

广东省“十四五”职业教育规划教材

广东省教育厅推荐教材
高职招生考试指定用书
中等职业学校教学用书

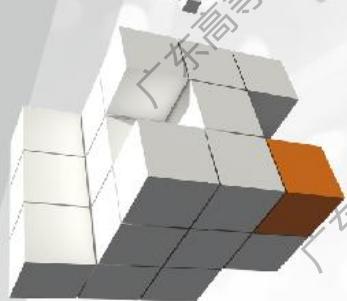
电子技术基础

(项目式教学)

上册

总主编 伍湘彬
副总主编 聂辉海

本书主编 林红华
编写人员 林红华 李昆
王杜明



 广东高等教育出版社
Guangdong Higher Education Press

·广州·

电子技术基础

项目式教学（上册）

广东高等教育出版社

·广州·

内 容 简 介

《电子技术基础（项目式教学）（上册）》是模拟电路部分，内容主要有：电源电路、交流放大电路、集成运算放大电路、音频功率放大电路、谐振电路与正弦波振荡电路。

书中以扩音机作为主线，分为5个项目，每个项目都设计一个与扩音机有关的电路，完成前4个项目后可以把4个单元电路搭建成一台扩音机整机。同时还选用了调光台灯、助听器、无线话筒和波形信号发生器4种电子产品电路作为载体，通过安装和调试整机电路，帮助学生学习电路知识。各项总结采用框图方式归纳勾画出知识脉络。

本书适合中等职业学校电子技术应用和电子信息技术专业学生使用，也适合参加升学专业知识考试、参加各类电子技能竞赛的学生使用。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术基础：项目式教学. 上册/林红华主编. —广州：广东高等教育出版社，2015.11（2022.7重印）

ISBN 978-7-5361-5337-0

I. ①电… II. ①林… III. ①电子技术 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 105279 号

出版发行	广东高等教育出版社 地址：广州市天河区林和西横路 邮政编码：510500 电话：(020) 85250745 http://www.gdgjs.com.cn
印 刷	广东海沣印刷有限公司
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	13.5
字 数	315 千
版 次	2015 年 11 月第 1 版
印 次	2022 年 7 月第 9 次印刷
定 价	28.00 元

常用符号说明

一、电压放大倍数和增益

A_u 电压放大倍数
 A_{uf} 闭环电压放大倍数

A_d 差模放大倍数
 A_e 共模放大倍数

二、电流和电压

i_i 输入电流
 i_o 输出电流
 i_L 负载电流
 i_n 净输入电流
 I_L 负载上的直流电流
 I_f 直流反馈电流

三、电阻

R_s 信号源内阻
 R_L 负载电阻
 r_i 输入电阻

四、功率

P_o 输出功率
 P_{om} 最大输出功率

五、频率

f_{bw} 通频带 (带宽)
 f_H 上限截止频率
 f_L 下限截止频率

六、三极管

b 基极
c 集电极
e 发射极
 I_B 基极直流 (静态电流)
 i_b 基极交流 (正弦) 瞬时值
 I_b 基极交流 (正弦) 有效值

A_{Um} 中频电压放大倍数
 G_u 电压增益
 G_I 电流增益
 G_P 功率增益

i_f 交流反馈电流
 u_i 输入交流电压
 u_n 净输入电压
 u_f 交流反馈电压
 I_o 输出电流有效值
 U_o 输出电压有效值

r_o 输出电阻
 R_p 电位器

P_c 集电极耗散功率
 P_E 电源供给功率

f_{Lf}, f_{Hf} 反馈放大电路的下限、上限截止频率
 f_p 石英晶体并联谐振频率
 f_s 石英晶体串联谐振频率

u_B 基极电压瞬时值
 u_C 集电极电压瞬时值
 u_E 发射极电压瞬时值
 u_e 发射极电压交流分量
 u_b 基极电压交流分量
 u_c 集电极电压交流分量

I_{bm}	基极交流 (正弦) 的最大值	R_b	基极偏置电阻
i_e	集电极电流	R_e	发射极电阻
i_e	发射极电流	R_c	集电极电阻
V_B	基极电位	r_{be}	共射接法下 b ~ e 间的微变等效电阻
V_C	集电极电位	r_{ce}	共射接法下 c ~ e 间的微变等效电阻
V_E	发射极电位	f_T	三极管的特征频率
U_{BE}	基极—发射极直流电压	f_β	三极管的截止频率
U_{CE}	集电极—发射极直流电压	C_b	基极旁路电容
U_{BQ}	静态基极电压	C_e	发射极旁路电容
U_{CQ}	静态集电极电压	U_{EQ}	静态发射极电压
七、场效应管			
D	漏极	U_{GS}	栅极电压
G	栅极	$U_{GS(off)}$	耗尽型管的夹断电压
S	源极	$U_{GS(on)}$	增强型管的开启电压
I_D	漏极电流	R_d	漏极电阻
I_{DSS}	漏极饱和电流	g_m	跨导
八、可控硅			
A	阳极	I_H	维持电流
K	阴极	θ	导通角
G	控制极	α	控制角
I_C	控制极触发电流	Q	品质因数, 静态工作点
九、其他符号			
VT	三极管	n	变压器的匝数比
VD	二极管	τ	时间常数
VZ	稳压管	η	效率
E	直流电源	φ	相位角
E_2	交流电压的有效值	F	反馈系数
C	电容	M	互感系数
L	电感		

前言

本书是依据教育部2009年5月颁发的中等职业学校电子技术基础与技能教学大纲，以“做中学、学中做”的理念贯穿整本教材，突出实训操作部分编写。

整本书以扩音机作为主线，分为5个项目，每个项目都设计一个与扩音机有关的电路，完成前4个项目后可以把4个单元电路搭建成一台扩音机整机。同时还选用了调光台灯、助听器、无线话筒和波形信号发生器4种电子产品电路作为载体，通过安装和调试整机电路，帮助学生学习电路知识，注重培养学生的实际应用和实际操作能力，为学生职业生涯可持续发展奠定坚实的基础。

本书具有以下特点：

1. 本书以“工作任务”为主线设计教材内容，将知识分解成若干项目，再将项目分解成若干任务，按完成工作任务的需要确定教材内容。本书合理引入教学项目，通过提出目标、项目描述、实施、总结、评价等教学过程，使学习过程贴近生产生活实际，具有实践性。教材的体系构建和内容的设置突出了理实一体化的特点，教材体系完整，为教和学提供有力的支持。

2. 各项目引入学生感兴趣的电子产品，提供元件让学生制作，具有一定的趣味性，寓知识于趣味制作中，体现“做中学、学中做”的职业教育特色。通过学、做互动，使学生感受知识在实际生活、生产中的应用，增强学生学习的信心。

3. 各项目配有各种类型练习题，符合专业基础课学习的特点。

教学建议：

1. 每个项目的任务采用万能板焊接电路，在实际教学中，使用者可结合学校的教学设备，采用仿真软件演示，也可以使用原有的实验板演示，有条件的可以选择一些典型电路用万能板装配电路，让学生先做再学，实现做中学的目的。

2. 在每个任务中实际制作的电路不涉及装配工艺及仪器使用，而是通过电路的测试效果承载本项目的知识点，也就是把要掌握的知识点通过实际电路效果呈现出来，引出知识点的学习。

3. 本书打“*”部分为选学内容，可以根据各专业或专业的专门化方向需要取舍。

本书不仅是学生参加升学专业知识考试、参加各类电子技能竞赛的参考教材，同时也是广东省考试院“3+证书”电子类考试指定参考教材。

本书由伍湘彬、聂辉海担任总主编、副总主编，林红华担任主编和统稿，项目一、项目五由李昆编写，项目二和全书实训部分由林红华编写，项目三、项目四由王杜明编写。伍湘彬、聂辉海审阅了本书的全部书稿，并做了详细的修改，提出了许多有益的建议。电子工程师刘一流对实训部分的电路进行了设计和调试，在此一并表示感谢。

编者
2015年8月

广东高等教育出版社

目 录

项目一 制作扩音机电源电路——认识电源电路	1
任务1 认识单相半波整流电路	2
一、半导体二极管	5
二、二极管单相半波整流电路	8
任务2 认识单相桥式整流电路	11
一、单相桥式整流电路组成及工作原理	14
二、负载电压和电流的平均值计算	15
三、整流元件的选择	16
任务3 认识单相桥式整流电容滤波电路	17
一、滤波电路类型	21
二、电容滤波电路	21
任务4 认识三端固定式集成稳压电路	25
一、稳压电源概述	28
二、硅稳压二极管稳压电路	29
三、三端集成稳压器	29
四、晶闸管	33
项目实训 1 制作与调试扩音机电源电路	38
项目实训 2 制作与调试调光台灯	40
思考与提高	46
项目二 制作扩音机前置级和电压放大级 I——认识交流放大电路	48
任务1 认识基本放大电路	49
一、认识三极管	53
二、三极管基本放大电路	57
任务2 认识分压式偏置放大电路	63
一、分压式偏置电路	67
二、放大电路的失真与调整方法	69
三、放大电路的三种接法及应用	70
* 四、场效应管和场效应管放大电路	73

任务3 认识多级放大电路	80
一、多级放大电路的级间耦合方式	84
二、多级放大电路的分析	86
任务4 认识负反馈放大电路	88
一、反馈的基本概念	89
二、负反馈对放大电路的影响	93
项目实训1 制作与调试扩音机前置级和电压放大级Ⅰ	96
项目实训2 制作与调试助听器	99
思考与提高	106
 项目三 制作扩音机前置级和电压放大级Ⅱ——认识集成运算放大电路	111
任务1 认识反相输入比例运算放大电路	112
一、直流放大电路	115
二、集成运算放大电路	119
三、反相输入比例运算放大电路	121
任务2 认识同相输入比例运算放大电路	122
同相输入比例运算放大电路	126
任务3 认识加法运算放大电路	127
一、加法输入比例运算放大电路	131
二、集成运放的选用	132
项目实训 制作与调试扩音机前置级和电压放大级Ⅱ	133
思考与提高	139
 项目四 制作扩音机功放电路——认识音频功率放大电路	142
任务1 认识OTL功率放大电路	142
一、功率放大电路	147
二、OTL功率放大电路	148
三、复合管	149
任务2 认识集成功率放大电路	151
一、集成功率放大电路	155
二、集成OCL功放电路	158
项目实训1 制作与调试扩音机功放电路	160
项目实训2 组装与调试扩音机整机	163
思考与提高	168

项目五 制作无线话筒——认识谐振电路与正弦波振荡电路	170
任务1 认识谐振电路	170
一、谐振与谐振条件	174
二、谐振放大器的功能	175
三、常用谐振放大电路	175
任务2 认识正弦波振荡电路	178
一、振荡器的基础知识	182
二、正弦波振荡电路	182
三、LC 振荡电路	183
四、RC 正弦波振荡电路	187
五、石英晶体振荡电路	190
项目实训 1 制作与调试无线话筒	193
项目实训 2 制作与调试波形信号发生器	196
思考与提高	200



项目一 制作扩音机电源电路

——认识电源电路

项目目标

1. 懂得整流电路的作用、组成及种类。
2. 知道整流电路的工作过程。
3. 懂得滤波电路的作用和组成。
4. 知道电容滤波电路的工作过程。
5. 会估算电路的输出电压值。
6. 会根据电路要求选择二极管。
7. 懂得稳压电路的作用和种类。
8. 懂得三端固定式集成稳压电路的应用。

项目描述

交流电在电能的输送和分配方面具有很多优点，因此发电厂生产出来的是交流电，而像电解、电镀、蓄电池充电、直流电机运行、交流发电机的励磁以及日常生活中使用的便携式收音机、CD机等都是采用直流电供电。直流稳压电源具有将电网供给的交流电转换成方向单一、大小稳定的直流电的功能。

任务1 认识单相半波整流电路

任务目标

- 知道半导体的基础知识。
- 认识二极管的基本结构、伏安特性和主要参数。
- 懂得单相半波整流电路的作用和组成。
- 知道单相半波整流电路的工作过程。
- 会估算单相半波整流电路的输出电压值。
- 会根据单相半波整流电路二极管最大整流电流和最高反向电压选择二极管。

任务描述

把交流电(方向和大小随时间变化的电流、电压)转换成脉动直流电(方向不随时间变化,但大小仍随时间变化的电流、电压)的过程称为整流,实现其功能的电路称为整流电路。整流电路的类型很多,常见的整流电路类型见表1-1-1。图1-1-1所示为二极管单相半波整流电路,其输入、输出电压波形如图1-1-2所示。

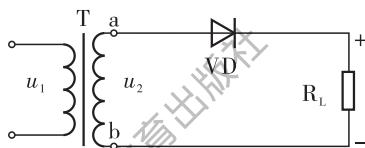


图 1-1-1 二极管单相半波整流电路

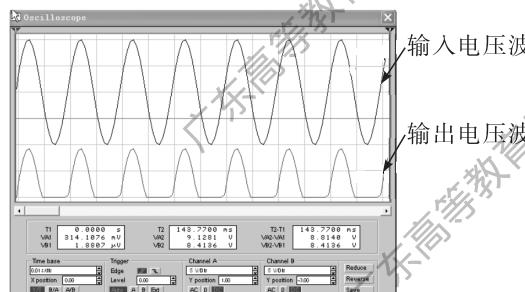


图 1-1-2 单相半波整流电路输入与输出电压波形

表 1-1-1 整流电路的类型

分类方法	电路类型	
按电网交流输入相数分类	单相整流电路	
	三相整流电路	
按组成的器件分类	不可控整流电路——整流二极管	
	半控整流电路——可控元件和整流二极管组合	
	全控整流电路——晶闸管	
按电路结构分类	半波整流电路	
	全波整流电路	变压器抽头式整流电路
		桥式整流电路

任务实施

1. 装配单相半波整流电路

(1) 电路原理图。二极管单相半波整流电路如图 1-1-3 所示。

图中, VD 为整流二极管, R_L 为负载电阻, u_i 为输入电压, U_o 为输出电压, LED 为发光二极管。

(2) 工具与材料。双踪示波器、电源变压器 T (AC 220 V/18 V)、万用表、焊接工具; 元器件见表 1-1-2。

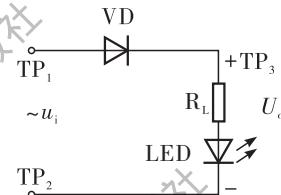


图 1-1-3 单相半波整流电路

表 1-1-2 元器件表

序号	标称	名称	型号及规格	数量
1	R_L	电阻器	1 k Ω	1 个
2	VD	二极管	1N4001	1 个
3	LED	发光二极管	红色	1 个
4	T	电源变压器	220 V/18 V	1 个
5	TP	测试针		3 或 4 个
6		光身线		若干
7		万能板		1 块

