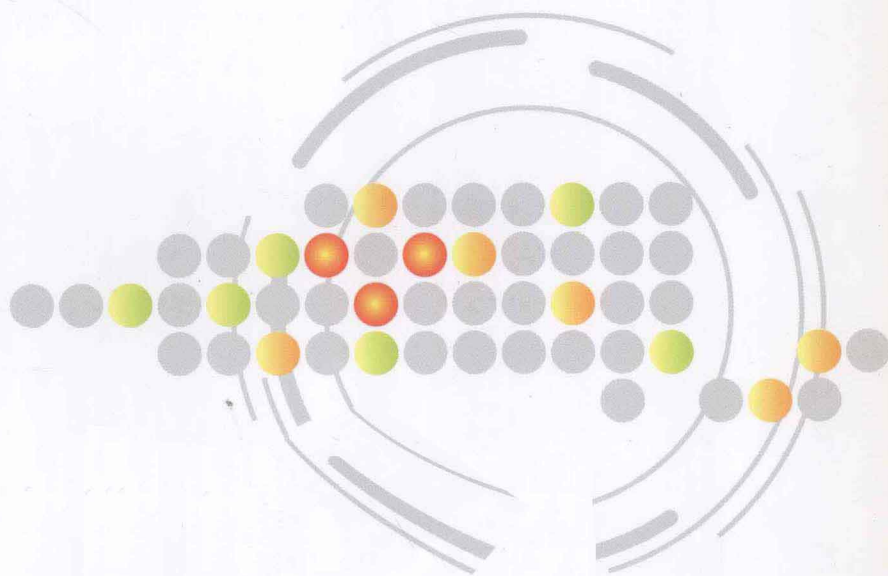


D I A N Z I J I S H U J I C H U

电子技术基础

主编◎刘炳海



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子技术基础

主编 刘炳海

参编 田 丽 闫恺福 李 蕊 孟丽丽 史晓莹

彭 珍 孙 艳 宋占坡 安俊芳 张志超

主审 张伯虎 卢战秋

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书采用项目教学法,全书共分10个项目。内容包括直流稳压电源(具体包括二极管及其电路、三极管及其电路、直流稳压电源、实用电源制作),功放电路(具体包括多级放大电路、直流放大电路、反馈电路、功放电路),集成运算放大器,正弦波振荡电路,晶闸管电路,脉冲知识和反相器,组合逻辑门电路,集成触发器,计数、译码、显示电路,脉冲整形电路和555定时器。除项目八外均有实验和实训内容,同时每一项目后还配有习题。

本书深入浅出、通俗易懂,除了可作为中等职业学校电子技术、机电控制和通信技术等专业教材外,也可以作为家用电器以及电子行业生产和维修人员的培训及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础 / 刘炳海主编. —北京:国防工业出版社,2011.1

ISBN 978-7-118-07071-2

I. ①电... II. ①刘... III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 235931 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 11 字数 266 千字

2011年1月第1版第1次印刷 印数 1—3000 册 定价 23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是根据目前中等职业教育的现状和要求而编写的,适用于中等职业学校的电子技术、机电控制和通信技术等专业教学,是上述专业的专业基础课程。

一、本书出版的目的和特点

随着全民知识结构的变化,当今中等职业教育的培养目标发生了根本的变化,重点转向培养高素质的劳动者,同时也着重强调了操作技能的学习。本着这一思想,本书在编写中注重理论和实践并重,考虑到学生的理解能力,对难度也有一定的降低,使大部分学生能比较容易地了解基本电子器件的工作原理和由基本元器件组成的单元电路,同时也增加了许多新技,为优秀学生提供了学习和发展的空间。本书与传统的编写思路有所不同,采用项目教学的方法编写,每一个单元都以完成一个项目为最终目的,先是针对这一项目所需的内容知识进行学习(包括验证性的实验),然后利用所学知识进行实训,最终完成这一项目,比单纯的先理论然后实验的教学思路更能提高中等职业学校学生的兴趣。

电子技术基础是电子专业的专业基础课,学生学习本课程的好坏直接影响到后续专业课程的学习,以往所用课本都是以理论为主、实验为辅的教学方式,根据多年的教学情况来看,这种方式效果很差。原因主要在于中等职业学校学生的理论水平有限,自制力较差,对学习理论不感兴趣。因此,本书采用目前最为流行的项目教学法编写。全书共分为10个项目,每一个项目都是以完成一个项目为最终目的,对在这个项目中需要的知识进行讲解、分析,最终应用到项目中去。这样既有理论知识,又有实验,更重要的是把刚刚学的知识立即应用到项目中去,会大大提高学生的学习兴趣,使学生在实验、实训中不断提高自己的技能水平和理论知识。

