



哈尔滨工业大学(深圳)

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

实验与创新实践教育中心

实验报告

课程名称： 模拟电子技术实验 实验名称： 实验八：直流稳压电路

专业-班级： 21级自动化6班 学号： 210320621 姓名： 吴俊达

实验日期： 2023 年 6 月 8 日 评分： _____

教师评语：

助教签字： _____

教师签字： _____

日 期： _____

实验预习

实验预习和实验过程原始数据记录

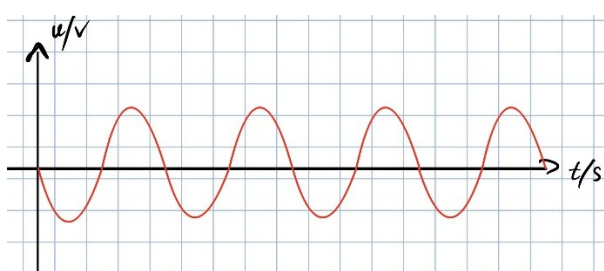
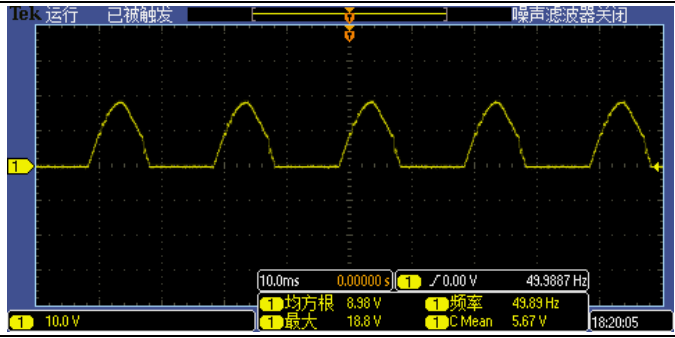
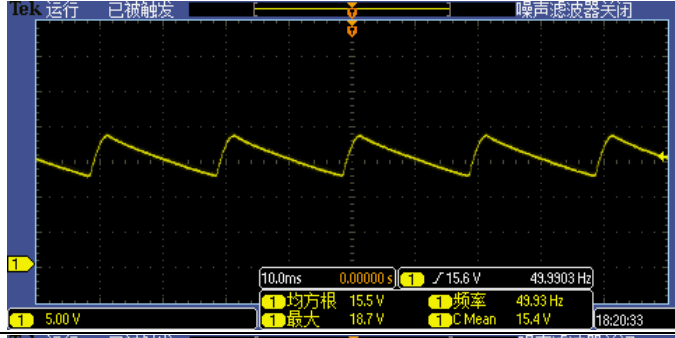
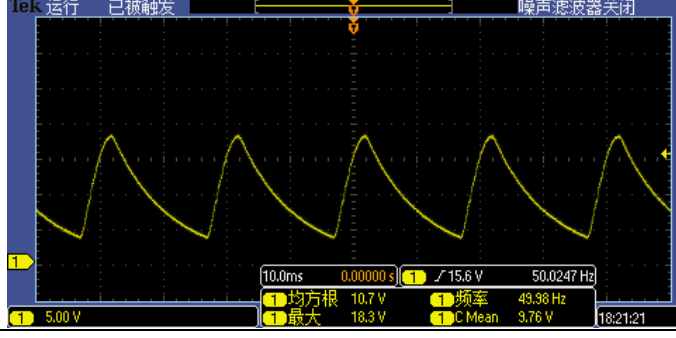
预习结果审核：_____ 原始数据审核：_____

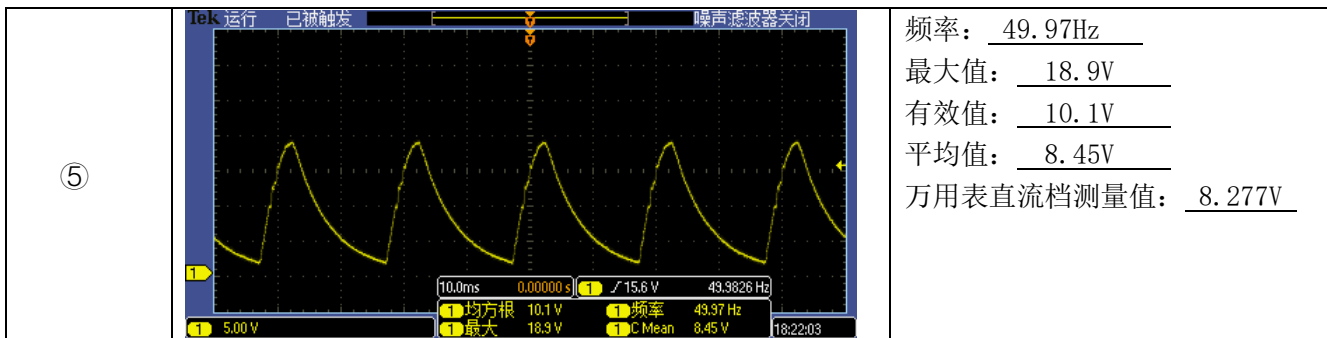
(包括预习时，计算的理论数据)