(3) 装配过程。装配步骤与方法如图 1-1-4 所示。

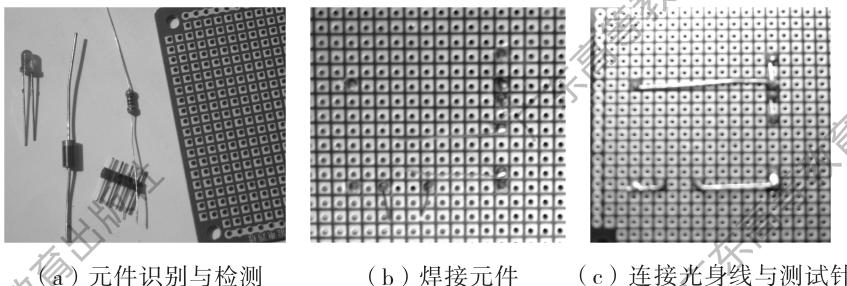


图 1-1-4 装配示意图

小提示：

元器件识别与检测：根据表 1-1-2 检查元器件的类别及数量，并用仪器检查元器件的质量。

元件管脚整形：按插入万能板的要求，对元件管脚整形。

布局元件：本电路可以按电路图的排列在万能板上按放置要求摆放元器件。

焊接元件：按焊接标准把元件管脚焊接在万能板上。

连接导线：根据电路图，用单支光身线焊接线路和测试针。

本项目所有任务的装配均按照这一要求完成。

2. 测试单相半波整流电路

测试连接示意图如图 1-1-5 所示（参见图 1-1-3）。

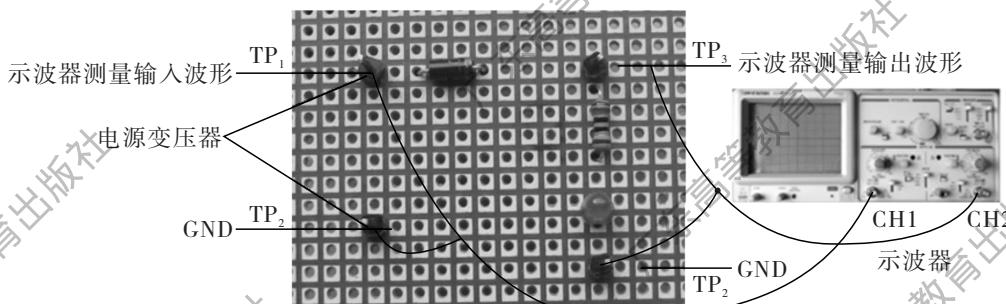


图 1-1-5 测试连接示意图

(1) 接通电源变压器的电源，用示波器观察 TP_1 与 TP_2 之间的电压波形，并用万用表交流电压挡测量 u_i 的有效值 U_i ，将观察到的波形及测试数据填入表 1-1-3 左栏。

(2) 用示波器观察输出电压 U_o 的波形，即 TP_3 与 TP_2 之间的电压波形，并用万用表直流电压挡测量输出电压值 U_o ，将观察到的波形及测试数据填入表 1-1-3 右栏。

表 1-1-3 单相半波整流电路数据记录

交流输入电压 U_i 波形	输出电压 U_o 波形
时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_{\text{op-p}} =$ _____ $U_i =$ _____	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_{\text{op-p}} =$ _____ $U_o =$ _____

问题思考:

- 根据表 1-1-3 中的相关数据, 计算 $U_o \approx \text{_____ } U_i$ (精确到小数点后两位)。
- 从观察到的输入与输出电压波形得到什么启示?

相关知识链接

一、半导体二极管

(一) 半导体的主要特性

自然界中的物质按照导电能力强弱的不同, 可以分为导体、绝缘体和半导体。导电能力介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体。常用的半导体材料有锗 (Ge, 原子核的核电荷数为 32) 和硅 (Si, 原子核的核电荷数为 14), 它们的共同点是原子核最外一层有 4 个价电子。这种半导体在不含杂质时 (称为本征半导体) 其导电能力比较弱, 但当环境温度升高或光照增强时, 内部将会产生自由电子和空穴, 如图 1-1-6 所示, 这些自由电子和空穴在电场力的作用下定向运动, 形成方向一致的电流, 使得半导体导电能力得到提高, 半导体的这种特性称为热敏特性或光敏特性。

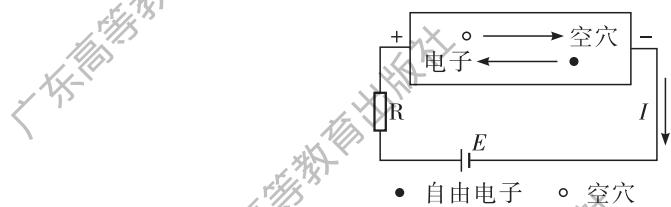


图 1-1-6 自由电子和空穴在电场作用下的运动

半导体的另一重要特性是掺杂特性:在本征半导体中掺入微量的元素后,其导电性能将发生显著变化。掺入微量的三价元素硼(或镓、铟等)构成主要靠空穴导电的P型半导体,掺入微量的五价元素磷(或砷、锑等)构成主要靠电子导电的N型半导体。

(二) PN结

在一块本征半导体硅或锗上,采用掺杂工艺将P型半导体和N型半导体结合在一起,使其交界处形成一个特殊的区域,这区域称为PN结,如图1-1-7所示。图中,负离子表示原子核最外一层得到电子,正离子表示原子核最外一层失去电子,由其形成的电场称为PN结的内电场。内电场阻碍多数载流子的扩散运动,却有利于少数载流子的漂移运动。PN结是构成各种半导体器件的基础。

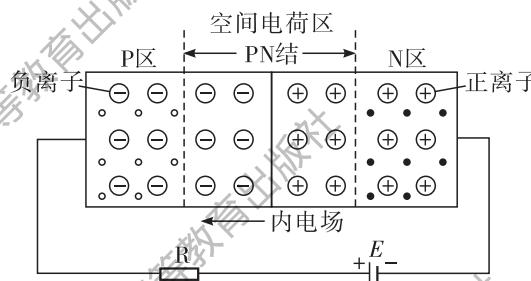
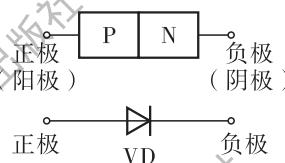


图 1-1-7 PN 结

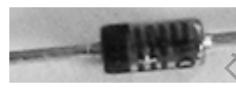
(三) 半导体二极管

1. 半导体二极管的结构

半导体二极管简称为二极管,是由一个PN结加两个接触电极引线和管壳构成,其结构和符号如图1-1-8(a)所示,由P区引出的电极为正极(阳极),由N区引出的电极为负极(阴极)。二极管外接直流电源时,只有二极管的正极接直流电源正极,二极管的负极接直流电源负极时,二极管的电流从正极流入,负极流出。符号的三角箭头方向为PN结正向导通时的电流方向,即PN结正向电流从二极管的正极流入,负极流出。普通二极管实物外形如图1-1-8(b)所示。



(a) 二极管结构及符号



(b) 普通二极管实物外形

图 1-1-8 二极管的结构、符号和外形

2. 半导体二极管的单向导电性

半导体二极管具有单向导电性：正向（又称正偏）导通，反向（又称反偏）截止。半导体二极管正极接直流电源正极、负极接直流电源负极，则二极管称为正向连接，PN结为正偏。反之则为反向连接，也称反偏。

二极管的伏安特性曲线如图1-1-9所示。伏安特性是指加在某元器件两端的电压与流过其电流之间的关系，由此描绘出的曲线称为伏安特性曲线。

分析图1-1-9可知：

- (1) 二极管的电压与电流变化不呈线性关系，其内阻不是常数，属非线性器件。
- (2) 二极管具有单向导电性。

当外加正向电压（指正极电位高于负极电位，即内外电场方向相反）且大于死区电压（二极管刚刚开始导通时的电压，硅管约为0.5 V，锗管约为0.1 V）时，二极管导通，其两端压降的范围：硅管约为0.6~0.7 V，锗管约为0.2~0.3 V。如果忽略不计二极管的导通电压，则可将其视为开关闭合，如图1-1-10 (a)所示。

当外加反向电压（指正极的电位低于负极的电位，即内外电场方向一致）时，二极管反向电流很小，理想时趋于零，此时称二极管截止，可将其视为开关断开，如图1-1-10 (b)所示。

需要特别指出的是，当外加反向电压大到一定数值时，二极管会被击穿，发生反向击穿时所需要的外加电压称为反向击穿电压 U_{BR} 。

(3) 比较图1-1-9 (a)与(b)，锗管比硅管正向电流上升快，正向压降小，反向电流大，受温度影响比较明显，究其原因是锗原子比硅原子最外一层更容易失去电子。

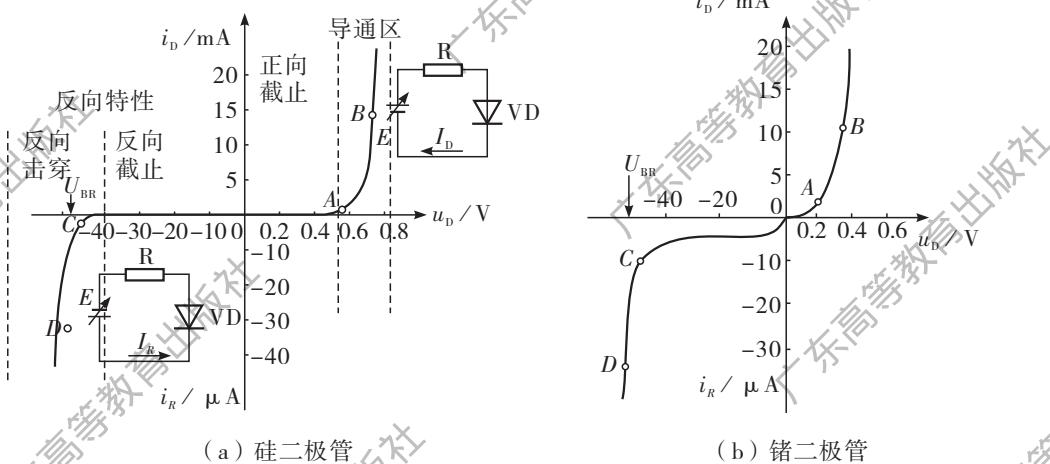


图1-1-9 二极管的伏安特性曲线

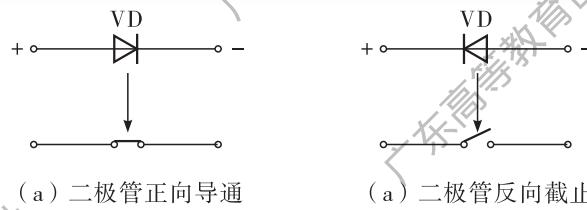


图 1-1-10 二极管单向导电性的等效电路

3. 二极管的主要参数

- (1) 最大整流电流 I_{Dm} ——二极管正常工作时允许通过的最大直流电流。使用时要求流过二极管的正向最大平均电流要小于这个数值,否则可能损坏二极管。
- (2) 最大反向电压 U_{Rm} ——二极管正常时所允许加的最高反向电压,其值通常取二极管反向击穿电压 U_{BR} 的一半左右,使用时如果超过此值,二极管将有被击穿的危险。
- (3) 反向电流 I_R ——在室温下,二极管未被击穿时的反向电流值,或者是加上最大反向工作电压时的电流。
- (4) 最高工作频率 f_m ——指保证二极管能起单向导电作用时的最高工作频率。如果通过二极管电路的频率大于该值,二极管将不能起到单向导电的作用。

二、二极管单相半波整流电路

(一) 电路组成

单相半波整流电路由电源变压器 T、1 只整流二极管 VD 和负载 R_L 串联组成,如图 1-1-11 所示。

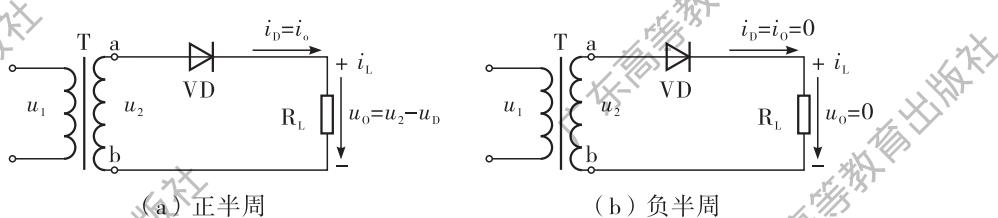


图 1-1-11 整流过程分析图

(二) 工作原理

由图 1-1-11 可知,整流电路的输入电压 u_2 、整流二极管导通电压 u_D 和输出电压 u_o 三者之间的关系为: $u_o = u_2 + u_D$ 。交流输入电压为

$$u_2 = U_{2m} \sin \omega t = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$$

式中: U_{2m} 为交流电压 u_2 的最大值(峰值); U_2 为交流电压 u_2 的有效值。

(1) 当输入电压 u_2 为正半周 ($0 \sim \pi$)，即图 1-1-11 (a) 中 a 点为正，b 点为负时，整流二极管 VD 正向导通，有电流流过负载，在负载 R_L 获得自上而下的输出电压 u_o ($u_o = u_2 - u_D$)；若忽略二极管正向电压降 u_D ，则 $u_o \approx u_2$ 。其波形见图 1-1-12。

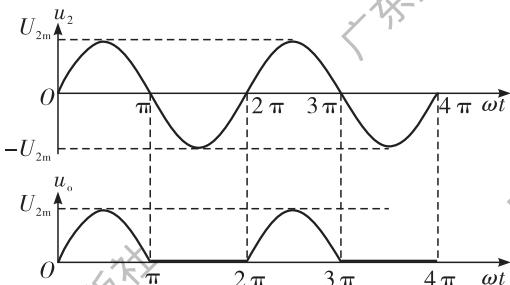


图 1-1-12 半波整流电路输入与输出电压

(2) 当输入电压 u_2 为负半周 ($\pi \sim 2\pi$)，即图 1-1-11 (b) 中 a 点为负，b 点为正时，整流二极管 VD 反向截止，电路中几乎无电流，即 $i_D = i_L \approx 0$ ，电路输出电压 u_o 因负载电流为零也为零，即 $u_o = i_L R_L \approx 0$ 。

通过上述分析可知：①在输入交流信号的一个周期内，负载上只能获得半个周期的输出信号，故称为半波整流；②输出信号虽然方向不变，但大小仍随时间而变。

(三) 负载电压和电流平均值的计算

1. 负载电压的平均值 U_o

单相半波整流电路在一个周期内输出电压的平均值 U_o 为输入电压峰值 ($\sqrt{2}U_2$) 的 $\frac{1}{\pi}$ 倍，约为输入电压有效值 U_2 的 0.45 倍，即

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

2. 负载电流的平均值 I_L

根据欧姆定律有

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

(四) 整流二极管的选择

1. 最大整流电流

由图 1-1-11 (a) 可知，在单相半波整流电路中，流过整流二极管 VD 的电流 i_D 与流过 R_L 的负载电流 i_L 相等，可见，选用整流二极管的最大整流电流参数时，必须满足

$$I_{Dm} > I_D \approx 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-1-3)$$