二、本书的主要内容

本书共分10个项目。这10个项目涵盖了电子技术基础模拟部分和数字部分的全部内容。其中包括直流稳压电源(具体包括二极管及其电路、三极管及其电路、直流稳压电源、实用电源制作),功放电路(具体包括多级放大电路、直流放大电路、反馈电路、功放电路),集成运算放大器,正弦波振荡电路,晶闸管电路,脉冲知识和反相器,组合逻辑门电路,集成触发器,计数、译码、显示电路,脉冲整形电路和555定时器。每一个项目的开始是所需的理论知识,最后是实训内容(项目八除外),项目中间穿插实验,以确保学生能够理解所学知识,提高学生将所学知识应用到实践中的能力。

本教材项目一由廊坊市电子信息工程学校刘炳海编写;项目二由廊坊市电子信息工程学校的田丽编写;项目三、四由山西技工学校闫恺福编写;项目五由廊坊市电子信息工程学校的李蕊编写;项目六、七由廊坊市电子信息工程学校的孟丽丽编写;项目八由廊坊市食品工程学

校的史晓莹编写;项目九由廊坊市电子信息工程学校的彭珍编写;项目十由廊坊市电子信息工程学校的孙艳编写。本书习题由廊坊市电子信息工程学校宋占坡、安俊芳、张志超编写。本书主编刘炳海,主审张伯虎、卢战秋。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏,敬请读者批评和指正。

编者
2010年5月

目 录

项目一 直流稳压电源

任务一 二极管的基础知识	1	工作原理	18
一、二极管的结构和特性	1	三、单管共发射极放大电路的 分析方法	19
二、二极管的伏安特性	3	四、分压式稳定静态工作点的 偏置电路	23
三、二极管的分类、型号、参数	4	任务五 稳压电路	25
四、二极管的测试	5	一、稳压电路概述	25
任务二 二极管的电路	5	二、线性串联型稳压电路	27
一、二极管的整流电路	6	三、三端集成稳压电路	28
二、二极管的滤波电路	8	任务六 实用稳压电路制作	29
三、二极管的稳压电路	10	一、元件准备、清查、测量	30
任务三 三极管的基础知识	12	二、电路板制作	30
一、三极管的结构、分类、符号	12	三、电路元件焊接	30
二、三极管的特性	14	四、电路测试	30
三、三极管的参数	14	五、电路性能分析	30
四、三极管的测试	15	单元小结	31
任务四 三极管的放大电路	16	习题	31
一、放大电路概述	16		
二、基本共发射极放大电路的			

项目二 功放电路

任务一 多级放大电路	32	一、低频功放电路概述	41
一、多级放大器概述	32	二、低频功放电路分类	41
二、多级放大电路分析	34	三、低频功放电路分析	42
任务二 直流放大器	35	四、集成功放简介	46
一、直流放大器的特殊问题	35	任务五 实用功放电路制作	48
二、直流放大器的电位调节电路	36	一、元件准备、清查、测量	48
三、基本型差动放大器	36	二、电路板制作	49
四、实用型差动放大器	38	三、电路元件焊接	50
任务三 反馈电路	39	四、电路测试与组装	50
一、反馈的概念	39	五、电路性能分析	51
二、反馈的分析方法	39	单元小结	51
三、反馈电路分析	40	习题	51
任务四 功放电路	40		

项目三 集成运算放大器

任务一 集成运放电路.....	53	二、在信号处理方面的应用.....	59
一、集成运放电路外形、符号、组成 ...	53	任务三 集成运放实用电路制作.....	60
二、集成运放电路放大倍数和参数.....	55	一、集成运放使用注意事项.....	61
三、集成运放电路理想特性.....	56	二、运放应用电子制作.....	61
任务二 集成运放电路应用.....	57	单元小结.....	64
一、在信号运算方面的应用.....	57	习题.....	65

项目四 正弦波振荡电路

任务一 振荡电路原理与组成.....	66	四、集成运放组成的振荡电路.....	73
一、正弦波振荡电路产生自激振荡的条件.....	66	任务三 变音门铃的制作.....	77
二、正弦波振荡电路的组成.....	67	一、电路工作原理.....	77
任务二 振荡电路.....	68	二、元器件的选择.....	78
一、RC 正弦波振荡电路	68	三、装配、调试与检测	78
二、LC 正弦波振荡电路	68	单元小结.....	78
三、石英晶体正弦波振荡电路.....	71	习题.....	78

项目五 晶闸管电路

任务一 晶闸管原理.....	80	任务四 双向晶闸管电路.....	88
一、晶闸管结构、符号	80	一、双向晶闸管开关性能.....	88
二、晶闸管工作原理.....	81	二、双向晶闸管触发电路.....	89
三、晶闸管主要参数.....	82	三、双向晶闸管检测及应用电路.....	90
四、晶闸管型号与检测.....	82	任务五 晶闸管应用电路制作.....	91
任务二 晶闸管整流电路.....	83	一、元件准备、清查、测量.....	91
一、半波整流电路分析.....	83	二、电路板制作.....	93
二、全波整流电路分析.....	84	三、电路元件焊接.....	93
任务三 晶闸管触发电路.....	85	四、电路测试.....	93
一、单结晶体管简介.....	85	五、电路性能分析.....	93
二、单结晶体管特性.....	85	单元小结.....	94
三、单结晶体管触发电路.....	86	习题.....	94