原始数据的波形图可手绘，在数据分析中用坐标纸绘图，且按要求画图

1、单相半波整流电路

表 8-2 单相半波整流电路测试表格

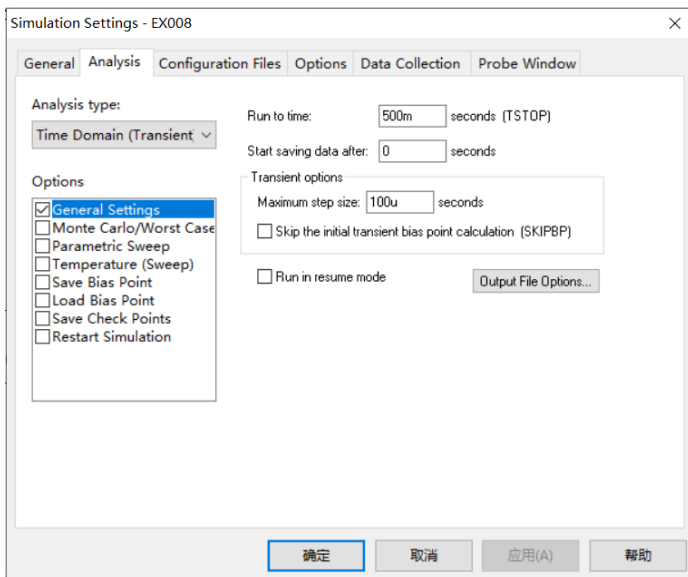
步骤	R_L 两端电压波形	测量量
①	<p>【从示波器上获取的波形不知为何丢失了，是一个正弦波，下面用手绘替代】</p> 	频率： <u>50.08Hz</u> 最大值： <u>19.6V</u> 有效值： <u>13.3V</u> 平均值： <u>46.2mV</u> 万用表直流档测量值： <u>0.0005V</u>
②		频率： <u>49.89Hz</u> 最大值： <u>18.8V</u> 有效值： <u>8.98V</u> 平均值： <u>5.67V</u> 万用表直流档测量值： <u>5.672V</u>
③		频率： <u>49.93Hz</u> 最大值： <u>18.7V</u> 有效值： <u>15.5V</u> 平均值： <u>15.4V</u> 万用表直流档测量值： <u>15.370V</u>
④		频率： <u>49.98Hz</u> 最大值： <u>18.3V</u> 有效值： <u>10.7V</u> 平均值： <u>9.76V</u> 万用表直流档测量值： <u>9.595V</u>



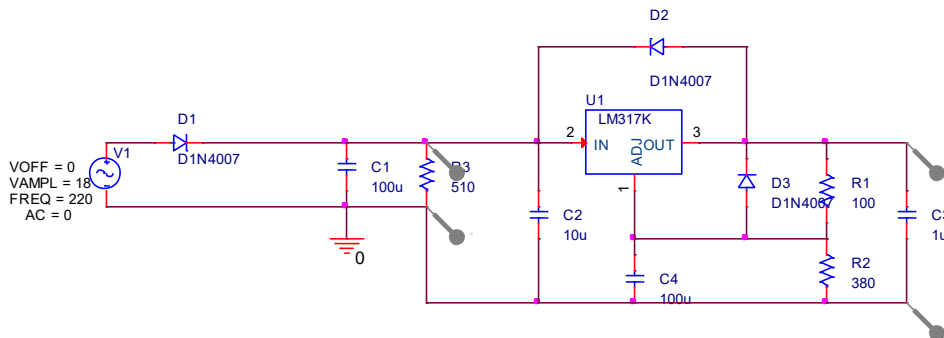
2、三端可调集成稳压器 LM317 电路。

仿真电路图和输出波形图（输入 18Vac，输出 6Vdc），测试输出电压的平均值。

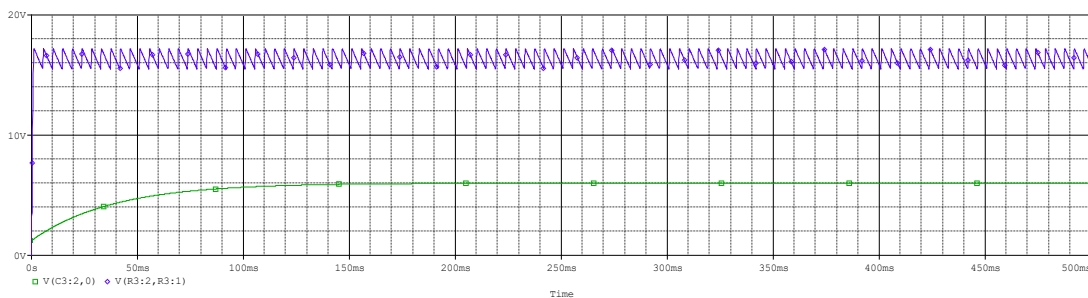
仿真参数



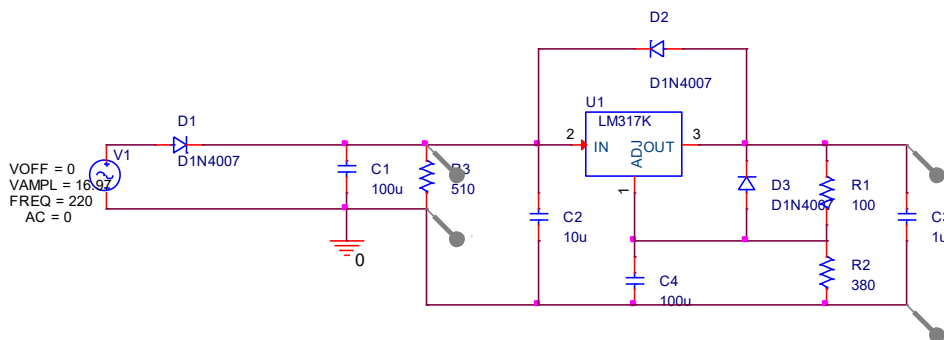
幅值 ±18V:



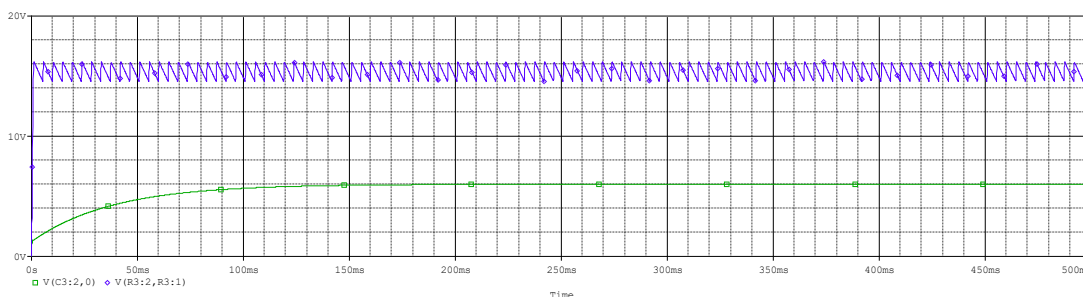
电阻 R2 取为 380Ω



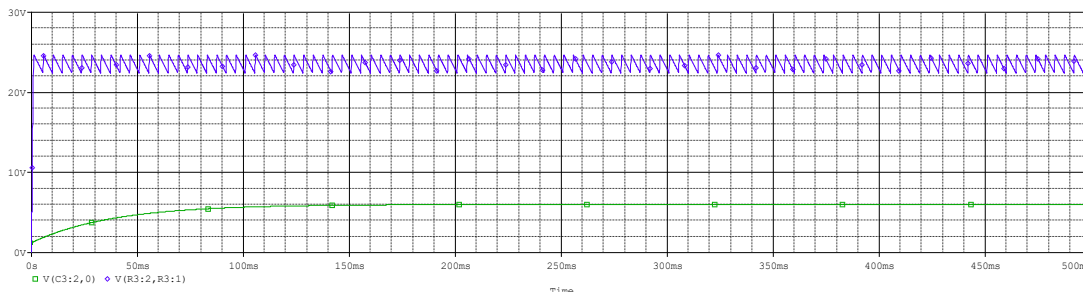
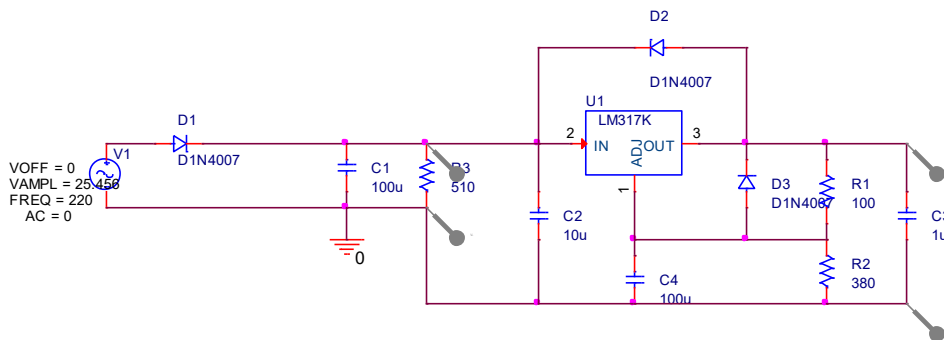
（蓝色线为 R3 两端[LM317 输入端]的电压波形，绿色线为 C3 两端[输出端]的电压波形）
有效值 12V（幅值±16.97V）：



电阻 R2 仍取为 380Ω



（蓝色线为 R3 两端[LM317 输入端]的电压波形，绿色线为 C3 两端[输出端]的电压波形）
有效值 18V（幅值±25.455V）：



（蓝色线为 R3 两端[LM317 输入端]的电压波形，绿色线为 C3 两端[输出端]的电压波形）

1. 调节 R_p ，使 V_o 为 6V，并用万用表测出此时 V_1 的值， $V_1 = \underline{14.622}$ V。
2. 仍使得 V_o 为 6V，改变输入交流电源的档位，从 12V 档位变化到 18V 档位输出，测量输出电压 V_o 相应的变化值及稳压电路的输入电压 V_1 的变化值，填入表 8-4 中。

3. 使用示波器，观察步骤③中的输出电压中的纹波电压峰峰值 V_{ow} ，并记录波形。用示波器观测时，需要将示波器耦合（coupling）从 DC 更改为 AC，看交流分量。

