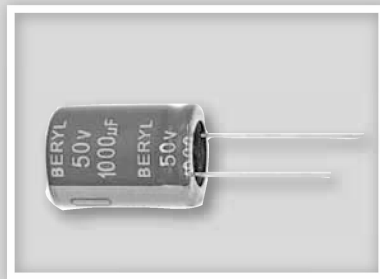
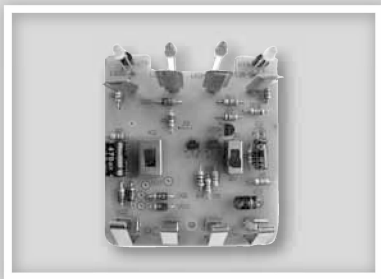
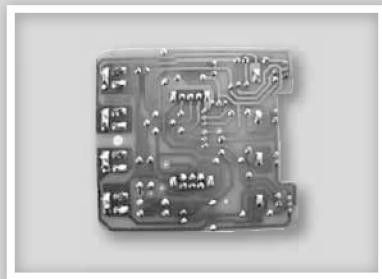


项目一

制作与调试简单直流稳压电源



项目介绍

这里所说的直流电源是指能够对市电进行处理,同时向其他用电设备提供一定直流电压的电路。直流稳压电源是一种当电网电压波动或负载变化时,能够保持输出直流电压基本不变的电源电路。直流稳压电路的结构如图 1-0-1 所示,一般分为变压、整流、滤波和稳压这四个部分。交流电压经过变压器变压后得到合适的次级电压,再经过整流电路整流,经滤波电路滤波后,送入稳压电路稳压,在输出端得到稳定的直流电压。

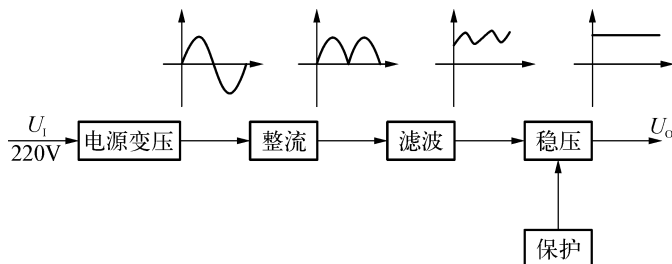


图 1-0-1 直流稳压电路的结构图

学习目标

- 理解整流、滤波、稳压电路的构造及工作原理。
- 掌握二极管的基础知识,熟记二极管桥式整流电路的原理图。
- 了解二极管桥式整流电路原件选择方法。
- 学会使用示波器桥式整流电路输出电压波形。
- 掌握桥式整流电路制作方法。
- 掌握电容滤波电路制作方法。
- 掌握具有放大环节的串联型稳压电路制作方法。
- 通过直流稳压电源电路的制作和测试,理解电路的工作原理。

任务一

制作与调试二极管整流电路



知识准备

一、相关概念

1. 交流电

大小和方向随时间作周期性变化的电压称为交流电。

2. 直流电

大小随时间变化、方向不随时间变化的电压称为直流电。

3. 整流

把交流电转变为脉动直流电的过程称为整流。利用二极管的单向导电性,可以实现整流。

二、整流电路

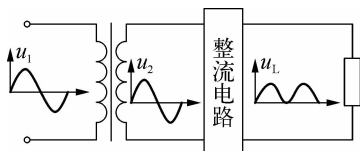


图 1-1-1 整流电路图

整流电路是直流电源的核心部分,是可以把交流电转变为直流电的电路(图1-1-1)。一般的整流电路是利用二极管的单向导电性,把正、负交变的电压变成单方向脉动的直流电压。整流电路有三相整流电路和单相整流电路。三相整流电路是可以把三相电转变为直流电的电路,

同样,单相整流电路是可以把单相电转变为直流电的电路。

常用的整流电路有单相半波整流电路和单相桥式整流电路。

三、二极管

二极管是最简单的半导体器件,不管哪种整流电路,其核心器件都是二极管。在工厂里,用掺杂的办法把本征半导体的不同区域制成 P 型和 N 型半导体,在结合处会形成一个特殊的薄层即 PN 结,一个 PN 结即成为一只二极管。

1. 二极管的结构与电路符号

将一个 PN 结从 P 区和 N 区各引出一个电极,并用玻璃或塑料制造的外壳封装起来,就制成了一个二极管,如图 1-1-2(a) 所示。

由 P 区引出的电极为正(+)极,也称为阳极;由 N 区引出的电极为负(-)极,也称为阴极。

二极管的文字符号用“VD”表示,如图 1-1-2(b) 所示,符号中的三角形表示通过二极管正向电流的方向。

根据制造材料的不同,有硅二极管和锗二极管之分。

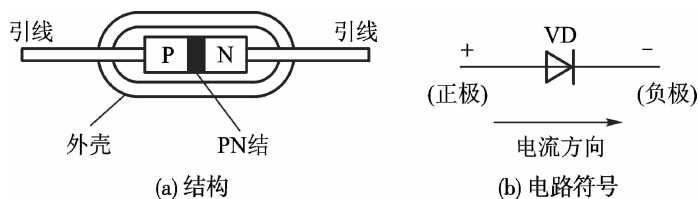


图 1-1-2 二极管的结构与电路符号

常用二极管的实物图,如图 1-1-3 所示。

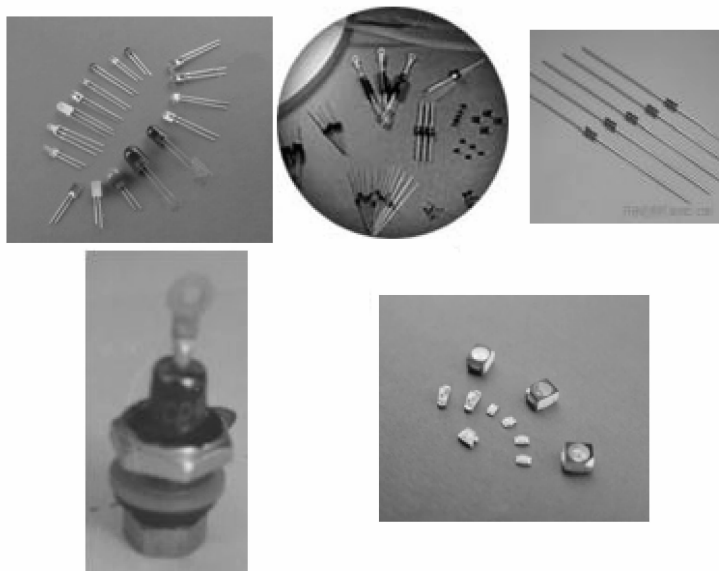


图 1-1-3 二极管的实物照片图

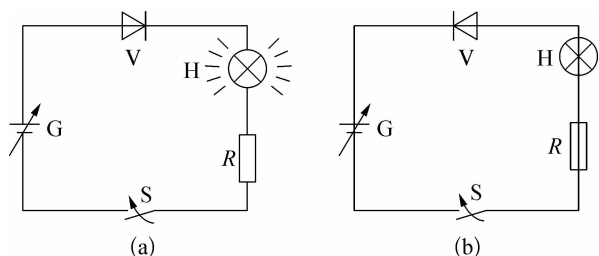


图 1-1-4 二极管单向导电性测试

“正偏”), 二极管导通, 指示灯亮。

如果按图 1-1-4(b)连接电路, 直流电源正极接二极管负极, 电源负极接二极管的正极(称为“反向偏置”, 简称“反偏”), 二极管不导通, 指示灯不亮。

结论: 电路中的元件 V 具有单向导电性, 这个元件就是二极管。

3. 二极管的特性曲线

所谓“伏安特性”, 是指加到元器件两端的电压与通过电流之间的关系。二极管的伏安特性曲线如图 1-1-5 所示。

(1) 正向特性 是指二极管加正偏电压时的伏安特性。

当二极管两端所加的正偏电压 U 小于某一值的时候, 正向电流 I 近似为 0, 二极管处于截止状态。

当正偏电压 U 不低于某一值的时候, 正向电流 I 迅速增加, 二极管处于正向导通状态。且正偏电压 U 的微小增加都能使正向电流 I 急剧增大, 如图 1-1-5 中 AB 段所示。