项目六 反相器

任务一 脉冲基础知识.....	95	二、三极管的开关特性	101
一、脉冲的概念和常用参数.....	95	任务三 反相器的制作	102
二、脉冲的波形变换电路.....	96	一、元件准备、清查、测量	102
任务二 晶体管的开关特性.....	99	二、电路板制作	103
一、二极管的开关特性.....	99	三、电路元件焊接	103

四、电路测试	104	单元小结	104
五、电路性能分析	104	习题	104

项目七 组合逻辑门电路

任务一 数字电路概述	106	任务四 数字电路分析方法	115
一、场效应管简介	106	一、逻辑代数概述	115
二、数字电路特点	108	二、逻辑代数的基本定律	115
三、数字电路发展	108	三、逻辑代数的化简及应用	116
任务二 基本逻辑门电路	109	任务五 逻辑电路的制作	119
一、与逻辑电路	109	一、元件准备、清查、测量	119
二、或逻辑电路	110	二、电路板制作	120
三、非逻辑电路	111	三、电路元件焊接	120
任务三 组合逻辑门电路	112	四、电路测试	120
一、与非逻辑电路	112	五、电路性能分析	120
二、或非逻辑电路	113	单元小结	121
三、与或非逻辑电路	113	习题	122
四、异或逻辑电路	114		

项目八 集成触发器

任务一 基本集成触发器	124	一、TTL 边沿 JK 触发器	129
一、触发器原理概述	124	二、JK 触发器构成的 T 触发器	
二、触发器原理分析	124	和 T' 触发器	130
任务二 同步触发器	125	任务四 主从触发器	131
一、同步 RS 触发器	125	一、主从 RS 触发器	131
二、同步 D 触发器(D 锁存器)	127	二、主从 JK 触发器	131
三、同步 JK 触发器	128	单元小结	132
四、同步触发器的空翻	129	习题	133
任务三 边沿触发器	129		

项目九 计数、译码、显示电路

任务一 时序电路概述	134	一、数码管显示器	145
一、时序电路	134	二、液晶显示器	146
二、数制	135	三、其他显示原理简介	147
任务二 寄存器	138	任务五 电路制作	147
一、并行寄存器	138	一、元器件准备	148
二、串行寄存器	138	二、7448 译码器芯片介绍	148
任务三 计数器	139	三、电路工作原理	148
一、计数器简介	139	四、安装、调试与检测	150
二、二进制计数器	140	单元小结	150
三、十进制计数器	143	习题	150
任务四 显示器	145		

项目十 555 定时器

任务一 多谐振荡器	152	任务四 555 定时器	160
一、多谐振荡器简介	152	一、555 定时器简介	160
二、多谐振荡器电路分析	152	二、555 定时器组成的电路分析 ...	162
任务二 单稳态触发器	154	任务五 555 定时器应用举例	164
一、单稳态触发器简介	154	一、简易温控报警器	164
二、单稳态触发器电路分析	154	二、触摸定时控制开关	165
任务三 施密特触发器	157	单元小结	165
一、施密特触发器简介	157	习题	165
二、施密特触发器电路分析	158	参考文献	166

