

高职高专机电类
工学结合模式教材

模拟电子技术与实训

王 丽 主 编
刘湘君 副主编

清华大学出版社



高职高专机电类
工学结合模式教材

模拟电子技术与实训

王 丽 主 编

刘湘君 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是省级精品课程“模拟电子技术与实训”的配套教材,是高职高专电子信息类专业主干课程教材。全书的内容主要包括直流稳压电源的制作、对射式红外报警器的制作、实用音频功率放大器的制作、信号发生器的制作四个项目。每个项目中有若干个任务工单,在完成任务工单时,将知识学习及技能训练融入其中,做到了“学、做、练”一体化。

本书可作为高职高专电子信息类专业“模拟电子技术”课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术与实训/王丽主编. —北京:清华大学出版社,2011.6

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-25058-6

I. ①模… II. ①王… III. ①模拟电路—电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 040310 号

责任编辑:朱怀永

责任校对:刘 静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:13.5 字 数:308 千字

版 次:2011 年 6 月第 1 版 印 次:2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00 元



“模拟电子技术与实训”是电子信息类专业的核心主干技术课程,在通过对企业和市场的调研及毕业生反馈的信息分析发现,该课程所涵盖的知识及技能对电子行业岗位要求有非常重要的作用。传统的《模拟电子技术与实训》的教学理论理解难度大,学生学习兴趣不高,感觉枯燥乏味,实践教学与理论知识脱节,不能很好体现高等职业教育目标培养特点及教学特色。为此,《模拟电子技术与实训》课题组教师经过大量的企业调研,学习借鉴国内外先进的教学理念,对该课程做了较大改革。改革后的《模拟电子技术与实训》通过精心设计学习情境,以真实产品项目为载体,以任务驱动为导向,使整个教学兴趣化、感性化、实用化。通过教学使学生明确了电子岗位的能力要求及职业素养,提前感受到岗位环境、电子产品生产工作过程,为今后的就业及职业发展打下良好基础。

本书内容包含了四个主项目,是按学生的认知规律进行编排的,主要有直流稳压电源的制作、对射式红外报警器的制作、实用音频功率放大器的制作、信号发生器的制作。项目的选择遵循真实性、趣味性、可操作性和可拓展性,整体安排按学习规律从简到繁、从易到难、从模仿到创新,按照工作过程,掌握方法、培养能力、学会做事,以提高学生职业能力和综合素质为目标,有效实施教学,实现了教学中理论与实践的一体化,学做的一体化,使学生乐在学中,学中有乐,做中学,学中做,提升了学生的各项能力,使教学与就业近距离化。

为了方便教学,本书配套有教学资源库、电子教案、动画演示文件等资料,广大老师如有需要可登录 www.tup.com.cn 下载。

本书由珠海城市职业技术学院王丽老师主编,刘湘君老师副主编,刘玉洁老师参编。

本书由张中洲副教授仔细审阅并提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

书中错漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2011年3月



项目一 直流稳压电源的制作	1
项目描述	1
项目任务	2
任务一 元器件的检测及二极管的单向导电性观察	2
任务二 二极管特性曲线仿真	5
任务三 直流稳压电源构成认知	7
任务四 桥式整流电路、滤波电路仿真	11
任务五 桥式整流电路、滤波电路的安装与测试	12
任务六 分立元件串联型稳压电路的安装与调试	14
任务七 三端固定稳压器的安装与调试	15
任务八 直流稳压电源的制作与测试	16
项目一练习	19
项目拓展	20
项目二 对射式红外线报警器的制作	32
项目描述	32
项目任务	33
任务一 三极管的判别及特性测量	33
任务二 三极管输入、输出特性曲线仿真	45
任务三 分压式偏置放大电路的测试	46
任务四 分压式偏置放大电路频率特性仿真	56
任务五 射极输出器的测量	57
任务六 多级放大器	60
任务七 场效应管放大电路的测试	65
任务八 负反馈对放大器性能的影响	69
任务九 对射式红外线报警器的制作	73
项目二练习	81
项目拓展	84

