

Виконавець: Белицький Дмитро Олександрович, студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Фізичний факультет, 2курс, 5-А група.

**Лабараторна робота з аналогової електроніки №2**

**ПРОХОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ ЧЕРЕЗ ПАСИВНІ ЛІНІЙНІ ЧОТИРИПОЛЮСНИКИ**

Дата написання: 06.02.2021

--Звіт складається з 4 частин, сумарним об'ємом 13 сторінок, у кожній частині наведено такі скріншоти: принципову схему, скріншот сигналу, АЧХ, ФЧХ, та скріншот Меандру.

--В звіті подається описання властивостей лінійних чотирьохполюсників(ФВЧ,ФНЧ, загороджувальний та смуговий фільтр)

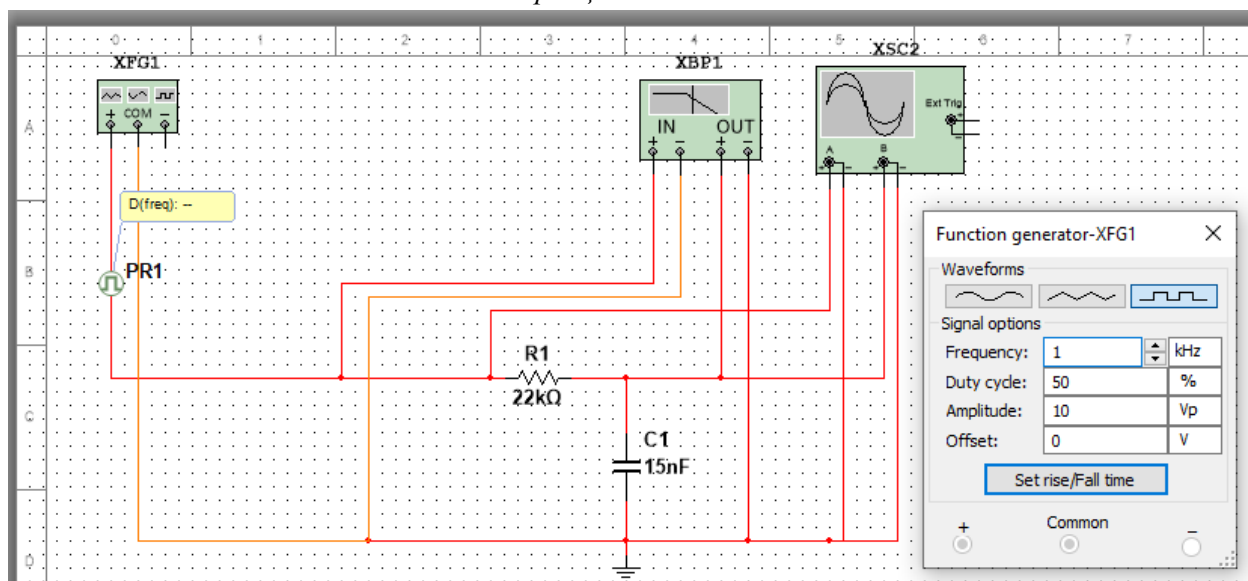
--Мета роботи ознайомитися з принципами роботи лінійного пасивного чотирьохполюсника

--Метод дослідження комп'ютерна симуляція в програмі Multisim 14.0

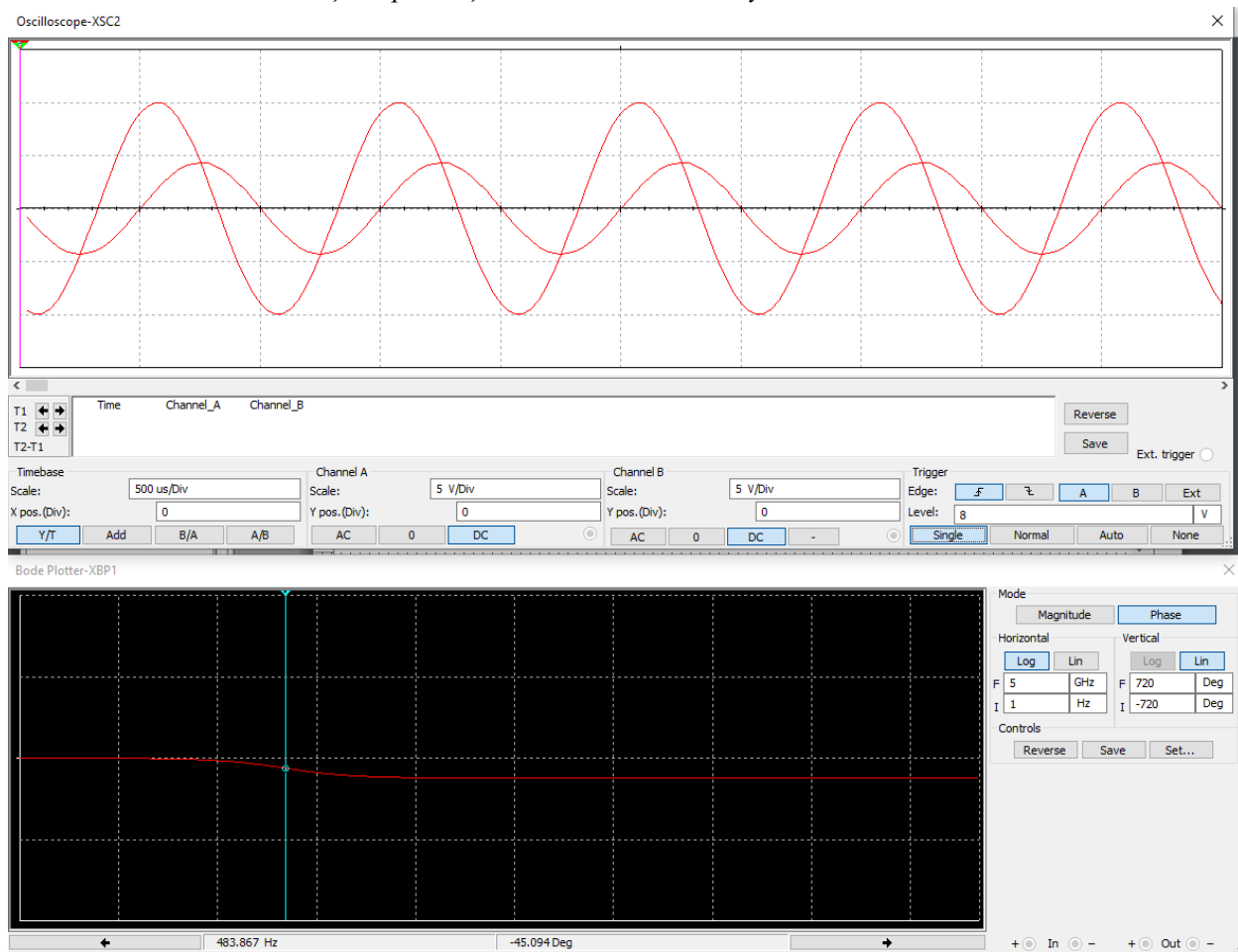
--Сфера застосування:з метою навчання.

--Значимість роботи: Виключно в цілях освіти.