项目一 直流稳压电源

任务一 二极管的基础知识

教学任务: 1. 二极管的结构和特性

2. 二极管的伏安特性

3. 二极管的分类、型号、参数

4. 二极管的测试

教学要求: 1. 掌握二极管的结构、符号和二极管的重要特性

2. 掌握二极管的伏安特性曲线及各个区的特点

3. 了解二极管的分类、型号,掌握二极管的3个重要参数

4. 掌握利用万用表测量二极管的方法。

一、二极管的结构和特性

(一) 二极管的外形和电路符号

1. 二极管的外形

二极管是电子产品中应用非常广泛的电子器件之一,它的种类、型号非常多,图1-1所示是在实际电路中应用的几种二极管的外形。

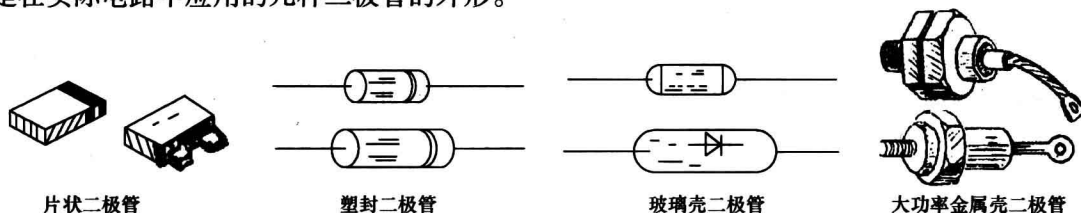


图1-1 二极管的外形

2. 二极管的符号

二极管的符号如图1-2所示。+号称为正极,-号称为负极。二极管的正极又称阳极,负极又称阴极,常用文字符号为VD、V、D等。



图1-2 二极管的符号

(二) 二极管的结构

1. 物体的分类

(1) 导体:电阻率小于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为导体,载流子为自由电子。

(2) 绝缘体:电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为绝缘体,基本无自由电子。

(3) 半导体:电阻率介于导体、绝缘体之间的物质称为半导体,主要有硅(Si)、锗(Ge)等四价元素材料。其电阻率在各种因素(掺杂、光照、电场、磁场)作用下变化极大,且电阻率随温度增加而减小(负温度系数)。

2. 半导体

1) 本征半导体

纯净的不含其他杂质的半导体称为本征半导体。 $T=0\text{K}$ 时,它同绝缘体,无自由电子。温度升高,热运动使本征半导体的价电子脱离共价键成为自由电子,且在共价键处留下“空穴”。电子带负电,空穴带正电,是两种载流子。产生电子—空穴对的过程称为激发,电子—空穴对成对消失的过程称为复合。

本征半导体自由电子浓度和空穴浓度相等,且随温度增高而增大。一定温度下自由电子浓度和空穴浓度达到动态平衡。

2) 杂质半导体

半导体掺入杂质,电阻率急剧下降。杂质半导体主要分为 N 型半导体和 P 型半导体两种。

(1) N 型半导体:掺入五价元素磷、锑、砷等构成。其电子是多数载流子,空穴是少数载流子。

(2) P 型半导体:掺入三价元素硼、镓、铟等构成。空穴是多数载流子,电子为少数载流子。三价元素为受主原子。

3. 半导体二极管

1) PN 结

P 型和 N 型半导体通过一定的工艺制造在一起,则在它们接触面上形成一个特殊的薄层,称为 PN 结。

(1) PN 结中载流子的运动:在 PN 结界面的两侧,由多数载流子扩散形成了一个由不能移动的正、负离子组成的空间电荷区,因而产生了一个电位差 U_v ,称作电位壁垒,它的电场方向由 N 区指向 P 区,阻碍了扩散运动,却使少数载流子做漂移运动。

扩散作用使得空间电荷区增宽,导致内电场增强,结果又导致漂移作用增强,当多子的扩散运动和少子的漂移运动相等时,就达到了某种动态平衡,此时空间电荷区宽度不变。

(2) 图 1-3 所示是 PN 结中载流子的运动示意图。

2) PN 结的单向导电性

(1) 外加正向电压也称正向偏置,简称正偏。当外加正向电压(P 区接电源正极、N 区接电源负极)时,此时内、外电场方向相反。在外电场的作用下,P 区的多数载流子(空穴)和 N 区的多数载流子(电子)都向空间电荷区移动,分别与空间电荷区中的一部分负、正离子中和,使空间电荷量减少,空间电荷区变窄,PN 结呈现一个很小的电阻,此时多子扩散形成的正向电流 I_F 较大,如图 1-4(a) 所示。

(2) 外加反向电压也称反向偏置,简称反偏。当外加反向电压(P 区接电源负极、N 区接电源正极)时,内外电场方向一致,如图 1-4(b) 所示。在外电场的作用下,P 区的多数载流子(空穴)和 N 区的多数载流子(电子)远离空间电荷区,使空间电荷量增多,空间电荷区变宽,这一结果有利于少数载流子的

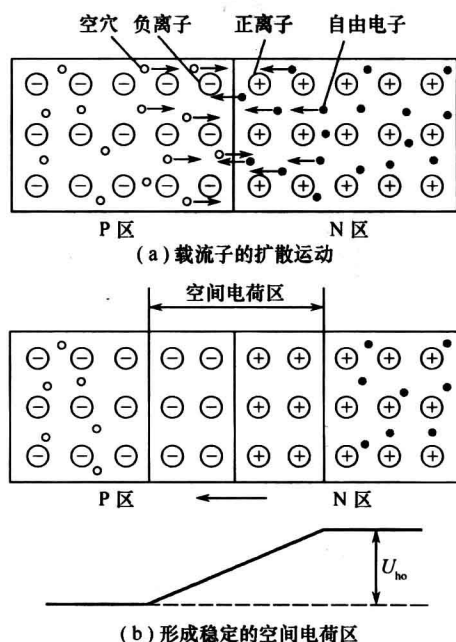


图 1-3 PN 结中载流子的运动示意图

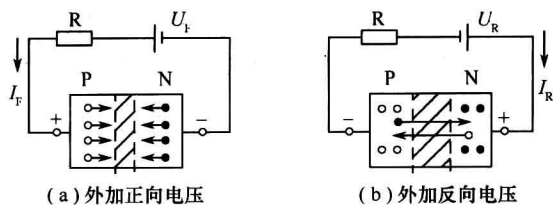


图 1-4 PN 结的单向导电性

漂移。当温度不变时,少数载流子浓度不变,因此反向电流 I_R 几乎与反偏无关,常又称为反向饱和电流 I_S 。由于室温下 I_S 很小,故 PN 结呈高阻截止状态。

