

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Звіт

до лабораторної роботи №2

«ПРОХОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ  
ЧЕРЕЗ ПАСИВНІ ЛІНІЙНІ ЧОТИРИПОЛЮСНИКИ»

Виконав: Перепечай Владислав Олександрович

Київ, 2021

## Звіт

Звіт. Проходження сигналів через пасивні чотириполюсники: 00 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.

**Метод вимірювання:** в роботі використовуються: 1) метод співставлення, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів та 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).

**Об'єкт дослідження:** пасивні лінійні чотириполюсники, а також перетворення сигналів при їх проходженні через такі чотириполюсники.

Змодельовано в програмі LTspice.

## Зміст

Теоритичні відомості.....	4
Виконання роботи.....	6
Фільтр нижніх частот.....	6
Фільтр верхніх частот.....	10
Смуговий фільтр.....	13
Загороджувальний фільтр.....	15
Висновки.....	18
Джерела.....	18

## Теоритичні відомості

Чотириполіусник (англ. two-port, four-terminal, quadripole) – це електричне коло (ділянка електричного кола) з чотирма полюсами, зажимами, клемами або іншими засобами приєднання до нього інших електричних кіл чи ділянок електричних кіл.

В чотириполіусниках звичайно розрізняють дві пари зажимів: вхідні, що утворюють вхід чотириполіусника і призначені для приєднання до чотириполіусника джерела вхідного електричного сигналу, та вихідні, що утворюють його вихід і призначені для приєднання до чотириполіусника так званого навантаження.

Пасивний чотириполіусник – це такий чотириполіусник, який не здатний збільшувати потужність вхідного сигналу за рахунок додавання енергії від якогось іншого джерела енергії (внутрішнього чи зовнішнього по відношенню до чотириполіусника). Потужність, що виділяється в елементі кола, підключеного до виходу такого чотириполіусника, менша за потужність, що споживається від джерела сигналу, підключеного до входу чотириполіусника. На відміну від пасивного, активний чотириполіусник дозволяє збільшувати потужність вихідного сигналу (англ. output signal) порівняно з потужністю вхідного сигналу (англ. input signal) за рахунок внутрішніх або зовнішніх джерел енергії. Зауважимо, що активний чотириполіусник повинен містити принаймні один активний елемент, за допомогою якого енергія від джерел енергії передається підсилюваному електричному сигналу.

Лінійний чотириполіусник – це такий, для якого залежність між струмами, що течуть через нього, та напругами на його зажимах є лінійною.

Такі чотириполіусники 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. До лінійних елементів електричних кіл (для певного інтервалу величин струмів та напруг) можна віднести реальні резистори, конденсатори й котушки індуктивності.

На виході лінійних чотириполіусників, на відміну від нелінійних, не можуть утворюватися гармоніки ( $2\omega$ ,  $3\omega$  і т. д.) сигналу частоти  $\omega$ , який подано на вхід.

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.

В схемотехніці пасивні лінійні чотириполіусники, призначені для виділення певних спектральних складових електричних сигналів, називають пасивними фільтрами електричних сигналів.

Пасивний фільтр – це пасивний чотириполіусник, 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 чотириполіусник, тобто він працює як фільтр для певних спектральних складових сигналу. З практичних міркувань в пасивних фільтрах як реактивні елементи найчастіше використовуються ємності. Фільтри, побудовані на конденсаторах і резисторах, називають RC- фільтрами.

Центральним питанням при вивченні, розробці та застосуванні чотириполіусників є зв'язок між електричним сигналом (напругою, струмом) на виході чотириполіусника та електричним сигналом на його вході. Коли обирають лінійні чотириполіусники, то виходять зазвичай з однієї із двох потреб:

- 1) неспотвореної передачі форми сигналу або
- 2) цілеспрямованого перетворення форми сигналу.

Для *лінійних* чотириполіусників 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 різномайття можливих вхідних сигналів можна подати у вигляді суми (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*) чотириполіусника. Відомі три способи опису властивостей чотириполіусників, які відповідають трьом виборам стандартних сигналів:

- 1) у вигляді гармонічних сигналів,
- 2) у вигляді коротких імпульсів,
- 3) у вигляді сходинок.

Найбільшого поширення набуло представлення вхідного сигналу у вигляді суми гармонічних сигналів з різними частотами, амплітудами й початковими фазами, тобто представлення функції рядом Фур'є (для періодичних сигналів) або інтегралом Фур'є (для неперіодичних).

## Виконання роботи

### Фільтр нижніх частот

Налаштовуємо функціонал 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:

DC offset[V]:

Amplitude[V]:

Freq[Hz]:

Tdelay[s]:

Theta[1/s]:

Phi[deg]:

Ncycles:

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: ☒

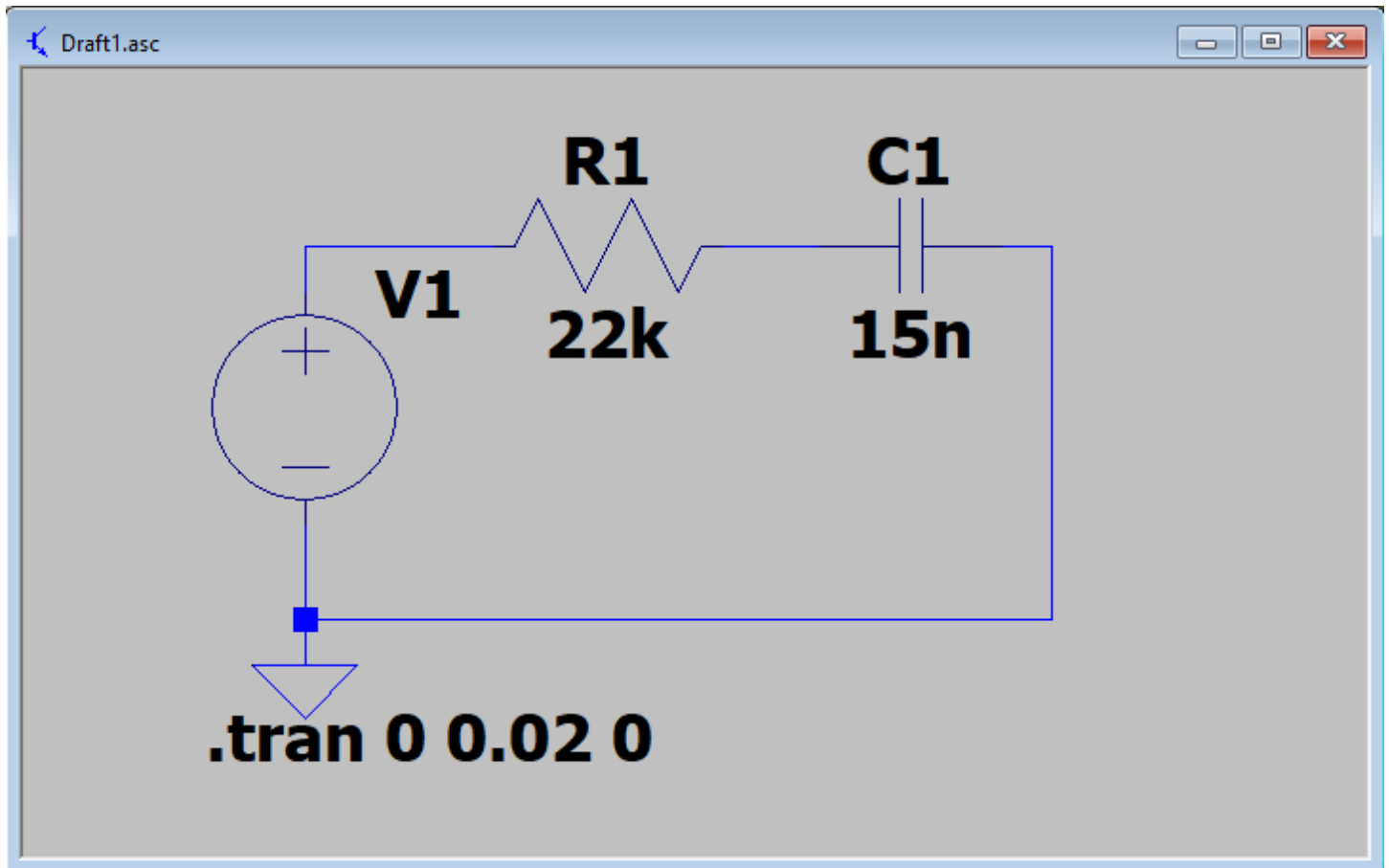
Parasitic Properties

Series Resistance[Ω]:

Parallel Capacitance[F]:

Make this information visible on schematic: ☒

Схема:



**Edit Simulation Command**

Transient AC Analysis DC sweep Noise DC Transfer DC op prt

Perform a non-linear, time-domain simulation.

