

# 直流稳压电源设计报告



姓名: xxx  
班级: xxx  
学号: xxxxxxxxxxxx

## 一、问题背景

直流稳压电源是能为负载提供稳定电压的供电装置，在实验室中是重要的能量供给装置。直流稳压电源的性能主要体现在输出电压稳定性、纹波大小、负载电流等指标上。此外，电源的噪声也对电源性能有很大影响。电压稳定性越高、纹波越小、带负载能力越强的电源，噪声越小的电源，其性能越好。因此，如何设计直流稳压电源，使得该电源具有良好的性能，从而保证实验的精度和准确性，是我们重点关注的问题。

直流稳压电源的工作种类繁多，主要有线性稳压电路、开关稳压电路和稳压二极管稳压电源。调整元件工作在线性放大区的为线性稳压电路，若其工作在开关状态，则为开关稳压电路。

## 二、方案选择

### 1. 电源功能的设计

稳压二极管稳压电路的电路结构最简单，但是其带负载能力差，故在此不做考虑。

相比于开关电源，线性稳压电源电磁辐射较小，输出电压质量高，且不需要使用电感元件，设计较为简便，在实验室中具有广泛的应用。在此我们选择线性稳压电路来实现稳压源设计。

考虑到在含运放电路中，通常需要双电源供电，因此设计中采用的是正负电压输出；考虑到在不同的需求下所需的稳压值不同，故设计为电压可调电源，稳压值为2—7V。

### 2. 芯片型号的选择

常用的稳压芯片有  $\text{lm}78$  系列、 $\text{lm}79$  系列、 $\text{lm}317$ 、 $\text{lm}337$  等，其中  $\text{lm}317$  可实现正可调电压，输出电压调节范围为  $+1.25\text{V}$ — $+37\text{V}$ ，最大负载电流为  $1.5\text{A}$ ， $\text{lm}337$  可实现负可调电压，输出电压调节范围为  $-1.2\text{V}$ — $-37\text{V}$ ，最大负载电流为  $1.5\text{A}$ 。由于  $\text{lm}317$  和  $\text{lm}337$  的电压输出范围和电流输出范围均符合本题中设计要求，故我们分别选取  $\text{lm}317$  和  $\text{lm}337$  各一片，配合外围电路，来实现正负可调电压输出。

## 三、电路设计

### 1. 总体流程图

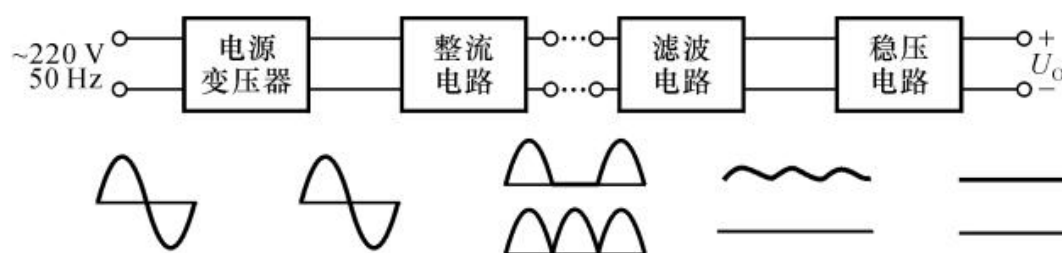


图1 直流稳压电源流程图

本设计包含以上四个电路模块。其中电源变压器将 220V 的高压交流电转变为低压交流电；整流电路实现对交流电路的初步整流，使其变为脉动的直流电压；滤波电路使输出电压变得平滑、纹波减小；稳压电路实现了电源输出电压的稳定，使得在电网电压波动和负载电流波动时输出电压保持稳定。

## 2. 各部分电路设计

### (1) 电源变压器

电源变压器应保证副线圈的电压满足后续稳压电路的要求，故在选择线圈匝数比时需考虑后续电路所需的最小电压值，我们选取变压器的次级线圈输出电压为 14V，具体参数计算详见第四部分。

