

# 《专业综合课程设计》任务书

学生姓名：     吴东                          专业班级：     通信 0905    

指导教师：     王 晟                          工作单位：     信息工程学院    

题 目： 直流稳定电源

## 课程设计目的：

1. 学习基本理论在实践中综合运用的初步经验，掌握模拟电路设计的基本方法、设计步骤，培养综合设计与调试能力。
2. 学会直流稳压电源的设计方法和性能指标测试方法。
3. 培养实践技能，提高分析和解决实际问题的能力。

## 课程设计内容和要求

在输入电压 220V、50Hz、电压变化范围+15%~ -20%条件下：

1. 输出电压可调范围为+9V~+12V
2. 最大输出电流为 1.5A
3. 电压调整率 $\leq 0.2\%$ （输入电压 220V 变化范围+15%~ -20%下，空载到满载）
4. 负载调整率 $\leq 1\%$ （最低输入电压下，满载）
5. 纹波电压（峰-峰值） $\leq 5\text{mV}$ （最低输入电压下，满载）
6. 效率 $\geq 40\%$ （输出电压 9V、输入电压 220V 下，满载）
7. 具有过流及短路保护功能

## 初始条件：

1. THEX-1 型综合实验平台及实验指导书；
2. 示波器，万用表。

## 时间安排：

- 第 17 周，安排设计任务；  
第 18 周，完成重点测试项目；  
第 19 周，进行一般测试项目；答辩。

指导教师签名： \_\_\_\_\_ 年 月 日

系主任（或责任教师）签名： \_\_\_\_\_ 年 月 日

# 目 录

1、引言.....	3
2、设计步骤.....	4
2.1. 电路图设计.....	
2.2. 电路安装、调试.....	
3、总体设计思路.....	5
3.1. 直流稳压电源设计思路.....	
3.2. 直流稳压电源原理.....	
3、单元电路的设计.....	9
4.1. 方案比较.....	
4.2. 单元电路的设计.....	
5、实验设备及原器件.....	错误！未定义书签。
5.1、实验设备.....	
5.2、原器件.....	
6. 生成总图及 multsim 仿真.....	
6.1 生成总图.....	
6.2. multsim 仿真.....	
7. 安装、调试及测试结果.....	
7.1. 焊接.....	
7.2. 调试.....	
7.3、测试结果.....	
8、元器件清单.....	
9、注意事项.....	
10、此电路的误差分析.....	
11、心得体会.....	
12、参考文献.....	
13、结束语.....	

## 1、引言

直流稳压电源一般由电源变压器，整流滤波电路及稳压电路所组成。变压器把市电交流电压变为所需要的低压交流电。整流器把交流电变为直流电。经滤波后，稳压器再把不稳定的直流电压变为稳定的直流电压输出。本设计主要采用直流稳压构成集成稳压电路，通过变压，整流，滤波，稳压过程将 220V 交流电，变为稳定的直流电，并实现电压可在 9—12V 可调。

关键词：直流；稳压；变压

## 2、设计步骤

### 2.1. 电路图设计

(1) 确定目标：设计整个系统是由那些模块组成，各个模块之间的信号传输，并画出直流稳压电源方框图。

(2) 系统分析：根据系统功能，选择各模块所用电路形式。

(3) 参数选择：根据系统指标的要求，确定各模块电路中元件的参数。

(4) 总电路图：连接各模块电路。

### 2.2. 电路安装、调试

(1) 自行设计电路，并焊接。

(2) 在每个模块电路的输入端加一信号，测试输出端信号，以验证每个模块能否达到所规定的指标。

(3) 重点测试稳压电路的稳压系数。

(4) 将各模块电路连起来，整机调试，并测量该系统的各项指标。

## 3、总体设计思路

### 3.1. 直流稳压电源设计思路

(1) 电网供电电压交流 220V(有效值)50Hz，要获得低压直流输出，首先必须采用电源变压器将电网电压降低获得所需要交流电压。

(2) 降压后的交流电压，通过整流电路变成单向直流电，但其幅度变化大（即脉动大）。

## 模拟电子技术课程设计

(3) 脉动大的直流电压须经过滤波电路变成平滑，脉动小的直流电，即将交流成份滤掉，保留其直流成份。

(4) 滤波后的直流电压，再通过稳压电路稳压，便可得到基本不受外界影响的稳定直流电压输出，供给负载  $R_L$ 。

### 3.2. 直流稳压电源原理

直流稳压电源是一种将 220V 工频交流电转换成稳压输出的直流电压的装置，它需要变压、整流、滤波、稳压四个环节才能完成，见图 1。

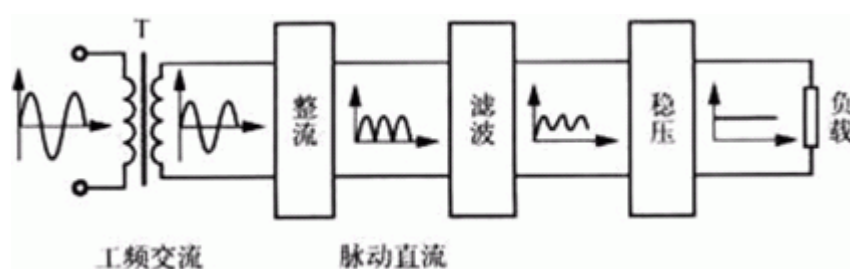


图 1

其中：

(1) 电源变压器：是降压变压器，它将电网 220V 交流电压变换成符合需要的交流电压，并送给整流电路，变压器的变比由变压器的副边电压确定。

(2) 整流电路：利用单向导电元件，把 50Hz 的正弦交流电变换成脉动的直流电。

(3) 滤波电路：可以将整流电路输出电压中的交流成分大部分加以滤除，从而得到比较平滑的直流电压。

(4) 稳压电路：稳压电路的功能是使输出的直流电压稳定，不随交流电网电压和负载的变化而变化。

## 4、方案比较及单元电路的设计

本设计电路分为降压电路、整流电路、滤波电路和调压稳压电路四大部分，稳压电路部分又由基准电压源、输出电压采样电路、电压比较放大电路、过流保护电路和输出电压调整电路组成。

