

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Звіт

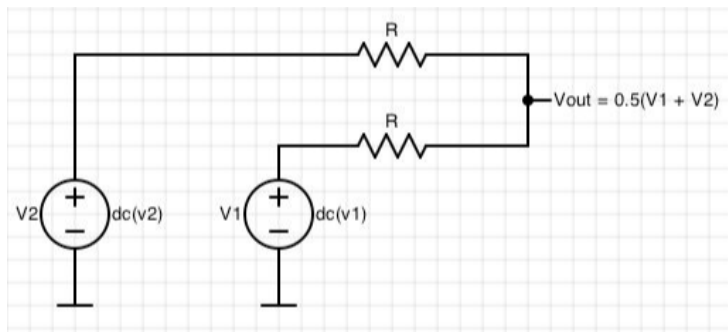
З виконання лабораторної роботи №1
з дисципліни “Схемотехніка аналогової та цифрової радіоелектронної
апаратури - 1”

Виконав:
студент групи ДК-61
Сільчук В.І.

Перевірив:
доц. Короткий Є В.

1. Дослідження суматора напруг на резисторах.

Був побудований суматор напруг на резисторах, за наступною схемою:



Опори резисторів – 100 кОм.

На вхід були подані дві напруги – 4В та 3В, з джерел постійної напруги.

Single	Stop	RMS: 4 Hz to 2.048 kHz
DC	4.006 V	2.993 V
True RMS	4.006 V	2.993 V
AC RMS	1 mV	1 mV

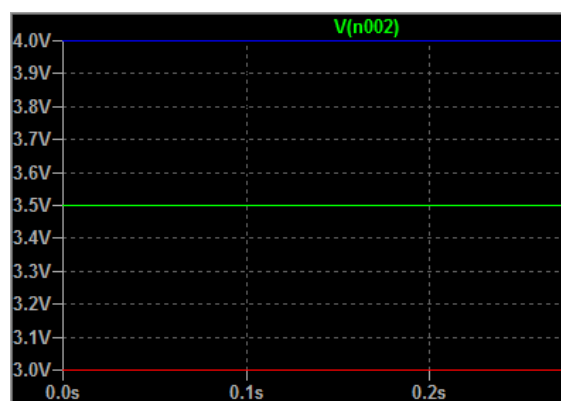
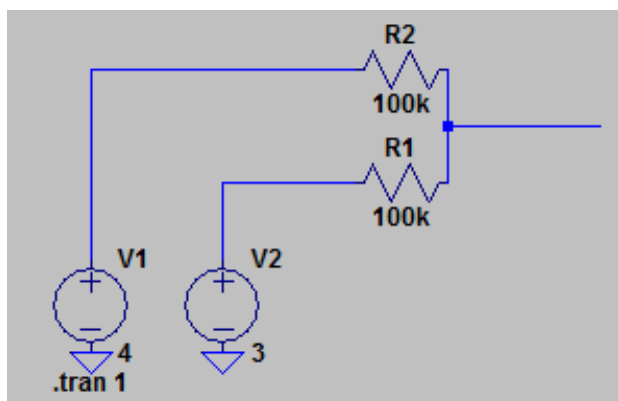
Теоретичний результат: $U_{вих} = 0.5 * (U1 + U2) = 0.5 * (3 + 4) = 3.5 \text{ V}$

Експериментальний результат:

	Channel 1
DC	3.345 V
True RMS	3.345 V
AC RMS	1 mV

Як бачимо, отримане значення $U_{вих}$ становить 3.345В, що на 4.42% відрізняється від теоретичного.

Симуляція в LTSpice:

