



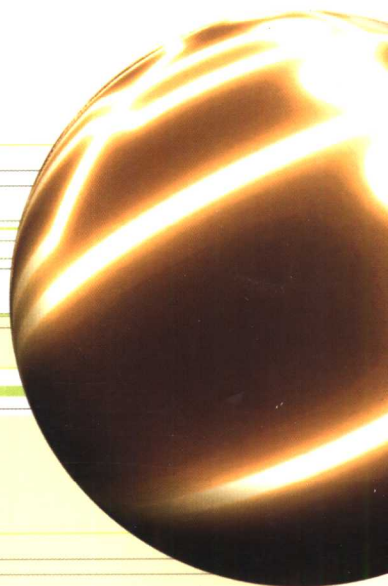
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业



电子 技术基础

(第2版)

周筱龙 潘海燕 主 编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

电子技术基础

(第 2 版)

周筱龙 潘海燕 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材共分5章和两个附录,其中第1、2章为模拟电子技术,主要内容可归纳为3个方面:其一是3种半导体器件(二极管、双极型三极管和运放)的结构、特性和有关参数内涵的介绍;其二是以分立元件实用功放案例为中心,介绍组成案例的各种晶体管单元电路的结构、工作过程和技术参数;其三是以带双电源的函数信号发生器案例为中心,介绍组成案例的各种单元电路,这些单元电路主要包括运放的线性应用电路、非线性应用电路和电源电路。

第3、4章为数字电子技术,主要内容也可分成3个方面:其一是介绍必须的基础知识,包括逻辑代数、门电路及其特性和参数,触发器和波形产生、整形等单元电路;其二是以数字钟案例为中心,介绍组合逻辑电路和时序逻辑电路及其应用;其三是以A/D→SRAM→E²PROM→D/A连用案例为主线,介绍最近被普遍采用的这些大规模集成电路芯片的功能和应用电路。

第5章为既包括模拟电子技术,也包括数字电子技术的两个综合案例:其一是以真实数控机床电机驱动器案例为中心,介绍组成案例的核心器件场效应晶体管(含普通型VMOS管)及其相关的单元电路;其二是以有线通话系统案例为中心,介绍系统组成框图、相关的集成电路和单元电路。

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/周筱龙,潘海燕主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2006.12
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业
ISBN 7-121-03503-0

I. 电… II. ①周…②潘… III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第138984号

责任编辑:贺志洪

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:三河市万和装订厂

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: 20.5 字数: 525千字

印 次:2006年12月第1次印刷

印 数:4000册 定价:28.00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,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

出版说明

2002 年 10 月，电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材，从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月，已经出版了 70 余种。时至今已有 2 年多的教材使用时间，这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求，为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能，2005 年 7 月，我们在杭州组织召开了教材研讨会，针对上述 4 个专业的大部分教材的内容的修订听取了到会老师的意见，明确了修订教材的编写思路和编写原则，确定了修订版教材的编写人员，计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分，这批修订版教材均标明“（第 2 版）”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下：

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度，其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式，而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案，以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足，使其内容更加贴近企业用人的需求，更加有利于学生就业，让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时，我们亦深知：高等职业教育的改革不能一蹴而就，编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力，不断改进创新，为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内，我们结交了全国的许多优秀教师，他们的人品德行、人格魅力、学识水平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅，并且给我们以启迪：学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友，目的只有一个，那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量，在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下：

机电一体化技术，电气自动化技术，数控技术，模具技术，应用电子技术，通信技术。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部
2006 年 3 月

前 言

全书给出了包括案例附录在内的十多种综合性强、可供学生课外制作的实用电路，同时以案例的形式，介绍了 CPLD 器件的应用。

本书以案例为主线，在内容和体系上突显了高职教材的特色，强调了应用性，突出了针对性。是在高职教育经过了几年发展与实践后，对高职高专的办学定位、培养目标、生源的具体水平有了比较深刻认识的情况下，专门为高职高专电气自动化技术、应用电子技术、计算机应用技术、通信技术等专业编写的电子技术基础教材。本书也可作为成人高校的参选教材或作为本科院校电子技术实训的参考书。

本书是在《电子技术基础》第 1 版的基础上，根据电子工业出版社 2005 年 7 月在杭州召开的教材会议上提出的“淡化理论，加强技能，拓展广度，重在应用”的要求，修改、补充、拓展而成的。