### 4.1. 方案比较

#### (1) 整流部分：

方案一：单相半波整流电路：直接在交流电路中串接一个合适的二极管，如图 1 所示，利用二极管的单相导电性，把交流电转换为直流电，产生图 2 所示的电压波形。

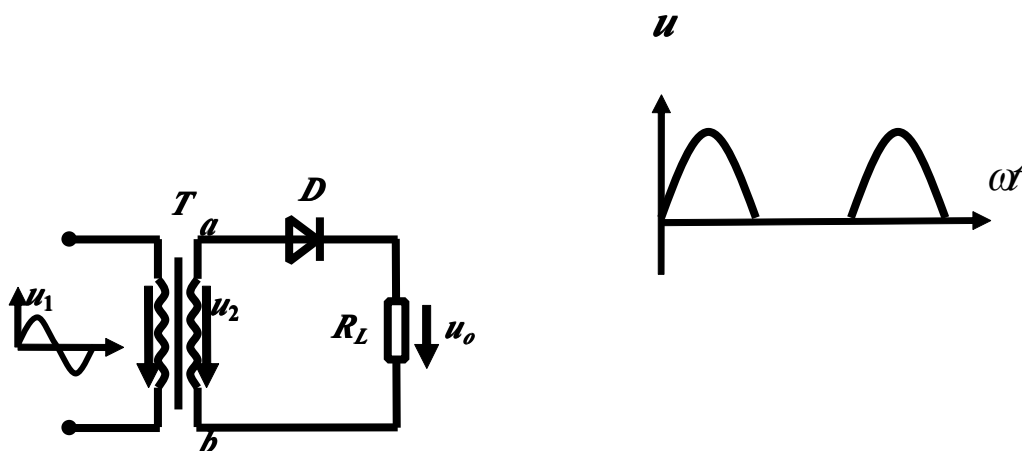


图 1 单相半波整流电路

图 2 半波整流电路输出电压波形

方案二：单相桥式整流电路：采用的是全波整流，它有四只二极管组成。其构成原则就是保证在变压器副边电压的整个周期内，负载上电压和电流的方向始终不变，利用四只二极管桥式连接，可满足这一要求，如图 3 所示。其输出电压波形如图 5。

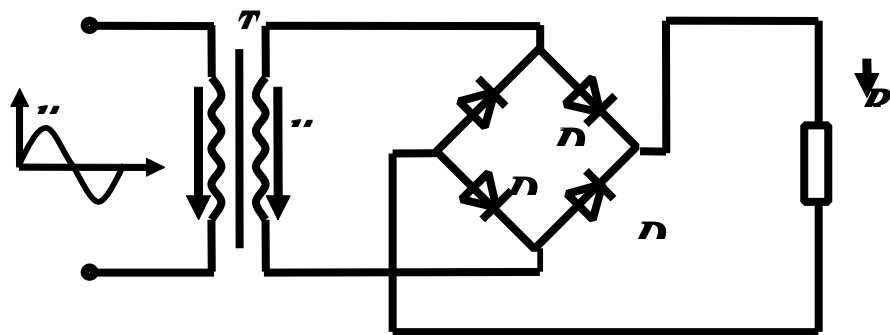


图 3 单相桥式整流电路

图 4 桥式整流电路输出电压波形图

图

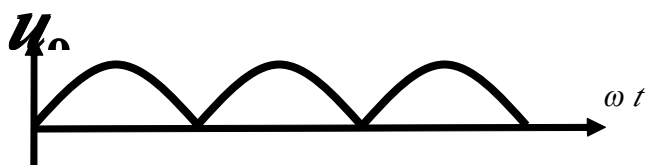
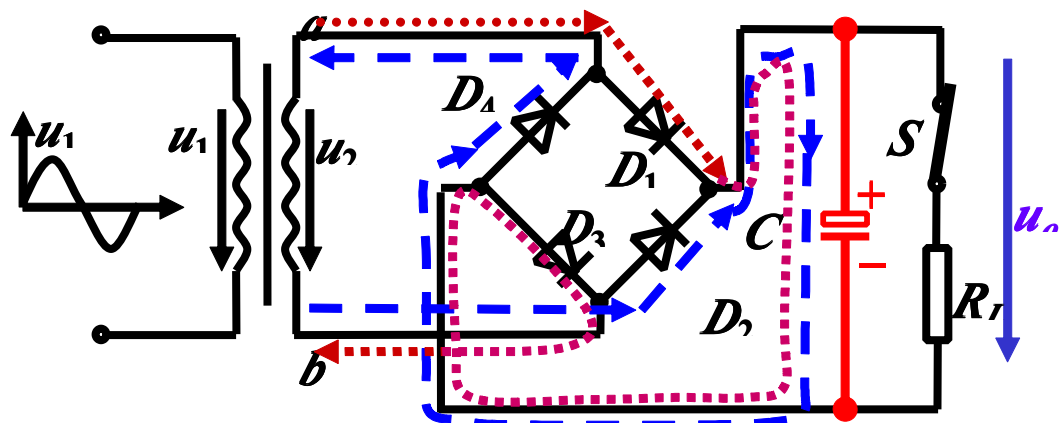


图 5

比较：单相半波整流电路的优点是使用元器件少，电路简单；缺点是效率低，输出电压脉动系数大。这种电路仅适用于电流较小，对电流脉动程度要求不高的场合。而桥式整流电路，对二极管的参数要求与半波整流一样，但有输出电压高、变压器利用率高、脉动小等优点，因此得到了广泛的应用；但它所需要二极管的数量多，由于实际二极管的正向电阻不为零，必然会使整流电路的内阻增大，从而使损耗较大。故本设计选择单相桥式整流电路。

### (1) 滤波部分：

方案一：电容滤波电路：是最常见也是最简单的滤波电路，在整流电路的输出端并联一个电容（区分正负极）即构成电容滤波电路，电容在电路中也有储能的作用，并联的电容在电源供给的电压升高时，能把部分能量存储起来，而当电源电压降低时，就把能量释放出来，使负载电压比较平滑



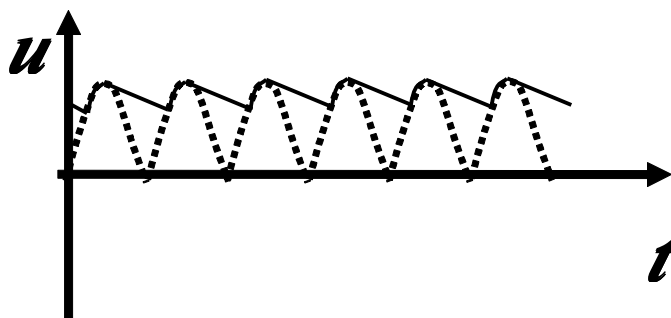


图 5 电容滤波电路原理图

图 6 电容滤波电路输出电压波形图

方案二：电感滤波电路：在整流电路与负载之间串联一个电感线圈就构成了电感滤波电路，一般为了增大电感线圈的电感量，采用有铁芯的线圈，其原理图如图 7 所示。电容滤波电路简单易行，输出电压平均值高，但它仅适用于负载电流较小且其变化也较小的场合。而电感滤波能应用于负载电流较大的场合，当负载电阻很小时，就应该用电感滤波电路。

