



大学物理-基础实验 | 实验报告

姓名 王嘉璐
学号 PB21051167
班级 21 级 209 院 05 班 (工程科学学院 5 班)
日期 2022 年 6 月 2 日

整流滤波电路及其应用[†]

1 实验目的

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。掌握面包板的使用、整流滤波电路的搭建，通过示波器观察输出信号来加深对整流滤波认识。计算纹波系数，探究影响滤波效果的因素。

2 实验原理

整流滤波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。

2.1 整流电路

利用二极管的单向导电性可实现整流。

1. 半波整流。使用单个二极管，利用其正向导通、反向截止的特性，将大小、方向随时间变化的交流电转换为单方向的脉动直流电，如图 0.1 所示。

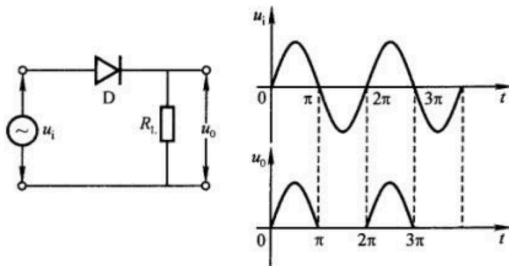


图 0.1 输出特性测量的 $I - U$ 曲线

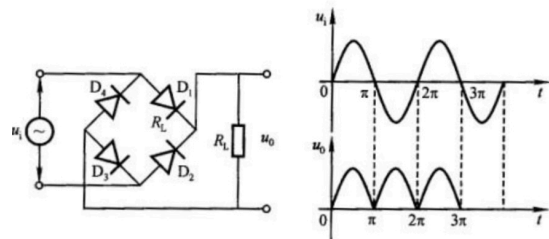


图 0.2 输出特性测量的 $P - R_L$ 曲线

2. 全波桥式整流。使用四个二极管组成桥式电路，使交流电的正负半周信号都被利用，较半波整流，全波桥式整流使直流电压脉动大大减少、平均电压提高一倍 (忽略整流内阻时)，如图 0.2 所示。

2.2 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，常用的滤波电路有电容、电感滤波等。在本实验中使用最简单的滤波电路。

1. 电容滤波。电容滤波电路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，如图 0.3 所示。

2. 2π 型 RC 滤波。为进一步减少脉动，再加一级 RC 滤波电路，进行多级滤波，如图 6.2.1-6 所示。

[†]本报告由王嘉璐撰写，存在一定不足，仅供参考。如需了解不足、获取最新版本，请访问我的主页 home.ustc.edu.cn/~luiswang。

3. 纹波系数。纹波系数是指负载上交流电压的有效值与直流电压之比，是表征直流电源品质的一个重要参数。除了与整流滤波电路品质有关之外，与外电路负载关系也很大。

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

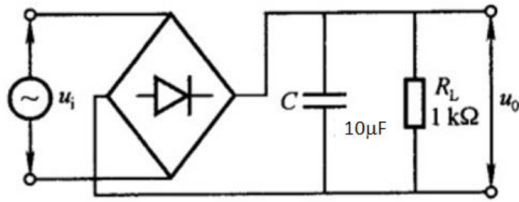


图 0.3 输出特性测量的 I - U 曲线

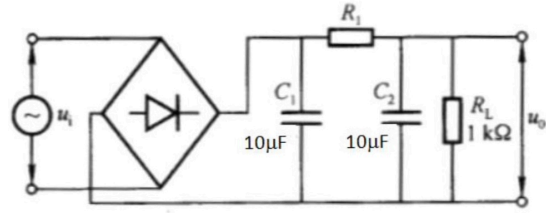


图 0.4 输出特性测量的 P - R_L 曲线

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）；面包板，整流二极管，电容（1μF、10μF 各若干），电阻（1kΩ2 个），导线若干。