2. 最高反向电压

由图 1-1-11 (b) 可知, 当整流二极管 VD 反向截止时, $u_2 = u_D$, 如图 1-1-13 所示, 因此, 在选用整流二极管的最高反向电压参数时, 必须满足

$$U_{Rm} > \sqrt{2} U_2 \quad (1-1-4)$$

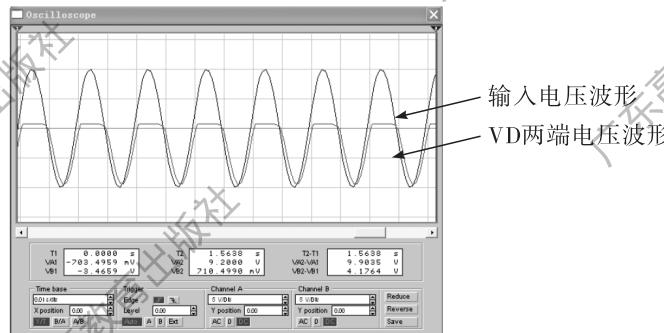


图 1-1-13 整流二极管端电压与电路输入电压

半波整流电路优点是电路结构简单; 不足之处是输出电压小、脉动性大, 整流效率低。

任务评价

任务评价内容及标准见表 1-1-4。

表 1-1-4 评价内容及标准

评价项目	评价内容	评价标准
理论知识 (40 分)	二极管基本结构和伏安特性	理论部分采用测试考查, 实操部分采用现场评分。 A 级 (31 ~ 40 分)、B 级 (21 ~ 30 分)、C 级 (11 ~ 20 分)、D 级 (10 分以下)
	单相半波整流电路的作用和组成	
	单相半波整流电路的工作原理	
	单相半波整流电路的输出电压和输出电流值	
实操技能 (40 分)	测试波形	根据实操过程现场评分
安全规范 (20 分)	操作规范	
	注意用电安全	
	操作结束, 工位干净整洁	

任务2 认识单相桥式整流电路

任务目标

- 懂得单相桥式整流电路的作用和组成。
- 知道单相桥式整流电路的工作过程。
- 会估算单相桥式整流电路的输出电压值。
- 会根据单相桥式整流电路二极管的最大整流电流和最高反向电压选择二极管。

任务描述

单相桥式整流电路是电源电路的主要组成部分，它是由电源变压器T和4个相同型号的整流二极管接成电桥形式组成，桥路的一对角点接变压器，另一对角点接负载。

任务实施

1. 装配单相桥式整流电路

(1) 电路原理图。单相桥式整流电路如图1-2-1所示。

(2) 工具与材料。示波器、电源变压器T(AC 220 V/18 V)、万用表、焊接工具；元器件见表1-2-1。

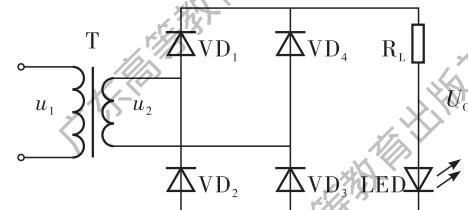


图1-2-1 单相桥式整流电路

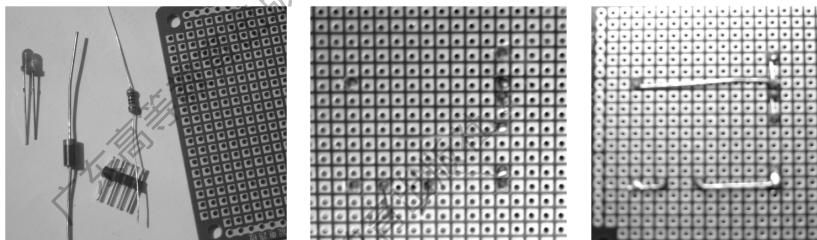
表1-2-1 元器件表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
1	R_L	电阻器	1 k Ω	1 个
2	VD_1 、 VD_2 、 VD_3 、 VD_4	二极管	1N4007	4 个

续上表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
3	LED	发光二极管	红色	1个
4	T	电源变压器	220 V/18 V	1个
5	TP	测试针		4个
6		光身线		若干
7		万能板		1块

(3) 装配过程。装配具体步骤与方法如图 1-2-2 所示。



(a) 元件识别与检测

(b) 焊接元件

(c) 连接光身线与测试针

图 1-2-2 装配示意图

小提示：

整流二极管的正、负极不能接反，否则会烧坏二极管，甚至变压器。

2. 测试单相桥式整流电路

测试连接如图 1-2-3 所示 (参见图 1-2-1)。

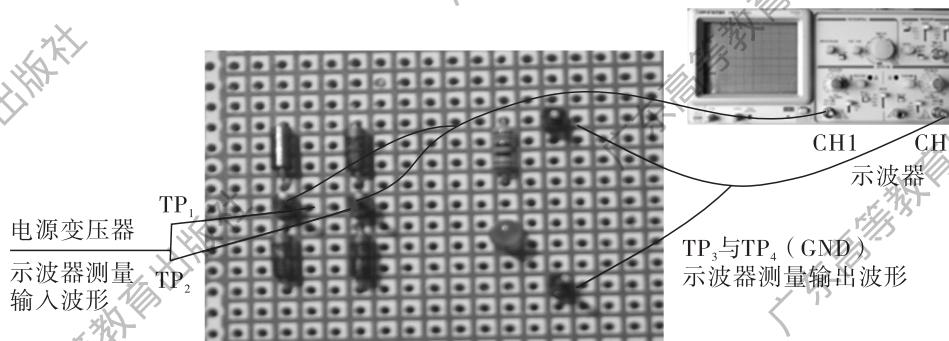


图 1-2-3 测试连接示意图

(1) 接通电源变压器的电源，用示波器观察整流电路输入端 TP_1 与 TP_2 之间的电压波形，并用万用表交流电压挡测量 u_2 的有效值 U_2 ，将观察到的波形及测试数据填入表 1-2-2 左栏。

(2) 用示波器观察输出电压 U_o 的波形, 即 TP_3 与 TP_4 之间的电压波形, 并用万用表直流电压挡测量输出电压 U_o , 把相关的波形及数据填入表 1-2-2 右栏。

(3) 桥式整流电路故障观察: 将整流电路中任意 1 只二极管开路。观察故障现象, 并记录在表 1-2-2 中。

表 1-2-2 单相桥式整流电路数据记录

	输入电压 u_2 波形	输出电压 U_o 波形
电路正常工作		
	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_2 = U_i =$ _____	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_{op-p} =$ _____ $U_o =$ _____
断开 1 只二极管		
	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_2 = U_i =$ _____	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_{op-p} =$ _____ $U_o =$ _____

问题思考:

1. 根据表 1-2-2 中的结果, 计算 $U_o \approx$ _____ U_2 (精确到小数点后两位)。
2. 比较表 1-1-3 与表 1-2-2, 得到什么启示?
3. 桥式整流电路中任 1 只二极管开路, 整流电路是否还有输出电压? 此时的输出电压波形与表 1-1-3 比较, 得到什么结论?

 相关知识链接

一、单相桥式整流电路组成及工作原理

(一) 电路组成

单相桥式整流电路由电源变压器、4只整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 和负载 R_L 构成, 如图 1-2-4 所示(为图 1-2-1 的另一种画法)。图 1-2-5 所示为由桥堆构成的整流电路, 其中图 1-2-5 (a) 所示为桥堆的外形; 图 1-2-5 (b) 为桥堆的内部电路示意图; 图 1-2-5 (c) 为桥堆的电路符号。桥堆有 4 个引脚, 其中标有“~”符号的 2 个引脚是交流电压输入引脚, 可互换使用; 标有“+”符号的是直流输出电压正极性引脚, 标有“-”符号的是直流输出电压负极性引脚。图 1-2-5 (d) 为采用桥堆的整流电路。

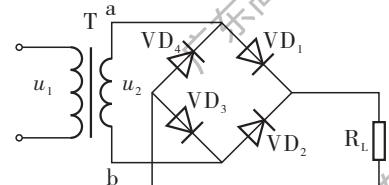


图 1-2-4 单相桥式整流电路另一种画法

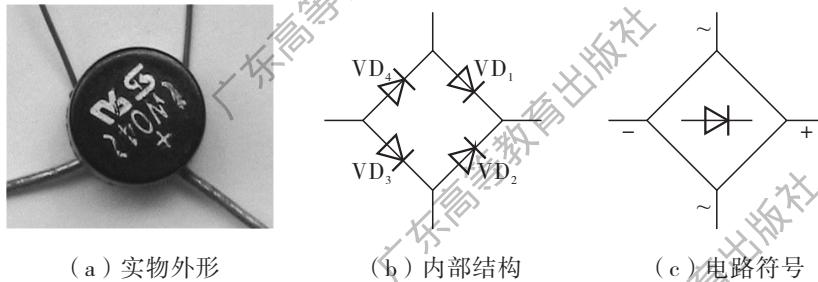


图 1-2-5 由桥堆构成的整流电路

(二) 工作原理

设变压器次级感应交流电压为 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ 。

(1) 当图 1-2-4 中 a 点为正, b 点为负, 即输入电压 u_2 在 $0 \sim \pi$ 期间, 整流二极管 VD_1 和 VD_3 正向导通, VD_2 和 VD_4 反向截止 ($i_{D_2} = i_{D_4} = 0$), 视为开路, 如图

1-2-6 (a) 所示, 整流电流 i_L ($i_L = i_{D_1} = i_{D_3}$) 自上而下流经负载 R_L , 负载上获得上正下负的半个周期输出电压, 其波形如图 1-2-7 所示。

(2) 当图 1-2-4 中 a 点为负, b 点为正, 即输入电压 u_2 在 $\pi \sim 2\pi$ 期间, 整流二极管 VD_2 和 VD_4 正向导通, VD_1 和 VD_3 反向截止 ($i_{D_2} = i_{D_4} \approx 0$), 如图 1-2-6 (b) 所示, 整流电流 i_L ($i_L = i_{D_2} = i_{D_4}$) 仍自上而下流经负载 R_L , 负载上仍获得上正下负的输出电压极性, 其波形如图 1-2-7 所示。

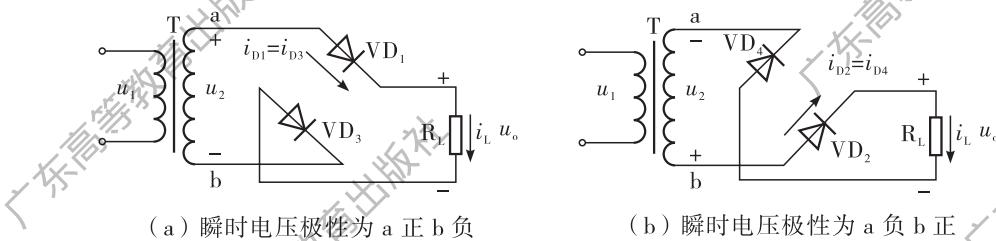


图 1-2-6 整流过程分析图

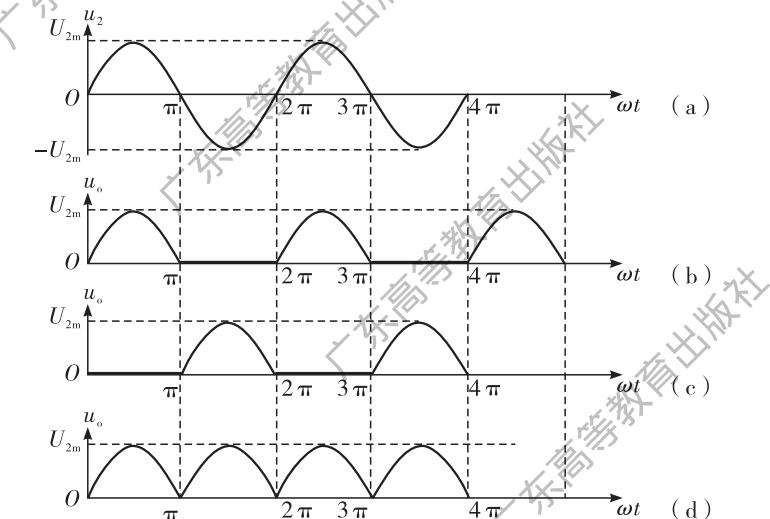


图 1-2-7 单相桥式整流电路输入与输出电压

通过上述分析可知: ①桥式整流电路在输入交流电压的一个周期内, 负载上均能获得同方向的电流和同极性的电压; ②桥式整流电路与半波整流电路一样, 输出信号中含有交流成分。

二、负载电压和电流的平均值计算

由图 1-2-7 可知, 桥式整流电路的输出电流和输出电压均比半波整流电路提高 1 倍, 故负载电压的平均值 U_o 为输入电压有效值的 0.9 倍, 其数学表达式为

$$U_o \approx 2 \times 0.45 U_2 = 0.9 U_2$$

(1-2-1)

负载电流平均值

$$I_L \approx 0.9 \frac{U_2}{R_L}$$

(1-2-2)

三、整流元件的选择

1. 最大整流电流

由图 1-2-6 可知, 在桥式整流电路中, 4 只整流二极管是两两轮流导通, 流过负载的电流 $i_L = i_{D_1} + i_{D_2}$, 故流过每只整流二极管的平均电流为负载电流平均值的一半, 即 $I_D = \frac{1}{2} I_L$ 。在选择整流元件时, 要求每只整流二极管的最大整流电流 I_{Dm} 应大于 $\frac{1}{2} I_L$, 即

$$I_{Dm} \geq \frac{1}{2} I_L \quad (1-2-3)$$

2. 最高反向电压

在图 1-2-4 所示的电路中, 若在正半周期时, 即 a 为正, b 为负。将正向导通的二极管 VD_1 和 VD_3 视为短路, 反向截止的二极管 VD_2 和 VD_4 则可视为并接在变压器次级绕组的 a、b 两端, $u_{D_2} = u_{D_4} = -u_2$, 如图 1-2-8 所示。当 u_2 上升至最大值 U_{2m} 时, $u_{D_2} = u_{D_4} = -U_{2m}$ 。因此, 在选择整流二极管时, 要求每只整流二极管承受的最高反向电压应大于变压器次级感应电压的峰值, 即

$$U_{Rm} \geq \sqrt{2} U_2 \quad (1-2-4)$$

桥式整流电路的优点是: 电路整流效率高, 输出电流和电压的平均值比半波整流电路增大 1 倍; 输出脉动的直流电虽可用来向电镀、电解等负载供电, 但不宜用作要求大小、方向基本不随时间变化(平滑的直流电)的设备中, 如电子仪器、电视机、计算机等。

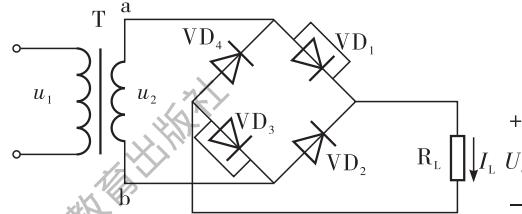


图 1-2-8 截止二极管所受反向电压



任务评价

任务评价内容及标准见表 1-2-3。

表 1-2-3 任务评价内容及标准

评价项目	评价内容	评价标准
理论知识 (40 分)	单相桥式整流电路组成	理论部分采用测试考查, 实操部分现场评分。 A 级 (31 ~ 40 分)、B 级 (21 ~ 30 分)、C 级 (11 ~ 20 分)、D 级 (0 ~ 10 分)
	单相桥式整流电路的工作原理	
	单相桥式整流电路的输出电压和输出电流值	
实操技能 (40 分)	测试波形	根据实操过程现场评分
	操作规范	
	注意用电安全	
安全规范 (20 分)	操作结束, 工位干净整洁	

