

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: 自动化7班 学号: 220320726 姓名: 彭尚品

实验日期: 2024 年 6 月 23 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：_____

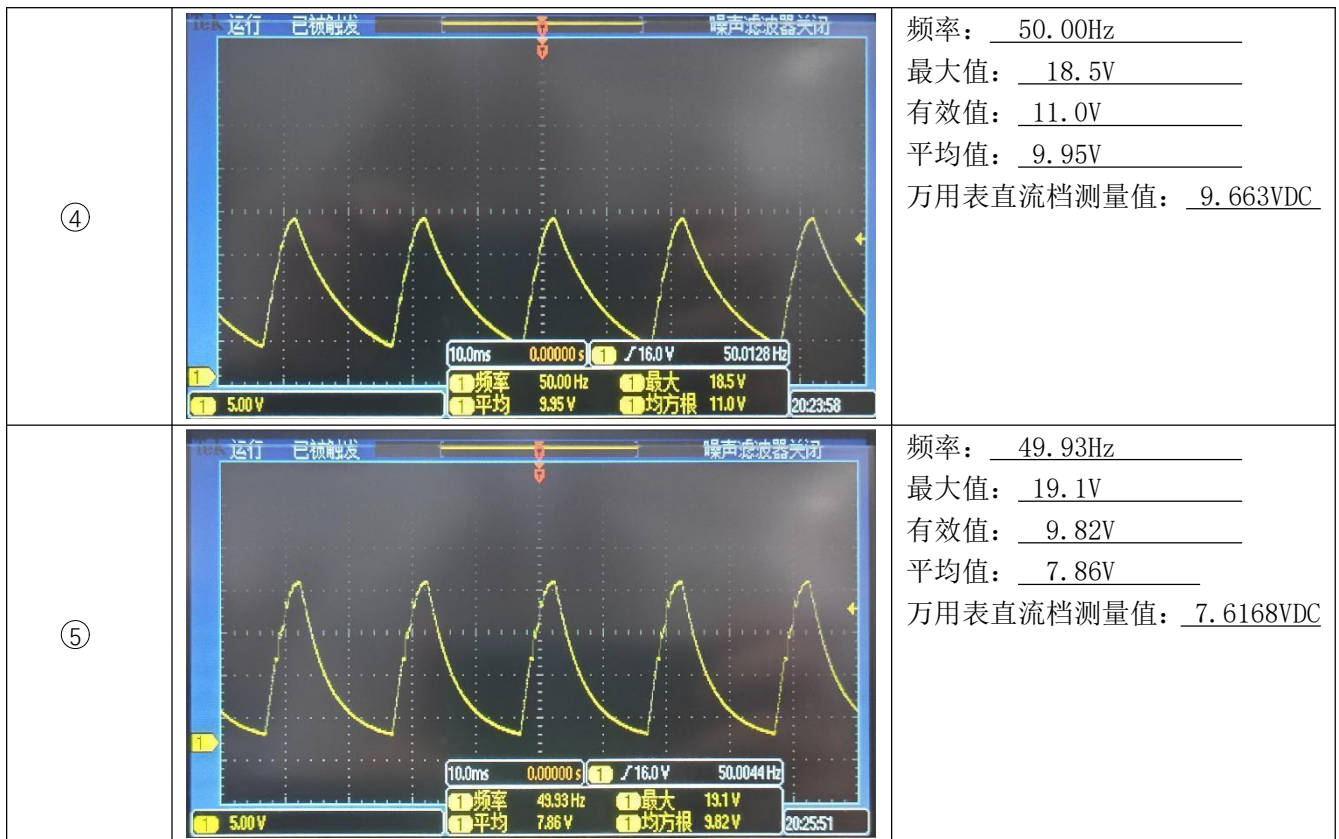
(包括预习时，计算的理论数据)