Stop time: 0.02

Time to start saving data: 0

Maximum Timestep:

Start external DC supply voltages at 0V: ☐

Stop simulating if steady state is detected: ☐

Don't reset T=0 when steady state is detected: ☐

Step the load current source: ☐

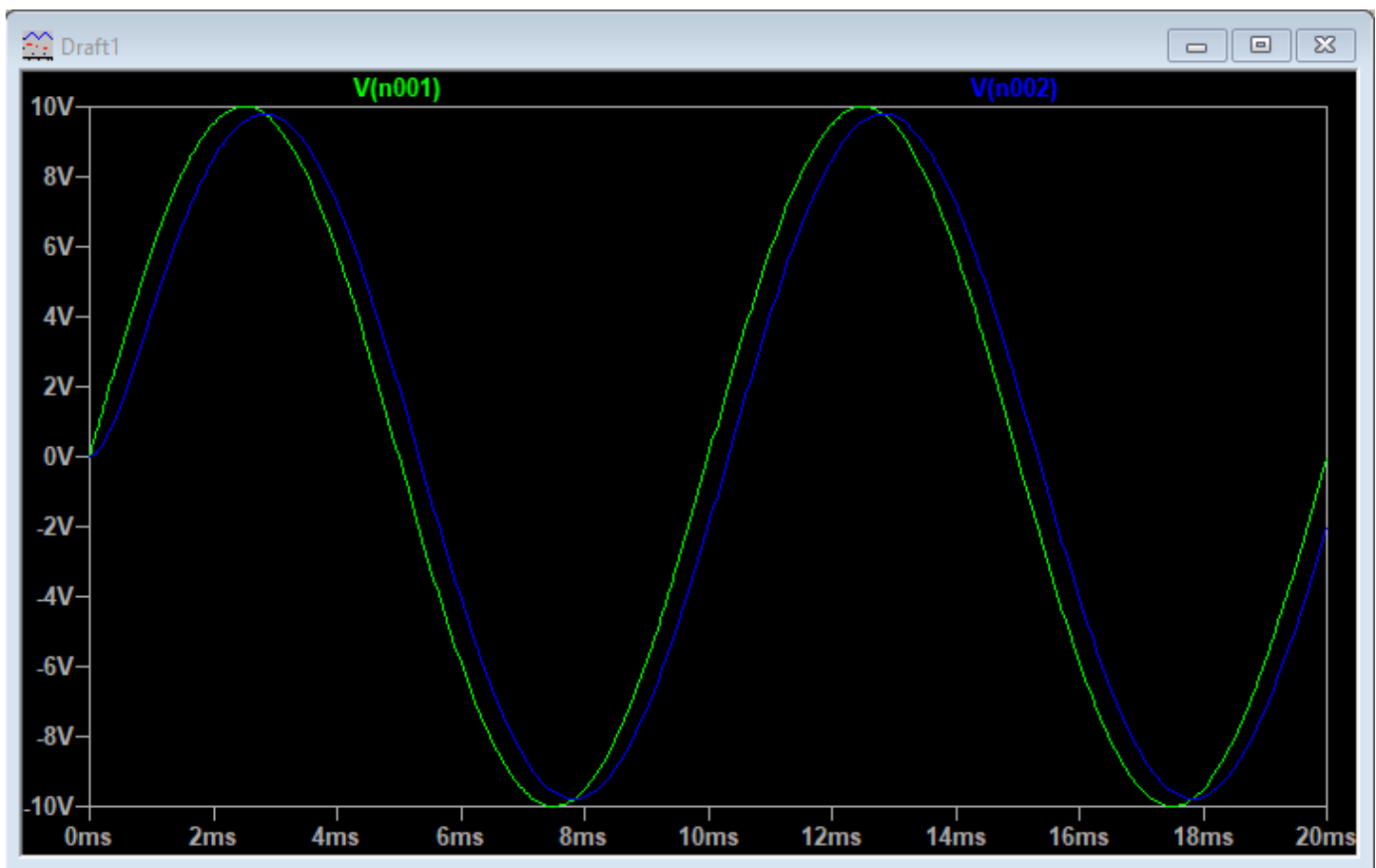
Skip initial operating point solution: ☐

Syntax: .tran <Tprint> <Tstop> [<Tstart> [<Tmaxstep>]] [<option> [<option>] ...]

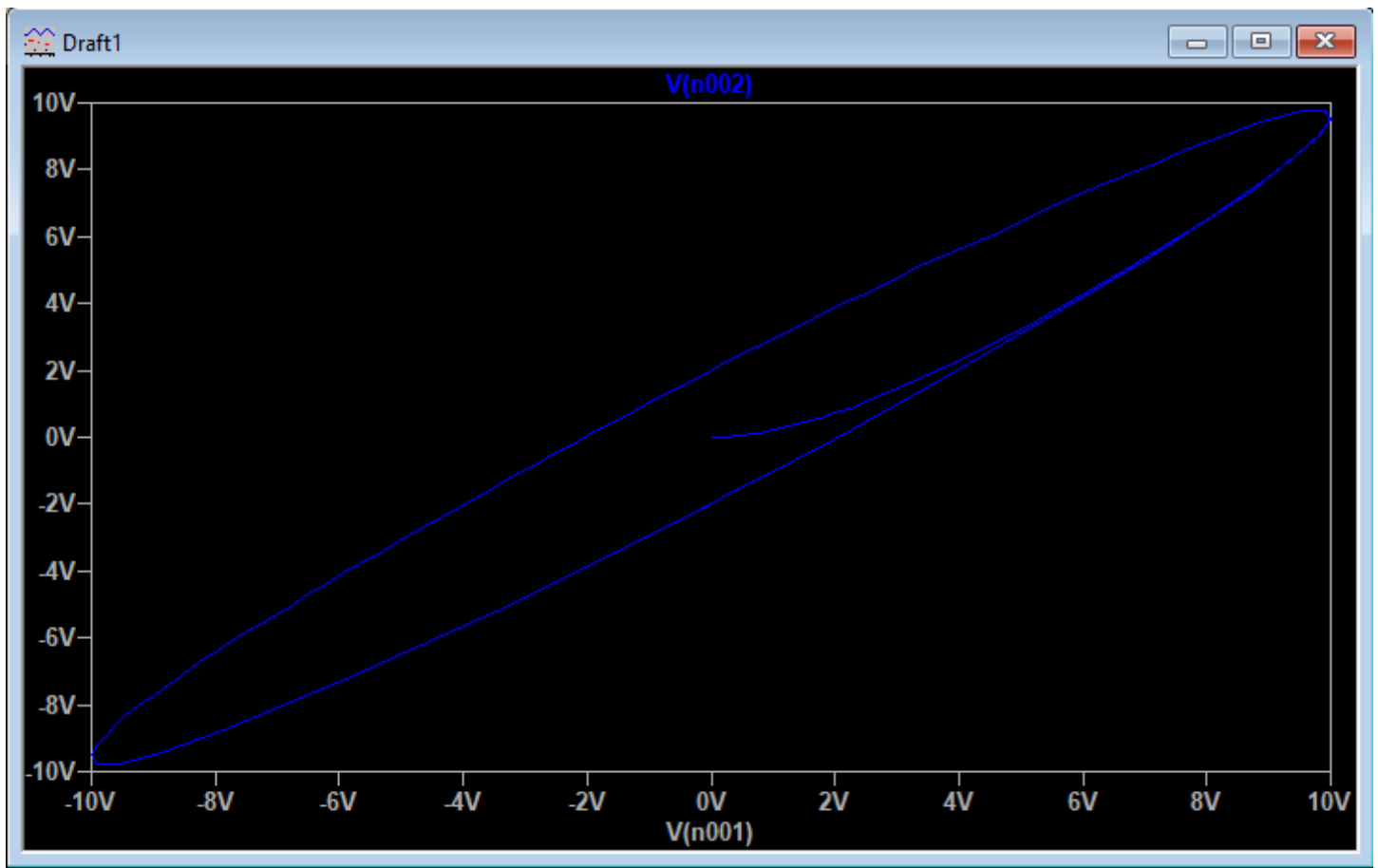
.tran 0 0.02 0

Cancel OK

Залежність напруги від часу:



Фігури Лісажу:



Edit Simulation Command

Transient AC Analysis DC sweep Noise DC Transfer DC op pnt

Compute the small signal AC behavior of the circuit linearized about its DC operating point.

