

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1班 学号: 210320111 姓名: 吕家昊

实验日期: 2023 年 6 月 9 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

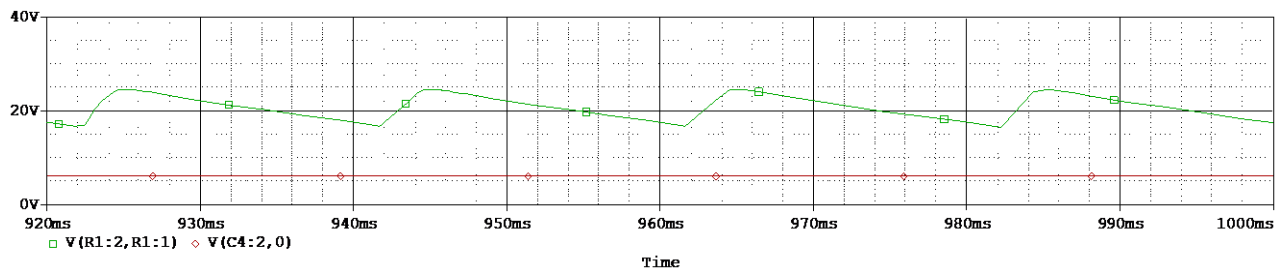
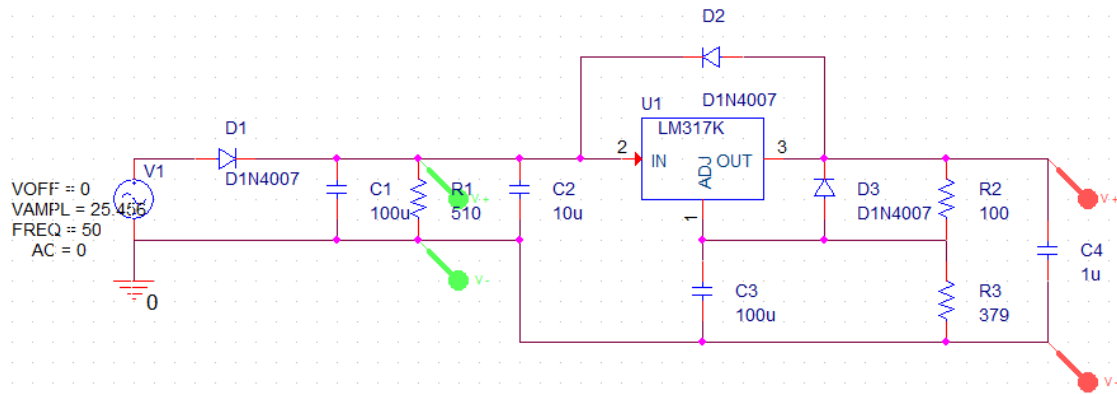
1、单相半波整流电路

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>49.98Hz</u> 最大值: <u>20.8V</u> 有效值: <u>13.7V</u> 平均值: <u>678mV</u> 万用表直流档测量值: <u>0.0007V</u>
②		频率: <u>50.10Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>9.62V</u> 平均值: <u>6.41V</u> 万用表直流档测量值: <u>5.801V</u>
③		频率: <u>50.37Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>16.6V</u> 平均值: <u>16.5V</u> 万用表直流档测量值: <u>15.791V</u>
④		频率: <u>49.22Hz</u> 最大值: <u>19.2V</u> 有效值: <u>11.8V</u> 平均值: <u>11.0V</u> 万用表直流档测量值: <u>10.303V</u>
⑤		频率: <u>50.03Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>10.7V</u> 平均值: <u>8.97V</u> 万用表直流档测量值: <u>8.357V</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。



AVG(V(C4:2)- V(C4:1))	5.9990	5.9990	0.000
-----------------------	--------	--------	-------

1. 调节 R_p , 使 V_o 为 6V, 并用万用表测出此时 V_i 的值, $V_i = 15.226V$ 。
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_i 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_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:
11.948V	15.242V		答: <u>基本无变化, 因为 LM317 输入电阻较高, 近似于无穷大。</u>
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	
1.2507V	15.212V		

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_0 值
输入 12V 档位时	15.226V	6.037V
输入 18V 档位时	23.318V	6.040V