项目三 实用音频功率放大器的制作	91
项目描述	91
项目任务	92
任务一 基本运算电路	92
任务二 有源滤波电路	101
任务三 OCL 电路和 OTL 电路的测试	105
任务四 LM386 集成功率放大器的应用	111
任务五 TDA2004 立体声功放的制作与测试	115
项目三练习	121
项目拓展	124
项目四 信号发生器的制作	133
项目描述	133
项目任务	134
任务一 RC 移项振荡电路的测试	134
任务二 正弦波振荡器的测试	143
任务三 信号发生器的制作	144
项目四练习	148
项目拓展	148
附录 A 常用半导体三极管参数表	152
附录 B Multisim 2001 简介	153
附录 C 模拟试题	174
附录 D 部分参考答案	184
参考文献	209

直流稳压电源的制作



项目描述

直流稳压电源作为直流能量的提供者,在各种电子设备中,有着极其重要的地位,它的性能良好与否直接影响着电子产品的精度、稳定性和可靠性。随着电子技术的日益发展,电源技术也得到了很大的发展,它从过去一个简单的电子线路变成今天具有较强功能的单元模块,在人们的生活及工作中发挥着重要的作用。本节通过制作直流稳压电源,培养学生以下能力。

1. 实践操作能力

- (1) 熟练识读、检测元器件的能力;
- (2) 熟练使用常见的工具及仪器仪表的能力;
- (3) 对进行电路的调试和性能测试的能力;
- (4) 能对简单电子产品的故障进行分析及排除;
- (5) 会对电子产品进行包装。

2. 自主学习知识的能力

- (1) 会分析典型、常用的电源电路;
- (2) 掌握电源的制作工艺流程,知道电子产品制造的传统工艺流程;
- (3) 能够进行简单电子产品的设计、分析的一般过程和相关指标的要求。

3. 职业通用能力

- (1) 信息获取能力——利用书籍、电子书库或网络获得相关信息;
- (2) 与人交流、与人合作能力——共同学习、共同探讨、协作做事、共同达到目标;
- (3) 解决问题能力——遇到问题及故障,提出问题、解决问题;
- (4) 自我学习能力——查阅资料、制作过程、项目汇报;
- (5) 语言表达能力——表述与回答问题;

(6) 良好职业行为——做事认真,事实求是。



项目任务

直流稳压电源制作项目分为 8 个任务,每个任务将知识与技能融为一体,且知识与技能的训练由易到难、循序渐进。

任务一 元器件的检测及二极管的单向导电性观察

一、任务工单

(一) 任务描述

通过对二极管及电容的检测,总结二极管及电容的特性;同时会熟练使用万用表,培养同学的观察能力、判断能力及分析能力。

(二) 任务准备

(1) 学生自主阅读本任务“知识链接”的内容,自主学习半导体知识及二极管特性等;上网查阅二极管的结构、作用、类型等内容。

(2) 二极管的检测与识别

① 识别方法:一般整流用二极管的阴极有一色环标记,如图 1.1 所示。

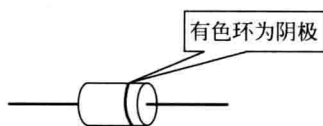


图 1.1 二极管识读

② 检测方法:用万用表的 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 挡测量二极管的正反向电阻,若测量值分别在几千欧姆以下和几百千欧姆以上,说明质量良好。

(3) 教师准备示波器、万用表、电工实验台等。

(三) 任务实施

1. 二极管判别及检测

(1) 二极管好坏的判别

按照表 1.1 测量二极管,判断二极管的好坏。

表 1.1 二极管好坏判断测量表

万用表挡位	二极管型号及测量值		好/坏
$R \times 1k$	IN4007 正向阻值		
	IN4007 反向阻值		
$R \times 100$	IN4007 正向阻值		
	IN4007 反向阻值		

注意事项:调节万用表的 Ω 挡,用不同的量程测量时,注意测量前调零。

评价标准:二极管具有单向导电性,其正向电阻值较小,反向电阻值很大或为 ∞ ,当正、反向的电阻值差值越大时,其性能越好。

(2) 二极管非线性认知

完成表 1.2 所列的测量,比较用万用表不同的挡位测量二极管时电阻有何不同。

表 1.2 二极管正、反向电阻测量

元器件类型	万用表挡位	正向电阻	反向电阻
IN4007	$R \times 1k$		
	$R \times 100$		
1k Ω 电阻	$R \times 1k$		
	$R \times 100$		
结论(比较测量数值)			

