



电子技术 及其应用

Technology

孙津平 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电子技术及其应用

主 编 孙津平
副主编 吕红娟 王 宁
参 编 朱 叶 吕 昕
主 审 朱晓红

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以应用为目的,以培养学生的技术应用能力为主线,以强化应用为重点,将模拟电子技术和数字电子技术有机地融合为一体,是技术性和应用性很强的一本通用教材。

本书共分为10章:二极管及其应用、三极管及其应用、场效应管及其应用、晶闸管及其应用、集成运算放大器及其应用、逻辑门及其应用、触发器及其应用、集成定时器及其应用、模/数和数/模转换器及其应用、综合应用。每章配有知识目标、能力目标、目标测试,便于学生明确目标,巩固所学知识。并增加了一些实验项目和综合实训项目,以培养学生的动手能力,提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高等院校电子技术、通信技术、计算机应用、自动控制、工业电气化等相关专业电子技术课程的教材,也可作为自学者及工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子技术及其应用/孙津平主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5640-6549-2

I. ①电… II. ①孙… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 186684 号

出版发行 /北京理工大学出版社

社 址 /北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 /100081

电 话 /(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 /<http://www.bitpress.com.cn>

经 销 /全国各地新华书店

印 刷 /北京兆成印刷有限责任公司

开 本 /787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 /18.5

字 数 /424 千字

版 次 /2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数 /1~1500 册

定 价 /52.00 元

责任编辑 /陈莉华

责任校对 /周瑞红

责任印制 /王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

Foreword 前言

foreword

21 世纪的今天，随着科学技术的迅猛发展，电子产品层出不穷，掌握相关电子技术基础知识也显得至关重要，电子技术的教学也发生较大的变化。为了适应 21 世纪高等学校应用型人才的培养，我们结合电子技术发展的趋势，精心编写了《电子技术及其应用》一书。

“电子技术及其应用”是一门重要的专业基础课，该课程的任务是培养学生具有一定分析电子电路的能力、选择和使用电子元器件的能力、安装和调试电子电路的能力。本书在编写时注意突出以下几点：

(1) 本书将模拟电子技术、数字电子技术及相应的实践内容进行有机的融合，形成一个较完整的体系，为教学的组织和学生的学习提供了方便。

(2) 每章内容以一个电子元器件为基础，以电子元器件的实际应用为目标，基本理论以必需、够用为度，侧重元器件的外部特性、检测方法和实际应用，注重对学生实践应用能力的培养，突出了实践性和实用性。

(3) 随着电子技术的发展，以集成电路为核心的电子应用技术构成了电子电路的技术核心和发展方向。本书以集成器件为重点，淡化其内部电路结构的分析，侧重于从元件的符号、引脚及功能表上把握其使用方法。

(4) 本书在文字叙述上，力求做到将深奥的知识浅显化，抽象的知识形象化，简明而系统，少用烦琐的数学计算和公式推导。

(5) 每章的开始都设有知识目标、技能目标，使学生能在学习前明确目标。每章结束都设有本章小结，对重要的知识点进行归纳比较，并配有目标测试题及答案，便于学生巩固所学知识。

(6) 将理论知识和实践内容融合在一起，在内容上尽量淡化教学设备对实践的影响，注重对学生实际动手能力的培养。

本书由孙津平担任主编，吕红娟、王宁担任副主编。具体分工为：第 4、6、7 章，附录 A 由孙津平编写；第 1、8 章，第 10 章 10.1 节由吕红娟编写；第 2、5 章由王宁编写；第 3 章、附录 B 由朱叶编写；第 9 章、第 10 章 10.2 节、附录 C 由吕昕编写。朱晓红主审，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了大量的资料和书刊，在此谨向这些书刊资料的作者表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有错漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

Contents 目录

Contents

第 1 章 二极管及其应用	1
1.1 二极管的识别	1
1.1.1 二极管的结构	1
1.1.2 二极管的种类	3
1.1.3 二极管的特性	4
1.1.4 二极管的参数	5
1.1.5 二极管的测试	6
1.2 二极管的应用	7
1.2.1 二极管整流电路	7
1.2.2 二极管整流滤波电路及其测试	11
1.2.3 二极管稳压电路及其测试	15
1.2.4 二极管的应用及测试	21
本章小结	22
目标测试	22
第 2 章 三极管及其应用	24
2.1 三极管的识别	24
2.1.1 三极管的结构	24
2.1.2 三极管的种类	25
2.1.3 三极管的特性	26
2.1.4 三极管的参数	28
2.1.5 三极管的测试	29
2.2 三极管的应用	30
2.2.1 基本放大器及其测试	30
2.2.2 射极输出器及其测试	38
2.2.3 多级放大器及其测试	40
2.2.4 功率放大器及其测试	43
2.2.5 TTL 与非门	47
2.2.6 三极管的应用及测试	48
本章小结	50
目标测试	51
第 3 章 场效应管及其应用	58
3.1 场效应管的识别	58