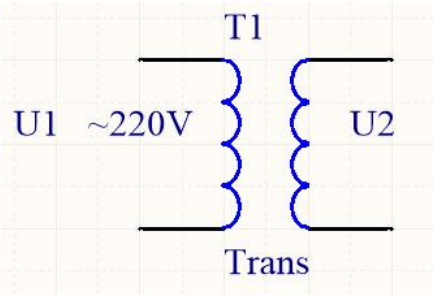


图 2 变压器电路图

### (2) 整流电路

整流电路主要有半波整流电路、全波整流电路和桥式整流电路。

半波整流电路只有一半时间存在非零输出电压，故对电能的利用率较低。全波整流电路和桥式整流电路的电路结构图分别如图 3、图 4 所示，两者的输出电压波形均为全波，但在输出电压峰值相同时，全波整流电路二极管需承受的反向电压是桥式整流电路的两倍。基于上述原因，又考虑到目前桥式整流电路应用较为广泛，故本电源设计中采用桥式整流电路。

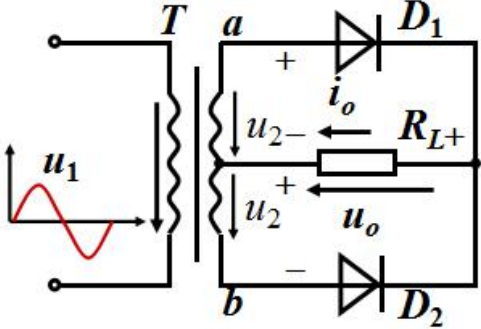


图 3 全波整流电路

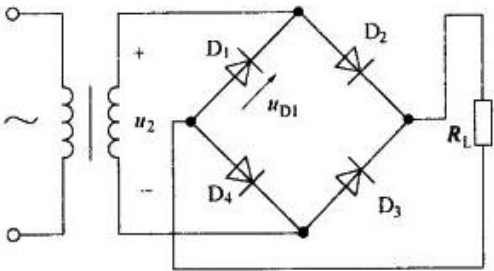


图 4 桥式整流电路

电路设计原理图如下：

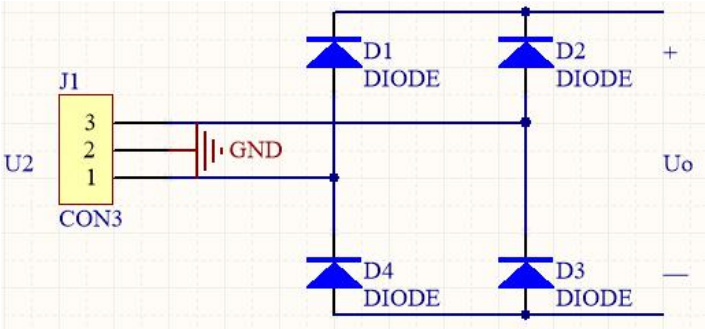


图 5 桥式整流电路

### (3) 滤波电路

无源滤波电路主要包含有电容滤波、电感滤波和复式滤波，图 6 分别为三种滤波电路的代表。在此为了使设计更为简便，我们采用电容滤波。为了使输出电压波形更加平滑，选取的电容量值应大一些，但也不能过大。这里我们选取输出滤波电容的容值为 1000 $\mu$ F。