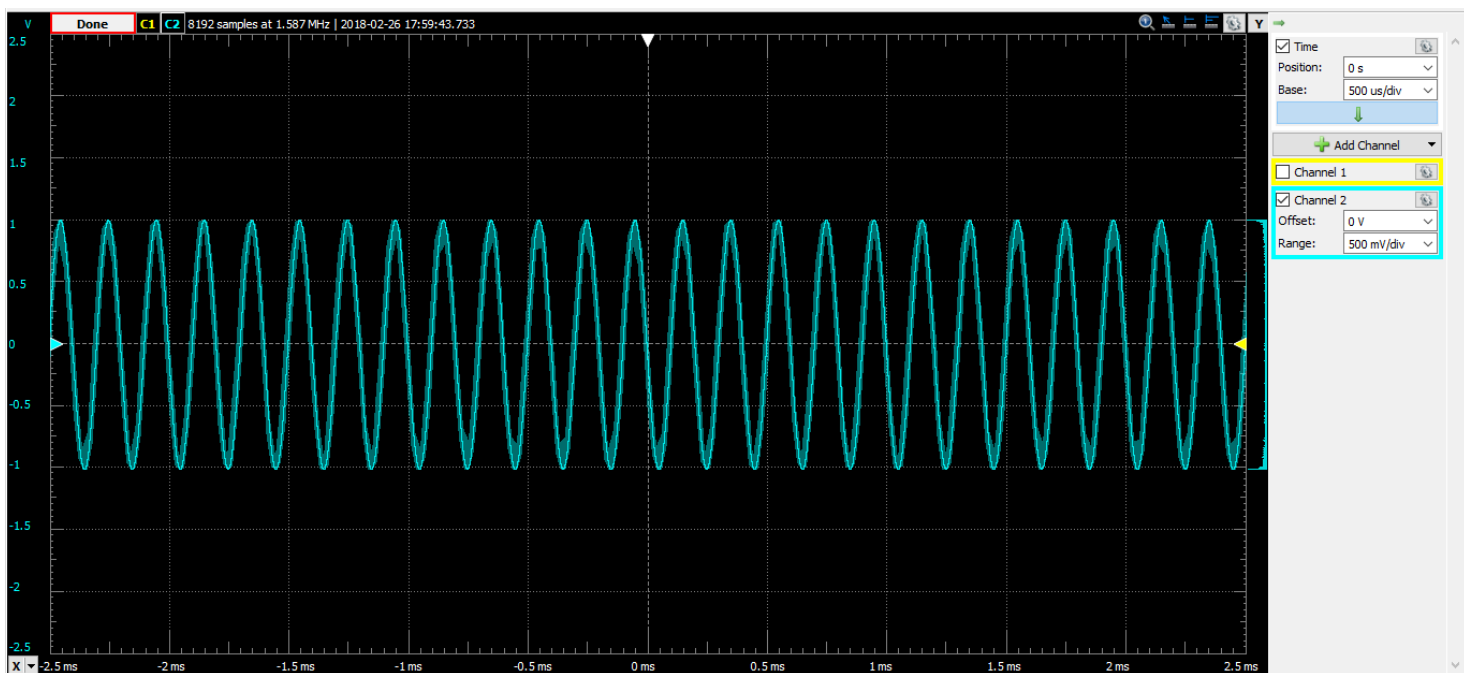
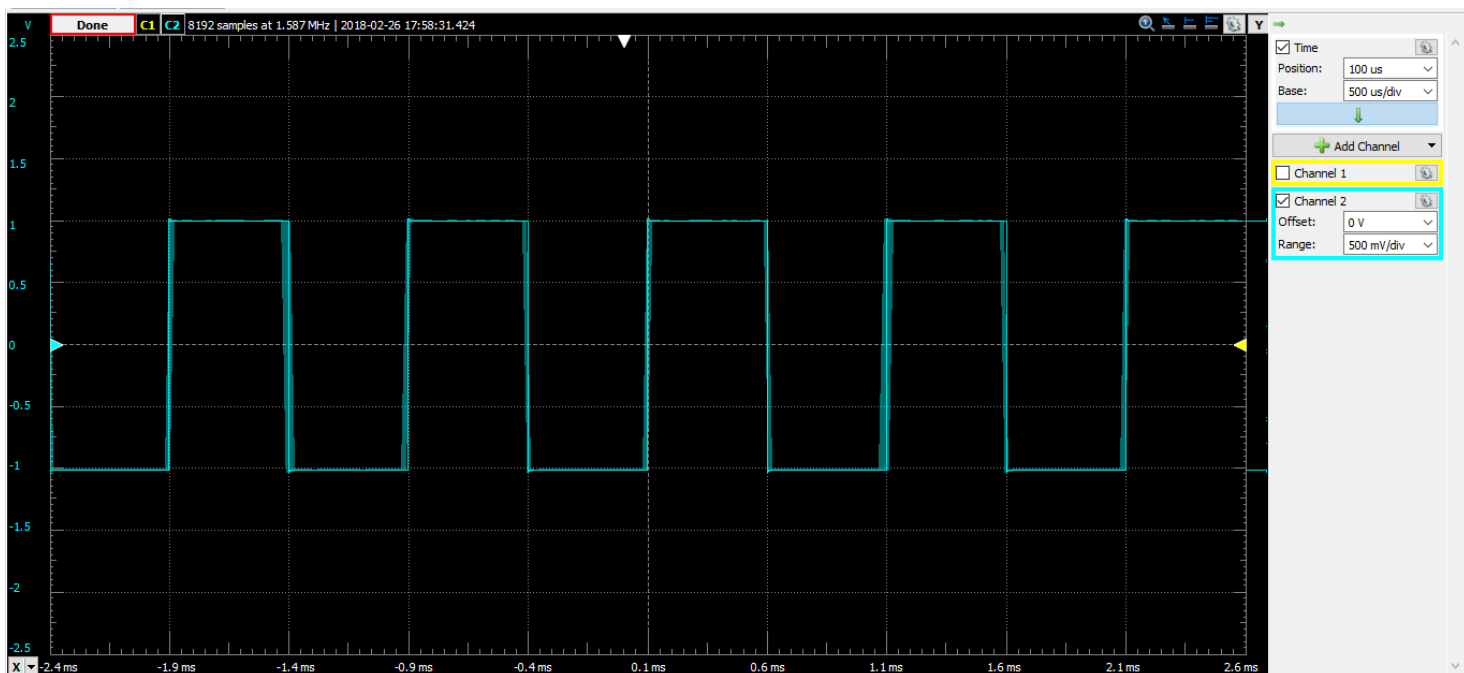


Синя лінія – $U1$, червона – $U2$, зелена – $U_{вих}$.

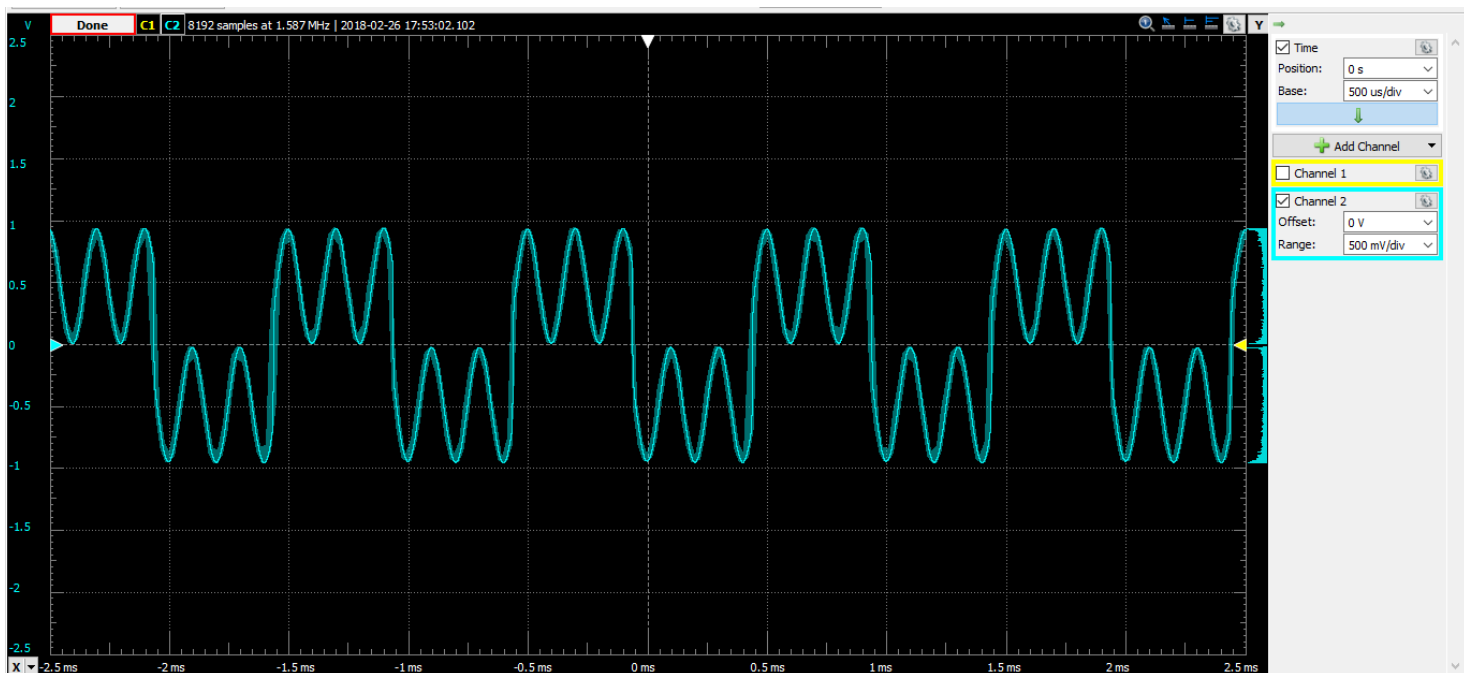
Як видно, результат відповідає теоретичному значенню.

