

实验报告

PB20061372 朱云沁 2021/6/1

实验题目：

整流滤波电路&直流电源特性

实验目的：

1、整流滤波电路：

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，制作一台直流电源；

2、直流电源特性：

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。

实验原理：

正弦交流电的表达式为：

$$i(t) = I_p \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$u(t) = U_p \sin(\omega t + \phi_2)$$

可见，幅值、频率、初相位是正弦交流电的三要素。

整流电路的作用是把交流电转化为单方向大脉动直流电。利用二极管的单向导电性，有以下半波整流、全波桥式整流电路：

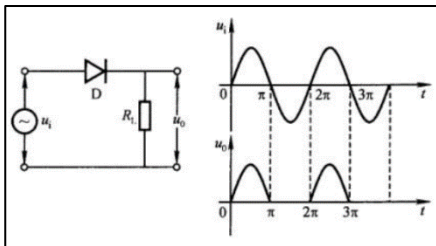


图 1 半波整流电路及其输入、输出波形

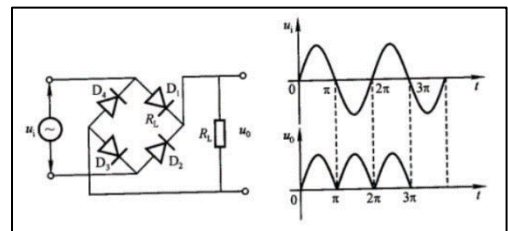


图 2 全波桥式整流电路及其输入、输出波形

理想情况下，波形如图所示。可以预见，桥式整流后的直流电压脉动更小，平均值更大。

滤波电路的作用是把大脉动直流电处理成平滑的小脉动直流电。利用电容两端电压不能突变的特点，可达到输出波形趋于平滑的目的，常用的电容滤波、 π 型 RC 滤波电路如下：

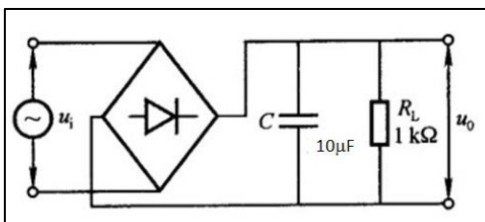


图 3 电容滤波电路

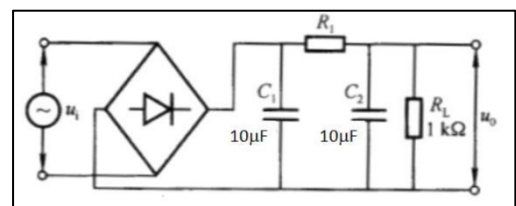


图 4 π 型 RC 滤波电路

其中， π 型 RC 滤波利用了多级滤波的方法，输出电压波形更平滑，但平均值更小。

由交流电源经整流、滤波、稳压等环节制成的直流电源，一般在直流稳定量上叠加有交流分量，称之为纹波，可用纹波系数表示纹波相对强度的大小：

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

纹波系数是表征直流电源品质的重要参数，既与整流、滤波电路有关，也与外电路负载有关。

此外，负载功率曲线也是直流电源的重要特性。

实验仪器：

信号发生器，示波器，万用表，电阻箱，面包板，整流二极管，电容（ $1\mu F$ 、 $10\mu F$ ），电阻（ $1k\Omega$ ），导线若干。

实验内容：

1、整流滤波电路：

a) 整流实验：

- 设定信号源正弦电压峰峰值 U_{p-p} 为10V，频率 f 为400Hz，用示波器观测其波形；
- 在面包板上连接半波整流电路，将该信号源作为输入，用示波器观测输出端电压 u_o ，得到其波形示意图；
- 将半波整流电路改为全波整流电路，重复上一步。

b) 滤波实验：

- 在全波整流电路中，输出端接入 $1\mu F$ 单电容进行滤波，用示波器观察，得到输出端波形，用万用表分别测量负载直流、交流电压，计算纹波系数；
- 将 $1\mu F$ 单电容改为 π 型RC电路（ $1k\Omega$ ， $1\mu F$ ），重复上一步。