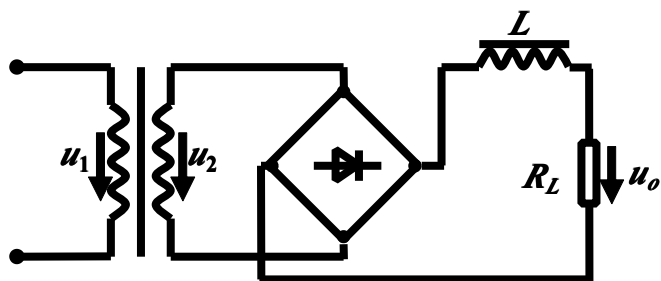


图 7 电感滤波电路

本次设计使用电容滤波电路。

### (3) 稳压部分：

(1) 方案一：先对输入电压进行降压，然后用单相桥式二极管对其进行整流，整流后利用电容的充放电效应，用电解电容对其进行滤波，将脉动的直流电压变为更加平滑的直流电压，稳压部分的单元电路由稳压管和三极管组成（如图 1），以稳压管 D1 电压作为三极管 Q1 的基准电压，电路引入电压负反馈，当电网电压波动引起  $R_2$  两端电压的变化增大（减小）时，晶体管发射极电位将随着升高（降低），而稳压管端的电压基本不变，故基极电位不变，所以由可知将减小（升高）导致基极电流和发射极电流的减小（增大），使得 R 两端的电压降低（升高），从而达到稳压的效果。负电源部分与正电源相对称，原理一样。

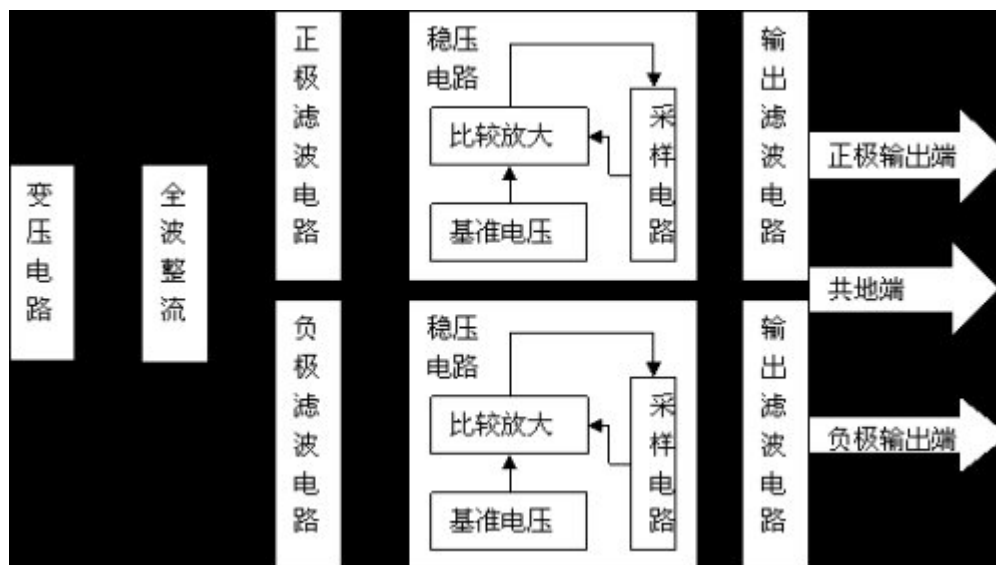


图 1 方案一稳压部分电路

(2)方案二：经有中间抽头的变压器输出后，整流部分同方案一一样擦用四个二极管组成的单相桥式整流电路，整流后的脉动直流接滤波电路，滤波电路由两个电容组成，先用一个较大阻值的电解电容对其进行低频滤波，再用一个较低阻值的陶瓷电容对其进行高频滤波，从而使得滤波后的电压更平滑，波动更小。滤波后的电路接稳压电路，稳压部分的电路如图 2 所示，方案二的稳压部分由调整管，比较放大电路，基准电压电路，采样电路组成。当采样电路的输出端电压升高（降低）时采样电路将这一变化送到 A 的反相输入端，然后与同相输入端的电位进行比较放大，运放的输出电压，即调整管的基极电位降低（升高）；由于电路采用射极输出形式，所以输出电压必然降低（升高），从而使输出电压得到稳定。



## 模拟电子技术课程设计

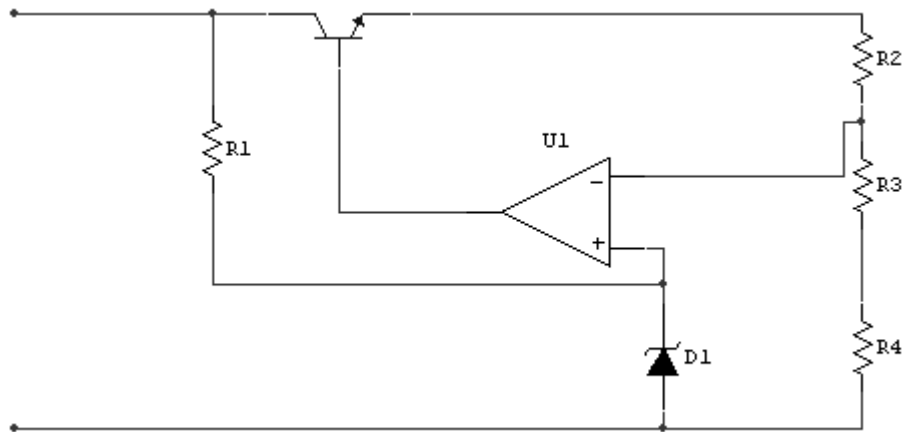
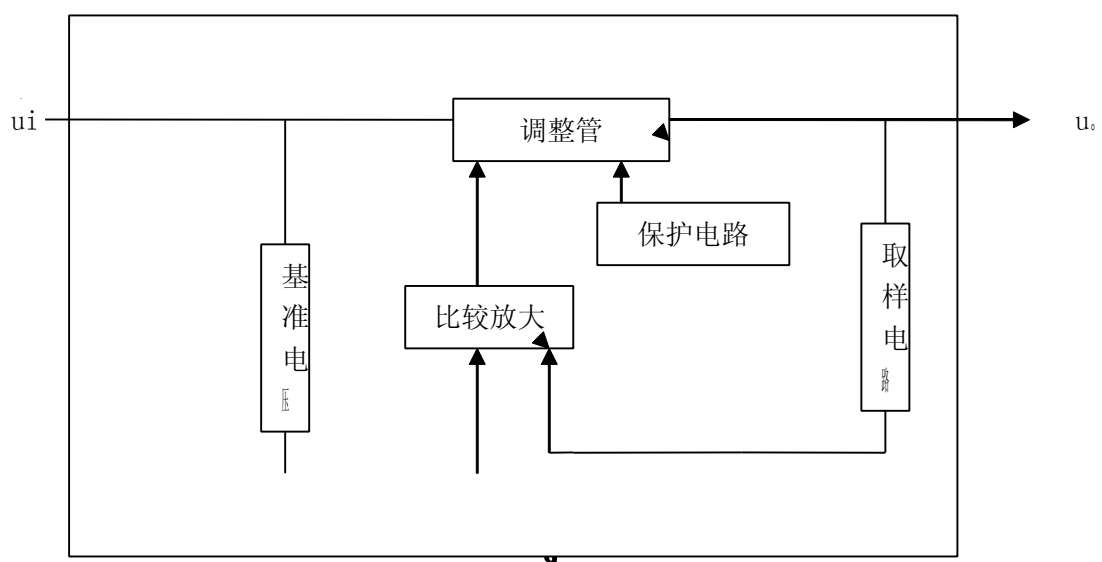


