

第三次仿真实验报告

2019012137 工物90 张鸿琳

2020 年 11 月 29 日

目录

1	设计正弦波发生器	2
1.1	文氏(Wien)电桥电路	2
1.2	设计一个放大倍数为3的放大器	3
1.3	由文桥电路和三倍同相比例放大器组成一个正弦波发生器	5
2	设计并验证电容倍增器	8
2.1	电容倍增器电路原理图及其原理分析	8
2.2	仿真电路及其结果	8

1 设计正弦波发生器

1.1 文氏(Wien)电桥电路

文氏电桥电路如下图：

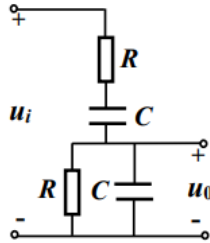


图 1: 文氏电桥电路

在仿真软件中搭建的仿真电路图如下：

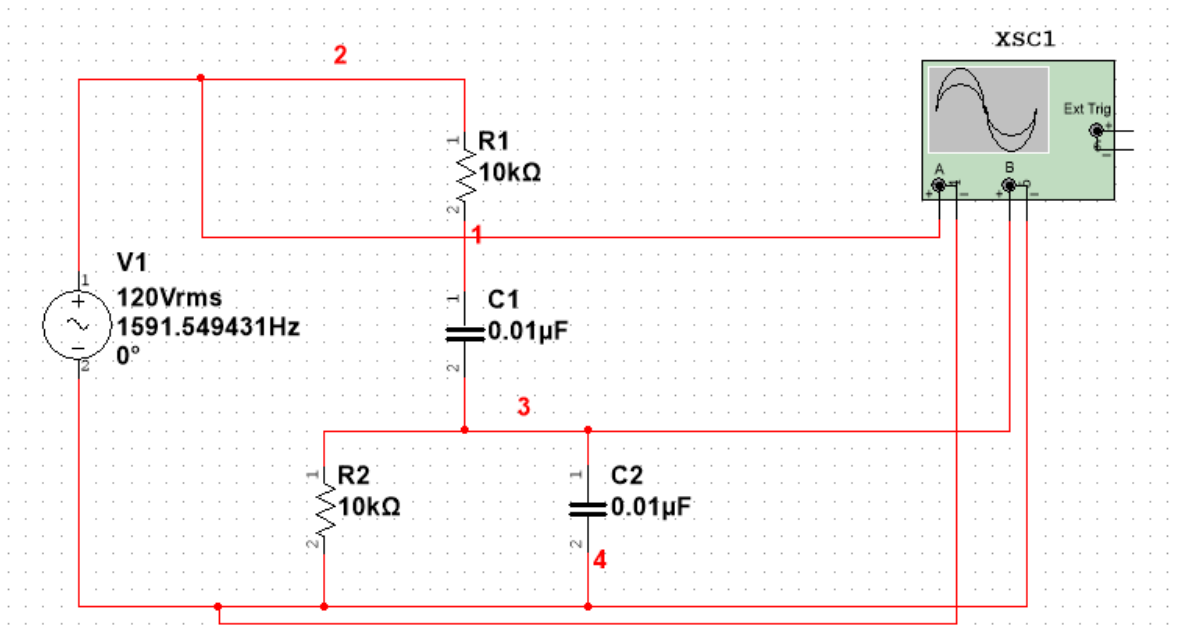
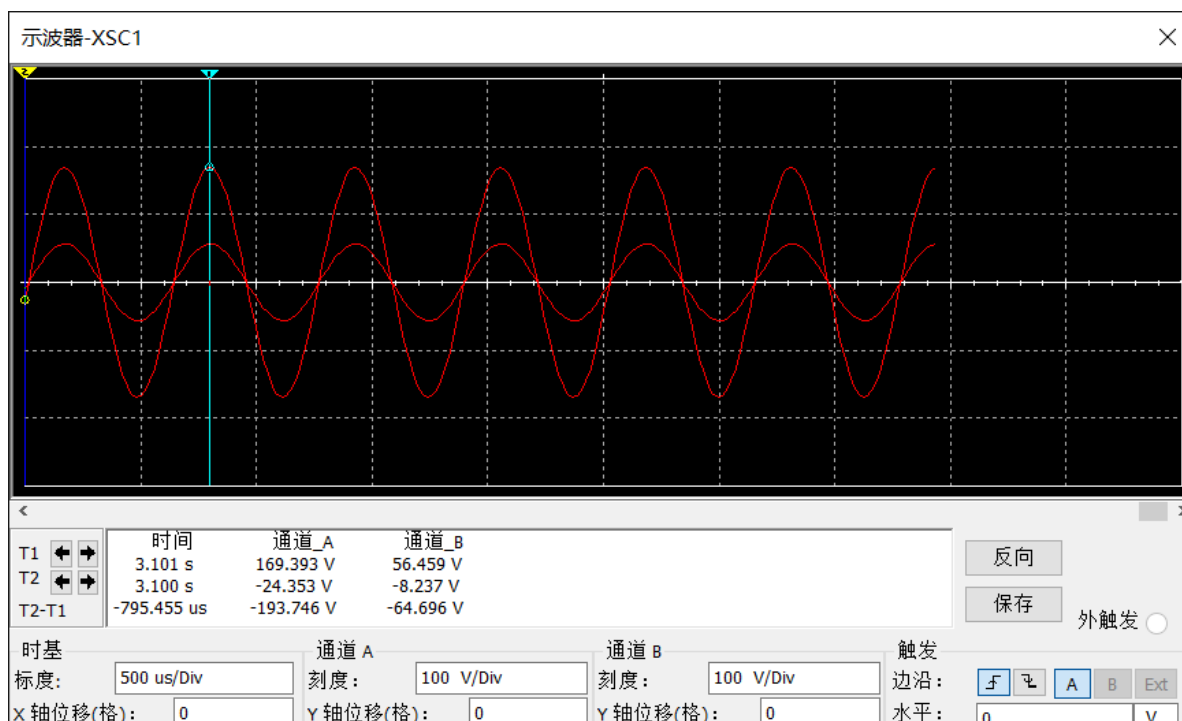