可见,PN 结在正向偏置时电阻很小,PN 结导通;反偏时虽存在反向电流,但很小,电阻很大,处于截止状态。这就是 PN 结的单向导电性。

3) 二极管的单向导电性

将 PN 结用玻璃或金属封装起来(图 1-5),两端各引出一条电极,就构成了二极管,由于 PN 结具有单向导电性,因此二极管也具有单向导电性。

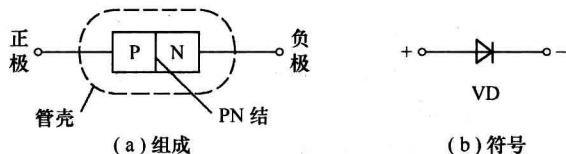


图 1-5 二极管的组成和符号

二、二极管的伏安特性

实验测得二极管伏安特性曲线如图 1-6 所示。

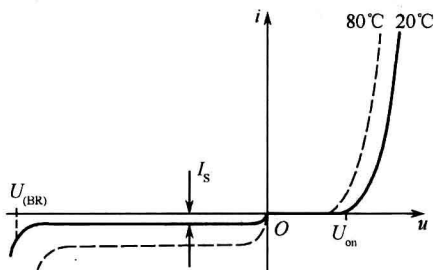


图 1-6 二极管伏安特性曲线

1. 正向特性

(1) 死区:当电压超过某一值时,电流明显增大,该电压称为死区电压。硅管的死区电压在 0.5V 左右;锗管的死区电压在 0.1V 左右。

(2) 指数区:当正向电压超过死区电压后,电流与电压关系基本呈指数关系。

(3) 线性区:当电压较大时,电流与电压基本呈线性关系,此时,硅管电压通常为 0.7V 左右,锗管为 0.2V 左右。

2. 反向特性

(1) 反向饱和电流区:反向饱和电流 I_S 基本不随外电压变化,但与温度密切相关。此时二极管中几乎没有电流流过,处于截止状态,这种连接方式称为反向偏置。二极管处于反向偏置时,仍然会有微弱的反向电流流过二极管,称为漏电流。

(2) 击穿区: $U_{(BR)}$ 为反向击穿电压, 当二极管两端的反向电压增大到某一数值时, 反向电流会急剧增大, 二极管将失去单向导电特性, 这种状态称为二极管的击穿。

三、二极管的分类、型号、参数

(一) 二极管的分类

(1) 按材料可分为硅管、锗管。

(2) 按 PN 结的面积大小可分为点接触型和面接触型。

(3) 按用途可分为整流二极管、开关二极管、限幅元件、继流二极管、检波二极管、变容二极管和稳压二极管。

①整流二极管: 利用二极管单向导电性, 可以把方向交替变化的交流电变换成单一方向的脉动直流电。

②开关二极管: 二极管在正向电压作用下电阻很小, 处于导通状态, 相当于一只接通的开关; 在反向电压作用下, 电阻很大, 处于截止状态, 如同一只断开的开关。利用二极管的开关特性, 可以组成各种逻辑电路。

③限幅元件: 二极管正向导通后, 它的正向压降基本保持不变 (硅管为 0.7V, 锗管为 0.3V)。利用这一特性, 在电路中作为限幅元件, 可以把信号幅度限制在一定范围内。

