

# 实验八 直流稳压电路

## 8.1 实验目的

- 1. 掌握整流、滤波、稳压电路工作原理及各元件在电路中的作用；
- 2. 熟悉和掌握线性集成稳压电路的工作原理；
- 3. 学习线性集成稳压电路技术指标的测量方法。

## 8.2 实验预习要求

- 1. 复习单相直流电源的组成和各部分作用的原理，包括半波整流电路、全桥整流电路、滤波电路等等。
- 2. 预习实验中使用到的线性集成稳压芯片的工作原理；

## 8.3 实验仪器与器件

表 8-1 实验仪器和器件表

	元件名称	所在库
1	交流电压源（VSIN）	SOURCE
2	C、R、滑动变阻器（R_var）	ANALOG
3	二极管(D1N4007)	DIODE
4	LM317、LM7812	OPAMP
5	整流桥	DIODE_FULLBRIDGE

## 8.4 实验原理

### 8.4.1 线性直流稳压电源的基本原理

直流电源是电子设备中最基本、最常用的仪器之一。它作为电源，可保证电子设备的正常运行。本节介绍的直流电源为单相小功率直流电源，它将频率为 50Hz，有效值为 220V 的单相交流电压转换为幅值稳定、输出电流为几安以下的直流电压。这种电源一般由整流电路、滤波电路和稳压电路三部分组成，如图 8-1。

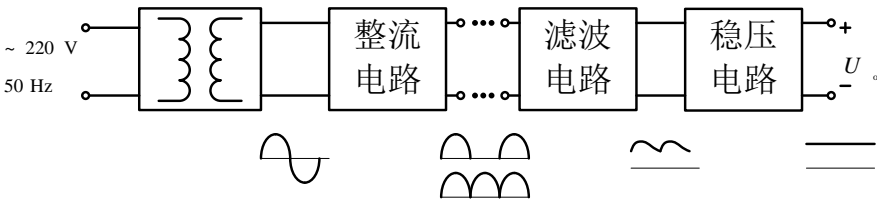


图 8-1 直流稳压电源的功能示意图

整流电路是利用二极管的单向导电性，将交流电转变为脉动的直流电；滤波电路，为了减小电压的脉动，通过低通滤波电路滤波，使得输出电压平滑；稳压电路的作用是保持输出电压的稳定，使输出电压不随

电网电压、负载和温度的变化而变化。由于滤波电路为无源电路，所以接入负载后会影响其滤波效果，在稳定性要求不高的电子电路中，整流、滤波以后的直流电压可以作为供电电源，但在这节中，我们采用直流稳压芯片作为末端的稳压电路。

## 8.4.2 线性直流稳压电源的稳态性能指标

线性直流稳压电源在稳态工作条件下，技术指标分为两种：特性指标，包括允许的输入电压，输出电压，输出电流及输出电压调节范围等；质量指标，用于衡量电源的稳定程度，包括稳压系数（或电压调整率），输出电阻（或电流调整率），温度系数及纹波电压等。

### 1) 纹波电压：

纹波电压是指叠加在输出电压  $U_o$  上的交流分量，利用示波器可观测其峰峰值  $\Delta U_{OPP}$ ，也可以用能满足其纹波频率测量的万用表测试其纹波电压有效值、峰峰值等。

