

整流滤波

实验报告

PB22051031 李毅

PHYS1008B.02

教室：一教 1402 座位号：5

2023 年 6 月 5 日

第一部分 实验原理

1. 整流

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。利用二极管的单向导电性可实现整流。

(1). 半波整流

如右图，D 是二极管， R_L 是负载电阻。若输入交流电为 $u(t) = U_p \sin \omega t$ ，整流后输出电压为

$$u_0(t) = \begin{cases} U_p \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t \leq \pi \\ 0 & \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases} \quad (1)$$

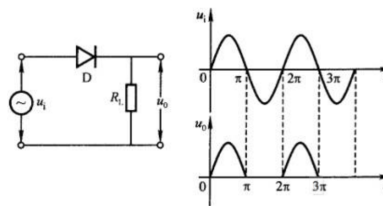


图 1. 半波整流电路及其波形图

(2). 全波桥式整流

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，右图为全波桥式电路和相应的波形。若输入交流电为 $u(t) = U_p \sin \omega t$ ，整流后输出电压为

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

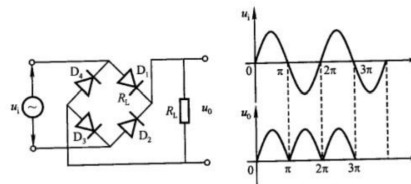


图 2. 全波桥式整流电路及其波形图

2. 滤波

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。

(1). 电容滤波电路

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。下图为全波整流电容滤波器电路和电容滤波器在带负载电阻后的工作情况。

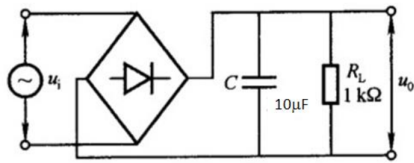


图 3. 全波整流电容滤波器

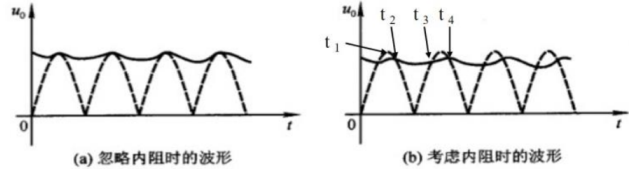


图 4. 全波整流电容滤波电路输出波形

(2). π 型 RC 滤波

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 低通滤波电路，如右图所示，这种电路也称 π 型滤波电路。

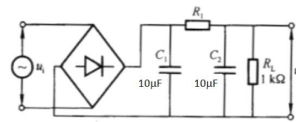


图 5. 全波整流 π 型滤波器

第二部分 实验数据

1. 基础内容—整流、滤波电路

(1) 整流实验

正弦波峰峰值固定在 10 V，频率为 400Hz，用示波器分别观察初始信号、半波、全波整流的输出波形如下：

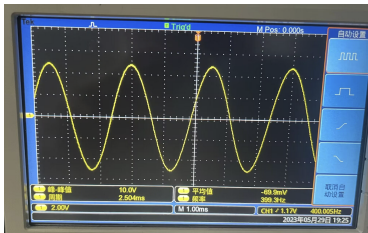


图 6. 初始信号

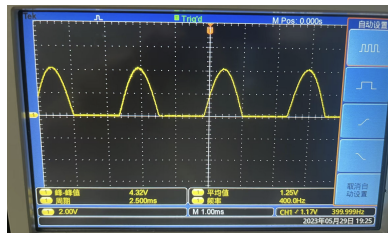


图 7. 半波整流后信号

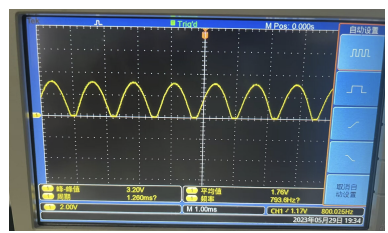


图 8. 全波整流后信号

如图所示，初始信号为正弦波，半波整流利用了交流电半个周期的正弦信号，而全波桥式整流利用了交流电的全部信号。观察发现，正弦波经过半波整流后，负载上电压大于 0 的时长短于负载上等于 0 的时长，这是电路中导线与二极管存在导通电压造成的。两个电路的输出电压峰值都小于信号发射器的波峰，同样是因为电路中导线与二极管存在导通电压，有一定分压造成的。

思考题：如何测量出半波整流的峰值 U_m ？

答：半波整流直流分量 $\bar{u}_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_0(t) dt = \frac{1}{\pi} U_p$ 可以通过电表测量直流分量得到峰值