④继流二极管: 在开关电源的电感和继电器等感性负载中起继流作用。

⑤检波二极管: 在收音机中起检波作用。

⑥变容二极管: 使用于电视机的高频头中。

⑦稳压二极管: 在电路中起稳压作用, 电源电路经常使用。

(二) 二极管的型号命名方法

二极管的型号命名规定由 5 个部分组成, 如图 1-7 所示。

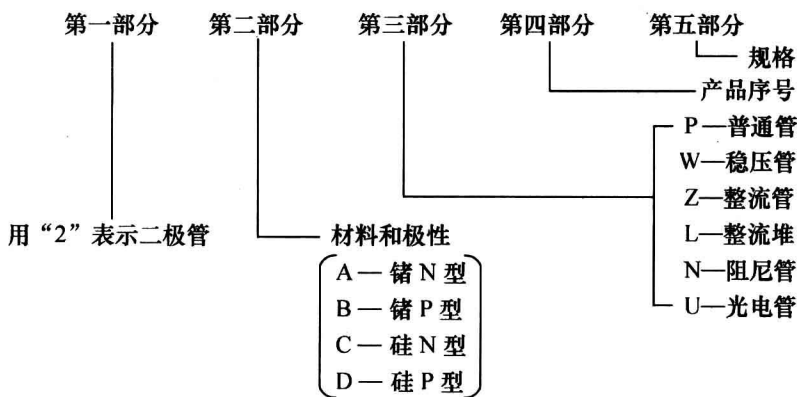


图 1-7 二极管的型号命名规定

(三) 二极管的参数

用来表示二极管的性能好坏和适用范围的技术指标称为二极管的参数。不同类型的二极管有不同的特性参数。其中主要参数为额定正向工作电流、最高反向工作电压和反向电流。

1. 额定正向工作电流

额定正向工作电流是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过管子时会使管芯发热, 温度上升, 温度超过容许限度 (硅管为 140℃ 左右, 锗管为 90℃ 左右) 时, 就会使管芯过热而损坏。所以, 二极管使用中不要超过二极管额定正向工作电流值。例如, 常用的 1N4001 ~ 1N4007 型锗二极管的额定正向工作电流为 1A。

2. 最高反向工作电压

加在二极管两端的反向电压高到一定值时,会将管子击穿,使管子失去单向导电能力。为了保证使用安全,规定了最高反向工作电压值。例如,1N4001 二极管反向耐压为 50V,1N4007 反向耐压为 1000V。

3. 反向电流

反向电流是指二极管在规定的温度和最高反向电压作用下,流过二极管的反向电流。反向电流越小,管子的单方向导电性能越好。值得注意的是反向电流与温度有着密切的关系,大约温度每升高 10°C ,反向电流就会增大一倍。例如,2AP1 型锗二极管在 25°C 时反向电流为 $250\mu\text{A}$,温度升高到 35°C ,反向电流将上升到 $500\mu\text{A}$,以此类推,在 75°C 时,它的反向电流已达 8mA ,不仅失去了单方向导电特性,还会使管子过热而损坏。又如,2CP10 型硅二极管在 25°C 时反向电流仅为 $5\mu\text{A}$,温度升高到 75°C 时,反向电流也不过 $160\mu\text{A}$ 。故硅二极管比锗二极管在高温下具有较好的稳定性。

四、二极管的测试

使用万用表可以测试二极管极性和性能的好坏。测试前先把万用表的转换开关拨到欧姆挡的 $R \times 1\text{k}$ 或 $R \times 100$ 挡位(注意不要使用 $R \times 1$ 挡,以免电流过大烧坏二极管,也不要使用 $R \times 10\text{k}$ 挡,以免电压过高击穿二极管),再将红、黑两根表笔短路,进行欧姆调零。

(一) 二极管极性的检测

用万用表的红、黑表笔分别接触二极管的两极,测得一次电阻值,将万用表的红、黑表笔对调,再测一次,两次阻值一次比较大,一次比较小,说明二极管具有单向导电性;阻值比较大的那次黑表笔所接的是二极管的正极,另一端为负极。

(二) 二极管性能好坏的检测

1. 正向特性测试

把万用表的黑表笔(表内正极)搭触二极管的正极,红表笔(表内负极)搭触二极管的负极。若表针不摆到 0,而是停在标度盘的中间,这时的阻值就是二极管的正向电阻,一般正向电阻越小越好。若正向电阻为 0,说明管芯短路损坏;若正向电阻接近无穷大,说明管芯断路。短路和断路的管子都不能使用。