评价标准: 二极管为非线性元件,用万用表不同的挡位测量二极管其直流电阻值不同。二极管的伏安特性曲线可以验证此现象。

用万用表不同的挡位测二极管,其值_____,说明其是_____元件。

2. 电容的判别

① 识别方法: 有极性的电容从外观标记识别。

② 检测方法: 用万用表观察有无充放电现象。

3. 二极管的单向导电性观察

按图 1.2 所示连接电路,观察小灯泡的亮灭情况。

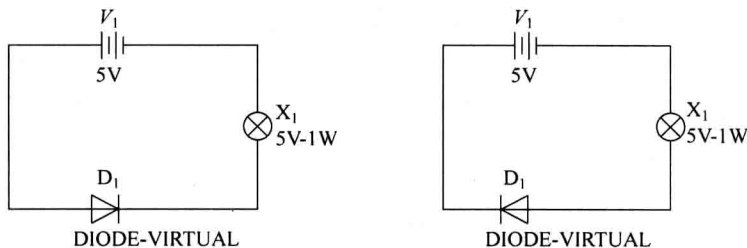


图 1.2 二极管的单向导电性观察

当二极管的正极连接电源的_____极时灯泡发光。

当二极管的正极连接电源的_____极时灯泡不发光。

该现象说明二极管具有_____特性。

(四) 任务考核

(1) 怎样用万用表检测二极管、电容?

(2) 二极管的导电特性是什么?

二、知识链接

(一) 半导体基本知识

1. 半导体

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间,也就是指电阻率在 $10^{-5} \sim 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ 范围变化的物质,硅(Si)、锗(Ge)是最常见的用于制造各种半导体器件的半导体材料。

2. 掺杂半导体

掺杂半导体就是在本征半导体中掺入某种微量元素(杂质)后所形成的半导体。它可分为以下两种。

① P 型半导体: 在本征半导体中掺入微量三价元素(如硼元素)后所形成的半导体。

② N 型半导体: 在本征半导体中掺入微量五价元素(如磷元素)后所形成的半导体。

3. PN 结

通过一定的生产工艺把 P 型半导体和 N 型半导体结合在一起,在它们的交界处形成一个特殊的薄层,这个特殊的薄层就是 PN 结。PN 结具有单向导电性。

(二) 电路基本元器件

1. 普通晶体二极管

(1) 二极管的结构与电路符号

二极管的内部结构图如图 1.3(a)所示,采用掺杂工艺,使硅和锗晶体的一边形成 P 型半导体区域;另一边形成 N 型半导体区域,在 P 型与 N 型半导体的交界面会形成一个具有特殊电性能的薄层,称为 PN 结。从 P 区引出的电极为正极,从 N 区引出的电极为负极。二极管通常用塑料、玻璃或金属材料作为封装外壳,外壳上印有标记以区分正负极。

图 1.3(b)所示为二极管的电路符号及文字符号,箭头所指方向为电流方向。

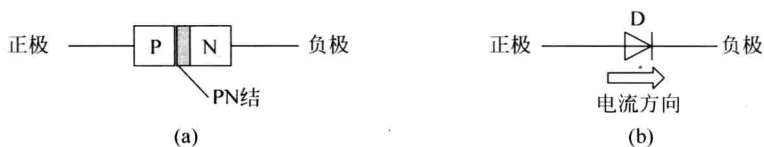


图 1.3 二极管的结构与电路符号

(2) 观察二极管的导电特性

二极管的单向导电性实验电路如图 1.4 所示。

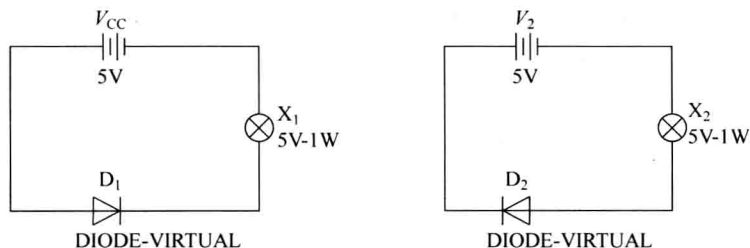


图 1.4 二极管的单向导电性实验

2. 二极管的导电特性

普通晶体二极管最显著的特点是单向导电性,在外加于二极管两端的电压 u_D 的作用下,二极管电流 i_D 的变化规律如图 1.5 所示,它称为二极管的伏安特性曲线。