(2) 滤波实验

使用 $1\mu F$ 的电容进行滤波，正弦波峰峰值固定在 $10V$ ，频率为 $400Hz$

连接电容滤波电路，

测得直流电压 $U_{DC} = 2.42V$ ，

交流电压 $U_{AC} = 0.55V$

纹波系数 $K_u = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} = 22.73\%$

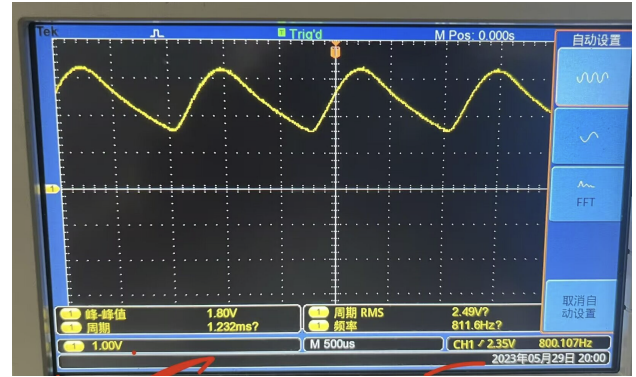


图 9. 电容滤波, $1\mu F$

连接 π 型滤波电路，

测得直流电压 $U_{DC} = 1.46V$ ，

交流电压 $U_{AC} = 0.067V$

纹波系数 $K_u = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} = 4.59\%$

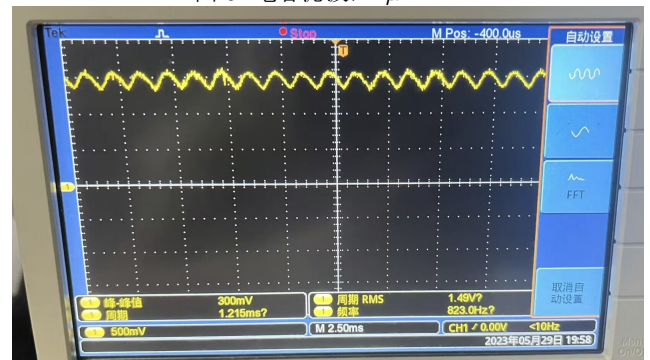


图 10. π 型滤波, $1\mu F$

从波形图可以看出，两种电路都使输出波形平滑，达到了滤波目的。同时 π 型滤波电路比电容滤波电路滤波效果好。从测得的电压值来看， π 型滤波电路比电容滤波电路纹波系数小，滤波效果好。同时由于 π 型滤波多使用了一个电阻造成分压，电压损耗较大。

思考题：为什么电容滤波电路波形中出现尖角？

答：电容充、放电过程中，电容两端电压的变化率随时间增加减小，因此在电容充/放电变化处，电压变化率会发生突变形成尖角。

2. 提升实验—电容对滤波效果的影响

使用 $10\mu F$ 的电容进行滤波，正弦波峰峰值固定在 $10V$ ，频率为 $400Hz$

连接电容滤波电路，
测得直流电压 $U_{DC} = 2.72V$ ，
交流电压 $U_{AC} = 0.071V$
纹波系数 $K_u = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} = 2.61\%$

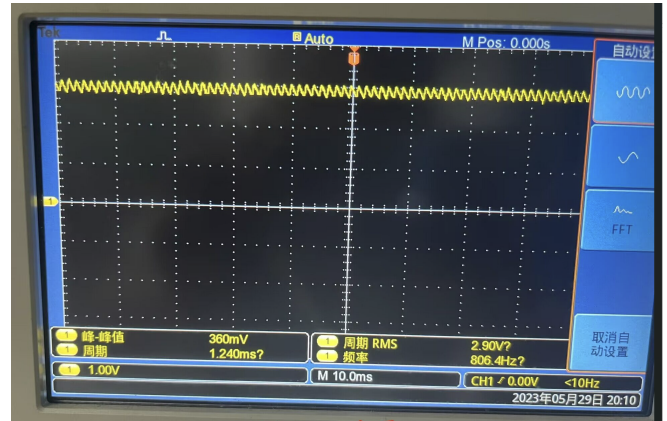


图 11. 电容滤波, $10\mu F$

连接 π 型滤波电路，
测得直流电压 $U_{DC} = 1.56V$ ，
交流电压 $U_{AC} = 0.015V$
纹波系数 $K_u = \frac{U_{AC}}{U_{DC}} = 0.96\%$