电子技术及其应用

3.1.1 场效应管的种类	58
3.1.2 场效应管的结构	58
3.1.3 场效应管的特性	60
3.1.4 场效应管的参数	64
3.2 场效应管的应用	67
3.2.1 共源极放大电路	67
3.2.2 共漏极放大电路——源极输出器	70
3.2.3 COMS 电路	71
3.2.4 场效应管的使用注意事项	72
本章小结	73
目标测试	73
第4章 晶闸管及其应用	77
4.1 晶闸管的识别	77
4.1.1 晶闸管的结构	77
4.1.2 晶闸管的种类	77
4.1.3 晶闸管的特性	78
4.1.4 晶闸管的参数	81
4.2 晶闸管的应用	82
4.2.1 可控整流电路	82
4.2.2 触发电路	86
4.2.3 保护电路	90
4.2.4 双向晶闸管	91
本章小结	95
目标测试	95
第5章 集成运算放大器及其应用	97
5.1 集成运算放大器识别	97
5.1.1 集成运算放大器的组成	97
5.1.2 集成运算放大器的种类	98
5.1.3 集成运算放大器的特性	98
5.1.4 集成运算放大器的参数	99
5.1.5 集成运算放大器的选择	100
5.2 集成运算放大器的应用	101
5.2.1 负反馈放大器及其测试	101
5.2.2 运算放大器及其测试	107
5.2.3 电压比较器及其测试	114
5.2.4 正弦波振荡器及其测试	118
5.2.5 集成运放的应用及测试	127
本章小结	128
目标测试	129

第 6 章 逻辑门及其应用	135
6.1 逻辑门的识别	135
6.1.1 逻辑门的种类	135
6.1.2 逻辑运算关系	136
6.1.3 TTL 逻辑门	140
6.1.4 CMOS 逻辑门	144
6.2 逻辑门的应用	145
6.2.1 组合逻辑电路分析与设计	145
6.2.2 集成门电路使用注意事项	150
6.2.3 编码器及其测试	153
6.2.4 译码器及其测试	156
6.2.5 选择器与分配器	161
6.2.6 组合电路的竞争与冒险	165
6.2.7 逻辑门的应用及测试	166
本章小结	166
目标测试	167
第 7 章 触发器及其应用	170
7.1 触发器的识别	170
7.1.1 触发器的结构	170
7.1.2 触发器的种类	170
7.1.3 触发器的功能	171
7.2 触发器的应用	176
7.2.1 时序逻辑电路分析	176
7.2.2 计数器及其测试	179
7.2.3 寄存器及其测试	187
7.2.4 计数器的应用及测试	190
7.2.5 存储器及其应用	190
本章小结	195
目标测试	196
第 8 章 集成定时器及其应用	199
8.1 集成定时器的识别	199
8.1.1 集成定时器的种类	199
8.1.2 集成定时器的结构	199
8.1.3 集成定时器的特性	201
8.1.4 集成定时器的参数	201
8.2 集成定时器的应用	202
8.2.1 施密特触发器及其测试	202
8.2.2 单稳态触发器	206

电子技术及其应用

8.2.3 多谐振荡器及其测试	208
8.2.4 集成定时器的应用及测试	211
本章小结	211
目标测试	212
第9章 数/模和模/数转换器及其应用	213
9.1 数/模转换器	213
9.1.1 数/模转换器的结构	213
9.1.2 数/模转换器的分类	213
9.1.3 数/模转换器的技术指标	216
9.1.4 数/模转换器的应用及仿真	216
9.2 模/数转换器	219
9.2.1 模/数转换的原理	219
9.2.2 模/数转换器的分类	221
9.2.3 模/数转换器的技术指标	222
9.2.4 模/数转换器的应用及仿真	223
本章小结	225
目标测试	225
第10章 综合应用	227
10.1 模拟电子技术综合应用	227
10.1.1 半导体收音机电路及工作原理	227
10.1.2 半导体收音机组装	230
10.1.3 半导体收音机检测与调试	232
10.1.4 半导体收音机组装综合报告	234
10.2 数字电子技术综合应用	234
10.2.1 数字时钟的设计要求	234
10.2.2 数字钟的原理框图	234
10.2.3 数字钟功能	235
10.2.4 数字钟组装综合报告	239
本章小结	239
目标测试	239
附录A 数字电子技术基础知识	240
附录B 常用电子技术集成芯片一览表	253
附录C Multisim 2001 仿真电路	264
参考答案	267
参考文献	283