正偏电压从 0 V 至该值的范围通常称为“死区”, 该电压值称为“死区电压”。硅二极管的死区电压约为 0.5 V, 锗二极管约为 0.2 V。

当二极管正常导通后, 所承受的正向电压称为管压降(硅二极管约 0.7 V, 锗二极管约 0.3 V)。这个电压比较稳定, 几乎不随流过的电流大小而变化。

(2) 反向特性 是指二极管加反偏电压时的伏安特性, 为图 1-1-5 中的第三象限曲线。

当二极管的两端加反向电压时, 反向电流很小(称为反向饱和电流), 二极管处于截止状态, 而且在反向电压不超过某一限度时, 反向饱和电流几乎不变。

当反向电压增大到一定数值 U_{BR} 时, 反向电流会突然增大, 这种现象称为反向击穿, 与之相对应的电压称为反向击穿电压(U_{BR})。

2. 二极管基本特性

二极管具有单向导电性。所谓单向导电性就是电流只能从二极管的正极流向负极, 不能从负极流向正极, 我们来看下面的实验。

按图 1-1-4(a)连接电路, 直流电源正极接二极管正极, 电源负极接二极管的负极(称为“正向偏置”, 简称

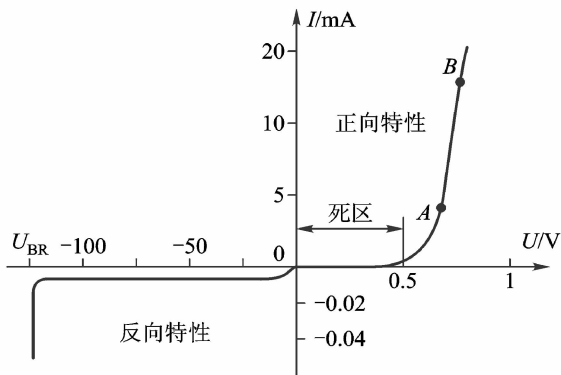


图 1-1-5 二极管的特性曲线

4. 二极管的种类

(1) 按制造工艺分类

- ① 点接触型：PN 结接触面积较小，工作电流小，常用于高频小信号电路。
- ② 面接触型：PN 结接触面积较大，工作电流大，常用于低频大信号电路。
- ③ 平面型：PN 结接触面积较大，工作电流大，常用于大功率的信号电路。

(2) 按制造材料分类 可分为硅二极管和锗二极管。硅二极管的热稳定性较好，锗二极管的热稳定性相对较差。

(3) 按用途分类 可分为整流二极管、稳压二极管、发光二极管、光电二极管和变容二极管等。

① 光电二极管：光电二极管的结构与普通二极管相似，但在它的 PN 结处，通过管壳上的玻璃窗口能接收外部的光照(图 1-1-6)。

这种器件在反向偏置状态下运行，反向电流随光照强度的增加而上升。

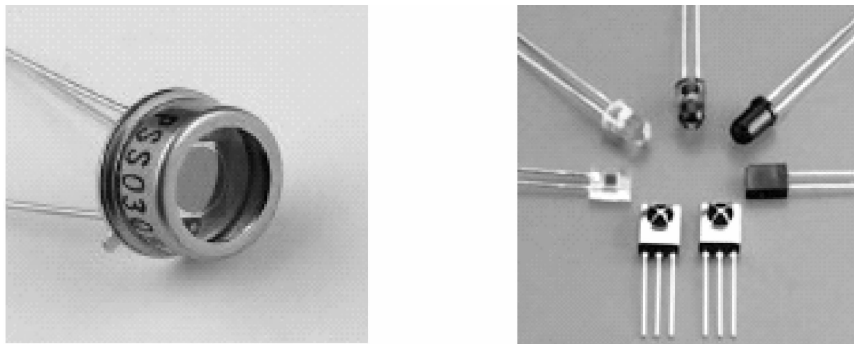


图 1-1-6 光电二极管

② 发光二极管：发光二极管通常由砷化镓、磷化镓等材料制成。当有电流通过时，管子可以发出光来。发光二极管常用来作为显示器件，除单个使用外，也常做成七段数码显示器(图 1-1-7)。

③ 变容二极管：变容二极管是利用 PN 结的电容效应工作的一种特殊二极管，它工作

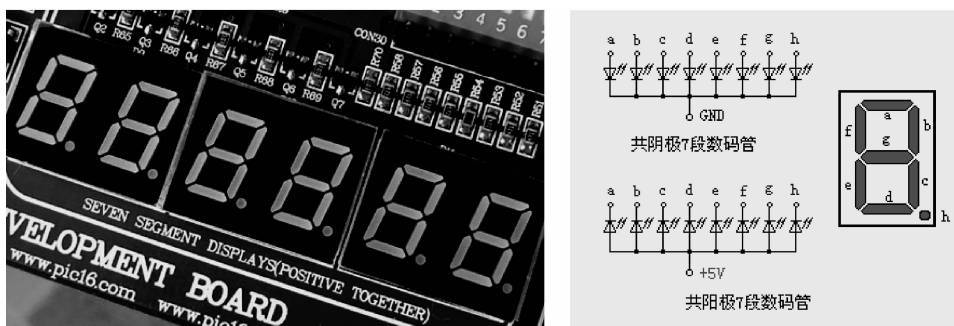


图 1-1-7 发光二极管

在反向偏置状态,改变反偏直流电压,就可以改变其电容量。

变容二极管应用于谐振电路中,例如在电视机电路中把变容二极管作为调谐回路的可变电容器,实现频道的选择。

5. 用万用表检测二极管

在实际应用中,常用万用表电阻挡对二极管进行极性判别及性能检测。

测量时,选择万用表的电阻挡 $R \times 100$ (也可以选择 $R \times 1 \text{ k}$ 挡),将万用表的红、黑表笔分别接二极管的两端。

(1) 测得电阻值较小时,黑表笔接二极管的一端为正极(+),红表笔接的另一端为负极(-),如图 1-1-8(a)所示,此时测得的阻值称为正向电阻。

(2) 测得电阻值较大时,黑表笔接二极管的一端为负极(-),红表笔接的另一端为正极(+),如图 1-1-8(b)所示,此时测得的阻值称为反向电阻。

正常的二极管测得的正、反向电阻应相差很大。如正向电阻一般为几百欧至几千欧,而反向电阻一般为几十千欧至几百千欧。

(3) 测得电阻值为 0Ω 时,将二极管的两端或万用表的两表笔对调位置,如果测得的电阻值仍为 0Ω ,表明该二极管内部短路,已经损坏。

(4) 测得电阻值为无穷大时,将二极管的两端或万用表的两表笔对调位置,如果测得的电阻值仍为无穷大,表明该二极管内部开路,已经损坏。

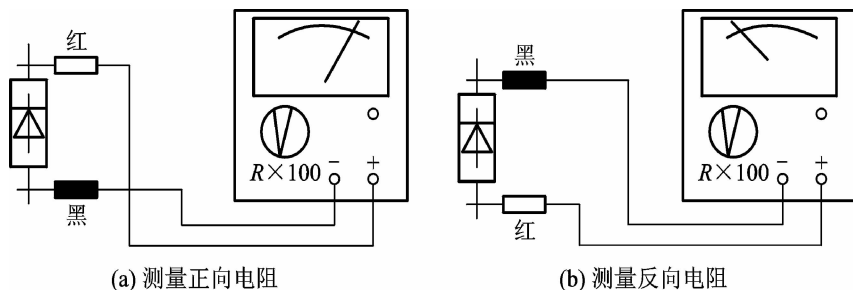


图 1-1-8 用万用表检测二极管

四、半波整流电路

1. 电路

如图 1-1-9(a)所示,半波整流电路由电源变压器 T 、整流二极管 V 和负载电阻 R_L 组成。

(1) V 整流二极管,把交流电变成脉动直流电。

(2) T 电源变压器,把 u_1 变成整流电路所需的电压 u_2 。

2. 工作原理

设 u_2 为正弦波,波形如图 1-1-9(b)所示。

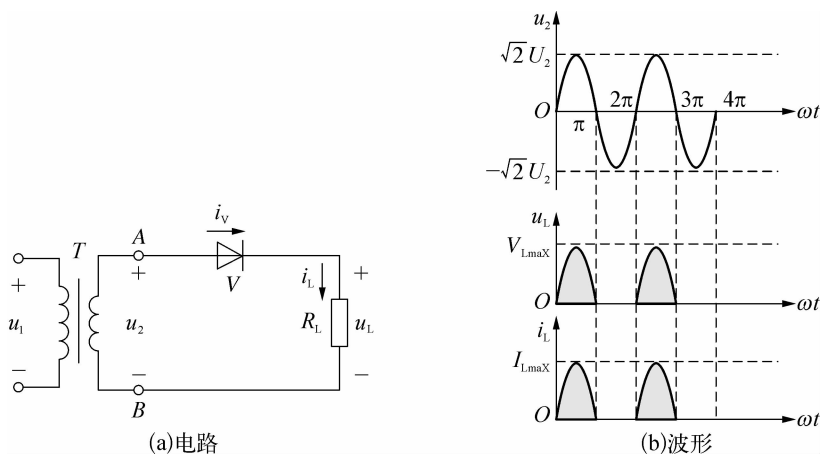


图 1-1-9 二极管半波整流

- (1) u_2 正半周时, A 点电位高于 B 点电位, 二极管 V 正偏导通, 则 $u_L \approx u_2$ 。
- (2) u_2 负半周时, A 点电位低于 B 点电位, 二极管 V 反偏截止, 则 $u_L \approx 0$ 。

