

---

# 整流滤波实验报告

---

PB22000197 李心玥

2023 年 4 月 23 日

## 1 实验目的

1. 了解交流信号的几个参数，学习整流滤波电路的基本工作原理。
2. 掌握直流电源特性的测量方法，了解负载对电源输出特性的影响，综合分析影响滤波效果的因素。

## 2 实验原理

### 1. 交流电路

正弦交流电的表达式为  $i(t) = I_p \sin(\omega t + \phi_1)$  和  $u(t) = U_p \sin(\omega t + \phi_2)$ 。

#### (a) 幅值

峰值或最大值，记为  $U_p$  和  $I_p$ ，峰点电位之差称为“峰-峰值”，记为  $U_{p-p}$  和  $I_{p-p}$

#### (b) 平均值

$$\bar{i} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt, \quad \bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

#### (c) 有效值

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}, \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

### 2. 整流和滤波

整流电路的作用是把交流电转换成直流电，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

#### (a) 半波整流

$$\text{相应的平均值 } \bar{u}_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_0(t) dt = \frac{1}{\pi} U_p \approx 0.318 U_p$$

#### (b) 全波桥式整流

$$\text{相应的平均值 } \bar{u}_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_0(t) dt = \frac{2}{\pi} U_p \approx 0.637 U_p$$

(c) 电容滤波电路

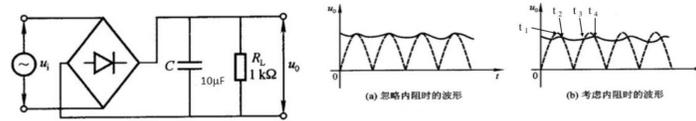


图 1: 电容滤波电路及其波形图

(d)  $\pi$  型 RC 滤波电路

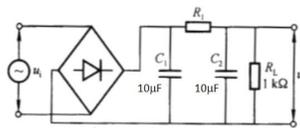


图 2:  $\pi$  型 RC 滤波电路

$$\text{纹波系数 } K_u = \frac{\text{交流电压有效值}}{\text{直流电压}} \times 100\%$$

### 3 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

### 4 实验步骤

1. 打开示波器，用示波器观测信号源功率输出端输出纯正弦函数波形，将峰值固定在 10V，频率为 400Hz。
2. 在面包板上把元件分别连成半波、全波整流电路，把信号源接入到电路的输入端，用示波器分别观察初始信号、半波整流、全波整流的输出端信号  $u_0$ ，拍下  $u_0$  的波形。
3. 在全波整流电路中，输出端接入  $1\mu F$  电容进行滤波，用示波器观察、拍下输出端波形，再用万用表测量负载上的直流电压和交流电压并记录数据，计算纹波系数。
4. 连接  $\pi$  型 RC 电路进行滤波，用示波器观察、拍下输出端波形，再用万用表测量负载上的直流电压和交流电压并记录数据，计算纹波系数。
5. 断开信号源，将电容换为  $10\mu F$  电容，重复上述步骤 3 至步骤 4 的内容。
6. 固定电容  $1\mu F$ ，在  $10Hz$  至  $2000Hz$  内改变信号源频率进行滤波，用示波器观察、拍下输出端波形，再用万用表测量负载上的直流电压和交流电压并记录数据，计算纹波系数。

7. 利用可变电容箱, 固定频率 400Hz 和峰-峰值 10V 不变, 在 0.1 至  $1\mu F$  内调节电容大小, 观测波形变化和交直流成分的变化, 分析纹波系数和电容及信号源频率的关系。