第 1 章

二极管及其应用

知识目标:了解半导体的基本知识,熟悉二极管的分类、特性及用途,理解二极管组成的整流滤波电路工作原理,掌握直流稳压电源的电路组成及分析方法。

能力目标:能够识别、判别二极管的性能及好坏,具备分析、测试直流稳压电源电路的基本理论、基本知识和基本技能。

1.1 二极管的识别

二极管又称晶体二极管(diode),是一种用半导体材料制成的具有单向导电特性的二端元件,在电子电路中广泛用于整流、检波、限幅、稳压等电路。

1.1.1 二极管的结构

1. 二极管的结构及电路符号

半导体二极管是由一个 PN 结加上相应的电极引出线,并用管壳封装而成,结构如图 1.1(a)所示。由 P 型区引出的电极称为阳极(或正极+),N 型区引出的电极称为阴极(或负极-)。二极管在电路中的图形符号如图 1.1(b)所示,文字符号用 VD 表示。常见二极管的外形如图 1.1(c)所示。

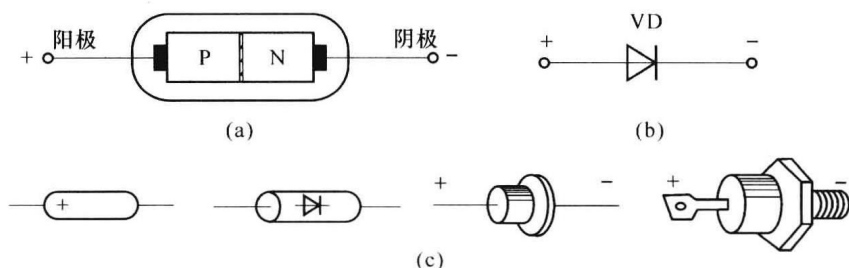


图 1.1 二极管的结构、符号及常见外形

(a) 结构; (b) 符号; (c) 外形

2. 半导体的基本知识

自然界中的各种物质,按导电能力划分为导体、绝缘体、半导体三类,半导体导电能力介于导体和绝缘体之间。在电子器件中,用得最多的半导体材料是硅(Si)和锗(Ge)。半导体具有热敏性、光敏性和掺杂性的特点。

1) 本征半导体

本征半导体是一种纯净的、不含有任何杂质的、具有晶体结构的半导体。纯净的硅和锗都

是四价元素,其最外层原子轨道上具有四个价电子,每个原子的四个价电子不仅受自身原子核的束缚,还与周围相邻的 4 个原子发生联系,形成共价键结构,如图 1.2 所示。

当外界温度升高或受光照时,共价键中的价电子从外界获得一定的能量,少数价电子会挣脱共价键的束缚,成为自由电子,同时在原来共价键的相应位置上留下一个空位,这个空位称为空穴,如图 1.3 所示。本征半导体中的自由电子和空穴总是成对出现,在外加电场的作用下,它们会发生定向运动形成电流,所以都称为载流子。

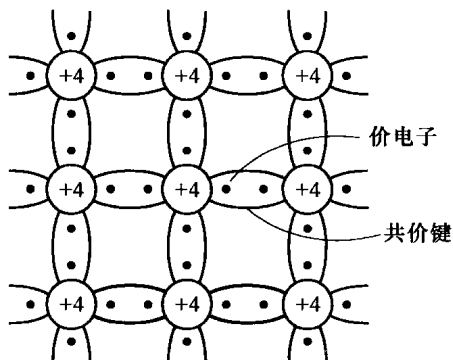


图 1.2 本征半导体共价键结构

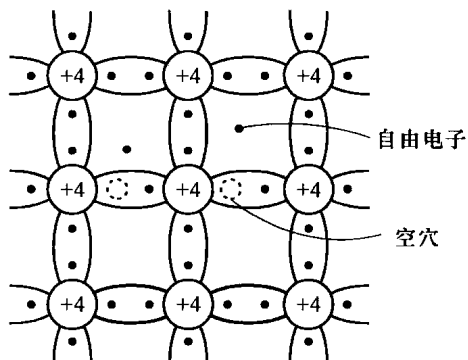


图 1.3 电子空穴对示意图

2) 杂质半导体

在纯净的四价半导体材料(主要是硅和锗)中掺入微量三价(例如硼、铝、镓等)或五价(例如磷、砷、锑等)杂质元素,半导体的导电能力就会发生显著变化,这是由于掺杂后的半导体中,增加了载流子数目。杂质半导体可分为 P 型半导体和 N 型半导体两大类。

(1) P 型半导体。

在纯净的半导体中掺入少量的三价杂质元素就形成 P 型半导体,如图 1.4 所示。P 型半导体的多数载流子(称多子)是空穴,少数载流子(称少子)是电子,空穴为 P 型半导体中形成电流的主要载流子,所以 P 型半导体又称为空穴半导体。