Подаємо на входи суматора два сигнали з генераторів.

Перший сигнал імпульсний (меандр) з частотою 1КГц, амплітудою 1В. Другий сигнал синусоїдальний з частотою 5 КГц, амплітудою 1В.



Вихідний сигнал:

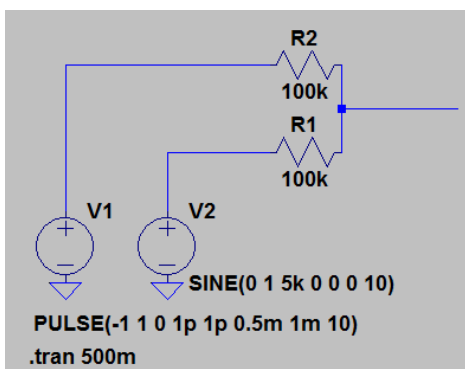


На виході спостерігаємо комбінацію вхідних сигналів, що відповідає очікуванням.

Налаштування осцилографу: 0.5В/клітинка, 0.5мс/клітинка.

Симуляція в LTSpice:

Схема:



Налаштування джерел:

☒ 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:

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

☒ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)

☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)

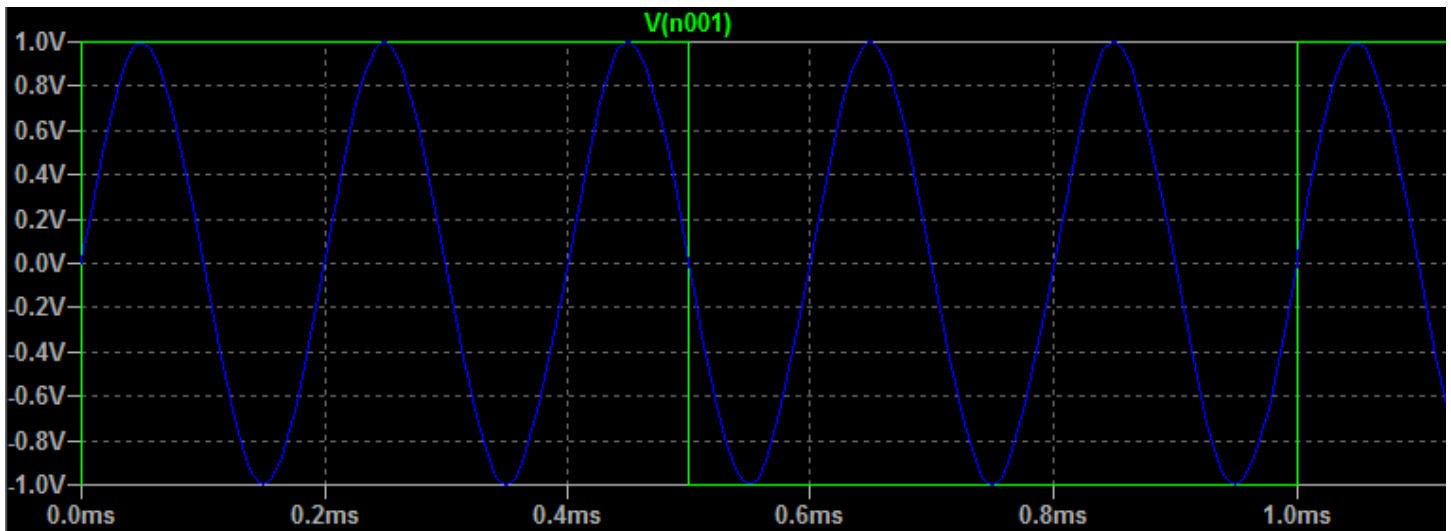
☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)

☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)

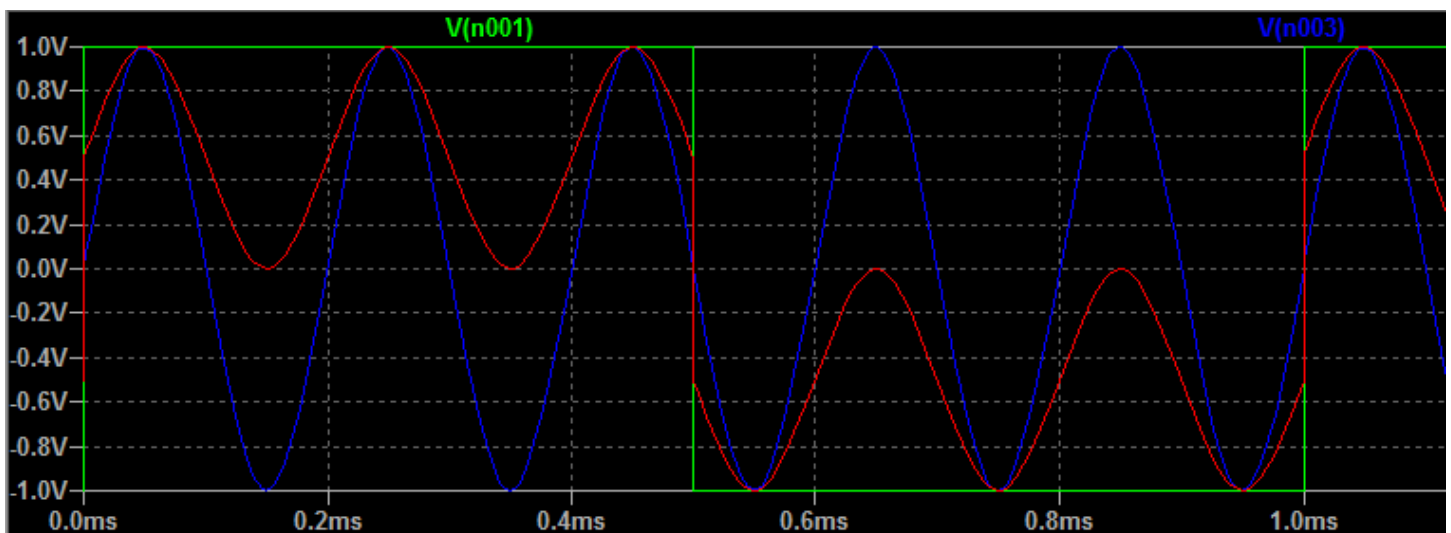
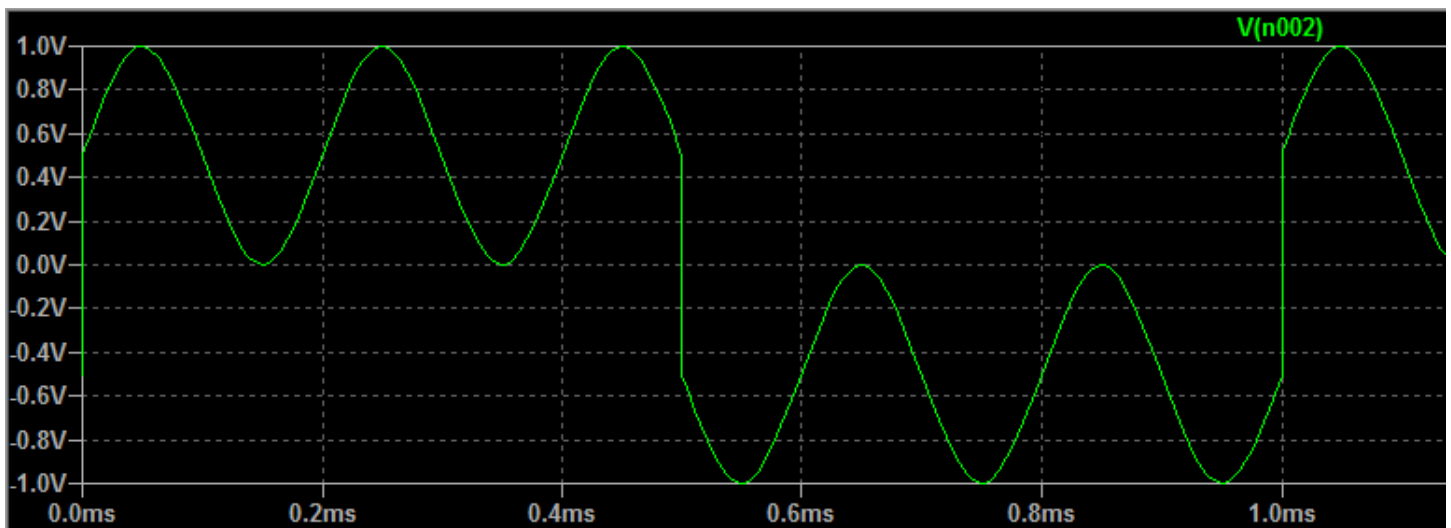
☐ PWL FILE:

DC offset[V]:	0
Amplitude[V]:	1
Freq[Hz]:	5k
Tdelay[s]:	0
Theta[1/s]:	0
Phi[deg]:	0
Ncycles:	10

На вході:



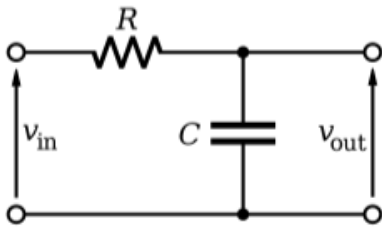
На виході:



Порівнюючи результати симуляції та результати експерименту, можна відмітити те, що вони майже повністю співпадають.

2. Дослідження RC ланцюжка.

Був складений RC-ланцюжок за наступною схемою:



Ємність конденсатора – 10 нФ, опір резистора – 1 кОм.

Час заряду конденсатора до 0.99E:

$$5RC = 5 * 1000 * 0,00000001 = 0,00005 \text{ c} = 50 \text{ мкс}$$

Подаємо на вхід імпульсну напругу з амплітудою 1В та такою частотою, щоб період був в 5 разів більший за розраховану тривалість заряду-розряду.

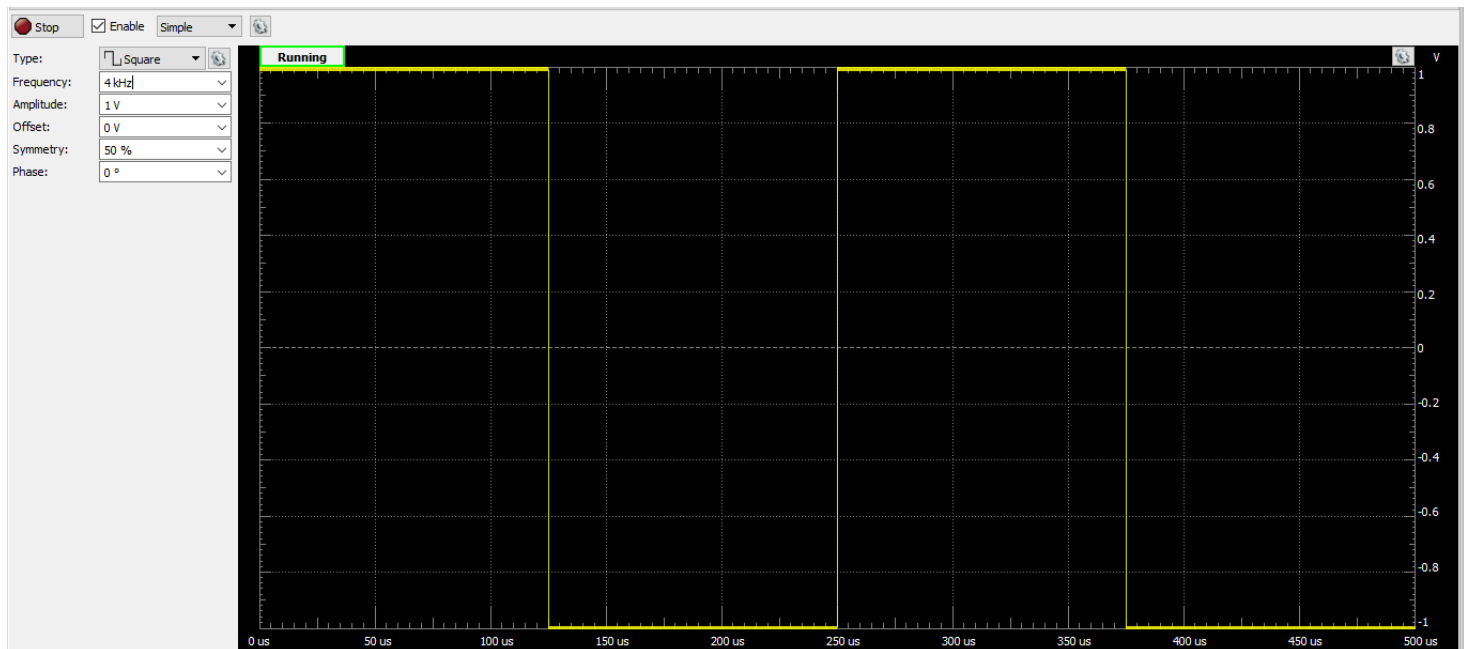
Значення періоду, яке в 5 разів більше за значення тривалості заряду-розряду:

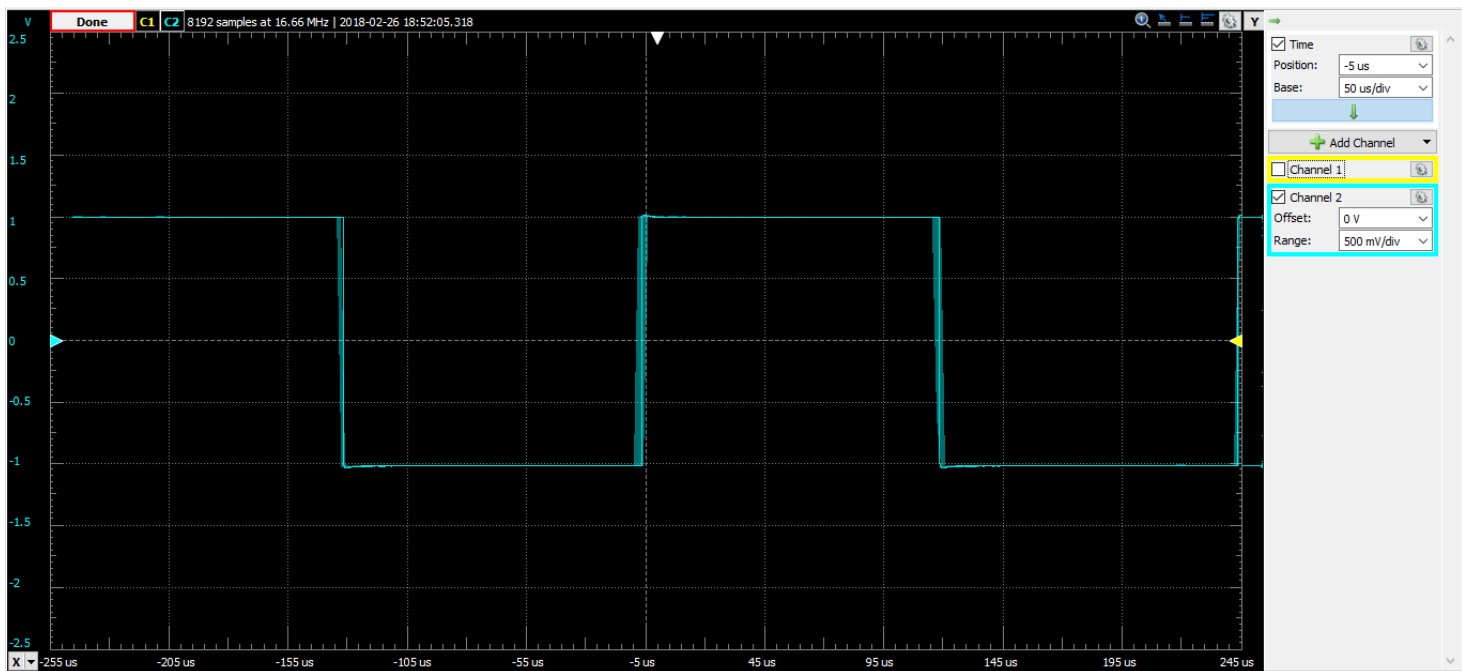
$$5 * 0,00005 = 0,00025 \text{ c}$$

Шукаємо частоту, при якій період = 5 * tзаряду/розряду.

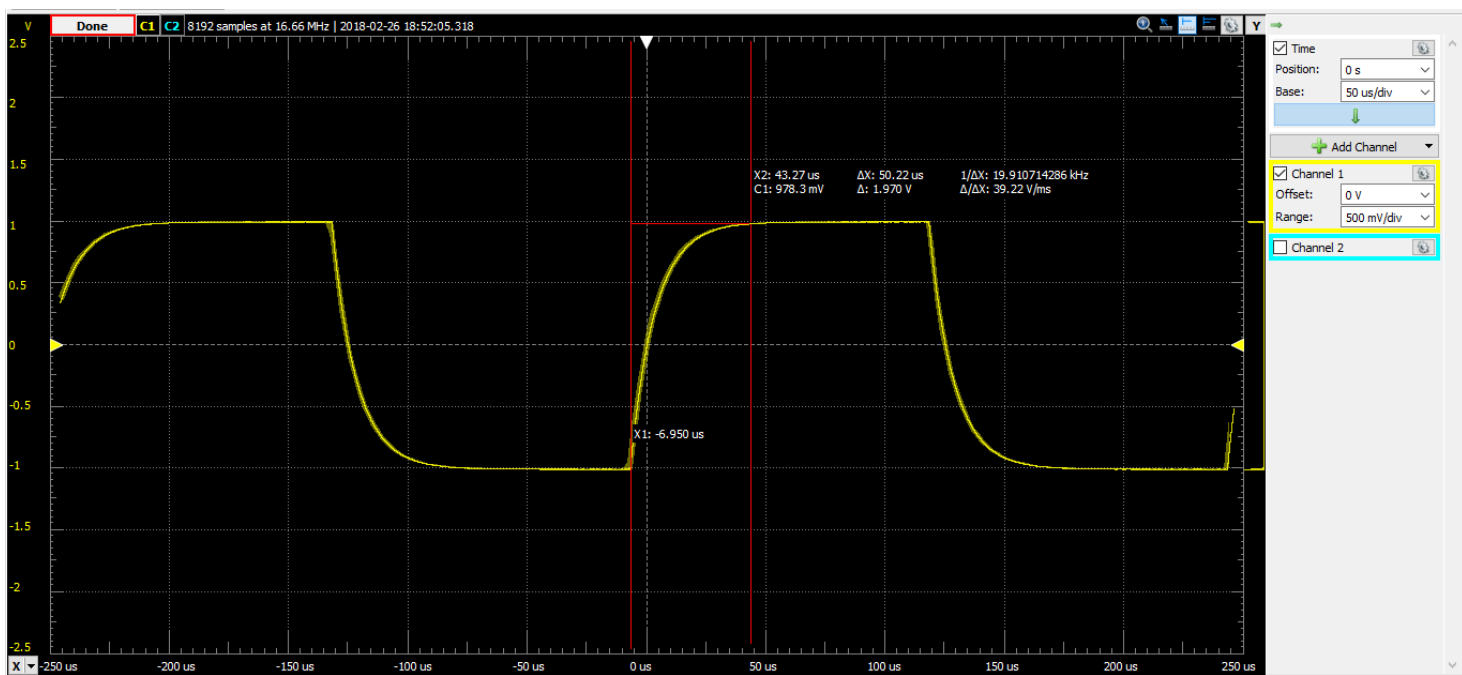
$$f = 1/T = 1 / 0,00025 = 4000 \text{ Гц.}$$