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

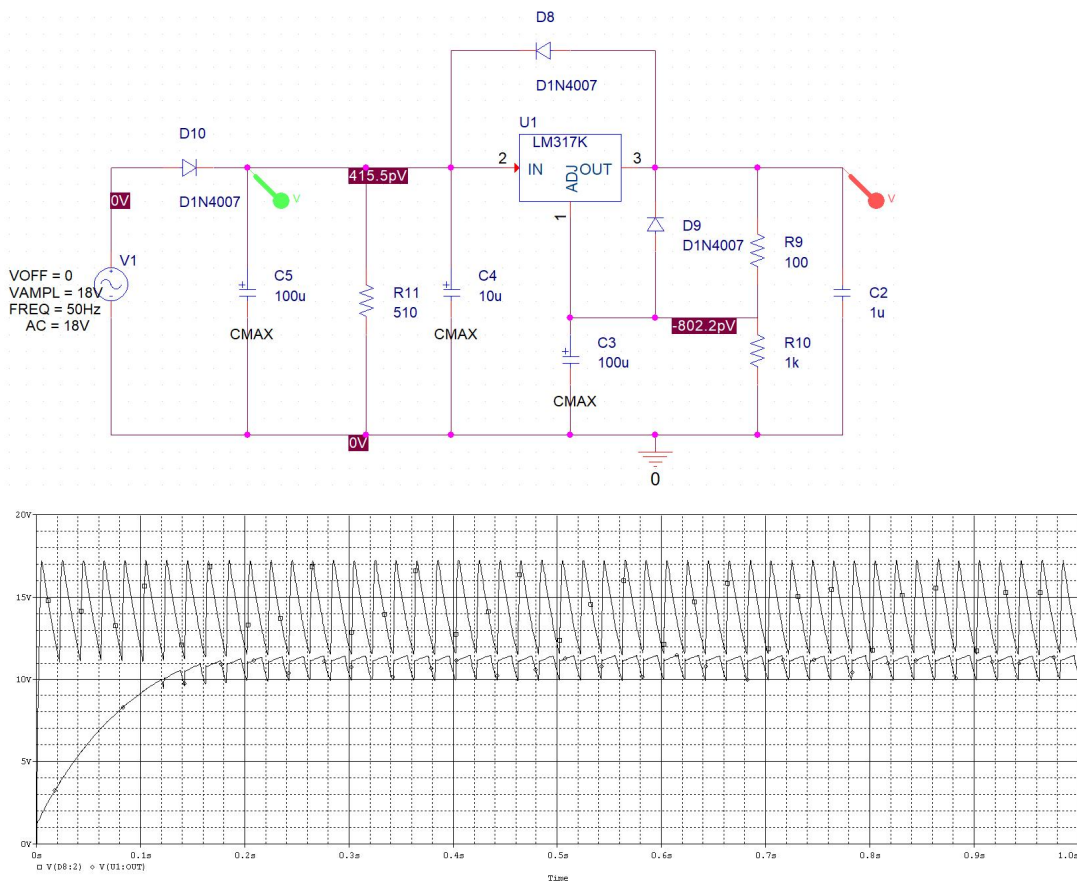
表 8-2 单相半波整流电路测试表格

步骤	R_L 两端电压波形	测试量
①		频率： <u>50.03Hz</u> 最大值： <u>20.0V</u> 有效值： <u>13.5V</u> 平均值： <u>168mV</u> 万用表直流档测量值： <u>0.0025VDC</u>
②		频率： <u>49.98Hz</u> 最大值： <u>19.2V</u> 有效值： <u>9.17V</u> 平均值： <u>5.92V</u> 万用表直流档测量值： <u>5.7548VDC</u>
③		频率： <u>50.08Hz</u> 最大值： <u>19.1V</u> 有效值： <u>16.0V</u> 平均值： <u>15.9V</u> 万用表直流档测量值： <u>15.600VDC</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。