(2) N 型半导体。

在纯净的半导体中掺入少量的五价杂质元素就形成 N 型半导体,如图 1.5 所示。N 型半导体的多数载流子是自由电子,少数载流子是空穴,自由电子为 N 型半导体中形成电流的主要载流子,所以 N 型半导体又称为电子半导体。

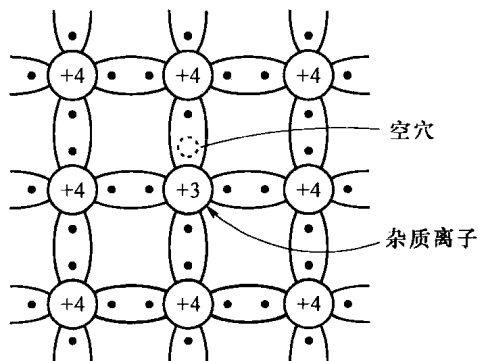


图 1.4 P 型半导体

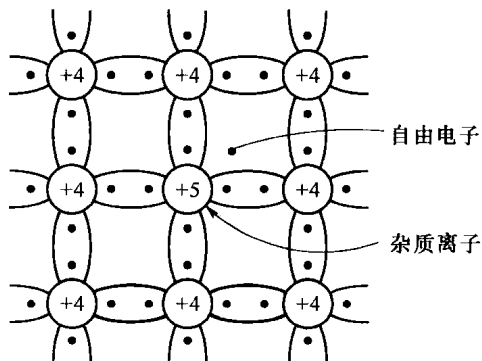


图 1.5 N 型半导体

(3) PN 结。

在一块纯净的半导体基片上,通过特殊的掺杂工艺使其一边形成 P 型半导体,另一边形成 N 型半导体,那么在两种半导体的交接面,会形成一个特殊的阻挡层,称为 PN 结,如图 1.6 所示。

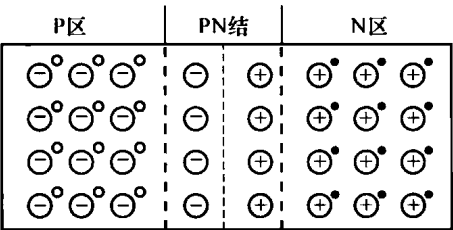


图 1.6 PN 结

1.1.2 二极管的种类

1. 二极管的分类

(1) 按制造材料分:有锗(Ge)二极管、硅(Si)二极管、磷化镓(GaP)二极管和磷砷化镓(GaAsP)二极管等。

(2) 按照封装形式分:有塑料封装(塑封)二极管、玻璃封装(玻封)二极管、金属封装二极管和片状二极管等。

(3) 按照功率分:大功率二极管(5 A 以上)、中功率二极管(1~5 A)和小功率二极管(1 A 以下)。

(4) 按照用途分:有普通二极管、整流二极管、稳压二极管、发光二极管、变容二极管、光敏二极管和激光二极管等。

2. 半导体二极管的命名方法

国内半导体器件的命名由五个部分组成,如图 1.7 所示。其型号组成部分的符号及其意义见表 1.1 所示。

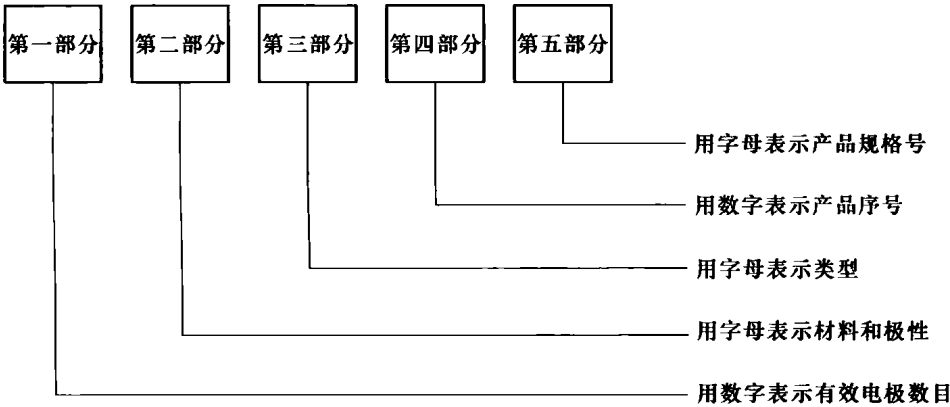


图 1.7 半导体器件的命名

表 1.1 国产半导体器件型号组成部分的符号及意义

第一部分		第二部分		第三部分					
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管	X	低频小功率管	CS	场效应管
		B	P 型锗材料	V	微波管	G	高频小功率管	FH	复合管
		C	N 型硅材料	W	稳压管	D	低频大功率管	PIN	PIN 型
		D	P 型硅材料	C	参量管	A	高频大功率管	JG	激光器件
3	三极管	A	PNP 型锗材料	F	发光管	T	可控整流器	B	雪崩管
		B	NPN 型锗材料	Z	整流管	J	阶跃恢复管	GS	光电子显示器
		C	PNP 型硅材料	L	整流堆	U	光电器件	GF	发光二极管
		D	NPN 型硅材料	S	隧道管	K	开关管	GD	光敏二极管
		E	化合物材料	N	阻尼管	BT	半导体特殊器件	GT	光敏晶体管