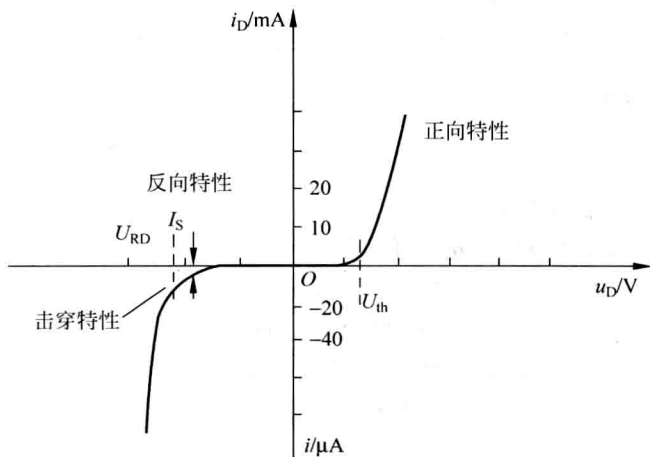


图 1.5 硅二极管特性曲线

当外加正向电压小于 U_{th} 时,外电场不足以克服 PN 结的内电场对多子扩散运动造成的阻力,正向电流几乎为零,只有当外加电压大于 U_{th} 时,二极管开始导通,因此称 U_{th} 为门槛电压或死区电压。一般硅管的死区电压为 $0.5 \sim 0.7V$,锗管的死区电压为 $0.2 \sim 0.3V$ 。当二极管加正向偏压且电压值超过 U_{th} 时,二极管正向电流随外加电压增加而显著增大,并且按指数规律上升,工程上定义这一电压为导通电压,一般硅管取 $0.7V$,锗管取 $0.2V$ 。

当二极管两端加反向电压时,反向电流很小,且与反向电压大小无关,约等于 I_S 。在室温下,小功率硅管的反向饱和电流 I_S 小于 $0.1\mu A$,锗管为几十微安。

当加于二极管两端的反向电压增大到 U_{RD} 时,二极管内 PN 结被击穿,二极管的反向电流将随反向电压的微小增加而急剧增大,如图 1.5 所示。此现象称为反向击穿, U_{RD} 称为反向击穿电压。

综上所述,二极管具有正向偏压导通、反向偏压截止的导电特性,即单向导电性。该特性是二极管最重要的特性。

任务二 二极管特性曲线仿真

一、任务描述

在教师的指导下,通过学习和训练,会使用 Multisim 2001(或相关软件)进行电路的测试及分析,能够独立完成测试报告。

二、任务准备

- (1) Multisim 2001 是进行_____的软件。它的优点是_____；缺点是_____。
- (2) 每人一台计算机,并安装 Multisim 2001(或相关软件)。

三、任务实施

1. 连接电路

按图 1.6 完成电路的连接。

2. 在 Multisim 2001 环境下进行仿真

图 1.6 中的 R_1 为取样电阻,当输入电压变化时,电阻上的电压的变化完全可以反映二极管的电流随其外加电压变化而变化的特性,即伏安特性。在图 1.6 中对节点 1 进行直流扫描,可间接得到二极管的伏安特性。