任务 3 认识单相桥式整流电容滤波电路

任务目标

- 懂得滤波电路的作用和种类。
- 知道单相桥式整流电容滤波电路的结构和工作过程。
- 会估算单相桥式整流电容滤波电路的输出电压值。
- 会选择滤波电容的容量和耐压值。



任务描述

利用电容器和电感线圈对不同频率有不同电抗的特性实现滤波, 使负载上直流电压 (或电流) 的交流分量尽可能小, 以减小输出电压纹波, 即滤波电路的功能是把脉动直流电变为平滑直流电。图 1-3-1 所示为滤波前后输出电压波形图的比较。

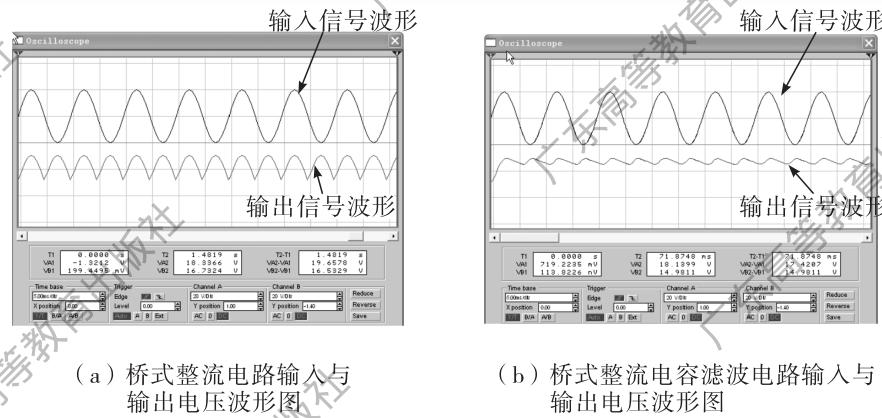


图 1-3-1 滤波前后输出电压波形图的比较

任务实施

1. 装配单相桥式整流电容滤波电路

(1) 电路原理图。单相桥式整流电容滤波电路如图 1-3-2 所示。

(2) 工具与材料。示波器、电源变压器 T (AC 220 V/18 V)、万用表、焊接工具；元器件见表 1-3-1。

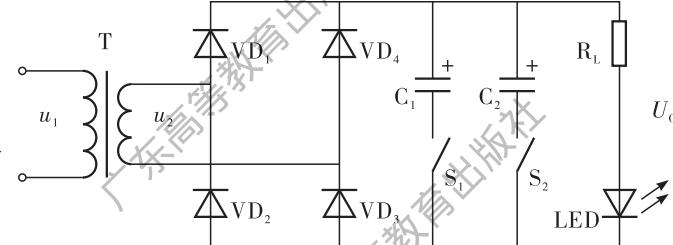


图 1-3-2 单相桥式整流电容滤波电路

表 1-3-1 元器件表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
1	C ₁	电容器	47 μF/25 V	1 个
2	C ₂	电容器	220 μF/25 V	1 个
3	R _L	电阻器	1 kΩ	1 个
4	VD ₁ 、VD ₂ 、VD ₃ 、VD ₄	二极管	1N4007	4 个
5	LED	发光二极管	绿色	1 个
6	T	电源变压器	220 V/18 V	1 个
7	S ₁ 、S ₂	短路帽		2 个

续上表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
8	TP	测试针		8 个
9		光身线		若干
10		万能板		1 块

(3) 装配过程。装配具体步骤与方法如图 1-3-3 (a) (b) (c) 所示。

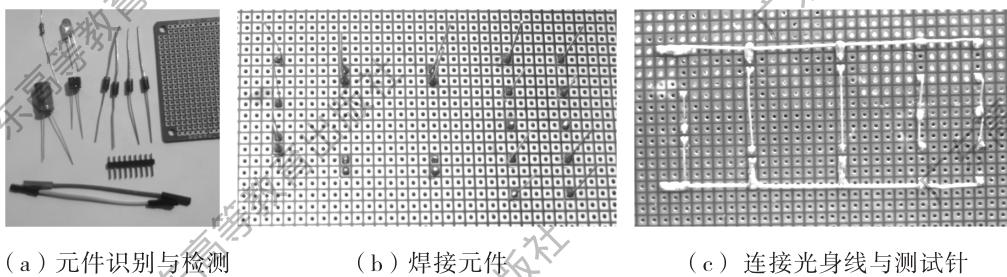


图 1-3-3 装配示意图

小提示：

- (1) 因电容器具有通交流隔直流的特性，若将其与负载串联，电路则无输出。
- (2) 滤波电容器 C 是具有极性的电解电容器，在电路中正极接高电位端，负极接低电位端。
- (3) 电容器是储能元件，当电路切断电源后，不可用手立即触摸电容器的两个电极，否则将会通过人体放电。

2. 测试单相桥式整流电容滤波电路

测试连接示意图如图 1-3-4 所示 (参见图 1-3-2)。

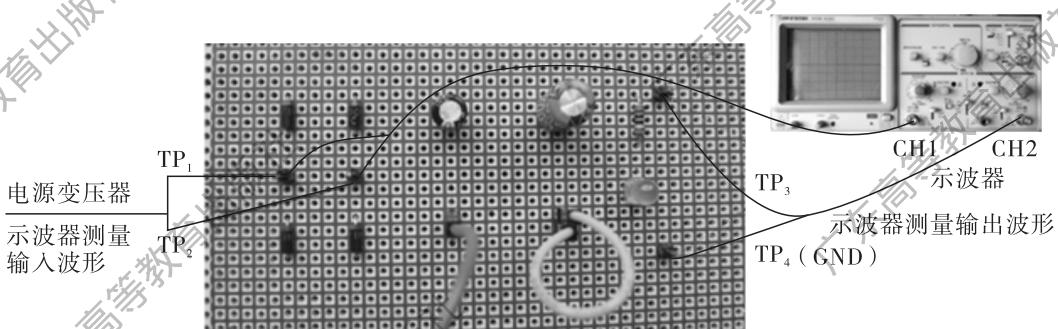


图 1-3-4 测试连接示意图

- (1) 接通电源变压器 T 的电源。
- (2) 为便于观察电容器滤波作用和不同容量电容的滤波效果，先闭合开关 S₁，断

开开关 S_2 ，用示波器观察电路输出端，即 TP_3 与 TP_4 之间电压 u_o 波形，并记录于表 1-3-2 中。

(3) 用万用表的交流电压挡测量 u_2 的有效值 U_2 ，用直流电压挡测量输出电压 U_o 的值，并将数据记录于表 1-3-2 中。

(4) 闭合开关 S_2 ，断开开关 S_1 ，即增大滤波电容器的容量，重新用示波器和万用表的直流电压挡测量电路输出端的电压波形和数据，并记录于表 1-3-2 中。

表 1-3-2 单相桥式整流电容器滤波电路数据记录

交流输入电压 u_2 波形	S_1 闭合、 S_2 断开(接入 C_1 、未接 C_2) 的输出电压 U_o 波形
时间挡位: _____ $U_2 = U_i =$ _____	时间挡位: _____ $U_o =$ _____
S_2 闭合、 S_1 断开(接入 C_2 、未接 C_1) 的输出电压 U_o 波形	
时间挡位: _____ $U_o =$ _____	

问题思考:

1. 比较表 1-1-3 与表 1-3-2，得到什么启示？
2. 桥式整流电路中任 1 个二极管开路，整流电路是否还有输出电压？此时的输出电压波形与表 1-1-3 比较可得到什么结论？

 相关知识链接

一、滤波电路类型

滤波电路位于整流电路与负载之间，常用的滤波电路如图1-3-5所示。图1-3-6所示为各种滤波电路的滤波效果。

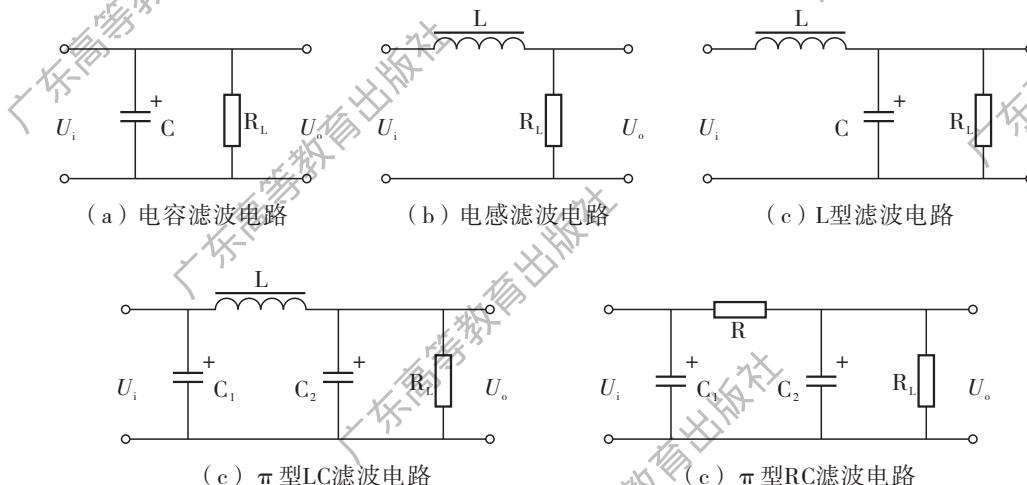


图1-3-5 常用的滤波电路

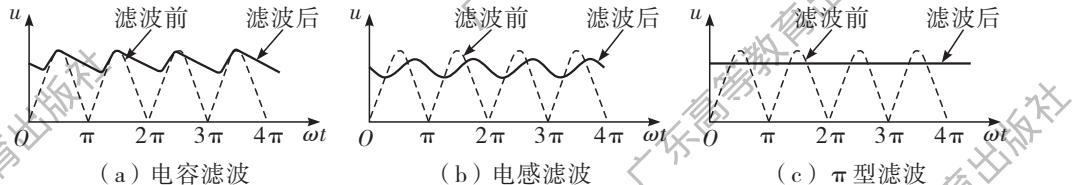


图1-3-6 滤波前后电压波形的比较

二、电容滤波电路

(一) 电路组成

图1-3-7所示为桥式整流电容滤波电路。电路组成特点为：在整流电路与负载电阻之间并接滤波电容C。

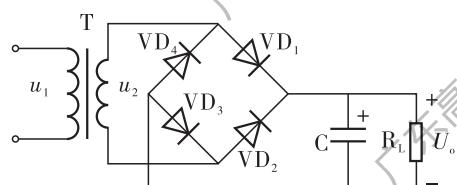


图1-3-7 单相桥式整流电容滤波电路

(二) 工作原理

电容滤波电路的工作原理可通过图 1-3-7 中各时间段的电压变化进行了解。

图 1-3-7 所示电路输入电压 $u_2 = U_{2m} \sin \omega t = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$, 滤波电容 C 的初始电压 $u_C = 0$ 。

(1) 图 1-3-8 中的 $0 \sim t_1$ 时间段: 接通交流电源, 输入电压 u_2 由 0 上升至峰值 U_{2m} , 整流二极管 VD_1 、 VD_3 正向导通, VD_2 、 VD_4 反向截止。电源通过 VD_1 和 VD_3 向负载电阻 R_L 供电的同时对滤波电容器 C 充电, 各电流方向如图

1-3-9 (a) 所示。若忽略不计二极管导通时两端电压 u_D , 输入电压 u_2 、输出电压 u_o 与电容器 C 端电压 u_C 之间的关系为: $u_o = u_C = u_2 - 2u_D \approx u_2$, 即 u_C 随 u_2 由 0 上升, 当 u_2 升至最大值 U_{2m} 时, 充电结束, 此时, 滤波电容器 C 的正、负极板已分别堆积大量的正、负电荷。

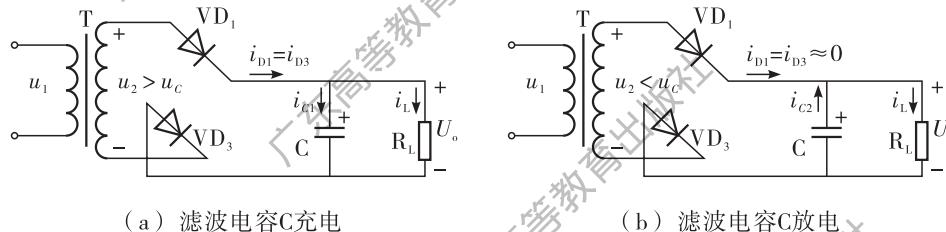


图 1-3-9 滤波电容的充放电回路

(2) 图 1-3-8 中的 $t_1 \sim t_2$ 时间段: 输入电压 u_2 由 U_{2m} 开始下降, 滤波电容器 C 的端电压 u_C 不能突变, 整流二极管在 u_2 下降到某一值时 (图 1-3-8 中的 t_2 时刻), 由于 $u_2 < u_C$, VD_1 、 VD_3 反向截止, 滤波电容器 C 开始通过负载电阻 R_L 放电。

(3) 图 1-3-8 中的 $t_2 \sim t_3$ 时间段: 整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 均反向截止, 滤波电容器 C 向负载按指数规律形式放电, 电路中各电流方向如图 1-3-8 (b) 所示, 输出电压 u_o 极性不变, 但大小随 u_C 下降而减小, 此过程将持续到交流电压 u_2 下一个半周的到来。

(4) 图 1-3-8 中的 $t_3 \sim t_4$ 时间段: 当交流电压 u_2 为负半周且幅值大于 u_C 时 (图 1-3-7 中 t_3 时刻), 整流二极管 VD_2 、 VD_4 正向导通, 电源通过 VD_2 和 VD_4 向负载电阻 R_L 供电的同时再次对滤波电容器 C 充电, u_C 跟随 u_2 上升至最大值。

(5) 图 1-3-8 中的 t_4 后时间段: 当 u_2 从最大值下降到某一值时, VD_2 、 VD_4 由导通转为截止, 电容器 C 对负载 R_L 放电, 直到二极管 VD_1 和 VD_3 正向导通, 重复上述过程。