图2 方案二稳压部分单元电路

方案比较：可以发现第一个方案为线性稳压电源，具备基本的稳压效果，但是只是基本的调整管电路，输出电压不可调，而且输出电流不大，而第二个方案使用了运放和调整管作为稳压电路，输出电压可调，功率也较高，可以输出较大的电流。稳定效果也比第一个方案要好，所以选择第二个方案作为本次课程设计的方案。

稳压部分原理框图：



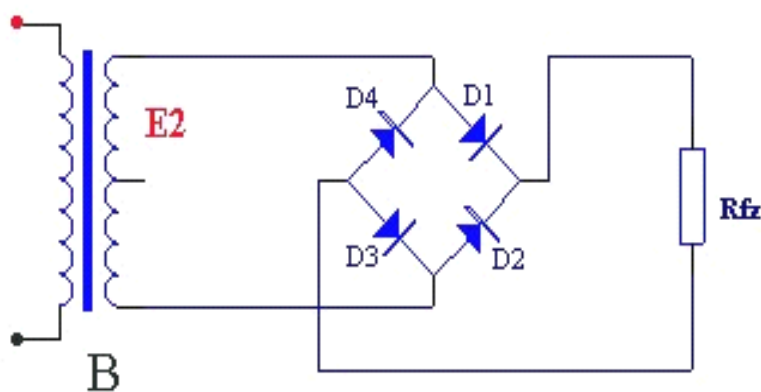
## 4.2、单元电路的设计

由于交流电经变压器后输出任为交流电，其电压的大小及方向均在不停的变化着。而稳定的直流电即电压方向不变大小稳定（变化可忽略）的电源。为的到这种电源就必须使其方向不变（即整流）且幅值稳定（即稳压）。整流就是是电流从一个方向过，因此可利用二极管的单向导电性来实现。而稳压则可利用稳压二极管逆向电流在某一电压值时随电压变化很大或三极管基极电压的微小变化而引起集电极电流的明显变化的特性并配一适当阻值的电阻及可实现。

### (1) 变压及整流部分：

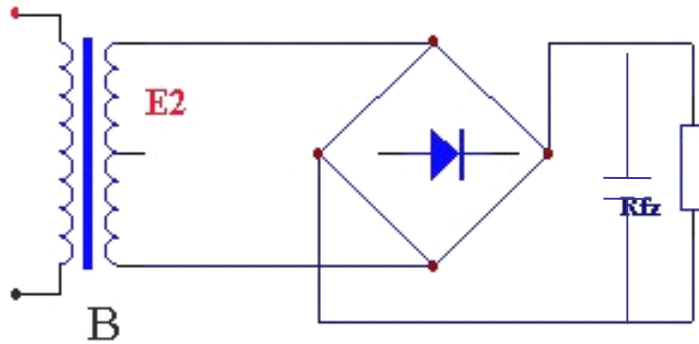
由于半波整流电路结构简单，使用元件少，整流的效率低，输出电压脉动大等缺点，我们电路中选则了桥式整流。

1. 在交流电  $e$  正半轴时，二极管  $VD1$  和  $VD4$  截止。 $VD2$  和  $VD3$  导通。电流经  $VD2$ ,  $RL$ ,  $VD3$  形成回路，负载  $RL$  上电压为上正。下负。
2. 在交流电  $e$  负半轴时，二极管  $VD2$  和  $VD3$  截止， $VD1$  和  $VD4$  导通，电流经  $VD4$ ,  $RL$ ,  $VD1$  形成回路，负载  $RL$  上电压仍为上正。下负



### (2) 滤波部分

在滤波方面，我们选用了电容滤波，因为整流电路接入 滤波电容后，不仅使输出电压变的平滑纹波显著减小，同时输出电压的平均值也增大了。电容滤波器是一种简单实用的平滑滤波器，由于电容器  $C1$  的充放电作用，当电容器容量 足够大时，充入的电荷多，放掉的电荷少。



(电容滤波电路)

### (3) 稳压部分

基本工作原理:

取样电路将输出电压  $U_0$  按比例取出, 送入比较放大器与基准电压进行比较, 差值被放大后去控制调整管, 以使输出电压  $U_0$  保持稳定.

#### 1、调整环节

调整环节是由调整管构成其基极受比较放大器的输出电压控制, 通过调整管集电极与发射极之间的压降变化来抵消输出电压的变化。因此, 设计时必须保证调整管工作在放大区, 以实现其调整作用。同时, 因调整管与负载串联的, 流过的电流较大, 则其参数必须满足负载电流和功率要求, 且保证调整管在最不利的情况下, 仍能正常工作。

#### 2、比较放大环节

比较放大环节的作用是把输出电压较小的变化进行放大后去控制调整管, 以达到稳定输出电压的目的。比较放大器的增益越高, 对调整管的控制作用越灵敏, 输出电压越稳定。因此要提高  $U_0$  的稳定性, 关键在于提高比较放大器的增益。同时, 还要考虑提高电路温度的稳定性。所以常选用差动放大器或者集成运算放大器作为比较放大环节。