4 测量记录

参见“附件：原始数据”。

5 分析与讨论

5.1 基础部分：整流、滤波电路

5.1.1 整流电路

信号源输出纯正弦波形，峰峰值为 10V、频率为 400Hz，用示波器分别观察初始信号、半波整流、全波桥式整流的输出信号，它们的波形如图 1.1 所示。

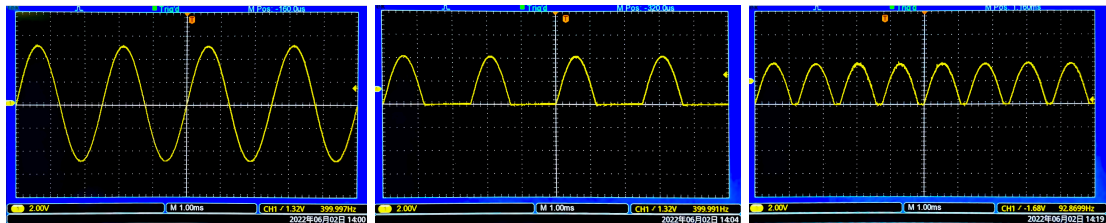


图 1.1 初始信号、半波整流、全波桥式整流的波形

5.1.2 滤波电路

在全波桥式整流电路中，接入 1μF 电容，分别进行电容滤波、π 型 RC 滤波，用示波器观察输出信号，它们的波形如图 1.2 所示。

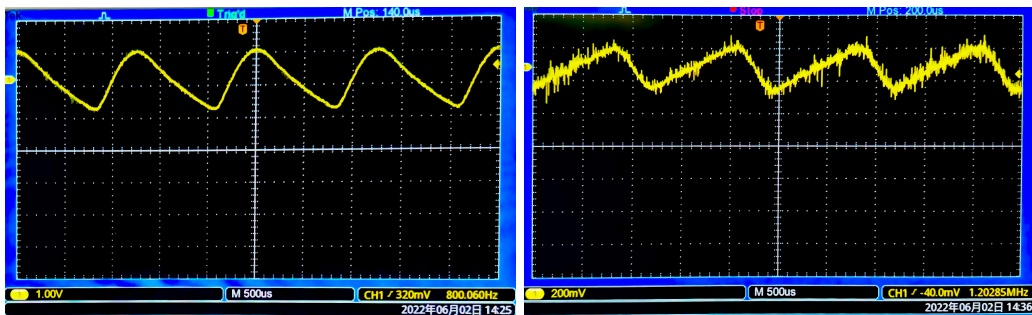


图 1.2 电容滤波、π 型 RC 滤波的波形

考虑到图 1.2 中各波形选择的电压量程不同，不便于直观比较，利用图形处理软件提取波形图像并根据测量电压调整图像，处理结果如图 1.3 所示。

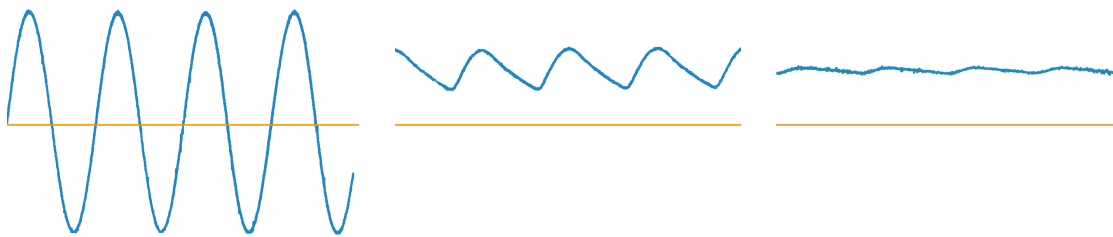


图 1.3 处理后的全波桥式整流、电容滤波、 π 型 RC 滤波的波形比较

分别在电容滤波、 π 型 RC 滤波电路中，用万用表（选择量程为“20V”）测量负载上的直流电压和交流电压有效值，并计算纹波系数，测量数据及计算结果如表 1.1 所示。