Type of sweep: Octave ▾

Number of points per octave: 100

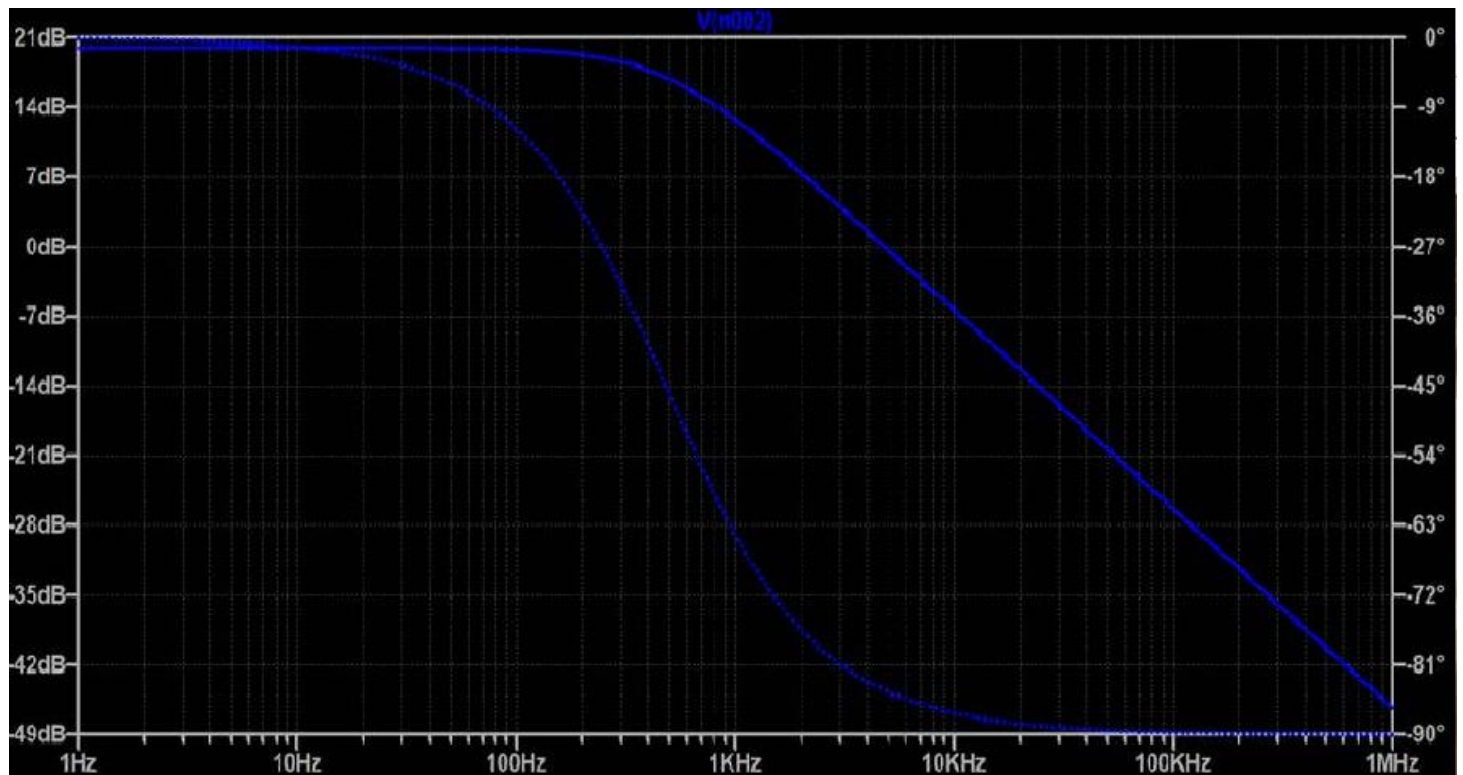
Start frequency: 0.02

Stop frequency: 1M

Syntax: .ac <oct, dec, lin> <Npoints> <StartFreq> <EndFreq>



A4X:



**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:

**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]:

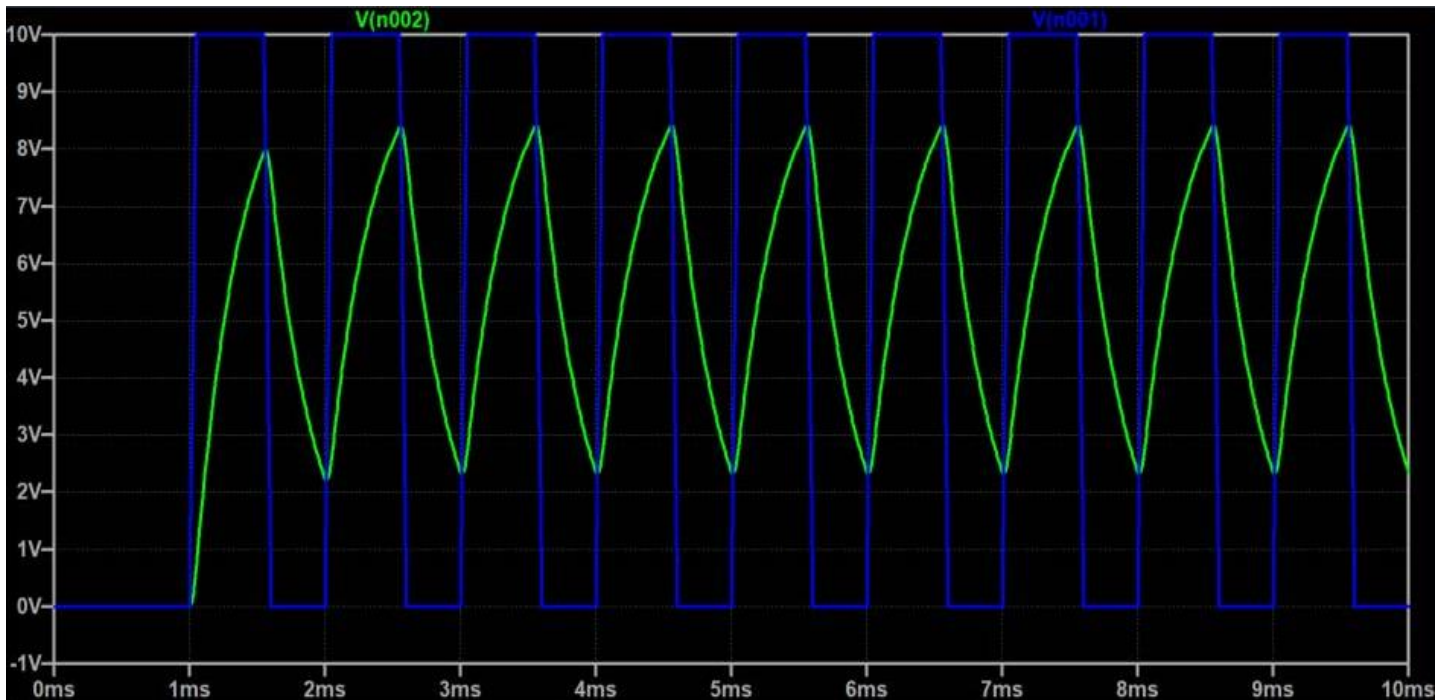
Make this information visible on schematic: ☒

**Additional PWL Points**

Make this information visible on schematic: ☒

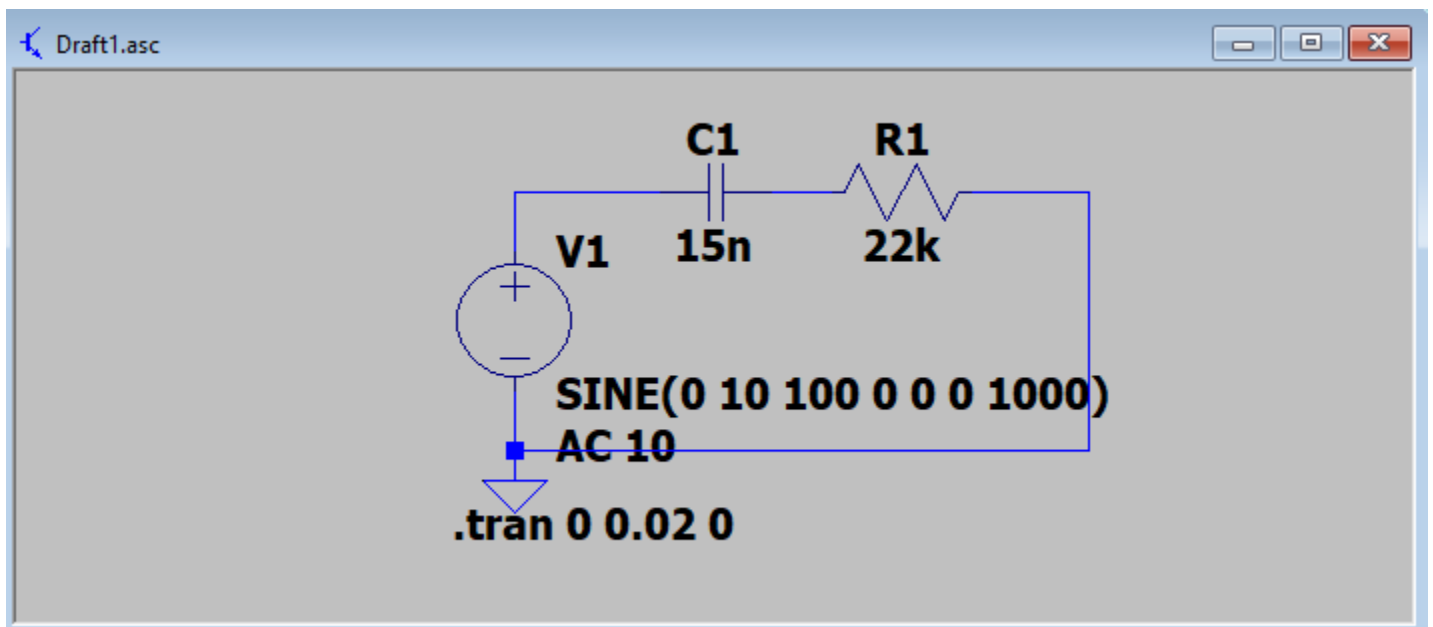
Vinitial[V]:	0
Von[V]:	10
Tdelay[s]:	1m
Trise[s]:	0
Tfall[s]:	0
Ton[s]:	0.5m
Tperiod[s]:	1m
Ncycles:	1000