表 8-3 LM317 稳压电路测试记录表

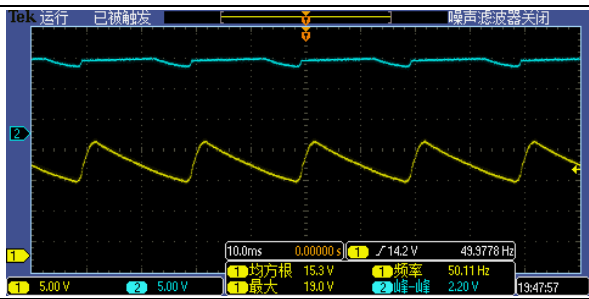
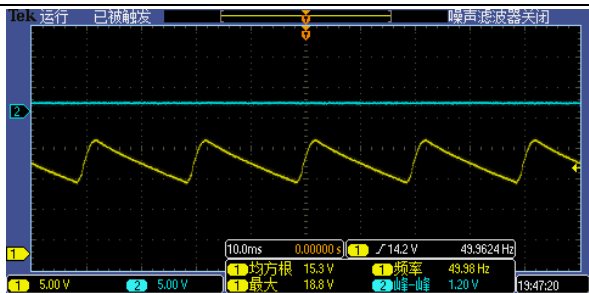
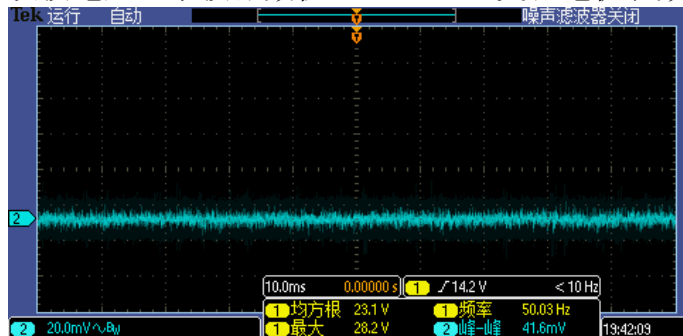
V_o 的最大值	V_o 最大值时 V_1 值	V_o 的最大值时， V_1 和 V_o 的波形	输出电压是否变化，原因为：
11.544V	14.711V		答：是。因为 LM317 输出端与调整端电压为固定值，调整端电流几乎为 0，因此随着电位器阻值变化，根据分压公式可知，输出电压将改变。
V_o 的最小值	V_o 最小值时 V_1 值	V_o 的最小值时， V_1 和 V_o 的波形	
1.252V	14.639V		

表 8-4 LM317 稳压电路稳压系数测试记录表

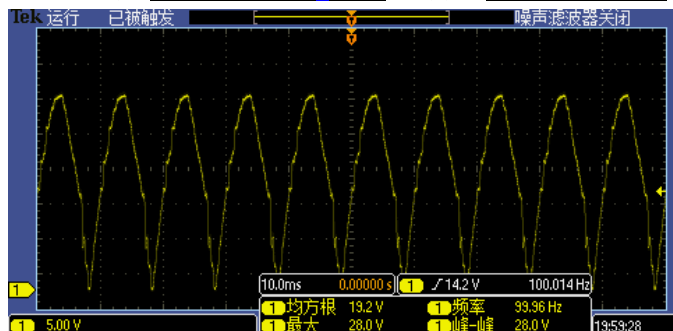
	输入电压 V_1 值	输出直流电压 V_o 值
输入 12V 档位时	14.622V	6.002V
输入 18V 档位时	22.769V	6.005V

纹波电压：示波器数值：41.6mV，交流毫伏表数值：0.919mV（示波器测量如下）



3、由 LM7812 组成的直流稳压电路。

1) 将电路在 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 $V_{in}=18V$ ，测量 V_1 的频率 = 100.1Hz，峰值 = 14.0V。（峰峰值 28.0V）



2) 断开电源，保留 R_{LA} ，将电路 A 点连接后级电路，不接 R_{L1} ，打开电源，测量 V_1 和 V_0 的波形，并记录 V_1 、 V_0 的平均值和输出纹波电压 V_{ow} 的峰峰值。填入表 8-5 中。

V_1 : 27.6V (使用最大值测量), 22.4V (使用最小值测量)

V_0 : 12.8V (使用最大值测量)

纹波电压峰峰值: 60.0mV (示波器), 0.814mV (交流毫伏表)

3) 断开电源， R_{L1} 接入电路 (接入前测量具体阻值，填入下表)，打开电源，测量 V_1 和 V_0 的波形，并记录 V_1 、 V_0 的平均值和输出纹波电压 V_{ow} 的峰峰值。更换 R_{L1} 为 1k Ω ，重复上述操作，并将结果填入表 8-5 中。

R_{L1} = 99.09 Ω

V_1 : 27.2V (使用最大值测量), 14.8V (使用最小值测量)

V_0 : 12.8V (使用最大值测量)

纹波电压峰峰值: 80.0mV (示波器), 2.183mV (交流毫伏表)