2、直流电源特性：

a) 测量负载功率曲线：

设置正弦信号源电压峰峰值 U_{p-p} 为10V，频率 f 为500Hz；连接全波整流电路和 π 型RC滤波电路（ $1k\Omega$ ， $1\mu F$ ）；选用电阻箱作为负载 R_L ，在20~2000 Ω 范围内调节电阻，测量电源的负载功率曲线，得出功率最大时负载的大小。

b) 测量纹波系数曲线：

同上述电路，在20~2000 Ω 范围内调节电阻，用万用表测量输出端直流、交流电压，计算纹波系数 K_u ，绘制 $K_u - R_L$ 曲线。

c) 电容对纹波系数的影响：

将 π 型RC电路改为 $10\mu F$ 单电容，重复上述内容，对结果作出分析。

实验数据：

1、整流滤波电路：

信号源产生正弦交流电压的初始波形图如下：

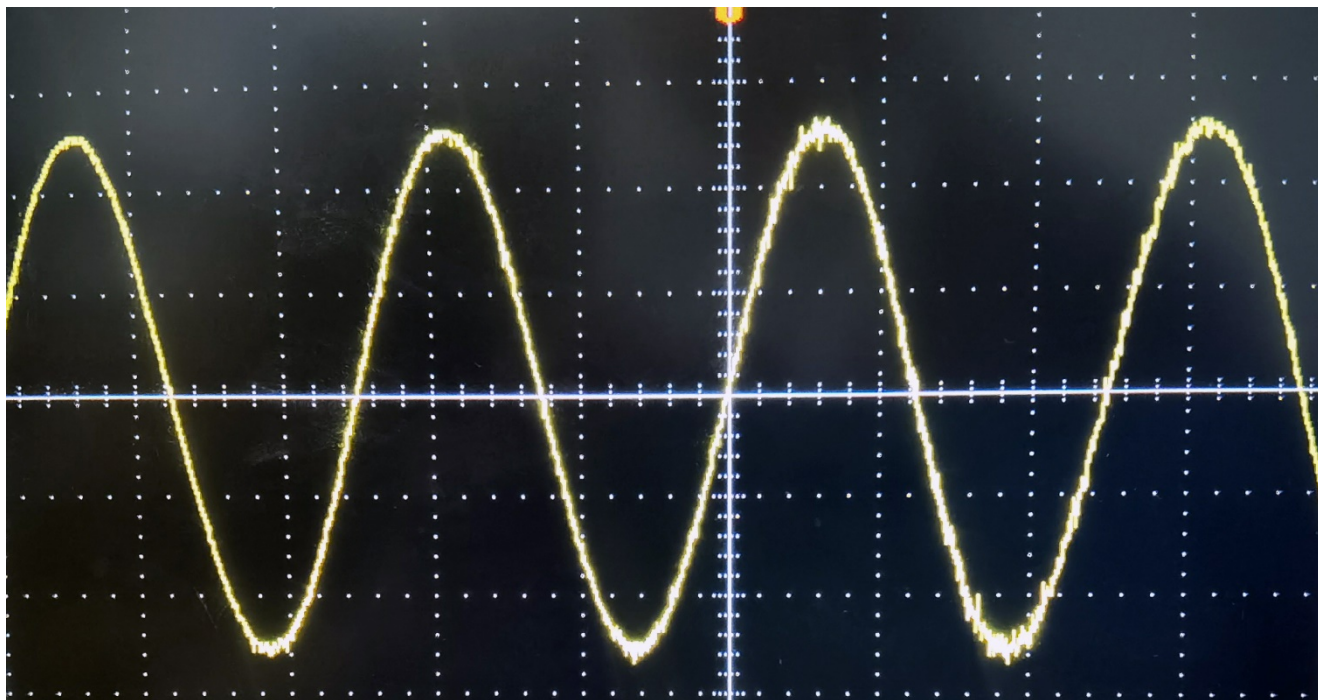


图5 正弦交流电压初始波形图

半波整流电路的输出电压波形图如下：