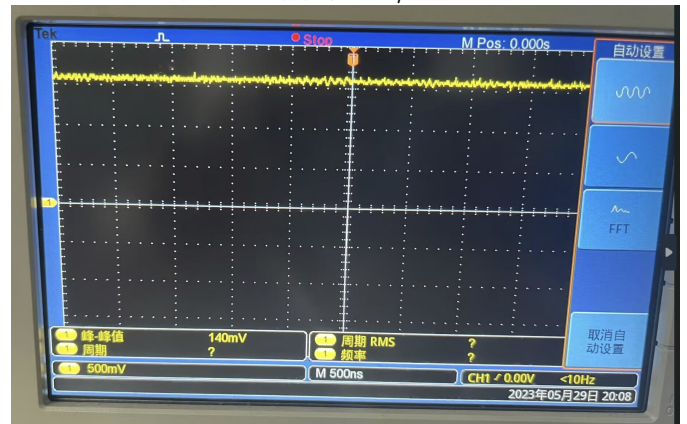


图 12. π 型滤波, $10\mu F$

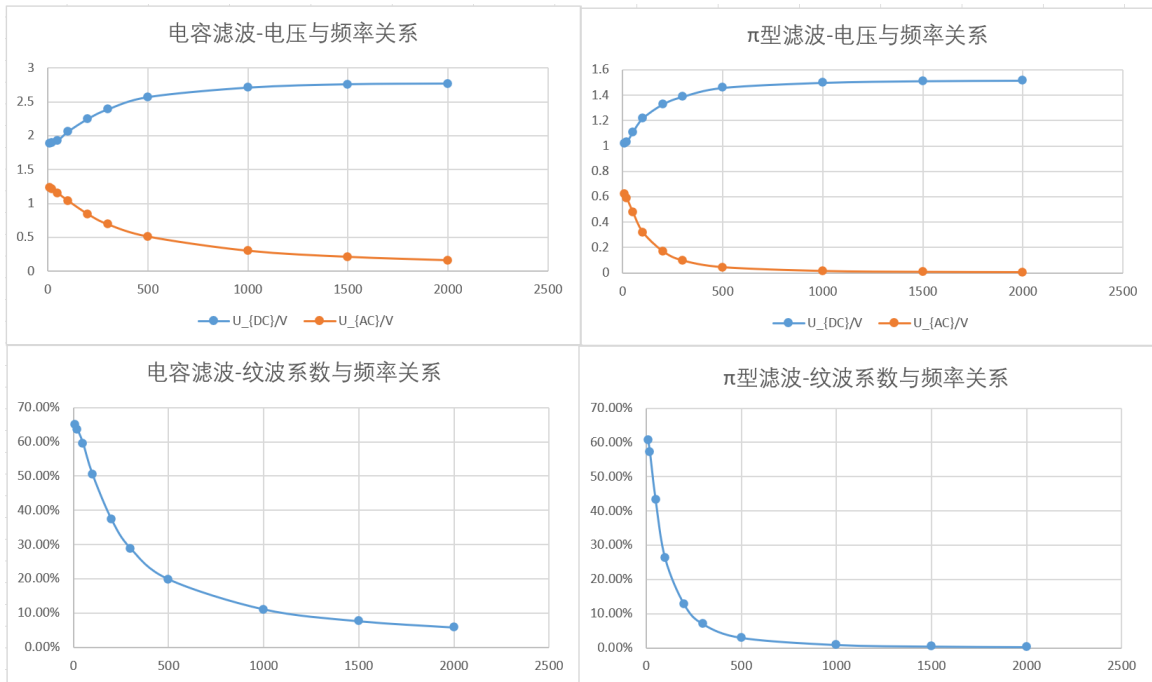
由波形图和测得的电压值不难看出，在电路其他条件不变时，对于两种滤波电路均有：电容增大，纹波系数降低，直流电压增大，滤波效果更好。

原因：时间常数 $\tau = RC$ ， C 越大， τ 越大，滤波效果越好。

3. 进阶实验—频率对滤波效果的影响

使用两种滤波电路，信号源电压峰峰值为 $10V$ ，选用 $1\mu F$ 的电容，改变频率 f ，测量直流电压，交流电压，纹波系数数据如下：

电容滤波				π 型滤波			
	U_{DC}	U_{AC}	纹波系数		U_{DC}	U_{AC}	纹波系数
10Hz	1.89V	1.23V	65.08%	10Hz	1.02V	0.62V	60.78%
20Hz	1.90V	1.21V	63.68%	20Hz	1.03V	0.59V	57.28%
50Hz	1.93V	1.15V	59.59%	50Hz	1.11V	0.48V	43.24%
100Hz	2.06V	1.04V	50.49%	100Hz	1.22V	0.32V	26.23%
200Hz	2.25V	0.84V	37.33%	200Hz	1.33V	0.17V	12.78%
300Hz	2.39V	0.69V	28.87%	300Hz	1.39V	0.097V	6.98%
500Hz	2.57V	0.51V	19.84%	500Hz	1.46V	0.044V	3.01%
1000Hz	2.71V	0.30V	11.07%	1000Hz	1.50V	0.014V	0.93%
1500Hz	2.76V	0.21V	7.61%	1500Hz	1.513V	0.0071V	0.47%
2000Hz	2.77V	0.16V	5.78%	2000Hz	1.517V	0.0047V	0.31%