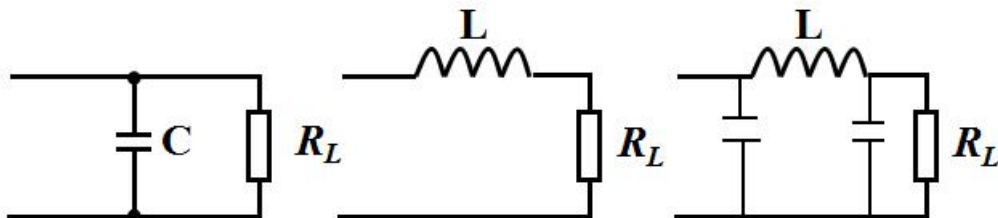


图 6 无源滤波电路

### (4) 稳压电路

输出正电压的稳压电路由 LM317 及其外围电路组成，电路原理图如图 7 所示。该电路模块的设计参照了 TI 公司 LM317 的器件手册，其中  $C_3$ 、 $C_5$ 、 $C_7$  为稳压器前后的小滤波电容，作用为滤除高频干扰；可调电阻  $R_1$  和固定电阻  $R_2$  实现了输出电压值的调节，由于  $R_2$  两端电压为 1.25V 的基准电压，因此通过调节  $R_1$  与  $R_2$  的分压比可实现此功能； $D_5$ 、 $D_7$  为保护二极管，提供了一条低阻抗放电路径，防止电容器放电进入 LM317 芯片的输出端口。

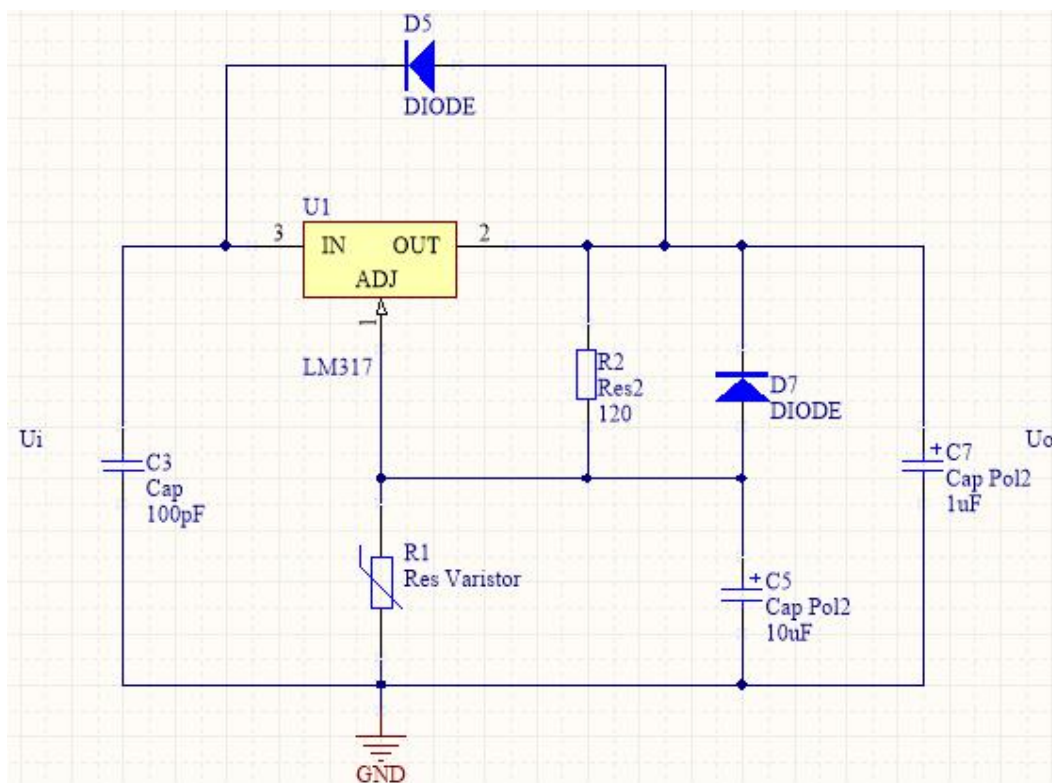


图 7 正电源稳压电路

输出负电压的稳压电路由 LM337 及其外围电路组成。由于两侧电路完全对称，故在此不赘述其原理，需注意的 LM317 为 3 管脚输入 2 管脚输出，而 LM337