仿真后二极管伏安特性曲线如图 1.7 所示。

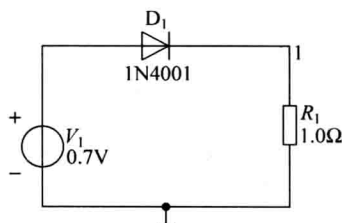


图 1.6 二极管特性曲线测试图

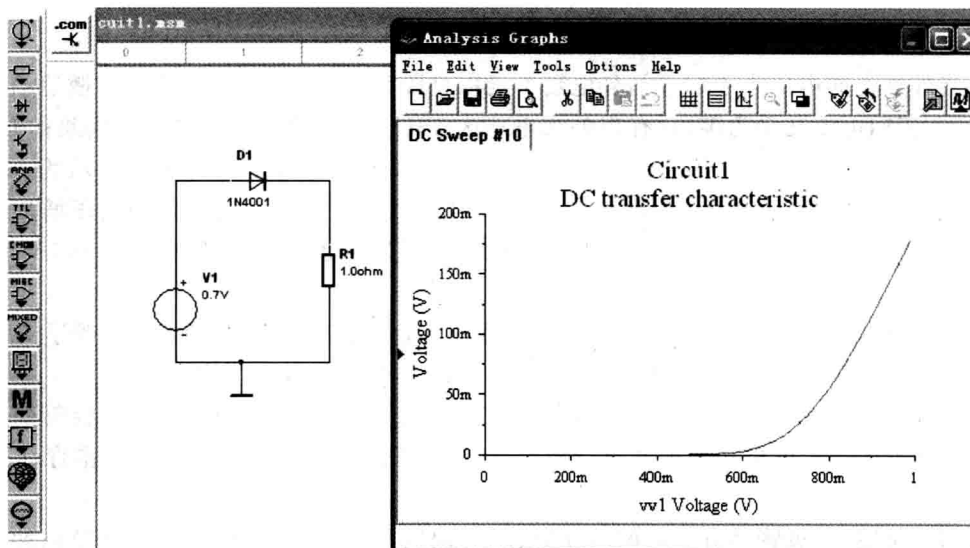


图 1.7 二极管伏安特性曲线图

Multisim 2001 的介绍参见附录 B。

四、任务考核

- (1) 伏安特性是指_____。
- (2) 分析二极管的伏安特性曲线,得知它的特点为:
- ① _____;
- ② _____。

任务三 直流稳压电源构成认知

一、任务工单

(一) 任务描述

在教师的指导下,通过学习和训练,掌握直流稳压电源的构成及各部分的作用;学会自主学习,培养自主学习的方法和能力。

(二) 任务准备

学生自主学习直流稳压电源的组成、各组成部分的结构及作用知识。

(三) 任务实施

1. 学生完成部分

(1) 同学们举出生活中所认识(或你所遇到)的电源,如____、____、____、____等。其中,____属于交流电源;____属于直流电源。

(2) 如何将交流电转化为直流电呢?

(3) 交流电转化为直流的过程,填写图 1.8 所示方框图。

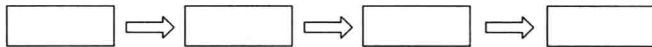


图 1.8 直流稳压电源组成方框图

2. 教师完成部分(指导或讲解)

(1) 变压:将高压交流电转变为所需大小交流电。

(2) 整流:将单相交流电转换为脉动直流电。

(3) 滤波:将脉动直流电转换平滑直流电。

(4) 稳压:将平滑直流电转换为稳恒直流电。

3. 整流与稳压器件的识别

认知电工实验台中桥堆及三端集成稳压器。

(1) 整流桥堆是指____,内部由____二极管组成,其桥的两极接____,另两极接____。

(2) 稳压器分为____和____等。

评价标准:学生能够举出生活中一种或两种直流电源的例子;能够说明直流电与交流电的主要区别;其余任务的完成在教师的启发和指导下完成。

(四) 任务考核

(1) 直流稳压电源由几部分组成?

(2) 组成直流稳压电源的各部分的作用是什么?

二、知识链接

(一) 电路基本元器件

1. 整流桥堆

将单相桥式整流电路的 4 只二极管制作在一起,封成一个器件称为整流桥。常用的整流组合元件有半桥堆和全桥堆。半桥堆的内部是由两个二极管组成,而全桥堆的内部是由四个二极管组成,如图 1.9 所示。

2. 三端稳压器

(1) 三端固定输出集成稳压器

三端固定输出集成稳压器通用产品有 CW7800 系列(正电压输出)、CW7900 系列(负电压输出)。三端固定稳压器示意图如图 1.10 所示输出电压由具体型号中的后两个数字代表,有 5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V 等挡次。

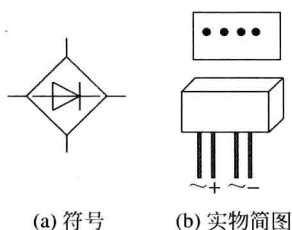


图 1.9 整流桥堆符号及实物图

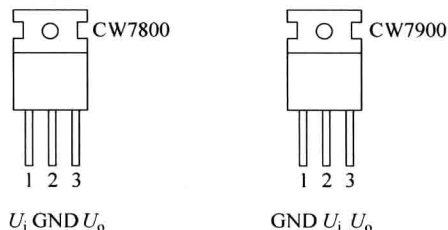


图 1.10 三端固定稳压器示意图

(2) 三端可调输出集成稳压器

三端可调输出集成稳压器是在三端固定输出集成稳压器的基础上发展起来的,集成片的输入电流几乎全部流到输出端,流到公共端的电流非常小,因此可以用少量的外部元件方便地组成精密可调的稳压电路,应用更为灵活。典型产品中,CW117、CW217、CW317 系列为正电压输出;CW137、CW237、CW337 系列为负压输出。

