
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) 峰值

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

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

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

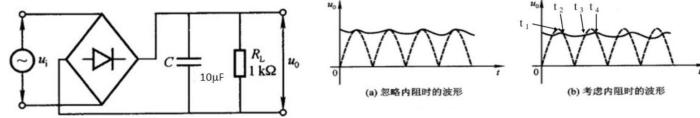
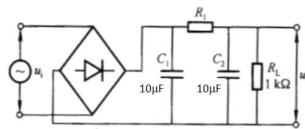


图 1: 电容滤波电路及其波形图

(d) π 型 RC 滤波电路图 2: π 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 π 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动态成分的变化，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

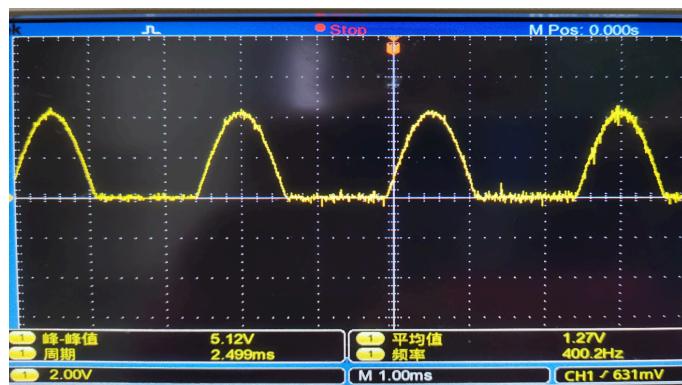


图 4: 半波整流

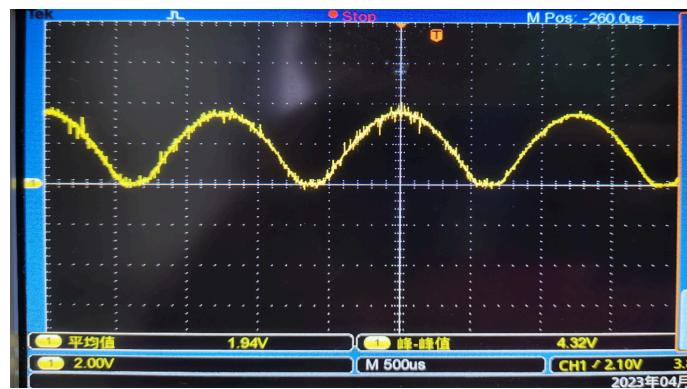
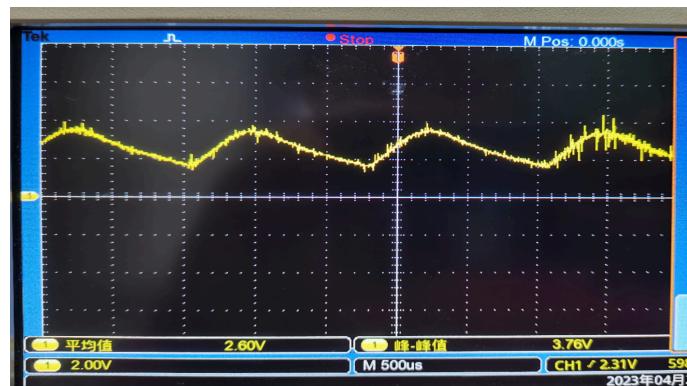


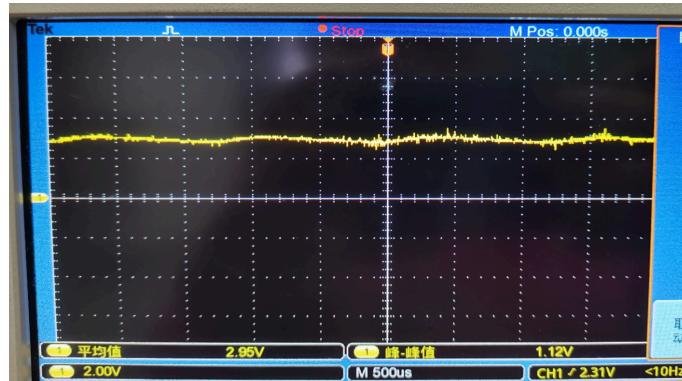
图 5: 全波整流

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: π 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 π 型 RC 滤波电路的输出电压比单电容滤波电路更平滑。

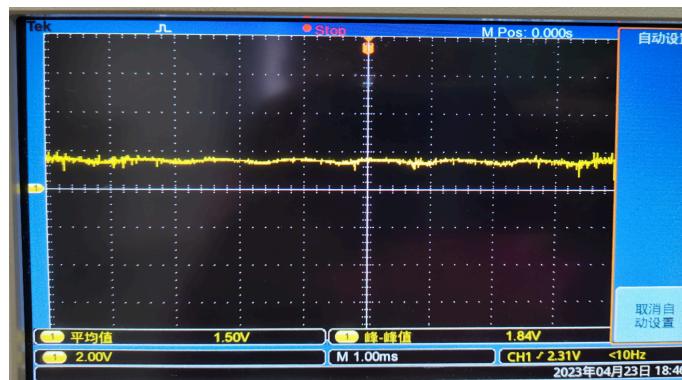
| | 直流电压 (V) | 交流电压 (V) | 纹波系数 |
|---------------|----------|----------|--------|
| 全波整流电路 | 2.55 | 0.58 | 22.75% |
| π 型 RC 滤波 | 1.46 | 0.07 | 4.79% |

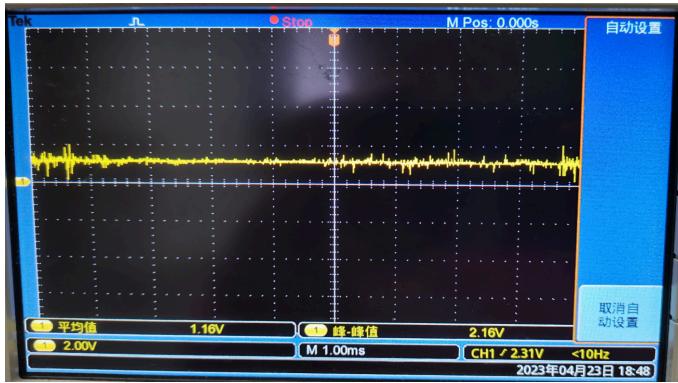
表 1: 万用表测量负载记录

从表 1 看出，相比于单电容电路， π 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: π 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% |
| π 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 τ 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: π 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， π 型 RC 电路的纹波系数比单电容电路小，说明 π 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 (μF) | 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， π 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。