#### 3、基准环节

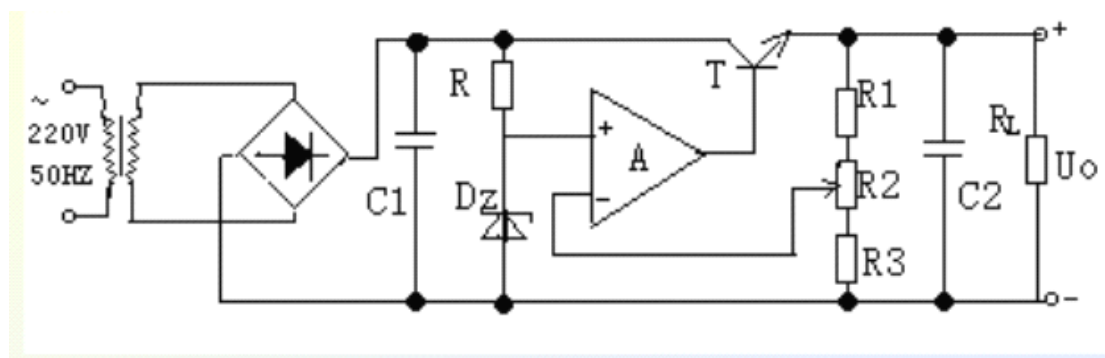
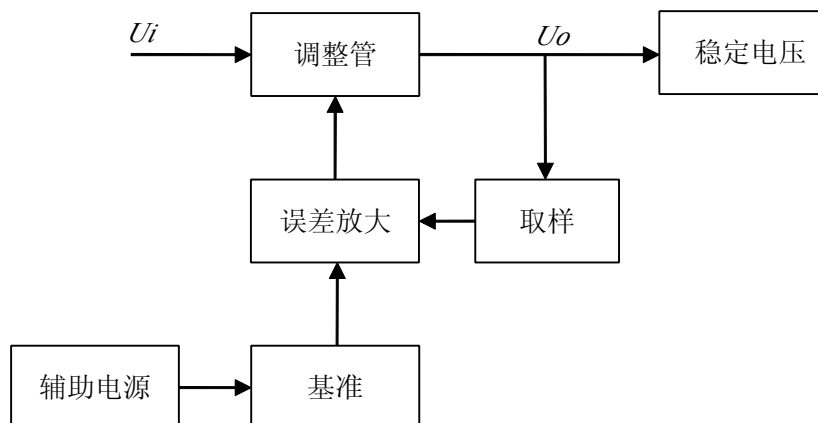
基准电压一般由稳压管提供稳定的稳定直流电压, 作为比较放大起的基准, 故应当尽量稳定, 为保证基准电压稳定, 稳压管必须工作在稳定区, 因此要选择合适限流电阻  $R$ , 保证稳压管工作电流最大时, 小于其允许电流  $I_{max}$ , 工作在电流最小时, 大于其最小稳定工作电流  $I_{min}$ 。

#### 4、取样环节

该环节是由取样电阻串接而成的电阻分压器。取样电阻应选用材料相同,

## 模拟电子技术课程设计

温度系数较小的金属膜电阻，因其温度性能好，取值应根据基准电压  $V_{ref}$  考虑，保证比较放大器工作在放大区。为了使输出电压可调，在分压电阻之间串接电位器  $R_w$  根据给定的电压调节范围，进一步定出各电阻的阻值。



## 5. 实验设备及原器件

### 5.1、实验设备

- (1) 万用表
- (2) 示波器
- (3) 交流毫伏表

### 5.2、原器件

#### 1、选择电源变压器

##### 1) 确定副边电压 $U_2$ :

根据性能指标要求:  $U_{omin}=9V$        $U_{omax}=12V$

## 模拟电子技术课程设计

$$\text{又 } \because U_i - U_{o\max} \geq (U_i - U_o)_{\min} \quad U_i - U_{o\min} \leq (U_i - U_o)_{\max}$$

$$\text{其中: } (U_i - U_{o\min})_{\min} = 3V, (U_i - U_o)_{\max} = 40V$$

$$\therefore 12V \leq U_i \leq 43V$$

此范围中可任选 :  $U_i = 14V = U_{o1}$

根据  $U_{o1} = (1.1 \sim 1.2)U_2$

$$\text{可得变压的副边电压: } U_2 = \frac{U_{o1}}{1.15} \geq 12V$$

2) 确定变压器副边电流  $I_2$

$$\because I_{o1} = I_o$$

又最大输出电流为 1.5A

$$\text{则 } I_2 \geq 1.5A$$

3) 选择变压器的功率

$$\text{变压器的输出功率: } P_o > I_2 U_2 = 18W$$

所以选取了 220V/18V, 功率为 20W 的变压器。

## 2、选择整流电路中的二极管

$\because$  变压器的副边电压  $U_2 = 18V$

$\therefore$  桥式整流电路中的二极管承受的最高反向电压为:  $\sqrt{2}U_2 \approx 25.46V$

桥式整流电路中二极管承受的最高平均电流为:  $\frac{I_o}{2} = \frac{1.5}{2} = 0.75A$

查手册选整流二极管 IN4001, 其参数为: 反向击穿电压  $U_{BR} = 50V > 25.46V$

最大整流电流  $I_F = 1A > 0.75A$

## 3、滤波电容 C

根据  $U_o = 12V, U_I = 18V, \Delta U_{op-p} = 5mV$  和公式

$$\text{可求的 } \Delta U_I = \frac{\Delta U_{op-p} U_I}{U_o S_v} = \frac{0.02 \times 18}{12 \times 3 \times 10^{-3}} = 10V$$

所以滤波电容

## 模拟电子技术课程设计

$$C = \frac{I_c t}{\Delta U_I} = \frac{I_{0\max} \cdot \frac{T}{2}}{\Delta U_I} = \frac{1.5 \times \frac{1}{50} \times \frac{1}{2}}{10} = 0.0015 F = 1500 \mu F$$

电容的耐压要大于  $U_{RM} > \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 18 = 25.46V$ ，故滤波电容 C1 取容量为 2000  $\mu F$

### 4、调整管

由于输出电流较大，达到 1.5mA，为防止电流过大烧坏调整管，需要选择功率中等或者较大的三极管，调整管的击穿电流必须大于 1.5mA，又由于三极管 CE 间的承受的最大管压降应该大于 15-6=9V，考虑到 30%的电网波动，我们的调整管所能承受的最大管压降应该大于 13V，最小功率应该达到 =19.5W。我们可以选择适合这些参数，并且在市场上容易买到的中功率三极管 TIP41A，它的最大功率为 65W，最大电流超过 6A，所能承受的最大管压降为 100V，远远满足调整管的条件。

### 5、基准电路的稳压管

1N4730， $I_z=64mA$ ，稳定电压为 3.9V

### 6、采样电路电阻

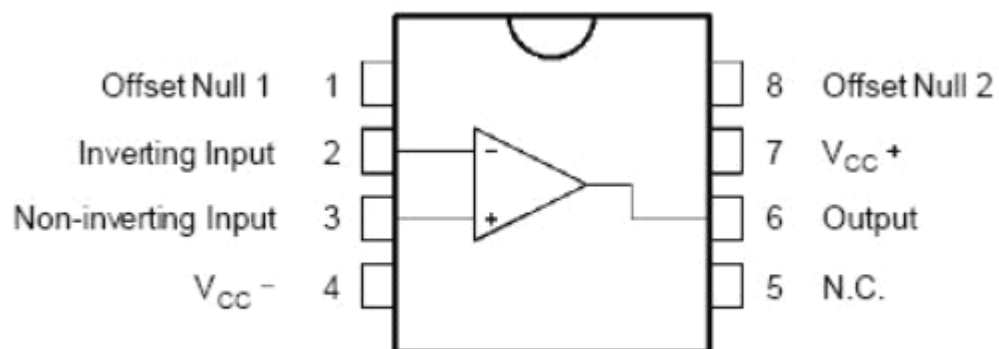
$$U_{min} = \frac{5.23+1+3}{3+1} * 3.9 = 9V$$

$$U_{min} = \frac{5.23+1+3}{3} * 3.9 = 12V$$

所以可变电阻取 1K，R1 取 5.23K,R2 取 3K.

