



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

大学物理-基础实验 | 实验报告

姓名

学号

班级

日期

整流滤波

1 实验背景

在现代工农业生产和日常生活中，广泛地使用着交流电。主要原因是与直流电相比，交流电在生产、输送和使用方面具有明显的优点和重大的经济意义。整流滤波主要目的是将交流电转换为直流电。在电子设备和电路中，许多元件和器件都需要使用直流电才能正常工作，因此需要对交流电进行整流滤波处理。整流滤波电路广泛应用于各种电子设备和电路中，如电源适配器、电视机、音响、计算机等。

2 实验目的

- 本实验的目的是掌握整流滤波的原理和机制
- 理解滤波元件对信号处理的影响，选择合适的元件
- 学习基本电学元件如示波器，电源，信号源的使用；电学元件的识别和测量；面包板的使用和搭建；电路故障的判断和排除

3 实验原理

整流电路的作用是把交流电转换成直流电，严格地讲是单方向大脉动直流电，而滤波电路的作用是把大脉动直流电处理成平滑的脉动小的直流电。

3.1 整流电路

利用二极管单向导电性可以实现整流，设输入交流电为 $u_i(t) = U_P \sin(\omega t)$

使用一个二极管，利用其特性将大小、方向随时间变化的交流电转换为单方向脉冲直流电，称为半波整流。整流后输出电压为

$$u_0(t) = \begin{cases} \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t \leq \pi \\ 0 & \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$$

直流平均值 $\bar{u}_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_0(t) dt = \frac{1}{\pi} U_P \approx 0.318 U_P$

半波整流只利用了交流电半个周期的正弦信号。为了提高整流效率，使交流电的正负半周信号都被利用，则应采用全波整流，以全波桥式整流为例。

$$u_0(t) = U_P |\sin(\omega t)|$$

直流平均值 $\bar{u}_0 = \frac{2}{T} \int_0^T u_0(t) dt = \frac{1}{\pi} U_P \approx 0.637 U_P$ 。由此可见，桥式整流后的直流电压脉动大大减少，平均电压比半波整流提高了一倍（忽略整流内阻时）。

3.2 滤波电路

经过整流后的电压（电流）仍然是有“脉动”的直流电，为了减少被波动，通常要加滤波器，电容滤波器是利用电容充电和放电来使脉动的直流电变成平稳的直流电。由电容两端的电压不能突变的特点，工作时电容周期性充放电，达到输出波形趋于平滑的目的。

前述电容滤波的输出波形脉动系统仍较大，在这种情况下，要想减少脉动可利用多级滤波方法，此时再加一级 RC 滤波电路，得到 π 型 RC 滤波电路，输出电压更平滑（但输出电压平均值要减少）。

引入纹波系数，作为表征直流电源品质的重要参数 $K_p = \frac{\text{交流电压有效值}}{\text{直流电压}} \times 100\%$

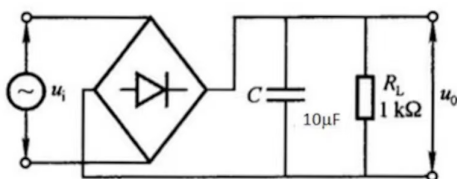


图 1: 单电容滤波

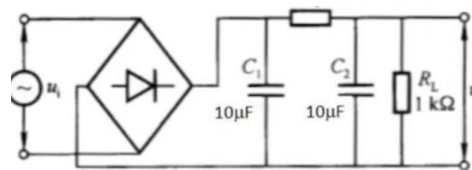


图 2: π 型 RC 滤波

4 实验仪器

信号发生器，示波器，数字电压表 (直流电压档、交流电压档)，电阻箱，可变电容箱，面包板，整流二极管，电容，电阻，导线若干

5 实验步骤

1. 打开信号发生器与示波器，将信号发生器的正弦波峰-峰值固定在 $10V$ ，频率设置为 $400Hz$ 。
2. 在面包板上组装半波整流电路；
3. 输出端连接示波器两接口，记录示波器的波形；
4. 在面包板上组装全波桥式整流电路，重复步骤 3；
5. 在面包板上用电容组装单电容滤波电路，重复步骤 3；
6. 将输出端连接万用表，记录直流电压和交流电压；
7. 改用 $10\mu f$ 电容，重复步骤 6；
8. 在 $10 - 2000Hz$ 范围内调节信号发生器频率，取 8-10 组数据，重复步骤 6；
9. 在面包板上用 $1\mu f$ 电容组装 π 型 RC 滤波电路，重复步骤 6 8；
10. 整理仪器；
11. 进行数据处理。