由波形可见, v_2 一周期内, 负载只有单方向的半个波形, 这种大小波动、方向不变的电压或电流称为脉动直流电。上述过程说明, 利用二极管单向导电性可把交流电 v_2 变成脉动直流电 v_L 。由于电路仅利用 v_2 的半个波形, 故称为半波整流电路。

3. 负载和整流二极管上的电压和电流

- (1) 通过数学分析可得, 负载上的电压是指一个周期内脉动电压的平均值:

$$U_L = 0.45U_2$$

- (2) 流过负载 R_L 上的直流电流:

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{0.45U_2}{R_L}$$

- (3) 流过整流二极管的平均电流 I_V 与流过负载的电流相等:

$$I_V = I_L = \frac{0.45U_2}{R_L}$$

- (4) 当二极管截止时, 它承受的反向峰值电压 U_{RM} 是变压器次级电压的最大值:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 \approx 1.41U_2$$

五、桥式整流电路

1. 电路

桥式整流电路如图 1-1-10(a) 所示。 $V_1 - V_4$ 为整流二极管, 电路为桥式结构。

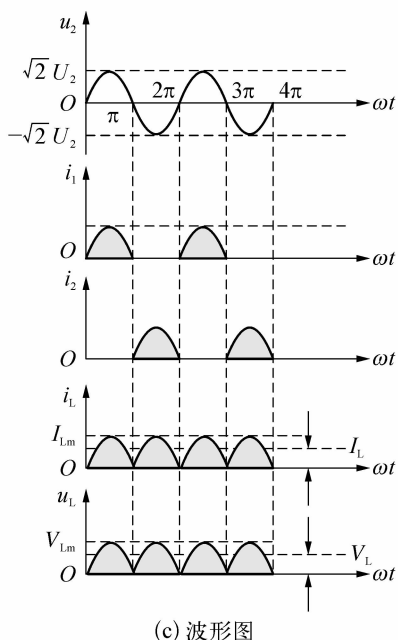
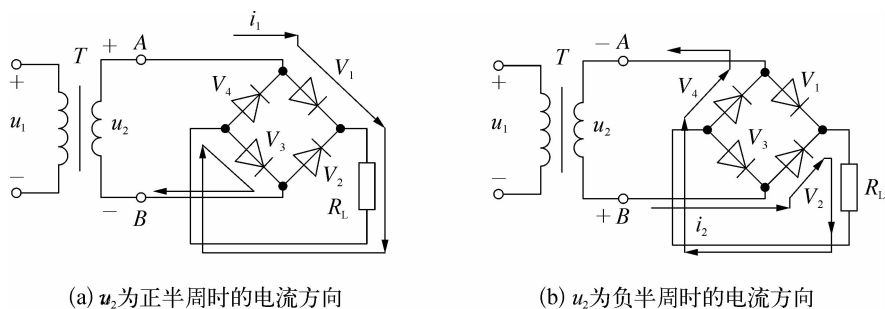


图 1-1-10 桥式整流电路

2. 工作原理

(1) u_2 正半周时,如图 1-1-10(a)所示,A 点电位高于 B 点电位,则 V_1 、 V_3 导通(V_2 、 V_4 截止), i_1 自上而下流过负载 R_L 。

(2) u_2 负半周时,如图 1-1-10(b)所示,A 点电位低于 B 点电位,则 V_2 、 V_4 导通(V_1 、 V_3 截止), i_2 自上而下流过负载 R_L 。

由波形图 1-1-10(c)可见, u_2 一周期内,两组整流二极管轮流导通产生的单方向电流 i_1 和 i_2 叠加形成了 i_L 。于是负载得到全波脉动直流电压 u_L 。

3. 负载和整流二极管上的电压和电流

桥式整流负载电压和电流是半波整流的两倍。

(1) 负载电压为:

$$U_L = 0.9U_2$$

(2) 负载电流为:

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{0.9U_2}{R_L}$$

(3) 流过每个二极管的电流都等于负载电流的一半,即:

$$I_V = \frac{1}{2}I_L$$

(4) 二极管承受反向峰值电压为:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$

单相桥式整流电路输出电压高,纹波小,对变压器和二极管的要求较低,因此应用广泛。桥式整流电路简化画法如图 1-1-11 所示。

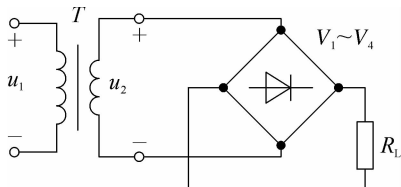


图 1-1-11 桥式整流电路简化画法

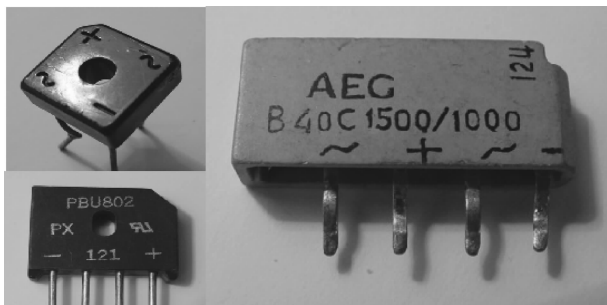


图 1-1-12 整流桥实物图

4. 整流桥堆

整流元件组合件称为整流堆,常见的有半桥 2CQ 型,如图 1-1-12 所示,国产硅桥堆电流为 1~10 mA,耐压为 25~1 000 V。



任务实施

一、任务布置

制作二极管桥式整流电路。依据所给的电路原理图及元件表,选择器件,在通用 PCB 板上进行合理布局,并焊接制作电路,用示波器测试电路的输出波形,体验二极管整流电路的作用。

二、任务目标

- (1) 增强专业意识,培养良好的职业道德和职业习惯。
- (2) 理解整流电路的工作原理。

- (3) 掌握桥式整流电路制作方法。
- (4) 熟记二极管桥式整流电路的原理图。
- (5) 了解二极管桥式整流电路原件选择方法。
- (6) 学会使用示波器桥式整流电路输出电压波形。

三、制作电路

- (1) 按图 1-1-13 所示原理图在万能板上将电路制作完成。

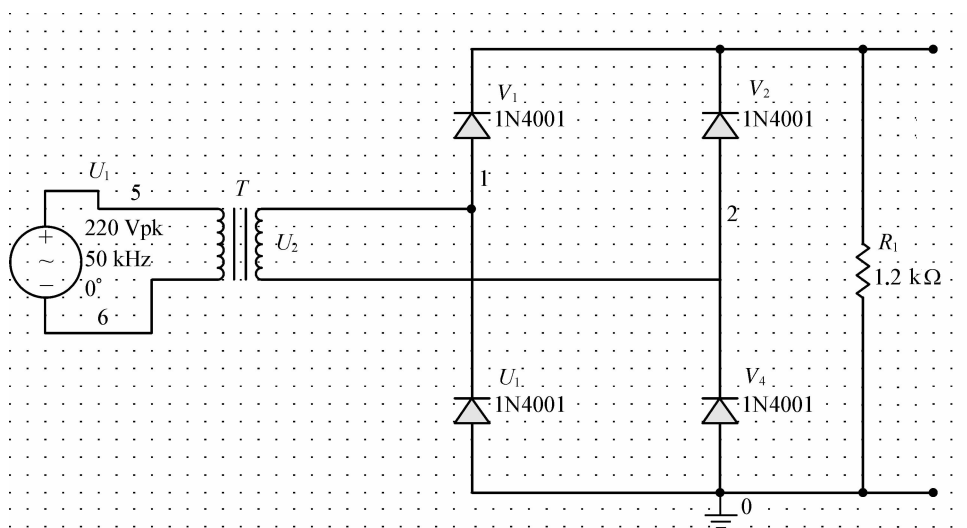


图 1-1-13 原理图

- (2) 元件清单(表 1-1-1)

表 1-1-1 元件清单列表

名称	规格	数量	名称	规格	数量
变压器	12 V	1	导线	Φ3 mm	20 cm
二极管	1N4001	4			
电阻	1.2 kΩ	1			
万能板	有连线	1			

四、实训步骤

- (1) 识别与检测元器件(表 1-1-2)。若有元器件损坏,请说明情况。

表 1-1-2 元件测试表

类 型 \ 项 目		档 位 _____		质 量 判 别	
		正 向	反 向	好	坏
二极管 的测量	1N4007				
电阻的测量	1.2 k 色环为 _____				

(2) 依据所给原理图设计电路安装接线图:

- ① 电路布局合理。
- ② 走线美观。
- ③ 连线要横平竖直。
- ④ 尽量少用短接线。
- ⑤ 电路不要有交叉线。

(3) 焊接并测试

① 焊接: 根据安装接线图进行焊接组装电路。

注意: 按照先低小元件、后高大元件的顺序依次插元件并焊接。

② 测试:

第一步: 通电前检查。首先检查电路各部分接线是否正确, 有无漏焊、虚焊, 检查电源、地线、信号线、元器件引脚间有无开路、短路等现象, 器件有无接错。

第二步: 具体测试内容:

a. 接入电路所要求的电源电压, 观察电路中各部分器件有无异常现象, 如出现异常, 应立即断电, 待排除故障后再重新接电。

b. 将变压器次级的 12 V/50 Hz 交流电电压加到电路输入端。用示波器同时观察输入和输出电压的波形, 并记录此时的输入和输出电压 (R_L 两端) 的波形。输入电压波形和输出电压波形之间不同之处在于输入是 _____ (双向正弦交流/单向全波) 的波形, 输出是 _____ (双向正弦交流/单向全波) 的波形。并用万用表检测电阻 R_L 两端的电压并记录 $U_L =$ _____ V。

c. 保持检测步骤 a, 将二极管 V_2 断开。再用示波器同时观察输入和输出电压 (R_L 两端) 的波形, 并记录输出电压波形, 并和检测步骤 b 中测试的输出电压波形比较, 判断两者 _____ (相同/不相同), 原因是电路由 _____ (桥式/半波) 整流电路变为 _____ (桥式/半波) 整流电路。并用万用表检测电阻 R_L 两端的电压并记录 $U_L =$ _____ V。

d. 在保持检测步骤 a 基础上, 将所有二极管同时反接。用示波器同时观察输入和输出电压 (R_L 两端) 的波形, 并记录输出电压波形, 并和检测步骤 b 中测试的输出电压波形比较, 它们 _____ (一样/不一样), 原因是电压极性 _____ (发生/不发生) 变化。并用万

用表检测电阻 R_L 两端的电压并记录 $U_L = \underline{\hspace{2cm}}$ V。

结论：二极管桥式整流电路是利用了二极管 的特性，从而实现了整流。经整流后的输出波形与 (半波/全波) 整流电路的输出波形大致相同。

(4) 制作与调试考核(表 1-1-3)

表 1-1-3 电路制作与调试评分表

评价项目	评价内容	配分	评分标准	得分
实训态度	1. 实训的积极性； 2. 安全操作规程的遵守情况； 3. 纪律遵守情况	20 分	积极参加实训，遵守安全操作规程和劳动纪律，有良好的职业道德和敬业精神。违反安全操作规程扣 20 分，其余不达要求酌情扣分	
元器件的识别与检测	1. 元器件识别； 2. 元器件检测	10 分	不能识别元器件，每个扣 1 分；不会检测元器件，每个扣 1 分	
元器件成型及插装	1. 元器件按工艺要求成型； 2. 元器件插装符合工艺要求； 3. 元器件排列整齐	20 分	元器件成型不符合工艺要求每处扣 1 分；插装错误每处扣 3 分；排列不整齐、混乱，每处扣 1 分	
焊接	1. 焊点表面光滑、大小均匀、无虚焊、漏焊、搭焊等现象； 2. 焊盘无断裂、翘起、脱落等现象； 3. 符合安全文明生产要求	20 分	不符合评价内容 1，每处扣 1 分；不符合评价内容 2，每处扣 3 分；不符合评价内容 3，扣 3~15 分	
测量	1. 能正确使用仪器仪表； 2. 能正确读数	10 分	测量方法不正确，扣 2~5 分；不能正确读数，扣 2~5 分	
调试	能正确按操作要求对电路调整	20 分	不能按操作要求进行调试，扣 5~20 分	



知识拓展

整流电路设计

选管应遵循以下条件：

- (1) 二极管允许的最大反向电压应大于承受的反向峰值电压；

(2) 二极管允许的最大整流电流应大于流过二极管的实际工作电流。

【例 1-1-1】 某桥式整流电路, 负载 $R_L = 36 \Omega$, 通过负载的电流 $I_L = 3 \text{ A}$, 试求变压器的次级电压有效值并选择整流二极管。

解: 变压器的次级电压有效值为:

$$U_L = I_L \times R_L = 3 \times 36 = 108 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{U_L}{0.9} = \frac{108}{0.9} = 120 \text{ V}$$

二极管的最高反向电压为:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 120 \approx 170 \text{ V}$$

二极管的最大整流电流为:

$$I_V = \frac{1}{2}I_L = \frac{1}{2} \times 3 = 1.5 \text{ A}$$

根据这两个数据, 查晶体管手册, 可选 2CZ56D 型硅整流二极管四只, 满足电路的要求。

【例 1-1-2】 有一直流负载, 需要直流电压 $U_L = 60 \text{ V}$, 直流电流 $I_L = 4 \text{ A}$ 。若采用桥式整流电路, 求电源变压器次级电压 U_2 , 并选择整流二极管。

$$\text{解: } \because U_L = 0.9U_2 \quad \therefore U_2 = \frac{U_L}{0.9} = \frac{60 \text{ V}}{0.9} \approx 66.7 \text{ V}$$

流过二极管的平均电流:

$$I_V = \frac{1}{2}I_L = \frac{1}{2} \times 4 \text{ A} = 2 \text{ A}$$

二极管承受的反向峰值电压:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 = 1.41 \times 66.7 \approx 94 \text{ V}$$

查晶体管手册, 可选用整流电流为 3 A, 额定反向工作电压为 100 V 的整流二极管 2CZ12A(3 A/100 V) 四只。



目标检测

一、选择题

1. 二极管具有 ()
- A. 信号放大作用
B. 单向导电性
C. 双向导电性
D. 负阻特性

2. 整流的目的是 ()
- A. 将交流变为直流
B. 将高频变为低频
C. 将正弦波变为方波
3. 在桥式整流电路中,输入电压和输出电压的关系为 ()
- A. 0.45
B. 0.9
C. 1
D. 1.414
4. 二极管两端加正向电压时 ()
- A. 立即导通
B. 超过死区电压就导通
C. 超过 0.2 V 就导通
D. 超过击穿电压就导通

二、填空题

1. 二极管的主要特性是具有 _____,PN 结正向连接是指在 PN 结 P 端接 _____ 电压,N 端接 _____ 压。
2. 整流二极管主要考虑的参数有 _____ 和 _____。

三、计算题

1. 如图 1-1-14 所示的半波整流电路中,已知 $R_L = 100 \Omega$, $u_2 = 20\sin \omega t(\text{V})$,试求输出电压的平均值 U_O 、流过二极管的平均电流 I_D 及二极管承受的反向峰值电压 U_{RM} 的大小。

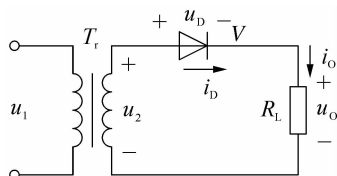


图 1-1-14 半波整流电路

2. 在桥式整流电路中(图 1-1-15),若要求输出电压为 18 V,负载电流为 2 A,试求:

- (1) 电源变压器次级电压 U_2 。
- (2) 整流二极管承受的最大反向电压 U_{RM} 。
- (3) 流过二极管的平均电流 I_V 。
- (4) 若 V_1 管内部短路,整流电路会出现什么现象?

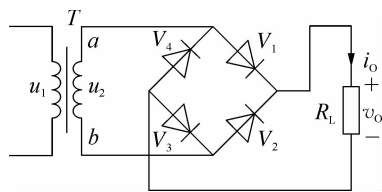


图 1-1-15 桥式整流电路

任务二 制作与调试电容滤波电路



知识准备

一、滤波的概念

经整流后的输出电压,除了含有直流分量外,还含有较高的谐波分量,这些谐波分量称为纹波,在一些电压要求不高的场所(如直流电动机、电磁铁等)可以使用。但对有些电压要求较高的电子设备(如电视机、音响设备等)来说,用这样的电压供电,将会对电子设

备的工作产生严重的干扰(音响设备出现交流噪声,电视机图像产生扭曲等等)。为了满足电子设备正常工作的需要,必须采取滤波措施。

所谓滤波,就是把脉动直流电压中的脉动成分或纹波成分进一步滤除,以得到较为平滑的直流输出电压。

二、滤波电路

滤波电路的作用是滤除整流电压中的纹波。常用的滤波电路有电容滤波、电感滤波、复式滤波及有源滤波。这里仅讨论电容滤波和电感滤波。

(一) 电容滤波器

1. 单向半波整流电容滤波电路

(1) 电路的组成 如图 1-2-1 所示。电容滤波电路中,电容 C 与负载 R_L 并联,利用电容两端的电压不能突变的特性来实现滤波。

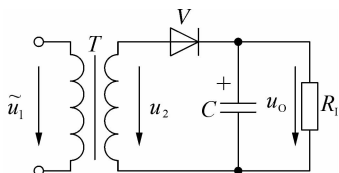


图 1-2-1 单向半波整流电容滤波电路

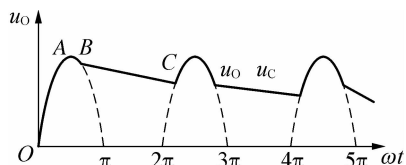


图 1-2-2 单向半波整流电容滤波电路波形

(2) 基本工作原理 当 u_2 为正半周时,二极管导通,一方面供电给负载,同时对电容器 C 充电。充电电压 u 与上升的正弦电压 u 一致,如图 1-2-2 所示。 u 和 u_c 达到了最大值,而后 u 和 u_c 都开始下降, u 按正弦规律下降,而 u_c 按放电曲线 BC 下降。在 u 的下一个正半周内,当 $u > u_c$ 时二极管再行导通,电容器再被充电,重复上述过程。输出电压波形如图 1-2-2 所示。