例如型号 2AP9 中，“2”表示电极数为 2，即二极管，“A”表示 N 型锗材料，“P”表示普通管，“9”表示序号；3AX51A 代表 PNP 型锗材料低频小功率三极管。

1.1.3 二极管的特性

二极管的基本特性可以用流过它的电流 i_{VD} 与其两端电压 u_{VD} 之间的关系来描述，称伏安特性曲线，如图 1.8 所示，通常可以用如图 1.9 所示的实验电路来测试。

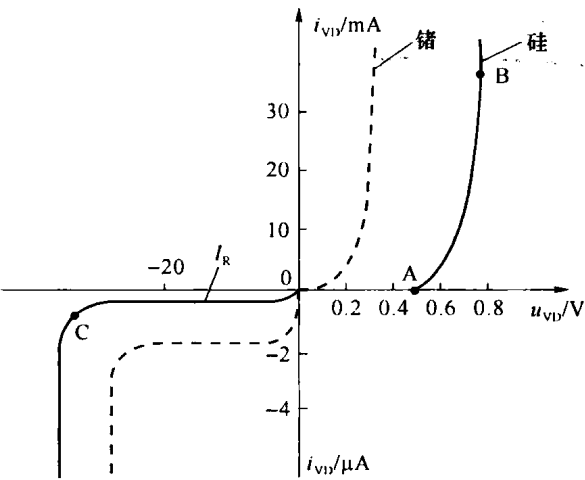


图 1.8 二极管伏安特性曲线

1. 正向特性

二极管正向特性测试电路如图 1.9(a)所示，二极管正极接直流稳压电源正极，即高电位，二极管的负极通过毫安表和限流电阻接直流稳压电源负极，即低电位，此时二极管外加“正向电压”，称为“正向偏置”。测试时，调节直流稳压电源电压，观察电压表读数，使二极管两端的电压从 0 V 开始逐渐增加，逐点测量并记录电压表和毫安表的对应数值，即可绘制出二极管正

向特性曲线,如图 1.8 中 OB 段。

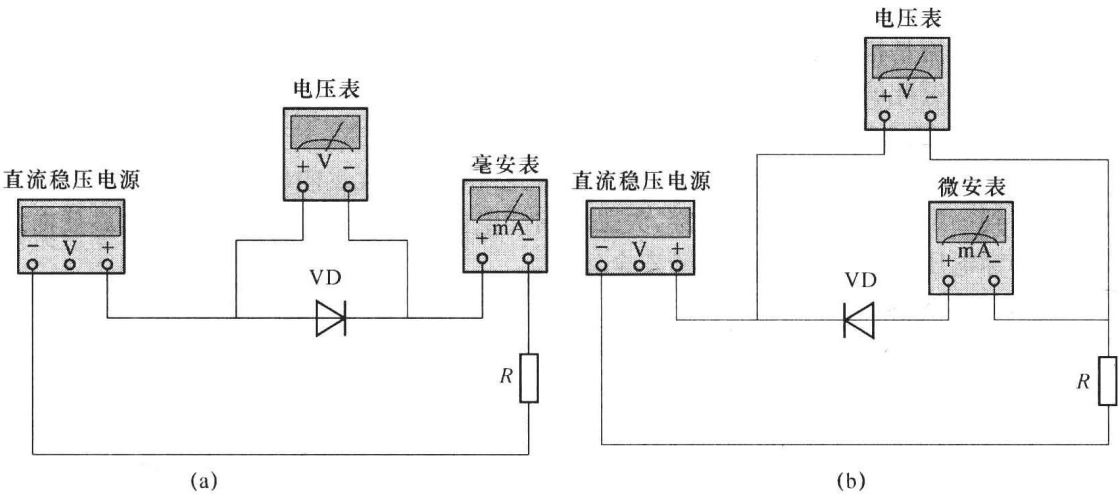


图 1.9 二极管伏安特性测试电路
(a) 正向特性测试; (b) 反向特性测试

二极管正向偏置时,当两端的正向电压很小时,正向电流几乎为零,这一部分称为死区,如图 1.8 中 OA 段,相应的 A 点的电压称为死区电压或阈值电压,常温下硅管死区电压约为 0.5 V,锗管约为 0.1 V。