(三) 滤波电容器的选择

1. 选择滤波电容器的容量

电容器滤波电路的滤波效果与负载电阻 R_L 的大小和滤波电容器 C 的容量有关。在

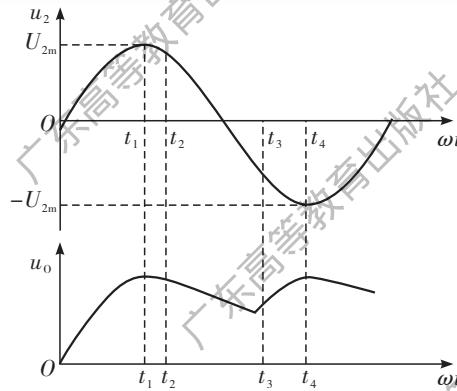


图 1-3-8 滤波原理的分析图

负载电阻不变时,滤波电容容量越大,向负载电阻放电的时间越长,即滤波电容器C放电速度越慢,输出直流电压的脉动性越小,但滤波电容器C太大,通电瞬间的浪涌电流^①会很大,造成对整流二极管的冲击过大,使整流二极管的使用寿命受到影响,甚至会瞬间击穿二极管。图1-3-10表示滤波电容容量大小对滤波效果的影响。因此,选择滤波电容C的电容量应满足: $R_L C \geq (3-5) \frac{T}{2}$ 。T为输入电压 u_2 的周期,通常取 $R_L C = 2T$,即

$$C \geq \frac{2T}{R_L} \quad (1-3-1)$$

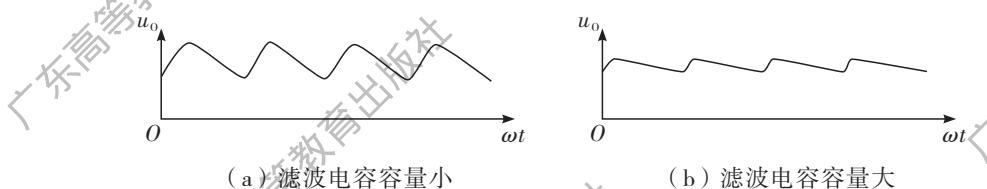


图1-3-10 滤波电容的选择

2. 选择滤波电容的耐压值

在图1-3-7所示电路中,将正向导通的整流二极管 VD_1 和 VD_3 视为短路,滤波电容器C与反向截止的整流二极管 VD_2 和 VD_4 一起并联接在电源变压器次级线圈两端,如图1-3-11所示,因此,滤波电容器C的最高电压及整流二极管承受的最高反向电压均为输入电压的峰值,在选择滤波电容时要求其耐压值应大于变压器次级感应电压的峰值,即

$$U_{Cm} \geq U_{2m} = \sqrt{2} U_2 \quad (1-3-2)$$

电容滤波电路仅适用于负载电流较小的场合。

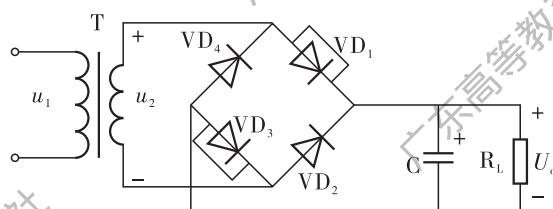


图1-3-11 滤波电容的耐压值

(四) 电容滤波电路输出电压平均值 U_o 的计算

1. 电路空载时情况

当输出端开路或 $R_L \rightarrow \infty$ 时,输出电流为零,滤波电容C无放电回路,输出电压一直保持在最大充电电压,即输出电压的平均值 U_o 为

注: ①浪涌电流指电源接通瞬间,流入电源设备的峰值电流。

$$U_o \approx 1.4 U_2$$

(1-3-3)

式中, U_2 为输入电压 u_2 的有效值。

2. 电路带负载时情况

比较图 1-2-8 与图 1-3-8, 得整流电路经电容滤波后输出电压将得到提高, 工程上一般采用估算公式计算输出电压的平均值 U_o 。

$$\text{半波整流电容滤波电路} \quad U_o \approx U_2 \quad (1-3-4)$$

$$\text{桥式整流电容滤波电路} \quad U_o \approx 1.2 U_2 \quad (1-3-5)$$

例 1-3-1 如图 1-3-7 所示电路, 已知输入电压 $u_2 = 15\sqrt{2} \sin \omega t$ (V), $R_L = 100 \Omega$, 试分析:

- (1) 电路输出电压平均值 U_o 为多少?
- (2) 在图中标出输出电压的极性。
- (3) 在该电路中若任意一只整流二极管脱焊, 电路的输出电压平均值 U_o 为多少?
- (4) 在该电路中若滤波电容脱焊, 电路的输出电压为多少?
- (5) 在该电路中若任意一只整流二极管极性接反, 电路将会出现什么情况?
- (6) 若要改变输出电压的极性, 电路中哪些元件的连接应做相应的改变?

解: 由题意可知, 输入电压 u_2 的有效值 $U_2 = 15$ V, 负载 $R_L = 100 \Omega$, 所以有:

- (1) 根据式 1-3-5 得, 桥式整流电容滤波电路的输出电压为 U_o 为

$$U_o \approx 1.2 U_2 = 1.2 \times 15 \text{ V} = 18 \text{ V}$$

- (2) 输出电压的极性如图 1-3-11 所示。

(3) 在该电路中若整流二极管 VD_4 脱焊, 电路由桥式整流电容滤波电路变成半波整流电容滤波电路, 如图 1-3-12 所示, 根据式 1-3-4 得, 电路输出电压的平均值 U_o 为

$$U_o \approx U_2 = 15 \text{ V}$$

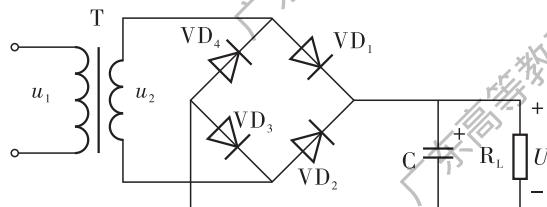


图 1-3-12 单相桥式整流电容滤波电路

(4) 在电路中若滤波电容脱焊, 电路由桥式整流电容滤波电路变成桥式整流电路, 根据式 1-2-11 得电路的输出电压的平均值 U_o 为

$$U_o \approx 0.9 U_2 = 0.9 \times 15 \text{ V} = 13.5 \text{ V}$$

(5) 在该电路中若任意一只整流二极管极性接反, 相当于变压器副边线圈短路, 轻则损坏相关二极管, 重则烧毁电源变压器, 引起火灾。

(6) 若要改变输出电压的极性, 应将电路中电解电容和所有整流二极管的极性调换方向。



任务评价

任务评价内容及标准见表 1-3-3。

表 1-3-3 任务评价内容及标准

评价项目	评价内容	评价标准
理论知识 (40 分)	滤波电路作用及种类	理论部分采用测试考查, 实操部分现场评分。 A 级 (31 ~ 40 分)、B 级 (21 ~ 30 分)、C 级 (11 ~ 20 分)、D 级 (0 ~ 10 分)
	单相桥式单相式整流电容滤波电路组成	
	单相桥式单相式整流电容滤波电路工作原理	
	单相桥式整流电容滤波电路的输出电压和输出电流值	
实操技能 (40 分)	测试波形	根据实操过程现场评分
安全规范 (20 分)	操作规范	
	注意用电安全	
	操作结束, 工位干净整洁	

任务 4 认识三端固定式集成稳压电路

任务目标

- 懂得稳压电路的作用和种类。
- 知道硅稳压二极管稳压电路的结构和工作过程。
- 知道三端集成稳压器的作用。
- 懂得三端固定式集成稳压器的应用。
- 认识三端可调式集成稳压电路的组成。
- 认识晶闸管的类型和作用。
- 会判断晶闸管的电极。

任务描述

交流电经整流滤波后转换为较平滑的直流电,但如果电网电压增大或负载电流减小时,输出电压会增加,反之输出电压会减小,即当电网电压或负载电流发生波动时,电路的输出电压会随着发生变化。为了稳定电路的输出电压,常在整流滤波电路后面加接稳压电路,如图 1-4-1 所示。

任务实施

1. 装配三端固定式集成稳压电路

(1) 电路原理图。三端固定式集成稳压电路如图 1-4-1 所示。

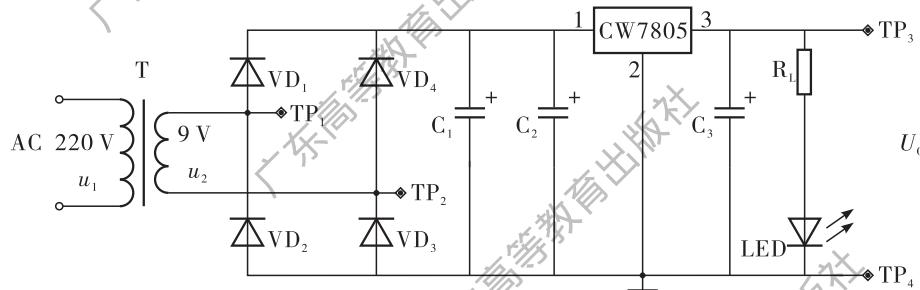


图 1-4-1 三端固定式集成稳压电路

(2) 工具与材料。示波器、电源变压器 T、万用表、焊接工具;元器件见表 1-4-1。

表 1-4-1 元器件表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
1	C_1	电容器	47 μ F/25 V	1 个
2	C_2 、 C_3	电容器	0.01 μ F/25 V	2 个
3	R_L	电阻器	1 k Ω	1 个
4	VD_1 、 VD_2 、 VD_3 、 VD_4	二极管	1N4007	4 个
5	LED	发光二极管	绿色	1 个
6	T	电源变压器	220 V/9 V	1 个
7	IC	集成块	CW7805	1 个

续上表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
8	TP	测试针		4 个
9		光身线		若干
10		万能板		1 块

(3) 装配过程。装配具体步骤与方法如图 1-4-2 (a) (b) 所示。

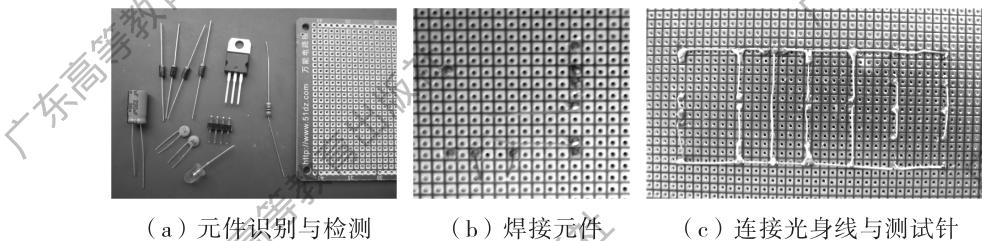


图 1-4-2 装配示意图

小提示：

电路连接时注意：二极管、滤波电容 C、集成稳压器的极性不要接错。

2. 测试三端固定式集成稳压电路

测试连接示意图如图 1-4-3 所示（参见图 1-4-1）。

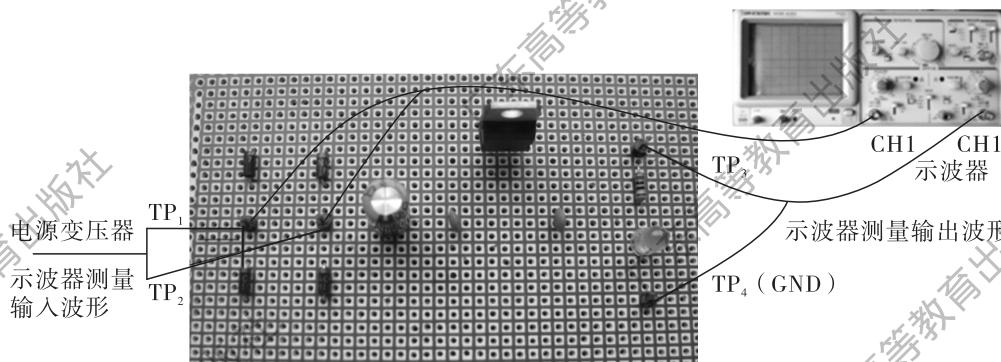


图 1-4-3 测试连接示意图

- (1) 接通电源变压器的电源，用示波器观察 u_2 的电压波形，并将波形记录于表 1-4-2 左栏中。
- (2) 用示波器观察电路输出电压即 TP_3 与 TP_4 之间的波形，并将波形记录于表 1-4-2 右栏中。
- (3) 用万用表的交流电压挡测量 u_2 的有效值 U_2 ，用直流电压挡测量输出电压 U_o 的值，并将数据记录于表 1-4-2 中。

表 1-4-2 桥式整流电容滤波电路数据记录

交流输入电压 u_2 波形	输出电压 U_o 波形
时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_2 = U_i = _____$	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ $U_o = _____$

问题思考:

观察输出电压波形, 得出什么结论?

 相关知识链接

一、稳压电源概述

整流滤波电路可以把交流电转变为较平滑的直流电, 但当电网电压或负载电流发生波动时, 其输出电压会不稳定。因此, 当要求电源的输出电压稳定时, 可在整流滤波电路的后面加上稳压电路组成稳压电源。稳压电源的工作流程框图如图 1-4-4 所示。

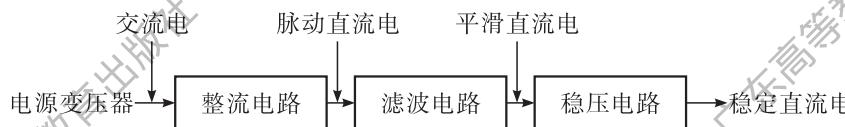


图 1-4-4 稳压电源流程框图

稳压电路位于整流滤波电路与负载之间。稳压电路的种类很多, 可由分立元件组成, 如最简单的硅稳压二极管稳压电路, 也可由集成稳压器组成, 如三端固定式集成稳压电路。

二、硅稳压二极管稳压电路

(一) 硅稳压二极管的特性

硅稳压二极管(简称“硅稳压管”)是一种具有特殊性能的二极管,其符号如图1-4-5所示。

硅稳压二极管的特性:如果在电路中将硅稳压管正向连接,则管子不起稳压作用,其性能与普通二极管无异,且正向导通电压约为0.7V;如果在电路中将硅稳压管反向连接,且使其工作在反向安全的击穿范围时,稳压管两端的电压 U_Z 变化范围很小,但电流 I_Z 变化范围却较大,即稳压管在反向安全的击穿范围具有稳定电压的作用。稳压管的稳压值 U_Z 因各管而异。

(二) 硅稳压管稳压电路的组成

硅稳压管稳压电路是将硅稳压管VZ并接在负载电阻两端,如图1-4-6所示。图中,R为限流电阻,用于限制整流滤波电路的输出电流,防止流过稳压管的电流超过其允许的最大值;还有当通过R的电流 I_R 发生变化时,其R两端的电压也发生变化,从而使输出电压 U_o 趋于稳定。

(三) 硅稳压管稳压工作原理

设电网电压增大(或负载电流减少),使输出电压 U_o 上升时,稳压管两端的电压 U_Z 跟随上升,当稳压管进入反向击穿区时,稳压管电压变化范围很小,但流过稳压管的电流 I_Z 却明显增加,导致通过限流电阻R的电流 I_R ($I_Z + I_L$)增大,限流电阻R两端电压降 U_R (RI_R)增大,电路的输出电压 U_o ($U_i - U_R$)下降,可见 U_o 的变化将受到限制。

稳压管稳压电路结构简单,但只适用于对稳定电压要求不高且不可调的场合。

三、三端集成稳压器

随着科学技术的发展,分立元件的稳压电路已被集成稳压器所代替。集成稳压器应用集成电路工艺,将稳压电路中的调整、放大、基准电压、取样等各环节电路制作在一块硅片里,成为集成稳压组件。集成稳压器有三端式(引脚只有3个)和多端式,以三端式应用最广。另外,根据输出电压是否可调,集成稳压器分成固定式三端集成稳压器和可调式三端集成稳压器。根据输出电压的正负极性,分为正电压稳压器和负