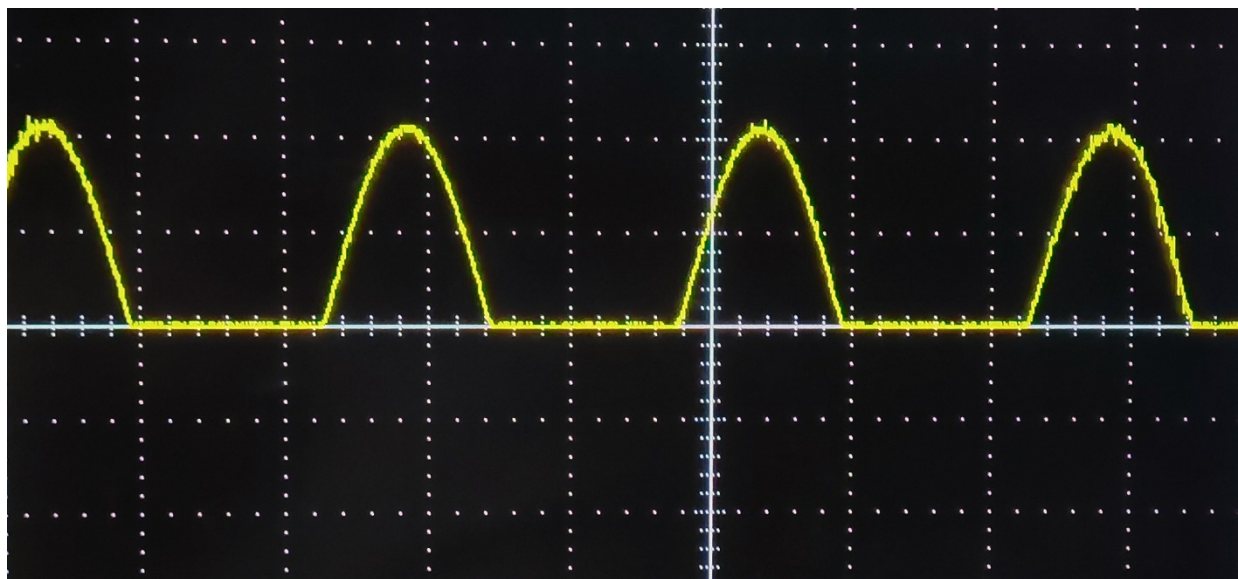


图 6 半波整流输出电压波形图

全波桥式整流电路的输出电压波形图如下：

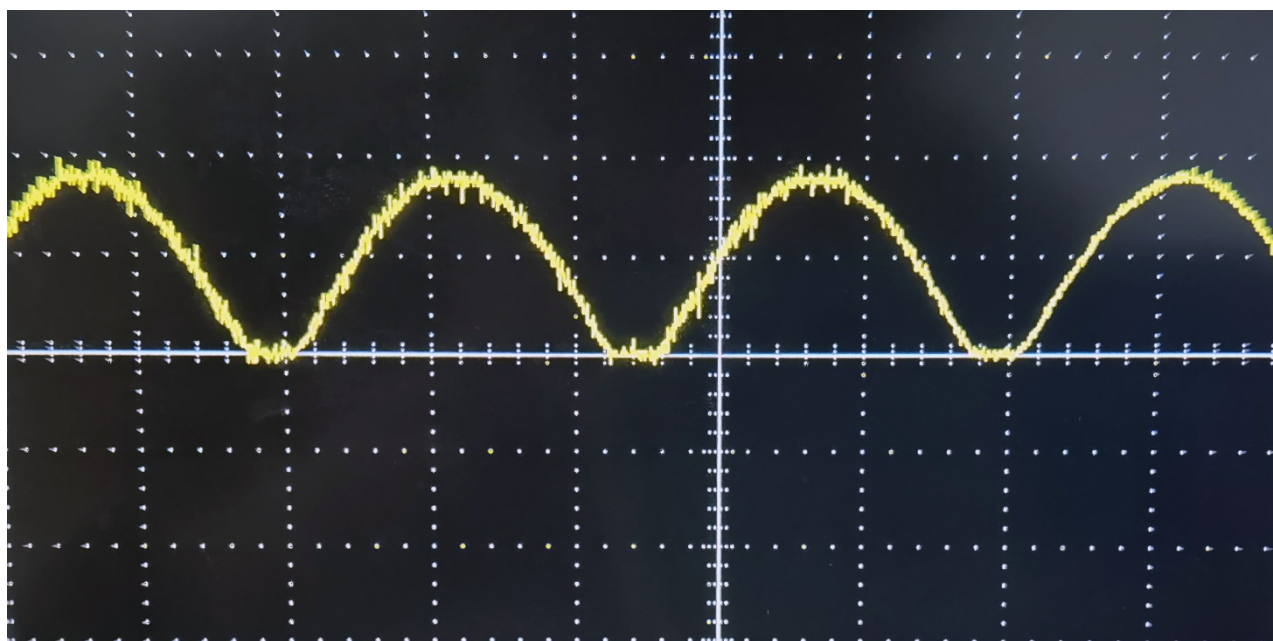


图 7 全波整流输出电压波形图

$1\mu F$ 单电容滤波电路的输出电压波形图如下：

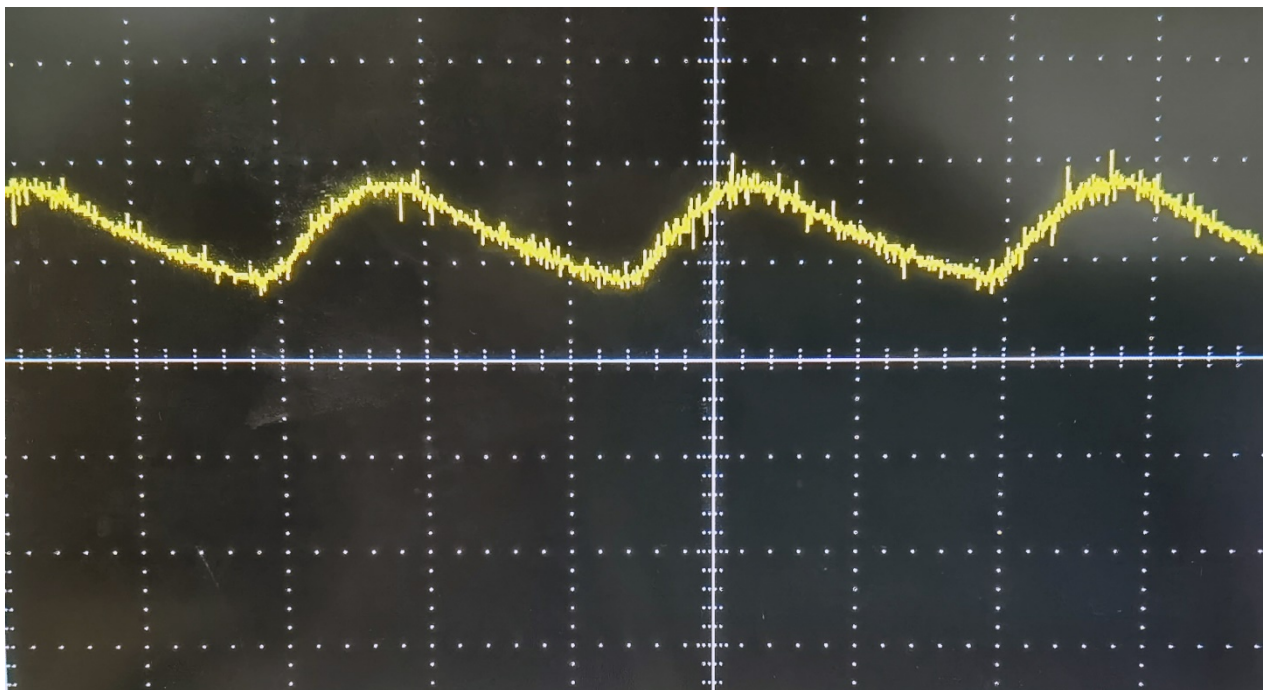


图 8 $1\mu F$ 单电容滤波电路输出电压波形图