当正向电压超过死区电压后,二极管开始导通,正向电流随正向电压的增大而急剧增大,管子呈现低阻状态。这时二极管的正向电流在很大的范围内变化,而二极管两端的电压却基本不变,称为二极管的“正向导通压降”(硅管约为 0.7 V,锗管约为 0.3 V),如图 1.8 中 AB 段。

2. 反向特性

二极管反向特性测试电路如图 1.9(b)所示,二极管负极接直流稳压电源的正极,即高电位,二极管的正极通过微安表和限流电阻接直流稳压电源的负极,即低电位,此时二极管外加“反向电压”,称为“反向偏置”。测试时,调节直流稳压电源电压,观察电压表读数,使二极管两端的反向电压从 0 V 开始逐渐增加,逐点测量并记录电压表和微安表的对应数值,即可绘制出二极管反向特性曲线,如图 1.8 中 OC 段。

二极管反向偏置时,在开始很大范围内,只有微弱的反向电流流过二极管,且不随反向电压的变化而变化,该电流称为反向饱和电流,此时二极管处于反向截止状态。

3. 反向击穿特性

二极管反向电压加到一定数值时,反向电流急剧增大,二极管将失去单向导电性,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。各类二极管的反向击穿电压各不相同,通常为几十到几百伏,有的高达数千伏。二极管击穿后,反向电流在很大的范围内变化,而二极管两端的反向电压却基本不变。

4. 温度对特性的影响

二极管的导电性能与温度有关,温度升高时二极管正向特性曲线向左移动,死区电压及正向导通压降都减小;反向特性曲线向下移动,反向饱和电流增大,反向击穿电压减小。

1.1.4 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,以整流二极管 2CZ52 系列为例,其主要参数如下。

1. 最大整流电流 I_F

最大整流电流是指管子长期运行时,允许通过的最大正向平均电流。实际使用中,若二极管的正向电流超过此值,会使管子过热而损坏(硅管为 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,锗管为 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压是指二极管在正常工作时允许加的最大反向电压。加在二极管两端的反向电压高到一定值时,会将管子击穿,失去单向导电能力。一般手册上给出的最高反向工作电压约为击穿电压的一半,以确保管子安全运行。

3. 反向饱和电流 I_R

反向饱和电流是指二极管在规定的温度和最高反向电压作用下,管子未击穿时流过二极管的反向电流。反向电流越小,管子的单向导电性能越好。值得注意的是反向电流对温度很敏感,温度每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,反向电流大约会增大一倍,所以在使用二极管时要注意温度的影响。

4. 最高工作频率 f_M

最高工作频率是指二极管具有单向导电性的最高交流信号频率。使用时如果工作频率超过此值,二极管的单向导电性将会变差。

1.1.5 二极管的测试

1. 普通二极管的测试

1) 普通二极管极性判别

(1) 直观判别。

一般二极管在管壳上都有极性标志,有的画有二极管符号,二极管极性与符号所示极性一致;有的在二极管负极引线端标有色环或色点,如图 1.10 所示。

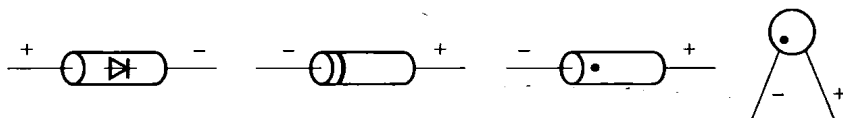


图 1.10 二极管极性标识方法

(2) 用万用表(模拟式)判别。

- ① 将万用表置于“ Ω ”挡,选取 $R \times 100\ \Omega$ 或 $R \times 1\text{ k}\Omega$ 量程。
- ② 将万用表的两个表笔分别接触二极管的两个管脚,测得第一次电阻值。
- ③ 交换万用表的两表笔,测得第二次电阻值。
- ④ 阻值较小的一次,黑表笔接触的是二极管正极,如图 1.11 所示。