### 7、运放

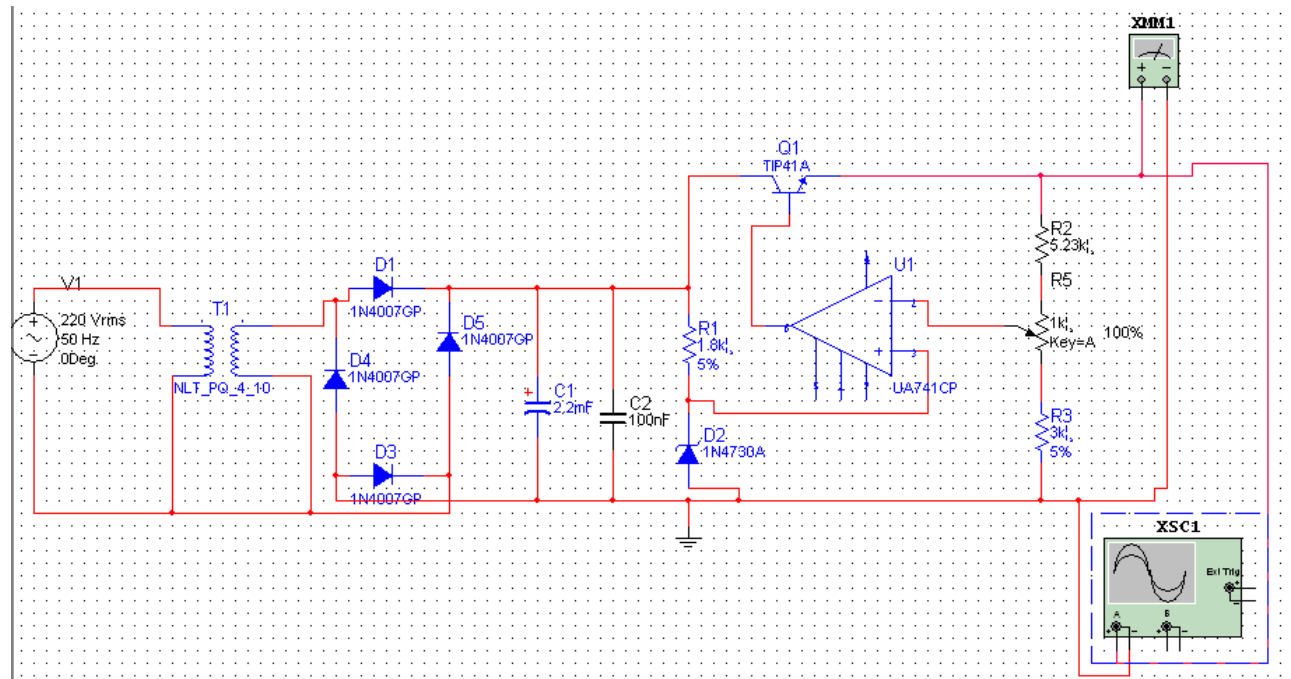
选用工作电压在 15V 左右前对电压稳定性要求不是很高的运放，由于 op07 的工作电压为正负 3V-正负 22V，范围较大，可以用其作为运放，因为整流后的电压波动不是很大，所以运放的工作电源可以利用整流后的电压来对其进行供电。如下图



为了使输出电压更稳定，输出纹波更小，需要对输出端进行再次滤波，可在输出端接一个 120uf 的电解电容，这样电源不容易受到负载的干扰。使得电源的性质更好，电压更稳定，