图 2: 文氏电桥仿真电路图

那么 u_i 与 u_o 之间存在关系， $u_o = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} u_i$ ，其中 Z_1 为电阻 R 与电容 C 串联后的阻抗， Z_2 为电阻 R 与电容 C 并联后的阻抗，代入已知数据化简后得到如下关系：

$$u_o = \frac{1}{j\omega CR + 3 + \frac{1}{j\omega CR}} u_i \quad (1)$$

故而若要使 u_i 与 u_o 同相，则要消去虚数项，进而得到应有 $R\omega C = 1$ ，此时频率为 $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC} \approx 1591.549431 \text{ Hz}$ ，且输出电压与输入电压有效值的比值为 $\frac{U_o}{U_i} = \frac{1}{3}$ 。在仿真软件中代入此结果，得到的示波器图像（CHA对应输入电压，CHB对应输出电压）如下：

图 3: $f = 1591.549431$ Hz时, 示波器图像

由示波器图像可以看出, 输入与输出电压确实在该频率下为同相的, 且电压峰值之比 (等于有效电压之比) 为1:3。

1.2 设计一个放大倍数为3的放大器

放大倍数为3的信号放大器电路原理图如下:

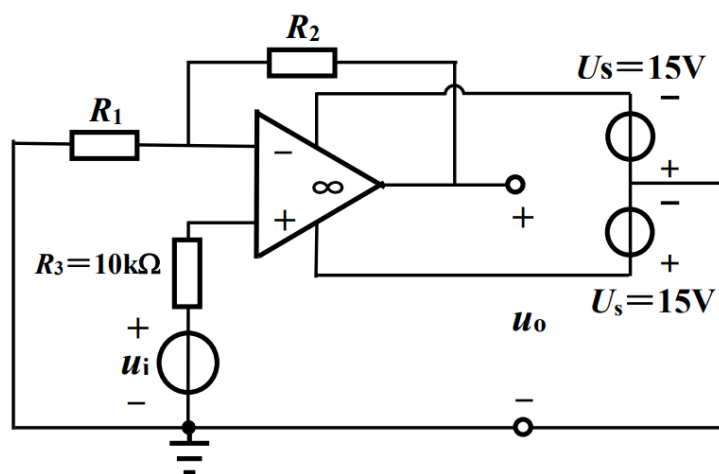


图 4: 放大倍数为3的信号放大器电路原理图

为了使输出电压 u_0 为输入电压 u_i 的三倍，显然应调节 R_1 与 R_2 的阻值大小，由虚短可得， R_1 右端电压为 u_i ，再由虚短可得，流经 R_1 与 R_2 的电流大小一样，故而有 $\frac{u_i}{R_1} = \frac{u_0 - u_i}{R_2}$ ，化简，得