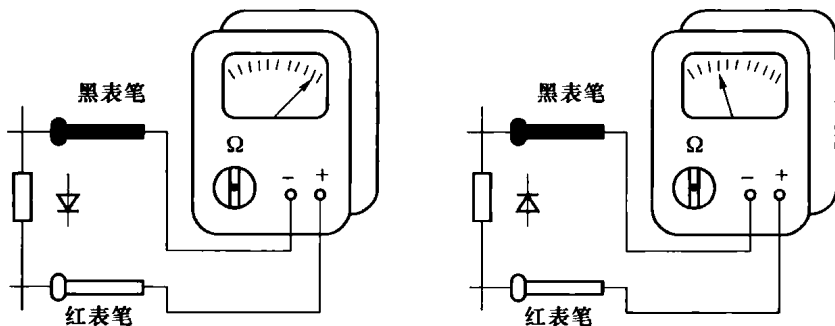


图 1.11 用万用表判别二极管极性

⑤ 阻值相同或相近则为坏管。

2) 普通二极管性能检测

(1) 将万用表置于“ Ω ”挡,选取 $R \times 100 \Omega$ 量程。

(2) 测量小功率锗管正向电阻在 $200 \sim 600 \Omega$,反向电阻大于 $20 \text{ k}\Omega$,即可符合一般使用要求。

(3) 测量小功率硅管正向电阻在 $900 \Omega \sim 2 \text{ k}\Omega$,反向电阻都要求在 $500 \text{ k}\Omega$ 以上,即可符合一般使用要求。正常硅管测其反向电阻应为无穷大。

(4) 二极管正反向电阻相差越大越好,阻值相同或相近都视为坏管。

2. 特殊二极管的测试

1) 稳压二极管测试

稳压管是利用其反向击穿时两端电压基本不变的特性来工作,所以稳压管在电路中是反偏工作的,其极性和好坏的判断同普通二极管一样。

2) 发光二极管测试

用万用表 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡测量发光二极管正向电阻时,有的发光二极管会发出微弱的光,利用这一特性既可以判断发光二极管的好坏,也可以判断其极性。发光时黑表笔所接触的引脚为发光二极管正极。若 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡不能使发光二极管点亮,则只能使用 $R \times 100 \Omega$ 挡正、反向测其阻值,看其是否具有二极管特性,才能判断其好坏。

3) 光敏二极管测试

光敏二极管极性判别时,遮住二极管的透明窗口,其判别方法和普通二极管一样,根据光敏二极管会随着光照度的增加反向电流增加、反向电阻减小的特点检测其质量好坏。

1.2 二极管的应用

二极管的单向导电性使它在电子电路中获得了广泛的应用,如整流电路、检波电路、限幅电路等。

1.2.1 二极管整流电路

1. 单相半波整流电路

1) 电路组成

单相半波整流电路如图 1.12(a)所示,图中 T_r 为电源变压器,其作用是把 220 V 的交流电压变换为整流电路所需要的交流低电压,VD 是整流二极管, R_L 是负载电阻。在变压器初级接上 220 V 、 50 Hz 的交流电压 u_1 时,变压器次级会感生出电压 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ 。

2) 工作原理

当 u_2 为正半周时(即如图 1.12(a)中所示上正下负),整流二极管正向偏置导通,负载上有由上而下电流流过,忽略二极管的导通压降,则 $u_o = u_2$;

当 u_2 为负半周时,整流二极管反向偏置截止,负载上没有电流流过,则 $u_o = 0$;

电路的输入输出电压波形如图 1.12(b)所示。可见在输入电压 u_2 的整个周期内,负载 R_L 上只获得半个周期的电压,所以称半波整流。

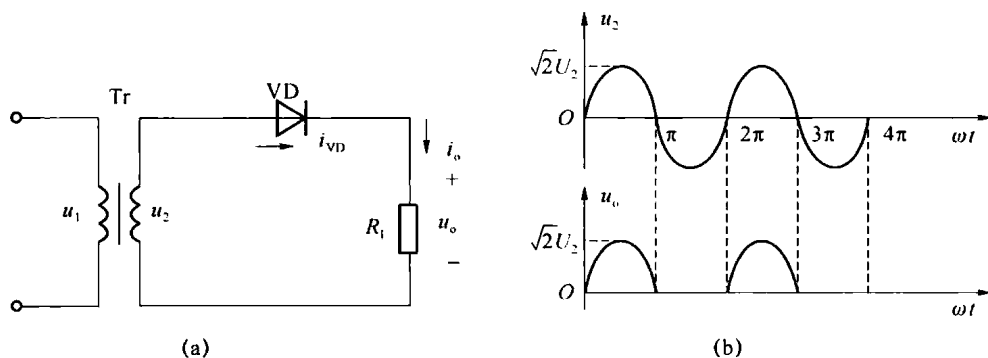


图 1.12 单相半波整流电路及波形图

(a) 电路图; (b) 波形图

3) 负载上的平均电压和电流

负载上得到的直流电压是指一个周期内脉动电压的平均值。即

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) \approx 0.45 U_2 \quad (1-1)$$

负载 R_L 上电流的平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} \approx 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-2)$$

4) 整流二极管参数

在电路中整流二极管与负载串联, 所以流过整流二极管的平均电流与流过负载的电流相等, 即

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

在 u_2 的负半周二极管截止, 它承受的反向电压 U_{RM} 是变压器次级电压的最大值, 即

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

半波整流电路把输入的交流电变成脉动的直流电, 电路结构简单, 使用元件少, 但是负载上得到的只有输入信号的一半, 所以电源利用率不高, 且输出直流电压和电流的脉动较大, 只适用于要求不高的场合, 因而应用较少, 目前广泛应用的是单相桥式整流电路。