Вхідний сигнал:





На виході отримали:

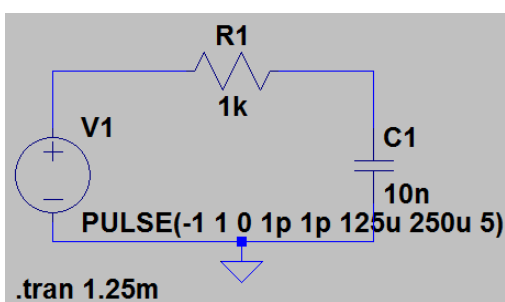


Як можна бачити, за 50 мкс конденсатор зарядився до 978 мВ, що відповідає очікуванням.

Налаштування осцилографу: 0.5В/клітинка, 0.05мс/клітинка.

Симуляція в LTSpice:

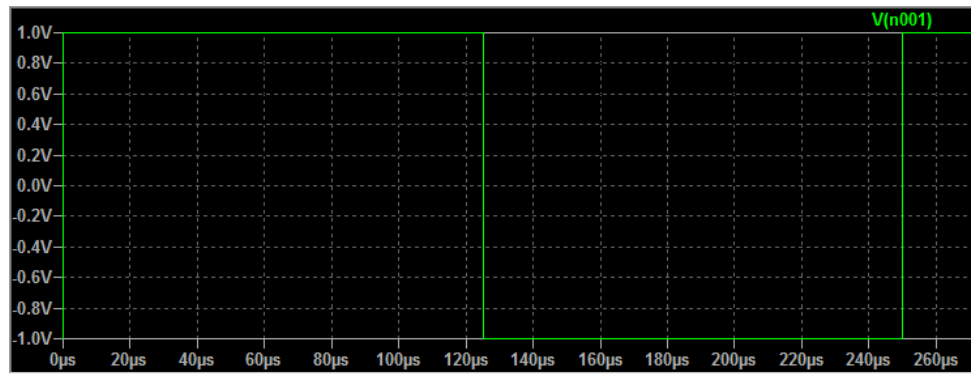
Схема:



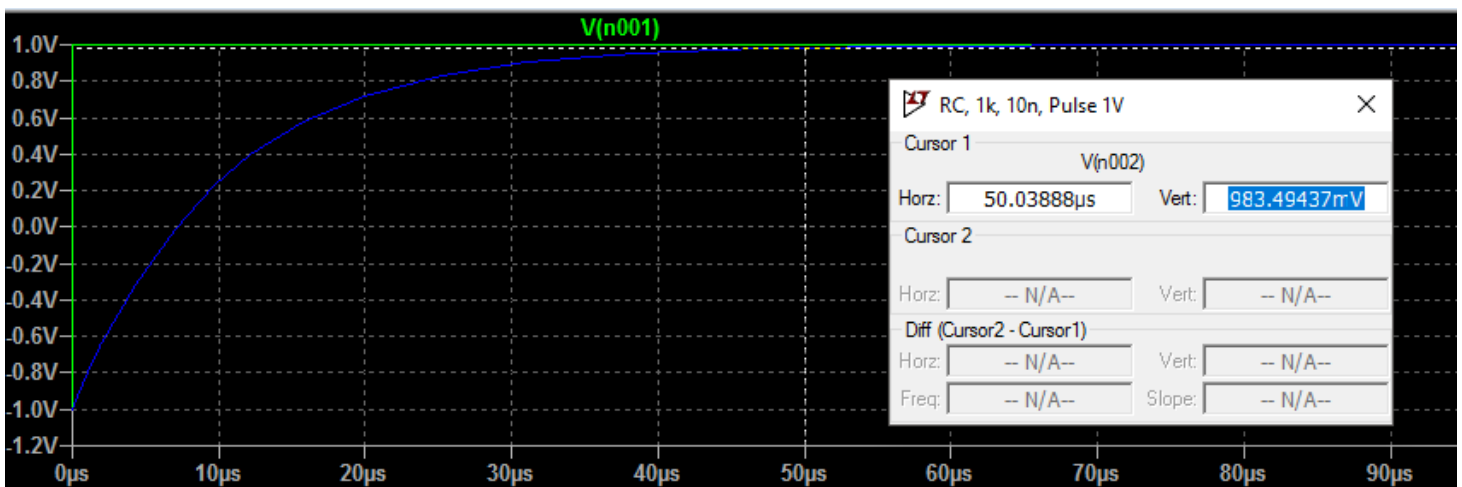
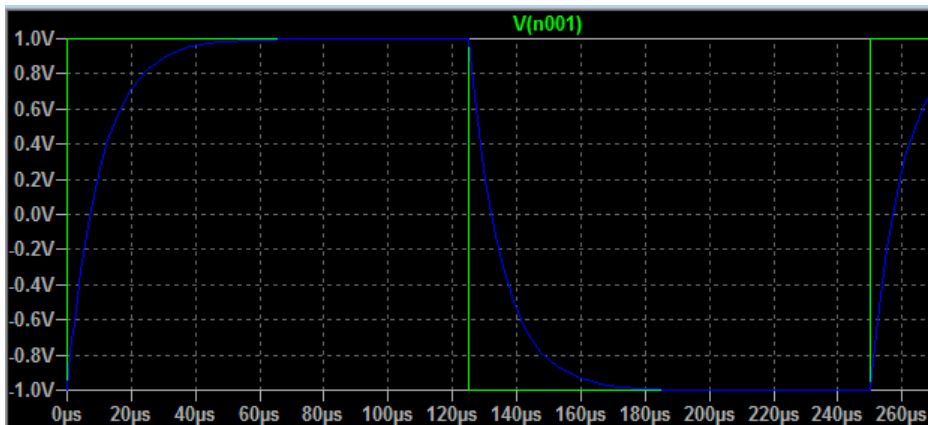
Параметри джерела:

☒ 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]:	-1
Von[V]:	1
Tdelay[s]:	0
Trise[s]:	1p
Tfall[s]:	1p
Ton[s]:	125u
Tperiod[s]:	250u
Ncycles:	5



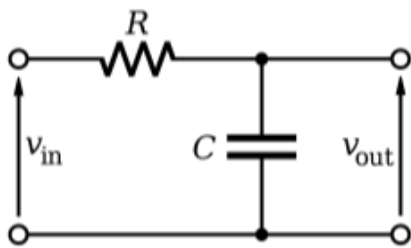
На виході отримали:



Як видно, за 50 мкс конденсатор зарядився до 983 мВ, що відповідає очікуванням, і відрізняється від експериментального значення всього на 5 мВ.