π 型 RC 滤波电路的输出电压波形图如下

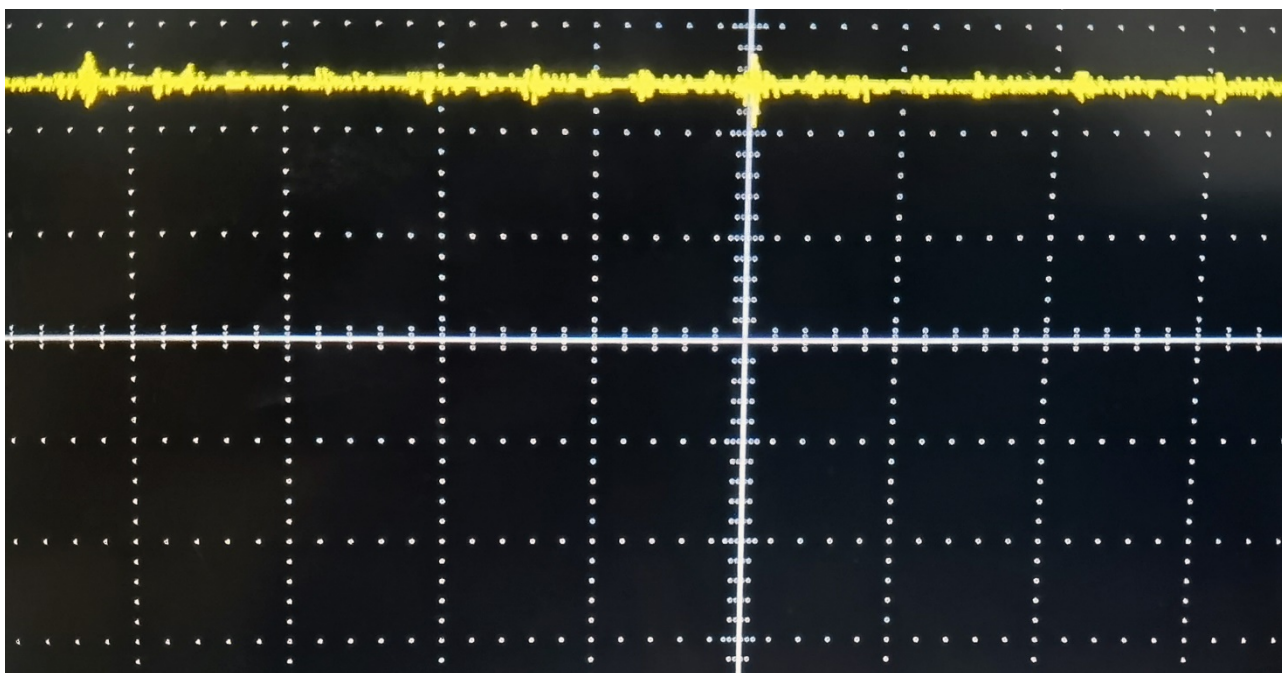


图 9 π 型 RC 滤波电路输出电压波形图

滤波实验中，万用表测得输出电压直流成分和交流成分如下表所示

	直流电压 \bar{U}/V	交流电压 \tilde{U}/V
$1\mu F$ 单电容	2.555	0.5881
π 型 RC 电路	1.599	0

表 1 滤波实验输出电压直流、交流成分原始数据

2、直流电源特性:

万用表测得负载直流电压和交流电压如下表所示

序号	R_L/Ω	π 型 RC 电路			10 μF 单电容		
		直流电压 \bar{U}/V	交流电压 \tilde{U}/V	纹波系数 K_u	直流电压 \bar{U}/V	交流电压 \tilde{U}/V	纹波系数 K_u
1	20	52.02(mV)	0.0090	17.30%	0.523	0.2214	42.33%
2	25	64.76(mV)	0.0114	17.60%	0.621	0.2348	37.81%
3	30	77.45(mV)	0.0136	17.56%	0.710	0.2422	34.11%
4	40	102.54(mV)	0.0177	17.26%	0.868	0.2472	28.48%
5	50	127.25(mV)	0.0215	16.90%	1.003	0.2456	24.49%
6	75	187.51(mV)	0.0299	15.95%	1.274	0.2319	18.20%
7	100	0.2457	0.0357	14.53%	1.479	0.2159	14.60%
8	125	0.3019	0.0406	13.45%	1.645	0.2018	12.27%
9	150	0.3561	0.0442	12.41%	1.777	0.1882	10.59%
10	200	0.4592	0.0490	10.67%	1.984	0.1660	8.37%
11	250	0.5554	0.0516	9.29%	2.141	0.1492	6.97%
12	300	0.6459	0.0530	8.21%	2.264	0.1349	5.96%
13	400	0.8113	0.0536	6.61%	2.449	0.1140	4.65%
14	500	0.9584	0.0528	5.51%	2.582	0.0991	3.84%
15	750	1.2660	0.0493	3.89%	2.803	0.0753	2.69%
16	1000	1.5096	0.0455	3.01%	2.940	0.0610	2.07%
17	1250	1.7072	0.0420	2.46%	3.037	0.0514	1.69%
18	1500	1.8716	0.0390	2.08%	3.109	0.0445	1.43%
19	1750	2.0090	0.0363	1.81%	3.167	0.0393	1.24%
20	2000	2.1290	0.0339	1.59%	3.217	0.0353	1.10%

表 2 两种滤波电路所得直流电源的输出电压的交直流成分与负载的关系原始数据及对应的纹波系数

数据处理:

1、整流滤波电路:

根据表 1 数据, 在1 μF 单电容滤波电路中, 负载两端电压纹波系数为

$$K_u = \frac{\tilde{U}}{\bar{U}} \times 100\% = \frac{0.5881}{2.555} \times 100\% = 23.02\%$$

在由1k Ω 电阻和1 μF 电容连接成的 π 型滤波电路中, 负载两端电压纹波系数为

$$K_u = \frac{\tilde{U}}{\bar{U}} \times 100\% = \frac{0}{1.599} \times 100\% = 0\%$$

2、直流电源特性:

根据表 2 原始数据, 由公式

$$P_L = \frac{\bar{U}^2}{R_L}$$

计算得其中 12 组数据对应的输出功率, 如下表所示

π 型 RC 电路			$10\mu F$ 单电容		
负载 R_L/Ω	直流电压 \bar{U}/V	输出功率 P_L/mW	负载 R_L/Ω	直流电压 \bar{U}/V	输出功率 P_L/mW
20	52.02(mV)	0.1353	20	0.523	13.676
40	102.54(mV)	0.2629	25	0.621	15.426
100	0.2457	0.6037	50	1.003	20.120
200	0.4592	1.0543	75	1.274	21.641
300	0.6459	1.3906	100	1.479	21.874
500	0.9584	1.8371	125	1.645	21.648
750	1.2660	2.1370	200	1.984	19.681
1000	1.5096	2.2789	300	2.264	17.086
1250	1.7072	2.3316	500	2.582	13.333
1500	1.8716	2.3353	1000	2.940	8.644
1750	2.0090	2.3063	1500	3.109	6.444
2000	2.1290	2.2663	2000	3.217	5.175