## 5 测量记录

见附件 1: 原始数据记录

## 6 数据处理

### 6.1 整流实验



图 3: 初始信号

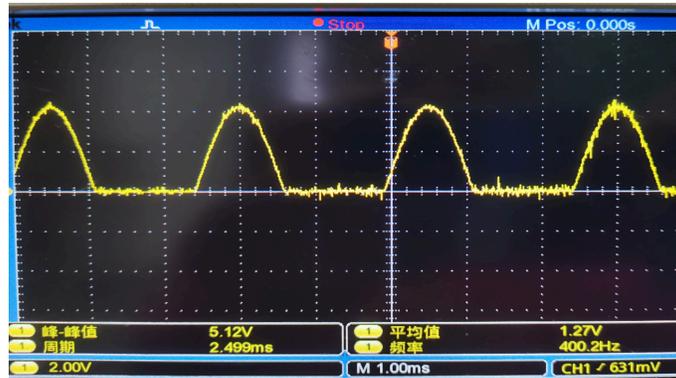


图 4: 半波整流

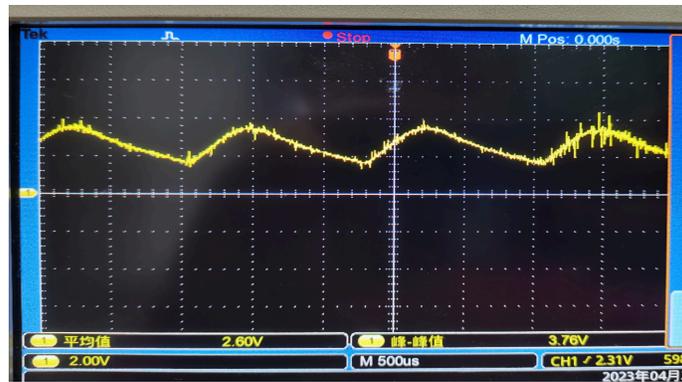


图 5: 全波整流

如波形图所示，半波整流只利用了交流电半个周期的正弦信号，而全波桥式整流能同时利用正负半周期信号，提高了整流效率。

此外，半波整流和全波整流电路的输出电压峰值都比初始信号的峰值小，而全波整流电路比半波整流电路的峰值更小，这是因为电路中二极管分压导致的。

## 6.2 滤波实验

图 6:  $1\mu F$  单电容电路

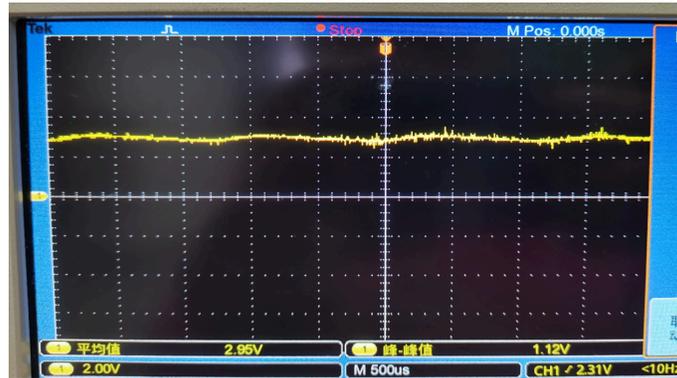


图 7:  $\pi$  型 RC 电路

从图 8 和图 9 看出，相比于整流电路，两种滤波电路都使输出波形趋于平滑，减小了脉动，实现了滤波效果。其中  $\pi$  型 RC 滤波电路的输出电压比单电容滤波电路更平滑。

	直流电压 (V)	交流电压 (V)	纹波系数
全波整流电路	2.55	0.58	22.75%
$\pi$ 型 RC 滤波	1.46	0.07	4.79%

表 1: 万用表测量负载记录

从表 1 看出，相比于单电容电路， $\pi$  型 RC 滤波电路的纹波系数更小，即滤波效果更好，但电压损耗更高。

### 6.3 电容对滤波效果的影响

将上一实验中的  $1\mu F$  电容换成  $10\mu F$ ，波形图和数据记录如下：

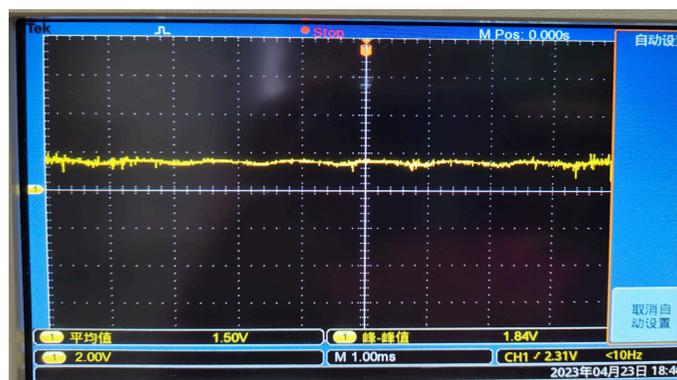


图 8:  $1\mu F$  单电容电路 ( $10\mu F$ )

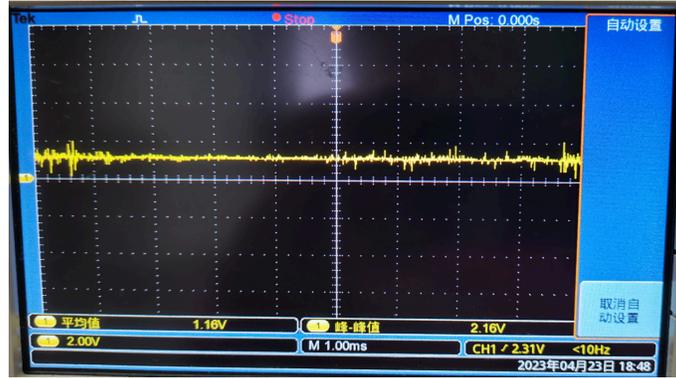


图 9:  $\pi$  型 RC 电路 ( $10\mu F$ )