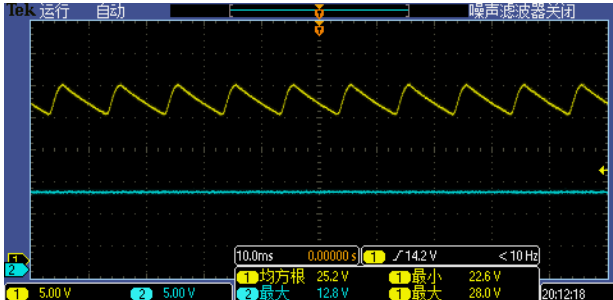
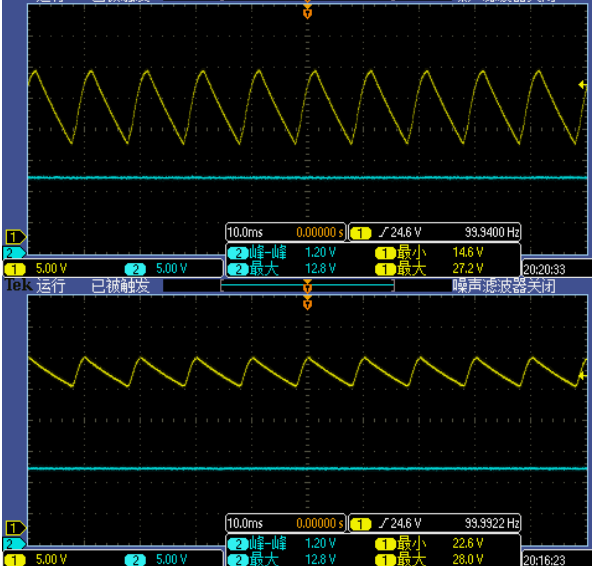
R_{L1} = 0.9879k Ω

V_1 : 27.8V (使用最大值测量), 21.6V (使用最小值测量)

V_0 : 12.8V (使用最大值测量)

纹波电压峰峰值: 78.0mV (示波器), 1.046mV (交流毫伏表)

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
<p>V_1、V_0 的波形和平均值，V_{ow} 的峰峰值</p> <p>V_1= <u>27.6 V</u> V_0= <u>12.2 V</u></p> <p>V_{ow}= 60.0mV (示波器), 0.814mV (交流毫伏表)</p>	<p>R_{L1}= <u>99.09Ω</u>，V_1、V_0 的波形和平均值，V_{ow} 的峰峰值 V_1= <u>27.2 V</u> V_0= <u>12.8 V</u></p> <p>V_{ow}= 80.0mV (示波器), 2.183mV (交流毫伏表)</p> <p>R_{L1}= <u>0.9879kΩ</u>，V_1、V_0 的波形和平均值，V_{ow} 的峰峰值 V_1= <u>27.8 V</u> V_0= <u>12.8 V</u></p> <p>V_{ow}= 78.0mV (示波器), 1.046mV (交流毫伏表)</p>
	

一、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. 学习掌握交直流电源的安装、调整和测试方法；
3. 熟悉和掌握线性集成稳压电路的工作原理；
4. 学习线性集成稳压电路技术指标的测量方法。

二、实验设备及元器件

序号	名称	数量	型号
1	线性稳压芯片	2 块	LM317×1, LM7812×1
2	手持万用表	1 台	Fluke 287C
3	示波器	1 台	Tek MSO2012B
4	单相交流电源	1 台	19500001
5	二极管	2 只	1N4007×2
6	电阻	若干	100Ω/0.25W×1 510Ω/0.25W×1
7	电容	若干	0.1μF×1 1μF×1 10μF×2 100μF×2
8	整流桥	1 只	整流桥模块
9	电位器	1 只	1kΩ
10	短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
11	实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm×298mm

三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

（一）直流电源的构成

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。

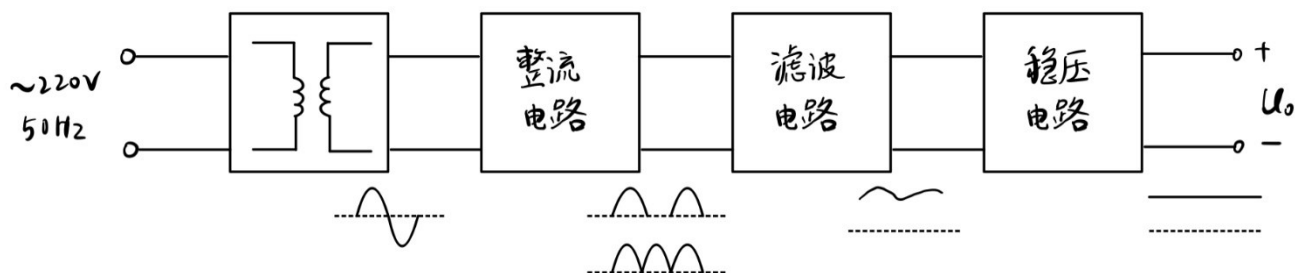


图 8-1 直流稳压电源的功能示意图（虚线表示横轴）

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。

（二）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 ΔU_{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 **±10%** 时的输出电压相对变化量，即

$$K_U = \Delta U_o / U_o$$

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 $R_{L(max)}$ 时所产生的输出电压相对变化值，即：

$$K_I = \Delta U_o / U_o$$

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。

四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 1-1”）

1. 按照要求连接单相半波整流电路，按照要求更换器件并记录输入输出波形和相关参数（用示波器读出频率、最大值、有效值、平均值、并用万用表直流档测试其电压值），实验数据见表 8-2。