2. 单相全波桥式整流电容滤波电路

(1) 电路的组成 如图 1-2-3 所示。

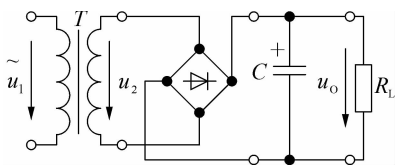


图 1-2-3 单相全波桥式整流电容滤波电路

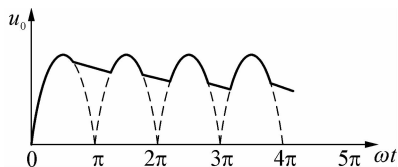


图 1-2-4 单相全波桥式整流电容滤波电路波形

(2) 工作原理 与半波电路相同。不同点是: V_2 正、负半周内, V_1 、 V_2 轮流导通,对电容 C 充电两次,缩短了电容 C 向负载的放电时间,从而使输出电压更加平滑。输出电压波形图如图 1-2-4 所示。

电容滤波电路简单,输出电压较高,脉动也较小;但是外特性较差,且有电流冲击。因

此, 电容滤波器一般用于要求输出电压较高、负载电流较小并且变化也较小的场合。

(二) 电感滤波

1. 电感滤波电路的组成

单相全波桥式整流电感滤波电路如图 1-2-5 所示。电感滤波电路中, 电感 L 与负载 R_L 为串联连接, 利用电感中的电流不能突变的特性来实现滤波。

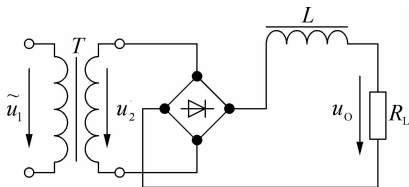


图 1-2-5 单相全波桥式整流电感滤波电路

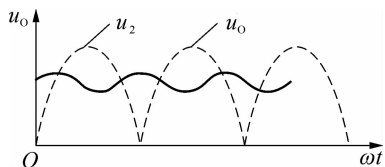


图 1-2-6 单相全波桥式整流电感滤波电路波形

2. 工作原理

当负载电流 i_L 增大时, 电感线圈中的自感电动势 e_L 与电流 i_L 反向, 限制电流的增加, 将一部分电能转换为磁场能量储存在磁场中; 负载电流 i_L 减小时, 电感线圈中的自感电动势 e_L 与电流 i_L 同向, 阻止电流的减小, 即释放能量。因此通过负载 R_L 的电流的脉动成分受到抑制而变得平滑, 电感 L 愈大, 滤波效果愈好。其波形如图 1-2-6 所示。

若线圈的电感 L 足够大, 且忽略电感的电阻, 即电感 L 两端的电压平均值为零, 则电感滤波后的输出电压平均值约为:

$$\text{半波整流: } U_O = 0.45U_2$$

$$\text{桥式整流: } U_O = 0.9U_2$$

电感滤波主要适用于大电流负载或负载经常变化的场合。

(三) 复式滤波

1. LC 滤波

在电容 C 滤波之前串接一个电感 L , 如图 1-2-7(a) 所示, 即组成 LC 滤波器。

2. π 形滤波

在 LC 滤波器前再并联一个电容器, 如图 1-2-7(b) 所示, 组成 π 形 LC 滤波器, 滤波效果进一步改善。如果是小电流负载, 可将电感用一个小电阻 R 代替, 组成 π 形 RC 滤波器, 如图 1-2-7(c) 所示。

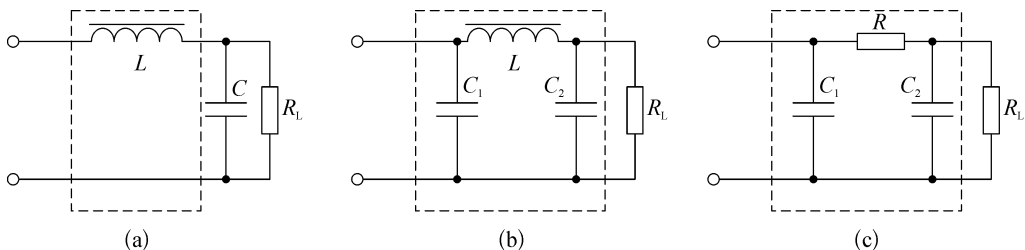


图 1-2-7 常用的几种复式滤波器



任务实施

一、任务布置

制作二极管桥式整流滤波电路。依据所给的电路原理图及元件表,选择器件,在通用PCB板上进行合理布局,并焊接制作电路,用示波器测试电路的输出波形,体验二极管整流电路的作用。

二、制作电路

(1) 按下列原理图(图 1-2-8)在万能板上将电路制作完成。

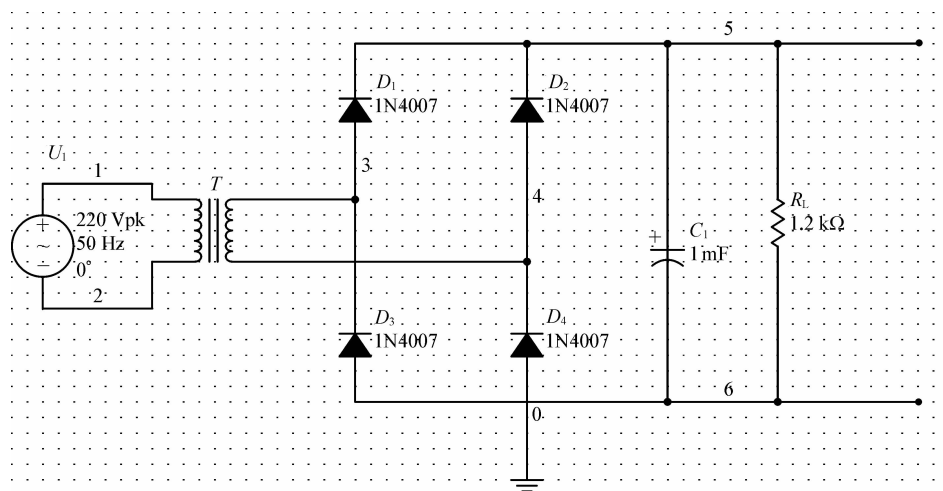


图 1-2-8 原理图

(2) 元件清单(表 1-2-1)

表 1-2-1 元件清单列表

名称	规格	数量	名称	规格	数量
变压器	实验台 12 V	1	导线	Φ3 mm	20 cm
二极管	1N4007	4	万能板	有连线	1
负载	1.2 kΩ	1			
电容	1 000 μF/25 V	1			

三、电路测试

(1) 识别与检测元器件(表 1-2-2)。若有元器件损坏,请说明情况。

表 1-2-2 元件测试表

类 型 \ 项 目		挡 位 _____		质 量 判 别	
		正 向	反 向	好	坏
二极管的测量	1N4007				
电容的测量					
电阻的测量	1.2 k 色环为 _____				

(2) 依据所给原理图设计电路安装接线图。

(3) 焊接并测试

① 焊接：根据各自所设计的安装接线图进行焊接组装电路。

注意：按照先低小元件、后高大元件的顺序依次插元件并焊接。

② 测试：

第一步：通电前检查。首先检查电路各部分接线是否正确，有无漏焊、虚焊，检查电源、地线、信号线、元器件引脚间有无开路、短路等现象，器件有无接错。

第二步：通电检查。接入电路所要求的电源电压，观察电路中各部分器件有无异常现象，如出现异常，应立即断电，待排除故障后再重新接电。

第三步：测试：

a. 按上述制作步骤完整接好电路并复查，通电检测。

b. 由桥式整流电路输出的脉动直流电压加到电路输出端，用示波器同时观察输入和输出波形，在坐标纸上画出此时的输入和输出电压波形(图 1-2-9)。

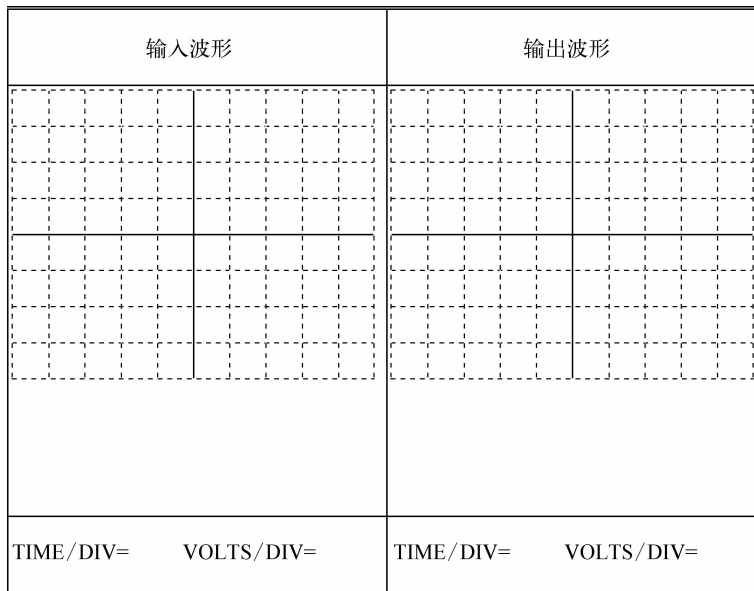


图 1-2-9 测试输入、输出波形图

c. 用万用表检测负载 R_L 两端的电压并记录: $U_L = \underline{\hspace{2cm}}$ V。

综合分析:

在负载两端并联上电容后,输出电压的波形比不加电容直接整流后的输出电压的波形更加 (平滑/不平滑)。

④ 制作与调试考核评分表(同任务一)。



知识拓展

元件选择

1. 电容选择

滤波电容 C 的大小取决于放电回路的时间常数, $R_L C$ 愈大,输出电压脉动就愈小,通常取 $R_L C$ 为脉动电压中最低次谐波周期的 3~5 倍,即:

$$C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2R_L} \quad (\text{全波})$$

$$C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{R_L} \quad (\text{半波})$$

式中: T 是电源交流电压的周期。

电容器的耐压: $U_C \geq \sqrt{2}U_2$ 。

2. 整流二极管的选择

正向平均电流为:

$$I_V > I_O \quad (\text{半波})$$

$$I_V > \frac{1}{2}I_O \quad (\text{桥式})$$

二极管截止时所承受的最高反向电压如表 1-2-3 所列:

表 1-2-3 最高反向电压

电 路	无电容滤波	有电容滤波
单相半波整流	$\sqrt{2}U_2$	$2\sqrt{2}U_2$
单相桥式整流	$\sqrt{2}U_2$	$\sqrt{2}U_2$

【例 1-2-1】 需要一单相桥式电容滤波电路,电路如图 1-2-10 所示。交流电源频率 $f = 50 \text{ Hz}$, 负载电阻 $R_L = 120 \Omega$, 要求直流电压 $U_O = 30 \text{ V}$: 试选择整流元件及滤波电容。

解: (1) 选择整流二极管:

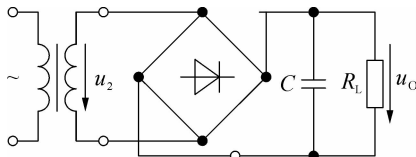


图 1-2-10 单相桥式电容滤波电路

① 流过二极管的平均电流：

$$I_D = \frac{1}{2} I_o = \frac{1}{2} \frac{U_o}{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{30}{120} = 125 \text{ mA}$$

由 $U_o = 1.2U_2$ ，所以交流电压有效值：

$$U_2 = \frac{U_o}{1.2} = \frac{30}{1.2} = 25 \text{ V}$$

② 二极管承受的最高反向工作电压：

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 25 = 35 \text{ V}$$

可以选用 2CZ11A ($I_{RM} = 1000 \text{ mA}$, $U_{RM} = 100 \text{ V}$) 整流二极管 4 个。

(2) 选择滤波电容 C ：

$$\text{取 } R_L C = 5 \times \frac{T}{2}, \text{ 而 } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}, \text{ 所以 } C = \frac{1}{R_L} \times 5 \times \frac{T}{2} = \frac{1}{120} \times 5 \times \frac{0.02}{2} =$$

$417 \mu\text{F}$ ；耐压值 $U_C = 1.1 \sqrt{2}U_2 = 1.1 \times \sqrt{2} \times 25 = 38.85 \text{ V}$ ，可以选用 $C = 500 \mu\text{F}$ ，耐压值为 50 V 的电解电容器。



目标检测

一、选择题

1. 已知变压器二次电压为 20 V ，则桥式整流电容滤波电路接上负载时的输出电压平均值为 ()
A. 28.28 V B. 20 V C. 24 V D. 18 V
2. 在电容滤波电路中，输出电压平均值 U_o 与时间常数 $R_L C$ 的关系是 ()
A. $R_L C$ 越大， U_o 越大 B. $R_L C$ 越大， U_o 越小 C. 无直接关系

二、填空题

1. 滤波器的作用是将整流电路输出的 _____ 中的 _____ 成分滤去，获得比较 _____ 的直流电，通常接在 _____ 电路的后面。它一般分为 _____、_____ 和 _____ 三类，其中 _____ 的滤波效果较好。

三、计算题

1. 画出桥式整流电容滤波电路图，若要求 $U_L = 20 \text{ V}$ ， $I_L = 100 \text{ mA}$ 。(1) 试求电路元件的有关参数；(2) 变压器二次电压的有效值 U_2 ；(3) 整流二极管参数 U_F 和 U_{RM} ；(4) 滤波电容量和耐压值。

任务三

制作与调试单相直流稳压电源



知识准备

一、稳压

交流电经过整流、滤波后转换为平滑的直流电,但由于电网电压或负载的变动,使输出的平滑直流电也随之变动,因此仍然不够稳定。为适用于精密设备和自动化控制等,有必要在整流、滤波后再加入稳压电路,以确保当电网电压发生波动或负载发生变化时,输出电压不受影响,这就是稳压的概念。完成稳压作用的电路称为稳压电路或稳压器。稳压电路是一种当电网电压波动或负载变化时,能够保持输出直流电压基本不变的电源电路。交流电压经过变压器变压后得到合适的次级电压,再经过整流电路整流,经滤波电路滤波后,送入稳压电路稳压,在输出端得到稳定的直流电压(图 1-3-1)。

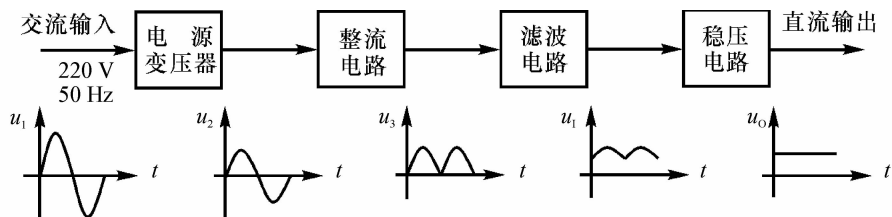


图 1-3-1 直流稳压电源结构框图

由于大多数电子设备所需的直流电压一般为几至几十伏,而交流电网提供的 220 V (有效值)电压相对较大,因此电源变压电路的作用就是用电源变压器对电网电压进行降压。另外,变压器还可以起到将直流电源与电网隔离的作用。

1. 整流电路

将降压后的交流电压转换为单向脉动电压,这种脉动电压中包含有较大的直流电压成分,同时还存在着很大的脉动成分(称为纹波),因此一般还不能直接用来给负载供电,需要进一步处理。

2. 滤波电路

对整流电路输出的脉动电压进行滤波,从而得到纹波成分很小的直流电压。

经过整流滤波后的电压接近于直流电压,但是其电压值的稳定性很差,它受温度、负载、电网电压波动等因素的影响很大,因此稳压电路的作用就是对输出电压进行稳压,从

而保证输出直流电压的基本稳定。

二、三端稳压器

用集成电路形式制造的稳压电路称为集成稳压器。它给稳压电源的制作和使用带来方便。对于使用者来说,应参阅有关资料了解它们的外部特性和应用线路连接图,即可正确地使用。

集成稳压器有多端式(管脚超过三个)和三端式(管脚只有三个)两种,以三端式应用最广。另外根据输出电压是否可调,又分成固定式和可调式。根据输出电压的正、负极性,分为正稳压器和负稳压器。

1. 三端固定式集成稳压器

(1) 产品的封装形式有金属壳和塑料壳两种。它们都有三个管脚,分别是输入端、输出端和公共端,因此称为三端式稳压器。这类稳压管使用方便,性能可靠(内部有保护电路),目前已基本取代了分立元件稳压器(图 1-3-2)。

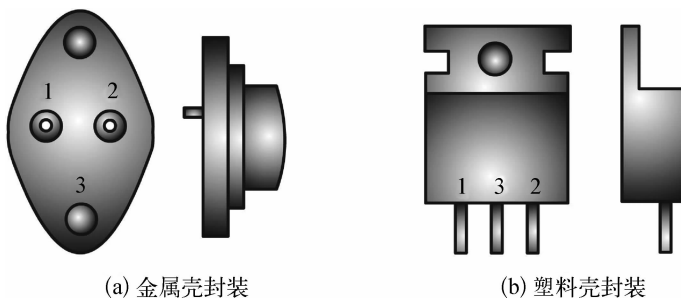


图 1-3-2 三端集成稳压器封装形式

(2) CW7800 系列是三端固定正压输出的集成稳压器(即正稳压器)(图 1-3-3),其输出电压有 5 V、6 V、9 V、12 V、15 V、18 V、24 V 等档次。它们型号的后两个数字就是输出电压值,例如: CW7805 的输出电压为正 5 V,其他类推。此系列产品的最大输出电流为 1.5 A。同类型产品还有 CW78M00 系列(0.5 A)、CW78L00 系列(0.1 A)。近来又有 CW78T00 系列(3 A)和 CW78H00 系列(5 A)的产品。