### 2) 稳压系数及输入电压调整率

稳压系数：在负载电流、环境温度不变的情况下，输入电压的相对变化引起输出电压的相对变化，即

$$S_U = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i}$$

电压调整率：输入电压相对变化为  $\pm 10\%$  时的输出电压相对变化量，即

$$K_U = \frac{\Delta U_o}{U_o}$$

稳压系数  $S_U$  和电压调整率  $K_U$  均说明输入电压对输出电压的影响，因此只需测试其中之一即可。

### 3) 输出电阻及电流调整率

输出电阻为输入电压不变时，输出电压变化量与输出电流变化量之比的绝对值，即

$$r_o = \frac{|\Delta U_o|}{|\Delta I_o|}$$

电流调整率：输出电阻从最小到最大值  $R_{Lmax}$  时所产生的输出电压相对变化值，即：

$$K_I = \frac{\Delta U_o}{U_o}$$

输出电阻  $r_o$  和电流调整率  $K_I$  均说明负载电流对输出电压的影响，因此也只需要测试其中之一即可。

需要注意的是，对于电压源来说，输出电阻为 0，则此电压源短路，是极限情况，容易损坏电源，所以测试时要避免这种情况，让电源工作在稳定条件下来测试其稳态的特性。

## 8.5 实验步骤

注意事项：

- 1、所有原理图中标注的电解电容，在仿真模型中都可以采用无极性电容代替。
- 2、本次实验均为时域仿真，设置合适的仿真时长，以便于波形的观察。
- 3、Avg() 函数测量精度随着仿真时长而增加，本次实验适宜 20 个周期后读取 Avg() 函数的值。
- 4、需要设置阻值为 0 的电阻，仿真时需设置为 0.0001。

# 1. 单相半波整流电路

按图 8-2 接线，图中  $V_{in}$  为交流信号，频率 50Hz, 幅值为 12V 左右。整流二极管采用 1N4007，输出滤波电容采用电解电容 100 $\mu$ F， $R_L$  为负载电阻 510 $\Omega$ 。

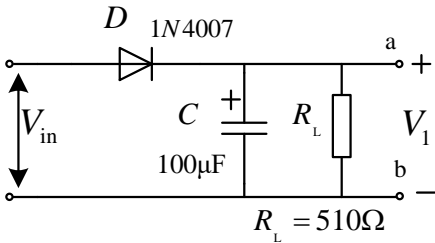


图 8-2 单相半波整流电路

完成下面测试，截图输出电压波形，测量结果也需截图保存，填入表 8-2。

- ① 去掉整流二极管， $D$  处短路，滤波电容  $C$  断开，观察负载电阻  $R_L$  两端的波形（读出频率、最大值、平均值，利用 **add trace** 中 **period()**, **max()**, **avg()**），并用光标读取输出电压的平均值。值得注意的是，**Avg()** 函数测量精度随着仿真时长而增加，实验中适宜 20 个周期后读取 **Avg()** 函数的值。
- ② 加上二极管  $D$ ，电容  $C$  仍保持断路，观测负载电阻  $R_L$  两端的波形（读出频率、最大值、平均值），并用光标读取输出电压的平均值。
- ③ 在②的基础上，接上电容  $C$ （100 $\mu$ F），观测负载电阻  $R_L$  两端的波形（读出频率、最大值、平均值），并用光标读取输出电压的平均值。
- ④ 在③的基础上，将  $R_L$  更换为 100 $\Omega$ ，观测负载电阻  $R_L$  两端的波形（读出频率、最大值、平均值），并用光标读取输出电压的平均值。
- ⑤ 在③基础上，固定  $R_L$  为 510 $\Omega$ ，改变电容  $C$  为 10 $\mu$ F，观测负载电阻  $R_L$  两端的波形（读出频率、最大值、平均值），并用光标读取输出电压的平均值。
- ⑥ 恢复电路， $R_L$  为 510 $\Omega$ ， $C$  为 100 $\mu$ F，供下面实验使用。

表 8-2 单相半波整流电路测试表格

步骤	$R_L$ 两端电压波形	测试量
①		频率：_____ 最大值：_____ 平均值：_____
②		频率：_____ 最大值：_____ 平均值：_____

③		频率: _____ 最大值: _____ 平均值: _____
④		频率: _____ 最大值: _____ 平均值: _____
⑤		频率: _____ 最大值: _____ 平均值: _____

## 2. 三端可调集成稳压器 LM317 组成的直流稳压电路

LM317 的封装有多种形式, 如图 8-3 所示: TO-220, ISOWATT220, D<sup>2</sup>PAK, TO-3 等, 管脚分为: 输入端、调整端和输出端, 如图对应所示。其输出端 PIN3 对调整端 PIN1 的电压为固定的 1.25V 电压不变, 下面就是利用这个特性, 来设计电源的输出。

图 8-4 为由 LM317 组成的三端可调式集成稳压电路, 由于 1.25V 不变, 所以输出电压为

$$V_o = (1 + R_p / R_1) \times V_{\text{ref}} + I_{\text{ADJ}} \times R_p$$

由于 R1 上的电流值基本恒定, 而调整端的电流非常小, 且恒定, 故将其忽略, 那么输出电压为

$$V_o = (1 + R_p / R_1) \times 1.25V \quad \text{调节调节电位器 } R_p \text{ 的阻值便可以改变输出电压的大小。}$$