为 2 管脚输入 3 管脚输出，设计电路图如图 8 所示。

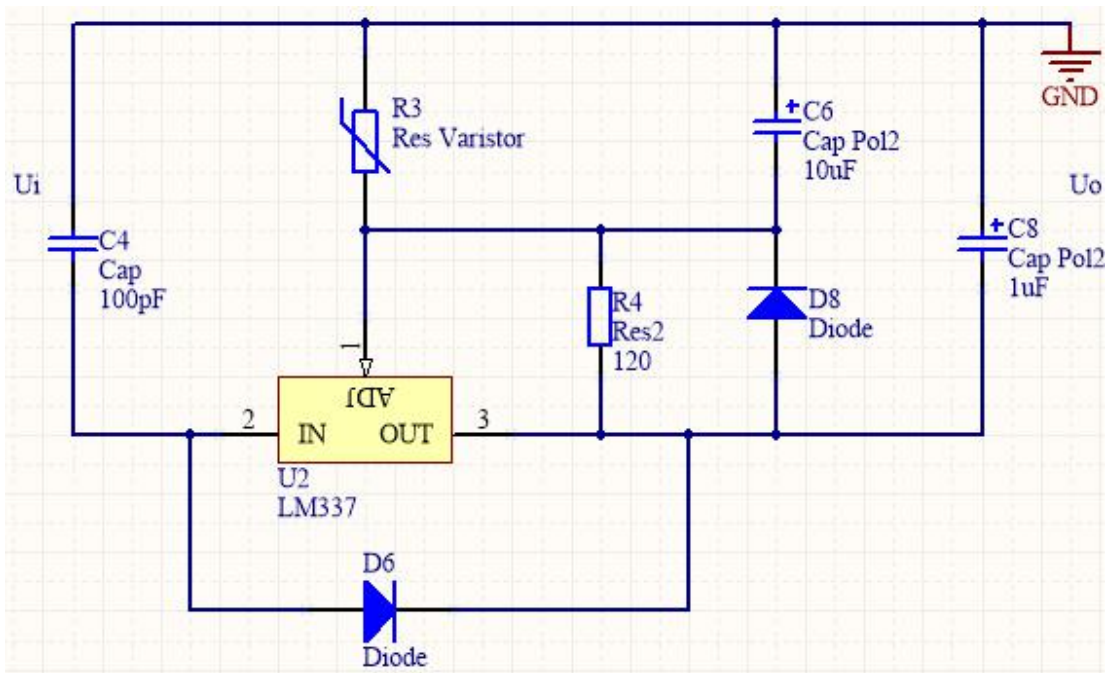


图 8 负电源稳压电路

设计的完整电路原理图如图 9 所示。

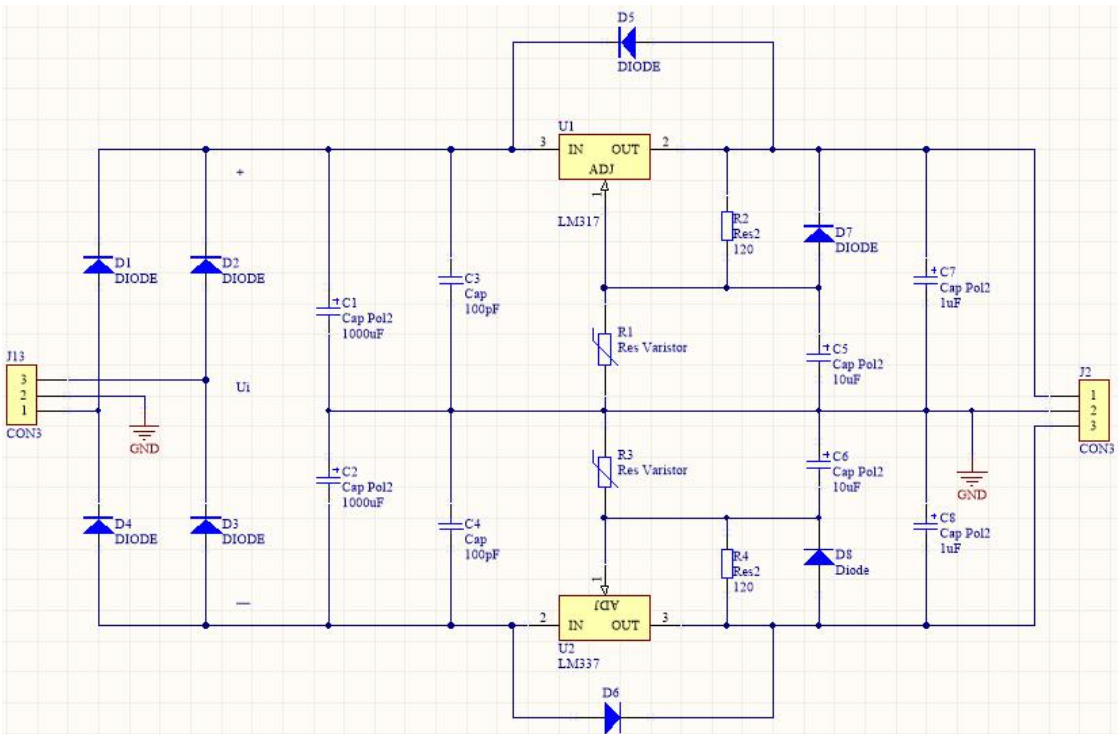


图 9 正负可调直流稳压源完整设计原理图

## 四、参数计算

由于 LM317 和 LM337 外围电路的器件完全对称, 且器件参数的选取也完全对称, 因此计算时只对一侧进行计算, 另一侧的过程完全相同。下面以正电源为例进行参数计算。

### 1. 关于输出电压 $U_o$ 的参数计算

#### ①分压电阻型号选取

由 LM317 的器件手册可得  $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{V_{REF}}{U_o}$ , 即

$$U_o = (1 + \frac{R_1}{R_2}) \times V_{REF} \quad (1)$$

由于

$$2V \leq U_o \leq 7V \quad (2)$$

$$R_2 = 120\Omega \quad (3)$$

解得  $72\Omega \leq R_1 \leq 552\Omega$ , 故选取电位器  $R_1$  型号为 102, 即最大电阻值为  $1k\Omega$ 。

