

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Філінюк В. С.

ЗВІТ

ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Моделювання пасивних RC-фільтрів

Київ, КНУ ім. Тараса Шевченка, 2021

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладач: Філінюк В. С.

I-72 Звіт. Моделювання пасивних RC-фільтрів./ укл. Філінюк В. С.

КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 21 с. (Укр. мов.)

У звіті наведено хід математичного моделювання лабораторної роботи та подальшу обробку результатів. Моделювання виконано у програмі LTspice

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

©Київський Національний

Університет імені Тараса Шевченка,

2021

Реферат

Звіт про моделювання пасивних RC-фільтрів: 21 с.

Мета роботи – дослідити зміну параметрів гармонічних сигналів та прямокутних імпульсів при їх проходженні через пасивні лінійні чотириполюсники, опанувати методи вимірювання амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик пасивних RC-фільтрів та їх перехідних характеристик

Об'єкт дослідження – пасивні RC фільтри: ФНЧ, ФВЧ, смуговий та загороджувальний

Предмет дослідження – теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування пасивних RC-фільтрів

Методи дослідження:

1) **Метод співставлення**, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів

2) **Метод фігур Лісажу**, який полягає у спостереженні на екрані двоканального осцилографа замкнених кривих, які є результатом накладання двох коливань, що відбуваються у двох взаємно перпендикулярних напрямках (вхідний і вихідний сигнали подаються на пластини горизонтального та вертикального відхилення осцилографа відповідно)

Зміст

Теоретичні відомості

Основні означення.....5

Методи характеристик.....6

Виконання роботи

Фільтр нижніх частот.....7

Фільтр верхніх частот.....11

Смуговий фільтр14

Загороджувальний фільтр.....16

Висновки.....19

Контрольні запитання.....20

Джерела.....21

Теоретичні відомості

Чотириполюсник — це електричне коло (ділянка електричного кола) з чотирма полюсами, зажимами, клемми або іншими засобами приєднання до нього інших електричних кіл чи ділянок електричних кіл.

У чотириполюсниках звичайно розрізняють дві пари зажимів:

- вхідні, що утворюють вхід чотириполюсника і призначені для приєднання до чотириполюсника джерела вхідного електричного сигналу
- вихідні, що утворюють його вихід і призначені для приєднання до чотириполюсника так званого навантаження

Пасивний чотириполюсник — це такий чотириполюсник, який не здатний збільшувати потужність вхідного сигналу за рахунок додавання енергії від якогось іншого джерела енергії (внутрішнього чи зовнішнього по відношенню до чотириполюсника). Потужність, що виділяється в елементі кола, підключеного до виходу такого чотириполюсника, менша за потужність, що споживається від джерела сигналу, підключеного до входу чотириполюсника.

Активний чотириполюсник дозволяє збільшувати потужність вихідного сигналу порівняно з потужністю вхідного сигналу за рахунок внутрішніх або зовнішніх джерел енергії. Має містити активний елемент.

Лінійний чотириполюсник — це такий, для якого залежність між струмами, що течуть крізь нього, та напругами на його зажимах є лінійною. Такі чотириполюсники складаються з лінійних елементів

Лінійні елементи електричних кіл — це такі елементи, параметри яких не залежать від величини струму, що протікає через них або від прикладеної до них напруги. На виході лінійних чотириполюсників, на відміну від нелінійних, не можуть утворюватися гармоніки (і т. д.) сигналу частоти, який подано на вхід

Нелінійний чотириполюсник — це такий, який містить нелінійні елементи. Для нього згадані залежності між струмами та напругами при деяких їх величинах перестають бути лінійними, а на виході можуть з'являтися гармоніки частот вхідних сигналів

Пасивний фільтр — це пасивний чотириполюсник, який містить реактивні елементи (індуктивності, ємності), спад напруги на яких або струм через які залежить від частоти, і завдяки цьому здатен перетворювати спектр сигналу, поданого на його вхід, шляхом послаблення певних спектральних складових вхідного сигналу. Решта спектральних складових вхідного сигналу проходить через такий пасивний лінійний чотириполюсник, тобто він працює як фільтр для певних спектральних складових сигналу. Фільтри, побудовані на конденсаторах і резисторах, називають RC-фільтрами

Методи характеристик. Центральним питанням при вивченні чотириполюсників є зв'язок між електричним сигналом (напругою, струмом) на виході чотириполюсника та електричним сигналом на його вході. Коли обирають лінійні чотириполюсники, то виходять зазвичай з однієї із двох потреб:

- неспотвореної передачі форми сигналу
- цілеспрямованого перетворення форми сигналу. Для лінійних чотириполюсників задача відшукування такого зв'язку значно спрощується саме завдяки лінійності рівнянь, що описують цей зв'язок, оскільки для лінійних рівнянь сума будь-яких двох розв'язків рівняння також є розв'язком цього рівняння. Будь-які конкретні сигнали серед різноманіття можливих вхідних сигналів можна подати у вигляді лінійної комбінації деяких наперед заданих стандартних сигналів певної величини, для кожного з яких наперед відомо (з експерименту або з розрахунків), яким буде відповідний вихідний електричний сигнал (так званий відгук) чотириполюсника

Відомі три способи опису властивостей чотириполюсників, які відповідають трьом виборам стандартних сигналів:

- у вигляді гармонічних сигналів
- у вигляді коротких імпульсів
- у вигляді сходинок

Найчастіше вхідний сигнал подають у вигляді ряду або інтегралу Фур'є

Метод співставлення. Цей метод полягає в одночасному спостереженні вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

Метод фігур Лісажу. Цей метод полягає у спостереженні на екрані двоканального осцилографа замкнених кривих, які є результатом накладання двох коливань, що відбуваються у двох взаємно перпендикулярних напрямках (вхідний і вихідний сигнали подаються на пластини горизонтального та вертикального відхилення осцилографа відповідно)

Виконання роботи

Фільтр нижніх частот

Налаштуємо нашу схему. Оберемо джерело як таке, що випускає ідеальний синусоїдальний сигнал:

Independent Voltage Source - V1

Functions

- ☐ (none)
- ☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
- ☒ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
- ☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
- ☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
- ☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)
- ☐ PWL FILE: Browse

DC offset[V]:

Amplitude[V]:

Freq[Hz]:

Tdelay[s]:

Theta[1/s]:

Phi[deg]:

Ncycles:

Additional PWL Points

Make this information visible on schematic: ☒

DC Value

DC value:

Make this information visible on schematic: ☒

Small signal AC analysis(.AC)

AC Amplitude:

AC Phase:

Make this information visible on schematic: ☒

Parasitic Properties

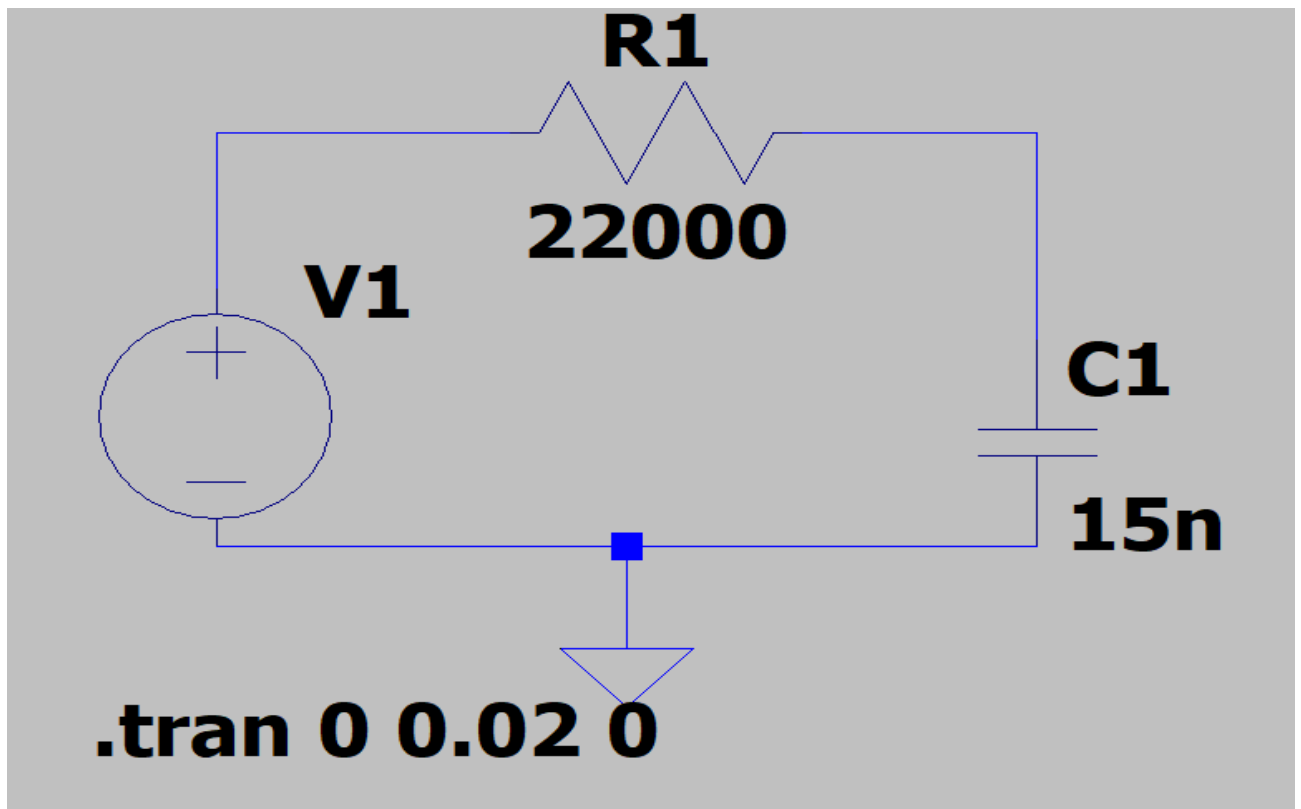
Series Resistance[Ω]:

Parallel Capacitance[F]:

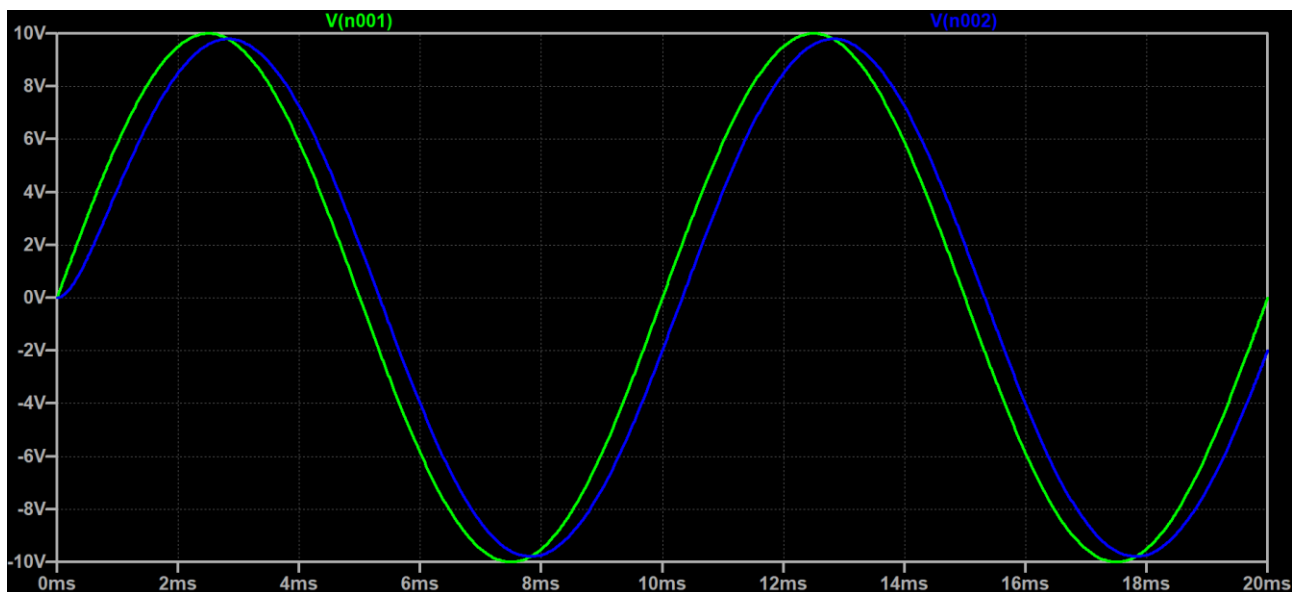
Make this information visible on schematic: ☒

Cancel OK

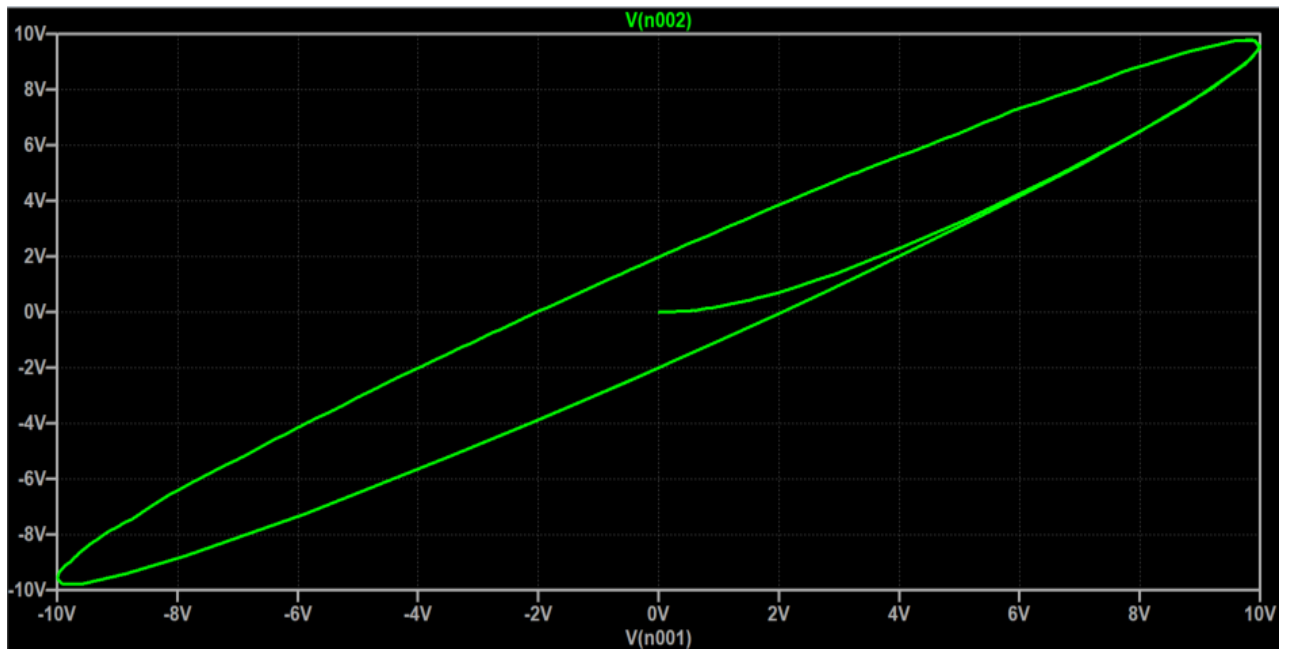
Наша схема:



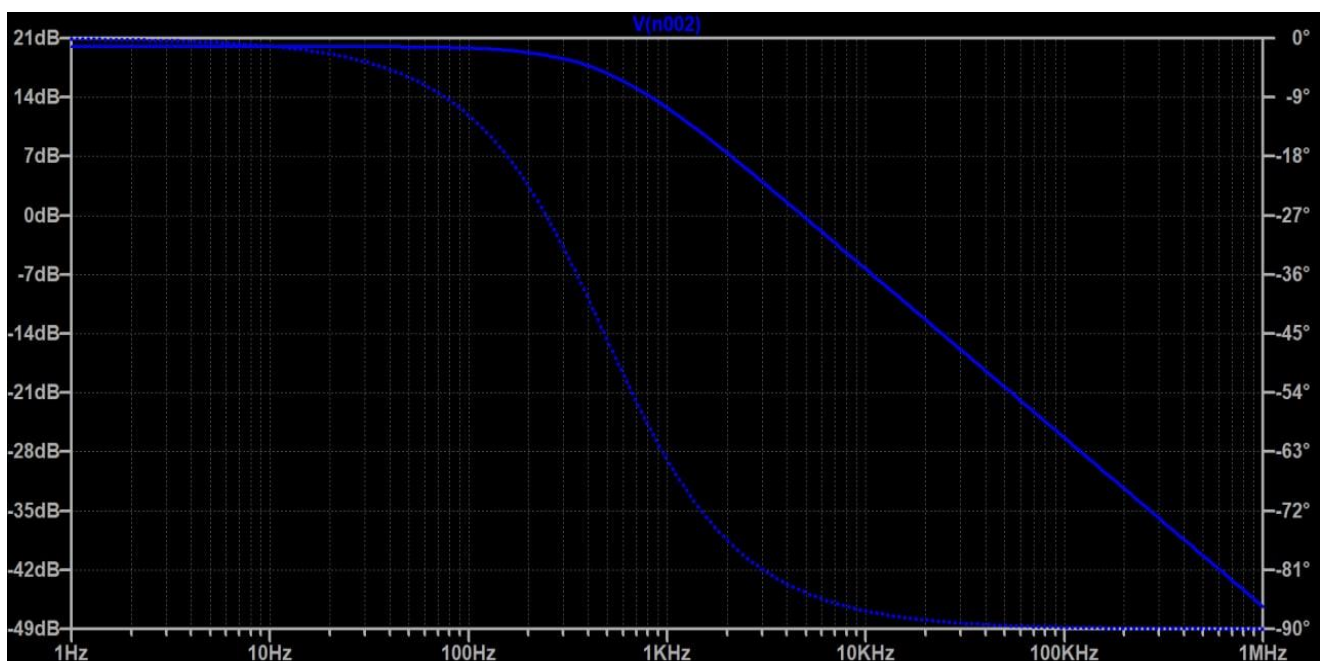
Отриманий графік:



Фігура Лісажу:



Амплітудно-фазова частотна характеристика:



Для імпульсного вхідного сигналу такого типу:

Independent Voltage Source - V1

Functions

☐ (none)

☒ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)

☐ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)

☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)

☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)

☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)

☐ PWL FILE: Browse

Vinitial[V]:	0
Von[V]:	10
Tdelay[s]:	1m
Trise[s]:	0
Tfall[s]:	0
Ton[s]:	0.5m
Tperiod[s]:	1m
Ncycles:	1000

Additional PWL Points

Make this information visible on schematic: ☒

DC Value

DC value:

Make this information visible on schematic: ☒

Small signal AC analysis(.AC)

AC Amplitude:

AC Phase:

Make this information visible on schematic: ☒

Parasitic Properties

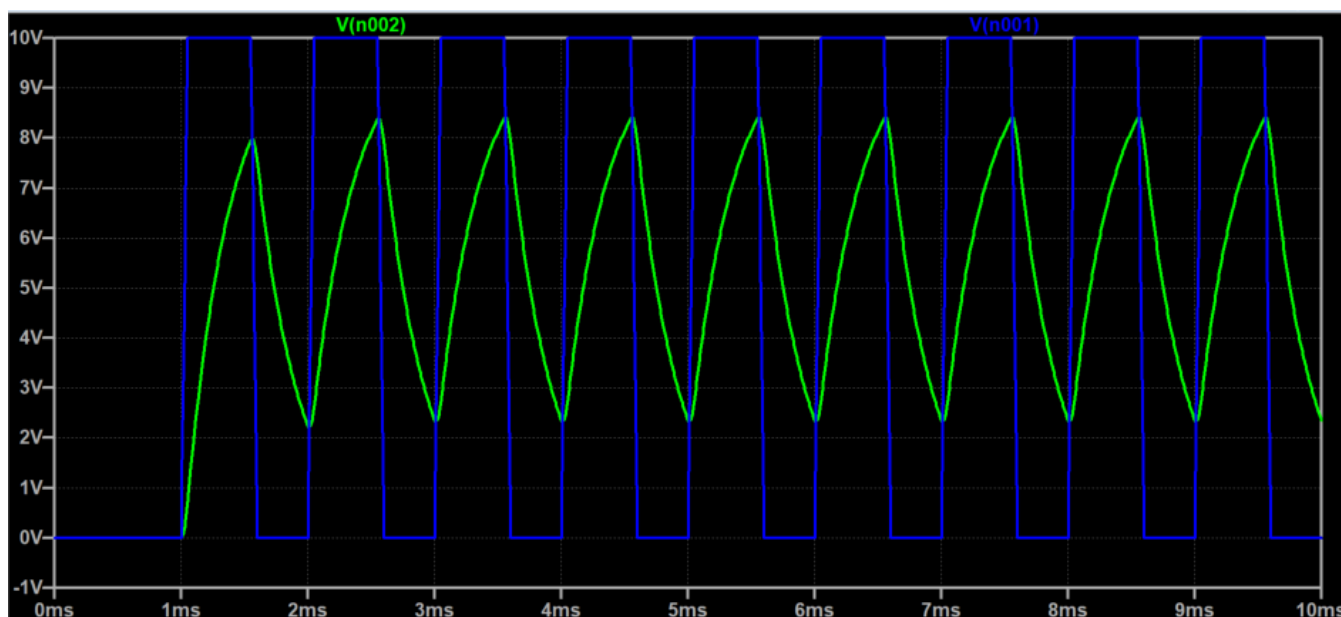
Series Resistance[Ω]:

Parallel Capacitance[F]:

Make this information visible on schematic: ☒

Cancel OK

Отримуємо такий сигнал на виході:



Фільтр високих частот:

Налаштування джерела:

Independent Voltage Source - V1

Functions

☐ (none)

☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)

☒ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)

☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)

☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)

☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)

☐ PWL FILE: Browse

DC offset[V]:

Amplitude[V]:

Freq[Hz]:

Tdelay[s]:

Theta[1/s]:

Phi[deg]:

Ncycles:

Additional PWL Points

Make this information visible on schematic: ☐

DC Value

DC value:

Make this information visible on schematic: ☐

Small signal AC analysis(.AC)

AC Amplitude:

AC Phase:

Make this information visible on schematic: ☐

Parasitic Properties

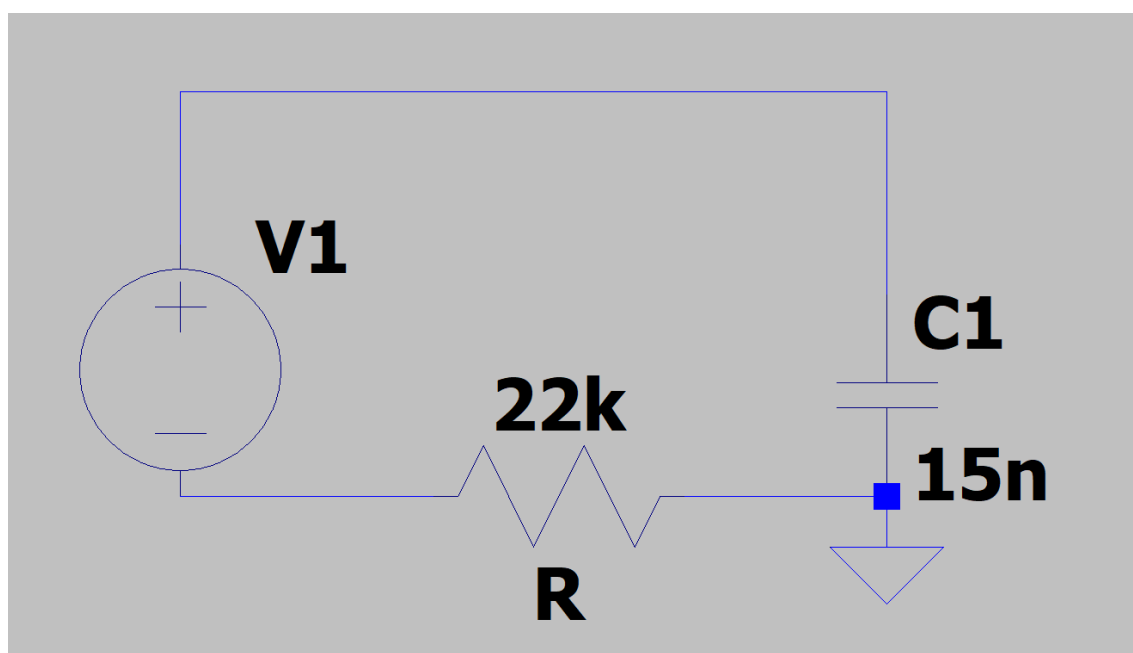
Series Resistance[Ω]:

Parallel Capacitance[F]:

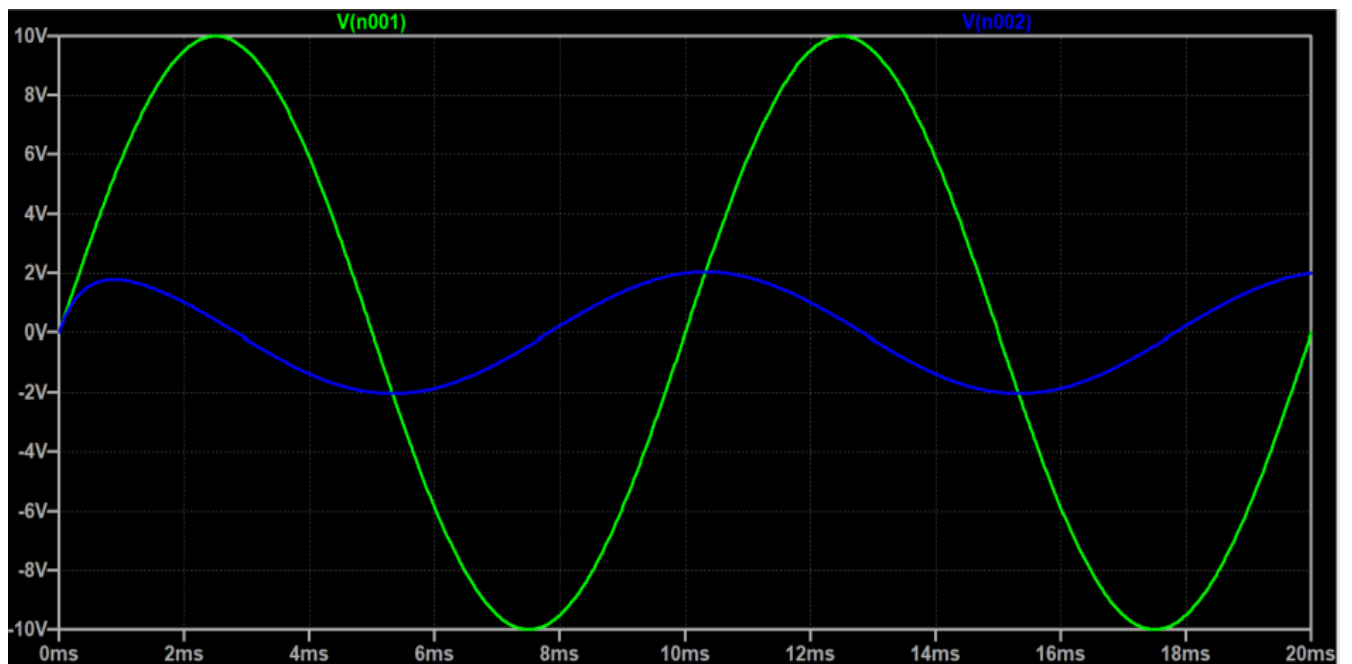
Make this information visible on schematic: ☒

Cancel OK

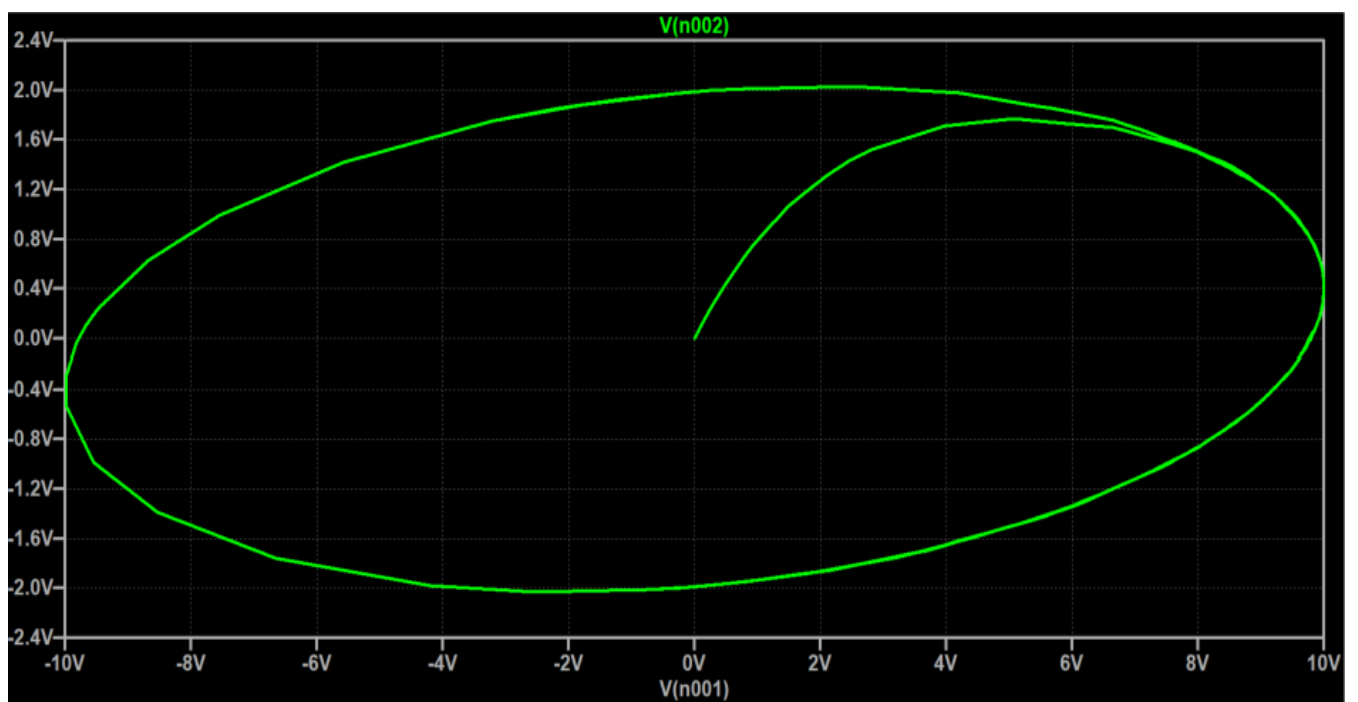
Схема:



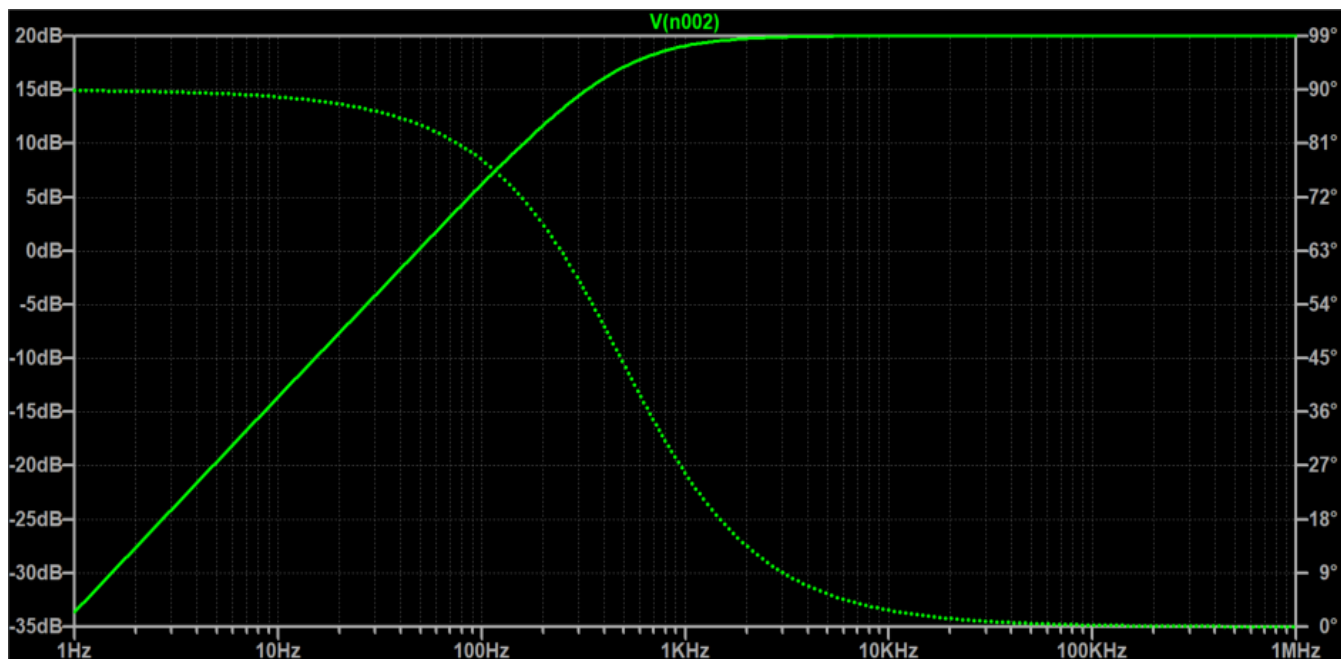
Графіки сигналу:



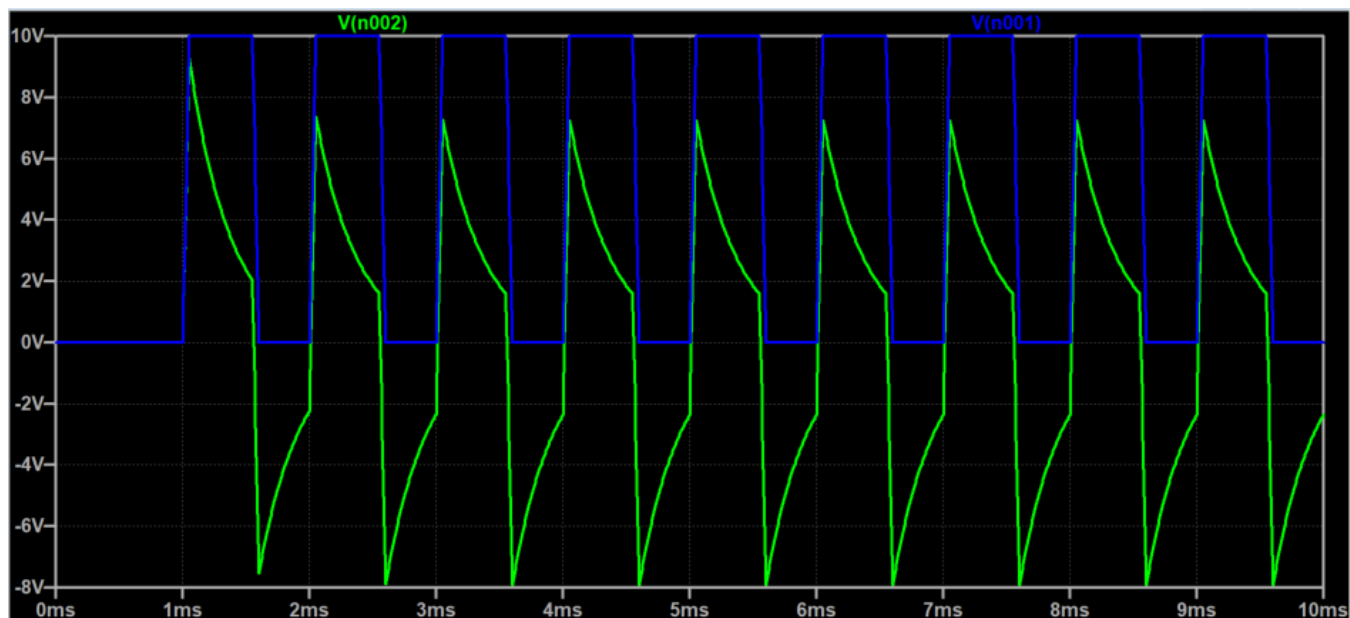
Фігура Лісажу:



Амплітудно-частотна фазова характеристика:

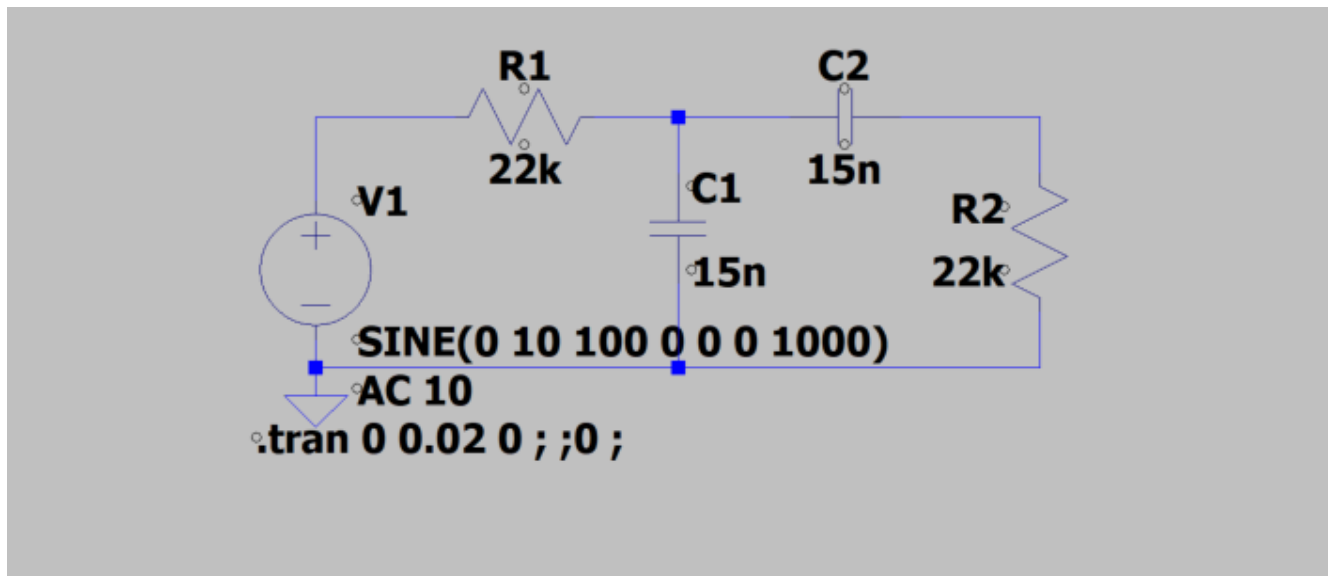


При подачі імпульсного сигналу отримуємо таку картину:

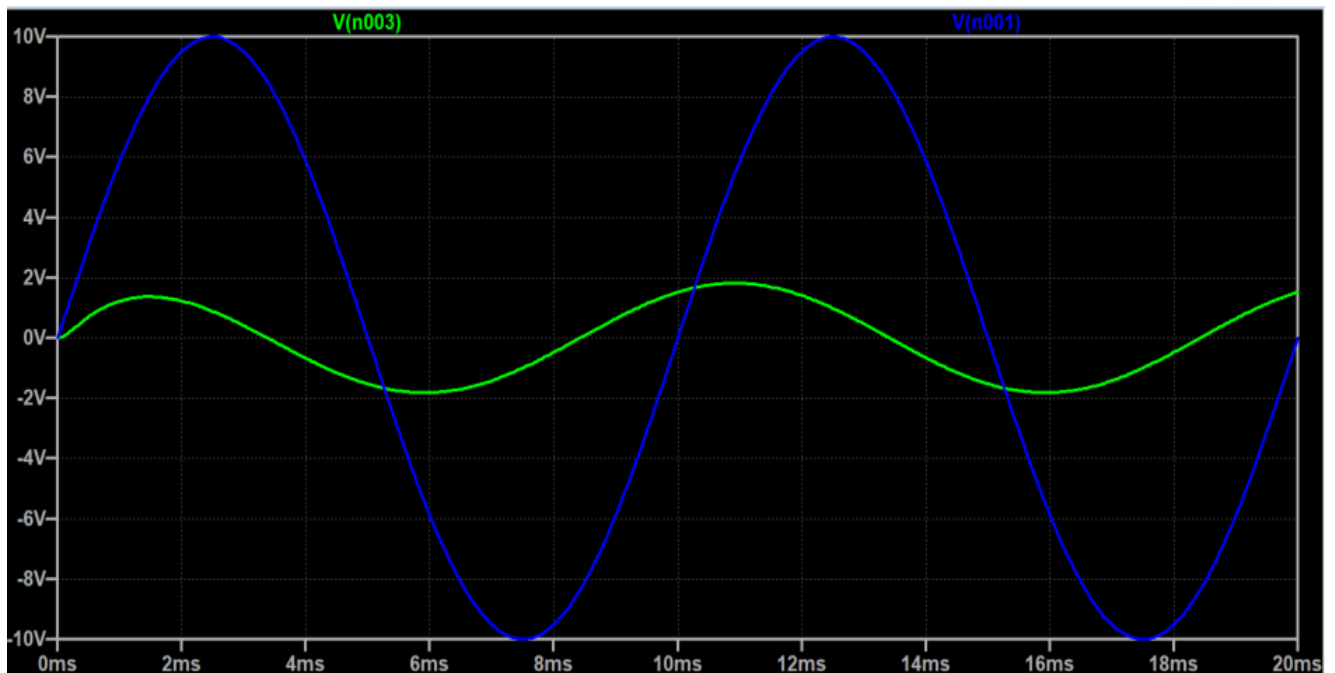


Смуговий фільтр:

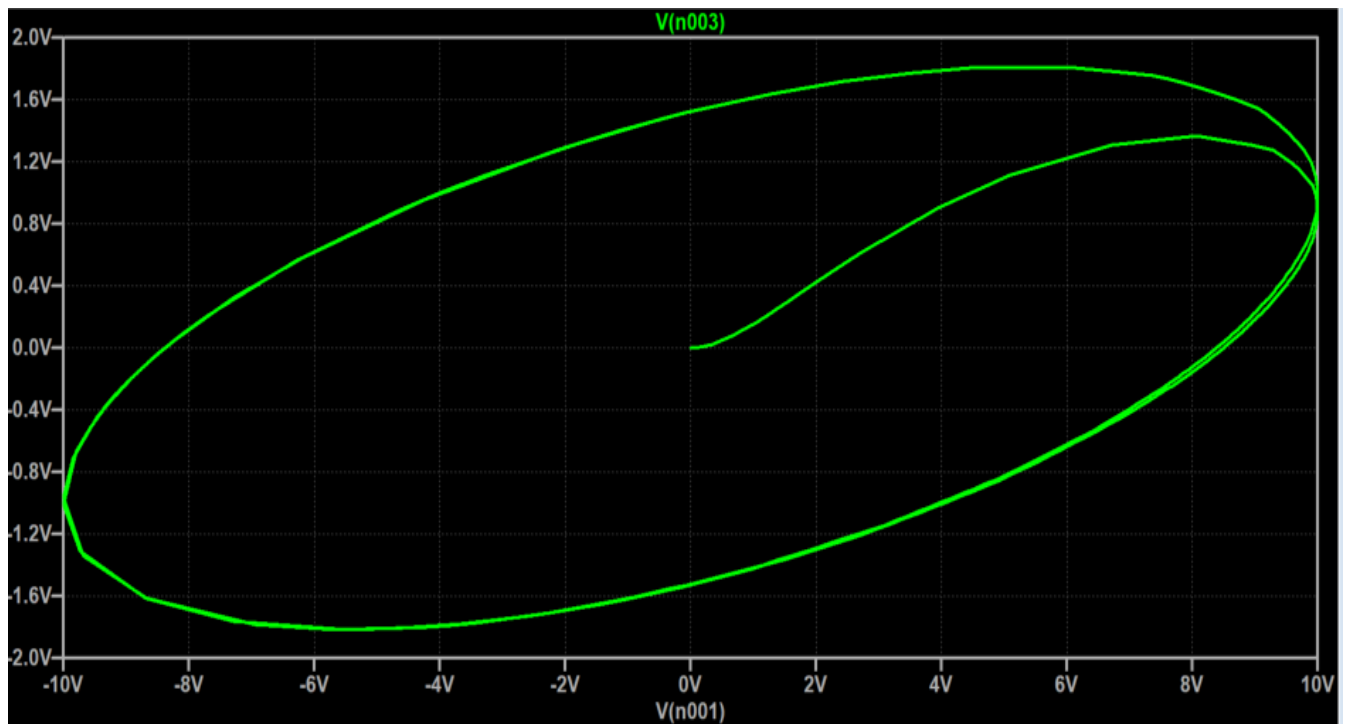
Наша схема:



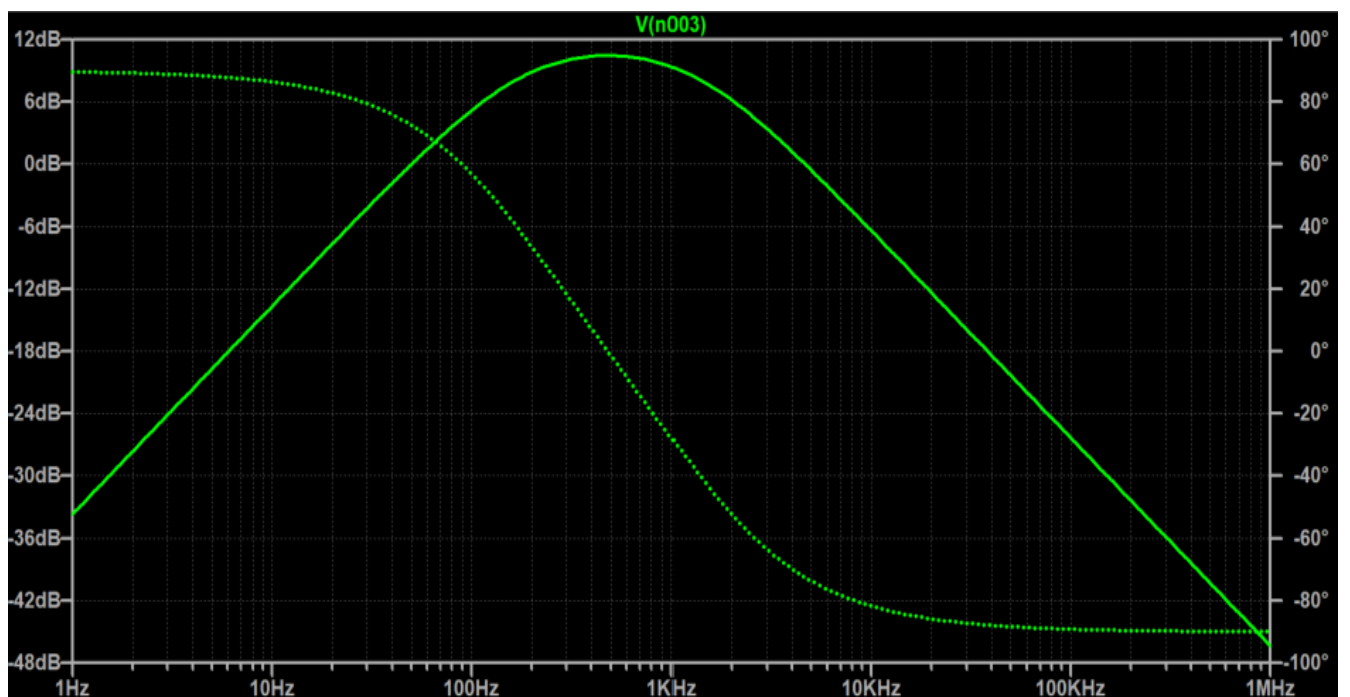
Отримуємо графік:



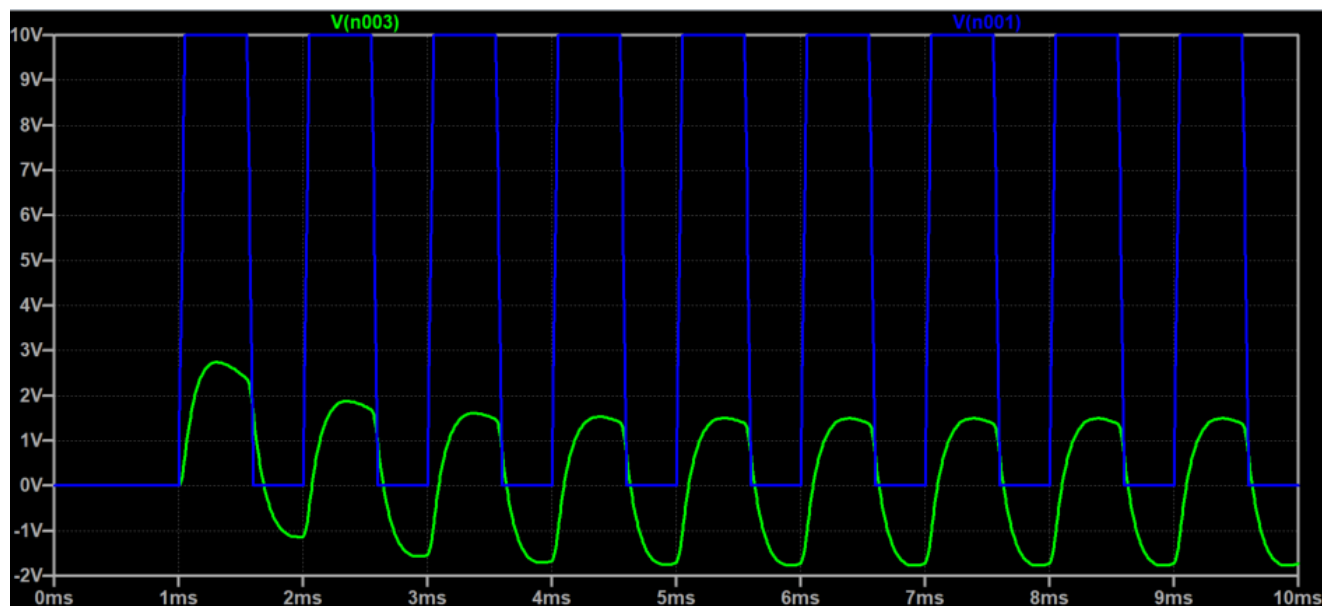
Фігура Лісажу:



Амплітудно-частотна фазова характеристика:

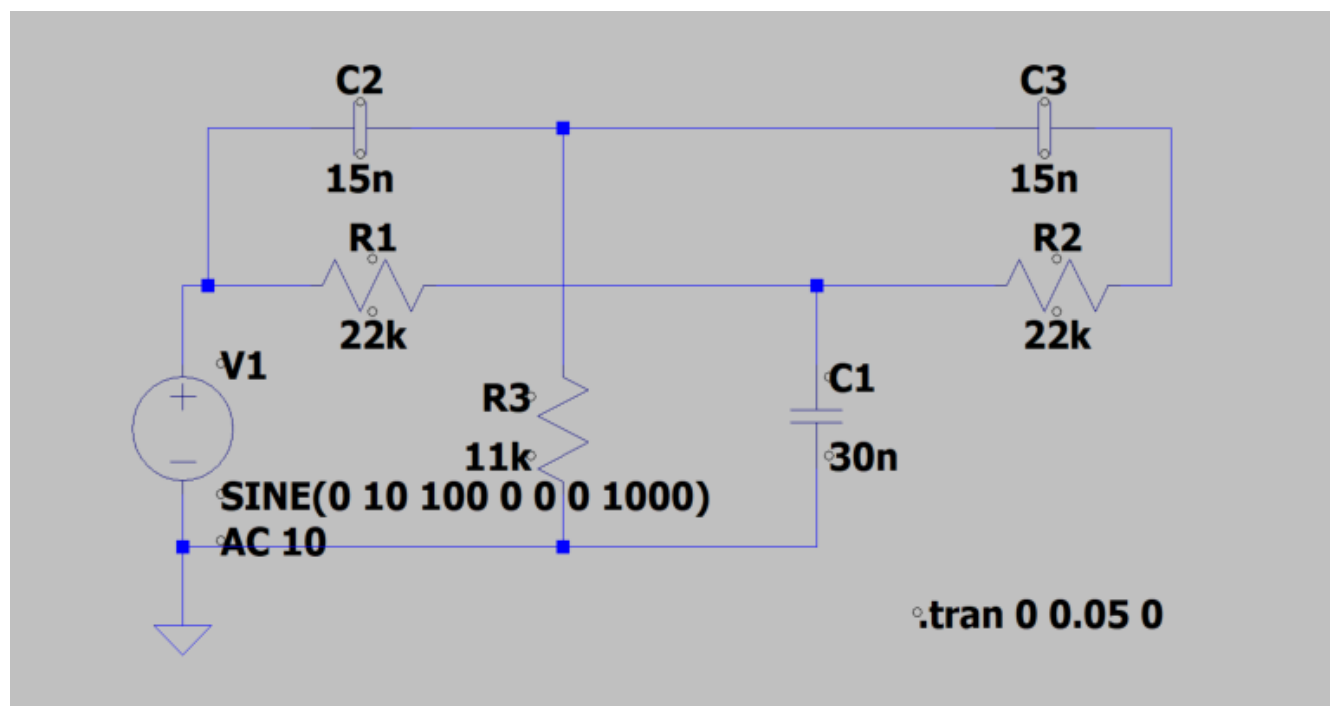


Для імпульсного сигналу отримуємо:

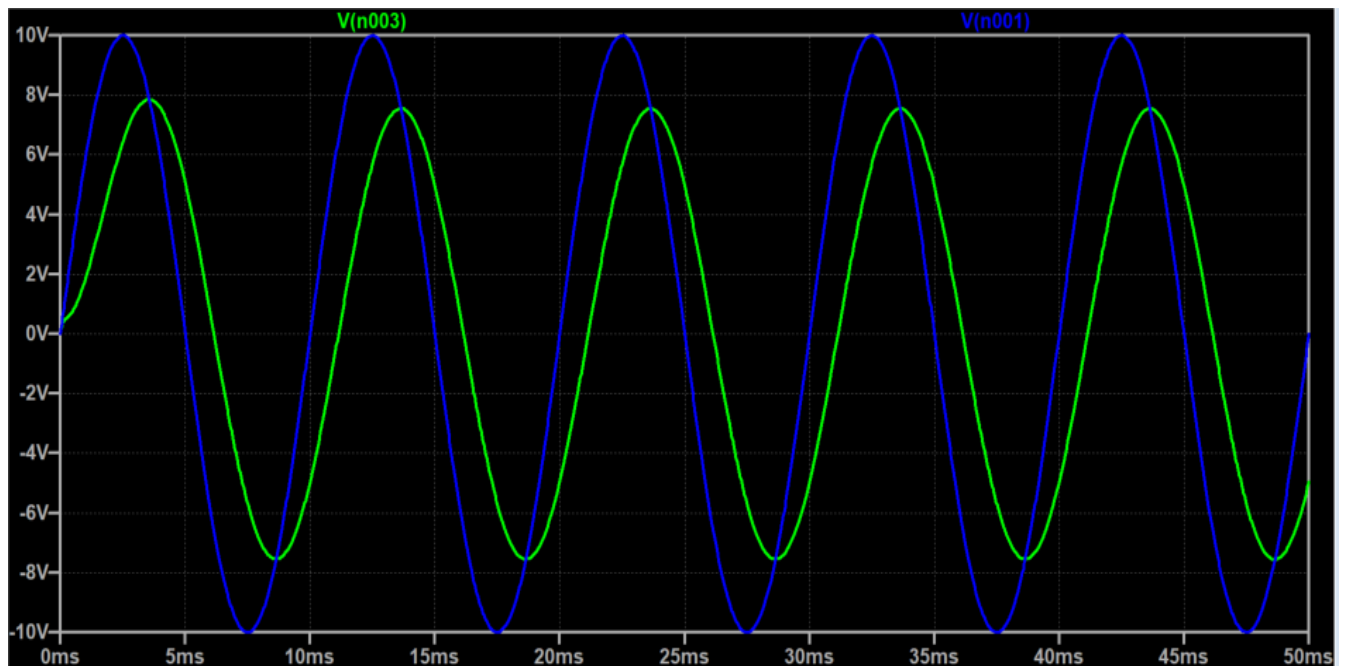


Загороджувальний фільтр:

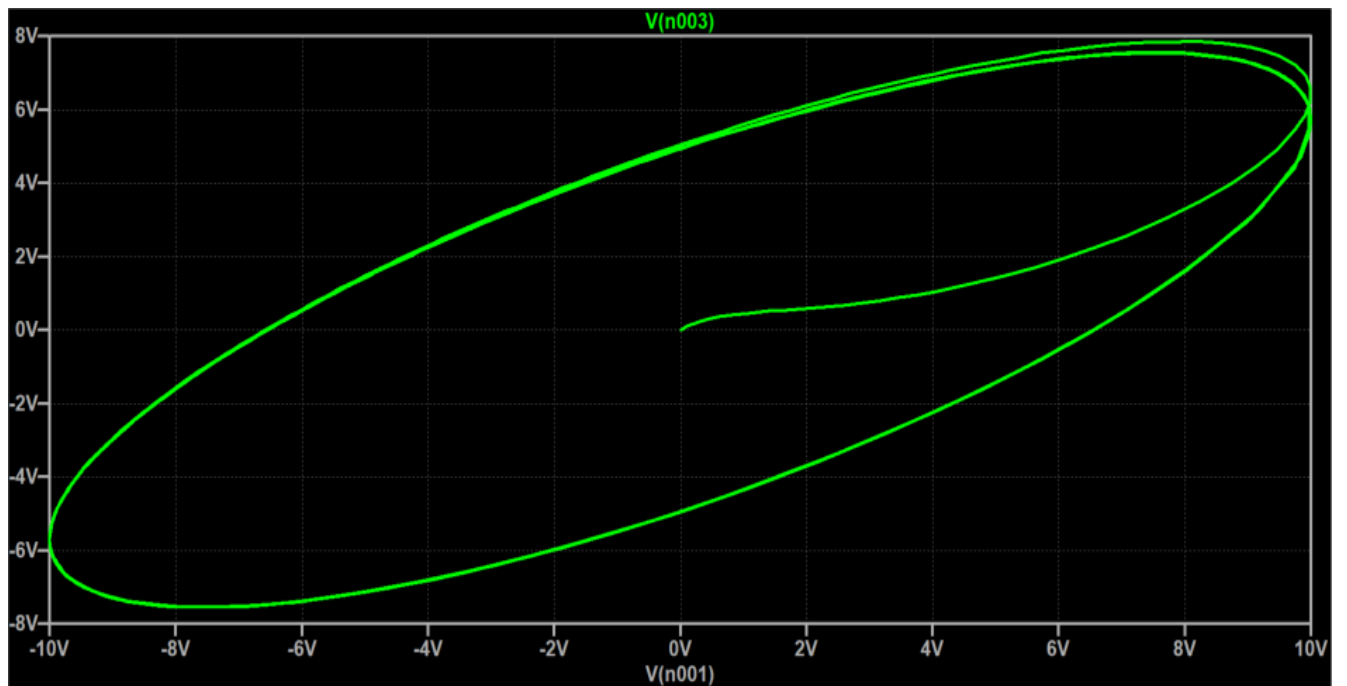
Наша схема:



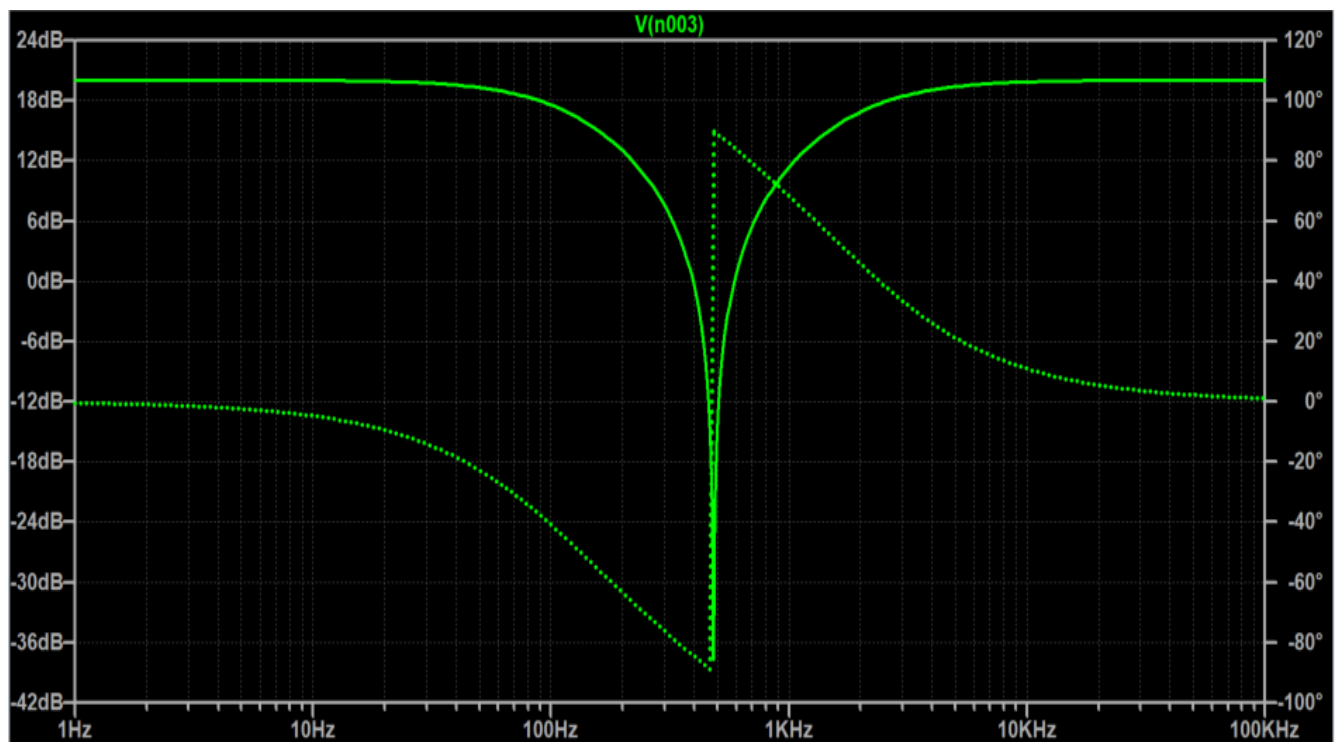
Отримуємо графіки:



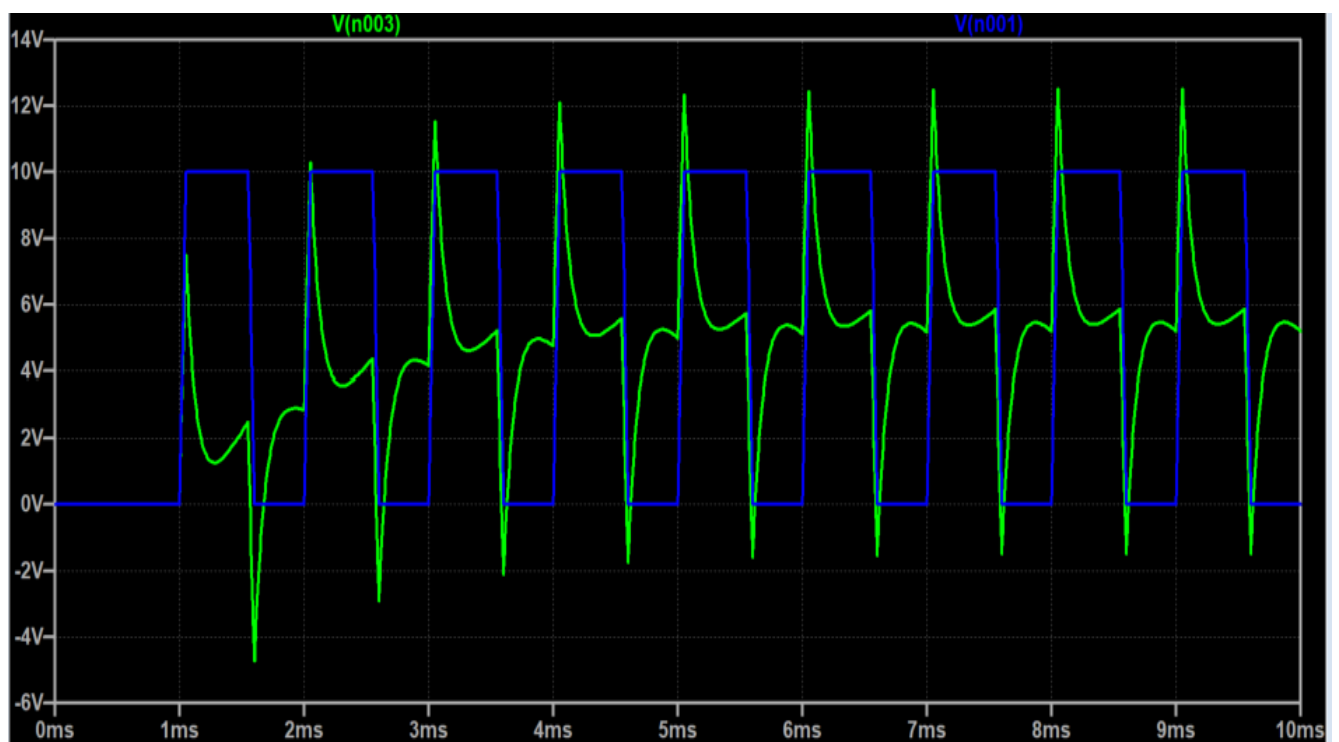
Фігура Лісажу:



Амплітудно-частотна фазова характеристика:



Для імпульсного сигналу отримуємо:



Висновки

В цій роботі ми дослідили різні типи пасивних чотириполюсників, те як вони впливають на сигнал синусоїдальної та прямокутної форми, їх амплітудно-частотні характеристики.

В процесі роботи були використані методи фігур Лісажу та метод співставлення. Було проведене моделювання в середі LTspice.

Контрольні запитання

1. Що таке чотиріполюсник? У чому полягає відмінність лінійного чотиріполюсника від нелінійного? Активного від пасивного?

Чотиріполюсник — це електричне коло (ділянка електричного кола) з чотирма полюсами, зажимами, клемми або іншими засобами приєднання до нього інших електричних кіл чи ділянок електричних кіл.

Пасивний чотиріполюсник — це такий чотиріполюсник, який не здатний збільшувати потужність вхідного сигналу за рахунок додавання енергії від якогось іншого джерела енергії (внутрішнього чи зовнішнього по відношенню до чотиріполюсника). Потужність, що виділяється в елементі кола, підключеного до виходу такого чотиріполюсника, менша за потужність, що споживається від джерела сигналу, підключеного до входу чотиріполюсника.

Активний чотиріполюсник дозволяє збільшувати потужність вихідного сигналу порівняно з потужністю вхідного сигналу за рахунок внутрішніх або зовнішніх джерел енергії. Має містити активний елемент.

Лінійний чотиріполюсник — це такий, для якого залежність між струмами, що течуть крізь нього, та напругами на його зажимах є лінійною. Такі чотиріполюсники складаються з лінійних елементів.

Нелінійний чотириполіусник – це такий, який містить нелінійні елементи. Для нього згадані залежності між струмами та напругами при деяких їх величинах перестають бути лінійними, а на виході можуть з'являтися гармоніки частот вхідних сигналів.

2. Назвіть види стандартних сигналів, суперпозицією яких можна представити будь-який періодичний сигнал.

Будь-який сигнал можна подати у вигляді ряду Фур'є:

$$S(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

Як суперпозицію таких сигналів і подамо наш сигнал.

Джерела

- Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету. Слободянюк О.В.
- Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання. Ю. О. Мягченко