LM317 的输入要求为直流电压: 3V~40V, 二极管 D<sub>1</sub> 的作用是防止输入短路, D<sub>2</sub> 的作用是防止输出短路, 保护芯片。

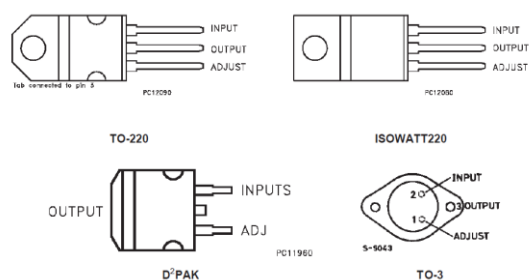


图 8-3 LM317 的封装和管脚对应

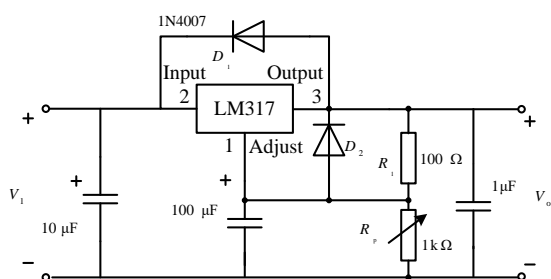


图 8-4 LM317 组成的三端可调式集成稳压电路

- ① 调节  $R_p$ , 观察输出电压是否改变。输出电压可调时, 用软件自带函数 MAX 分别测出  $V_o$  的最大值, 以及对应稳压部分的输入电压  $V_1$  的最大值。观察并记录同一时序下的  $V_1$  和  $V_o$  的波形并截图保存, **同时观察最大输出时, 输出电压是否稳定**。结果填入表 8-3。
- ② 调节  $R_p$ , 用软件自带函数 MAX 分别测出  $V_o$  的最小值, 以及对应稳压部分的输入电压  $V_1$  的最小值。观察并记录同一时序下的  $V_1$  和  $V_o$  的波形并截图保存。结果填入表 8-3。
- ③ 调节  $R_p$ , 使  $V_o$  的最大值为 6V, 并测出此时  $V_1$  的最大值 (MAX 函数读取),  $V_1 =$  \_\_\_\_\_ V, 截图保存输出波形。
- ④ 仍使得  $V_o$  为 6V, 改变输入信号的大小, 从幅值 24V 变化到 30V 输出, 观察输出波形的变化并截图保存, 并测量输出电压相应的变化值及输入电压相应的变化值, 填入表 8-4 中, 并求直流电源的稳压系

数。 $S_U = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta V_i / V_i}$

$V_o$ 的最大值	$V_o$ 最大值时 $V_1$ 值	$V_o$ 的最大值时，记录同一时序下的 $V_1$ 和 $V_o$ 的波形	输出电压是否稳定？
$V_o$ 的最小值	$V_o$ 最小值时 $V_1$ 值	$V_o$ 的最小值时，记录同一时序下的 $V_1$ 和 $V_o$ 的波形	

	输入电压 $V_{in}$ 值	输出直流电压 $V_o$ 值
输入 24V 档位时		
输入 30V 档位时		

3. 由 LM7812 组成的直流稳压电路

LM7812 是一款线性集成稳压芯片，其封装形式如图 8-5 所示，有 3 个引脚，PIN1 为输入端，PIN2 为接地端，PIN3 为输出端，外壳用于散热，在芯片内部是接地或者接输出。LM7812 的输出典型值是 12V，最大输出电流 1.5A 左右。