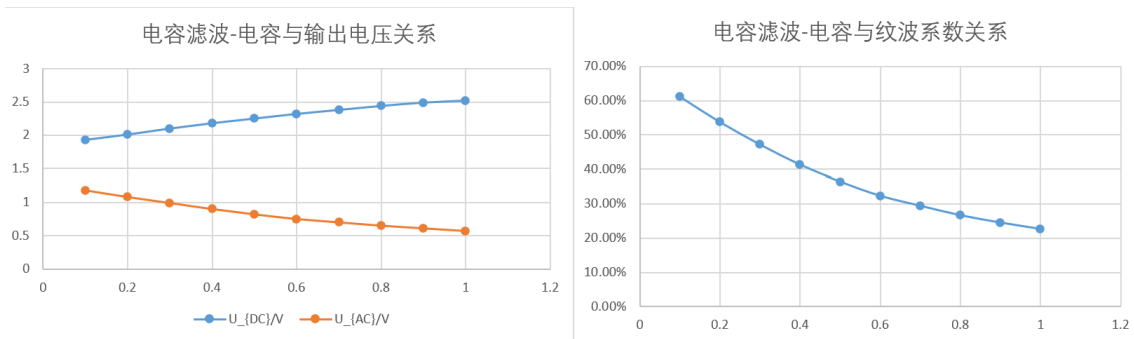
由表格数据和图像看出，频率升高，直流电压上升，但当频率达到一定值后不再上升，交流电压与纹波系数均递减趋于 0。

故得出在电路其他条件不变时，信号源频率增大，直流电压增大，交流电压减小，纹波系数减小，滤波效果越好。

4. 高阶实验—探究影响整流滤波效果的因素

选用可调节的电容，使用电容滤波电路，固定频率 400Hz 和峰-峰值 10V 不变，调节电容大小 (0.1 $1\mu\text{F}$)，测量直流电压，交流电压，纹波系数数据如下：

	U_{DC}	U_{AC}	纹波系数
$0.1\mu F$	1.93V	1.18V	61.14%
$0.2\mu F$	2.01V	1.08V	53.73%
$0.3\mu F$	2.10V	0.99V	47.14%
$0.4\mu F$	2.18V	0.90V	41.28%
$0.5\mu F$	2.25V	0.82V	36.44%
$0.6\mu F$	2.32V	0.75V	32.33%
$0.7\mu F$	2.38V	0.70V	29.41%
$0.8\mu F$	2.44V	0.65V	26.64%
$0.9\mu F$	2.49V	0.61V	24.50%
$1.0\mu F$	2.52V	0.57V	22.62%



在电路其他条件不变时，电容增大，直流电压增大，交流电压减小，纹波系数减小，滤波效果越好。

总结：

在电路其他条件不变时，电容增大，直流电压增大，交流电压减小，纹波系数减小，滤波效果越好。

在电路其他条件不变时，信号源频率增大，直流电压增大，交流电压减小，纹波系数减小，滤波效果越好

第三部分 思考题

1. 整流、滤波的主要目的是什么？

整流：整流是将交流电信号转换为单向脉冲的过程，即只允许单向电流通过。这通常是通过使用整流器（如二极管、桥式整流器等）的单向导电性来实现的。

滤波：滤波是将信号中特定波段频率滤除的操作，是抑制和防止干扰的一项重要措施。利用电容两端的电压不能突变的特点，尽可能减小脉动的直流电压中的交流成分，保留直流成分，将大脉动直流电处理成小脉动的直流电，使输出电压纹波系数降低，波形变得比较平滑，更有益于使用

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。

就理论来看，在电路其他条件不变时，电容增大，直流电压增大，交流电压减小，纹波系数减小，滤波效果越好。但结合实际情况不是越大越好，原因如下：

- (1) 大电容体积大，影响空气流动和散热，不适合在小体积的电路板上使用
- (2) 大电容制造昂贵，考虑经济因素没必要使用

(3) 电容上存在寄生电感，电容放电回路会在某个频点上发生谐振。在谐振点，电容的阻抗小。因此放电回路的阻抗最小，补充能量的效果也最好。但当频率超过谐振点时，放电回路的阻抗开始增加，电容提供电流能力便开始下降。电容的容值越大，谐振频率越低，电容能有效补偿电流的频率范围也越小。为了保证电容提供高频电流的能力，要根据实际确定电容大小。

致谢

感谢中国科学技术大学物理实验教学中心和牟一鹏老师