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=99.66Hz，平均值=19.6V。
- 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 $V_1=28.8V$ $V_0=13.2V$ $V_{ow}=22.4mV$	$R_{L1}=508.7\Omega$ ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1=28.0V$ $V_0=13.1V$ $V_{ow}=22.4mV$ $R_{L1}=1.012k\Omega$ ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1=28.8V$ $V_0=13.2V$ $V_{ow}=23.2mV$

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

名称	数量	型号
单相交流电源	1 台	19500001
手持万用表	1 台	Fluke 287C
示波器	1 台	Tek MSO2012B
线性稳压芯片	2 块	LM317*1, LM7812*1
二极管	若干	1N4007*2
整流桥	1 只	整流桥模块
电阻	若干	100Ω/0.25W*1 510Ω/0.25W*1
电容	若干	0.1μF*1 1μF*1 10μF*2 100μF*2
电位器	1 只	1kΩ
短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
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）

本实验中直流电源将频率为 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。直流电源一般整流电路、滤波电路和稳压电路三部分组成。

整流电路利用二极管的单向导电性，将交流电转变为脉动直流电。

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。

线性直流稳压电源性能指标：

(1) 纹波电压：叠加在输出电压 U_o 上的交流分量，可利用示波器观察峰峰值 ΔU_{OPP} 。

(2) 稳压系数：负载电流、环境温度不变情况下，输入电压相对变化引起输出电压相对变化，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 $\pm 10\%$ 时输出电压相对变化量 $K_U = \Delta U_o / U_o$

稳压系数和电压调整率说明输入电压对输出电压的影响，只需要测试其中之一。

(3) 输出电阻：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 $r_o = |\Delta U_o| / |\Delta I_o|$

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 $K_I = \Delta U_o / U_o$

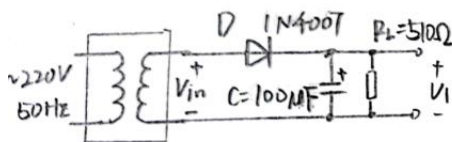
输出电阻和电流调整率说明负载电流对输出电压的影响，只需要测试其中之一。
测试时要避免电压输出电阻为 0，让电源在稳定条件下测试稳态特性。

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

交流电源为市电输入，选择输出为 12V 交流档，即 V_{in} 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 $100\mu\text{F}$ ， R_L 为负载电阻 510Ω 。



分别在以下情况用示波器测量 R_L 波形，并用万用表直流挡测试电压：

- (1) D 短路，C 断路；
- (2) C 断路；
- (3) 在②基础上接 $C=100\mu\text{F}$ ；
- (4) 在③基础上 R_L 换为 100Ω ；
- (5) 在③基础上 $R_L=510\Omega$ ， $C=10\mu\text{F}$ 。

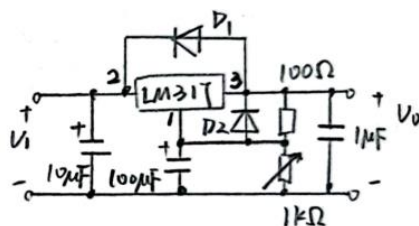
2. 三端可调集成稳压器 LM317 组成的直流稳压电路

LM317 输出端 PIN3 对 PIN1 的电压为 1.25V 不变。图中输出电压为

$$V_o = \left(1 + \frac{R_p}{R_1}\right) V_{ref} + I_{ADJ} R_p$$

由于 R_1 电流基本恒定，调整端电流非常小且恒定而可忽略，输出电压为

$$V_o = \left(1 + \frac{R_p}{R_1}\right) * 1.25V$$



LM317 输入直流电压 3~40V， D_1 、 D_2 分别防止输入、输出短路。将以上整流电路与稳压电路连接，分别测试 V_1 和 V_o 波形。

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

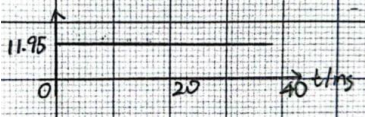
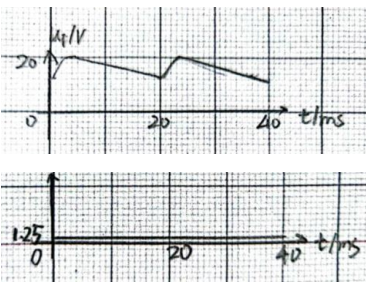
表 8-2 单相半波整流电路测试表格