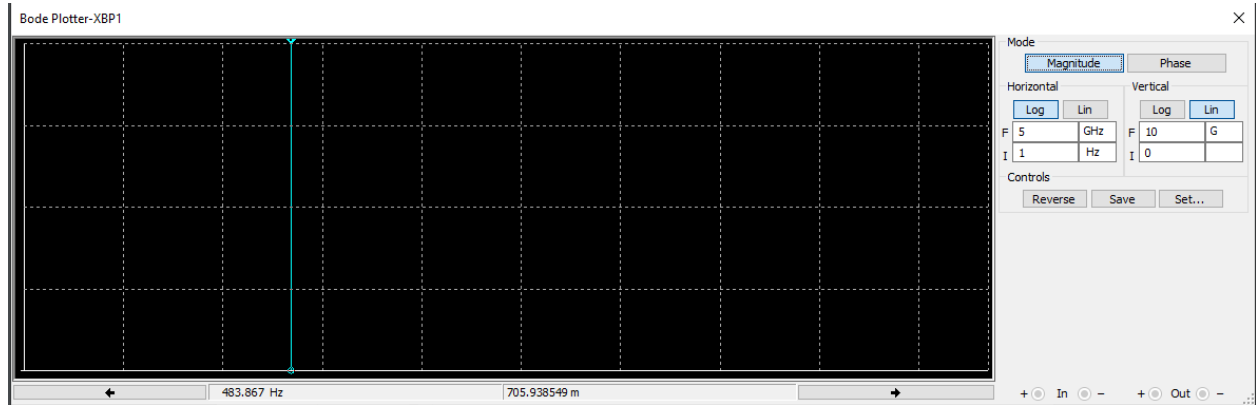
## Принципова схема



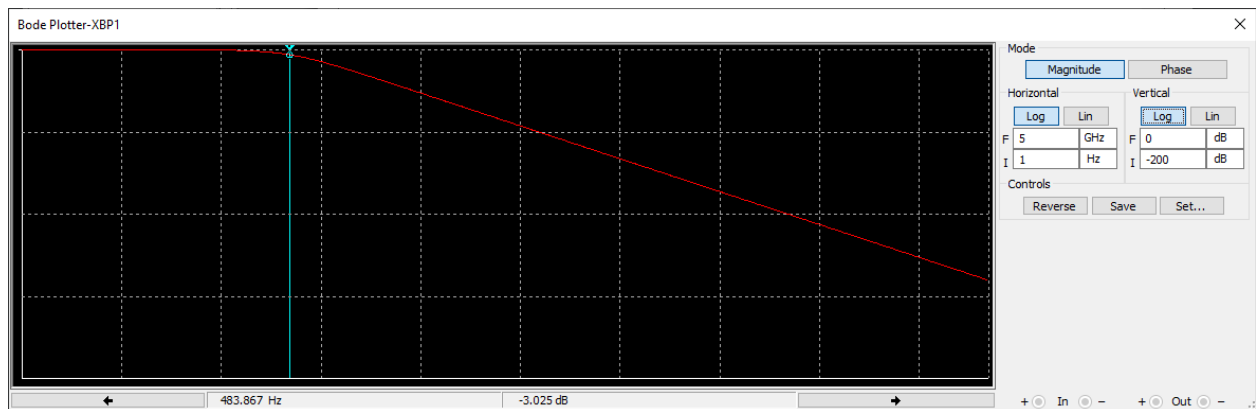
осцилограма цього кола на частоті у 1kHz, та ФЧХ



Графік АЧХ в лінійному масштабі за вертикаллю(з невідомих причин самого графіка не видно, але внизу вікна відображається частота та відповідна напруга в умовних одиницях.)



той же самий графік але в логорифмічному масштабі



### Чотирьохполюсник(НЧ фільтр)

На першому малюнку зображено схему , яка складається з резистора номіналом **22 ком**, та конденсатора ємністю **15 nF** нижче зображено осцилограму цього кола на частоті у **1kHz** , осцилограма зображає напругу на джерелі та на конденсаторі(виході чотирьохполюсника). Далі зображено фазову діаграму.

Як бачимо зсуву фази у 45 градусів, абож  $\pi/4$  радіан відповідає частота в **484 Hz**, нижче зображено АЧХ в лінійному масштабі за вертикаллю, вихідна амплітуда становить 1000 умовних одиниць, на частоті ж в **484 Hz** амплітуда становить 706 одиниць, що дорівнює  $1000/(\sqrt{2})$ , як це і передбачає теорія. Для заданих номіналів частота зрізу низькочастотного пасивного фільтра дорівнює **484 Hz**.

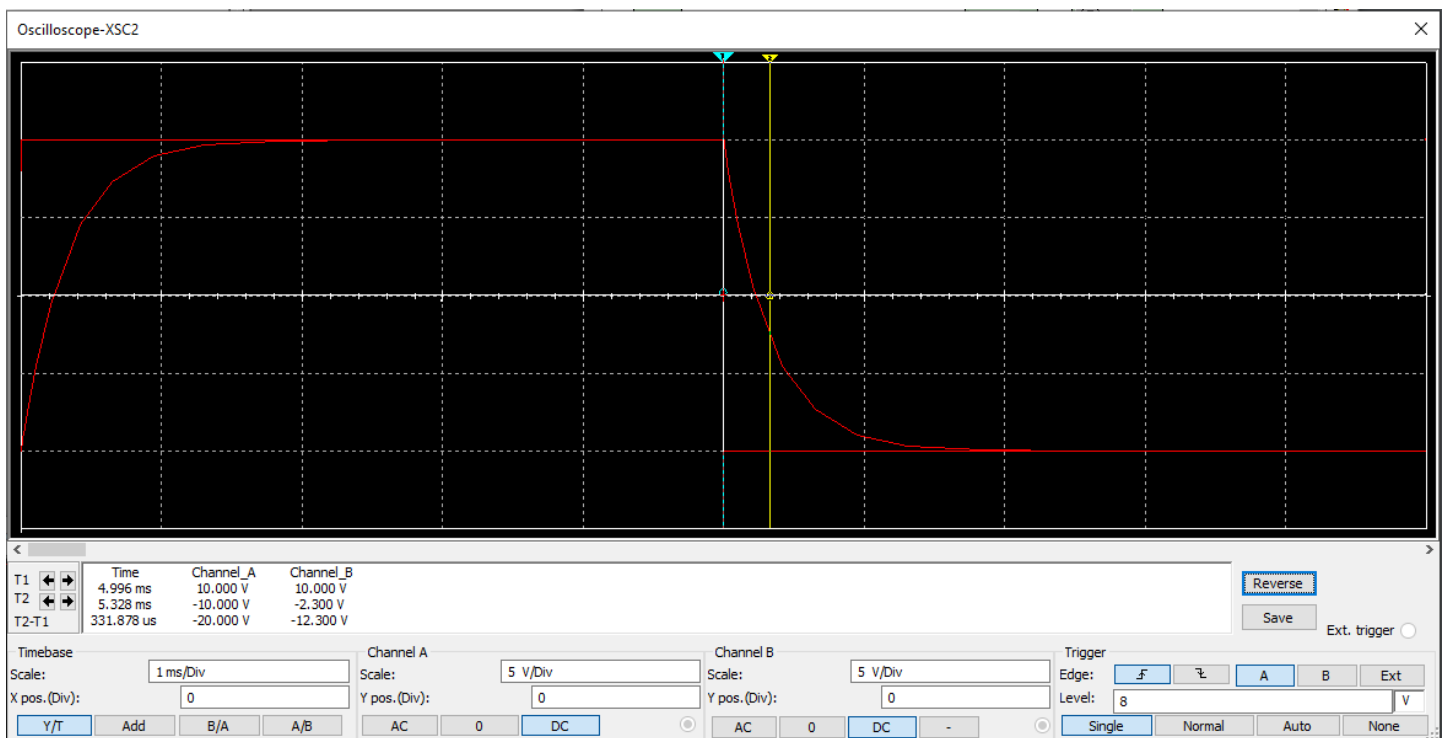
**Теоретичні розрахунки:** коефіцієнт передачі для НЧ фільтра розраховується за формулою:

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + (wRC)^2}}$$

Звідки знайдемо частоту зрізу( $K=1/1,41$ )

$$v = \sqrt{\left(\frac{1}{K^2} - 1\right)} * \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 * 3.14 * 22 * 15 * 10^{-6}} = \frac{10^6}{2072.4} = 483.6 \text{ Hz}$$

## Меандр



Виміряємо перехідну характеристику для фільтра, для цього подамо на вхід меандр.

Для даного кола  $RC=330 \cdot 10^{-6} \text{с}=3.3 \cdot 10^{-4}=330 \text{ us}$  щоб заміряти перехідні характеристики потрібно  $\tau_{\text{сиг}} \gg RC$ , візьмо  $n=100 \text{Hz}$   $T=1/100=0.01 \gg 0.00033$ .