图1-4-5 硅稳压管符号

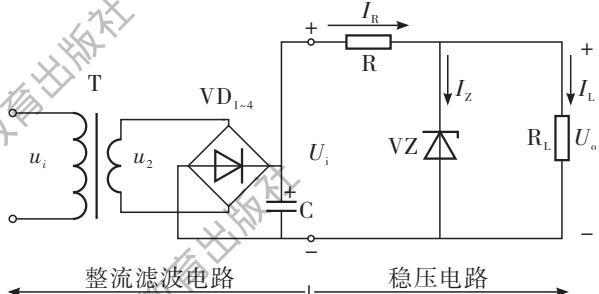


图1-4-6 硅稳压管稳压电路

电压稳压器。

(一) 三端固定式集成稳压器

1. 三端固定式集成稳压器简介

(1) 三端固定式集成稳压器的外形与引脚排列。三端固定式集成稳压器的外形与引脚排列如图 1-4-7 和图 1-4-8 所示。CW7800 系列输出正电压、CW7900 系列输出负电压。

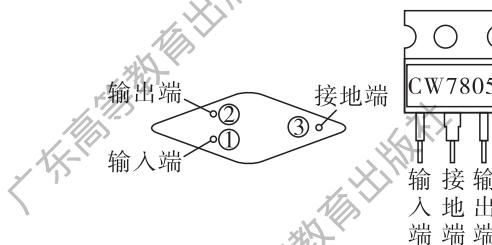


图 1-4-7 CW7800 系列集成稳压
电路外形及引脚排列

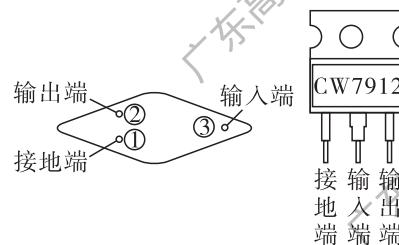
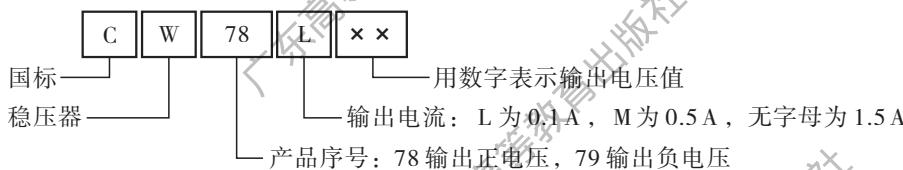


图 1-4-8 CW7900 系列集成稳压
电路外形及引脚排列

(2) 三端固定式集成稳压器的型号表示的意义如下：



CW7805 表示集成稳压器输出 +5 V 电压, CW7912 表示集成稳压器输出 -12 V 电压。

2. 三端固定式集成稳压器应用电路

(1) 输出固定电压的电路。输出固定电压的电路如图 1-4-9 所示。图中, U_i 为直流输入电压, 连接整流滤波电路的输出端; U_o 为直流稳定输出电压, 其电压值即为集成稳压器的输出电压值。为使稳压器正常工作, 确保稳压效果, 要求: $|U_i - U_o| \geq 3 \text{ V}$ 。

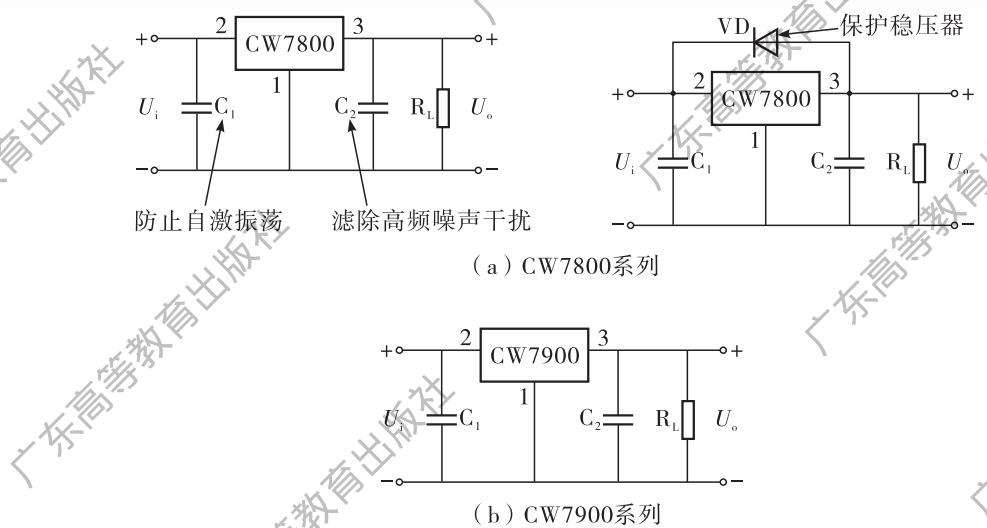


图 1-4-9 固定输出的基本稳压电路

(2) 由图 1-4-10 可知, 电阻 R_1 与 R_2 串联, 根据串联电路分压原理有

$$U_x =$$

$$U_o + U_A$$

调节 R_2 的阻值可以调节稳压电路输出电压 U_o 的大小。

(3) 扩流电路。当负载所需电流大于稳压器的最大输出电流时, 可采用外接电阻或功率管的方法来扩大输出电流。图 1-4-11 所示为通过外接电阻 R 扩大输出电流的电路。

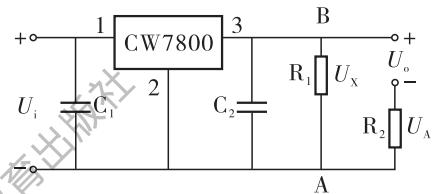


图 1-4-10 提高输出电压的三端集成稳压电路

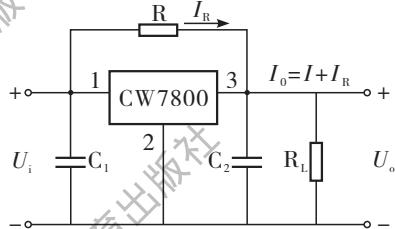


图 1-4-11 扩流电路

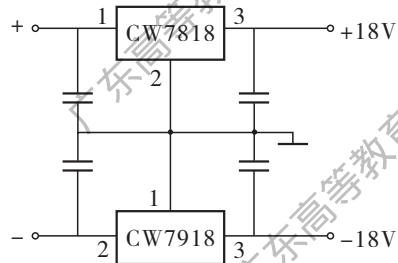


图 1-4-12 正负输出的稳压电路

(4) 输出正、负电压的电路。图 1-4-12 所示电路可同时输出正、负两路稳定电压, 各路输出电压的大小由接入的集成稳压器决定。

(二) 三端可调式集成稳压器

1. 三端可调式集成稳压器简介

(1) 三端可调式集成稳压器的外形与引脚排列。第二代三端集成稳压器为可调式三端集成稳压器, 它不仅具有输出电压可在 $1.25 \sim 37$ V 范围内连续调整的优点, 还具有输出电压稳定度高, 电压调整率、电流调整率和纹波抑制等均比三端固定式集成稳压器高出几倍的特点。三端可调式集成稳压器的外形与引脚排列如图 1-4-13 和图 1-4-14 所示。CW × 17 系列输出正电压, CW × 37 系列输出负电压。

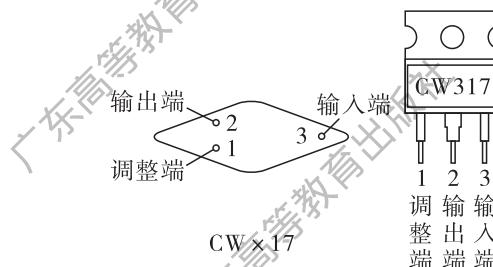


图 1-4-13 CW × 17 系列集成稳压器电路外形及引脚排列

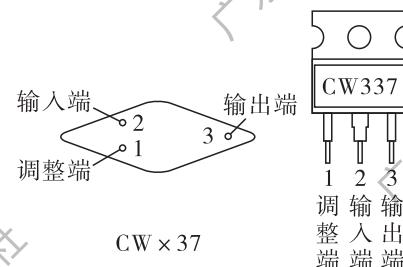
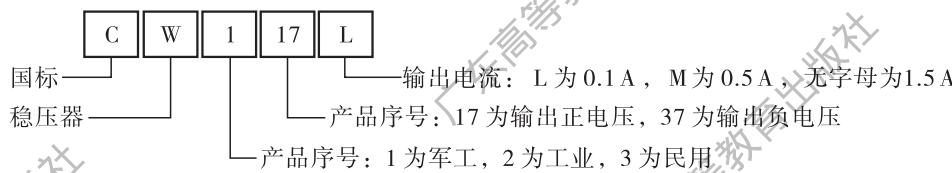


图 1-4-14 CW × 37 系列集成稳压器电路外形及引脚排列

使用时应注意: 三端可调式集成稳压器的引脚不能接错; 调整端不能浮空, 应通过电阻接地, 否则容易损坏稳压器。

(2) 三端可调式集成稳压器的型号表示的意义如下:



2. 三端可调式集成稳压器应用电路

(1) 输出电压为 1.25 V 的稳压电路。

图 1-4-15 所示的稳压电路输出电压为 1.25 V。电路中, 为保证集成稳压器能输出最低电压 1.25 V, 将集成稳压器的调整端直接接地, 输出端并接电阻 R_1 是为保证集成稳压器在空载时也能正常工作, R_1 最大的取值为 240Ω 。

(2) $1.25 \sim 37$ V 连续可调的稳压电路。图 1-4-16 所示的稳压电路输出电压为 $1.25 \sim 37$ V。电路中, 电阻 R_1 与可调电阻 R_p 组成分压器, 集成稳压器的调整端连接在分压器的输出端, 通过调节 R_p 的阻值可使集成稳压器的输出电压在 $1.2 \sim 37$ V 范

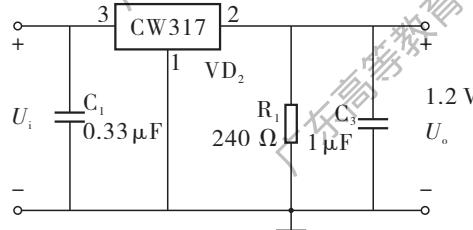


图 1-4-15 输出电压为 1.25 V 的稳压电路

围内任意调整。

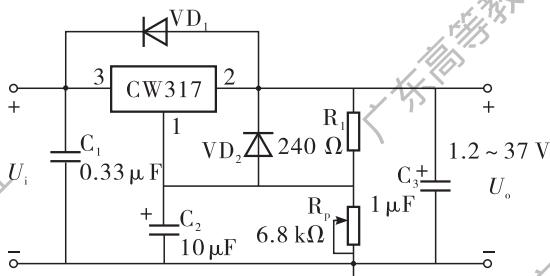


图 1-4-16 1.25 ~ 37 V 连续可调稳压电路

(3) 0 ~ 37 V 连续可调的稳压电路。图 1-4-17 所示的稳压电路输出电压为 0 ~ 37 V。根据集成稳压器输出电压可调范围可知, 用 CW317 制作的可调稳压电路最小输出电压为 1.25 V。为实现从 0 V 起连续可调, 在 R_1 与 R_p 组成的分压器的下端接入略低于 1.25 V 的负电位, 以抵消集成稳压器原有的最小输出电压 1.25 V。图中, R_2 与稳压二极管 VZ 组成稳压电路, 为电阻分压器提供 -1.3 V 的电位。

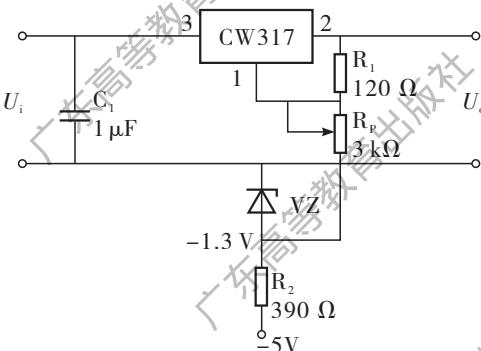


图 1-4-17 0 ~ 37 V 连续可调稳压电路

*四、晶闸管

晶闸管是一种大功率开关型半导体器件, 它具有硅整流器件的特性, 能在高电压、大电流条件下工作, 而且工作过程可以控制, 故被广泛应用在可控整流、交流调压、无触点电子开关、逆变及变频等电子电路中。晶闸管有多种分类方法, 目前, 最常用的是按照关断、导通和控制方式分的单向晶闸管和双向晶闸管。

(一) 单向晶闸管

单向晶闸管又名单向可控硅, 它有 3 个电极: 阳极 A、阴极 K 和控制极 G。图 1-4-18 是单向晶闸管的实物图。它的文字符号用 SCR、KG、CT 等表示。电路符号和结构图如图 1-4-19 所示。

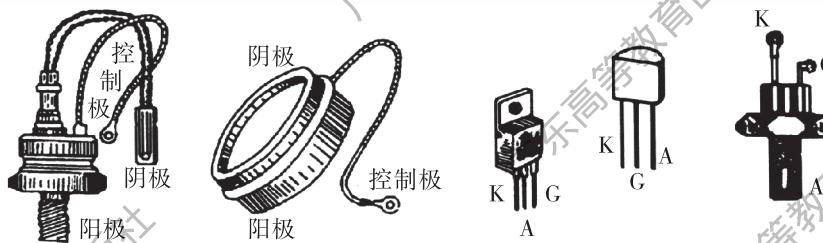


图 1-4-18 单向晶闸管实物图

单向可控硅二极管一样只能正向导通。它与二极管最根本的区别是，它的导通是可控的，或者说是有条件的。

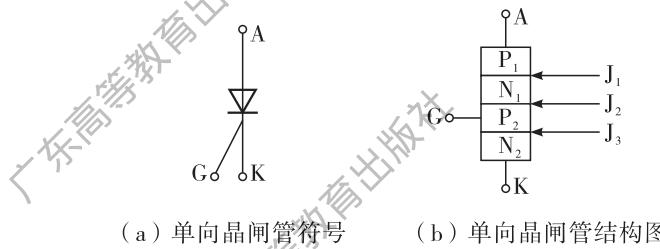


图 1-4-19 单向晶闸管电路符号和结构图

如图 1-4-20 所示，当单向晶闸管加上正向电压，但开关 S 未闭合时，灯泡 L 不亮，这说明单向晶闸管加正向电压，而控制极未加正向电压时不会导通，这种状态称为单向晶闸管的正向阻断状态。当单向晶闸管加正向电压的同时，合上开关 S，使控制极也加上正向电压，此时灯泡 L 发亮，说明单向晶闸管导通。灯亮后，若把开关 S 断开，灯泡 L 继续发光，这说明单向晶闸管一旦导通后，控制极便失去了控制作用。当单向晶闸管的阴极 K 接电源 E_A 的正极，阳极通过灯泡 L 接电源 E_A 的负极，使单向晶闸管承受反向电压。这时，不管开关 S 是否闭合，灯泡 L 始终不亮。这说明当单向晶闸管加反向电压时，不管控制极是否加上正向电压，它都不会导通，这种状态称为反向阻断状态。