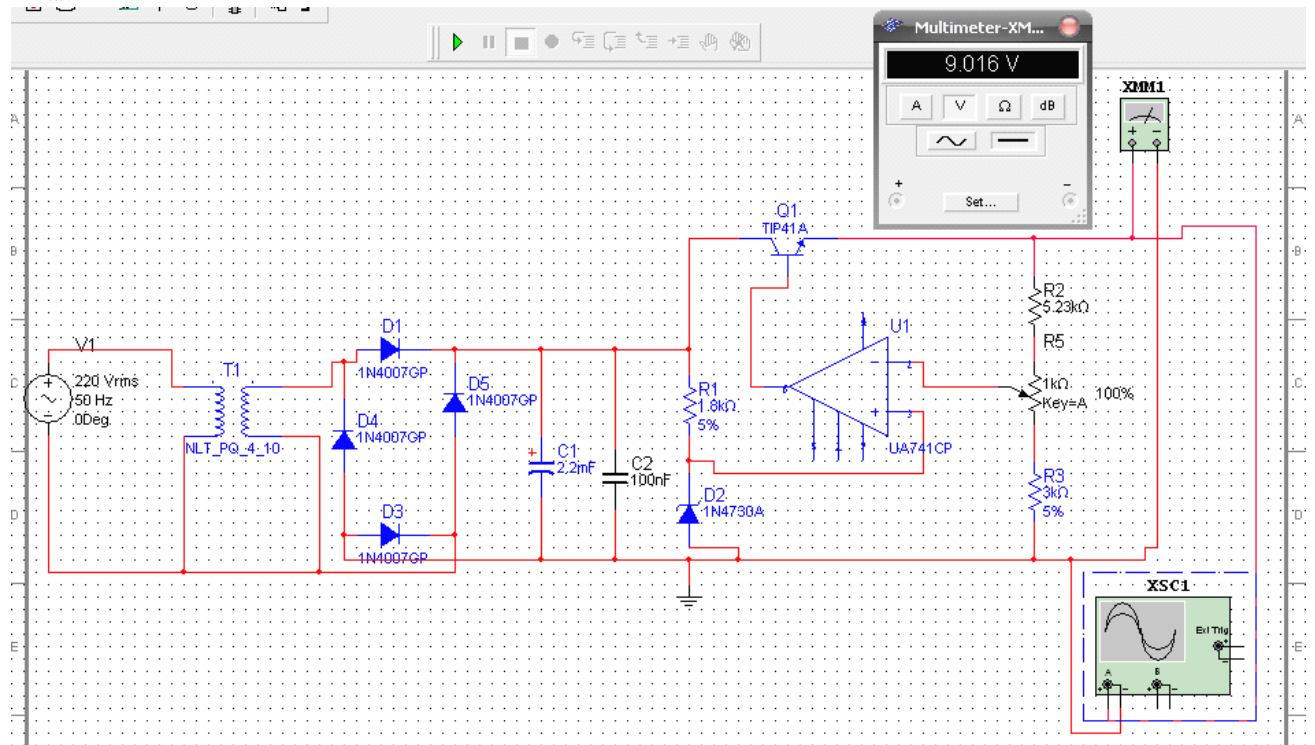
## 6、生成总图及 multsim 仿真

### 6.1 生成总图



## 6.2.multisim 仿真

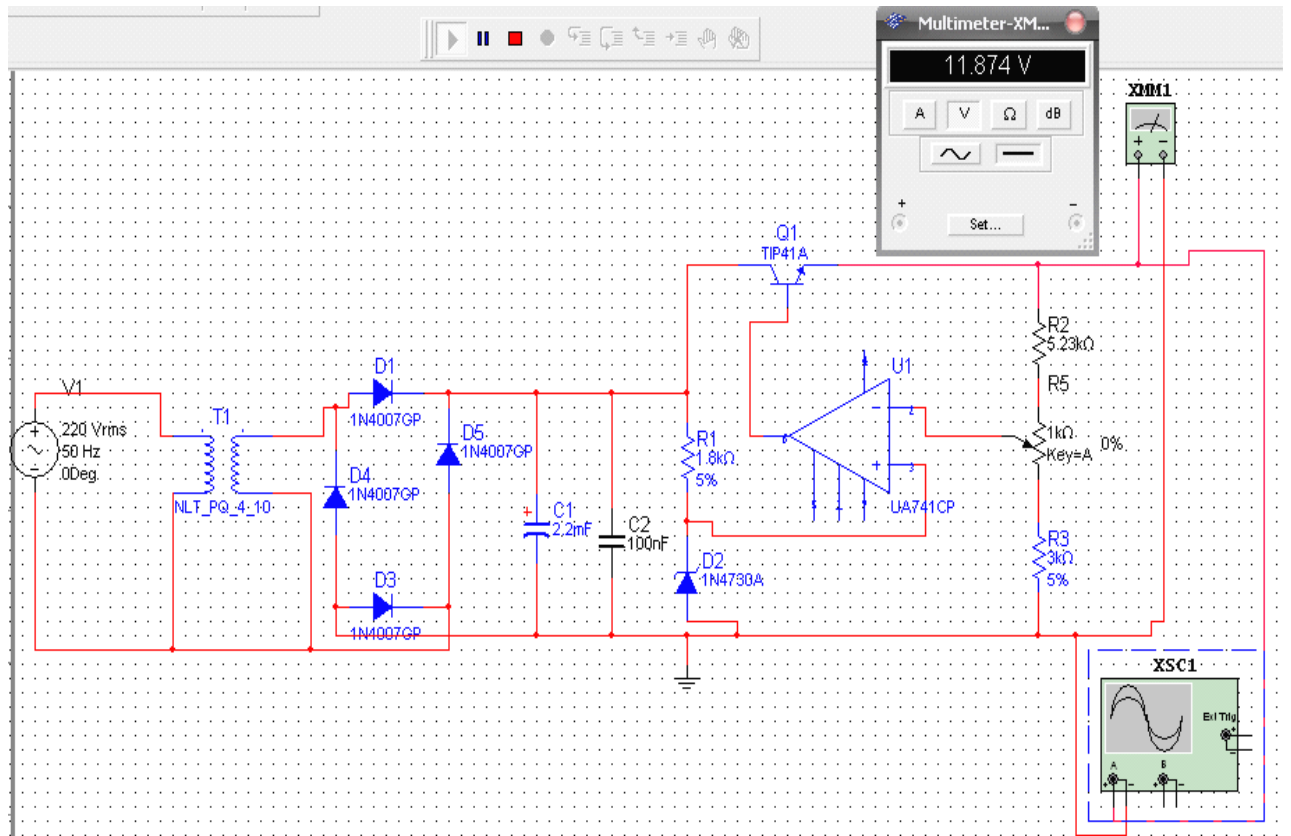
当输出电压最小时:



当输出电压最大时:

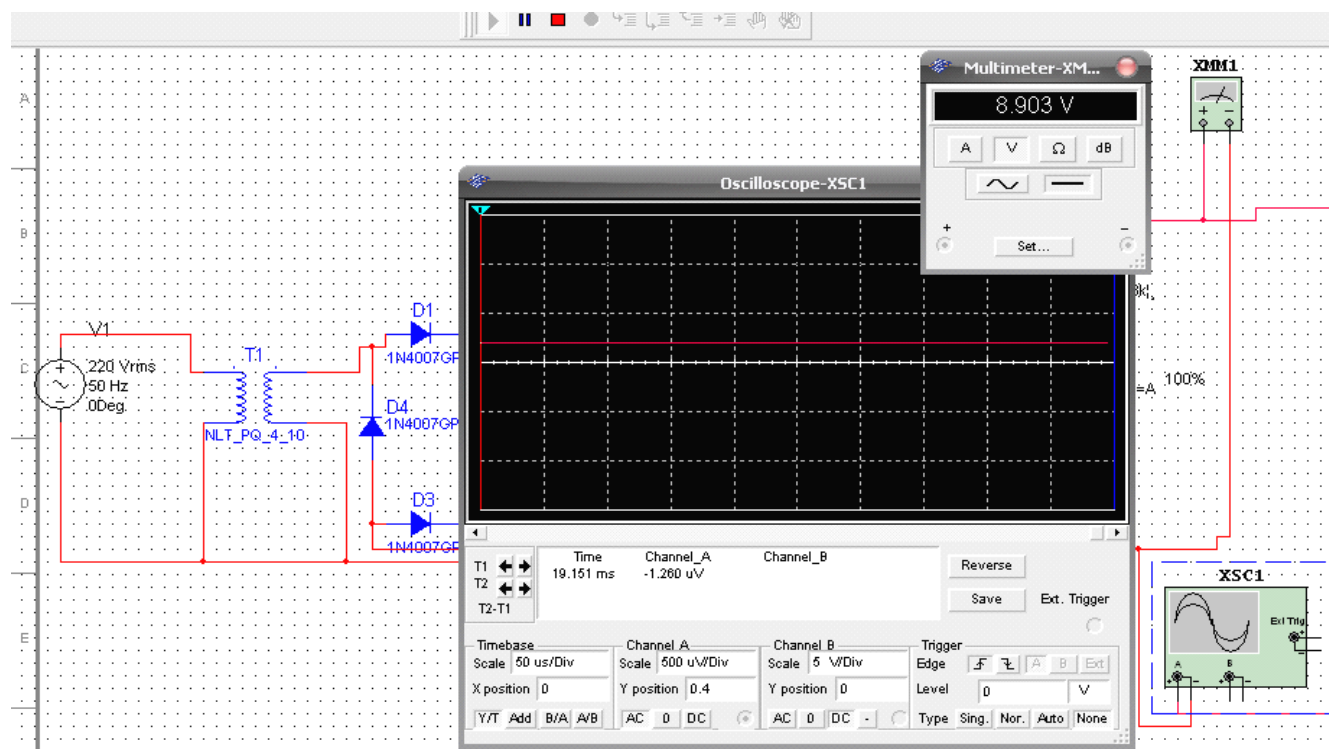


# 模拟电子技术课程设计



电路输出纹波波形：

纹波电压在 2.5mV 左右，比要求的 5mV 要低，而实际测量时，纹波的电压只有 0.9mV，远远低于所要求的 5mV，所以符合要求。



## 7. 安装、调试及测试结果

### 7.1. 焊接

工具：电烙铁

在已做好的电路板上涂一层助焊剂，对照原理图将元件安装在电路板上，检查元件位置是否正确。检查无误后，用电烙铁将每个元件用焊锡焊牢，保证每个元件不虚焊。在焊元件时根据不同元件耐热性能尽量减少焊接时间。焊接完毕后用万用表检查是否断路和短路。