На осцилограмі відстань між голубим та жовтим маркером 330 мікросекунд, що відповідає сталій **RC**.

Теоретичні розрахунки. Напруга на конденсаторі під час перехідного процесу дається формулою:

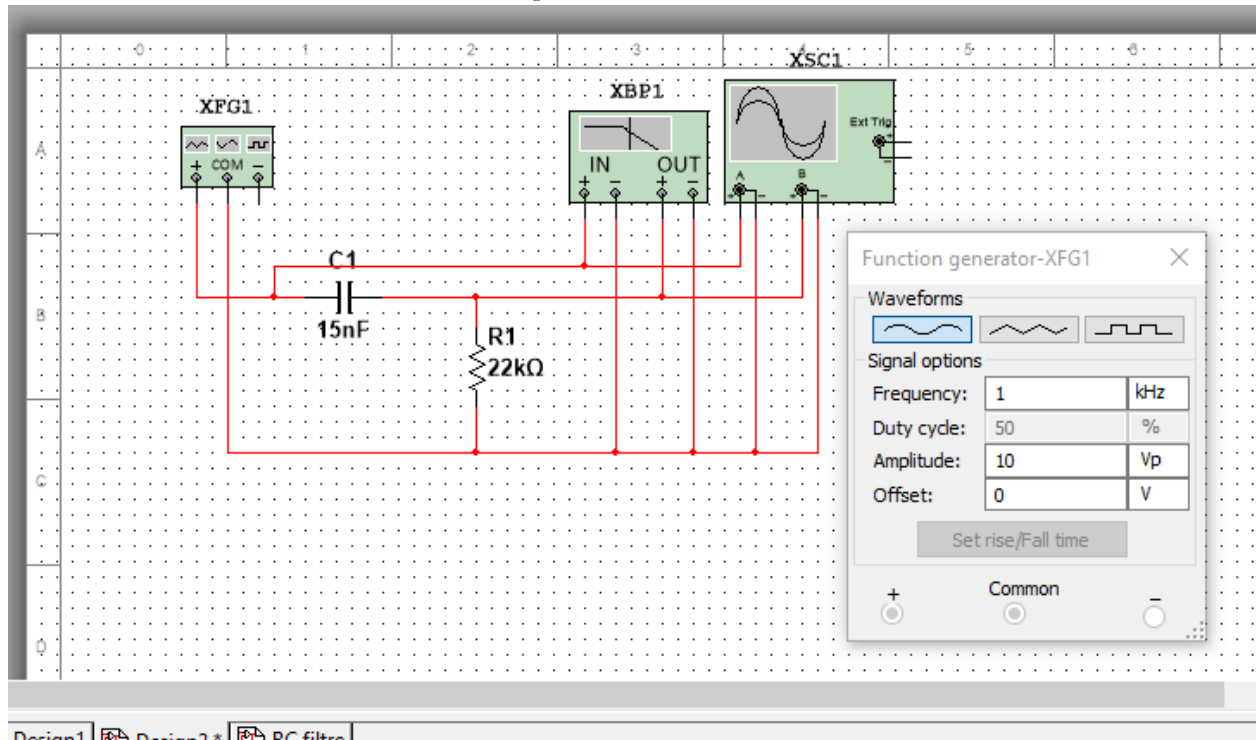
$U_c = U \cdot \exp(-t / RC)$  тут амплітуда 10 вольт(змінна напруга), що еквівалентно 20 вольтам постійної напруги(розмах),  $U_c = 20 \cdot \exp\left(\frac{-RC}{RC}\right) = 20 \cdot 1/2.718 = 7.35$  вважаючи за 0 вольт -10вольт на графіку таким чином 7,36 вольт відповідає  $7,36-10=-2,64$  вольт, що приблизно дорівнює -2,3 вольтам отриманим у симуляції.

## Фільтр ВЧ

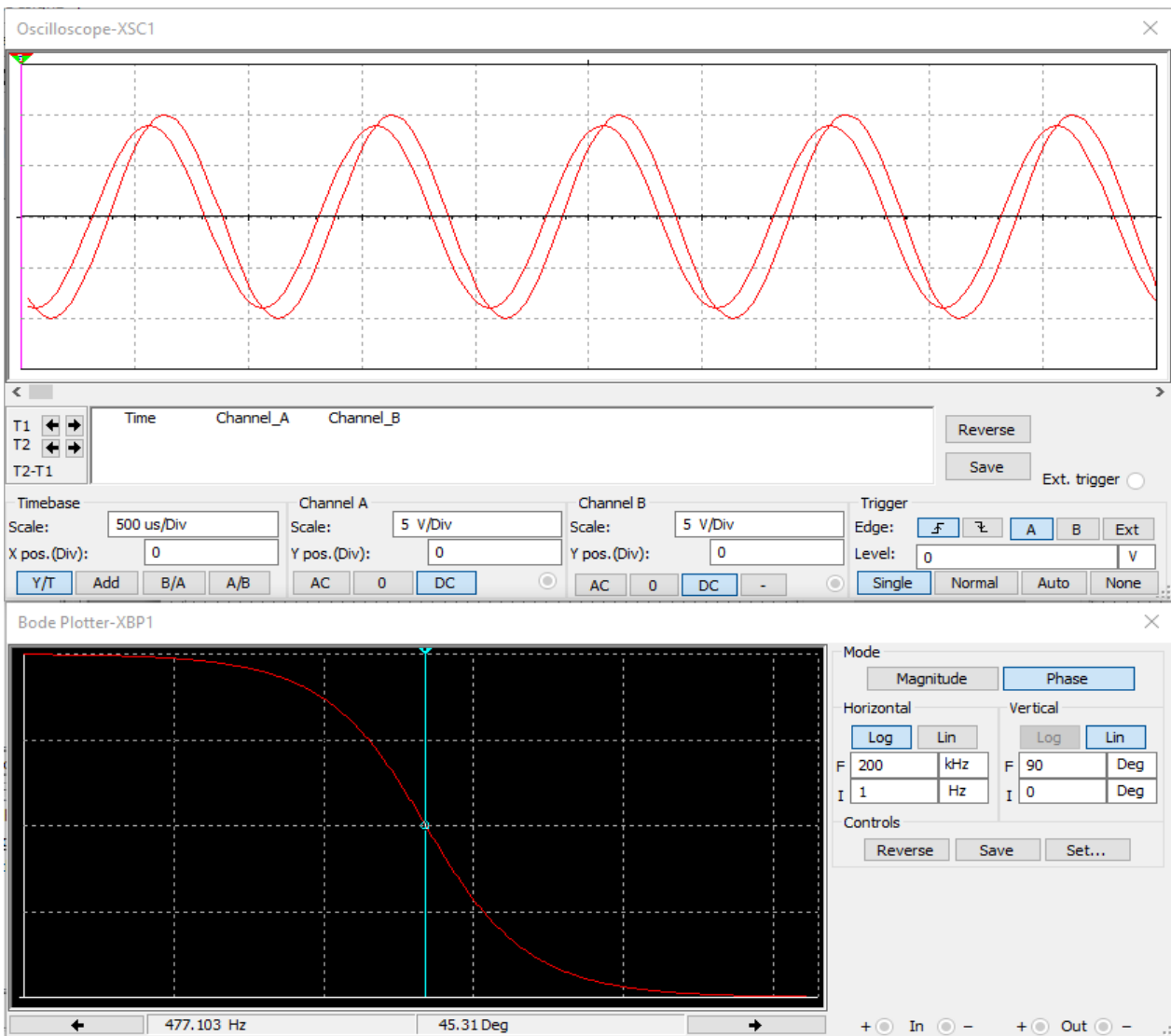
Схема дослідження:

- 1 виміряти АЧХ ФЧХ.
- 2 Виміряти зміщення фаз.
- 3 Виміряти перехідні характеристики.