6 测量记录与数据处理

6.1 整流电路

信号发生器频率 $400Hz$ ，峰峰值 $V_{p-p} = 10V$ 实验图像如下：

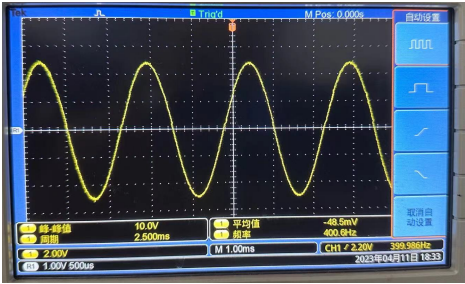


图 3: 输入电流



图 4: 半波输出

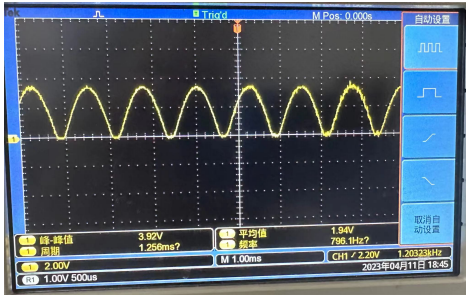


图 5: 全波桥输出

由图可知，半波整流输出只利用了半个周期的正弦信号，而桥式整流利用正负周期信号，效率更高，平均电压提升。

6.2 滤波电路

单电容滤波				π 型电路		
电容/ μf	直流电压/V	交流电压/V	波纹系数	直流电压/V	交流电压/V	波纹系数
1	2.55	0.57	22.3%	1.48	0.0629	4.2%
10	2.88	0.0738	2.5%	1.59	0.00864	0.5%