表 1.1 使用 $1\mu\text{F}$ 电容的滤波电路的纹波系数

	直流电压/V	交流电压有效值/V	纹波系数
电容滤波	2.573	0.579	22.50%
π 型RC滤波	2.361	0.517	21.90%

5.2 提升部分：电容对滤波效果的影响

在全波桥式整流电路中，接入 $10\mu\text{F}$ 电容，分别进行电容滤波、 π 型 RC 滤波，用示波器观察输出信号，它们的波形如图 2.1 所示。

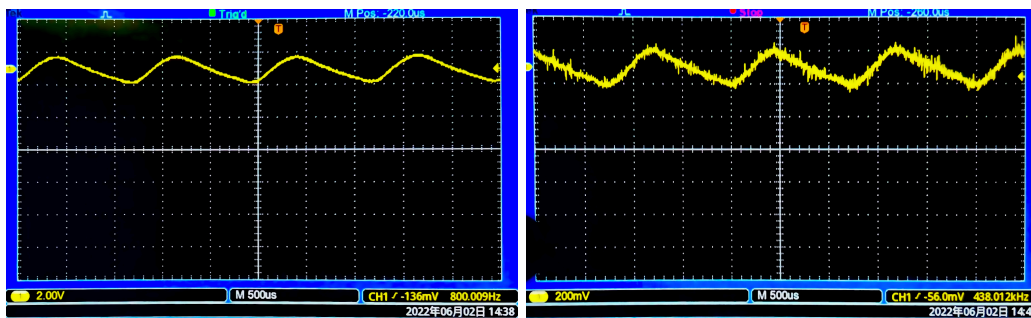


图 2.1 电容滤波、 π 型 RC 滤波的波形

考虑到图 2.1 中各波形选择的电压量程不同，不便于直观比较，利用图形处理软件提取波形图像并根据测量电压调整图像，处理结果如图 2.2 所示。

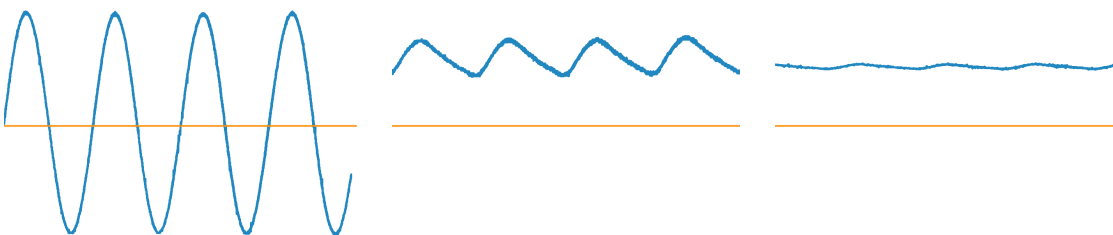


图 2.2 处理后的全波桥式整流、电容滤波、 π 型 RC 滤波的波形比较

分别在电容滤波、 π 型 RC 滤波电路中，用万用表（选择量程为“20V”）测量负载上的直流电压和交流电压有效值，并计算纹波系数，测量数据及计算结果如表 2.1 所示。

表 2.1 使用 $10\mu\text{F}$ 电容的滤波电路的纹波系数

	直流电压/V	交流电压有效值/V	纹波系数
电容滤波	2.933	0.073	2.49%
π 型RC滤波	2.594	0.058	2.24%

5.3 进阶与高阶部分：探究影响滤波效果的因素

5.3.1 信号源频率对滤波效果的影响

固定电容 $1\mu\text{F}$ ，改变信号源频率从 10 2000Hz，分别在电容滤波、 π 型 RC 滤波电路中，测量并计算纹波系数，结果如表 3.1 所示。

表 3.1 不同信号源频率下滤波电路的纹波系数

频率/Hz		10	50	100	300	500	700	900	1500	2000
电容滤波	直流电压/V	1.943	1.999	2.101	2.455	2.640	2.737	2.808	2.859	2.879
	交流电压有效值/V	1.254	1.178	1.056	0.693	0.502	0.385	0.274	0.156	0.070
	纹波系数	64.54%	58.93%	50.26%	28.23%	19.02%	14.07%	9.76%	5.46%	2.43%
π 型RC滤波	直流电压/V	1.808	1.861	1.959	2.273	2.417	2.481	2.525	2.553	2.562
	交流电压有效值/V	1.183	1.109	0.988	0.625	0.438	0.329	0.231	0.129	0.055
	纹波系数	65.43%	59.59%	50.43%	27.50%	18.12%	13.26%	9.15%	5.05%	2.15%