$$u_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_i \quad (2)$$

所以有 $R_2 = 2R_1$ ，同时为了减小偏置电流对运放的影响，需满足 $R_1 // R_2 = R_3$ ，由此求得 $R_1 = 15k\Omega$ ， $R_2 = 30k\Omega$ 。

仿真电路如下图：

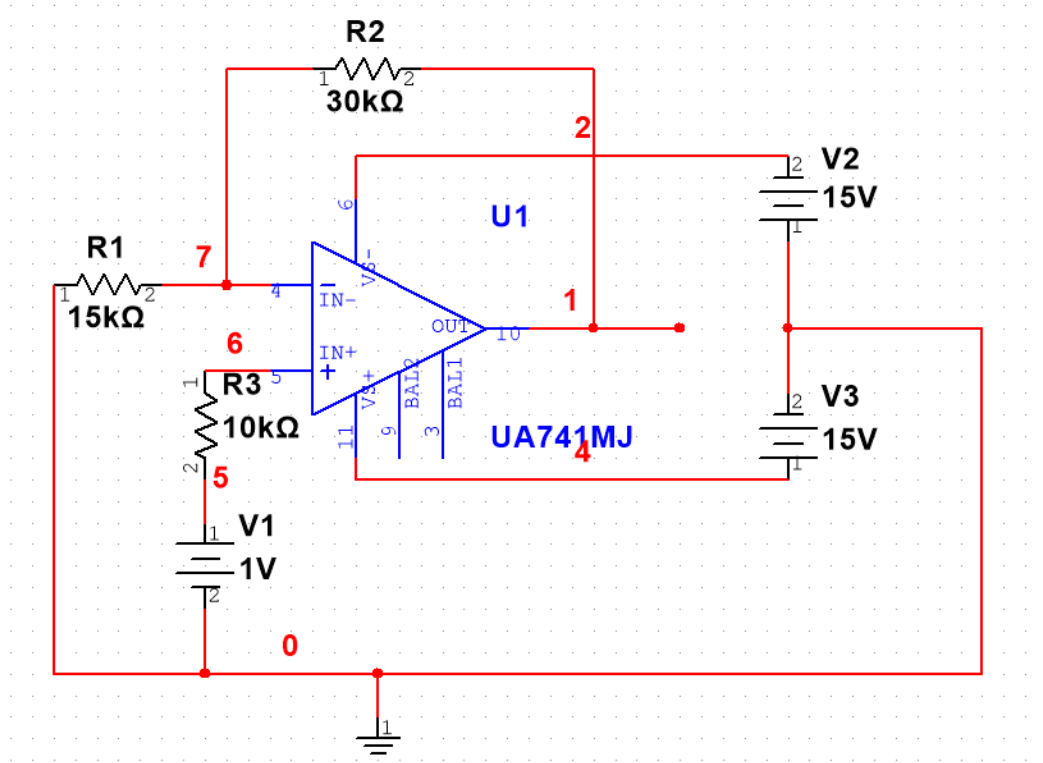


图 5: 放大倍数为3的信号放大器仿真电路图

为了验证是否将输入信号放大3倍（保证运放工作在线性区），令 $u_i = 1V$ ，得到示波器图像（CHA为输入信号，CHB为输出信号）如下：

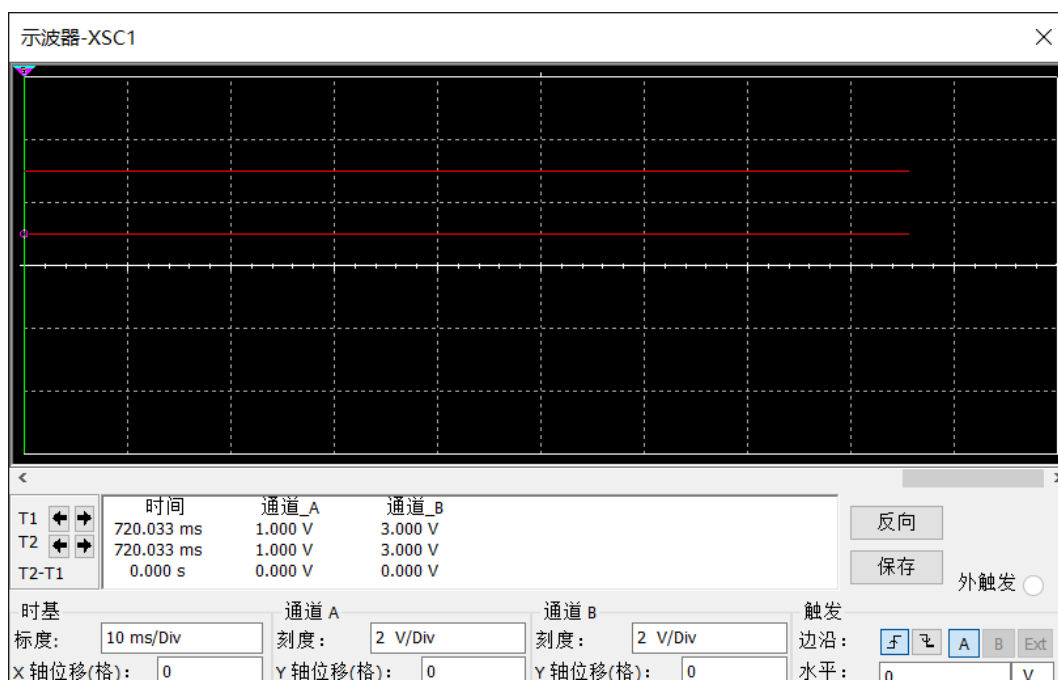


图 6: 放大倍数为3的信号放大器仿真电路示波器图像