表 1: 测量数据

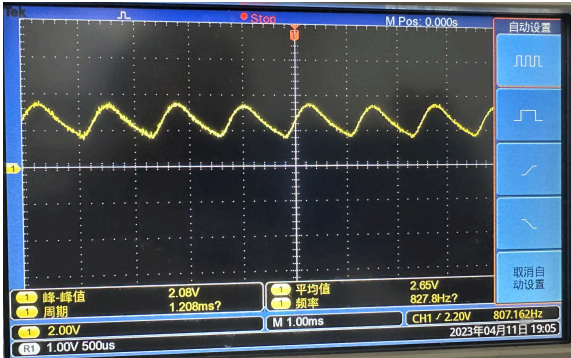


图 6: 1 μf 单电容

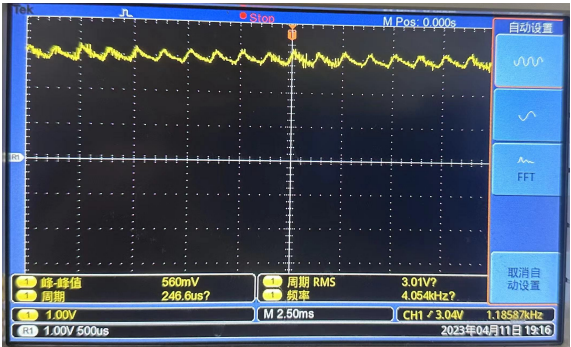


图 7: 10 μf 单电容

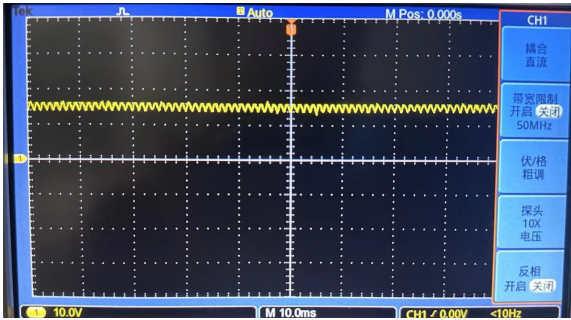


图 8: $1\mu f\pi$ 型

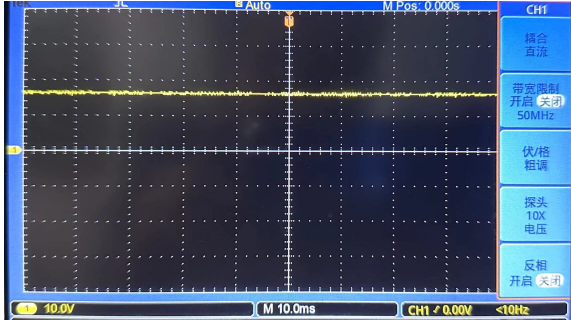


图 9: $10\mu f\pi$ 型

注：图 8 中波形可能是横轴范围较大所致。

比较单电容和 π 型 RC 滤波电路

从纹波系数数据和波形图可以看出，其他条件不变时， π 型 RC 滤波电路的纹波系数和脉动明显小于单电容电路，输出电压平滑（但输出电压平均值小），滤波效果更好。

分析电容对滤波效果的影响

- 实验中其他条件固定时， $10\mu f$ 电容的图像更加平滑，波纹系数小，滤波效果效果更好。
- 分析：滤波效果与电容放电快慢有关，电容放电越慢，输出电压就越平滑、滤波效果就越好。电容放电的快慢跟电容的容量 C 和负载 R 有关，在一定范围内，电容的容量 C 越大，放电越慢，滤波效果越好。