根据以上数据，绘制纹波系数与频率的关系曲线，如图 3.1 所示。

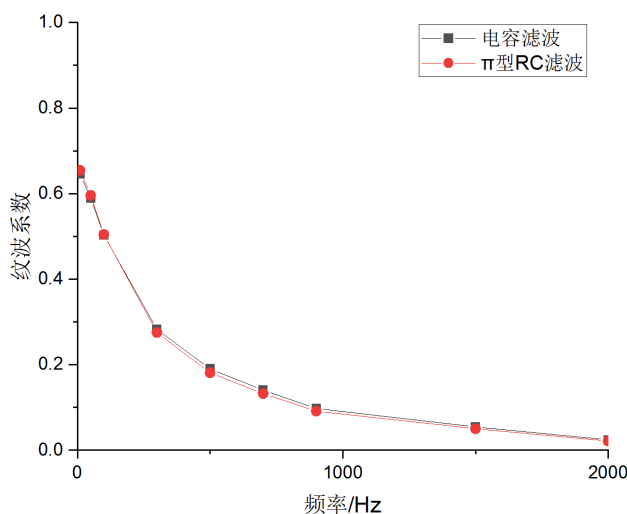


图 3.1 电容滤波、 π 型 RC 滤波的纹波系数-频率曲线

根据图表，可以看出随着频率的增大，直流电压逐渐增大，交流电压有效值逐渐减小，最终纹波系数随之减小。因此，对于两种滤波电路，信号源频率越高，纹波系数越低。

5.3.2 电容对滤波效果的影响

串联若干 $1\mu\text{F}$ 的电容，固定频率 400Hz 和峰-峰值 10V，调节电容大小从 0.25 1.00 μF ，分别在电容滤波、 π 型 RC 滤波电路中，测量并计算纹波系数，结果如表 3.2 所示。

表 3.2 不同电容下滤波电路的纹波系数

电容/ μF		0.25	0.33	0.50	1.00
电容滤波	直流电压/V	2.102	2.172	2.302	2.563
	交流电压有效值/V	1.048	0.970	0.837	0.584
	纹波系数	49.86%	44.66%	36.36%	22.79%
π 型RC滤波	直流电压/V	1.858	2.017	2.134	2.356
	交流电压有效值/V	1.099	0.902	0.770	0.513
	纹波系数	59.15%	44.72%	36.08%	21.77%

根据以上数据，绘制纹波系数与电容的关系曲线，如图 3.2 所示。

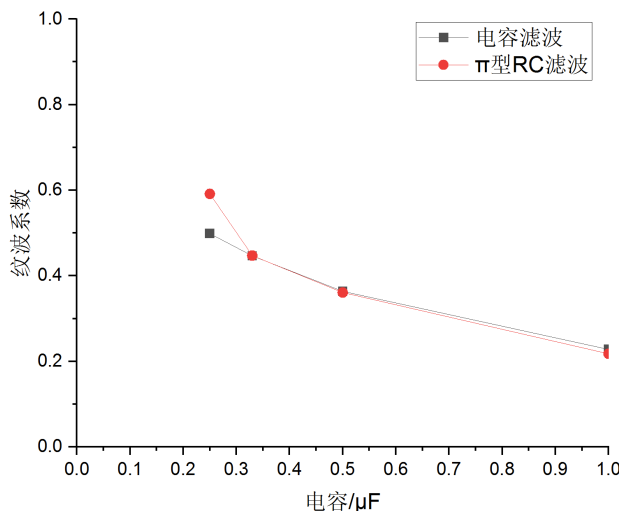


图 3.2 电容滤波、 π 型 RC 滤波的纹波系数-电容曲线

根据图表，可以看出随着电容的增大，直流电压逐渐增大，交流电压有效值逐渐减小，最终纹波系数随之减小。因此，对于两种滤波电路，电容越大，纹波系数越小。

5.4 误差分析

由于在搭建 π 型 RC 滤波电路时出现失误，其中一根导线接错位置，导致电路较电容滤波电路实际上增加了一级电阻很小、电容正常的 RC 滤波电路，所以测量得到的数据会有偏差。但从理论上讲，该电路仍为 π 型 RC 滤波电路。

因此，上述失误并不影响观察 π 型 RC 滤波产生的波形、计算其纹波系数、探究影响 π 型 RC 滤波的因素，但无法直接比较电容滤波、 π 型 RC 滤波的纹波系数。

6 思考题

6.1 整流、滤波的主要目的是什么？

把交流电转换成直流电，以实现用电器工作的连续性与稳定性。

6.2 滤波电路中电容是否越大越好？请根据实验过程简述理由。

不是。根据纹波系数随电容增大而减小的曲线趋势来看，当电容大到一定程度后，增大电容对纹波系数的影响几乎为零，此时没有必要继续增大电容。从实验原理来看，当电容过大后，电容充放电周期会过大，在断电后仍然会持续一段时间放电，影响用电器特别是精密电子仪器的实际使用。

附件

原始数据