可见，该电路实现了将信号放大三倍的效果。

1.3 由文桥电路和三倍同相比比例放大器组成一个正弦波发生器

正弦波发生器电路原理图如下：

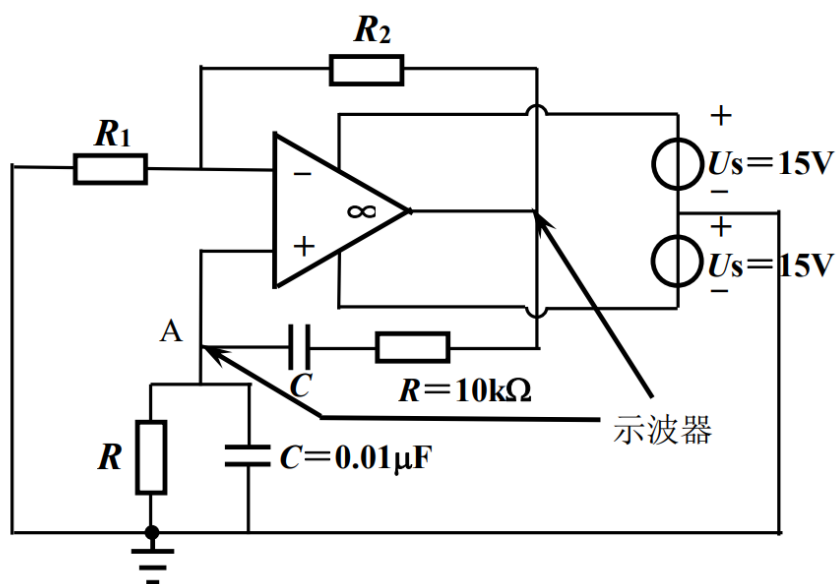


图 7: 正弦波发生器电路原理图电路原理图

首先分析为什么要采用放大倍数为3的同相比例放大器:由电路原理图以及之前同相比例放大器的分析,可知 u_0 等于A处电压的三倍,而A处电压相当于文氏电桥电路的输出, u_0 相当于文氏电桥电路的输入,由于放大器的输入与输出是同相的,所以可知稳定时,文氏电桥电路也必定是达到了输入与同相的稳定状态,先局部分析文氏电桥电路,有 $3u_A = u_0$,再局部分析同相比例放大器,设放大倍数为 x ,则有 $xu_A = u_0$,若 $x \neq 3$,那么就会出现矛盾,也就不存在能够稳定输出的正弦波了,所以放大倍数必须为3。