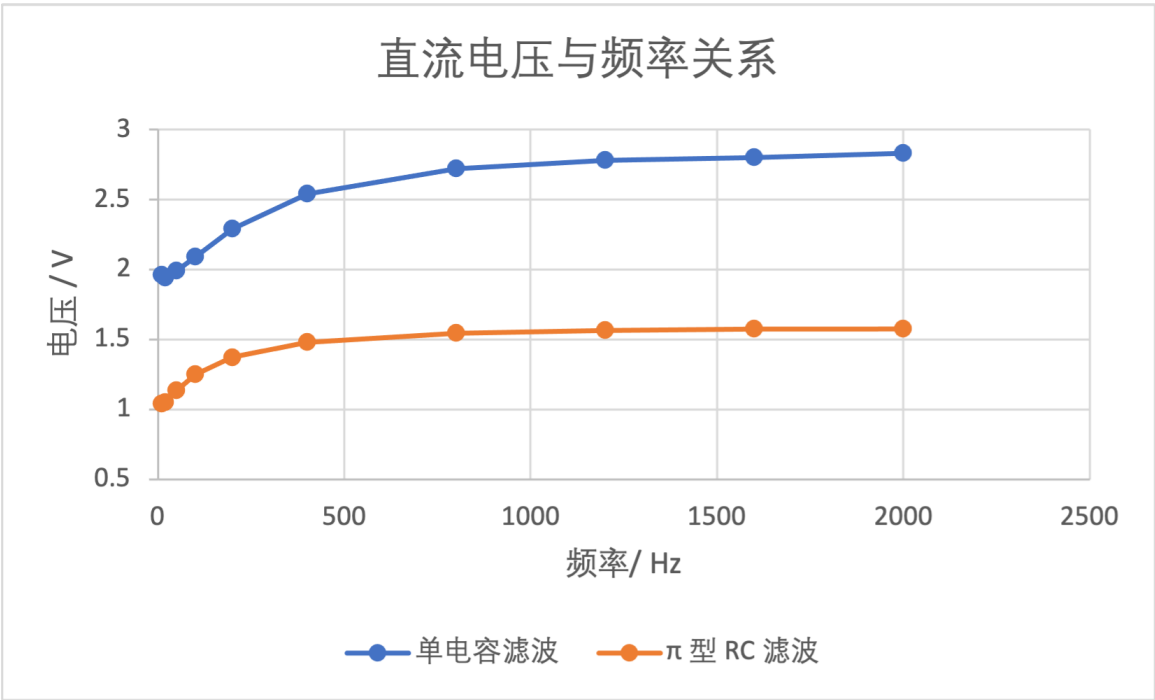
6.3 进阶内容，频率对滤波效果的影响

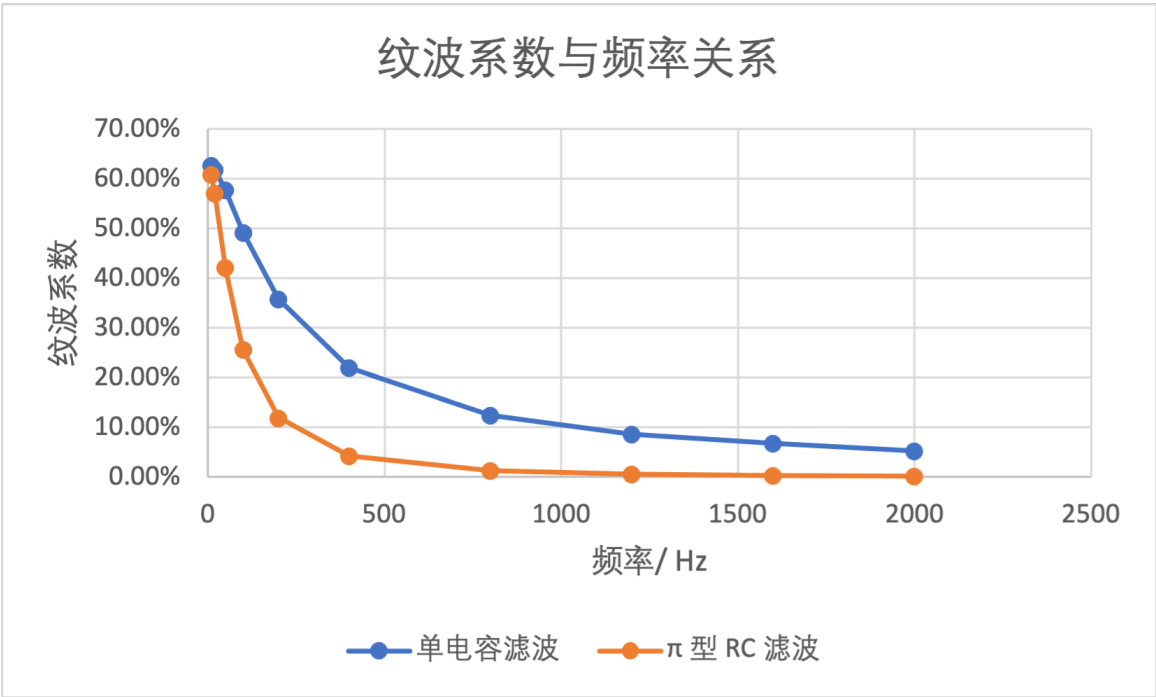
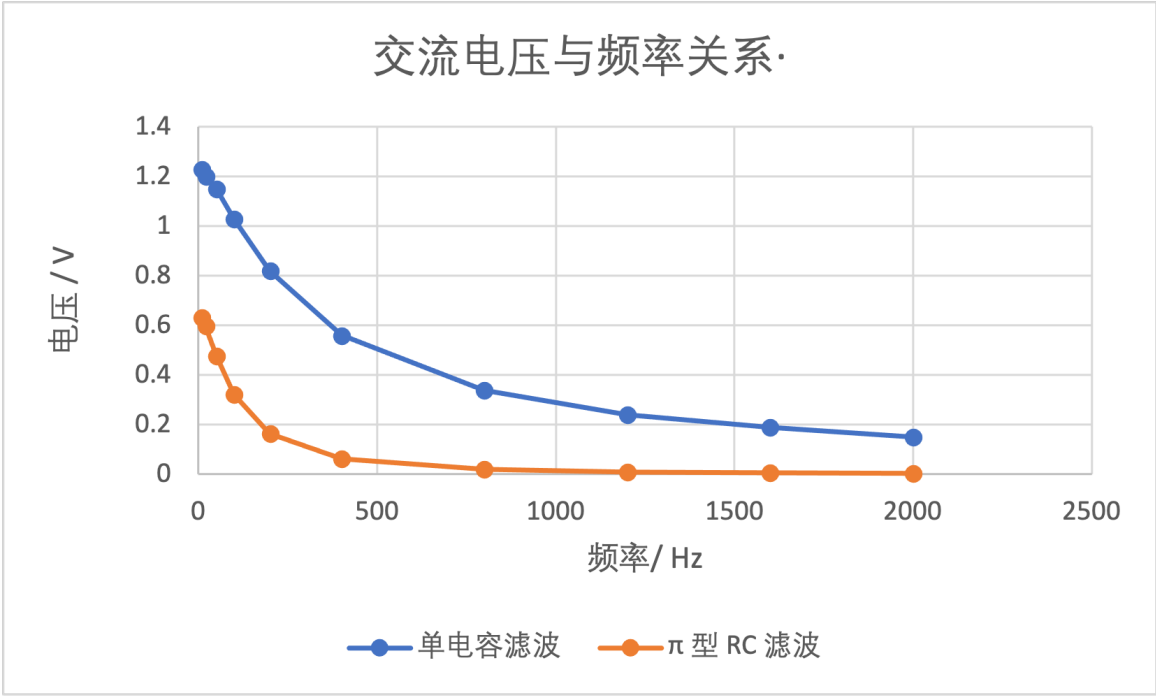
采用 $1\mu f$ 电容分别组装单电容电路和 π 型 RC 滤波电路，信号发生器 $V_{p-p} = 10V$ ，在 $10 - 2000Hz$ 范围内调节频率记录数据如下：