#### ②二极管耐压值的选取

由于稳压电路会带来一定的压降, 故在计算时应考虑此部分压降的影响。

$$U_i - \Delta U = U_o \quad (4)$$

由 LM317 的数据手册知  $3V \leq \Delta U \leq 40V$ , 考虑到实际压降一般为  $3V$  左右, 在此取  $\Delta U = 4V$ , 计算稳压电路最小输入电压

$$U_{i \min} = U_{o \max} + \Delta U = 7V + 4V = 11V \quad (5)$$

考虑到电网波动和器件老化等影响, 各留出 10% 的余量, 实际输入最小电压

$$U_i = \frac{U_{i \min}}{0.9 \times 0.9} = 13.58V \quad (6)$$

故变压器次级线圈的输出电压为

$$U_2 = \frac{U_i}{1.2} = 11.32V \quad (7)$$

二极管反向击穿电压应不低于

$$U_{RM} = 2\sqrt{2}U_2 = 35.21V \quad (8)$$

#### ③电容耐压值的选取

由于实际中电位器阻值可取  $0 \sim 1k\Omega$  之间的任意值, 故根据(1)式计算出的实际输出电压为  $1.25V \sim 11.67V$ , 则输出滤波电容  $C_7$  的耐压值应不低于  $11.67V$ 。