2. 反向特性测试

把万用表的红表笔搭触二极管的正极,黑表笔搭触二极管的负极,若表针指在无穷大或接近无穷大,管子就是合格的。

任务二 二极管的电路

教学任务: 1. 二极管的整流电路

2. 二极管的滤波电路

3. 二极管的稳压电路

教学要求: 1. 掌握二极管整流原理

2. 掌握二极管的 3 种整流电路

3. 掌握二极管的电容滤波原理与电路,了解电感滤波和复式滤波

4. 掌握稳压二极管的稳压原理与稳压电路

一、二极管的整流电路

(一) 整流与整流器

(1) 整流: 将交流电转换成直流电的过程称为整流。其原理是利用二极管的单向导电性。

(2) 整流器: 将交流电转换成直流电的电路称为整流器。

(二) 二极管整流电路

1. 单相半波整流电路

1) 电路组成

如图 1-8(a) 所示, 单相半波整流电路由电源变压器 T、整流二极管 VD 和负载 R_L 组成。

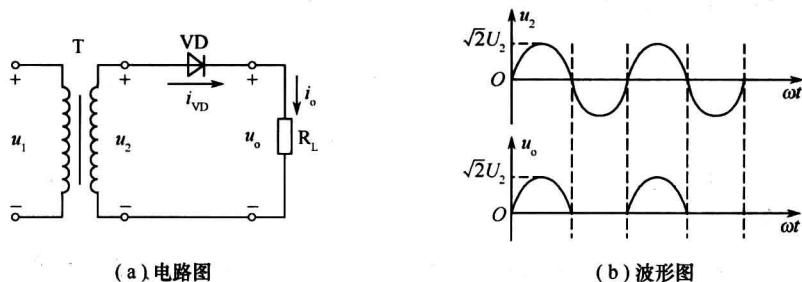


图 1-8 单相半波整流电路

2) 工作原理

设变压器副边(次级绕组)电压有效值为 U_2 , 其瞬时值 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$, 二极管为理想二极管。

当 u_2 为正半周(上正下负)时, 二极管 VD 正向导通, 则 $u_{VD} = 0$, $u_o = u_2$, $i_o = i_{VD} = u_2/R_L$ 。

当 u_2 为负半周(下正上负)时, 二极管 VD 反向截止, 则 $u_{VD} = u_2$, $u_o = 0$, $i_o = i_{VD} = 0$ 。

这样, 在 u_2 变化的一个周期内, 负载 R_L 上得到了一个单方向半波脉动直流电压 u_o , 其波形如图 1-8(b) 所示。因此, 这种电路被称为单相半波整流电路。

3) 基本参数

(1) 负载上的直流电压 U_o : 从图 1-8(b) 可见, 虽然通过 R_L 的电压 u_o 有变化, 但其半波脉动直流平均值为

$$U_o = 0.45U_2 \quad (1-1)$$

(2) 负载上的直流电流 I_o : 根据欧姆定律可知

$$I_o = U_o/R_L = 0.45U_2/R_L \quad (1-2)$$

(3) 通过二极管的平均电流 I_{VD} : 由图 1-8(a) 可看出, 通过整流二极管的电流与负载电流相等, 则有

$$I_{VD} = I_o = U_o/R_L \approx 0.45U_2/R_L \quad (1-3)$$

(4) 二极管承受的最大反向电压 U_{RM} : 从图 1-8(a) 还看出, 当 u_2 为负半周时, 二极管承受的最高反向电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-4)$$

式(1-3)、式(1-4)是选用整流二极管的依据。

可见, 半波整流电路结构简单, 只用了—个整流二极管; 但输出波形脉动幅度大, 直流成分低, 二极管半周不导通, 利用率低。

2. 单相全波整流电路

1) 电路组成

单相全波整流电路如图 1-9(a) 所示, 波形图如图 1-9(b) 所示。

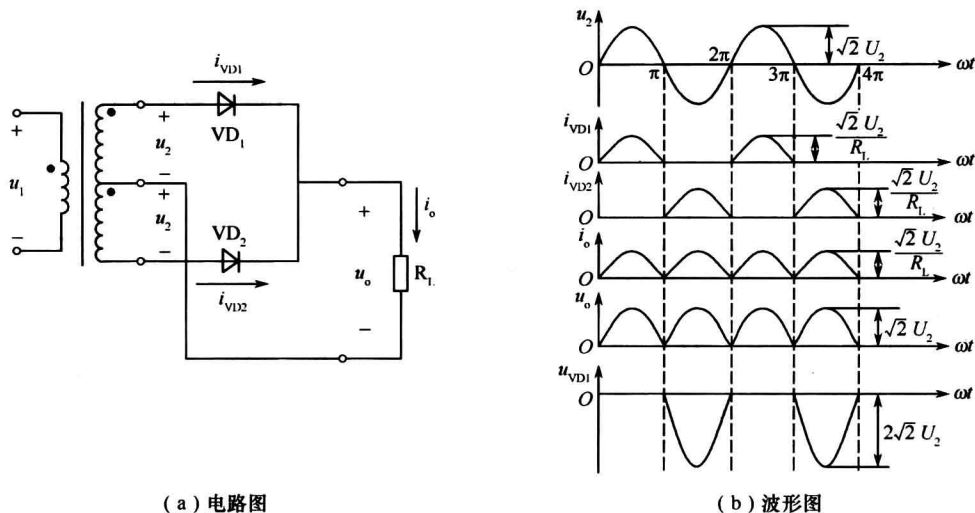


图 1-9 单相全波整流电路

2) 工作原理

设变压器初级绕组电压有效值为 U_1 , 次级绕组带中心抽头, 其电压为两个大小相等、相位相反的两个值, 即 U_2 , 其瞬时值 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$, 二极管为理想二极管。