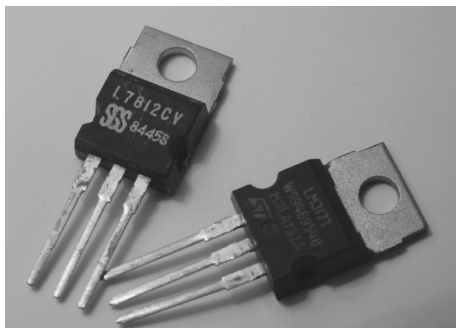


图 1-3-3 三端稳压器实物图

(3) CW7800 系列的管脚,①脚为输入端、②脚为公共端、③脚是输出端。与 CW7800 系列产品对应的输出负电压的集成稳压器是 CW7900 系列。79 系列在输出电压挡次、电流挡次等方面与 78 系列相同,但管脚不同:①脚为公共端、②脚为输入端、③脚为输出端。如图 1-3-4 所示。

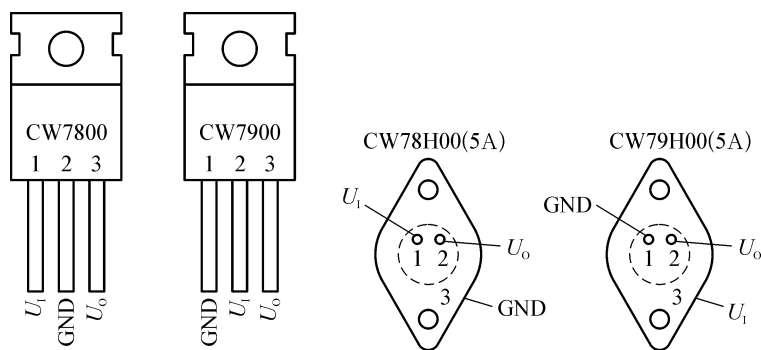
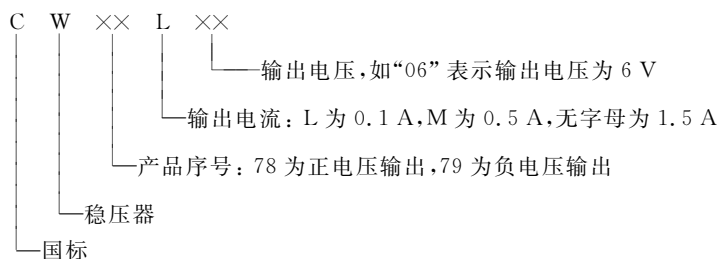


图 1-3-4 CW7800 和 CW7900 管脚排列

(4) 固定输出式三端集成稳压器型号由五个部分组成,其意义如下:



2. 三端可调式稳压器

三端可调式稳压器(图 1-3-5)其外形和管脚的编号都和三端固定式稳压器相同,但管脚功能有区别: CW317 为三端可调式正压输出稳压器,其①脚为调整端,②脚接输入,③脚接输出; CW337 为三端可调式负压输出稳压管,其①脚为调整端,②脚接输出,③脚接输入。

可调式三端集成稳压器不仅输出电压可调节,而且稳压性能要优于固定式,被称为第二代三端集成稳压器。

可调式三端集成稳压器也有正电压输出和负电压输出两个系列: CW117×/CW217×/CW317× 系列为正电压输出, CW137×/CW237×/CW337× 系列为负电压输出,其外形和引脚排列如图 1-3-6 所示。

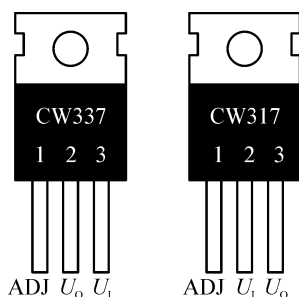
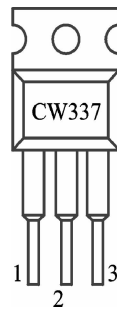


图 1-3-5 三端可调式稳压器



1—公共端;2—输出端;3—输入端

(a) CW317×系列

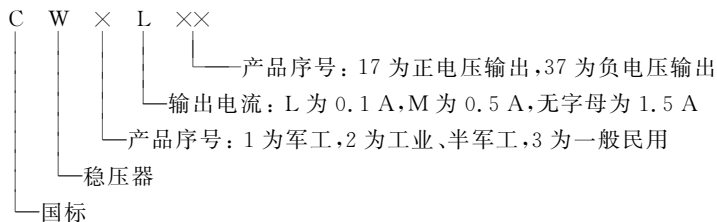


1—公共端;2—输入端;3—输出端

(b) CW337×系列

图 1-3-6 三端可调式稳压器管脚排列图

可调式三端集成稳压器型号也是由五个部分组成,其意义如下:



任务实施

一、任务布置

在理解单相直流稳压电源电路的工作原理的基础上,制作、调试具有放大环节的串联型稳压电路。

二、电路制作

1. 按下列原理图(图 1-3-7)在万能板上将电路制作完成

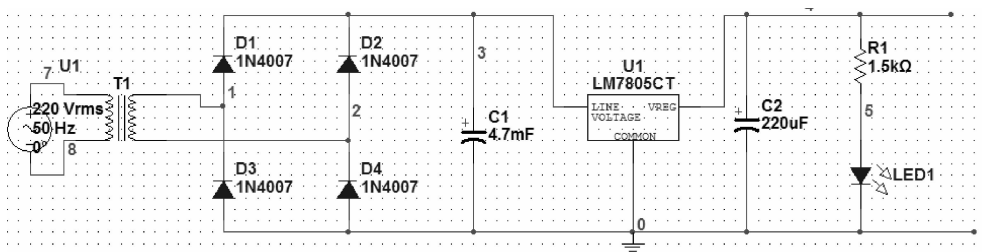


图 1-3-7 串联型稳压电源原理图

元件清单,如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 元件清单列表

名称	规格	数量	名称	规格	数量
变压器	实验台 12 V	1	电容 C2	220 μ F	1
二极管	1N4007	4	7805 稳压器	_____	1
电阻 R ₁	1.5 k Ω	1	LED ₁		1
电容 C ₁	4.7 mF	1	万能板	有连线	1

(1) 识别与检测元器件。若有元器件损坏,请说明情况。

(2) 依据所给原理图设计电路安装接线图。

(3) 焊接并测试。

焊接注意点:按照先低小元件、后高大元件的顺序依次插元件并焊接。

2. 单相调压器及其使用

(1) 单相调压器就是匝比连续可调的自耦变压器,当调压器电刷借于手轮主轴和刷架的作用,沿线圈的磨光表面滑动时,就可连续地改变匝比,从而使输出电压平滑地从零调节到最大值。

(2) 原理图 如图 1-3-8 所示。

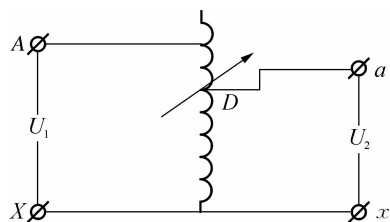


图 1-3-8 单相接触调压器原理图

(3) 实物图 如图 1-3-9 所示。



图 1-3-9 单相接触调压器实物图

交流 220 V 电压由 A、X 端输入,可由 a 、 x 端输出交流电压,输出电压可连续地从零调节到 250 V 交流电压。

(4) 使用方法

- ① 分清输入端和输出端。
- ② 在接入电源之前把输出调在低端。
- ③ 按照调压器要求在输入端接入电源。
- ④ 慢慢调节输出端的电压,使输出端的电压达到用电器的要求。
- ⑤ 断开输入端的电源。
- ⑥ 接入用电器。
- ⑦ 接通电源,这时候可以根据要求再次调整电压。

三、电路测试

第一步:通电前检查。首先检查电路各部分接线是否正确,有无漏焊、虚焊,检查电源、地线、信号线、元器件引脚间有无开路、短路等现象,器件有无接错。

第二步:通电检查。接入电路所要求的电源电压,观察电路中各部分器件有无异常现象,如出现异常,应立即断电,待排除故障后再重新接电。

第三步:具体测试过程为:

(1) 观察 U_o 及 I_o 的大小和变化情况,看电路是否正常,若数据异常,说明电路有故障,排除故障,并记录如下:

_____。

(2) 利用示波器观察输出电压波形,测量输出电压的范围。

四、评价(表 1-3-2)