2. 按照要求连接用 LM317 组成的直流稳压电路，按照指定步骤测试电路，记录相关波形和参数，实验数据见表 8-3，8-4。

3. 按照要求连接由 LM7812 组成的直流稳压电路，先测量整流桥的输出波形，再测量无负载，负载为 100Ω 和 1000Ω 时的输入输出波形及峰值和纹波电压峰峰值。实验数据见表 8-5。

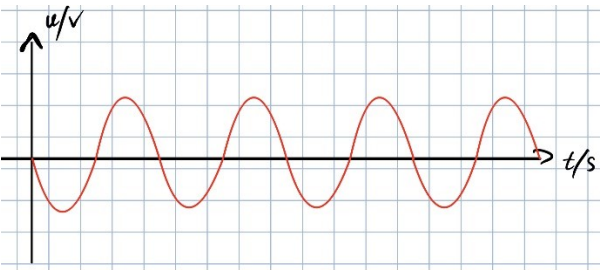
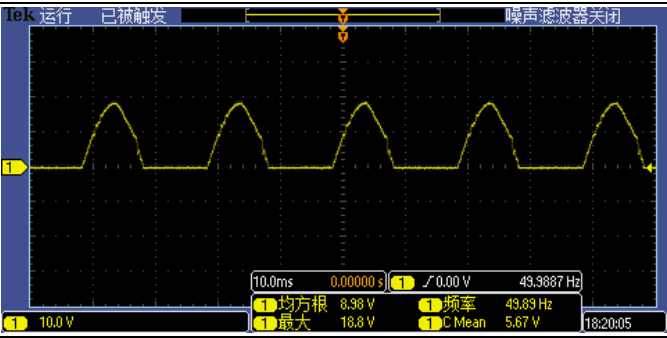
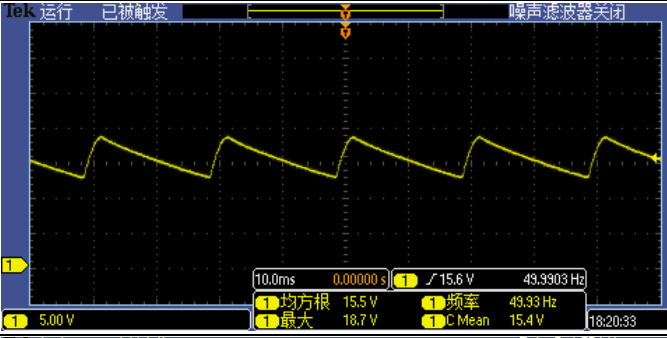
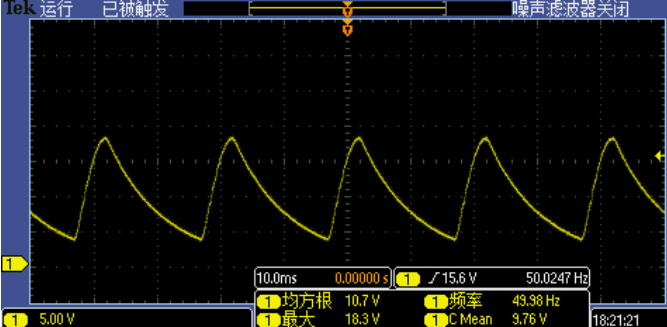
五、实验数据分析

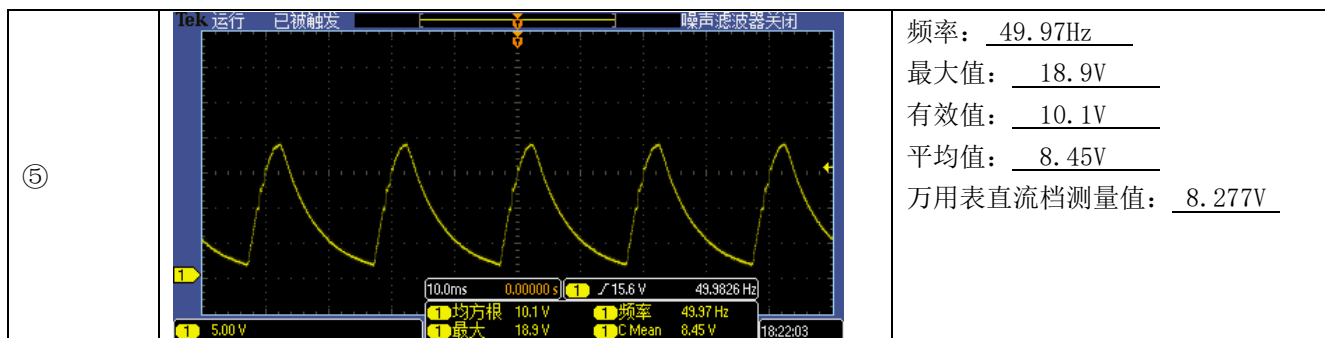
（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析和处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线请在坐标纸中进行）