(3) 集成稳压器的型号和管脚排列

① 三端固定输出集成稳压器的型号

三端固定输出集成稳压器的型号由 5 部分组成,其含义如图 1.11 所示。

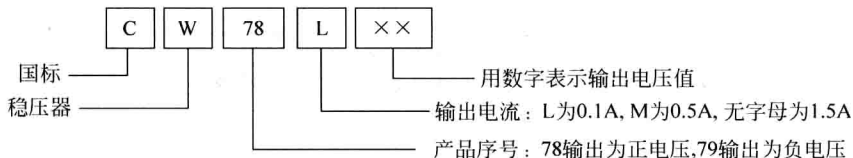


图 1.11 三端固定输出集成稳压器的型号及含义

② 三端可调输出集成稳压器的型号

三端可调输出集成稳压器的型号由 5 部分组成,其含义如图 1.12 所示。

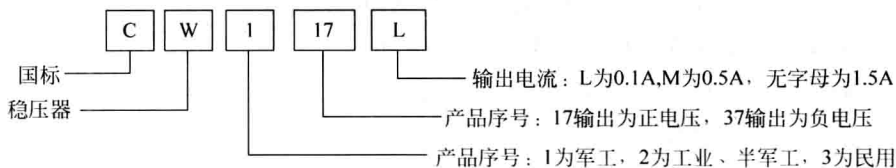


图 1.12 三端可调输出集成稳压器的型号及含义

③ 集成稳压器的型号和管脚排列

三端固定输出集成稳压器的管脚排列如图 1.10 所示。

三端可调输出集成稳压器的管脚排列如图 1.13 所示。

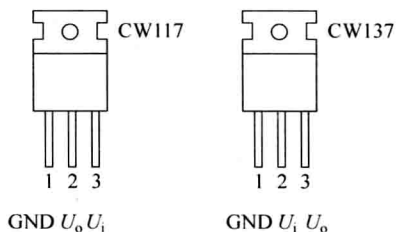


图 1.13 三端可调输出集成稳压器的管脚排列图

(二) 直流稳压电路构成及工作原理

许多电子设备需要直流电源供电,不可能所有的设备都能用干电池、蓄电池供电,这就需要将交流电转换为稳定的直流电。

1. 稳压电源结构图

稳压电源结构及各部分的输出波形如图 1.14 所示,稳压电源电路实例如图 1.15 所示。

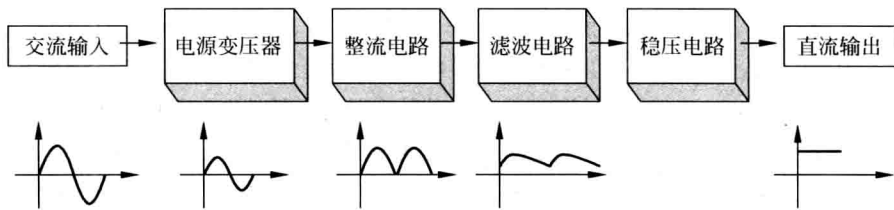


图 1.14 稳压电源结构方框图

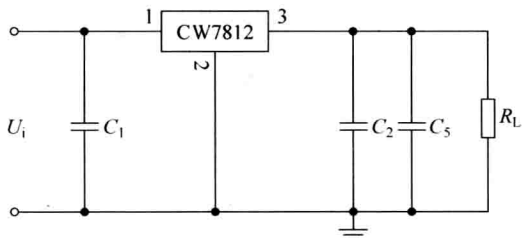


图 1.15 CW7800 基本应用电路

2. 电路原理

(1) 整流电路

① 整流电路的作用：将单相交流电转换为脉动直流电。

② 单相桥式整流电路的基本结构如图 1.16 所示。

③ 工作原理。当 u_2 正半周时, D_1 、 D_3 导通, D_2 、 D_4 截止; 当 u_2 负半周时, D_2 、 D_4 导通, D_1 、 D_3 截止。其整流波形如图 1.17 所示。