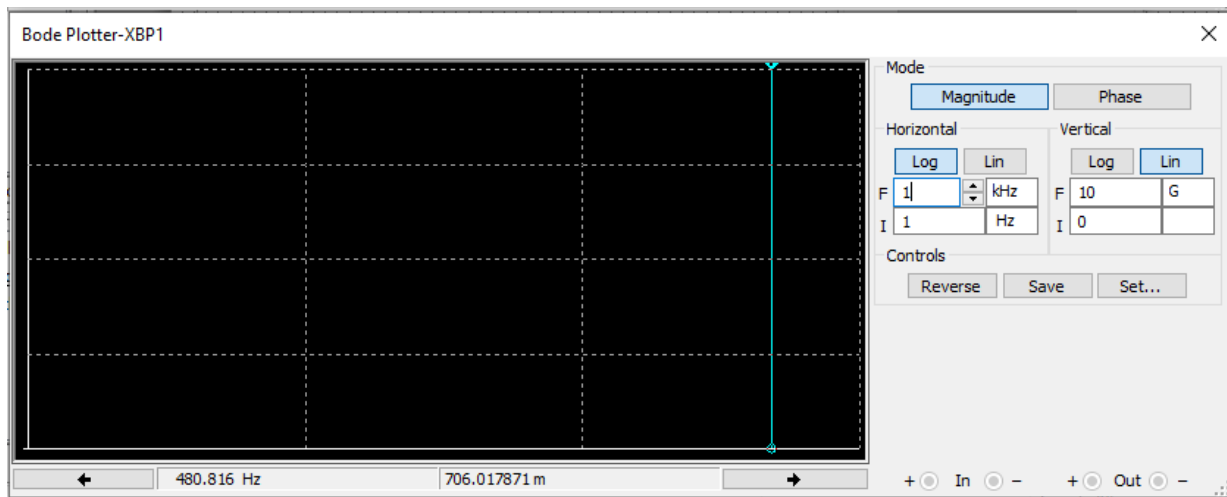
## Принципова схема



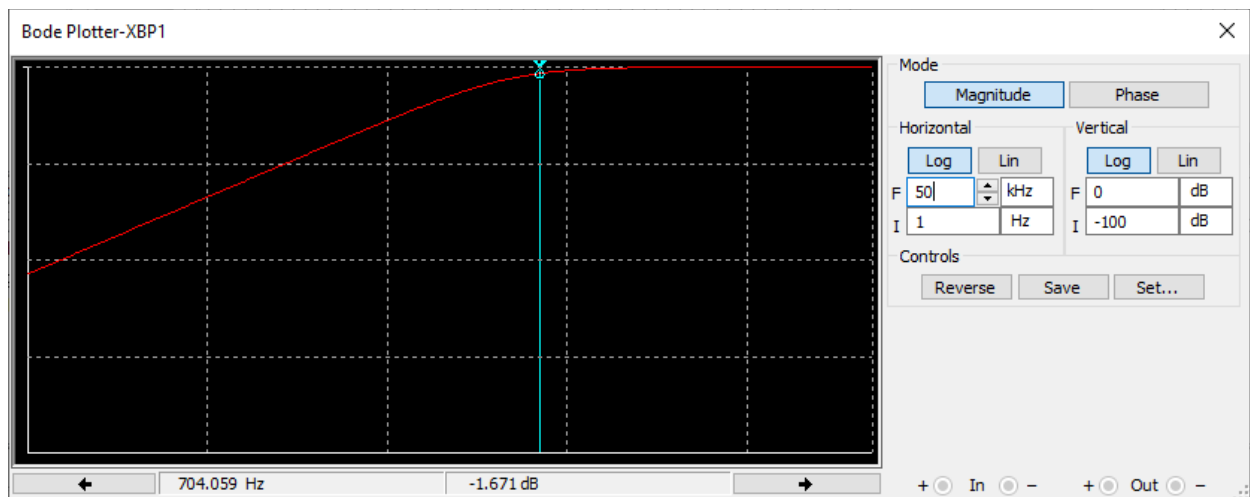
## Осцилограмма та ФЧХ



*АЧХ(лінійна за вертикальним масштабом)*



*АЧХ(логарифмічна за вертикальним масштабом)*



Чотирьохполосник, ВЧ фільтр складається з послідовного з'єднання резистора та конденсатора, вихідний сигнал знімається з резистора на першому малюнку вгорі зображено електричну схему.

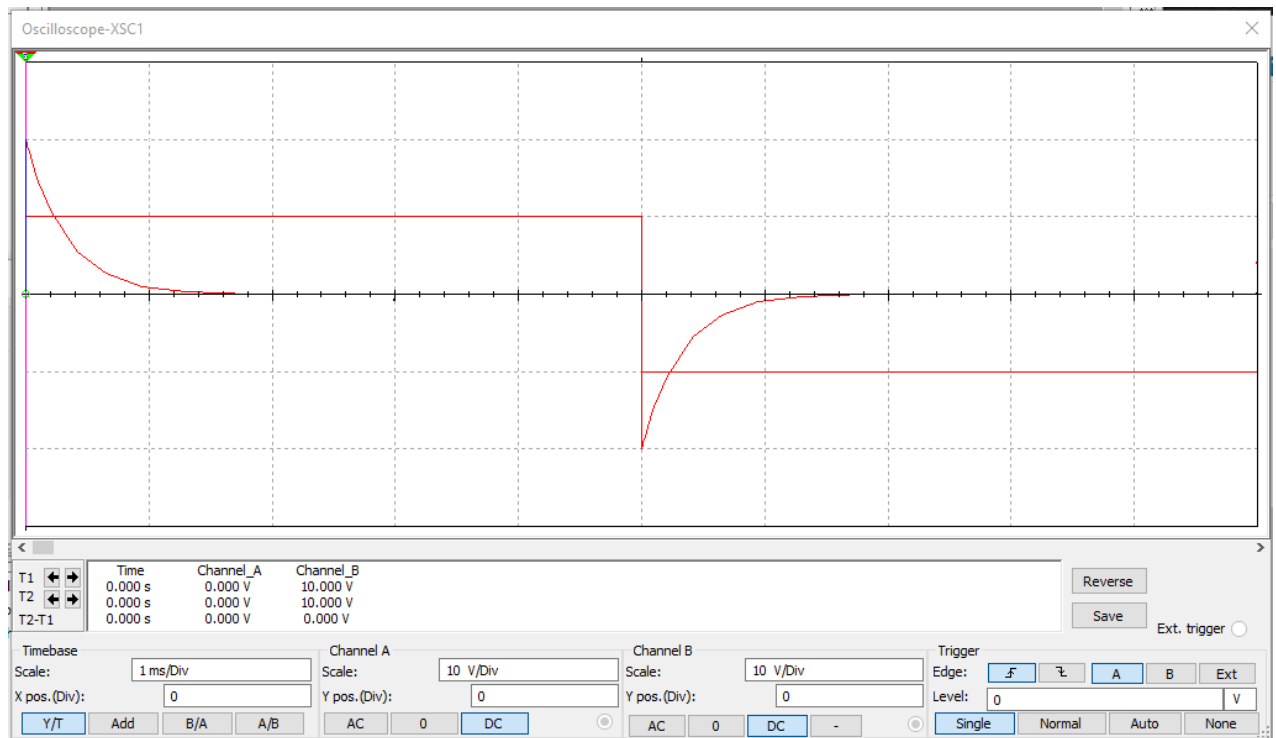
З генератора подається синусоїдальний сигнал частотою **1kHz**, на першому скріншоті вгорі зображено дві осцилограми, одна показує напругу на резисторі, а друга напругу на виході генератора.

Далі зображено фазову діаграму, як бачимо зсуву фази в **45 градусів** відповідає частота **477Hz**,

Що повинно відповідати частоті зрізу фільтра, і дійсно, як видно з графіку АЧХ нижче(вертикальна шкала лінійна від 0 до 1000 умовних одиниць) частоті зрізу відповідає  $1000/\sqrt{2}=707$  одиниць, що спостерігається на частоті **480Hz**.