第 2 版教材除补充了一些设计举例，拓展了接口电路、VMOS 管等基础知识外，根据“高职教学应以就业为导向，培养生产和管理一线技术性、技能性应用人才”的定位和目标，本教材在修订中，增加了 3 个综合性案例。其中数控机床驱动器案例是编者根据有针对性的教学需要，通过亲自解剖、分析了一台数控机床的控制电路，然后再仿照设计、安装、调试成功后编写的实训指导书，具有实际应用性和当前数控机床控制技术的针对性。对于 PLD 器件，本教材采用了一个经调试成功的，用 CPLD 器件设计制作的数字频率计案例作为该内容的介绍，以突出应用性。

第 2 版由台州职业技术学院周筱龙、潘海燕担任主编，范忠、张丽萍参加了编写，同时，苏天顺、王仁春、蒋友明、陈学军等老师帮助审阅并提出了很多宝贵的意见，在此深表感谢。

限于编者水平，缺点和错误难免，敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 1 月

目 录

上篇 模拟电子技术

绪 论	(1)
第1章 用晶体管放大电路组成的实用功放案例及相关的基础知识	(2)
1.1 半导体二极管	(2)
1.1.1 半导体二极管符号、特性、参数	(2)
1.1.2 二极管单向导电特性应用电路介绍	(4)
1.1.3 如何用万用表判别二极管的好坏和正负极	(6)
1.1.4 特殊二极管符号、名称、功能介绍	(7)
1.1.5 常用二极管型号参数选录	(10)
1.2 双极型半导体三极管	(11)
1.2.1 三极管的结构、材料、极性和符号	(11)
1.2.2 三极管的三个电流及其控制关系	(11)
1.2.3 三极管的特性、3种工作状态、参数和检测	(12)
1.2.4 三极管的3种组态	(16)
1.2.5 基本共射电路的组成及工作过程分析	(17)
1.2.6 三极管放大电路的静态工作点	(18)
1.2.7 放大器性能参数及对放大器性能的影响	(19)
1.2.8 常用三极管单元电路介绍	(21)
1.2.9 多级电压放大器几种耦合方式	(33)
*1.2.10 图解分析法和微变等效电路法介绍	(35)
1.2.11 放大电路的调整和测试	(38)
1.2.12 案例所用三极管型号和主要参数	(40)
1.3 电原理图和印制电路图	(40)
1.3.1 根据电原理图设计印制电路图(板)	(40)
1.3.2 根据印制电路图画电原理图	(45)
1.4 实用功放案例	(47)
1.4.1 案例教学的目的、要求和教学方法	(47)
1.4.2 实用功放的电原理图和印制电路图	(47)
1.4.3 实用功放的安装、焊接与调试	(48)
1.4.4 实用功放电路所用元件名称和型号规格	(50)
1.4.5 案例思考题	(50)
本章小结	(52)
思考题和习题1	(53)
第2章 带电源的简易函数发生器案例及相关的基础知识	(58)
2.1 运算放大电路	(58)

2.1.1	运算放大电路的组成	(58)
2.1.2	理想运放的技术参数	(59)
2.1.3	理想运放在线性应用时“虚断”和“虚短”的概念	(60)
2.1.4	用运放组成的比例运算电路	(61)
2.1.5	积分电路和微分电路	(65)
2.2	放大电路中的负反馈	(67)
2.2.1	基本概念	(67)
2.2.2	负反馈四种基本组态及判断	(70)
2.2.3	负反馈对放大电路的影响	(71)
2.2.4	电压负反馈 A_{uf} 的近似计算及常用电压串联负反馈电路举例	(72)
2.3	波形产生电路	(74)
*2.3.1	正弦波产生电路	(74)
2.3.2	非正弦波产生电路	(77)
2.4	波形变换电路	(83)
2.4.1	三角波变换成占空比可调的方波	(83)
2.4.2	三角波—正弦波转换电路	(84)
2.5	电源电路	(85)
2.5.1	变压、整流和滤波电路	(85)
2.5.2	串联型稳压电源	(89)
2.5.3	线性集成稳压器	(92)
2.5.4	串联型稳压电源的特性和质量标准	(94)
2.6	带电源的简易函数发生器案例	(96)
2.6.1	案例教学的目的、要求和教学方法	(96)
2.6.2	案例电路的原理图和框图	(96)
2.6.3	案例思考题	(98)
本章小结		(99)
思考题和习题 2		(99)