表 3 两种滤波电路所得直流电源的输出功率与负载的关系

作出两种滤波电路所得直流电源的负载功率特性曲线，如下图所示

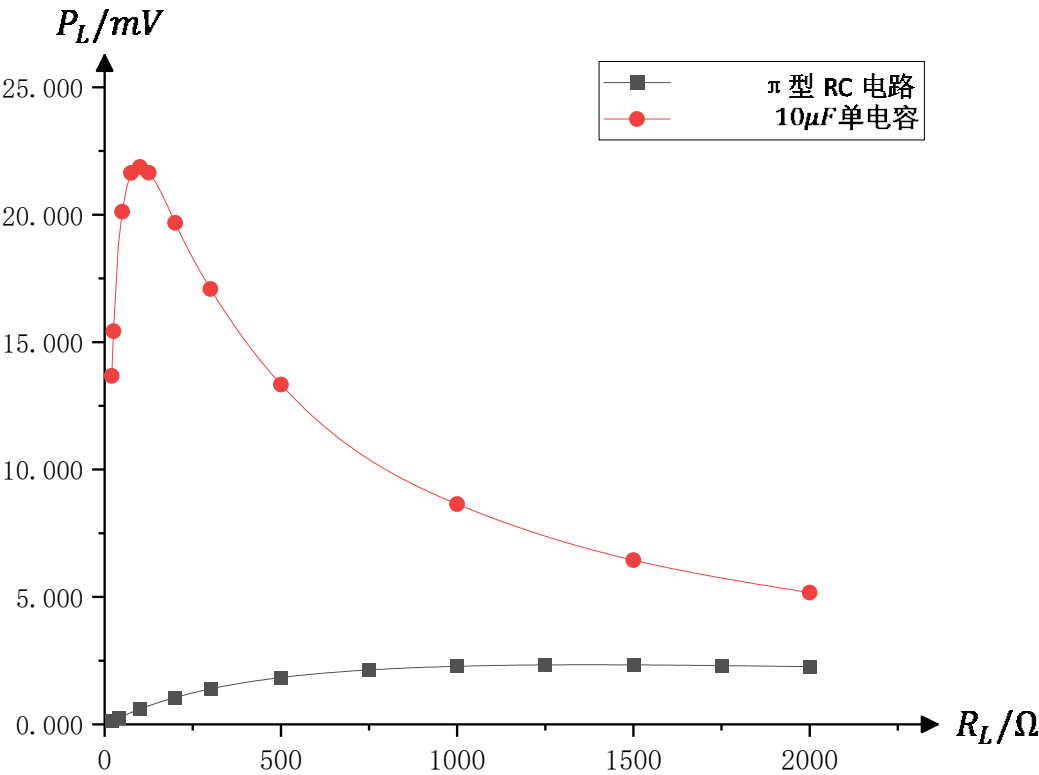


图 10 两种滤波电路所得直流电源的负载功率表特性曲线

在 π 型 RC 滤波电路中，当 $R_L = 1500\Omega$ 时，测得的 P_L 最大，为 $2.3353mW$ 。故输出功率的最大值满足

$$P_{Lmax} \geq 2.3353mW$$

当输出功率最大时，负载大小应满足

$$1250\Omega \leq R_L \leq 1750\Omega$$

在 $10\mu F$ 单电容滤波电路中，当 $R_L = 100\Omega$ 时，测得的 P_L 最大，为 $21.874mW$ 。故输出功率的最大值满足

$$P_{Lmax} \geq 21.874mW$$

当输出功率最大时，负载大小应满足

$$75\Omega \leq R_L \leq 125\Omega$$

根据表 2 原始数据，由公式

$$K_u = \frac{\tilde{U}}{\bar{U}} \times 100\%$$

分别计算得各组数据对应纹波系数（记录在表 2 中）。作出两种滤波电路所得直流电源的 $K_u - R_L$ 曲线，如下图所示。

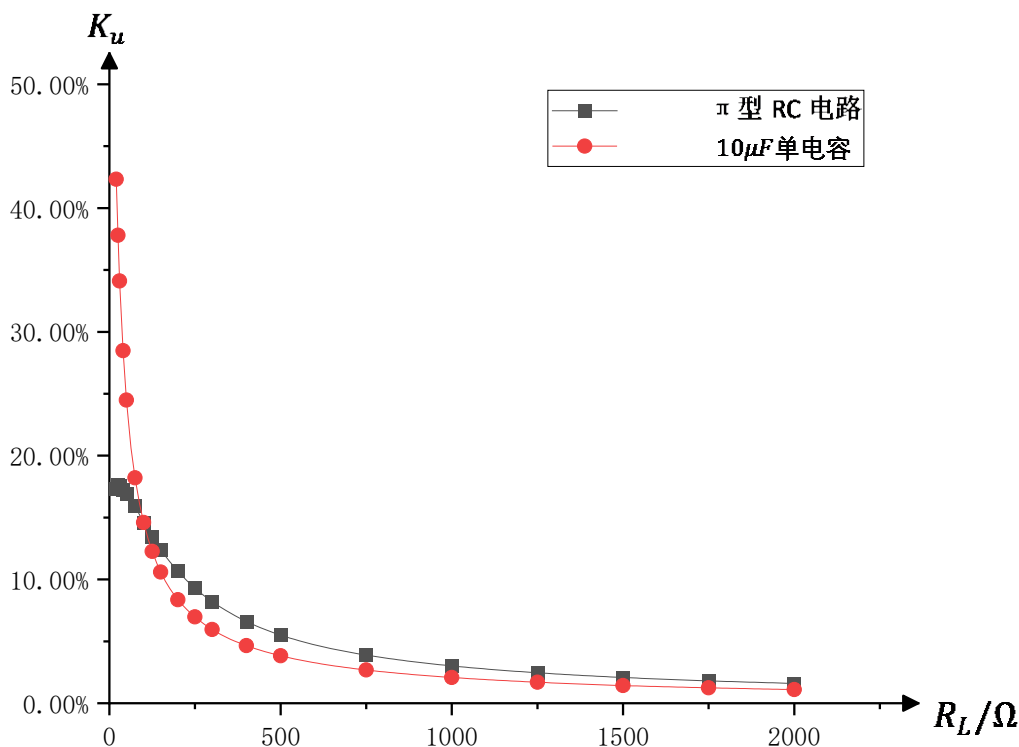


图 11 两种滤波电路所得直流电源的 $K_u - R_L$ 曲线