单电容滤波				π 型电路		
频率/Hz	直流电压/V	交流电压/V	波纹系数	直流电压/V	交流电压/V	波纹系数
10	1.96	1.23	62.76%	1.040	0.633	60.87%
20	1.94	1.2	61.86%	1.050	0.599	57.05%
50	1.99	1.15	57.79%	1.135	0.478	42.11%
100	2.09	1.03	49.28%	1.249	0.321	25.70%
200	2.29	0.82	35.81%	1.371	0.164	11.96%
400	2.54	0.56	22.05%	1.477	0.0628	4.25%
800	2.72	0.34	12.50%	1.543	0.0199	1.29%
1200	2.78	0.24	8.63%	1.563	0.0098	0.63%
1600	2.80	0.19	6.79%	1.572	0.0058	0.37%
2000	2.83	0.15	5.30%	1.576	0.0039	0.25%

表 2: 改变频率

6.4 数据处理





1. 由图可知，其他条件一定时频率升高，直流电压升高，交流电压降低，滤波效果更好，在低频率段图像斜率大，频率改变影响明显，随频率升高，交流电压接近 0，直流电压趋近一个上界。

2. π 型 RC 滤波电路纹波系数小于单电容滤波电路，滤波效果优于单电容。

7 实验讨论

- 在本实验中曾失误将电路搭错，应认真研读实验讲义和助教讲解。 π 型 RC 电路相当于在电容滤波后又加了一层 RC 滤波，电阻的作用是使电容充放电变慢。一开始实验中 π 型滤波电路未在两电容之间安装电阻，导致测量结果出现明显误差，测得数据和单电容电路接近，其实此时相当于两电容并联。

- 通过本实验，我学会了交流电路的基本特性，了解了整流滤波的基本工作原理。

- 学习了基本电学元件如示波器，电源，信号源的使用；电学元件的识别和测量；面包板的使用和搭建；电路故障的判断和排除。

8 思考题

1. 整流、滤波的主要目的是什么？

- 整流的目的是：一般生产和运输以交流电的形式，但当设备无法使用交流电时，需要用整流装置把交流电转化为直流电，从而更方便的使用。

- 滤波的目的：整流的电流带有脉动，滤波可以减少直流电压脉动，使电流更加平滑，便于使用，增强电器运行的稳定性。

2. 滤波电路中电容是否越大越好？请根据实验过程简述理由。

- 在实验中， $10\mu f$ 电容滤波效果优于 $1\mu f$ 电容，结合分析可得，较大的电容可以减小输出电压的纹波系数，获得更好的滤波效果

- 但是在实际应用中，电容到一定大小时继续增大，对滤波效果的影响不明显。大电容充放电周期长，可能导致电源响应时间变慢。电容越大，谐振频率越低，频率超过谐振点时，电容提供电流的能力开始下降，电容能有效补偿电流的频率范围减小。其次大电容，体积较大，成本较高，不方便实验。综上，电容不是越大越好。