下篇 数字电子技术

绪 论	(106)
第 3 章 用标准集成电路组成的数字钟案例及相关的基础知识	(107)
3.1 逻辑代数基础	(107)
3.1.1 数制和码制	(107)
3.1.2 3 种基本逻辑门及其表示	(110)
3.1.3 由 3 种基本逻辑门导出的其他逻辑门及其表示	(112)
3.1.4 同一逻辑关系的各种表示之间的相互转换	(116)
3.1.5 逻辑代数的基本公式和基本定律	(118)
3.1.6 逻辑函数的卡诺图化简	(119)
3.2 门电路	(126)
3.2.1 以 TTL 与非门为例介绍 TTL 门电路的特性参数	(126)

3.2.2	以 CMOS 非门为例介绍 CMOS 门电路的特性参数	(131)
3.2.3	TTL 门电路和 CMOS 门电路特性参数差异比较	(133)
3.3	触发器	(136)
3.3.1	基本 RS 触发器及应用	(136)
3.3.2	5 种功能同步触发器的逻辑符号、特性方程、真值表、CP 触发方式及表示	(138)
3.4	波形产生、整形和变换电路	(142)
3.4.1	施密特触发器及应用	(142)
3.4.2	多谐振荡器及应用	(145)
3.4.3	单稳态触发器及应用	(148)
3.5	组合逻辑电路	(151)
3.5.1	组合逻辑电路的分析方法	(152)
3.5.2	组合逻辑电路的设计方法及设计组合逻辑电路举例	(153)
3.5.3	常用组合逻辑电路的名称、功能、逻辑图、引脚图介绍	(154)
3.5.4	组合逻辑电路的竞争与冒险及消除方法	(164)
3.5.5	四路数显抢答器电路的分析与设计	(165)
3.6	时序逻辑电路	(168)
3.6.1	用 T' 触发器组成二分频电路和模 2^n 异步计数器	(168)
3.6.2	用 T 触发器组成模 2^n 同步计数器	(170)
3.6.3	常用集成计数器	(172)
3.6.4	高进制计数器变成低进制计数器的方法	(176)
3.6.5	寄存器	(180)
3.7	用标准集成电路组成的数字钟案例	(184)
3.7.1	案例教学的目的、要求和教学方法	(184)
3.7.2	数字钟的组成框图、电原理图	(185)
3.7.3	案例思考题	(189)
	本章小结	(191)
	思考题和习题 3	(192)
第 4 章	用标准集成电路 A/D、RAM、E ² PROM、D/A 组成的录音、存储、放音案例及相关基础知识	(202)
4.1	半导体存储器	(202)
4.1.1	固定只读存储器 (ROM)	(202)
4.1.2	可编程只读存储器 (PROM)	(203)
4.1.3	用紫外线照射擦除的可编程只读存储器 (EPROM)	(204)
4.1.4	用电压信号擦除的可编程只读存储器 (E ² PROM)	(206)
4.1.5	随机存储器 (RAM)	(210)
4.2	数模转换器 (D/A 或 DAC)	(216)
4.2.1	单极性输出 D/A 转换器	(216)
4.2.2	D/A 转换器的双极性输出	(219)
4.2.3	D/A 应用电路举例	(222)
4.3	模数转换器 (A/D 或 ADC)	(223)
4.3.1	采样与保持、量化与编码的概念	(225)

4.3.2	采样保持电路	(226)
4.3.3	用逐次逼近 A/D 的框图说明 A/D 的工作过程和有关参数的物理意义	(227)
4.3.4	ADC574 系列芯片在应用时外部接线举例	(229)
4.4	A/D→RAM→E ² PROM→D/A 连用的案例	(231)
4.4.1	采用本案例教学的目的、要求和教学方法	(232)
4.4.2	各部分连用案例	(232)
*4.5	其他常用接口集成电路介绍	(239)
4.5.1	集成缓冲器	(239)
4.5.2	集成锁存器	(241)
4.5.3	集成移位寄存器	(244)
	本章小结	(247)
	思考题和习题 4	(247)
第 5 章	模拟、数字综合应用案例	(250)
5.1	场效应晶体管	(250)
5.1.1	普通场效应晶体管	(250)
5.1.2	VMOS 场效应晶体管	(253)
5.1.3	数控机床驱动器案例	(257)
5.2	用普通电话机组成内部通话系统案例	(276)
5.2.1	8870 和 5087 集成电路介绍	(276)
5.2.2	通话系统的工作原理	(277)
5.2.3	通话系统各部分具体电路介绍	(278)
	本章小结	(280)
	思考题和习题 5	(280)
附录 A		(282)
A.1	热释电红外探测电路	(282)
A.2	无线电调频接收机	(282)
A.3	红外遥控烘手机电路	(282)
A.4	4 位数字频率计及相关集成电路介绍	(285)
A.5	$3\frac{1}{2}$ 位双积分型数字电压表及相关集成电路	(288)
附录 B	用 CPLD 器件设计数字频率计	(293)
B.1	概述	(293)
B.2	4 位数字频率计原理框图和外围电路	(297)
B.3	CPLD 器件内部电路的设计	(299)
B.3.1	CPLD 器件的顶层设计	(299)
B.3.2	CPLD 器件底层设计	(300)
B.4	文本输入方式	(306)
B.5	完成 4 位数字频率计设计	(311)
	思考题 B	(314)
参考文献		(315)