用坐标纸画上面的波形图（名称，时间刻度，幅值刻度，同一时序两波形），并分析实验现象以及计算要求的稳压电源的各指标系数 S_U 和 r_o 。

1、单相半波整流电路

表 8-2 单相半波整流电路测试表格

步骤	记录 R_L 两端电压波形	测试量
①	<p>【从示波器上获取的波形不知为何丢失了，是一个正弦波，下面用手绘替代】</p> 	频率： <u>50.08Hz</u> 最大值： <u>19.6V</u> 有效值： <u>13.3V</u> 平均值： <u>46.2mV</u> 万用表直流档测量值： <u>0.0005V</u>
②		频率： <u>49.89Hz</u> 最大值： <u>18.8V</u> 有效值： <u>8.98V</u> 平均值： <u>5.67V</u> 万用表直流档测量值： <u>5.672V</u>
③		频率： <u>49.93Hz</u> 最大值： <u>18.7V</u> 有效值： <u>15.5V</u> 平均值： <u>15.4V</u> 万用表直流档测量值： <u>15.370V</u>
④		频率： <u>49.98Hz</u> 最大值： <u>18.3V</u> 有效值： <u>10.7V</u> 平均值： <u>9.76V</u> 万用表直流档测量值： <u>9.595V</u>



2、三端可调集成稳压器 LM317 电路。

表 8-3 LM317 稳压电路测试记录表

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
11.544V	14.711V	<p>输出电压是否变化，原因为： 答：是。因为 LM317 输出端与调整端电压为固定值，调整端电流几乎为 0，因此随着电位器阻值变化，根据分压公式可知，输出电压将改变。</p>
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
1.252V	14.639V	

① 调节 R_p ，使 V_o 为 6V，并测出此时 V_1 的值。 $V_1 = \underline{14.622} \text{ V}$

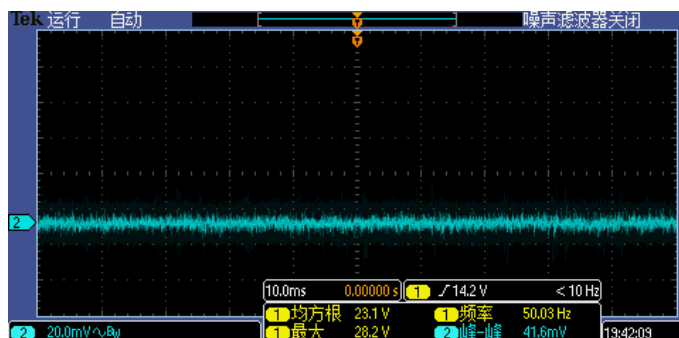
② 仍使得 V_o 为 6V，改变输入交流电源的档位，从 12V 档位变化到 18V 档位输出，测量输出电压 V_o 相应的变化值及稳压电路的输入电压 V_1 的变化值，填入表 8-4 中，并求直流电源的稳压系数。下述公式中的

V_o 和 V_1 均取变化前的值。 $S_U = \underline{0.000897} (8.97 \times 10^{-4})$ $S_U = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta V_1 / V_1}$

表 8-4 LM317 稳压电路稳压系数测试记录表

	输入电压 V_1 值	输出电压 V_o 值
输入 12V 档位时	14.622V	6.002V
输入 18V 档位时	22.769V	6.005V

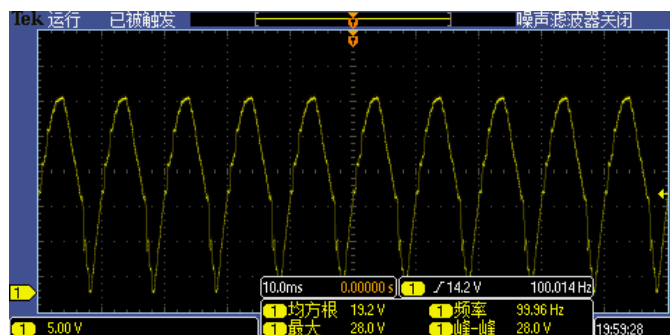
③ 使用示波器，观察步骤②中的输出电压中的纹波电压峰峰值 V_{ow} ，并记录波形。用示波器观测时，需要将示波器耦合 (coupling) 从 DC 更改为 AC，看交流分量。



3、由 LM7812 组成的直流稳压电路。

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 $V_{in}=18V$ ，测量 V_1 的波形 100.1Hz，峰值= 14.0V，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。