Тепер Дослідимо переходні характеристики., для цього подаємо меандр, частоту підбираємо таку, щоб стала **RC** була  $\ll$  період меандру. Вище було досліджено фільтр **НЧ**, який складається з тих же компонентів, а тому стала **RC** НЧ фільтра дорівнює сталій ВЧ фільтра, тому можна взяти таку ж частоту як і в досліді переходних характеристик **НЧ** фільтра -**100Hz**

## Меандр



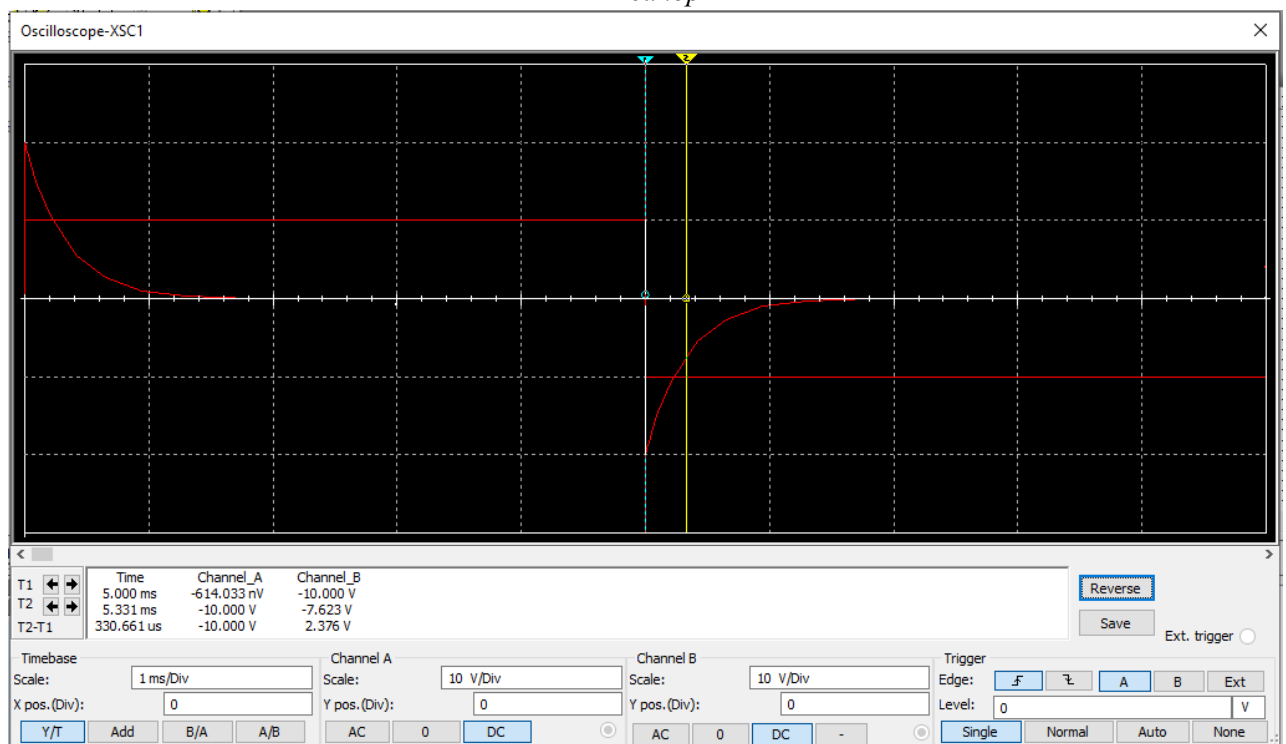
Стала RC дорівнює 330 мікрсекунд, якщо використати формулу

$$U_R = U * \exp(-t / RC)$$

$$U_R = -20 * \exp(-RC / RC) = -20 * 1 / 2.718 = -7.35$$

(1)

## Меандр

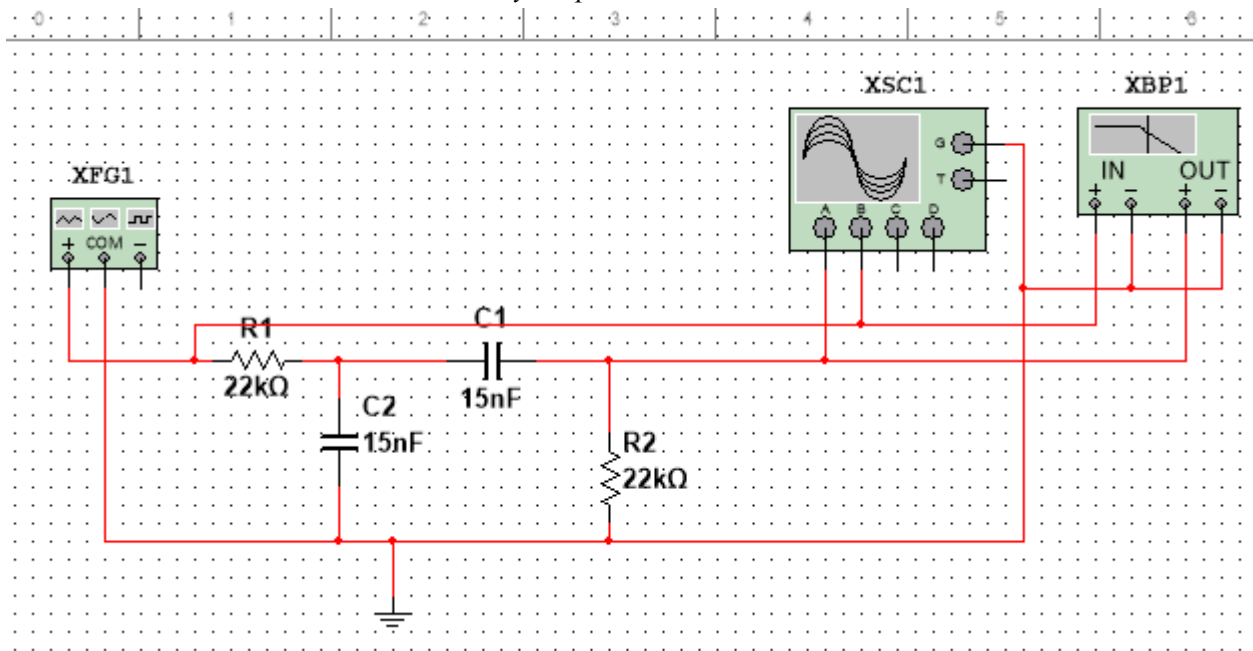


що як видно з цього малюнку, маємо -7,623 Вольтів спад напруги на резисторі що приблизно дорівнює теоретичним результатам. У виразі (1) беремо  $U_0$  рівною 20 вольтам, бо відразу після перемикачання напруги на генераторі, напруга складається з генератора -10 вольт та конденсатора на якому теж -10 вольт, оскільки вони з'єднані послідовно, то в суммі буде -20 вольт. На скріншоті вище масштаб 10 вольт на одну клітинку по вертикалі.