上篇 模拟电子技术

绪 论

模拟电子技术是介绍以模拟信号为输入信号的相关电路及应用。主要包括：有关半导体器件的特性、功能和技术参数的内涵，以半导体器件为核心的各种模拟单元电路的组成、工作过程分析及应用。

学习模拟电子技术应当熟练掌握相关半导体器件的特性、功能和技术参数的内涵，要记住几十种模拟单元电路的名称、组成和功能，并学会把单元电路组成综合电路的方法。

模拟电子技术是一门实践性很强的技术课程，因此加强实践环节是教好、学好模拟电子技术的关键，要减少单元性、验证性实验，应以案例为实训内容，让学生独立完成一个实用的电子产品从安装到调试成功的全过程，来激发学生的学习兴趣，增强自信心，提高课程教学效果。

第1章 用晶体管放大电路组成的实用功

放案例及相关的基础知识

【内容提要】

本章介绍分立元件电路必须用到的各种半导体二极管和双极型半导体三极管的特性参数的内涵; 介绍由二极管和三极管组成的常用单元电路的名称、组成、特点、功能及工作过程分析; 介绍由各种单元电路组成实用性、综合性电路的案例; 给出电子产品制作过程中的安装、焊接、调试的相关知识和实用技术, 为学生入门实训提供实用性、综合性的内容、方法和技术支撑。

1.1 半导体二极管

半导体二极管是由一个 PN 结封装制成的器件, 二极管按所用材料的不同分硅管和锗管; 按结构分为点接触型、面接触型和平面型 3 类。点接触型二极管因结面积小, 不能通过较大电流, 但结电容小, 适宜在高频下工作, 常用于高频检波、变频, 有时也用做小电流整流, 常用的型号有 2AP1~2AP7; 面接触型因结面积较大, 允许通过较大的电流和具有较大的功率容量, 适用于做整流器件, 而结电容较大, 一般适用于在较低的频率下工作, 常用的型号有 2CP33 等; 平面型二极管采用光刻、扩散的工艺制成, 常用于数字电路。

1.1.1 半导体二极管符号、特性、参数

1.1.1.1 二极管的符号

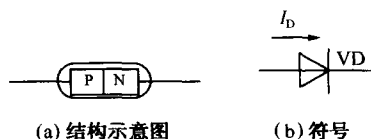


图 1.1 二极管的结构和符号

二极管是由 PN 结加相应的电极和管壳封装制成的, 如图 1.1(a)所示, P 区的引出线称二极管的正极, N 区的引出线称二极管的负极。虽然二极管在材料和制造工艺上各不相同, 但在电路图中均可用图 1.1(b)的电气符号来表示, 图中 I_D 的箭头表示二极管导通时的电流方向。

1.1.1.2 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指二极管两端的电压和流过二极管的电流的关系曲线, 它是二极管应用的理论根据。二极管的伏安特性可用逐点描绘法或用专用的晶体管特性图示仪直接测得。图 1.2 所示为二极管的伏安特性曲线, 现对该曲线进行分段说明。

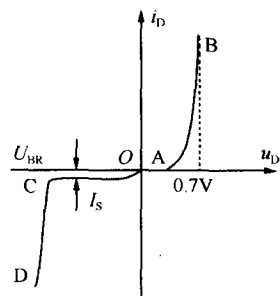


图 1.2 二极管的伏安特性

1. 正向特性

OA 段：常称“死区”，表示由于起始部分正向电压较小，正向电流也非常小，几乎为零，OA 段的电压称死区电压或门槛电压 U_T ，其大小随管子的材料和温度的不同而改变，一般取硅管为 0.5V，锗管为 0.1V。