经分析，采用 $10\mu F$ 大电容滤波的直流电源，与 $1\mu F$ 小电容 π 型 RC 滤波相比，具有等效内阻小、输出电压大、输出功率大的优势，并且当负载较大时，纹波系数更小；但当负载较小时， $10\mu F$ 单电容滤波效果显著下降，纹波系数大于 π 型滤波；此外，当负载在较大区间变化时， π 型滤波的输出功率均能接近最大值，而 $10\mu F$ 单电容不具备此特点。

思考题：

1、整流、滤波的主要目的是什么？

答：整流的目的是把交流电转换为单方向大脉动直流电，滤波的目的是把大脉动直流电处理成平滑的小脉动直流电。

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。

答：不是。实验表明，滤波效果不仅与电容大小有关，还与电路结构、信号源频率、负载大小等因素有关。在一定条件下，小电容 π 型电路的滤波效果优于单大电容。并且，当信号源频率较高、负载较大时，小电容滤波已经能够达到较好的效果。此外，从纹波系数随电容增大的变化可以看出，当电容大小达到一定阈值时，滤波效果的改善极其微小。一般来说，电容越大，其在电路中所占体积越大，成本越高，隐患越多。综上所述，滤波电路中电容不是越大越好。

3、简述单大电容和小电容 π 型滤波的优劣。

答：单大电容滤波优点是等效内阻小、输出电压大、输出功率大，在负载大、电流小时滤波效果好；缺点是负载小、电流大时滤波效果差，且充放电电流大，存在隐患。小电容 π 型滤波优点是滤波效果好，受负载影响相对较小，滤波的同时起到降压限流的作用；缺点是等效内阻大、输出电压小、输出功率小。