1. 调节 R_p , 观察输出电压是否改变。输出电压可调时, 用万用表分别测出 V_o 的最大值和最小值, 以及对应稳压部分的输入电压 V_i 。观察并记录 V_i 和 V_o 的波形的变化, 结合 LM317 的 datasheet, 分析输出电压变化的原因。结果填入表 8-3。
2. 调节 R_p , 使 V_o 为 6V, 并用万用表, 测出此时 V_i 的值。 $V_i = \underline{14.659\text{ V}}$
3. 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_i 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_i 均取变化前的值。

$$S_U = \underline{0.00110} \quad S_U = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta V_i / V_i}$$

4. 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

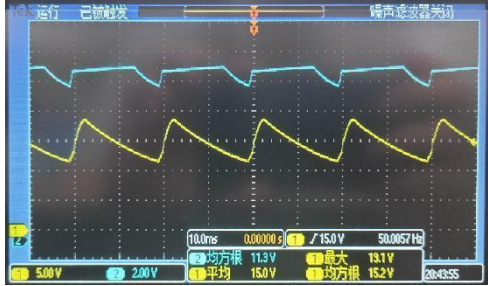
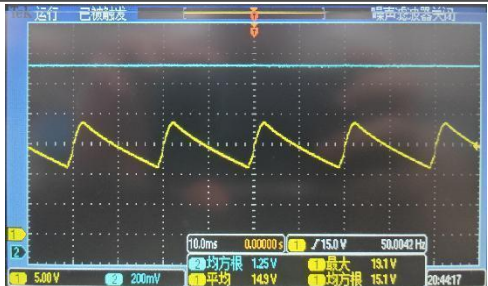
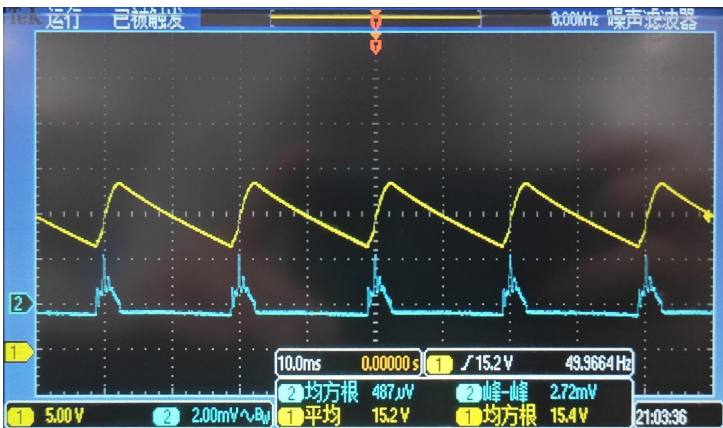
V_o 的最大值	V_o 最大值时 V_i 值	V_o 的最大值时, V_i 和 V_o 的波形	输出电压是否变化, 原因为:
11.3012V	14.732V		答: 基本无变化, 因为 LM317 输入电阻较高, 近似于无穷大。
V_o 的最小值	V_o 最小值时 V_i 值	V_o 的最小值时, V_i 和 V_o 的波形	
1.2465V	14.692V		

表 8-4 LM317 稳压电路稳压系数测试记录表

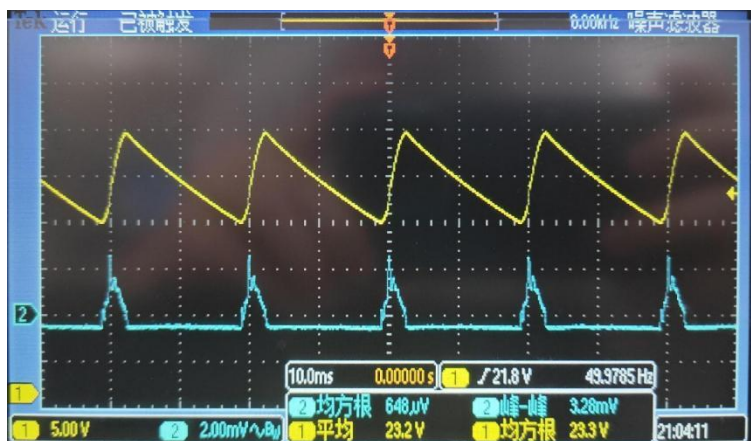
	输入电压 V_i 值	输出直流电压 V_o 值
输入 12V 档位时	14.972V	5.9895V
输入 18V 档位时	22.930V	5.9930V