由此可见，单向晶闸管导通必须同时具备两个条件：一是单向晶闸管加正向电压，二是控制极加适当的正向电压。

单向晶闸管一旦导通后，它的导通状态完全依靠晶闸管本身的正反馈来维持，即使控制极电流消失，它仍处于导通状态。单向晶闸管导通后，若将外电路负载 R_L 加大，单向晶闸管的阳极电流 I 将降低。当阳极电流降到某一数值 I_H 时，单向晶闸管不能维持

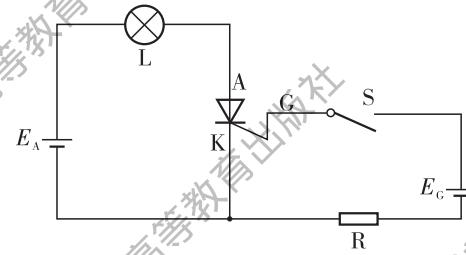


图 1-4-20 单向晶闸管实验

正反馈过程，就会关断而呈现正向阻断状态。若将已导通的单向晶闸管的外加电压降到零（或切断电源），则阳极电流 I 降到零，单向晶闸管也就自行关断，呈现阻断状态。

单向晶闸管是一个可控的单向导电开关。导通时，相当于开关处于闭合状态；关断时，相当于开关处于断开状态。

（二）双向晶闸管

双向晶闸管又叫双向可控硅，是各种可控硅派生器件中应用较为广泛的一种。由于双向晶闸管具有正、反向都能控制导通的特性，并且又有触发电路简单、工作稳定可靠等优点，因此在无触点交流开关电路中获得广泛的应用。

双向晶闸管是一个具有 $N-P-N-P-N$ 五层三端结构的半导体器件，电路符号、内部结构和等效电路如图 1-4-21 所示。它有 3 个电极，除控制极 G 外，另外两个电极分别称为第一阳极 A_1 和第二阳极 A_2 。它的文字符号常用 TLC、SCR、CT、KG 及 KS 等表示。

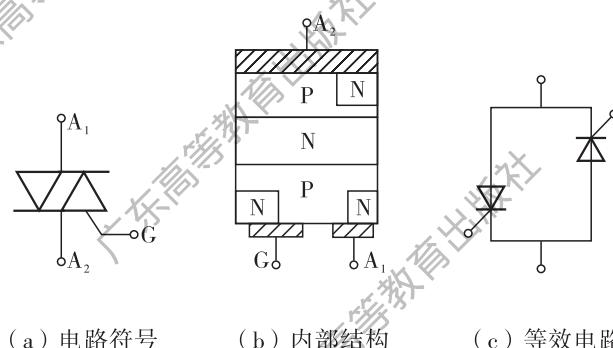


图 1-4-21 双向晶闸管电路符号、内部结构及等效电路

双向晶闸管的导电特性是：在第一阳极和第二阳极之间所加的交流电压无论是正向电压还是反向电压，在控制极上所加的触发脉冲无论是正脉冲还是负脉冲，都可以使它正向或反向导通。正脉冲就是控制极 G 接触发电源的正端，第二阳极 A_2 接触发电源的负端；施加负脉冲则与此相反。

（三）检测方法

晶闸管引脚排列依其品种、型号及功能的不同而不同。要正确使用晶闸管，必须正确识别晶闸管的各个引脚。

第一种检测方法，采用指针式万用表。先用 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡测量任意两个电极的电阻值，若正、反测量指针均不动，则可能是 A 、 K 极或者 G 、 A 极（对单向晶闸管而言），也可能是 A_1 、 A_2 极或者 A_2 、 G 极（对双向晶闸管而言）；若其中有一次测量数值为几十至几百欧姆，则必为单向晶闸管，且红表笔所接为阴极 K ，黑表笔所接为控制极 G ，余下则为阳极 A 。若正、反向测量指示的数值均为几十至几百欧姆，则必为双向晶闸管，其中必有一次阻值稍大，阻值稍大的一次红表笔接的是控制极 G ，黑表笔

接的是第一阳极 A_1 ，余下的是第二阳极 A_2 。

第二种检测方法，采用数字万用表。将数字万用表拨至“三极管挡”，红表笔固定任接某个引脚，黑表笔依次接触另外两个引脚，如果在两次测量中，一次显示值小于1V，另一次显示溢出符号“OL”或“1”，则表明红表笔接的引脚不是阴极K(对单向晶闸管而言)就是第一阳极 A_1 (对双向晶闸管而言)。若红表笔固定任接某一引脚，黑表笔接第二个引脚时显示数值为0.6~0.8V，黑表笔接第三个引脚时显示溢出符号“OL”或“1”，且红表笔所接的引脚与黑表笔所接的第二个引脚对调时，显示的数值由0.6~0.8V变为溢出符号“OL”或“1”，则可以判断该晶闸管为单向晶闸管，此时红表笔所接的引脚是阴极K，第二个引脚是控制极G，第三个引脚是阳极A。若红表笔固定任接某一引脚，黑表笔接第二个引脚时显示的数值为0.2~0.6V，黑表笔接第三个引脚显示溢出符号“OL”或“1”，且红表笔所接的引脚与黑表笔所接的第二个引脚对调时，显示的数值在0.2~0.6V间，就可以判断该晶闸管为双向晶闸管，此时红表笔所接的引脚是第一阳极 A_1 ，第二个引脚是控制极G，第三个引脚是第二阳极 A_2 。

(四) 应用实例

晶闸管通常应用在过压保护电路、移相电路、触发电路、定时电路等电路中。

RC触发双向晶闸管调压电路如图1-4-22所示。

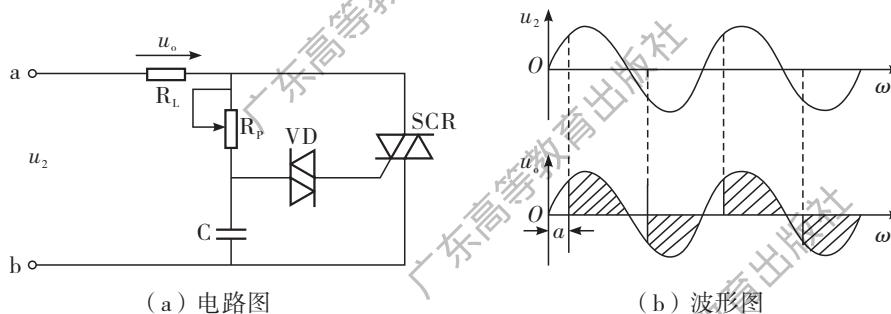


图1-4-22 RC触发双向晶闸管调压电路

当交流电压 u_2 为正半周 (a点为正、b点为负)，在晶闸管SCR导通前， u_2 经负载 R_L 和电位器 R_p 给电容C充电。当电容两端电压 u_c 增大到某一固定值时，双向触发二极管VD导通，电容电压 u_c 便通过双向触发二极管向晶闸管控制极放电，使晶闸管受触发而导通，负载电流流通路径为 $a \rightarrow R_L \rightarrow SCR \rightarrow b$ 。双向晶闸管SCR导通后，触发电路被短接。

当交流电源电压 u_2 过零反向 (b点为正、a点为负) 时，双向晶闸管SCR自行关断。这时电容C被反向充电，当反向电压达到某一固定值时，双向触发二极管VD反向导通，从而触发双向晶闸管反向导通，负载电流流通路径为 $b \rightarrow SCR \rightarrow R_L \rightarrow a$ 。由于触发电路工作在交流电路中，因此正、负两个半周对称地分别产生一个正脉冲和负脉冲，施加于双向晶闸管的控制极，使双向晶闸管在正、负半周内对称地各导通一次。

增大电位器 R_p 的阻值，电容器C充电速度变慢，即延迟了 u_c 达到使双向触发二极

管导通的时间，也即增大了控制角 α ，使双向晶闸管的导通角减小，输出电压降低；反之输出电压升高，从而达到调压的目的。



任务评价

任务评价内容及标准见表 1-4-3。

表 1-4-3 任务评价内容及标准

评价项目	评价内容	评价标准
理论知识 (40 分)	稳压电路作用及种类	理论部分采用测试考查，实操部分现场评分。 A 级 (31 ~ 40 分)、B 级 (21 ~ 30 分)、C 级 (11 ~ 20 分)、D 级 (0 ~ 10 分)
	硅稳压管稳压电路组成及工作原理	
	三端集成稳压器的作用及运用	
	三端可调式集成稳压电路组成	
	晶闸管符号、结构及检测	
实操技能 (40 分)	测试波形	
安全规范 (20 分)	操作规范	根据实操过程现场评分
	注意用电安全	
	操作结束，工位干净整洁	

项目实训 1 制作与调试扩音机电源电路

(一) 概述

1. 电路图

扩音机电源电路如图 1-5-1 所示。

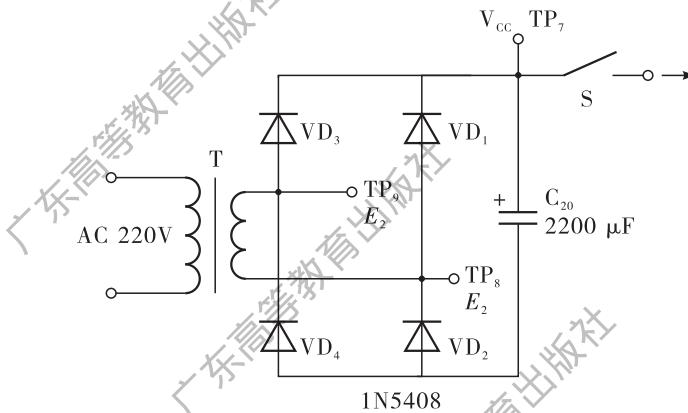


图 1-5-1 扩音机电源电路

2. 元件列表

元器件如实训表 1-5-1 所示。

表 1-5-1 扩音机电源电路元器件表

编号	标称	名称	型号及规格	数量
1	C ₂₀	电容器	2200 μF	1 个
2	VD ₁ 、VD ₂ 、VD ₃ 、VD ₄	二极管	1N5408	4 个
3	T	电源变压器	220 V/18 V	1 个
4	TP	测试针		若干
5		短路器测试端子		1 个
6	S	短路盖	黑色	1 个
7		印刷电路板	专用	1 块
8	J ₁	接插口		1 个

3. 电路装配线路板

电路装配线路板图如图 1-5-2 所示。

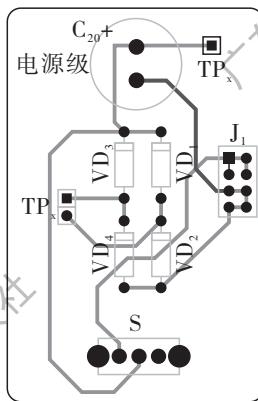


图 1-5-2 电路装配线路板图

(二) 装配与调试

1. 装配注意事项

- (1) 焊接要求：所有插入焊盘的元器件引线及导线均采用直脚焊，剪脚留头在焊面以上 1 ± 0.5 mm，焊点要求光滑、光亮、防止虚焊、搭焊和散锡。
- (2) 所有元器件焊接前均应对引脚进行清洁处理。
- (3) 二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 全部卧装，贴紧线路板。注意二极管的极性不要接反。
- (4) 电解电容器 C_{20} 采用立式安装，电容器底部尽量贴近线路板。
- (5) 确认元件极性标记与线路板上的极性标记一致。

2. 测量记录

- (1) T 为电源变压器，将 220 V 交流电（初级）降至 $U_2 \approx 16 \sim 18$ V（次级，测试端口： T_8 、 T_9 ）的交流电。
- (2) 空载时（即 S 开路），测量 $V_{cc} = \underline{\hspace{2cm}}$ V $\approx \underline{\hspace{2cm}}$ (0.707, 1.2, 1.4) U_2 。
- (3) 负载时（即 S 接通），测量 $V_{cc} = \underline{\hspace{2cm}}$ V $\approx \underline{\hspace{2cm}}$ (0.707, 1.2, 1.4) U_2 。

(三) 电路组成与功能

T 为电源变压器，将 220 V 交流电降至 16 ~ 18 V 的交流电。 $VD_1 \sim VD_4$ 组成单相桥式整流电路，其作用是将交流电变为脉动直流电。 C_{20} 是滤波电容器，其作用是将脉动直流电变为较平滑直流电。

项目实训 2 制作与调试调光台灯

(一) 概述

1. 电路图

调光台灯电路如图 1-6-1 所示。

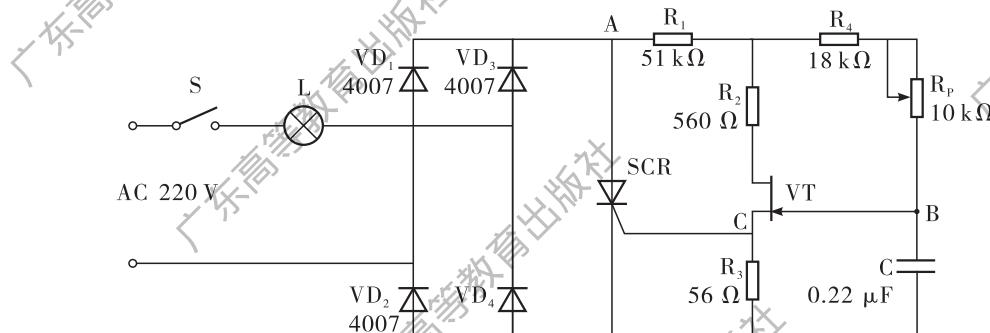


图 1-6-1 调光台灯电路

2. 元件列表

元器件清单如表 1-6-1 所示。

表 1-6-1 调光台灯电路元器件表

编号	标称	名称	型号及规格	数量	编号	标称	名称	型号及规格	数量
1	C	电容器	0.22 μF	1 个	8	VD ₁ 、VD ₂ 、 VD ₃ 、VD ₄	二极管	1N4007	4 个
2	L	电感器	220 V/25 W	1 个	9	SCR	晶闸管	MCR100-6	1 个
3	R ₁	电阻器	51 kΩ	1 个	10	VT	单结三极管	BT33	1 个
4	R ₂	电阻器	560 Ω	1 个	11	S	开关	专用	1 个
5	R ₃	电阻器	56 Ω	1 个	12		印刷电路板	专用	1 块
6	R ₄	电阻器	18 kΩ	1 个	13		二位接线 端子		2 个
7	R _p	电位器	10 kΩ	1 个					

3. 电路装配线路板

④ 电路装配线路板如图 1-6-2 所示。

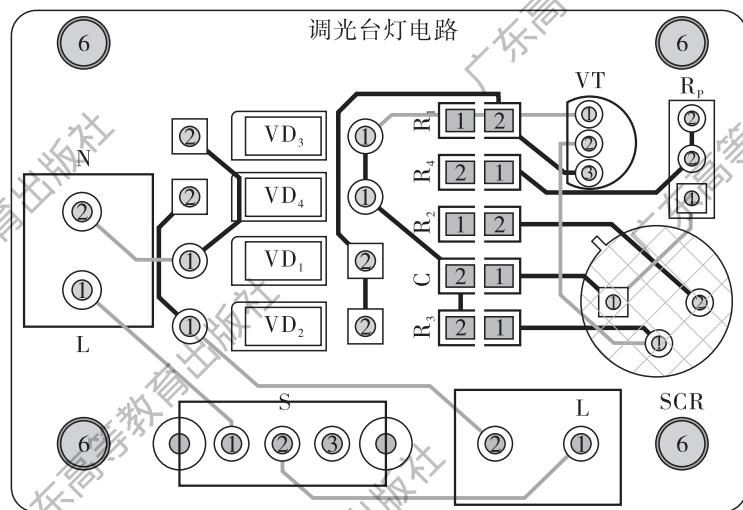


图 1-6-2 调光台灯电路装配线路板图

(二) 装配与调试

1. 装配注意事项

- (1) 电路装配前需做好防静电。
 - (2) 注意元件安装的位置, 对应标号焊接。
 - (3) 注意单结三极管的引脚。
 - (4) 检查是否漏焊或者虚焊。
 - (5) 调试时注意安全, 由于电路直接与交流电 220 V 相连, 调试时应注意安全, 防止触电。
 - (6) 接通电源, 观察调光灯静态现象, 确定无冒烟、无异味、电源有无短路等现象, 确认后方可进行下一步测量与调试