AB 段：称为正向导通区，表示外加电压越过死区电压后，随着电压增大，正向电流急速增大，二极管正常导通后管子两端的正向压降很小，且几乎不随电流而改变，一般取硅管为 0.7V，锗管为 0.3V。

2. 反向特性

OC 段：称为反向截止区，表示反向电压增加时，反向电流 I_S 很小且几乎不变。小功率硅管 I_S 小于 $1\mu\text{A}$ ，锗管 I_S 为几微安到几十微安，通常都可忽略，但 I_S 受温度影响大，实验证明，温度每升高 10°C 时， I_S 将增大一倍。

CD 段：称为反向击穿区，表示反向电压增大到超过某一值时，反向电流急剧增大，这一现象称为反向击穿。反向击穿时所加的电压叫反向击穿电压，记为 U_{BR} 。反向击穿电流过大会使普通二极管烧坏，称为击穿短路。

1.1.1.3 二极管的主要参数

电子器件的参数是其特性的定量描述，也是实际工作中根据要求选用器件的主要依据。二极管的主要参数有以下几个。

1. 最大整流电流 I_F

它是指二极管长期安全应用时，允许通过管子的最大正向平均电流。 I_F 的数值是由二极管允许的温升所限定的。使用时，管子的平均电流不得超过此值，否则，二极管 PN 结将可能因过热而损坏。

2. 最大反向工作电压 U_R

它是指工作时加在二极管两端的反向电压不得超过此值，为了留有余地，手册上查到的 U_R 通常取反向击穿电压 U_{BR} 的一半。

3. 反向电流 I_S

它是指在室温条件下，二极管两端加上规定的反向电压时，流过管子的反向电流值。 I_S 越小，管子的单向导电性越好。值得注意的是， I_S 受环境温度的影响大，在使用二极管时，要注意温度的影响。

4. 最高工作频率 f_{DM}

它是指二极管在工作时可达到的最高的工作频率。二极管结电容 C_J 对交流电流有旁路作用。例如，用于检波的二极管，其结电容小，则 f_{DM} 较高；而用于整流的二极管，结电容较大， f_{DM} 较低。

5. 直流电阻 R_D 和交流电阻 r_D

(1) 直流电阻 R_D 。它指二极管两端所加的电压 U_D 与流过管子的直流电流 I_D 之比值，用式子表示，即

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} \quad (1.1)$$

二极管两端所加正向电压 U_D 和流过的直流电流 I_D ，在二极管的伏安特性曲线上找到相应的一点 Q ，该点称为静态工作点。在图 1.3(a) 中， R_D 实际上是原点 O 与 Q 点连线的斜率的倒数，从图中可以看出， Q 点位置越高，斜率越大，直流电阻越小，二极管的正向直流电阻随着 I_D 的增大而减小。而由于二极管的反向电流很小，所以反向电阻很大。一般二极管的正向直流电阻约几十欧到几千欧之间，反向直流电阻约为几十千欧到几百千欧。因此，二极管的直流电阻具有非线性的特性，所以在用万用表测二极管正向直流电阻时，不同的欧姆挡测得的正向直流阻值是不同的。

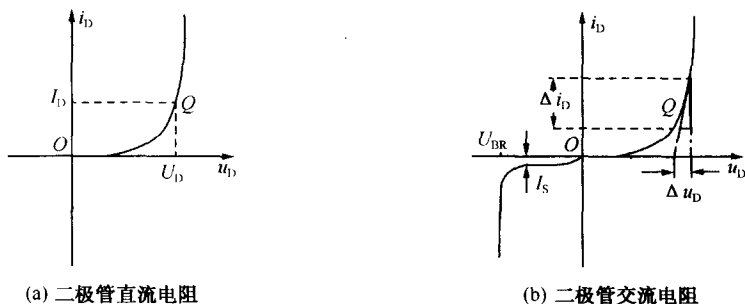


图 1.3 二极管的直流电阻和交流电阻

(2) 交流电阻 r_D 。二极管在工作点 Q 附近的电压微小变化量与相应的电流的微小变化量之比值，用式子表示为：

$$r_D = \frac{\Delta u_D}{\Delta i_D} \quad (1.2)$$

由于正向电压与正向电流不是线性的关系，不同的工作点具有不同的交流电阻。求 Q 点的交流电阻时，先在图 1.3(b) 中通过 Q 点对特性曲线做切线，交流电阻是该切线斜率的倒数。