图 8-6 为使用 LM7812 构成的直流稳压电路，前级的整流电路采用桥式整流电路，后级由 LM7812 稳压输出。选择元器件，按下图连线。

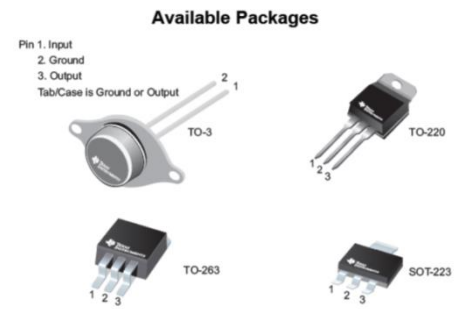


图 8-5 LM7812 的几种封装

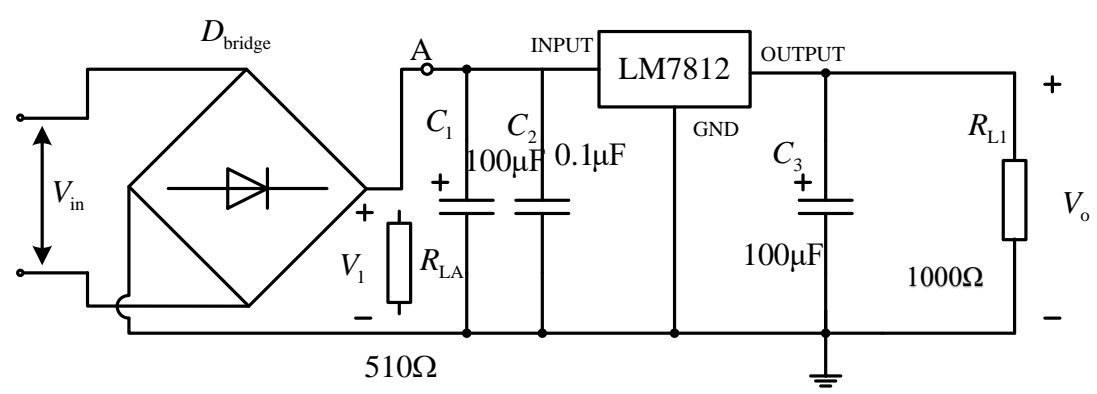


图 8-6 LM7812 组成的直流稳压电路图

- ① 将上述电路在 A 点处断开，在 A 点和地之间接入电阻  $R_{LA}=510\Omega$ ，输入交流电压  $V_{in}=18V$ （幅值），频率 50Hz，测量  $V_1$  的波形频率=\_\_\_\_\_，幅值=\_\_\_\_\_，并将图形记录下来，和单相半波整流电路实验中的步骤②的波形进行对比，分析原因。
- ② 将电路 A 点连接后级电路，不接  $R_{LA}$  和  $R_{L1}$ ，测量  $V_1$  和  $V_0$  的波形并截图保存（同一时序）于表 8-5 中。
- ③  $R_{L1}$  接入电路，测量  $V_1$  和  $V_0$  的波形并截图保存于表 8-5 中。

表 8-5 LM7812 构成的直流稳压电路的测试表

$R_{L1}$ 不接入电路	$R_{L1}$ 接入电路
$V_1$ 、 $V_0$ 的波形和幅值 $V_1=$ ____ V $V_0=$ ____ V	$V_1$ 、 $V_0$ 的波形和幅值 $V_1=$ ____ V $V_0=$ ____ V
记录同一时序下的 $V_1$ 与 $V_0$ 波形	记录同一时序下的 $V_1$ 与 $V_0$ 波形

## 4. 设计题

使用 PSpice 仿真软件设计一个线性稳压电路。参数及功能如下：

- 1) 输入电压使用交流电压 6V, 50Hz;
- 2) 输出电压为 2.5V (空载时), 无振荡;
- 3) 带负载电阻  $R_L=1000\Omega$  时, 观察输出电压是否有变化。

要求:

- (1) 画出设计的电路图, 说明工作原理;
- (2) 写出电路参数的计算过程; (实际值可能与计算值有偏差, 电容值不用计算)
- (3) 搭建出仿真电路, 记录同一时序下整流后的电压以及稳压电路的输出电压波形, 并分别测量其最大值。  
(仿真电路也需截图保存)

## 8.7 实验思考题

1. 在整流电路中, 输出电容的作用是什么, 请进行分析。
2. 对于同样的输入电压, 请分析单相半波整流电路和桥式整流电路输出电压有何不同, 为什么?
3. 桥式整流电路中某二极管接反会出现什么现象? 若某二极管开路又会怎样?