输出电压中的纹波电压:

输入 12V 档位时:



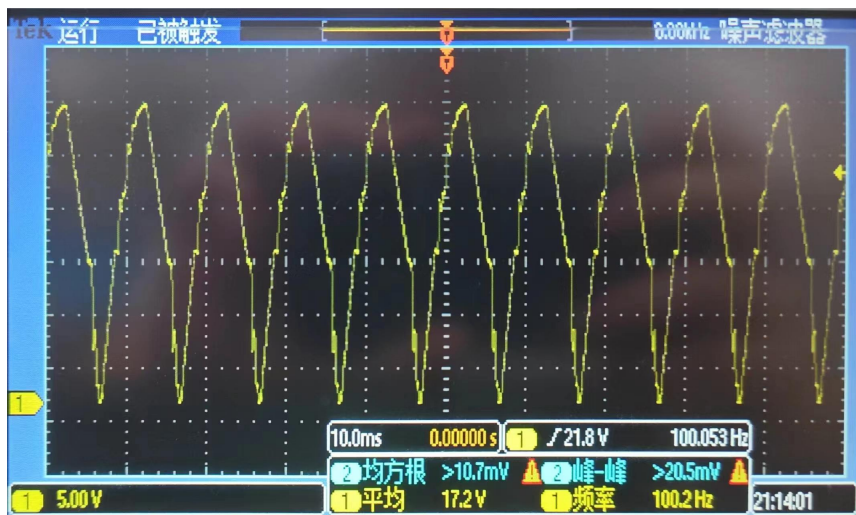
输入 18V 档位时:



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 $V_m=18V$, 测量 V_1 的频率= 99.97Hz, 平均值= 17.2V。