2. 测量记录

- (1) 调节 R_p ，测量电灯 L 两端电压变化。万用表置于交流电压 250 V 挡，闭合开关 S，由大到小缓慢调节 R_p ，观察电灯发光与万用表指针变化情况，记录 R_p 最大和最小时的万用表指针读数，填写表 1-6-2。

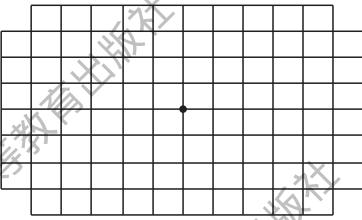
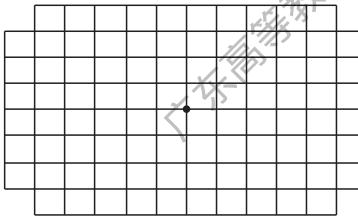
表 1-6-2 测量数据记录

R_p 阻值	电灯发光情况（亮或暗）	万用表读数
最大时		
最小时		

2. 测量电容器 (B 点) 信号波形

用示波器测量电容器 (B 点, 见图 1-6-1) 信号波形, 记录在表 1-6-3 中。

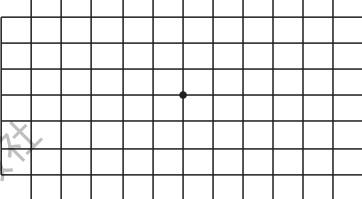
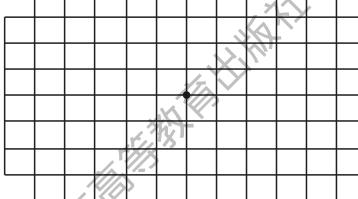
表 1-6-3 电容器 (B 点) 信号波形

灯最亮时	灯最暗时
	
时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ 周期: _____ U_{p-p} : _____	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ 周期: _____ U_{p-p} : _____

3. 测量晶闸管控制极 (C 点) 信号波形

用示波器测量晶闸管控制极 (C 点, 见图 1-6-1) 信号波形, 记录在表 1-6-4 中。

表 1-6-4 晶闸管控制极 (C 点) 信号波形

灯最亮时	灯最暗时
	
时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ 周期: _____ U_{p-p} : _____	时间挡位: _____ 幅度挡位: _____ 周期: _____ U_{p-p} : _____

4. 调光台灯常见故障排除

表 1-6-5

故障现象	故障原因
电灯不亮, 不可调光	检测晶闸管是否损坏, 电容 C 是否损坏
亮度调节失效	检测电阻 R_4 是否开路, R_p 是否接触不良或者晶闸管性能不良

(三) 电路组成和功能

调光台灯电路由 VT、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_p 、C 组成单结三极管张弛振荡器。接通电源前, 电容器 C 上电压为零。接通电源后, 电容经由 R_4 、 R_p 充电, 电容器上的电压 U 逐渐升高。当达到峰点电压时, 晶闸管 SCR 的 e—b₁ 间导通, 电容上电压经 e—b₁ 向电阻器 R_3 放电。当电容器上的电压降到谷点电压时, 单结三极管恢复阻断状态。此后, 电容器又重新充电, 重复上述过程, 结果在电容器上形成锯齿状电压, 在 R_2 上形成脉冲电压。此脉冲电压作为晶闸管 SCR 的触发信号。在 VD_1 ~ VD_4 桥式整流输出的每一个半波时间内, 振荡器产生的第一个脉冲为有效触发信号。调节 R_p 的阻值, 可改变触发脉冲的相位, 控制晶闸管 SCR 的导通角, 调节灯泡亮度。



知识拓展

LED 护眼灯

LED 照明是一种环保光源, 也是作为继白炽灯、荧光灯后第三代照明技术发展的成果, 具有节能、环保、安全可靠的特点。LED 照明不仅是未来照明领域新的生命力量源泉, 而且符合当前政府提出的“建设资源节约型和环境友好型社会”的要求, 未来 5 年内传统的白炽灯在我国将被逐步淘汰。

LED 护眼灯就是以 LED (Light Emitting Diode, 发光二极管) 为光源的节能护眼灯。LED 是一种固态的半导体器件, 它可以直接把电转化为光。

LED 护眼灯的优势有:

(1) 节能性: 采用 LED 光源的 LED 护眼灯能耗低, 效率高。一般 3~4 W 功率 LED 灯即可和传统的台灯媲美, 其亮度完全胜任阅读和学习之用。由于 LED 护眼灯具有极高的光电转化效率, 一般 150 小时耗电才 1 度, 具有非常好的节能性。

(2) 环保性: 传统的荧光灯含水银会造成污染。而 LED 护眼灯是由无毒材料制成, 并且 LED 也可以回收再利用, 无污染。和传统台灯发射的光线相比, LED 护眼灯不会有热量和紫外线, 无辐射, 防眩光, 可以直接安全触摸, 是新型的无污染、无辐射的环保光源。

(3) 长寿性: 理论上 LED 护眼灯 10 年可以不用更换灯泡, 使用寿命是普通灯泡的 80~100 倍, 远远超过其他灯泡。

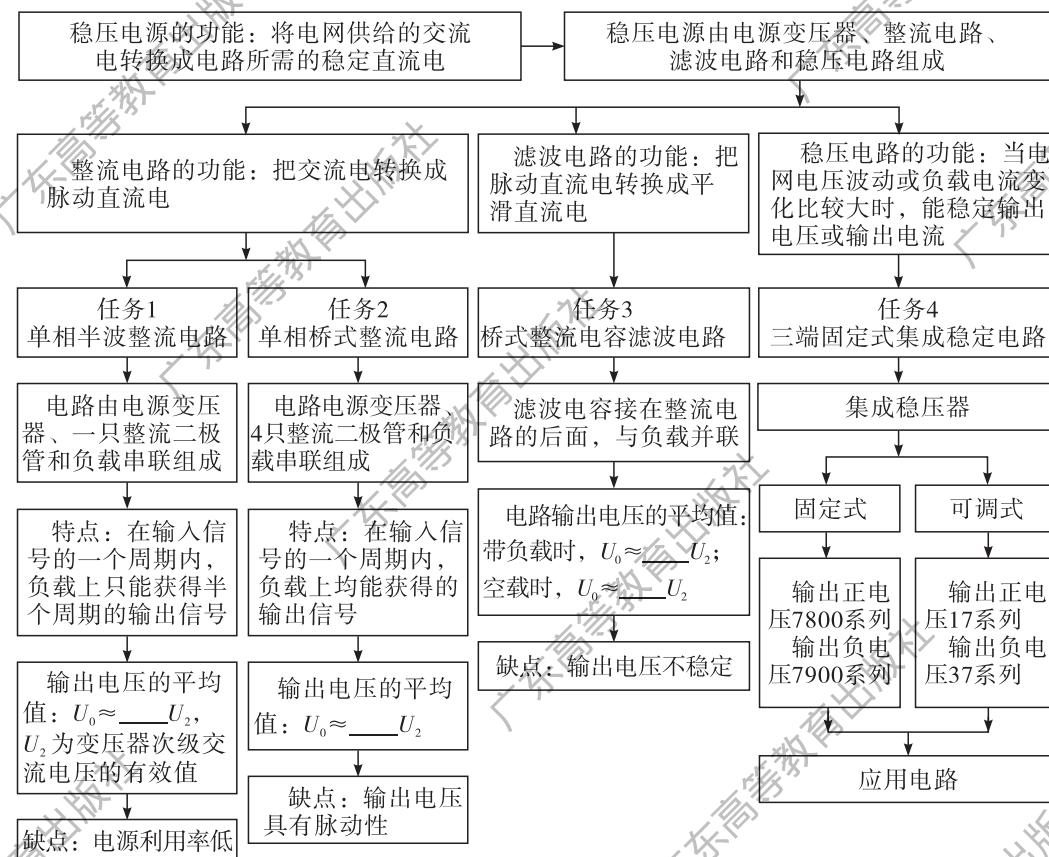
(4) 健康性: 半导体发光源没有白炽灯里的钨丝, 也没有荧光灯、节能灯里面的汞。

(5) 安全性: 一是 LED 护眼灯采用 12 V 低压直流供电, 36 V 是人体能够感觉到的最小电压, 小于 36 V 的电源对人体是安全的; 二是 LED 护眼灯的 LED 灯泡采用独有的 LED 工艺, 并无容易破碎的玻璃部件, 所以使用起来更安全放心。

(6) 舒适性: LED 护眼灯光源采用直流供电, 不会像使用交流电会产生频闪。LED 护眼灯发射的光线柔和, 不会闪烁, 即使直视也无炫目的感觉。

(7) 保护视力: 稍偏高的色温, 不会给人眼带来负担, 长时间阅读或工作不会有眼睛发疼发胀的现象。

项目总结





项目评价

项目评价内容及其依据见表 1-7-1。

表 1-7-1 项目评价内容及其依据

评价项目	评价内容	评价依据	自我评价	小组评价	教师评价
任务 1 (30 分)	二极管基本结构和伏安特性	能够完成各任务中的安装、焊接和测量，并能正确记录测试结果。			
	单相半波整流电路的作用和组成				
	单相半波整流电路的工作原理				
	单相半波整流电路的输出电压和输出电流值				
任务 2 (25 分)	单相桥式整流电路组成				
	单相桥式整流电路的工作原理				
	单相桥式整流电路的输出电压和输出电流值				
任务 3 (20 分)	滤波电路作用及种类				
	单相桥式单相式整流电容滤波电路组成				
	单相桥式单相式整流电容滤波电路工作原理				
	单相桥式整流电容滤波电路的输出电压和输出电流值				
任务 4 (15 分)	稳压电路作用及种类				
	硅稳压管稳压电路组成及工作原理				
	三端集成稳压器的作用及运用				
	三端可调式集成稳压电路组成				
	晶闸管符号、结构及检测				
职业素养 (10 分)	文明、规范操作	操作过程中文明操作，注意用电安全			
	团队协助				

思考与提高

(一) 填空题

- 本征半导体是指_____半导体。当温度升高时，本征半导体的导电能力会_____。
- PN结的正向接法是P型区接电源的_____极，N型区接电源的_____极。
- 二极管的伏安特性是指_____。二极管导通后，硅管的管压降约为_____，锗管约为_____。
- 将交流电转变为脉动直流电的过程称为_____。
- 已学过的单相整流电路有_____和_____两种电路形式。在输入交流电压同样大小情况下，输出脉动直流电压较大的是_____电路。
- 把脉动直流电转换成较平滑直流电的过程称为_____。
- 直流稳压电源是用于当交流电网电压变化时，或_____变动时，能保持_____电压基本稳定的直流电源。
- 三端固定式稳压器的三个端分别是_____、_____、_____。
- 三端固定式稳压器CW7800系列输出_____电压，CW7905的输出电压为_____V。
- 三端可调式稳压器CW×17系列输出_____电压，CW×37系列输出_____电压。

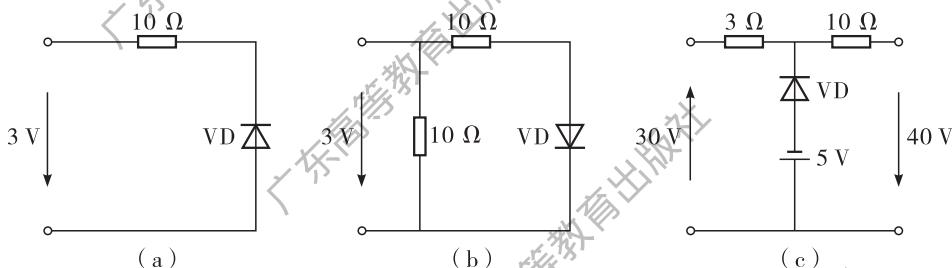
(二) 选择题(把正确答案的序首字母填入括号内)

- 下列半导体材料热敏特性较突出是()。
 - 本征半导体
 - P型半导体
 - N型半导体
- 如果二极管的正、反向电阻都很小，则该二极管()。
 - 正常
 - 已被击穿
 - 内部断路
- 在单相半波整流电路中，如果电源变压器次级感应电压为100V，则负载电压将是()V。
 - 100
 - 45
 - 90
- 在单相桥式整流电路中，若电源变压器次级感应电压为100V，则负载电压为()V。
 - 45
 - 50
 - 90
 - 120

5. 在电源变压器次级电压相同的情况下, 桥式整流电路输出电压是半波整流电路的()倍。
- A. 2 B. 0.45 C. 0.5 D. 1
6. 在单相桥式整流电路中, 如果1只整流二极管接反, 则()。
- A. 将引起电源短路 B. 将成为半波整流电路
- C. 仍为桥式整流电路
7. 单相桥式整流电路中, 如果任意1只二极管虚焊或脱焊, 那么输出电压 U_o ()。
- A. 为正常情况下的一半 B. 与正常情况下相同
- C. 比正常情况下的稍大
8. 要获得-9V的稳定电压, 集成稳压器的型号应选用()。
- A. CW7812 B. CW7909 C. CW7912 D. CW7809

(三) 问答题

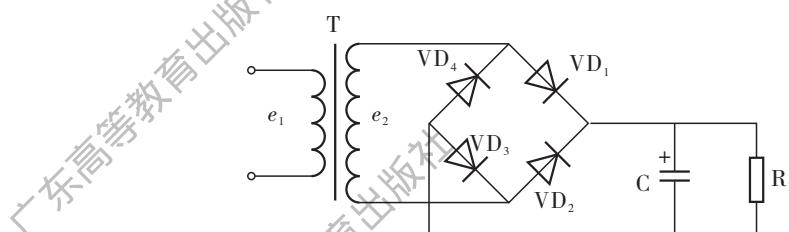
判断练习图1-1中哪些二极管是导通的?



练习图1-1

(四) 分析计算题

桥式整流电容滤波电路如练习图1-2所示。已知 $R_L=400\Omega$, $C=1000\mu F$, 用交流电压表量得 $U_2=20V$ (e_2 有效值), 现在用直流电压表测量 R_L 两端电压(记作 U_o):
 ①如果C断开, U_o 为多少? ②如果 R_L 断开, U_o 为多少? ③如果 VD_1 断开, U_o 为多少?
 ④如果电路完好, U_o 为多少?



练习图1-2