表 1-3-2 制作与调试考核评分表

评价项目	评价内容	配分	评分标准	得分
实训态度	1. 实训的积极性; 2. 安全操作规程的遵守情况; 3. 纪律遵守情况	20 分	积极参加实训,遵守安全操作规程和劳动纪律,有良好的职业道德和敬业精神。违反安全操作规程扣 20 分,其余不按要求酌情扣分	
元器件的识别与检测	1. 元器件识别; 2. 元器件检测	10 分	不能识别元器件,每个扣 1 分;不会检测元器件,每个扣 1 分	
元器件成型及插装	1. 元器件按工艺要求成型; 2. 元器件插装符合工艺要求; 3. 元器件排列整齐	20 分	元器件成型不符合工艺要求每处扣 1 分;插装错误每处扣 3 分;排列不整齐、混乱,每处扣 1 分	

续表

评价项目	评价内容	配分	评分标准	得分
焊接	1. 焊点表面光滑、大小均匀、无虚焊、漏焊、搭焊等现象； 2. 焊盘无断裂、翘起、脱落等现象； 3. 符合安全文明生产要求	20分	不符合评价内容1，每处扣1分；不符合评价内容2，每处扣3分；不符合评价内容3，扣3~15分	
测量	1. 能正确使用仪器仪表； 2. 能正确读数	10分	测量方法不正确，扣2~5分；不能正确读数，扣2~5分	
调试	能正确按操作要求对电路调整	20分	不能按操作要求进行调试，扣5~20分	



知识拓展

集成三端稳压器的使用方法

一、CW7800 系列三端固定式集成稳压器的基本应用电路

1. CW7812 集成稳压器应用电路

CW7812 型三端稳压器的最大输出电流为 1.5 A，最大输入电压允许到 35 V，最小输入电压为 14 V，完全可以适应电网电压变化的需要。当输入电压低于 14 V 时，输出电压也随之从 12 V 下降，此时稳压作用消失。CW7812 的输出电压实际偏差 $\leq V_x 2\%$ ，即为 11.76~12.24 V 之间(图 1-3-10)。

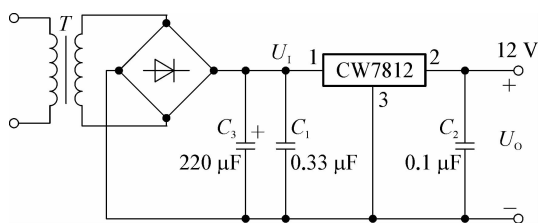


图 1-3-10 CW7812 集成稳压器

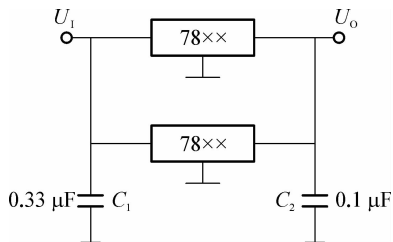


图 1-3-11 扩流电路

2. 扩流电路

图 1-3-11 中，把两个参数完全一致的两个 CW7800 系列集成稳压器并联，则它的最大输出电流扩展为原来的两倍，即 $1.5 \text{ A} \times 2$ 。

3. 输出电压可调电路

图 1-3-12 为电压可调电路，如果稳压器输出电压

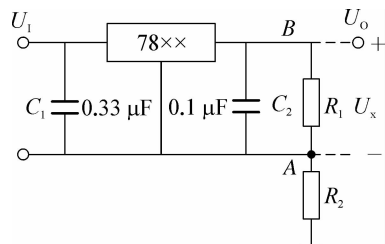


图 1-3-12 调压电路

为 U_X , 即 $U_{BA} = U_X$, 而 $U_A = U - U_X$, $U_O - U_X = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_O$, 则 $U_O \approx (1 + R_2/R_1) U_X$ 。可见, 调节 R_2 之值, 即可调节 U_O 的值。

4. 电压极性变换电路

如果只有 CW7800 系列稳压器, 需要输出负电压, 可按图 1-3-13(a) 方法连接; 相反, 如果只有 CW7900 系列稳压器, 要输出正电压, 则可按图 1-3-13(b) 方法连接。

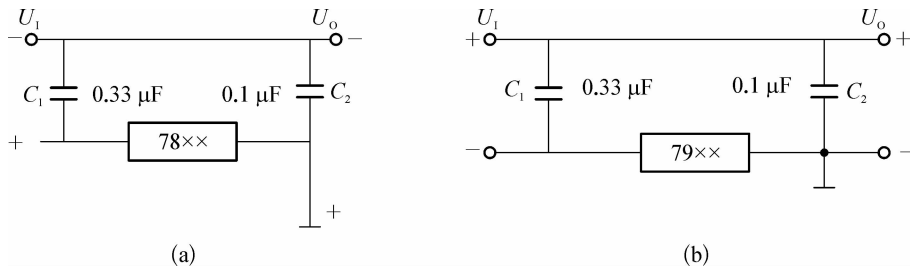


图 1-3-13 电压极性变换电路

二、CW317 和 CW337 的基本应用电路

如图 1-3-14 所示, 只需外接两个电阻 (R_1 和 R_p) 就可得到所需的输出电压。为了使电路正常工作, 一般输出电流不小于 5 mA。输入电压范围在 3~40 V 之间, 输出电压可调范围为 1.25~37 V, 器件最大输出电流约 1.5 A。

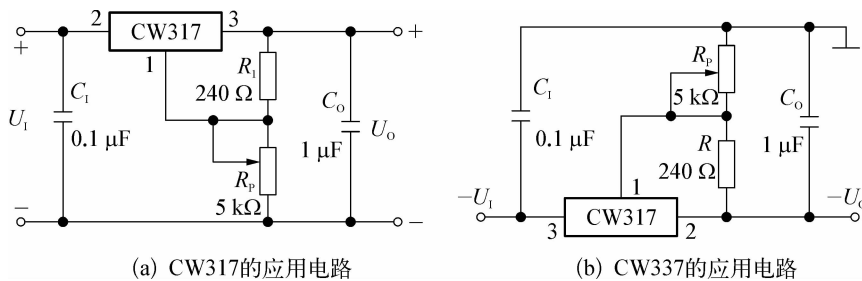


图 1-3-14 稳压器应用电路

三、可调式单相直流稳压电源设计

- (1) 根据设计所要求的性能指标, 选择集成三端稳压器。
- (2) 选择电源变压器
 - ① 确定副边电压 U_2 。
 - ② 确定变压器副边电流 I_2 。
 - ③ 选择变压器的功率。

(3) 选择整流电路中的二极管。

(4) 滤波电路中滤波电容的选择。

注意：因为大容量电解电容有一定的绕制电感分布电感，易引起自激振荡，形成高频干扰，所以稳压器的输入、输出端常并入瓷介质小容量电容用来抵消电感效应，抑制高频干扰。



目标检测

一、选择题

- 79 系列引脚 1 表示 _____ 端 ()
A. 输入 B. 输出 C. 接地 D. 调整
- 在元器件手工焊接过程中，错误的元器件焊接原则是 ()
A. 先小后大，先轻后重 B. 先里后外，先高后低
C. 先焊分立元件，后焊集成块
- 稳压电路中的无极性电容主要作用是 ()
A. 滤除直流中的高频成分 B. 滤除直流中的低频成分
C. 储存电能的作用

二、填空题

- LM317 输出电压范围是 _____，其中 1 脚为 _____ 端，2 脚为 _____ 端，3 脚为 _____ 端。
- 在三端固定式集成稳压器中，78 系列输出为 _____ 电压，79 系列输出为 _____ 电压。

三、计算分析题

- 分析图 1-3-15 所示电路：
(1) 说明由哪几部分组成？各组成部分包括哪些元件？
(2) 在图中标出 U_1 和 U_0 的极性。
(3) 求出 U_1 和 U_0 的大小。

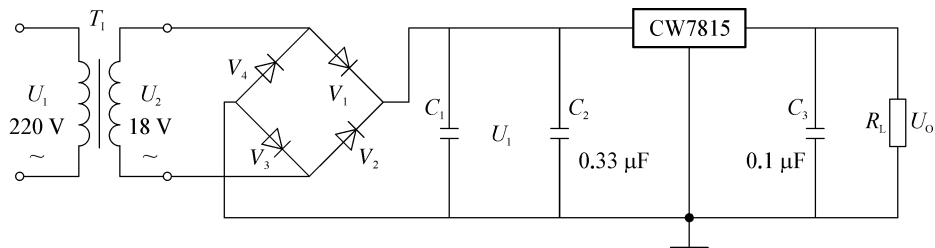


图 1-3-15 电路图



项目小结

本项目通过制作和测试单相桥式整流电路、电容滤波电路和基于三端稳压块的串联型稳压电路,学习了有关直流稳压电路的基本概念、基本知识,训练了直流稳压电源的制作和调试方法,了解了电路制作的基本方法,练习了万用表、示波器和交流毫伏表的基本使用方法。