根据电阻分压,  $R_1$  两端的电压最大值为

$$11.67 \times \frac{1000}{1000 + 120} V = 10.42V \quad (9)$$

故电容  $C_5$  的耐压值应不低于  $10.42V$ 。

由于在②中计算得稳压电路实际最小输入电压为  $13.58V$ , 故  $C_1$ 、 $C_3$  的耐压值不低于  $13.58V$ 。

### 2. 有关输出电流 $I_o$ 的参数计算

$$I_i \approx I_o = 0.6A \quad (10)$$

$$I'_{D0} = 0.5I_i = 0.3A \quad (11)$$

$$I_{D0} \leq \frac{3 \times 0.3A}{1.57} = 0.57A \quad (12)$$

故二极管通过的最大平均电流为 0.57A。

### 3. 有关功率的计算

计算芯片的耗散功率，若按输入 11V 电压，输出 1.25V 电压计算，LM317 上的压降为  $\Delta U = 11V - 1.25V = 9.75V$ ，耗散功率

$$P_C = \Delta U \times I_o = 9.75V \times 0.6A = 5.85W \quad (13)$$

耗散功率较大，故需给芯片加装散热片。

### 4. 电容值选取

桥式整流电路的输出滤波电容由于需要起到较好的平滑作用，故容值需较大，选取  $C_1$  为 1000uF，稳压器前后的滤波电容由于需要滤除高频，故容值应较小，参考器件手册的典型应用电路，选取  $C_3$ 、 $C_5$ 、 $C_7$  分别为 0.1uF、10uF、1uF，

## 五、测试方法及测试结果

稳压电路的主要性能指标有纹波峰值、稳压系数以及输出电阻，下面分别给出测试时这几项指标的测试方法和测试结果。

### 1. 纹波峰值

由于输出负载电流须达到  $I_o = 0.6A$ ，故应调节负载电阻，在负载电流取 0.6A 时测量纹波峰值。选取正、负电源输出电压的测试点分别为  $C_7$  正极和  $C_8$  负极，在输入 220V 正弦交流电时，分别将两个测试点接到示波器观察纹波，并从示波器读取精确的纹波峰峰值。

测试结果如下：

输入 220V 交流电、 $I_o = 0.6A$  时， $V_{PP+} = 9.36mV$

输入 220V 交流电、 $I_o = 0.6A$  时， $V_{PP-} = 4.74mV$

### 2. 输出电阻

在  $R_L = \infty$  和  $R_L$  取某一特定值时，将电压表分别并联在  $C_7$ 、 $C_8$  两端，测量对应电压，即可得正电源的输出电阻和负电源的输出电阻，计算公式为：

$$R_O = \left( \frac{U_{O\infty}}{U_{OL}} - 1 \right) R_L \quad (14)$$

测试结果如下：

$$\text{正电源的输出电阻 } R_{O+} = \left( \frac{5.00}{4.89} - 1 \right) \times 54.2 = 1.22\Omega$$

$$\text{负电源的输出电阻 } R_{O-} = \left( \frac{5.00}{4.96} - 1 \right) \times 49.3 = 0.40\Omega$$

### 3. 稳压系数

稳压系数为输出电压的相对变化率与输入电压的相对变化率之比，计算公式为：

$$\gamma = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} \bigg|_{\Delta I_O = 0, \Delta T = 0}$$

断电，接入负载，将电压表并到负载两端，并采取电流表外接的方式接入电流表。调节负载，保持输出电流不变，测量输入电压变化时输出电压的变化，实际测试时，对正电源， $U_i$  在  $174 \sim 247V$  内变化，输出电压不变；对负电源， $U_i$  在  $71 \sim 247V$  内变化，输出电压不变。

## 六、结果分析

由以上测试数据，在输出电压为  $5V$  时，电源的纹波峰值、输出电阻、稳压系数等指标基本符合要求，但由于测试时没有按照输出电压范围由  $2V \sim 7V$  逐一测试，故对于其他输出电压，无法给出精确指标。

## 七、小结

通过本次实验，熟悉了电源的基本设计方法，掌握了电路的分模块设计、元件的选型、参数的设计、电路的搭建，以及电路测试方法等，不足之处是测试数据给出得不够完整，故难以全面衡量所设计电源的性能指标。