可以看出，在工作点 Q 处，二极管的直流电阻大而交流电阻小。

1.1.2 二极管单向导电特性应用电路介绍

1.1.2.1 半波整流和桥式整流电路

电子设备所需的直流电源，除少数情况用化学电池外，大部分都是由交流电网经整流、滤波、稳压后得到的。整流，就是通过二极管的单向导电性的作用，把交流电变成直流电的过程，单相整流电路分半波整流电路和桥式整流电路。

1. 半波整流电路

图 1.4(a) 所示为纯电阻负载的半波整流电路，由交流变压器 T ，整流二极管 VD 和负载电阻 R_L 组成。其中 u_1 表示电网电压， u_2 表示变压器次级电压。设 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ ，由于二极

管的单向导电性的作用, 当电源电压为正半周时, 二极管承受正向的电压而导通, 有电流流过负载, 负载上得到一个上正下负的电压; 当忽略二极管上的电压降时, 负载上的电压 u_L 等于电源变压器次级的电压 u_2 ; 当电源电压为负半周时, 二极管承受反向电压而截止, 没有电流流过负载, 此时, 负载上的电压 $u_L=0$ 。整流波形如图 1.4(b)所示。由图 1.4 可以看出, 一个周期内负载上只有半个电压波形输出, 方向是单方向的, 大小却是变化的, 称脉动直流电压, 它的大小常用一个周期内的平均值来表示。

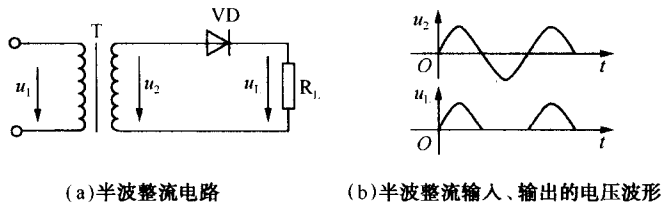


图 1.4 半波整流

2. 桥式整流电路

图 1.5(a)所示为桥式整流电路, 设电源变压器的次级电压 $u_2=\sqrt{2} U_2\sin \omega t$, 4 只二极管接成电桥的形式。当电源为正半周时, VD_1 、 VD_3 承受正向电压而导通, VD_2 、 VD_4 承受反向电压而截止, 导电通路为 $a \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L \rightarrow VD_3 \rightarrow b$, 负载上流过电流 $i_{VD1,3}$; 当电源为负半周时, VD_2 、 VD_4 承受正向电压而导通, VD_1 、 VD_3 承受反向电压而截止, 导通回路为 $b \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L \rightarrow VD_4 \rightarrow a$, 负载上流过电流 $i_{VD2,4}$, 即一个周期内负载上都有电流流过, 且方向一致, u_L 为双半周波形, 如图 1.5(b)所示。