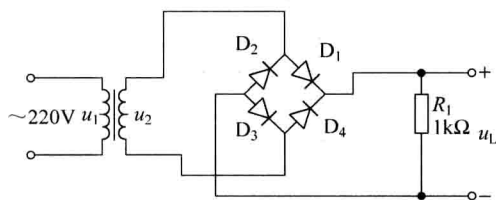


图 1.16 单相桥式整流

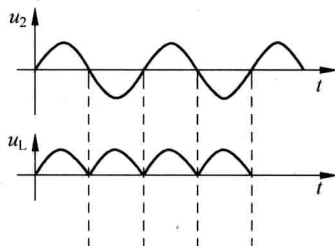


图 1.17 整流波形

④ 整流电路的主要参数。

输出电压平均值: $U_L = 0.9u_2$;

输出电流平均值: $I_L = U_L / R_L = 0.9u_2 / R_L$;

流过二极管的平均电流: $I_D = I_L / 2$;

二极管承受的最大反向电压: $U_{RM} = \sqrt{2}U_2$ 。

(2) 滤波电路

① 滤波电路作用：将脉动直流电转换为平滑直流电。

② 电容滤波电路如图 1.18 所示, 其工作原理是: 当 u_2 为正半周时, D_1 、 D_3 导通, 电容 C_1 被充电, 电流经过 D_1 、 D_3 向负载电阻供电, 方向从上至下。若忽略二极管的正向压降, 则 $u_o = u_c \approx u_2$, 当 u_2 达到最大值时, u_c 达到最大值, 如图 1.19 中的 A 点。当 u_2 开始下降时, 此时 $u_c > u_2$, D_1 、 D_3 截止, 电容 C 向负载电阻放电, 当 u_c 下降到 $u_c < u_2$ 时, D_2 、 D_4 导通, 电容 C_1 再次被充电, 输出电压增大, 以后重复该过程, 其输出波形如图 1.19 所示。

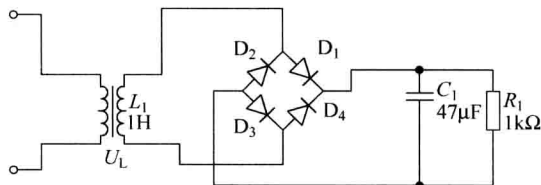


图 1.18 电容滤波电路

③ 电容滤波特点：整流电路加入电容滤波电路后, 波动性减小, 平均电压上升。输出直流电压 $U_o = \sqrt{2}U_2$ 。

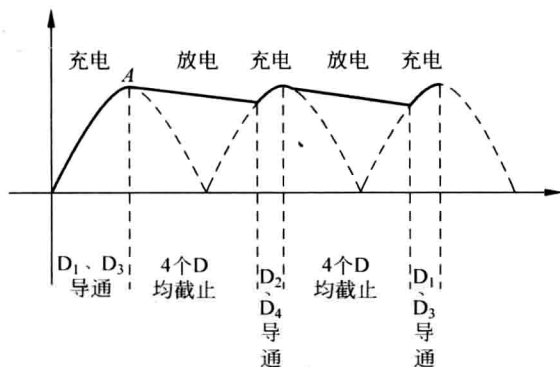


图 1.19 电容滤波输出波形

④ 其他滤波电路：除电容滤波外，还有电感滤波、电容电感滤波等电路。

(3) 稳压电路

① 稳压电路的作用：将平滑直流电转换为稳恒直流电，稳压电路波形如图 1.20 所示。



图 1.20 稳压电路波形

② 稳压电路：稳压电路主要是利用稳压二极管或集成稳压器进行稳压。

任务四 桥式整流电路、滤波电路仿真

一、任务描述

通过整流滤波电路仿真，能够熟练使用 Multisim 2001(或相关软件)进行电路的测试及分析，能够独立完成测试报告。

二、任务准备

计算机、Multisim 2001 软件(或相关软件)。

三、任务实施

在 Multisim 2001 环境下进行仿真。

图 1.21 中示波器双踪显示，对比输入波形与输出波形的差异。