当 u_1 为正半周(上正下负)时, 二极管 VD_1 正向导通, VD_2 反向截止。

当 u_1 为负半周(下正上负)时, 二极管 VD_1 反向截止, VD_2 正向导通。

这样, 在 u_1 变化的一个周期内, 负载 R_L 上得到了一个单方向全波脉动直流电压 u_o 。

3) 基本参数

(1) 根据图 1-9(b) 可知, 全波整流电路的输出电压为

$$U_o = 0.9 U_2 \quad (1-5)$$

(2) 流过负载的平均电流为

$$I_o = U_o / R_L = 0.9 U_2 / R_L \quad (1-6)$$

(3) 二极管所承受的最大反向电压为

$$U_{RM} = 2\sqrt{2}U_2 \quad (1-7)$$

注意: 整流电路中的二极管是作为开关使用的。整流电路既有交流量, 又有直流量, 通常输入(交流)用有效值或最大值; 输出(交直流)用平均值; 整流管正向电流用平均值; 整流管反向电压用最大值。

3. 单相桥式整流电路

1) 电路组成

它由电源变压器 T、4 只整流二极管(视为理想二极管)和负载 R_L 组成, 如图 1-10(a) 所示。由于 4 只二极管接成电桥形式, 故将此电路称为桥式整流电路。

2) 工作原理

当 u_2 为正半周时, VD_1 、 VD_3 导通, VD_2 、 VD_4 截止。电流流通的路径为: $A \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L$ (电流方向由上至下) $\rightarrow VD_3 \rightarrow B \rightarrow A$ 。

当 u_2 为负半周时, VD_2 、 VD_4 导通, VD_1 、 VD_3 截止。电流流通的路径为: $B \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L$ (电流方向由下至上) $\rightarrow VD_4 \rightarrow A \rightarrow B$ 。

这样, 在 u_2 变化的一个周期内, 负载 R_L 上得到了一个单方向全波脉动直流电压 u_o , 其波形如图 1-10(b) 所示。

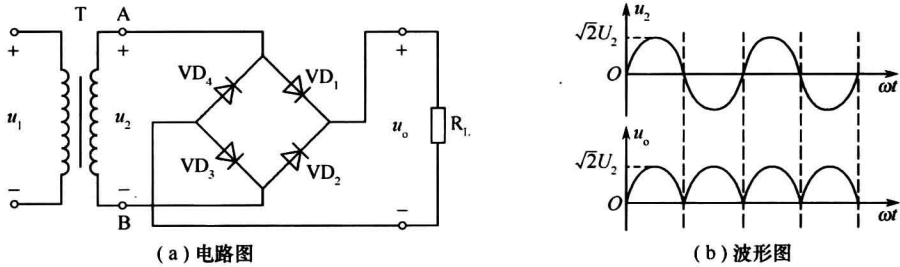


图 1-10 单相桥式整流电路

3) 基本参数

(1) 负载上的直流电压 U_o : 从图 1-10(b) 可见, 因全波输出波形面积为半波的两倍, 因此

$$U_o = 2 \times 0.45U_2 = 0.9U_2 \quad (1-8)$$

(2) 负载上的直流电流 I_o 为

$$I_o = U_o / R_L = 0.9U_2 / R_L \quad (1-9)$$

(3) 通过二极管的平均电流 I_v : 由图 1-10(a) 可看出, 每两只整流二极管串联后在 u_2 的正、负半周轮流导通, 因此流过每个二极管的平均电流只有负载上平均电流的一半, 故有

$$I_v = I_o / 2 = 0.45U_2 / R_L \quad (1-10)$$

(4) 二极管承受的最大反向电压 U_{RM} : 从图 1-10(a) 还看出, 当 VD_1 、 VD_3 导通时, 截止管 VD_2 、 VD_4 的负极与 A 端同相位, 正极与 B 端同相位, 截止管两端所承受的最高反向电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-11)$$

可见, 桥式整流电路虽然比半波整流电路多用了 3 只整流二极管, 但直流成分却提高了一倍, 变压器也得到充分利用, 因此桥式整流电路得到了广泛的应用。

单相桥式整流电路的变压器中只有交流电流流过, 而半波和全波整流电路中均有直流分量流过, 所以单相桥式整流电路的变压器效率较高, 在同样的功率容量条件下, 体积可以小一些。单相桥式整流电路的总体性能优于单相半波和全波整流电路, 故广泛应用于直流电源之中。

二、二极管的滤波电路

由半波整流电路到全波整流再到桥式整流电路, 虽输出波形脉动幅度减小了很多, 但输出仍是直流脉动电压, 这种脉动电压中含有较大的交流成分, 因此不能保证电子设备的正常工作, 即使是较小的交流成分在音响设备中也会引起严重的交流噪声、电视机的图像产生扭曲等。因此, 需要进一步减小输出电压的纹波, 使其更加平滑。人们常采用电容、电感等储能元件来完成此功能, 这种电路被称做滤波电路。滤波电路的种类有电容滤波、电感滤波、复式滤波(阻容滤波、感容滤波)等。