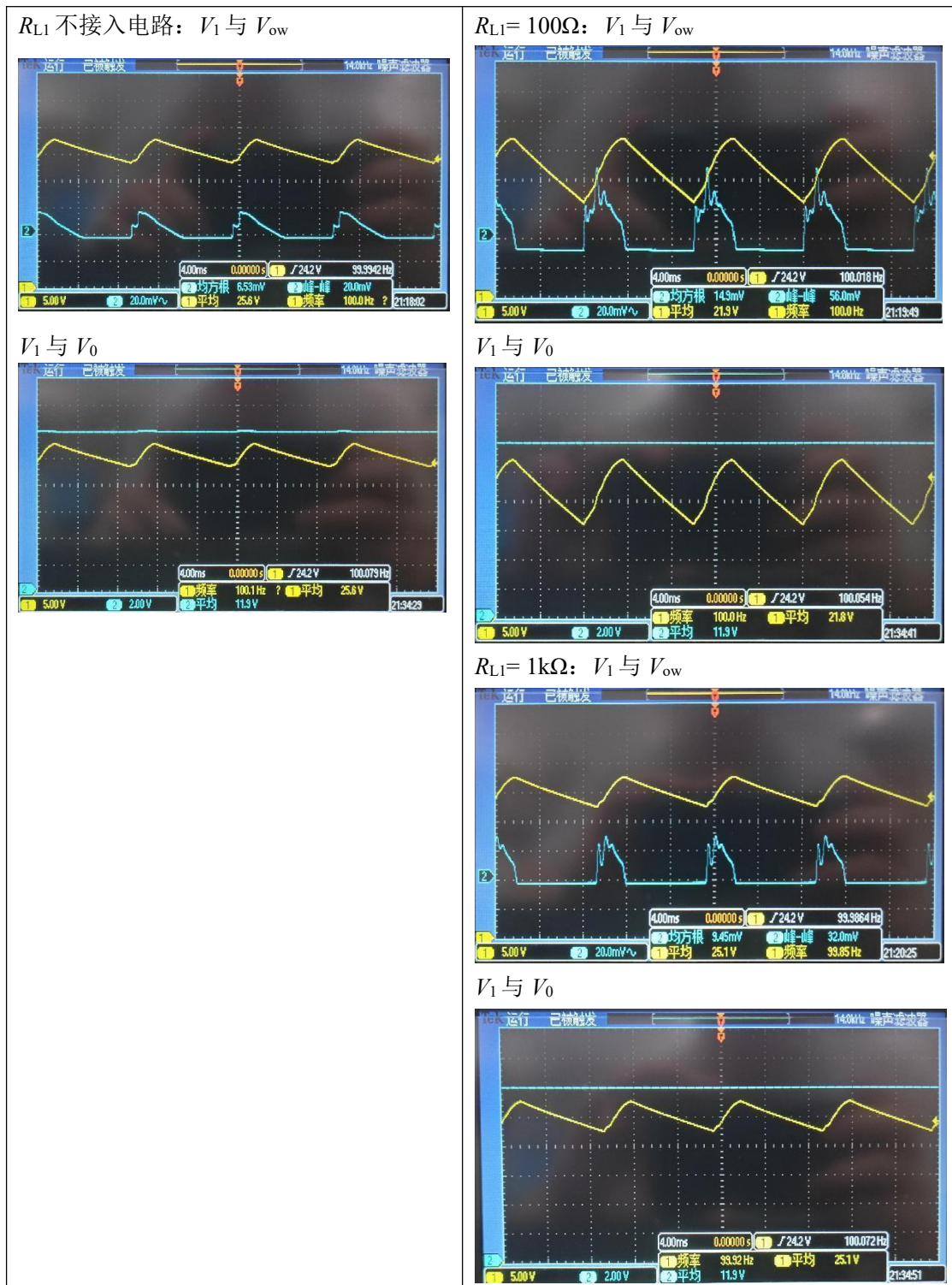
答: 单向整流电路中 V_1 波形只有正半周, 且频率为 50Hz; 而此实验中波形相对于幅值相同的正弦波, 正半周相同, 而负半周翻转至 t 轴上方, 因此频率变为两倍, 桥式整流电路在任一时刻均存在通路, 因此接阻性负载时理论上 $V_1=|V_{in}|$ 。



- 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。
- 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 $1k\Omega$, 重复上述操作, 并将结果填入表 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 的波形和平均值, V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>25.6V</u> $V_0=$ <u>11.9V</u> $V_{ow}=$ <u>20.0mV</u>	$R_{L1}=$ <u>100Ω</u> , V_1 、 V_0 的波形和平均值, V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>21.8V</u> $V_0=$ <u>11.9V</u> $V_{ow}=$ <u>56.0mV</u>
	$R_{L1}=$ <u>1kΩ</u> , V_1 、 V_0 的波形和平均值, V_{ow} 的峰峰值 $V_1=$ <u>25.1V</u> $V_0=$ <u>11.9V</u> $V_{ow}=$ <u>32.0mV</u>



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

表 8-1 实验仪器和器件表

	名称	数量	型号
1	单相交流电源	1 台	19500001
2	手持万用表	1 台	Fluke 287C
3	示波器	1 台	Tek MSO2012B
4	线性稳压芯片	2 块	LM317×1, LM7812×1
5	二极管	若干	1N4007×2
6	整流桥	1 只	整流桥模块
7	电容	若干	0.1μF×1 1μF×1 10μF×2 100μF×2
8	电阻	若干	100Ω/0.25W×1 510Ω/0.25W×1
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