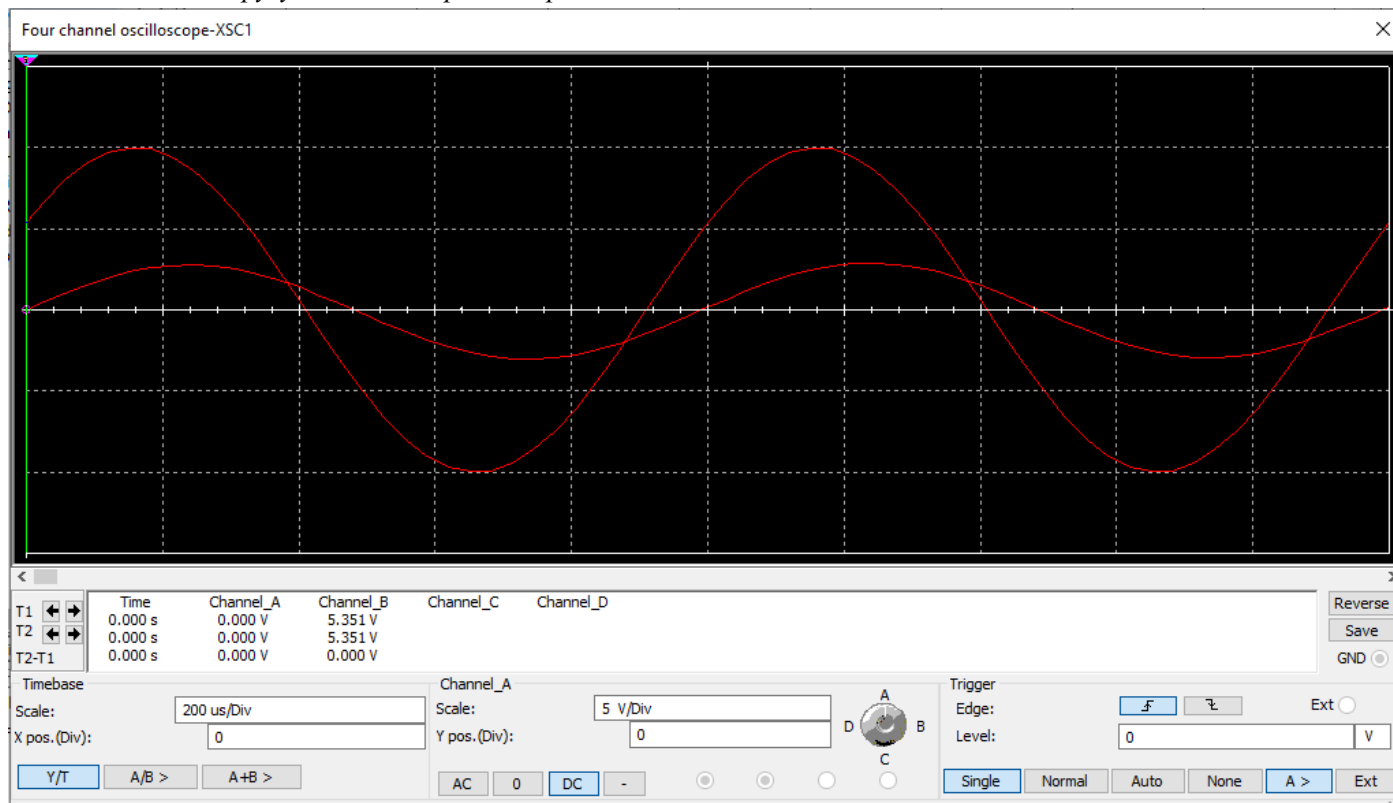
**Смуговий фільтр.**



Її схему зображено на малюнк нижче.

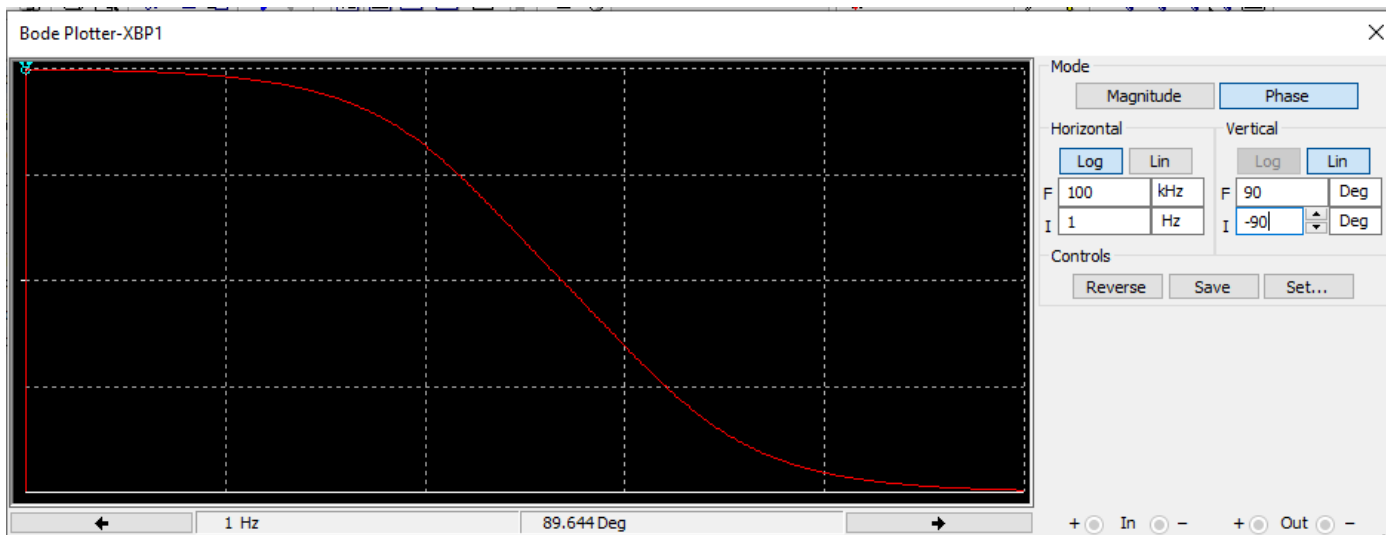


Напрягу Знімаємо з резистора **R2** сигнал на **1kHz** виглядає таким чином:

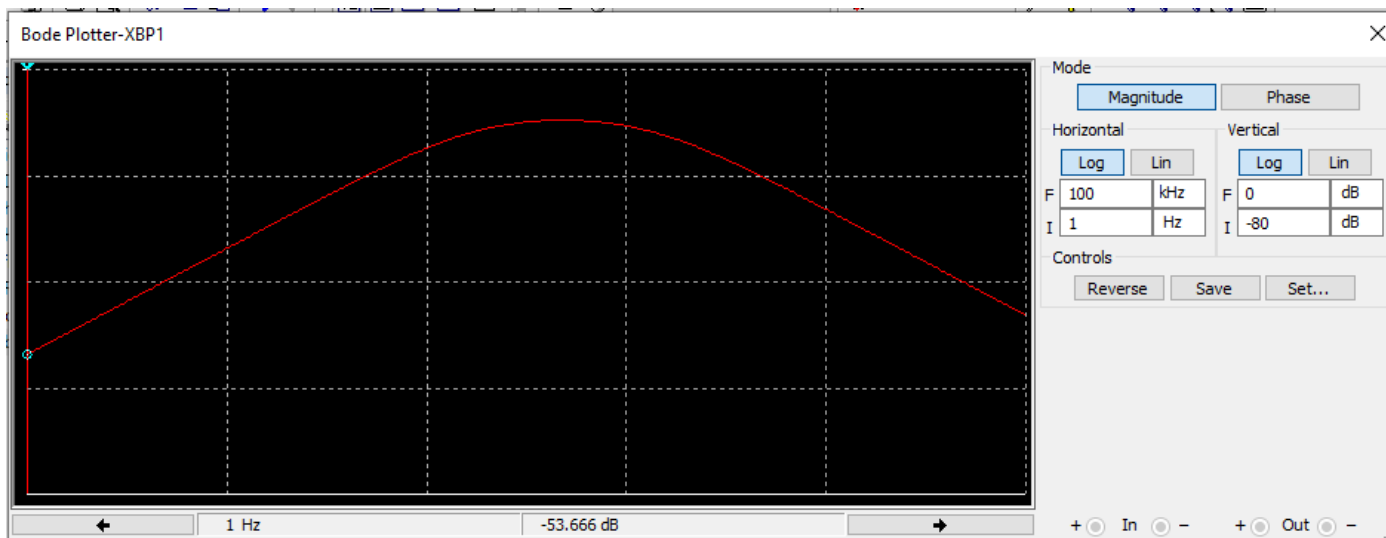


За допомогою інструмента Bode Ploter отримаємо ФЧХ та АЧХ.