从图 10 和图 11 看出, 增大电容为  $10\mu F$  后, 两种电路的电压脉动都明显减小, 输出波形都更趋于平滑, 即增大电容可以提升滤波效果, 但同时电压损耗也比  $1\mu F$  时更大。

	直流电压 (V)	交流电压 (V)	纹波系数
全波整流电路	2.89	0.08	2.77%
$\pi$ 型 RC 滤波	1.13	0.002	0.18%

表 2: 万用表测量负载记录

从表 2 看出, 增大电容为  $10\mu F$  后, 纹波系数明显下降, 进一步说明了增大电容可以提升滤波效果。

原因分析: RC 电路的时间常数  $\tau = RC$ ,  $C$  增大时  $\tau$  增大, 则电容两端电压变化更平缓, 从而输出波形更平滑。

#### 6.4 信号源频率对滤波效果的影响

频率 (Hz)	直流电压 (V)	交流电压 (V)	纹波系数
10	1.92	1.22	63.54%
20	1.90	1.21	63.68%
50	1.96	1.15	58.67%
100	2.05	1.03	50.24%
200	2.25	0.82	36.44%
500	2.56	0.49	19.14%
800	2.68	0.35	13.06%
1000	2.72	0.30	11.03%
2000	2.79	0.16	5.73%

表 3: 单电容电路

频率 (Hz)	直流电压 (V)	交流电压 (V)	纹波系数
10	1.03	0.63	61.17%
20	1.04	0.60	57.69%
50	1.13	0.48	42.48%
100	1.24	0.33	26.61%
200	1.36	0.17	12.50%
500	1.50	0.05	3.33%
800	1.54	0.02	1.30%
1000	1.55	0.01	0.65%
2000	1.57	0.004	0.25%

表 4:  $\pi$  型 RC 电路

信号源频率逐渐升高的过程中, 两种电路输出电压的波形都趋于平滑。

从表 3 和表 4 看出, 随着信号源频率升高, 直流电压升高, 交流电压降低, 纹波系数降低且趋于 0, 滤波效果变好; 此外, 在相同频率下,  $\pi$  型 RC 电路的纹波系数比单电容电路小, 说明  $\pi$  型 RC 电路的滤波效果更好。

### 6.5 综合分析影响滤波效果的因素

电容 ( $\mu F$ )	直流电压 (V)	交流电压 (V)	纹波系数
0.1	1.93	1.25	64.77%
0.2	2.05	1.09	53.17%
0.3	2.14	0.99	46.26%
0.4	2.22	0.89	40.09%
0.5	2.30	0.83	36.09%
0.6	2.37	0.75	31.65%
0.7	2.42	0.68	28.10%
0.8	2.47	0.64	25.91%
0.9	2.50	0.58	23.20%
1.0	2.53	0.55	21.74%

表 5: 综合分析影响滤波效果的因素

电容逐渐增大的过程中, 输出电压的波形趋于平缓。

从表 5 看出, 随着电容的增加, 直流电压升高, 交流电压降低, 纹波系数降低, 滤波效果变好。

综合上述两个实验可以得出结论:

1. 其他条件相同时，纹波系数同信号源频率及电容大小呈负相关关系，即信号源频率越高，纹波系数越小，滤波效果越好；电容越大，纹波系数越小，滤波效果越好。
2. 信号源频率和电容大小相同时， $\pi$  型 RC 电路的纹波系数比单电容电路的更小，输出电压更平滑，滤波效果更好。

## 7 思考题

1. 整流、滤波的主要目的是什么？
  - (a) 整流的主要目的是利用二极管的单向导电性，将正负变化的交流电压转换为单向脉动电压，从而在某些只需要或更适合使用直流电的情况下使用。
  - (b) 滤波的主要目的是利用电容两端电压不能突变的特性，尽可能减小直流电压中的交流成分，保留其直流成分，降低输出电压的纹波系数，使输出电压更平滑，更有益于使用。
2. 滤波电路中电容是否越大越好？
  - (a) 仅从实验结果看，其他条件不变时，滤波电路中电容越大，示波器上输出电压的波形越平滑，纹波系数越小，滤波效果越好，得到的直流电质量越高。
  - (b) 但在实际应用中，并非电容越大越好，原因如下：
    - i. 当电容达到一定阈值后，其对滤波的改善效果将几乎没有任何提高；此后若继续增大电容，将会使电路体积增大，成本增加，且影响空气流动和散热，反而不利于滤波。
    - ii. 电容越大，谐振频率越低，电容能有效补偿电流的频率范围也越小，提供高频电流的能力下降，反而不利于滤波。
    - iii. 电容过大也会增加电源开机和关断的时间，这可能导致其他数字元件上电复位失败。
    - iv. 电容过大会导致充电电流（纹波电流）过大，这对电路是一个致命的伤害。

综上所述，在实际应用中，滤波电容并非越大越好。