步骤	R_L 两端电压波形	测试量
		频率: <u>49.98Hz</u> 最大值: <u>20.8V</u> 有效值: <u>13.7V</u> 平均值: <u>678mV</u> 万用表直流档测量值: <u>0.0007V</u>
		频率: <u>50.10Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>9.62V</u> 平均值: <u>6.41V</u> 万用表直流档测量值: <u>5.801V</u>
		频率: <u>50.37Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>16.6V</u> 平均值: <u>16.5V</u> 万用表直流档测量值: <u>15.791V</u>
		频率: <u>49.22Hz</u> 最大值: <u>19.2V</u> 有效值: <u>11.8V</u> 平均值: <u>11.0V</u> 万用表直流档测量值: <u>10.303V</u>
		频率: <u>50.03Hz</u> 最大值: <u>20.0V</u> 有效值: <u>10.7V</u> 平均值: <u>8.97V</u> 万用表直流档测量值: <u>8.357V</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
11.948V	15.242V	

		 <p>输出电压是否变化，原因为： 基本无变化，因为 LM317 输入电阻较高，近似于无穷大。</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
1.2507V	15.212V	

① 调节 R_p ，使 V_o 为 6V，并测出此时 V_1 的值。 $V_1 = \underline{15.226 \text{ V}}$

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

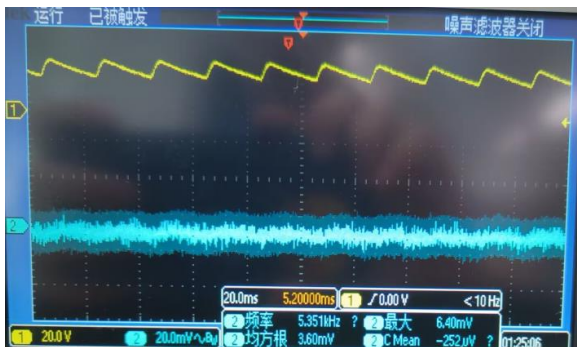
V_o 和 V_1 均取变化前的值。 $S_U = \underline{3.71 \times 10^{-4}}$ $S_U = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta V_1 / V_1}$

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	15.226V	6.037V
输入 18V 档位时	23.318V	6.040V

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。

$\underline{V_{ow} = 36.0 \text{ mV}}$



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 频率 = 99.66Hz，有效值 = 19.6V，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。

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。

原因：单相整流电路未接电容时，二极管 D 在 V_{in} 瞬时为正时导通而为负时截止，因此 V_1 仅有半周期大于 0；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 $V_1 = |V_{in}|$ 。

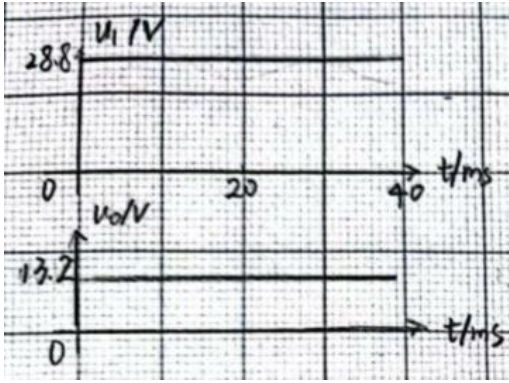
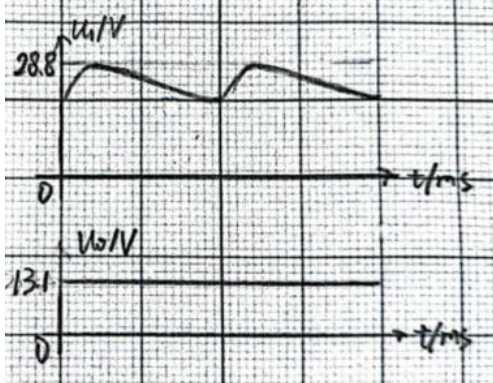
② 断开电源，保留 R_{LA} ，将电路 A 点连接后级电路，不接 R_{L1} ，打开电源，测量 V_1 和 V_o 的波形，并记录

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 $r_o = \underline{7.87\Omega}$ 。