图形：



原因：

整流桥是全波整流，因此频率是半波整流的二倍；有效值也变为半波整流的二倍。

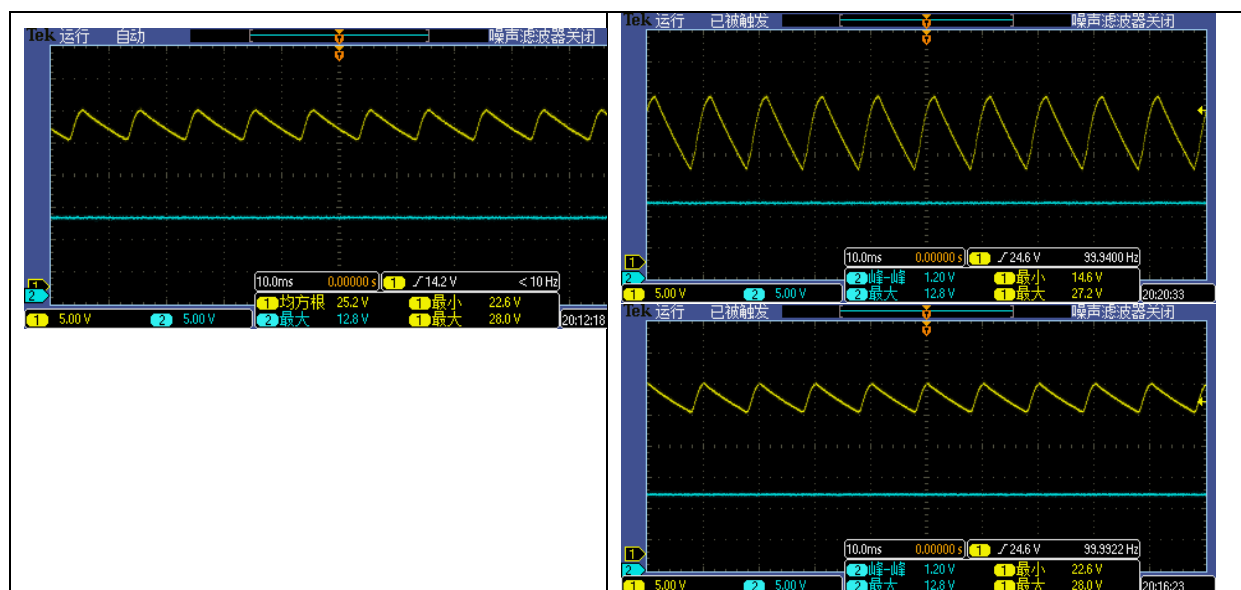
② 断开电源，保留 R_{LA} ，将电路 A 点连接后续电路，不接 R_{L1} ，打开电源，测量 V_1 和 V_0 的波形，并记录 V_1 、 V_0 的平均值和输出纹波电压 V_{ow} 的峰峰值。填入表 8-5 中。

③ 断开电源， R_{L1} 接入电路（接入前测量具体阻值，填入下表），打开电源，测量 V_1 和 V_0 的波形，并记录 V_1 、 V_0 的平均值和输出纹波电压 V_{ow} 的峰峰值。填入表 8-5 中。更换 R_{L1} 为 $1k\Omega$ ，重复上述操作，计算输出电阻系数 $r_o=$ 0.017。

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

表 8-5 LM7812 构成的直流稳压电路的测试表（以下纹波电压测量值取示波器测量值）

R_{L1} 不接入电路	R_{L1} 接入电路
V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>27.6 V</u> $V_0=$ <u>12.2 V</u> $V_{ow}=$ 60.0mV	$R_{L1}=$ <u>99.09 Ω</u> ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>27.2 V</u> $V_0=$ <u>12.8 V</u> $V_{ow}=$ 80.0mV
	$R_{L1}=$ <u>0.9879k Ω</u> ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>27.8 V</u> $V_0=$ <u>12.8 V</u> $V_{ow}=$ 78.0mV



六、问题思考

(回答指导书中的思考题)

1. 在整流电路中，输出电容的作用是什么，请用实验数据进行分析。

答：通过电容的充放电使输出电压波形更加平滑，增大输出电压的平均值，如步骤 3 的电压波形比步骤 1 更平滑且平均值更大。

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？

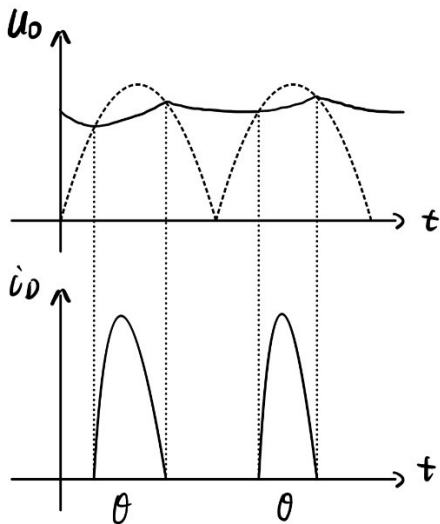
答：桥式整流电路输出电压的频率是单相半波整流电路电压频率的两倍，且平均值是半波整流电路的两倍。

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？

答：若二极管接反，将出现一个两个二极管直接串联的回路，则二极管会因为电流过大而损坏，如烧成短路，则变压器烧毁；如烧成断路，输出会变成半波直流。
若有一二极管开路，会使输出变成半波直流。

4. 绘制电容滤波电路的输出波形，并据此说明二极管的导通角以及流过二极管的电流与无滤波电容时有何变化？

答：波形如下。



有滤波电容时二极管只有在电容充电时才导通，导通角小于 π ；无滤波电容时每个二极管的导通角都为 π 。有滤波电容时二极管导通时，将通过很大的冲击电流（因为平均电流更大，导通角却更小了）。

5. 说明如何检测电容滤波电路中二极管的导通角？

答：因为电容充电时二极管才导通，所以可以检测输出电压上升的时间来检测导通角。

七、实验体会与建议

无。