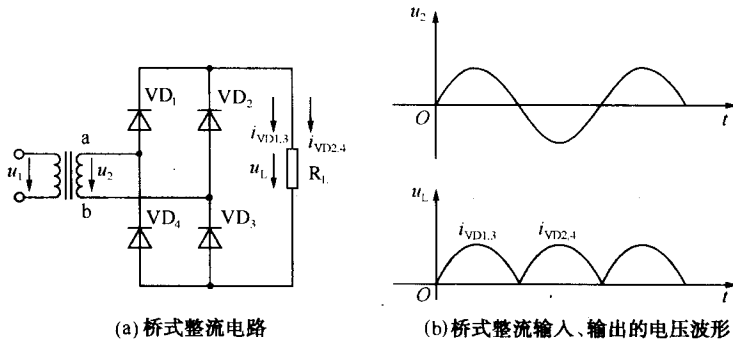


图 1.5 桥式整流

1.1.2.2 二极管限幅电路

二极管限幅电路及输入、输出电压波形如图 1.6(a)和(b)所示。

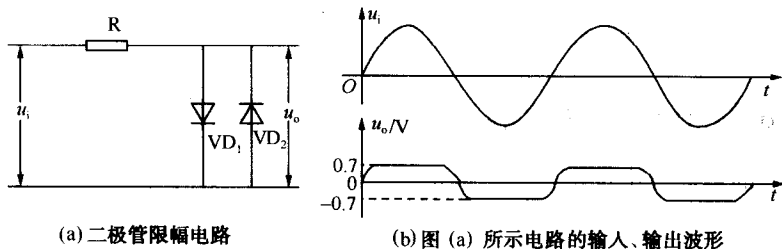


图 1.6 二极管限幅电路

1.1.2.3 二极管钳位电路

二极管钳位电路及输入、输出电压波形如图 1.7(a)和(b)所示。

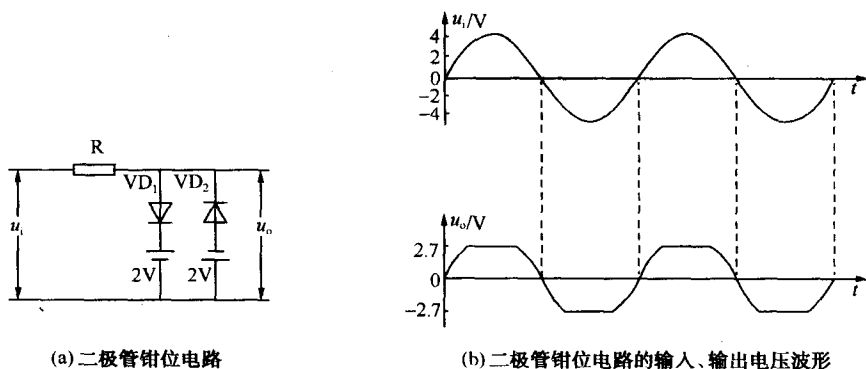


图 1.7 二极管钳位电路

1.1.2.4 利用二极管改变 RC 充、放电时间的电路

(1) 利用二极管减少 RC 电路充电时间常数的电路及输入、输出电压波形如图 1.8(a)和(b)所示。

(2) 利用二极管减少 RC 电路放电时间常数的电路及输入、输出电压波形如图 1.9(a)和(b)所示。

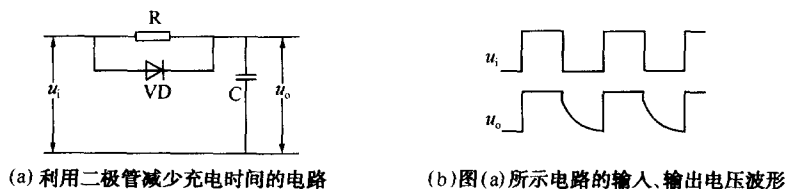


图 1.8 利用二极管减少 RC 充电时间的电路及输入、输出电压波形

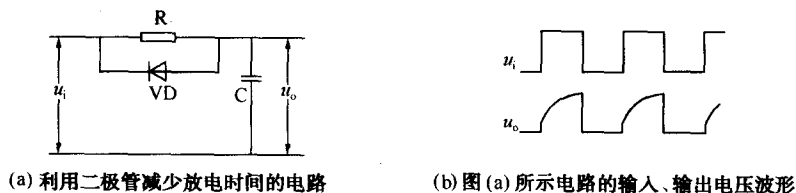


图 1.9 利用二极管减少 RC 放电时间的电路及输入、输出电压波形

1.1.3 如何用万用表判别二极管的好坏和正负极

根据二极管的单向导电性可知，二极管的正向电阻小，反向电阻大。利用这一点，可以用万用表的电阻挡大致测量出二极管的好坏和正负极。

1.1.3.1 判别二极管的极性

用万用表测量二极管的极性时,如图 1.10 所示,把万用表的开关置于 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 挡(注意调零),各测二极管的正、反向电阻一次。若测得阻值小的一次,黑表笔(接内电池的正极)所接的一极为二极管的正极,反之,测得阻值大的一次,红表笔(接内电池负极)所接的一极为二极管的正极。

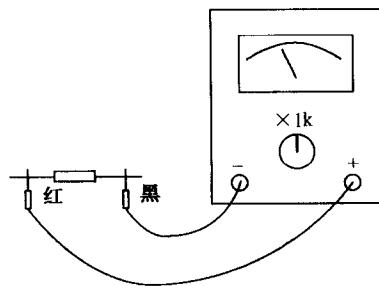


图 1.10 二极管极性的判别

1.1.3.2 判别二极管性能的好坏

在判别二极管的极性时,若测得正、反向的阻值相差越大,表示二极管的单向导电性越好,一般二极管的正向电阻约几千欧,反向电阻约几百千欧。若测得二极管的正、反向电阻阻值相近,表示二极管已坏。若测得二极管正、反向阻值很小或为零,表示管子已被击穿,两电极已短路。若测得正、反向阻值都很大,则表明管子内部已断路,不能再使用。