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

表 8-5 LM7812 构成的直流稳压电路的测试表

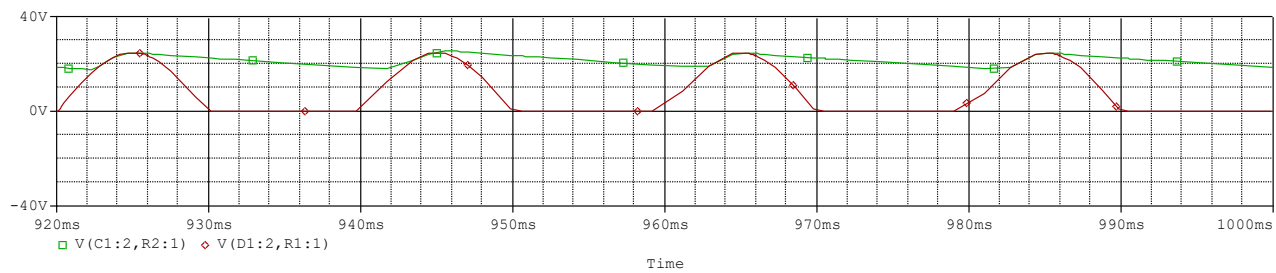
R_{L1} 不接入电路	R_{L1} 接入电路
V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1 = \underline{28.8V}$ $V_0 = \underline{13.2V}$ $V_{ow} = \underline{22.4mV}$	$R_{L1} = \underline{508.7\Omega}$ ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1 = \underline{28.0V}$ $V_0 = \underline{13.1V}$ $V_{ow} = \underline{22.4mV}$ $R_{L1} = \underline{1.012k\Omega}$ ， V_1 、 V_0 的波形和平均值， V_{ow} 的峰峰值 $V_1 = \underline{28.8V}$ $V_0 = \underline{13.2V}$ $V_{ow} = \underline{23.2mV}$
	

六、问题思考

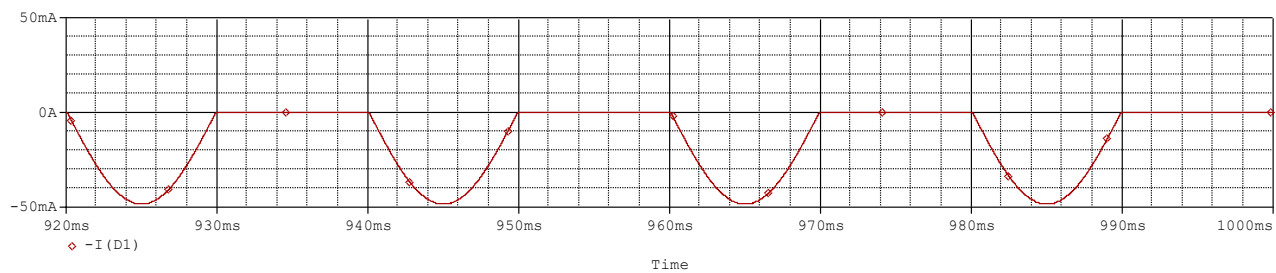
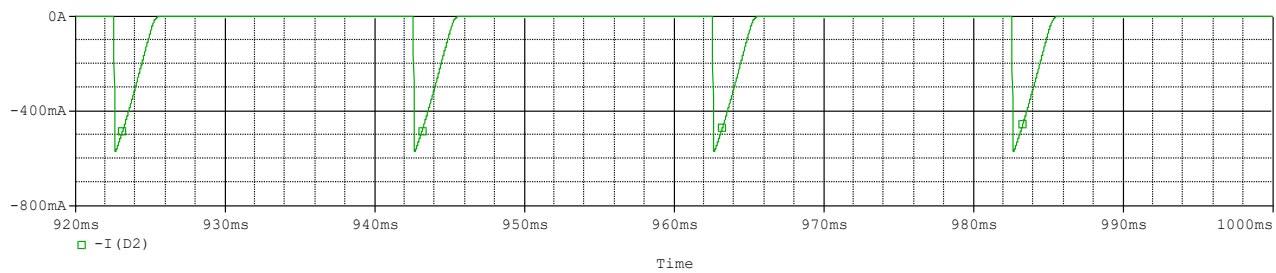
（回答指导书中的思考题）

- 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。
输出电容起滤波作用。如单向半波整流中，步骤②未接滤波电容，波形为正弦波的正半周，有效值为 $9.62V$ ；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 $16.5V$ 。
- 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？
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。
- 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？
若某二极管接反，则存在一时刻三只二极管导通，将 V_{in} 短路导致元件损坏。若某二极管开路，电路变为单相整流。
- 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？

输出电压:



二极管电流:



绿色波形为接滤波电容，红色为不接滤波电容。

接滤波电容后，二极管导通角减小，二极管电流峰值增大。

5. 说明如何检测电容滤波电路中二极管的导通角?

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 $2\pi t/T$ 。