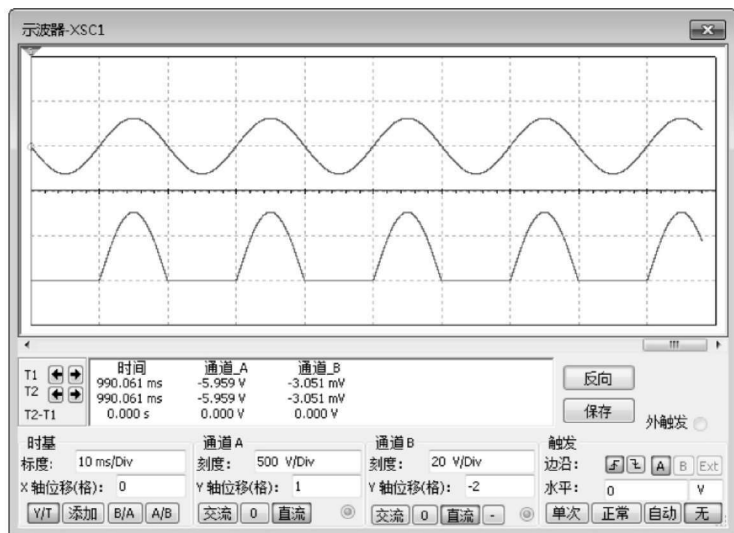


图 1.2.4 示波器界面

通过示波器的时基标度 10 ms/Div 可以知道,示波器横轴方向每大格代表 10 ms 的时间间隔, V_1 波形每周期占有 2 个横向大格, $2\text{ Div} \times 10\text{ ms/Div} = 20\text{ ms}$, 所以 V_1 的周期为 20 ms , 取倒数可得频率为 50 Hz 。同样的方法可以读出半波整流后的波形周期也是 20 ms , 频率也是 50 Hz 。

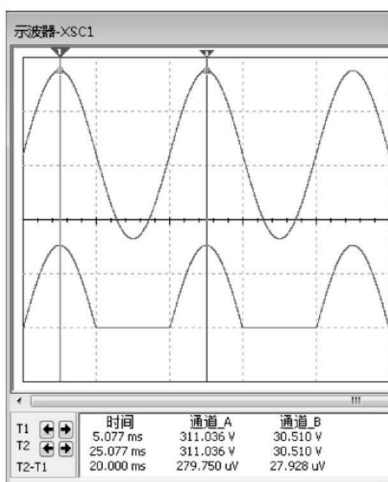


图 1.2.5 示波器游标的使用

由于示波器是双通道的,所以读取通道 B 信号幅度时,应用通道 B 信号所占有的纵向大格乘以通道 B 的刻度。通过通道 B 刻度 20 V/Div 可以知道,通道 B 信号在示波器纵轴方向每大格代表 20 V , R_1 两端电压幅度约 1.5 个大格, $1.5\text{ Div} \times 20\text{ V/Div} = 30\text{ V}$, 即 R_1 两端电压瞬间电压最大幅度为 30 V 。

其实用数格数的方法并不十分准确,尤其是像通道 A 的情况,每大格达到 500 V ,数格数的时候稍有误差,最后的数值就会偏离很多。采用游标来测量就会精确得多,游标是用来读取示波器内部数值的辅助工具。在示波器波形最左侧边沿有两根游标线,可以用鼠标向右拖动,也可以点击下方 T1、T2 后面的箭头左右移动,如图 1.2.5 所示。

波形下面有三行数值,第一行为游标 1 时间的数值,第二行为游标 2 时间的数值,第三行为两个时间的差值。通过游标可以较为精确的读出信号周期为 20.000 ms , 通道 A 信号幅度为 311.036 V , 通道 B 信号幅度为 30.510 V 。

3. 用万用表测量输出电压(如图 1.2.6 所示)

将示波器去除,改为用万用表测量输出电压,如图 1.2.6 所示。图中,(a)为测量电路图,(b)为万用表直流电压挡测量结果,(c)为万用表交流电压挡测量结果。需要注意的是,实际上真实的万用表并不能准确测量整流后的所有交流谐波分量,仅能测量较低频的部分。测量结果显示直流分量没有交流分量大。