1.1.4 特殊二极管符号、名称、功能介绍

1.1.4.1 稳压管

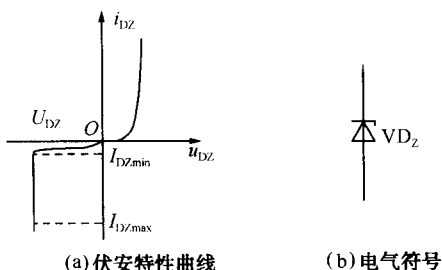


图 1.11 稳压管的伏安特性曲线和电气符号

稳压管是用特殊工艺制成的特殊二极管,它工作于反向击穿区,具有稳压的功能。它的伏安特性曲线和电气符号如图 1.11 所示。

从特性曲线看,稳压管与普通二极管极其相似,只是稳压管的反向击穿特性曲线更陡,当二极管反向击穿后,流过管子的电流在很大的范围内变化时,管子两端的电压基本不变,起到稳压作用。

稳压管的主要参数如下。

1. 稳定电压 U_{DZ}

稳定电压即反向击穿电压。由于制造上的原因,同一型号、同一批管子, U_{DZ} 值并不完全一样,有一定的离散性,而且与温度和工作电流有关,所以不是一个固定值。手册上查到的是一个范围,例如 2CW13 的 U_{DZ} , 其范围为 $5 \sim 6.5V$ 。选用时应以实际测量结果为准。

2. 稳定电流 I_{DZ}

稳压管正常工作时的电流值,其范围在 $I_{DZmin} \sim I_{DZmax}$ 之间。 I_{DZ} 较小时,稳压效果不佳,内阻较大; I_{DZ} 过大时,管子功耗也将增大,超过管子允许值,管子将不够安全。

3. 耗散功率 P_M

管子所允许的最大功耗 $P_M = I_{DZmax} U_{DZ}$ 。管子功耗超过最大允许功耗时,管子将产生热击

穿而损坏。

4. 动态电阻 r_{DZ}

动态电阻是衡量管子稳压性能好坏的重要参数。 $r_{DZ} = \frac{\Delta u_{DZ}}{\Delta i_{DZ}}$ 。 r_{DZ} 越小，反映管子在击穿段曲线越陡峭，电压越稳定；反之， r_{DZ} 越大，管子稳压性能越差。

5. 稳定电压的温度系数 K

温度系数是指稳压管的特性受温度的影响，即温度变化 1°C 所引起的稳定电压的相对变化量， $K = \frac{\Delta U_{DZ}}{U_{DZ}} / \Delta T$ ($\%/^{\circ}\text{C}$)。 $U_{DZ} < 6\text{V}$ 的稳压管为负温度系数， $U_{DZ} > 6\text{V}$ 的稳压管为正温度系数。而稳定电压在 6V 左右的管子，其温度系数最小。在使用中，为提高稳定电压的温度稳定性，常将正温度系数的管子和负温度系数的管子串联使用，使其温度系数得到补偿。

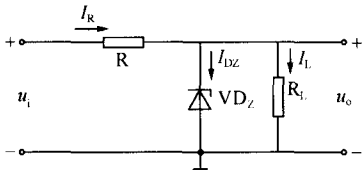


图 1.12 稳压管的应用电路

稳压管的应用电路如图 1.12 所示。

图 1.12 所示为并联型稳压电路，稳压管 VD_Z 与负载 R_L 并联， R 为限流电阻，该电阻使稳压管的电流工作在 $I_{DZmin} \sim I_{DZmax}$ 的范围内，同时起到调整电压的作用。

1.1.4.2 发光二极管

发光二极管的发光机理是电致发光，即通过电场或电流激发固体发光材料并使之发光辐射的现象，是电能直接转换成光能的过程。

发光二极管的符号和伏安特性曲线如图 1.13 所示。伏安特性与普通二极管十分相似，只是开启电压和正向特性的上升速率略有不同。发光二极管的开启电压取决于制作材料，例如 GaAsP 红色 LED 的开启电压约为 1.7V ，而 GaP 绿色 LED 则约为 2.3V 。发光材料不同，波长也不同，发出的光的颜色也不同。表 1.1 列出几种常见的发光二极管的主要参数。

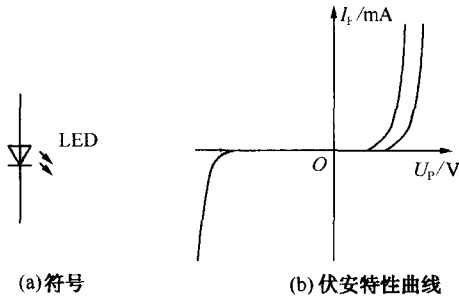


图 1.13 发光二极管