2. 单相桥式整流电路

1) 电路组成

桥式整流电路如图 1.13 所示, 由电源变压器、四个二极管及负载电阻组成, 其中四个二极管接成电桥形式。

2) 工作原理

当 u_2 为正半周时, 整流二极管 VD_1 、 VD_3 正向偏置导通, VD_2 、 VD_4 反向偏置截止, 电流回路如图 1.14(a) 所示, 忽略二极管的导通压降, 则 $u_o = u_2$;

当 u_2 为负半周时, 整流二极管 VD_2 、 VD_4 正向偏置导通, VD_1 、 VD_3 反向偏置截止, 电流回路如图 1.14(b) 所示, 忽略二极管的导通压降, 则 $u_o = u_2$ 。

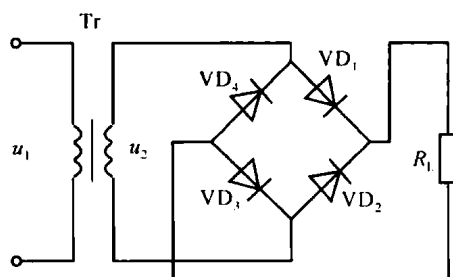


图 1.13 单相桥式整流电路

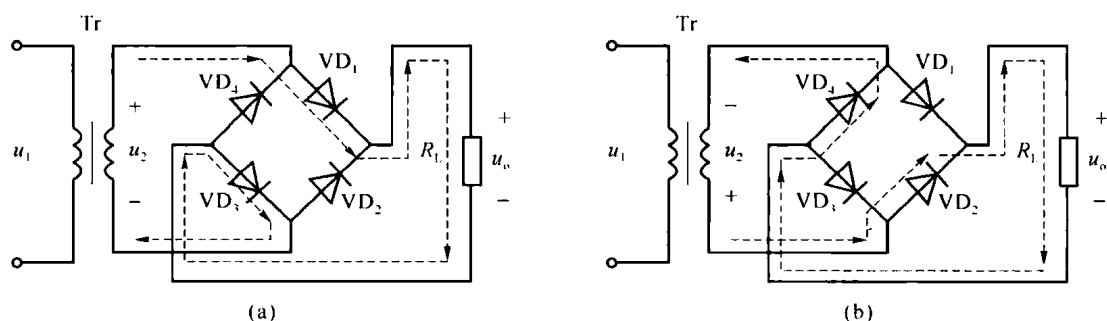


图 1.14 桥式整流工作原理

(a) u_2 正半周电流回路; (b) u_2 负半周电流回路

可见在输入电压 u_2 的整个周期内, 由于四个二极管两两交替导通, 负载 R_L 上始终有方向一致的电流流过, 从而有效地利用了输入电压的负半周, 提高了电源的利用率。电路的输入输出电压波形如图 1.15 所示。

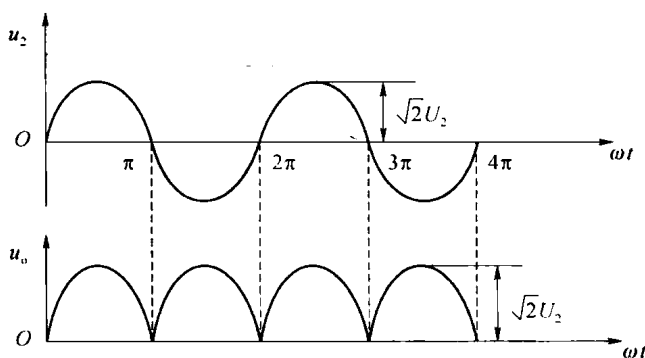


图 1.15 桥式整流电路波形图

3) 负载上的平均电压和电流

由以上分析可知, 桥式整流电路负载电压和电流是半波整流的两倍。即

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

$$I_o \approx 0.9 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-6)$$

4) 整流二极管参数

在桥式整流电路中, 因为四个二极管在电源电压变化一周内是轮流导通的, 所以流过每个二极管的电流都等于负载电流的一半, 即

$$I_{VD} = \frac{1}{2} I_o \approx 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-7)$$

每个二极管在截止时承受的反向峰值电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_2 \quad (1-8)$$

例 1 已知某电路负载电阻 $R_L = 100 \, \Omega$, 负载工作电压 $U_o = 18 \, \text{V}$, 若用桥式整流电路为其供电, 选择合适的二极管及电源变压器, 并搭接电路进行测试。

解 1) 选择合适的整流二极管型号