### 7.2. 调试

工具：万用表、交流毫伏表、滑动变阻器

接入220V交流电压，检查电路看是否有异常现象，没有，然后用万用表检查输出端电压为正常，接上交流毫伏表观察其交流纹波电压，纹波电压较小也为正常。

### 7.3、测试结果：

- 1、电压范围在 9-12v。

## 8、元器件清单

## 模拟电子技术课程设计

名称及标号		型号及大小	封装形式	数量
变压器		220V-18V	无	1
二极管		IN4007	DIODE-0.4	4个
电容	电解电容	2200uF	RB.3/.6	2个
		220uF	RB.2/.4	2个
	陶瓷电容	104	RAD-0.2	2个
电阻	4.7K	AXIAL-0.3	2个	
	50k	AXIAL-0.3	2个	
	3k	AXIAL-0.3	2个	
可变电阻	1k	Sip3	2个	
运放	uA741	DIP8	2个	
稳压管	1N4730A	DIODE-0.4	2个	
调整管	TIP41	T0220	1个	

## 9、注意事项

1. 焊接时要对各个功能模块电路进行单个测试，必要时可设计一些临时电路用于调试。
2. 测试电路时，必须要保证焊接正确，才能打开电源，以防元器件烧坏。
4. 按照原理图焊接时必须要保证可靠接地。

## 10、此电路的误差分析

综合分析可以知道在测试电路的过程中可能带来的误差因素有：

- ① 测得输出电流时接触点之间的微小电阻造成的误差；
- ② 电流表内阻串入回路造成的误差；
- ③ 测得纹波电压时示波器造成的误差；

## 模拟电子技术课程设计

④ 示波器, 万用表本身的准确度而造成的系统误差;

可以通过以下的方法去改进此电路:

- ① 减小接触点的微小电阻;
- ② 根据电流表的内阻对测量结果可以进行修正;
- ③ 测得纹波时示波器采用手动同步;
- ④ 采用更高精确度的仪器去检测;

## 11、心得体会

通过这次设计实践。我学会了直流稳压电源的基本设计方法, 对直流稳压电源的工作原理和使用方法也有了更深刻的理解。在对理论的运用中, 提高了我们的工程素质, 在没有做实践设计以前, 我们对直流稳压电源的撑握都是思想上的, 对一些细节不加重视, 当我们把自己想出来的方案应用到实践中的时候, 问题出现了, 不是不能测试, 就是测试的结果和要求的结果不相符合。经过解决一个个测试中出现的问题, 我们对直流稳压电源的理解得到加强, 看到了实践与理论的差距。加深了我们对理论与实践联系的理解, 促进了我们运用知识解决具体问题的综合能力, 特别是对直流稳压电源的应用、理解上升到了更深的一个层次。

## 12、参考文献:

- 1、《电子线路设计·实验·测试》第三版, 谢自美 主编, 华中科技大学出版社
- 2、《新型集成电路的应用——电子技术基础课程设计》, 梁宗善主编, 华中科技大学出版社
- 3、《电子技术基础课程设计》, 孙梅生等编著, 高等教育出版社
- 4、《电子技术基础》模拟部分(第五版) 康华光主编; 高等教育出版社
- 5、《常用电子电路 280 例解析》张延琪主编 中国电力出版社;
- 6、《实用电子电路 200 例》张庆双主编 机械工业出版社;
- 7、《新型电子电路应用实例精选》苏文平主编 北京航空航天大学出版社;
- 8 《电子线路基础》, 华东师范大学物理系万嘉若, 林康运等编著, 高等教育出版社, 1986 年 3 月.
- 9、《电子技术基础》, 华中工学院电子学教研室编, 康华光主编, 高等教育出版社, 1982 年 6 月.
- 10、《电子线路设计》, (第二版) 华中科技大学谢自美主编, 华中科技大学出版社, 2000 年 5 月.
- 11、《电路》(第五版) 高等教育出版社 邱关源
- 12、可调直流电源制作[J], 电子制作, 黄绍基 高永聪, 2002 年 4 期;
- 13、可调直流电源[J], 电子产品维修与制作; 孙勇 毛兴武, 1997 年 6 期;

## 14、结束语

在这次课程设计的撰写过程中，我得到了许多人的帮助。

首先我要感谢我的老师和同学提供给我的支持和帮助，这是我能顺利完成这次报告的主要原因，让我能把系统做得更加完善。在此期间，我不仅学到了许多新的知识，而且也开阔了视野，提高了自己的设计能力。

## 模拟电子技术课程设计问题及答案

### 1、调整管怎么进行选择的？

由于输出电流较大，达到 1.5mA，为防止电流过大烧坏调整管，需要选择功率中等或者较大的三极管，调整管的击穿电流必须大于 1.5mA，又由于三极管 CE 间的承受的最大管压降应该大于  $15-6=9V$ ，考虑到 30% 的电网波动，我们的调整管所能承受的最大管压降应该大于 13V，最小功率应该达到  $P=19.5W$ 。我们可以选择适合这些参数，并且在市场上容易买到的中功率三极管 TIP41A，它的最大功率为 65W，最大电流超过 6A，所能承受的最大管压降为 100V，远远满足调整管的条件。

### 2、直流稳压源分为哪几个部分？

直流稳压电源是一种将 220V 工频交流电转换成稳压输出的直流电压的装置，它需要变压、整流、滤波、稳压四个环节才能完成

### 3、整流管是怎么选择的？

∵ 变压器的副边电压  $U_2=18V$

∴ 桥式整流电路中的二极管承受的最高反向电压为： $\sqrt{2}U_2 \approx 25.46V$

桥式整流电路中二极管承受的最高平均电流为： $\frac{I_o}{2} = \frac{1.5}{2} = 0.75A$

查手册选整流二极管 IN4001，其参数为：反向击穿电压  $U_{BR}=50V > 25.46V$

最大整流电流  $I_F=1A > 0.75A$

∴ 选择整流二极管 IN4001.