3. Дослідження RC фільтру низької частоти.

Збираємо схему RC ФНЧ:



Номінали компонентів – ємність конденсатора 10 нФ, опір резистора – 1 кОм.

Розраховуємо частоту зрізу:

$$F_z = 1 / (2 * \pi * R * C) = 15916 \text{ Гц}$$

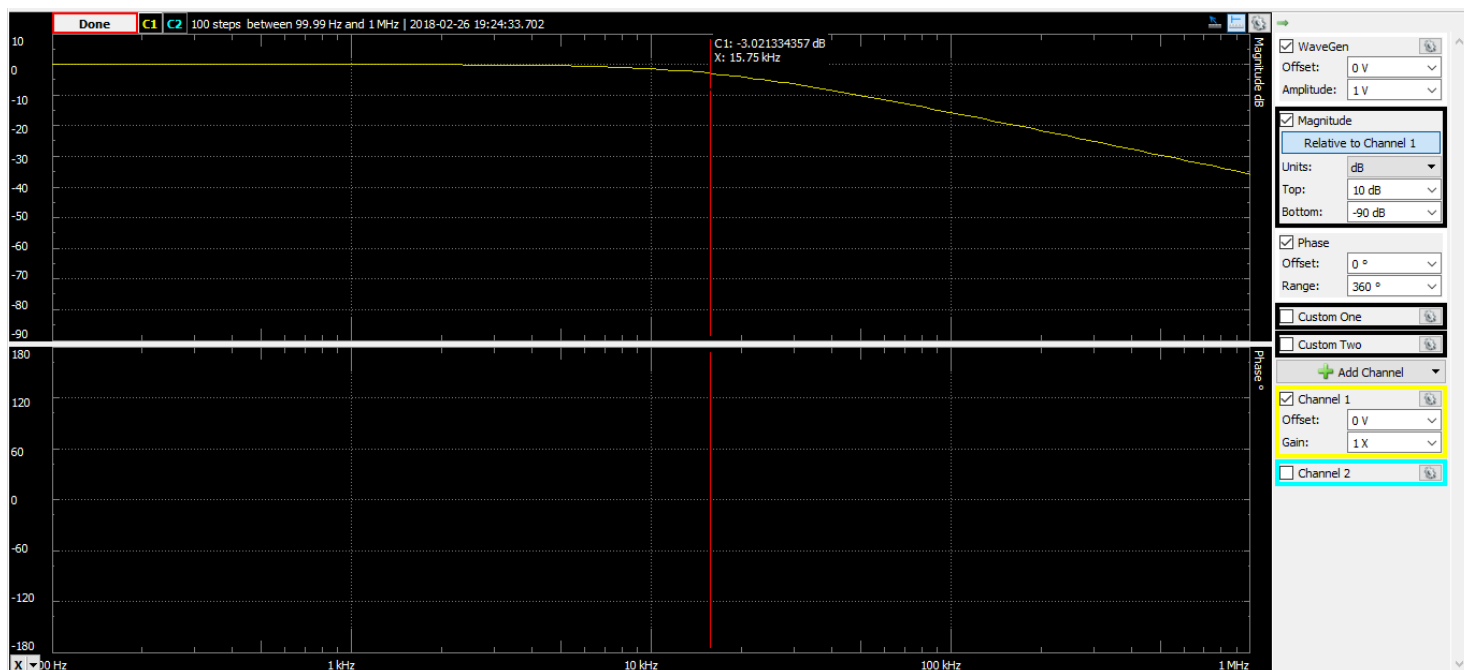
Розраховуємо К_и:

№	f, Гц	Ки теор	Ки практ	δ, %
1	0	1	1	–
2	3000	0,983	0,977	0,58
3	6000	0,936	0,928	0,82
4	9000	0,870	0,862	0,97
5	12000	0,798	0,791	0,94
6	15000	0,728	0,721	0,93
7	15916	0,707	0,701	0,86
8	18000	0,662	0,657	0,82
9	21000	0,604	0,6	0,67
10	24000	0,553	0,55	0,48
11	27000	0,508	0,507	0,16
12	30000	0,469	0,469	0,07

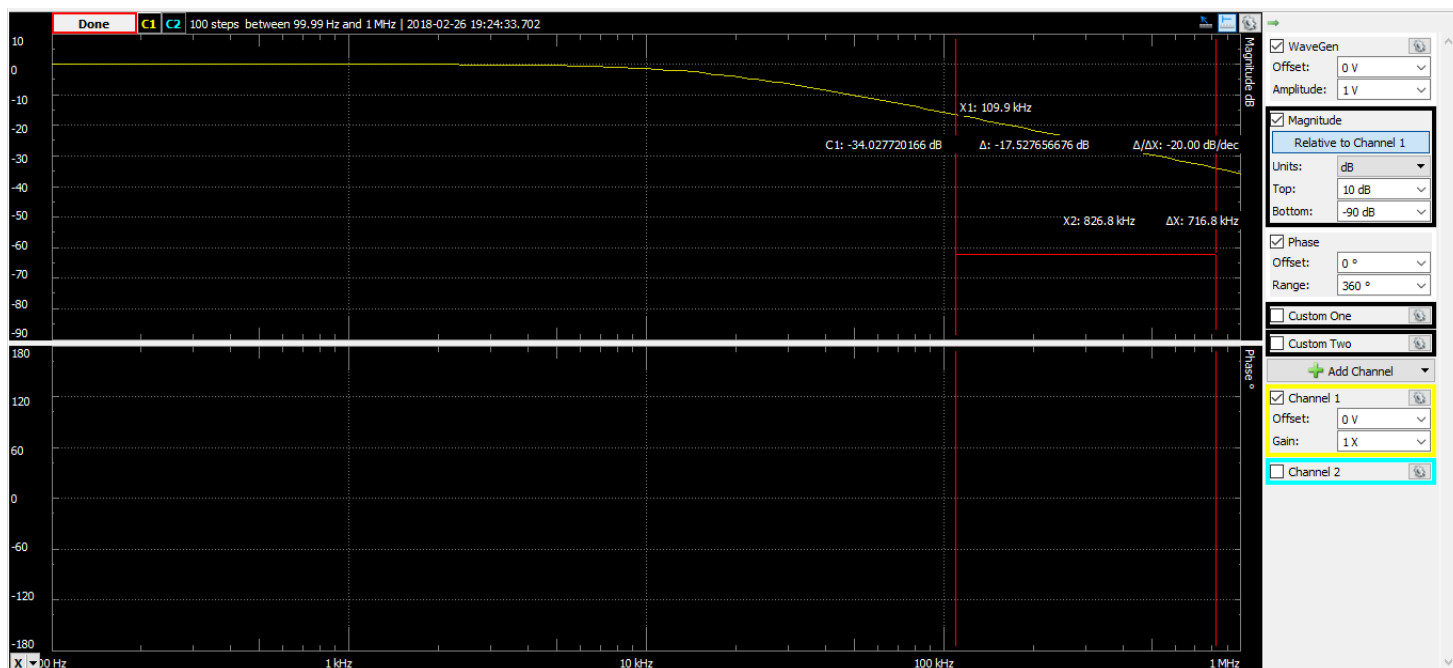
Перевірка, що К_и на частоті близькій до нуля в корінь з двох раз більший, ніж К_и на частоті зрізу:

$0.701 * 1.41 = 0.988$, що доволі близько до значення К_и на мінімальній частоті з вибірки.

АЧХ фільтра низьких частот:



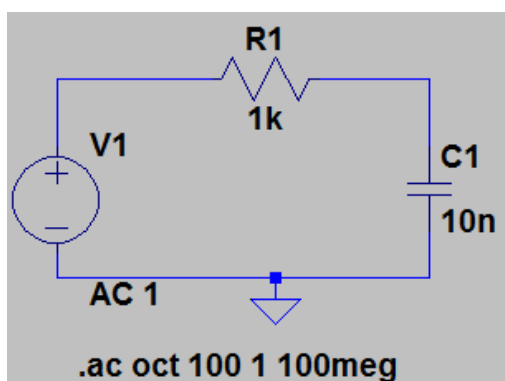
Як видно, точка частоти зрізу знаходиться на частоті 15.75 кГц, що на 1.04% відрізняється від теоретичного значення.



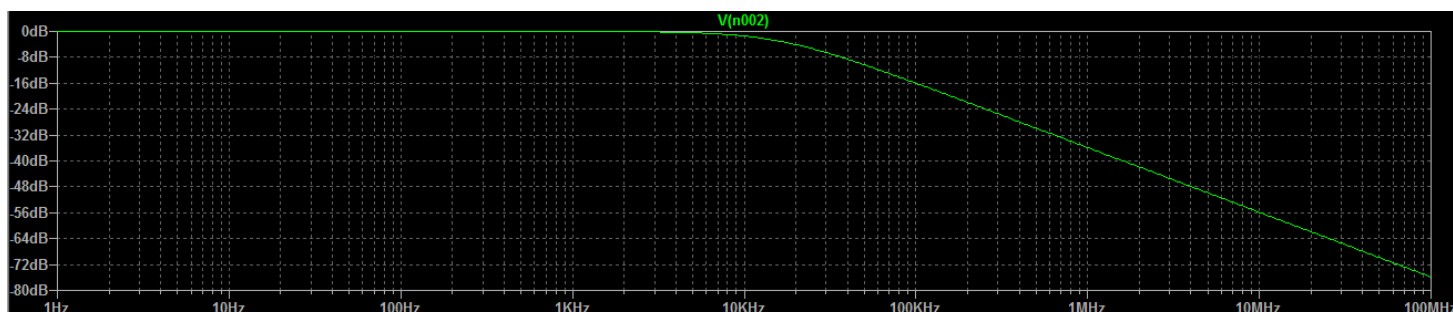
Швидкість спадання становить -20 дБ/дек, що відповідає очікуванням.

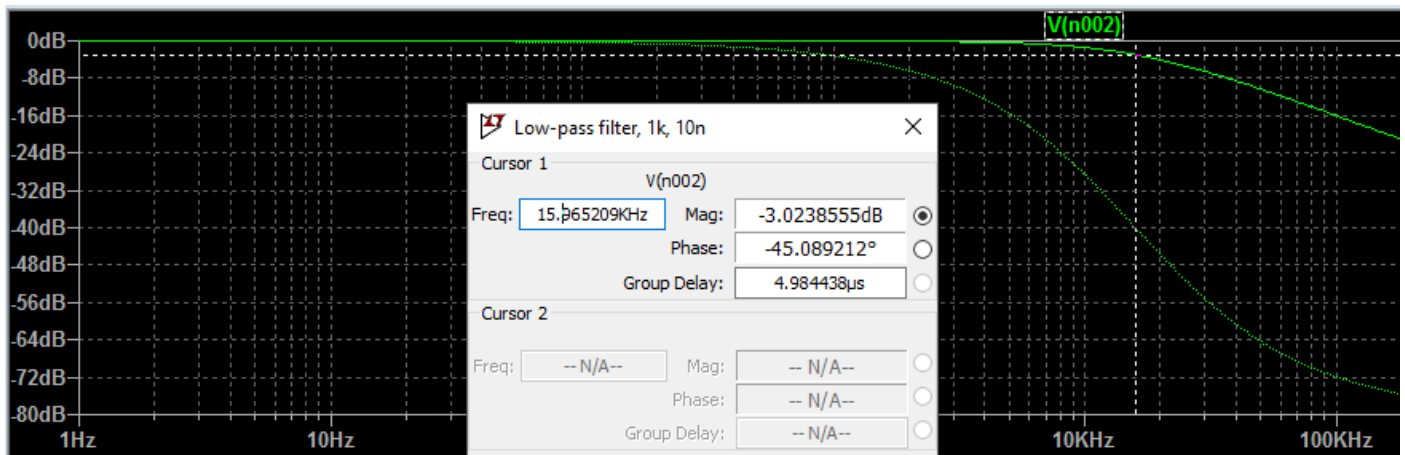
Симуляція в LTSpice:

Схема:



Вигляд АЧХ:





Як видно, точка частоти зрізу знаходиться на частоті 15965 Гц, що відрізняється від теоретичних розрахунків всього на 0.3%.

Висновки

Отже, в процесі виконання цієї лабораторної роботи, були досліджені суматор напруг на резисторах, RC-ланцюжок та RC фільтр низьких частот.

Були розраховані теоретичні значення вихідної напруги на суматорі напруг, час заряду/розряду конденсатора, частота зрізу ФНЧ, і перевірені на практиці. Також був розрахований коефіцієнт передачі за напругою для ФНЧ для частоти зрізу та значень частот вище/нижче частоти зрізу, побудований графік АЧХ фільтра низьких частот за допомогою Network Analyzer плати Analog Discovery.

Також виконані дослідження були промодельовані в LTSpice.