二、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

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。

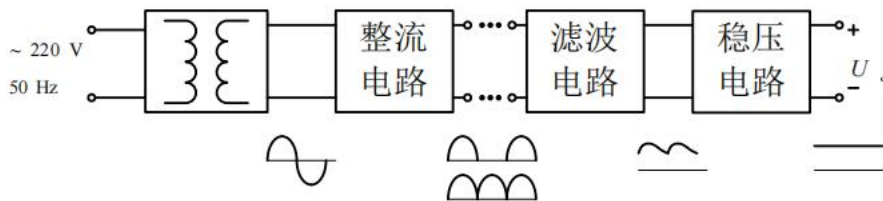


图 8-1 直流稳压电源的功能示意图

整流电路是利用二极管的单相导电性，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到其滤波效果，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。

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 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

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

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。

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. 单相半波整流电路

按图 8-2 接线，图中交流电源为市电输入，输出可以选择多个低压交流电源输出 V_{ac} ：6V，12V，18V。

这里选择输出为 12V 交流档，即 V_m 有效值为 12V 左右。整流二极管采用 1N4007，输出滤波电容采用电解电容 100 μ F， R_L 为负载电阻 510 Ω 。

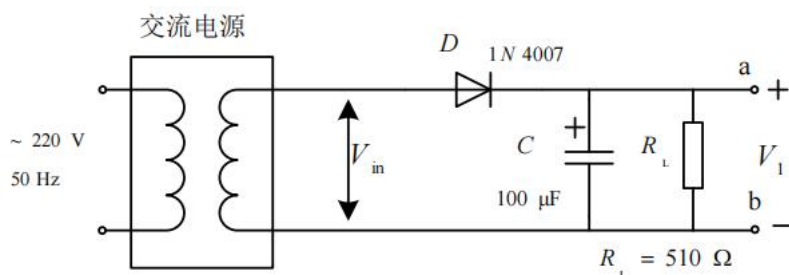


图 8-2 单相半波整流电路

完成下面测试，画出输出电压波形，填入表 8-2。

- ① 去掉整流二极管， D 处短路，滤波电容 C 断开，打开电源，用示波器观察负载电阻 R_L 两端的波形（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。
- ② 断开电源，加上二极管 D ，电容 C 仍保持断路，打开电源，用示波器观测负载电阻 R_L 两端的波形（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。
- ③ 断开电源，在②的基础上，接上电容 C （100 μ F），打开电源，用示波器观测负载电阻 R_L 两端的波形（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。
- ④ 断开电源，在③的基础上，将 R_L 更换为 100 Ω ，打开电源，用示波器观测负载电阻 R_L 两端的波形（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。

⑤ 断开电源，在③基础上，固定 R_L 为 510Ω ，改变电容 C 为 $10\mu\text{F}$ ，打开电源，用示波器观测负载电阻 R_L 两端的波形（**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。

⑥ 断开电源，恢复电路， R_L 为 510Ω ， C 为 $100\mu\text{F}$ ，供下面实验使用。

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，D₂PAK，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 $V_{\text{ref}}=1.25\text{V}$ 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 R_1 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

$$V_o = (1 + R_p / R_1) \times 1.25\text{V}$$

调节调节电位器 R_p 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： $3\text{V} \sim 40\text{V}$ ，二极管 D_1 的作用是防止输入短路， D_2 的作用是防止输出短路，保护芯片。

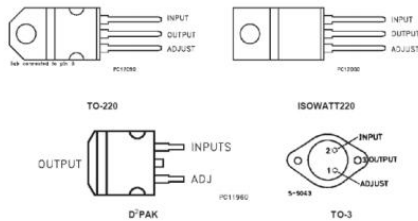


图 8-3 LM317 的封装和管脚对应

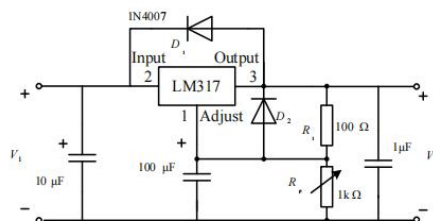


图 8-4 LM317 组成的三端可调式集成稳压电路

将图 8-2 的单相半波整流电路和图 8-4 的 LM317 的三端可调式集成稳压电路连接在一起（在 V_1 处连接， V_1 为实验 1 输出端），按图中参数接好电路，形成一个带稳压芯片的直流电源电路（如果二极管不够用，保留 D_2 ）。交流输入为 V_m ，其有效值为 12V 左右， R_p 调在中间位置，按下面步骤测试电路。示波器的两个探头分别测试 V_1 和 V_o 的波形。