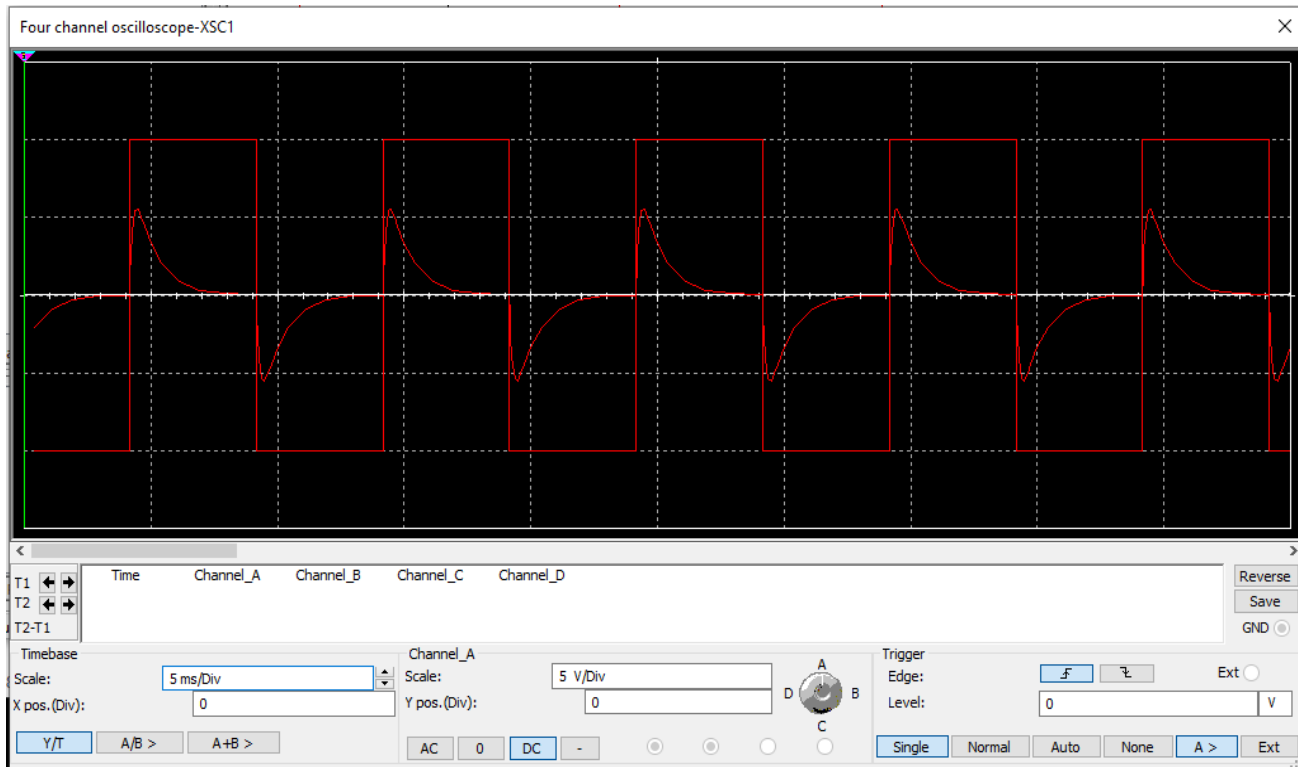
ФЧХ для смугового фільтра виглядає так:



*АЧХ має такий вигляд:*

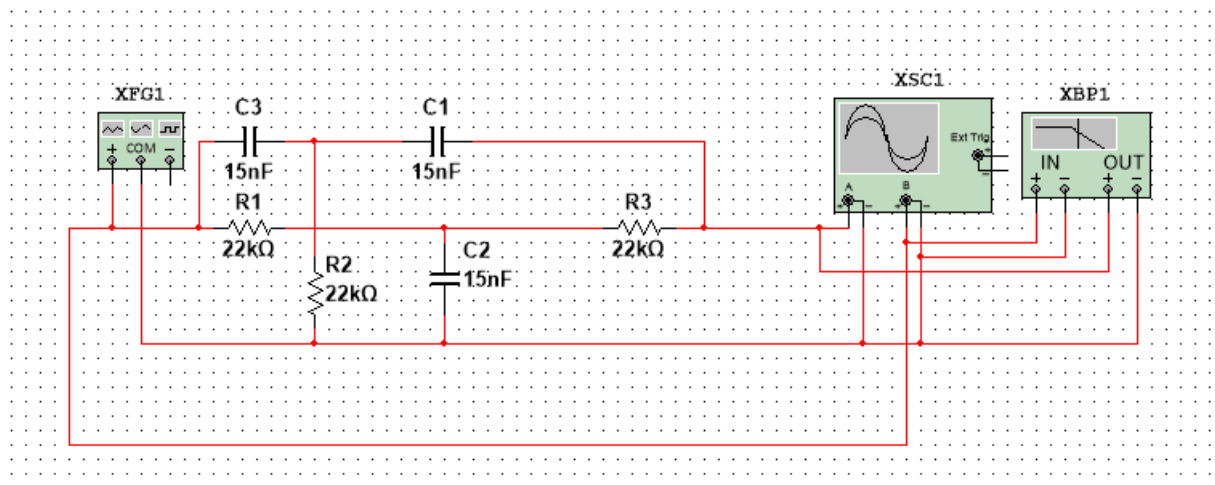


*Для меандру 100 Hz сигнал має такий вигляд:*

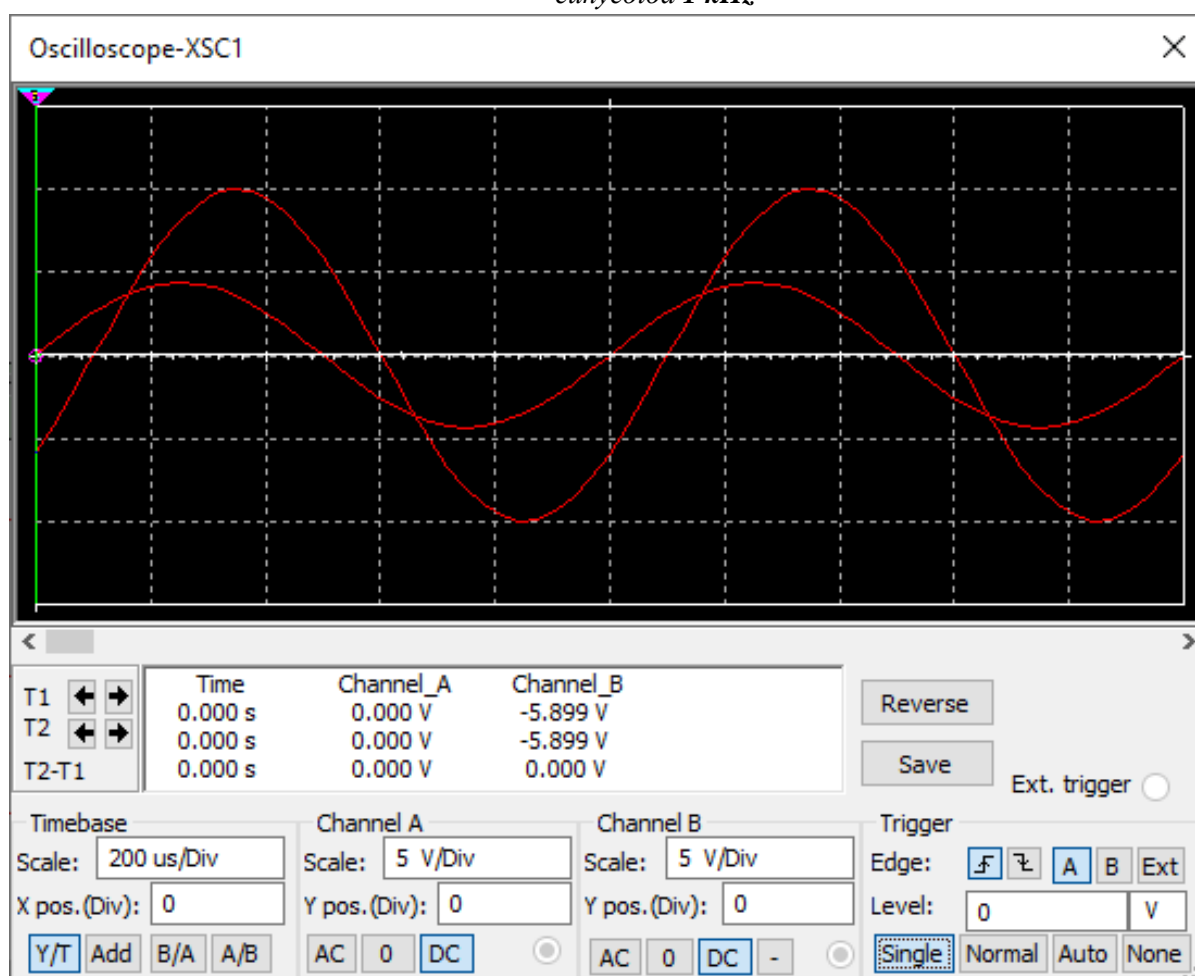


## Загороджувальний фільтр:

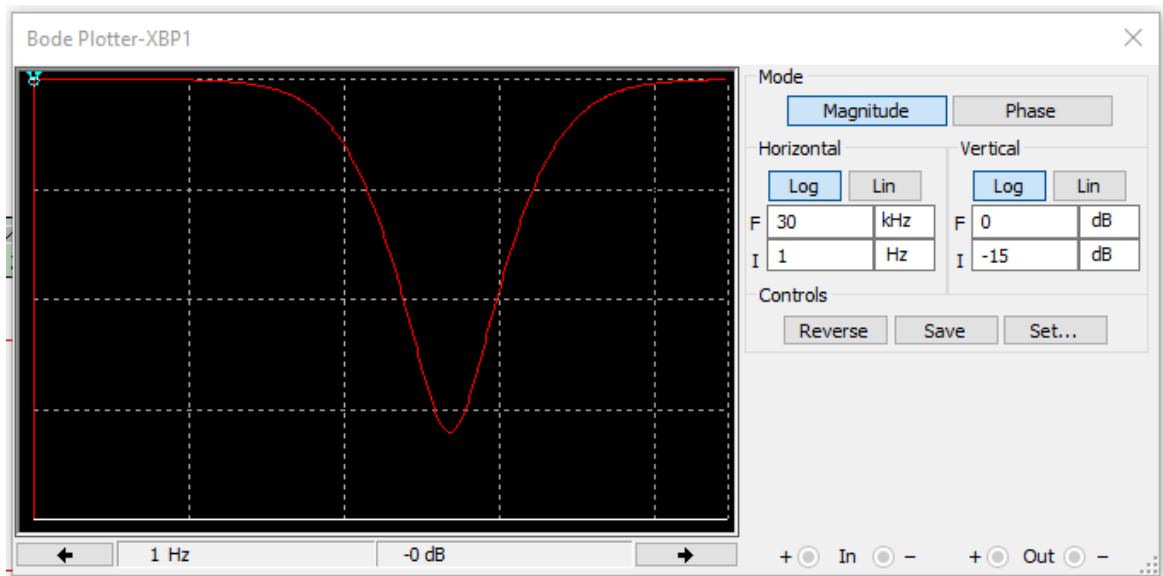
Схема:



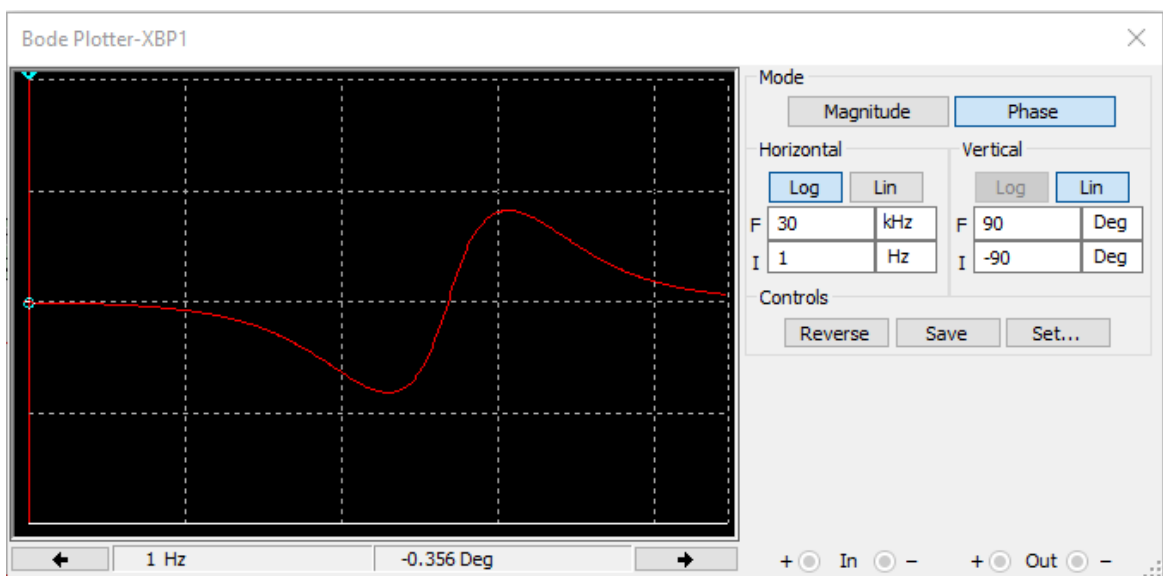
синусоїда 1 kHz



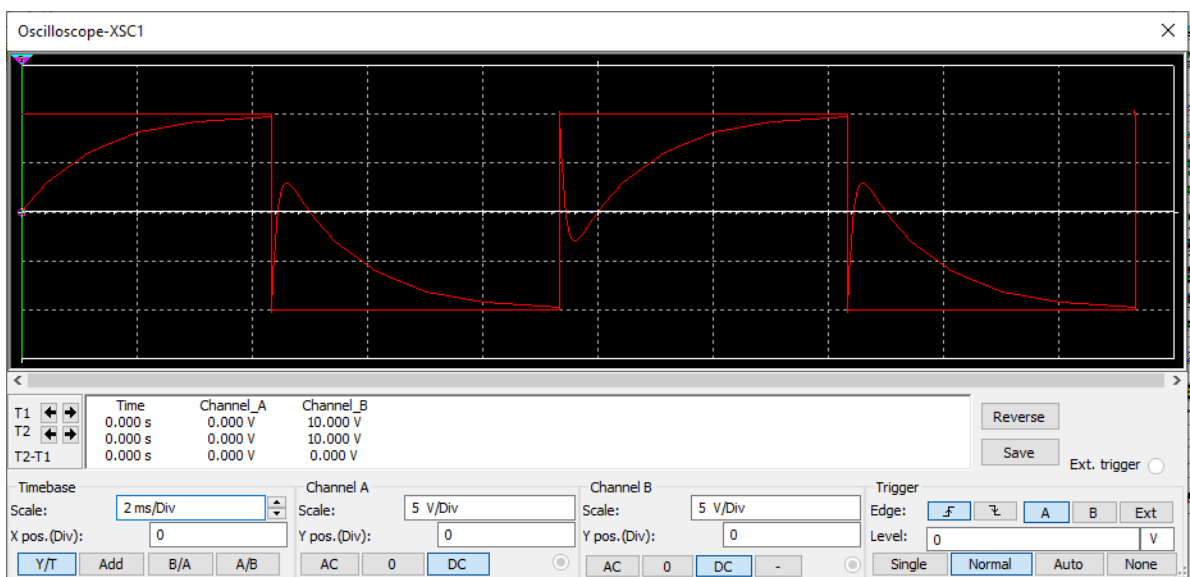
АЧХ:



$\Phi_{\text{ЧХ}}$



меандр 100 Hz



### *ВИСНОВОК:*

Виконуючи цю лабораторну роботу, я промодельовав НЧ фільтр, ВЧ фільтр, Загороджувальний та смуговий фільтр та ознайомився з їх характеристиками, так НЧ фільтр виділяє з сигналу лише коливання з відносно низькою частотою, ВЧ фільтр пропускає навпаки коливання з високою частотою,

Загороджувальний фільтр може “задавити” якусь шкідливу частоту в сигналі, смуговий же фільтр навпаки пропускає лише деякий діапазон частот.