正弦波发生器仿真电路图如下:

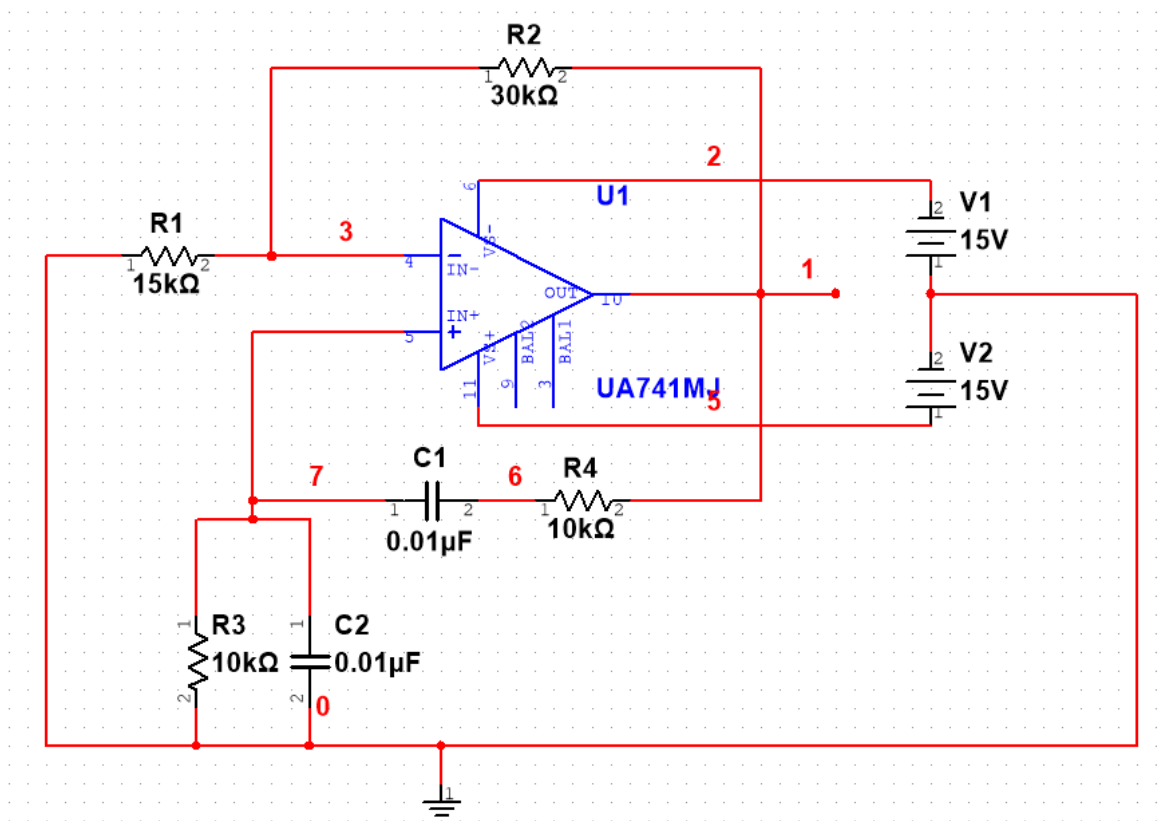


图 8: 正弦波发生器电路原理图仿真图

示波器在接入原理图中的两个点位后,其显示波形如下:

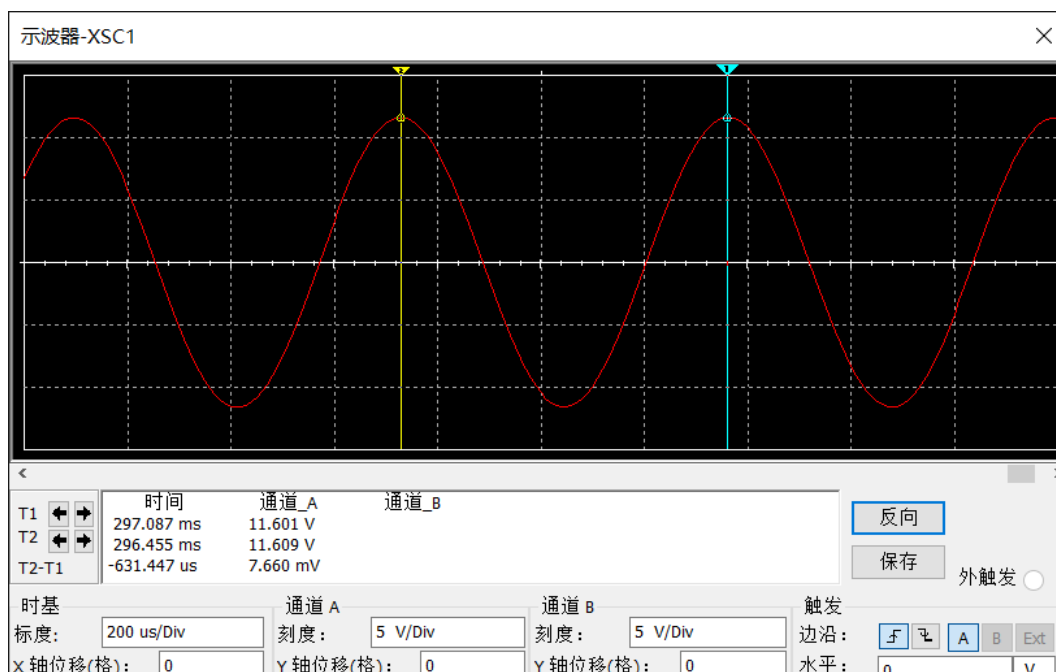
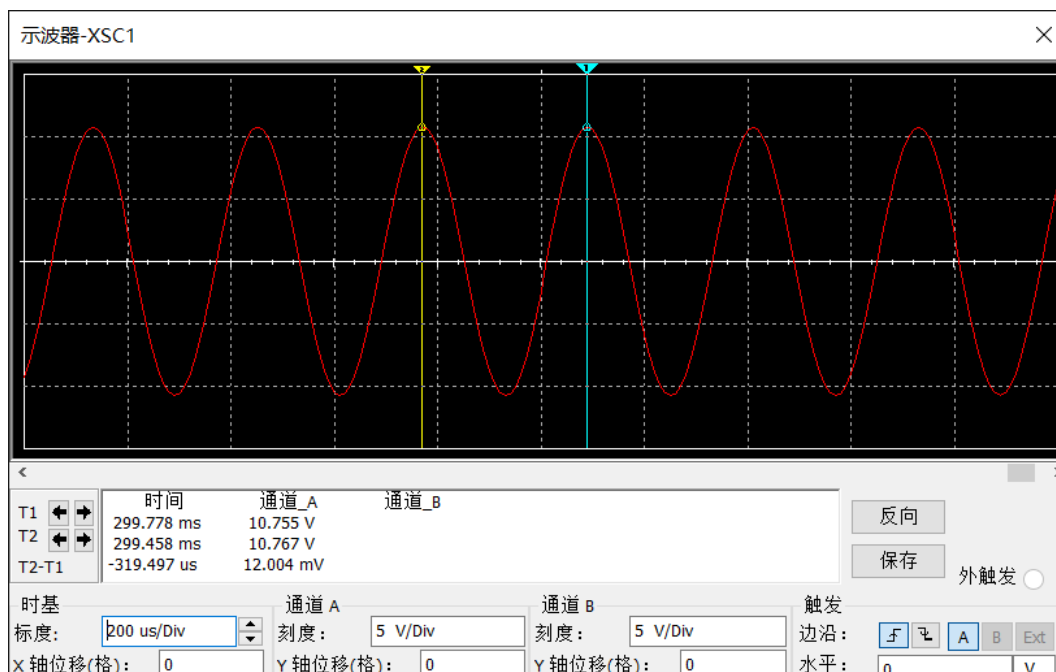


图 9: 正弦波发生器电路的示波器波形

由波形图可看出，其周期约为0.632ms，电压峰值约为11.601V。

若要获得二倍频率的正弦波，则需要调节文氏电桥电路的 R 与 C 的值，由第一部分的分析，可知，只要 RC 的值为原来的 $\frac{1}{2}$ ，那么稳定时频率就为原来的两倍，不妨令 $R = 5k\Omega$ ，此时得到的示波器波形如下：