① 调节 R_p ，观察输出电压是否改变。输出电压可调时，用万用表分别测出 V_o 的最大值和最小值，以及此时稳压电路的输入电压 V_1 。观察并记录 V_1 和 V_o 的波形的变化，结合 LM317 的数据手册，**分析输出电压变化的原因**。结果填入表 8-3。

② 调节 R_p ，使 V_o 为 6V ，并用万用表测出此时 V_1 的值， $V_1 = V$ 。

③ 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。

$$S_U = S_U = \Delta V_o / V_o \Delta V_1 / V_1$$

④ 使用示波器，观察步骤③中的输出电压中的纹波电压峰值 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

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，按图连线。

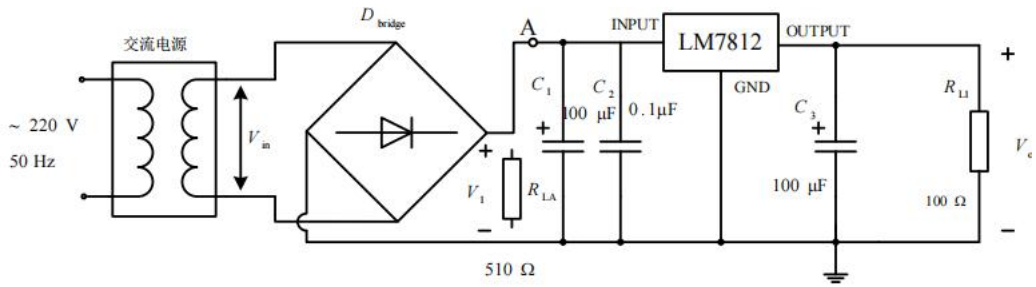


图 8-6 LM7812 组成的直流稳压电路图

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，如需绘制曲线可以用软件进行绘制）

绘制的波形图需包含（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

根据预习报告中数据的记录，完成波形的绘制（将绘制的波形截图附上）

见上方

2、三端可调集成稳压器 LM317 电路

根据预习报告中数据的记录，完成波形的绘制（将绘制的波形截图附上），并完成相关分析。

见上方

3、由 LM7812 组成的直流稳压电路。

根据预习报告中数据的记录，完成波形的绘制（将绘制的波形截图附上），并完成相关分析。

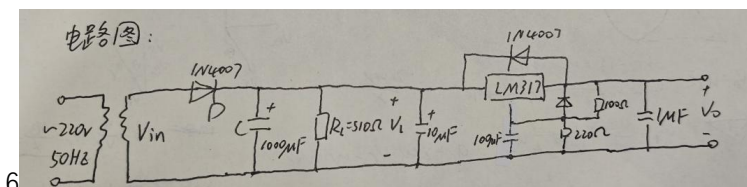
见上方

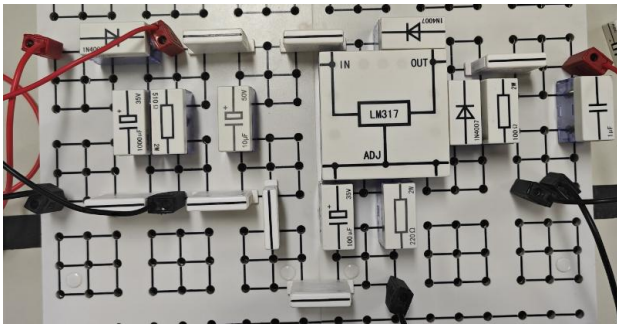
4、设计题

设计要求使用实验室的单相交流电源以及现有的元器件，设计一个线性稳压电路。要求：

- 1) 输入电压使用交流 6V 档位；
- 2) 输出电压为 4V；
- 3) 带负载电阻 $R_L=50\Omega$ 时，输出电压交流纹波小于 10mV。

1.1 画出设计的电路图及说明工作原理：





1.2 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）

$$\text{由 } V_o = (1 + \frac{R_p}{R_1}) \times 1.25V \text{ 得 } R_p \text{ 可选用 } 220\Omega$$