Прямокутний сигнал:

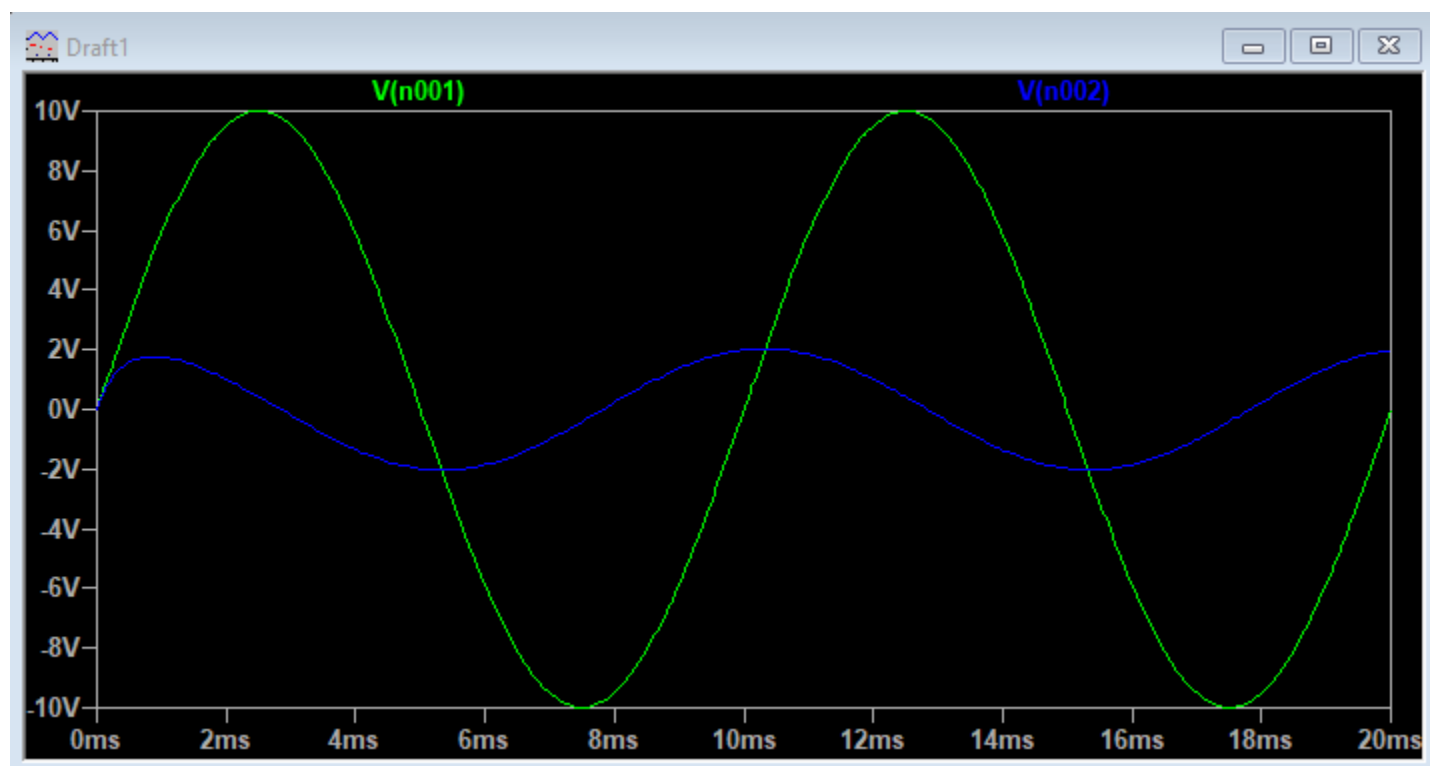


Фільтр верхніх частот

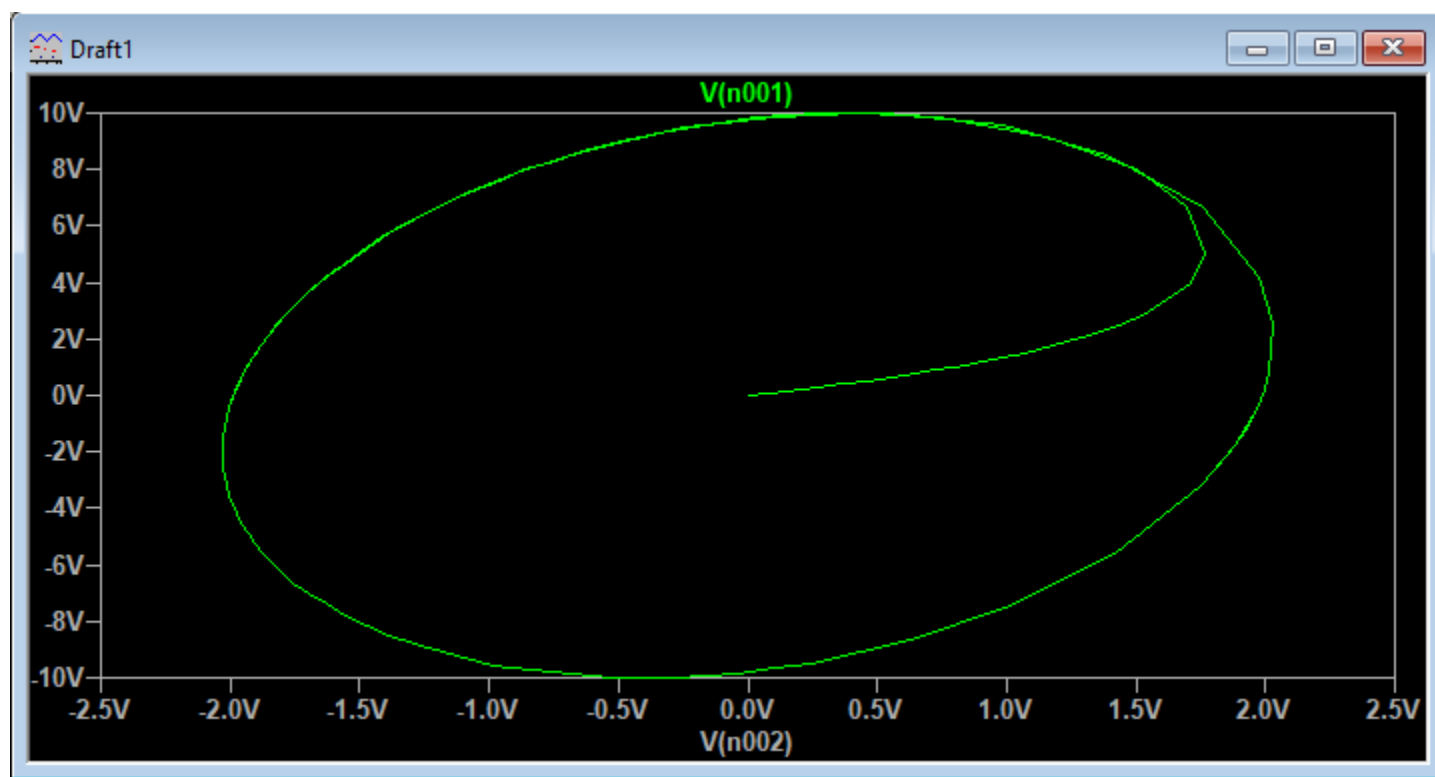
Схема:



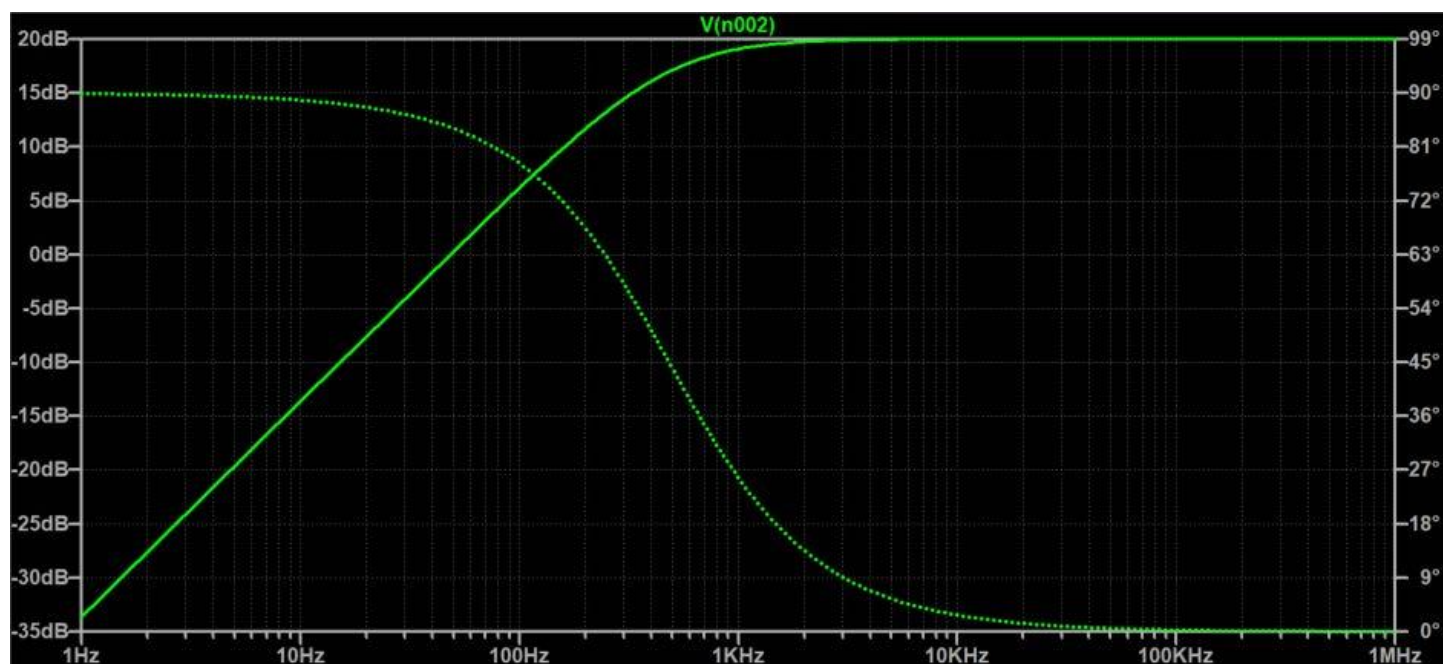
Залежність напруги від часу:



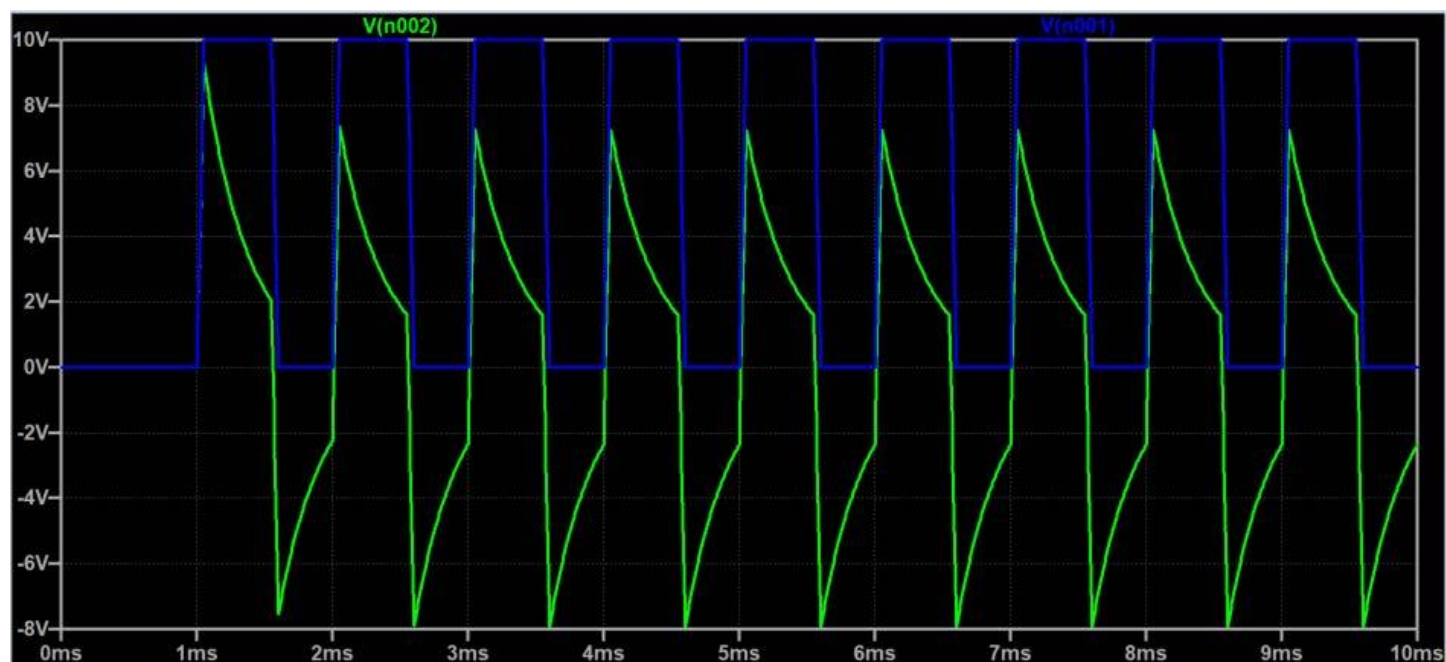
Фігури Лісажу:



АЧХ:

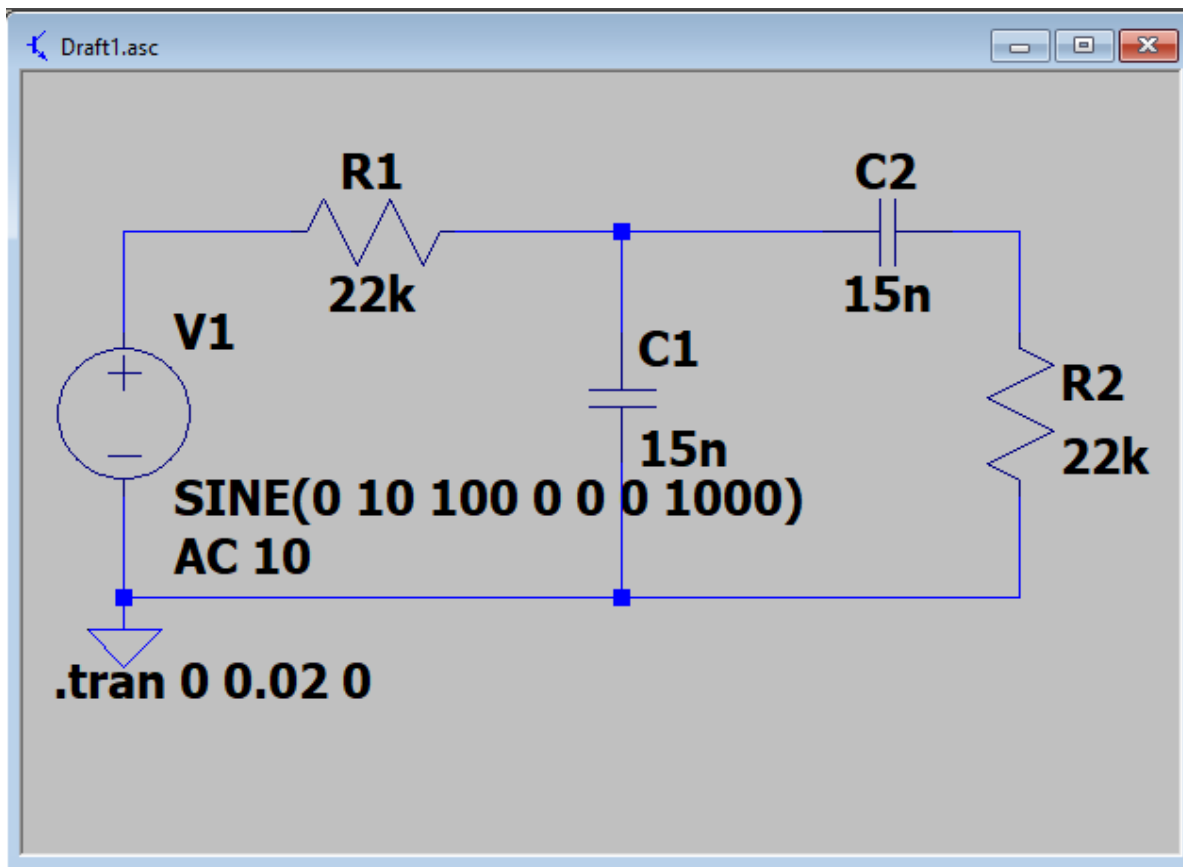


Прямоугольный сигнал:

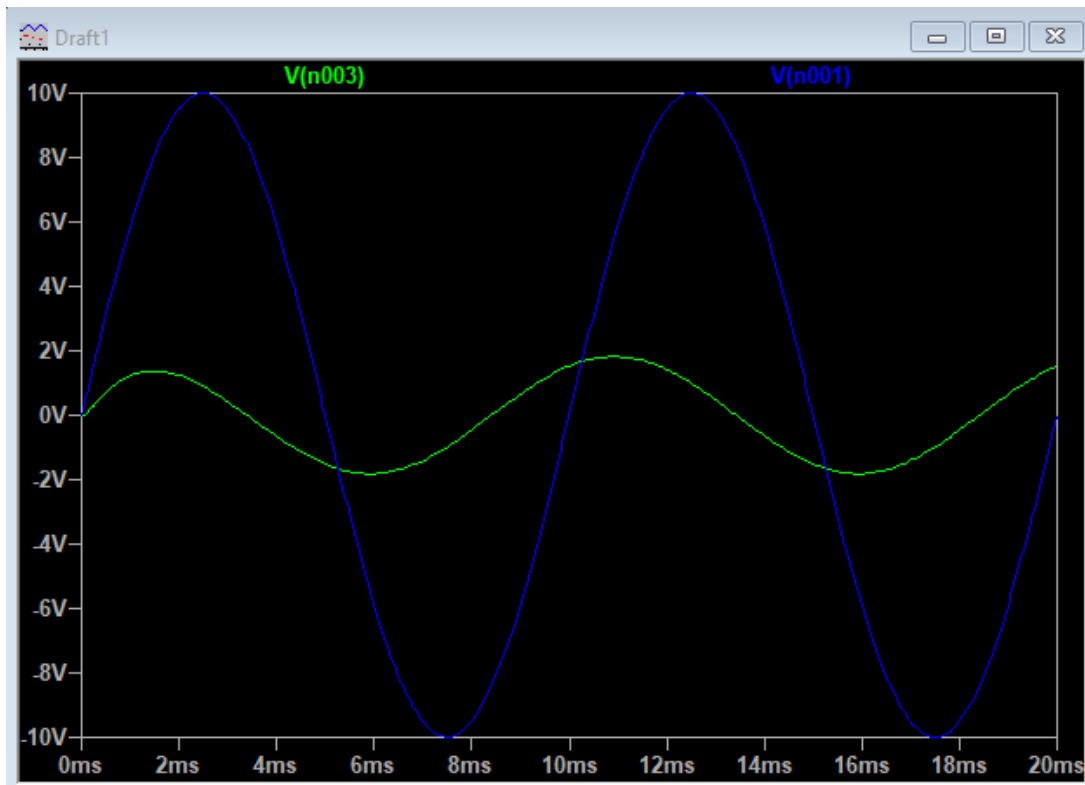


## Смуговий фільтр

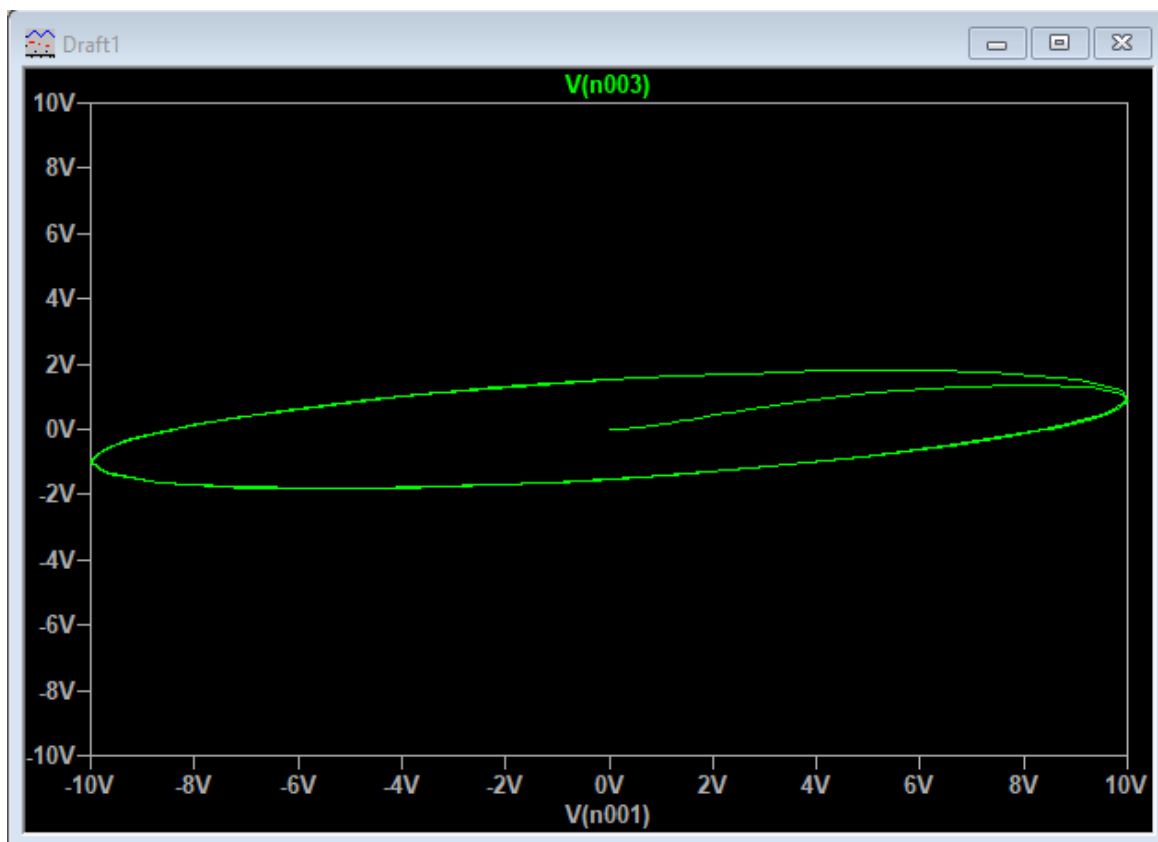
Схема:



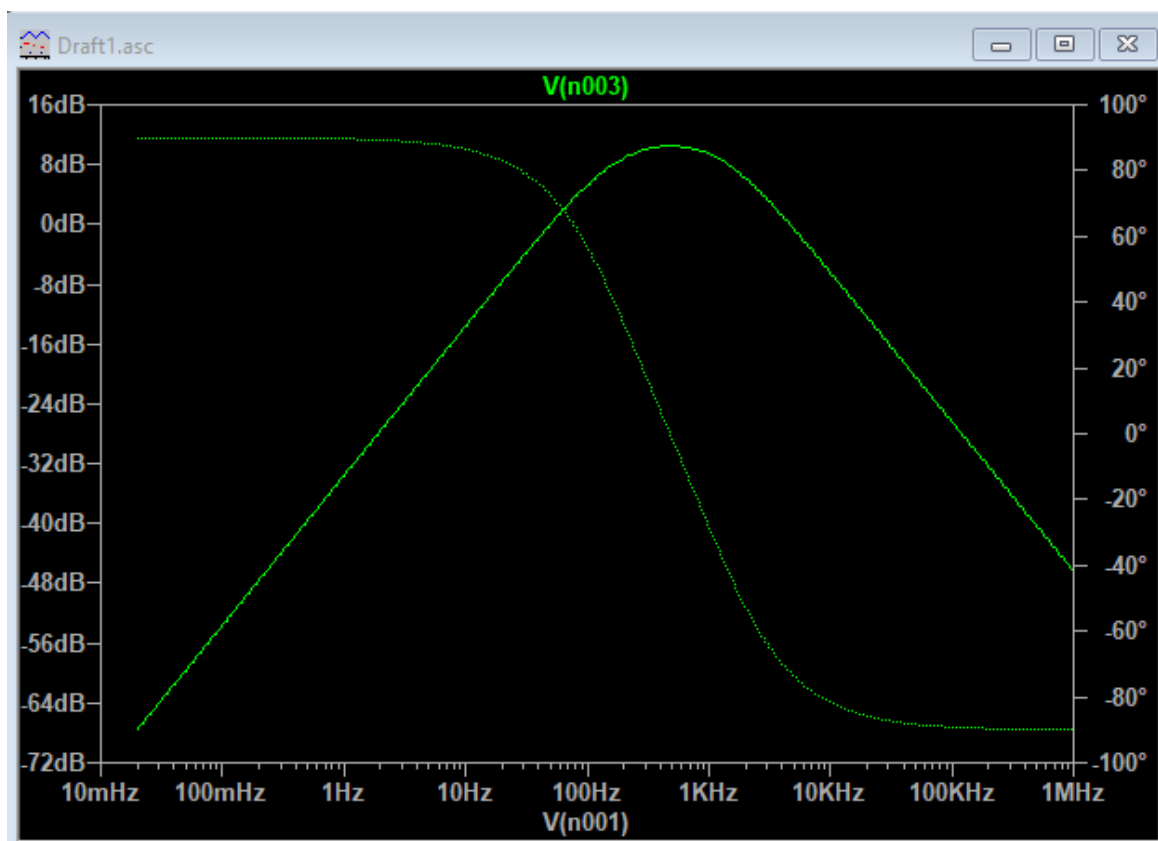
Залежність напруги від часу:



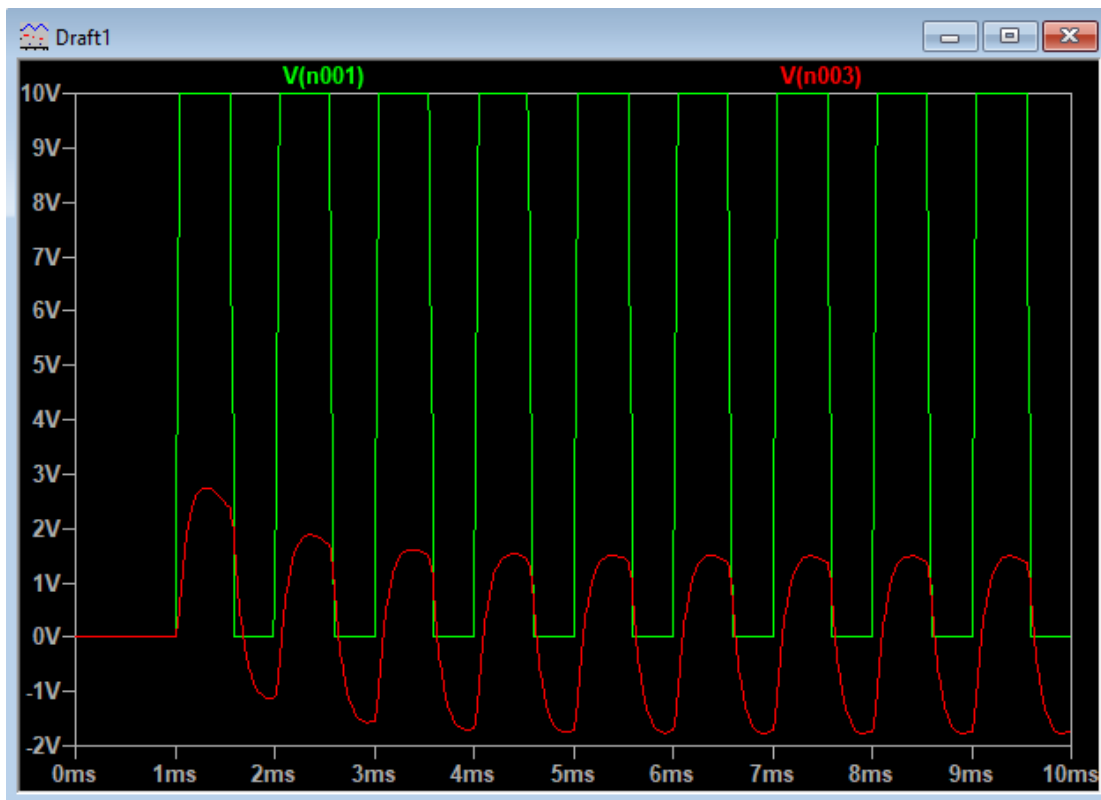
Фігури Лісажу:



АЧХ:

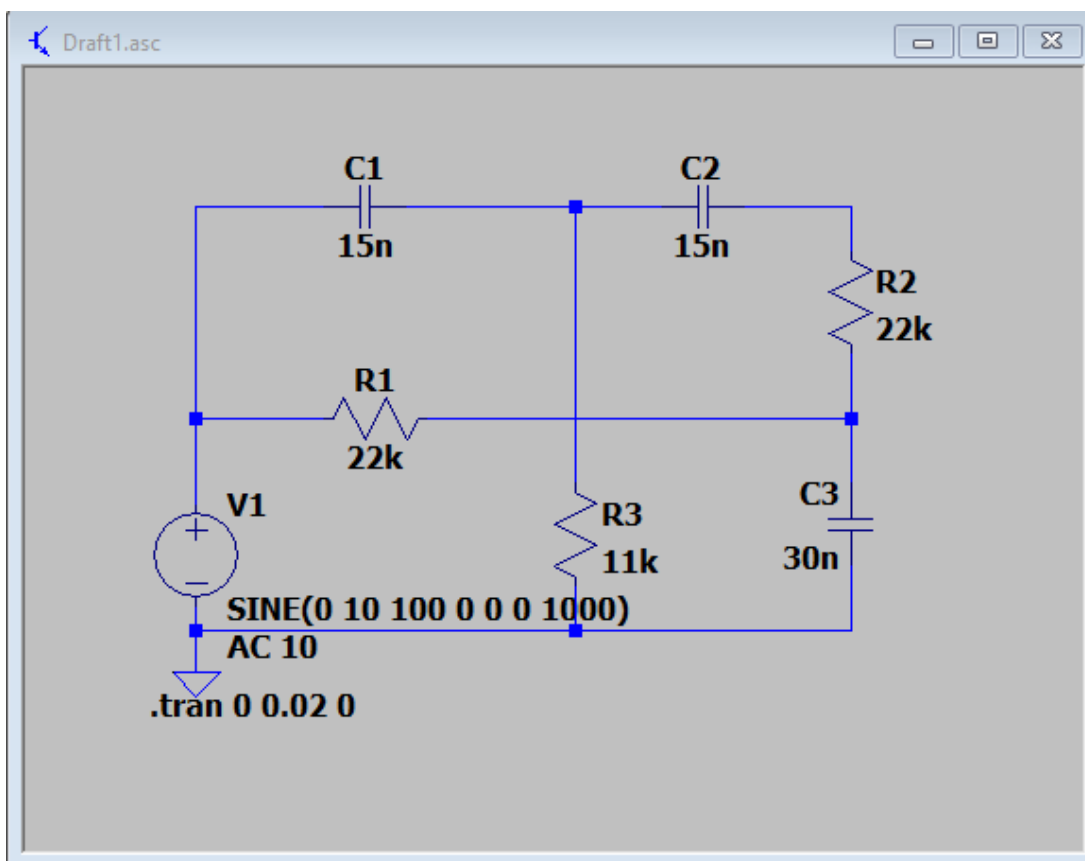


Прямокутний сигнал:

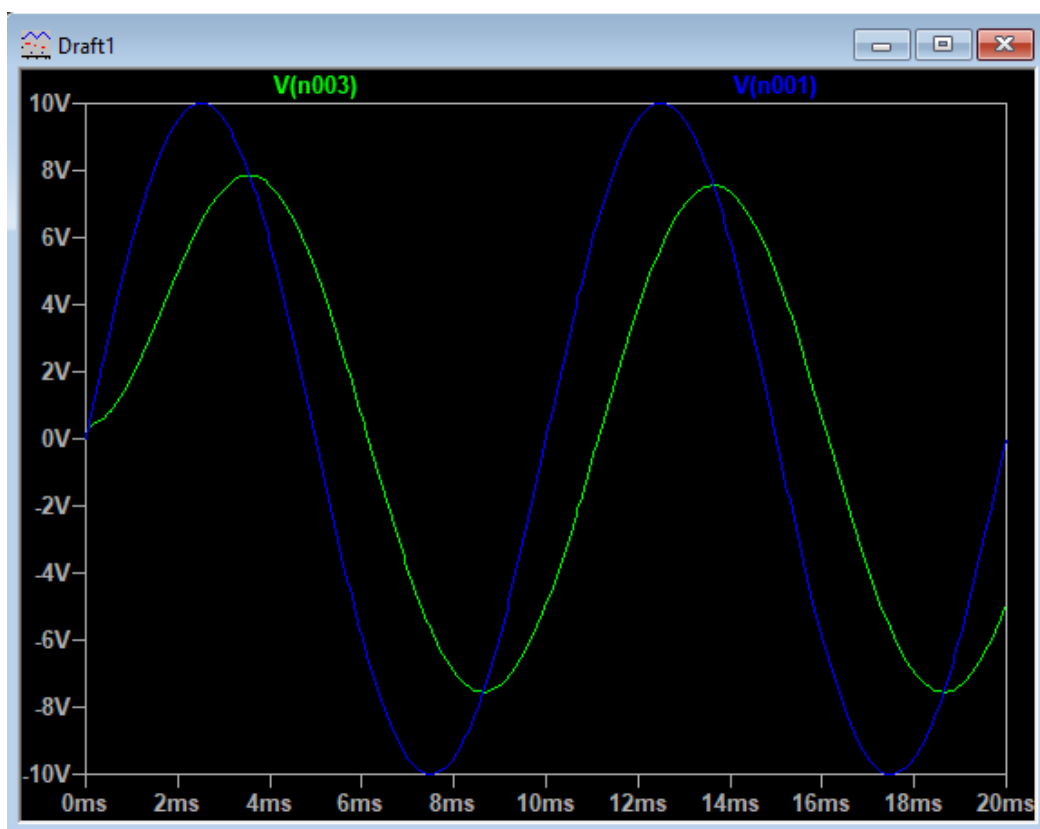


Загороджувальний фільтр

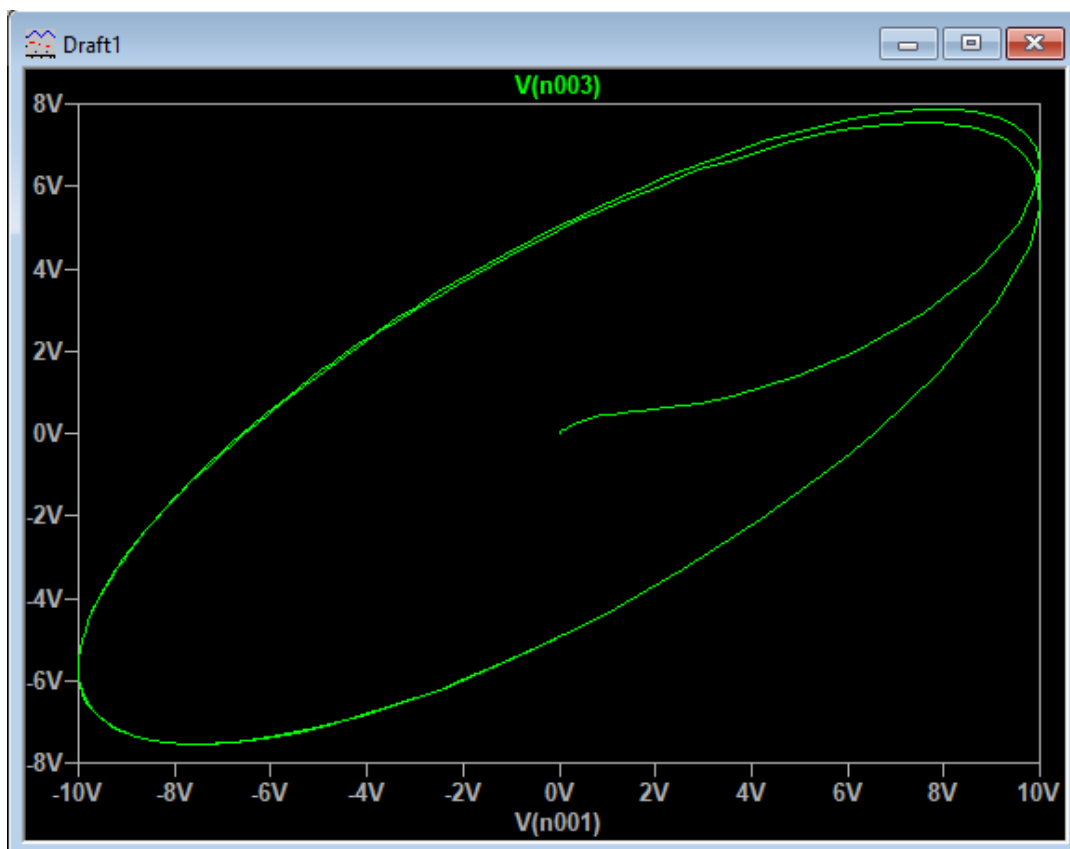
Схема:



Залежність напруги від часу:

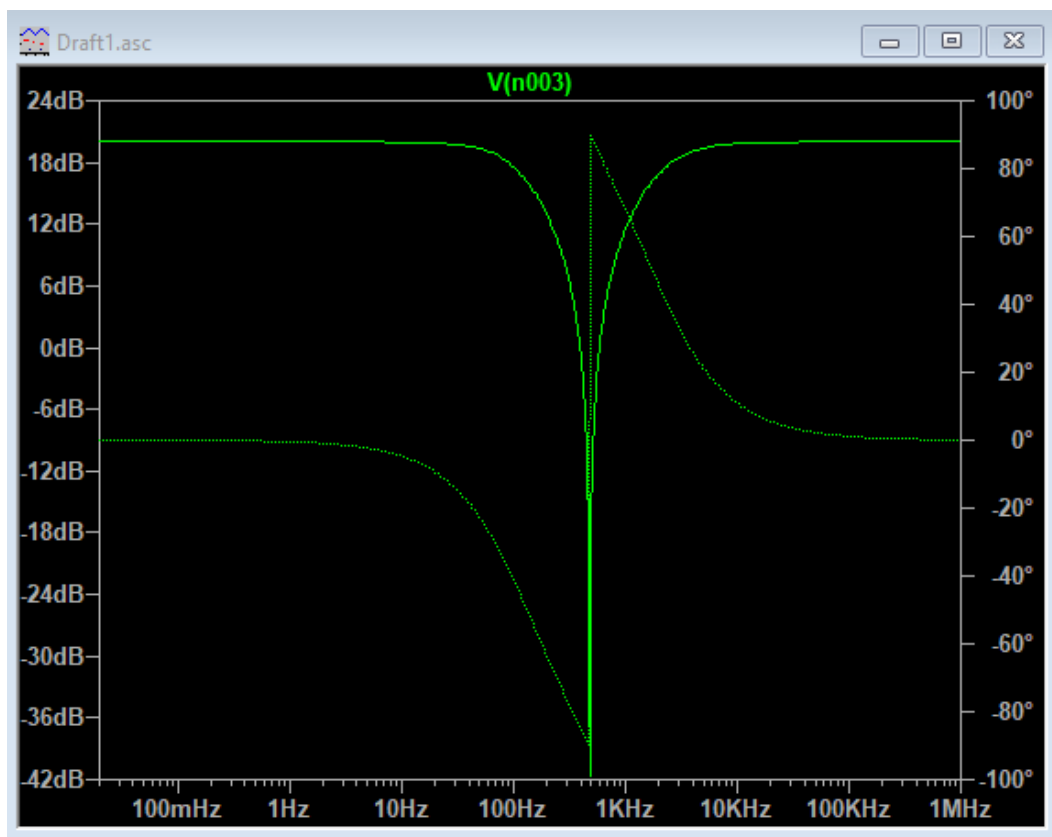


Фігури Лісажу:

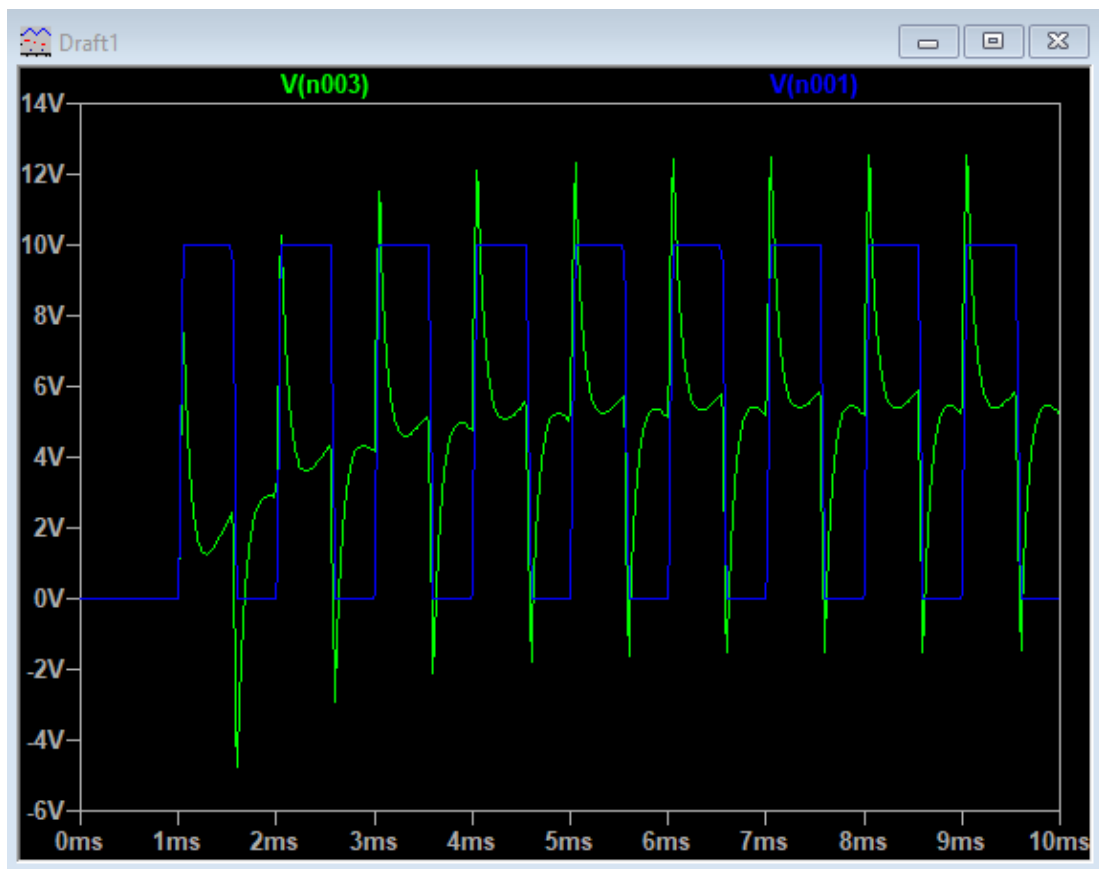




АЧХ:



Прямоугольный сигнал:



## **Висновки**

Дослідили зміну параметрів гармонічних сигналів та прямокутних імпульсів при їх проходженні через пасивні лінійні чотириполіусники, опанували методи вимірювання амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик пасивних RC-фільтрів та їх перехідних характеристик. Отримали різні графіки залежностей. Використали методи співставлення та фігур Лісажу.

## **Джерела**

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк, Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.
2. Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання / Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян, Методичне видання. – К.: 2006.-с.