图 10: 将 R 阻值大小变为原来一半后，正弦波发生器电路的示波器波形

由波形图，可得出此时周期约为0.320ms，电压峰值约为10.755V，周期确实变为了原来的一半，即频率加倍。

2 设计并验证电容倍增器

2.1 电容倍增器电路原理图及其原理分析

电容倍增器电路原理图如下：

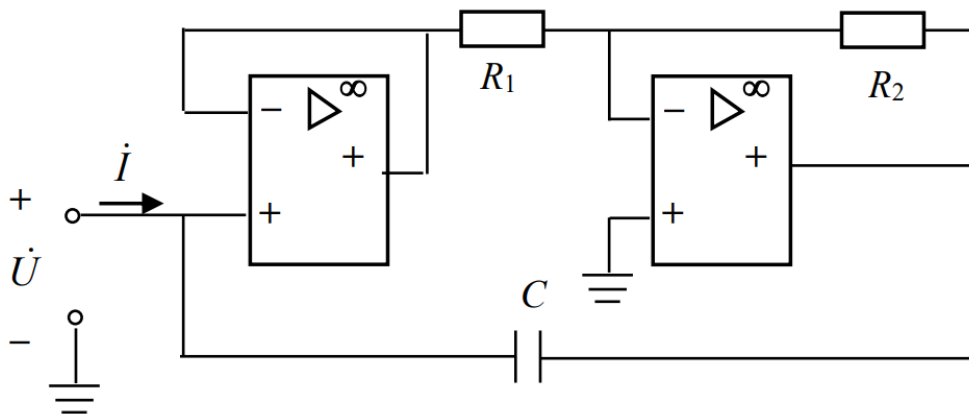


图 11: 电容倍增器电路原理图

分析其如何实现电容倍增效果：设输入电压为 u ，电容器 C 左侧电势为 u_1 ，右侧电势为 u_2 ，由于两个运放都是负反馈，所以由虚短得， R_1 两端电压为 $0 - u = -u$ ， R_2 两端电压为 $u_2 - 0 = u_2$ ，再由虚断得， $\frac{u_2}{R_2} = -\frac{u}{R_1}$ ，所以有 $u_2 = -\frac{R_2}{R_1}u$ ，对于电容 C 则有 $u_1 = u$ ， $C \frac{d(u - u_2)}{dt} = i = \frac{C(R_1 + R_2)}{R_1} \frac{du}{dt}$ ，所以等效电容变为 $C' = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1}C$ ，也就是实现了电容倍增效果。

2.2 仿真电路及其结果

令 $C=10\text{nF}$ ，若要利用电容倍增器使其电容变为 $C' = 0.11\mu\text{F}$ ，则由上面的分析，可知只需令 $R_2 = 10R_1$ 即可，仿真电路如下：