1.3 电路调试记录：在同一时序下，记录整流后的电压以及稳压电路的输出电压波形，并测量输出电压纹波的峰峰值：
整流后电压及稳压电路输出电压波形：



输出电压纹波峰峰值：320uV



5、（选做）

使用实验室的单相交流电源以及现有的元器件，测试稳压电路功能并分析原因：

- 1) 输入电压使用交流 12V 档位；
- 2) 使用全桥整流，整流后仅接一 100 μ F 电容滤波，设计线性直流稳压电路，使得电路空载时，输出电压为 12V；
- 3) 加上负载电阻 R_L ， R_L 为两个 100 Ω 电阻并联，测试整流桥后电压和输出电压波形。

1.1 画出设计的电路图及说明工作原理:

1.2 观察带负载时, 输出电压是否异常, 如果异常, 请分析原因:

1.3 电路调试记录: 在同一时序下, 记录带负载整流后的电压以及稳压电路的输出电压波形, 测量输出电压纹波的峰峰值

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: 输出电容在整流电路中具有滤波和稳压的作用, 可以平滑输出电压并减少纹波。

如实验一单向半波整流中, 步骤②未接滤波电容, 波形为正弦波的正半周, 有效值为 9.17V; 而步骤③接入滤波电容, 输出波形较为平缓, 且有效值提升至 16.0V。

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: 单向整流电路二极管仅在正弦波输入的正半周导通, 而桥式整流始终存在二极管导通产生输出电压。半波整流的电压有效值仅为桥式整流的一半, 且损失 75%功率。

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: 若某二极管接反, 则存在一时刻三只二极管同时导通, 将 V_{in} 短路, 导致元件损坏。若某二极管开路, 电路变为单相半波整流。

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: 接滤波电容后, 二极管导通角减小, 二极管电流峰值增大。而且 C 的值愈大, 滤波效果愈好, 导通角 θ 将愈小。由于电容滤波后输出平均电流增大, 而二极管的导通角反而减小, 所以整流二极管在短暂的时间内将流过一个很大的冲击电流为电容充电。

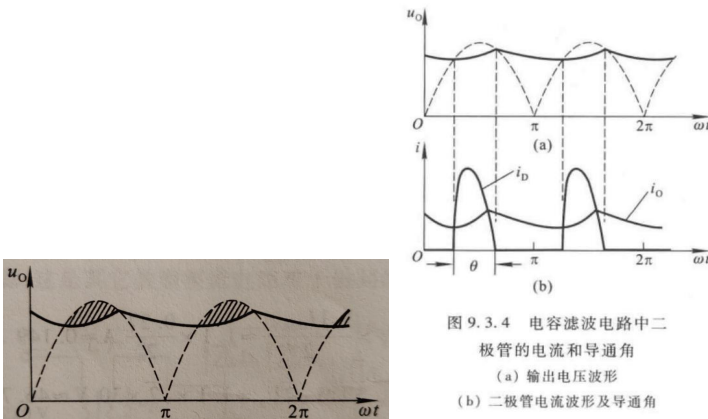


图 9.3.4 电容滤波电路中二极管的电流和导通角
(a) 输出电压波形
(b) 二极管电流波形及导通角

5. 说明如何检测电容滤波电路中二极管的导通角?

答: 由上图可以看出, 测量导通角可以转换成测量一个周期内 u_O 充电的部分的时间, 故可在滤波电路中接阻性负载, 用示波器观察输出电压波形, 设一个周期 T 内输出电压上升时间为 t , 则导通角为 $\frac{2\pi t}{T}$ 。

七、实验体会与建议

好