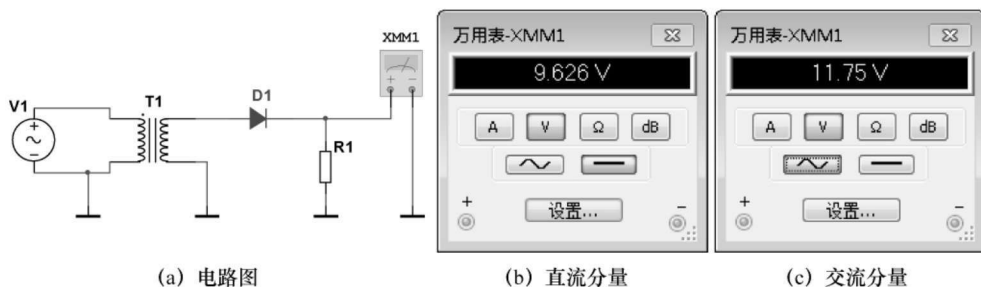


图 1.2.6 用万用表测量输出电压

知识 2 单相桥式整流电路

二极管全波整流和桥式整流具有相同的输出波形,全波整流使用两个二极管,需要使用有中间抽头的变压器,变压器比较复杂一点;桥式整流需要四个二极管,采用普通变压器。因为桥式整流谐波成分少,二极管价格低廉,所以桥式整流应用广泛。图 1.2.7 就是二极管桥式整流电路原理图,图中绘制出了各部分的电压波形,其中(a)为 50 Hz 220 V 交流电波形,(b)为

二极管 D_1 和 D_4 导通时的波形, (c) 为二极管 D_2 和 D_3 导通时的波形, (d) 为负载 R_1 上的波形。从波形图中可以看到, 四个二极管分为两组, 一组是 D_1 和 D_4 , 另一组是 D_2 和 D_3 , 两组轮流导通, (d) 波形是 (b) 波形和 (c) 波形的叠加, (d) 波形的频率为 100 Hz。四个二极管中任何一个因为损坏而断路的话, 负载 R_1 上的波形将与二极管半波整流相同。

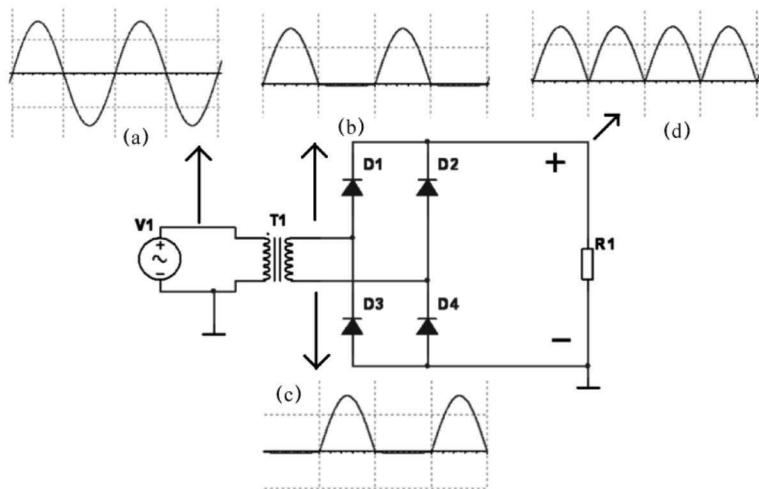


图 1.2.7 二极管桥式整流电路

因为桥式整流应用量非常大, 所以市场上有专门的二极管整流桥堆供应, 整流桥堆中包括了连接好的四个整流二极管, 并且多数都可以安装散热片, 照片和电路符号如图 1.2.8 所示。整流桥堆在应用时, 标“~”的为输入端, 连接交流电, 标“+”的为正极输出端, 标“-”的为负极输出端。

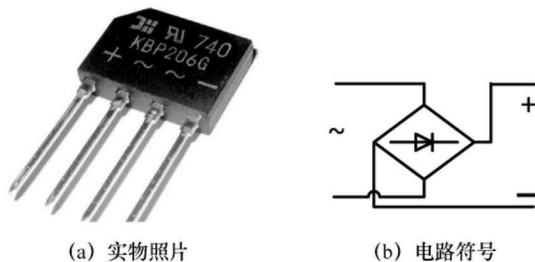


图 1.2.8 二极管整流桥堆

电阻 R_1 两端的瞬时电压是变化的, 其有效值不变, 为

$$U_{R1} = 0.9 U_{V1}$$

其中, U_{V1} 为变压器副边有效值。

二极管截止时承受的反向电压峰值为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_{V1} \approx 1.414 U_{V1}$$

实操 2: 桥式整流电路的仿真

1. 用 Multisim 软件绘制电路图 (如图 1.2.9 所示)

图 1.2.9 中各元器件参数与半波整流仿真 (图 1.2.2) 相同。