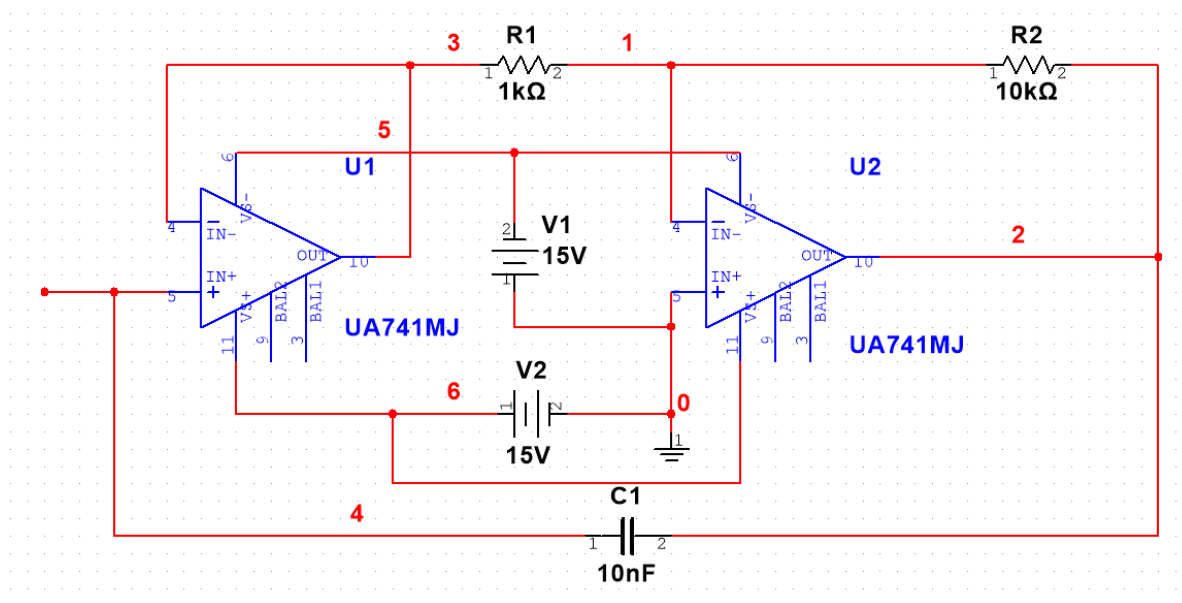


图 12: 电容倍增器仿真电路图

仿真电路的示波器图像(CHA所测为输入电压, CHB对应输入电流(每1V电压对应1mA电流))如下:

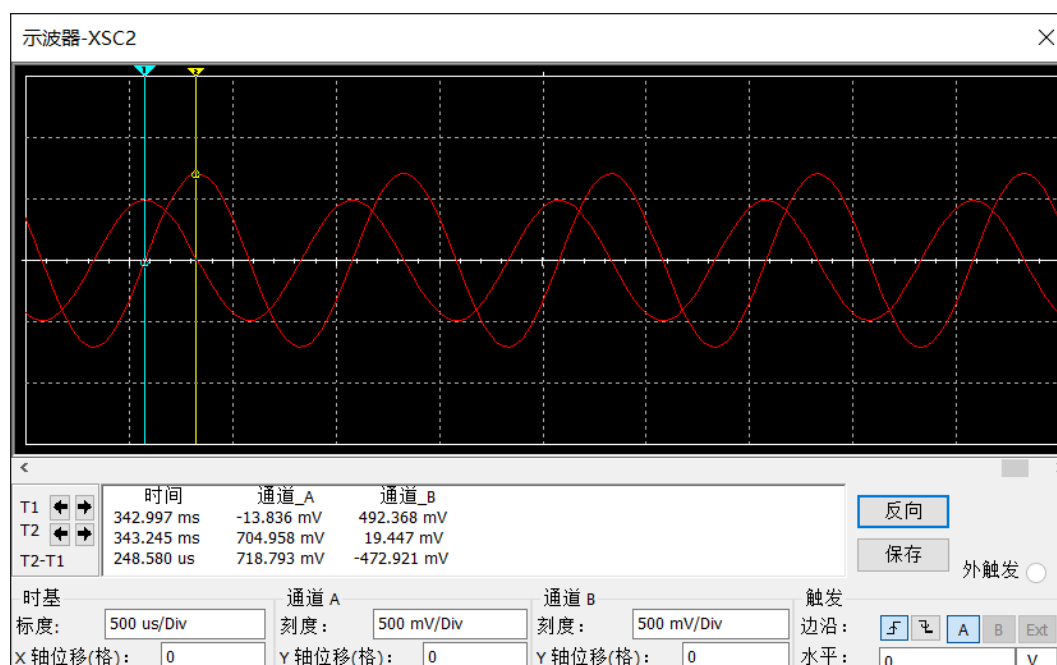


图 13: 电容倍增器仿真电路的示波器波形

由图可看出电压与电流相位差为 $\frac{\pi}{2}$, 同时应有电流与电压峰值之比为 $\frac{I}{U} = \omega C = 2\pi \times 1000 \times 0.11 \times 10^{-6} \approx 6.9115 \times 10^{-4} \text{S}$, 而由图中数据, 二者峰值之比为 $\frac{I}{U} \approx \frac{492.368}{704.958 \times 1000} \approx 6.9844 \times 10^{-4} \text{S}$, 与理论结果符合地比较好, 该电路产生了电容倍增的效果。

参考文献

- [1] 无