

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 №2  
з дисципліни “Схемотехніка аналогової та цифрової радіоелектронної апаратури - 1”

Виконав:

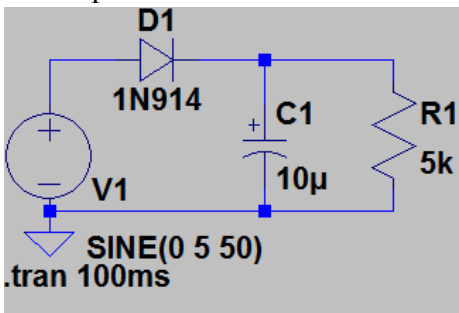
студент групи ДК-61

Кивгило В.М.

Перевірив:

доц. Короткий Є В.

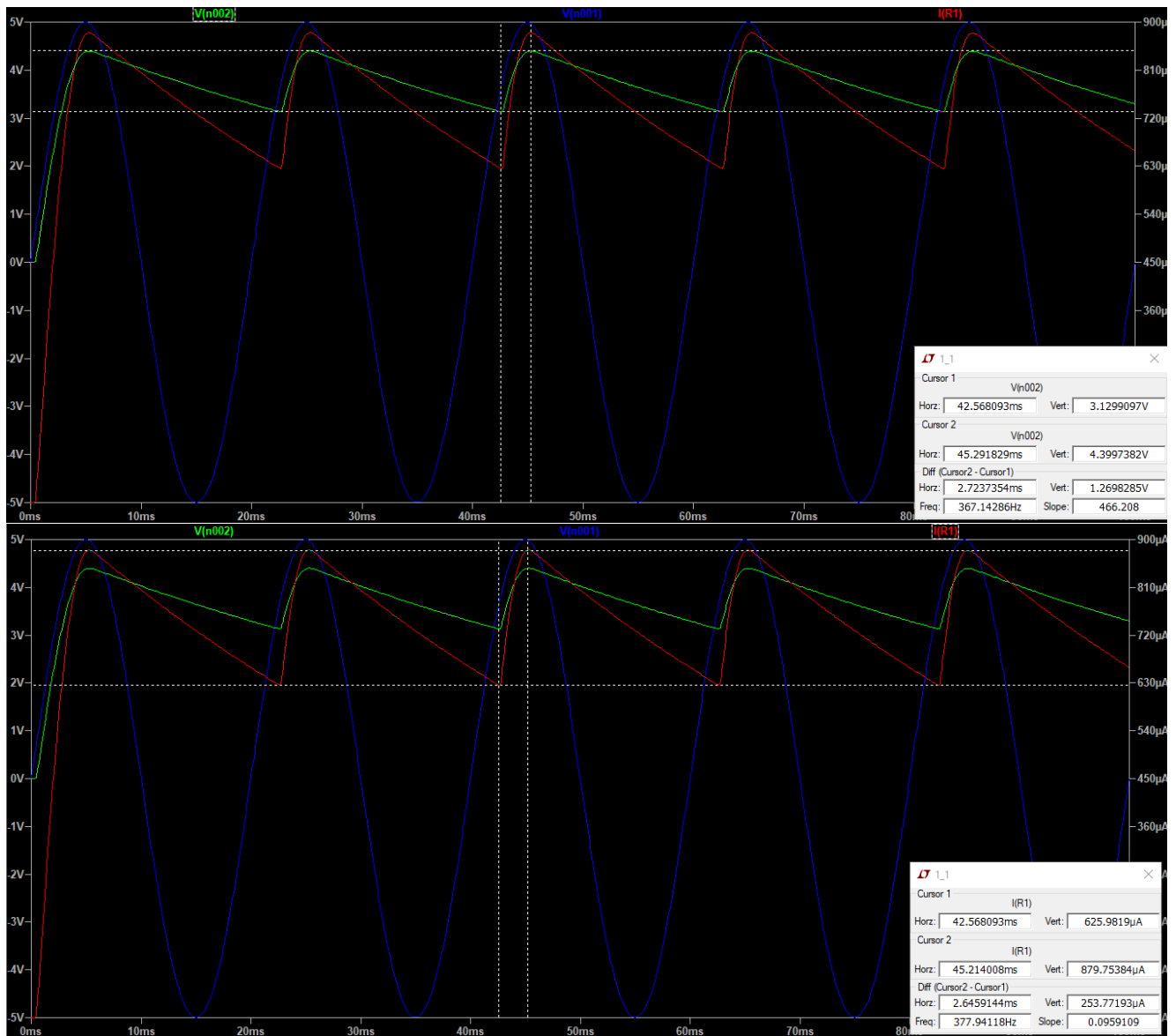
# 1. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.



а. Робимо симуляцію схеми

- $U_{вх}$  - гармонійний біполярний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц
- $C1$ - 10мкФ
- $R1$ - 5 кОм

На  $R1$  отримуємо 1.26 В:



Середній струм через навантаження склав:

$$I = \frac{626 + 879}{2} = 750 \text{ [мкА]}$$

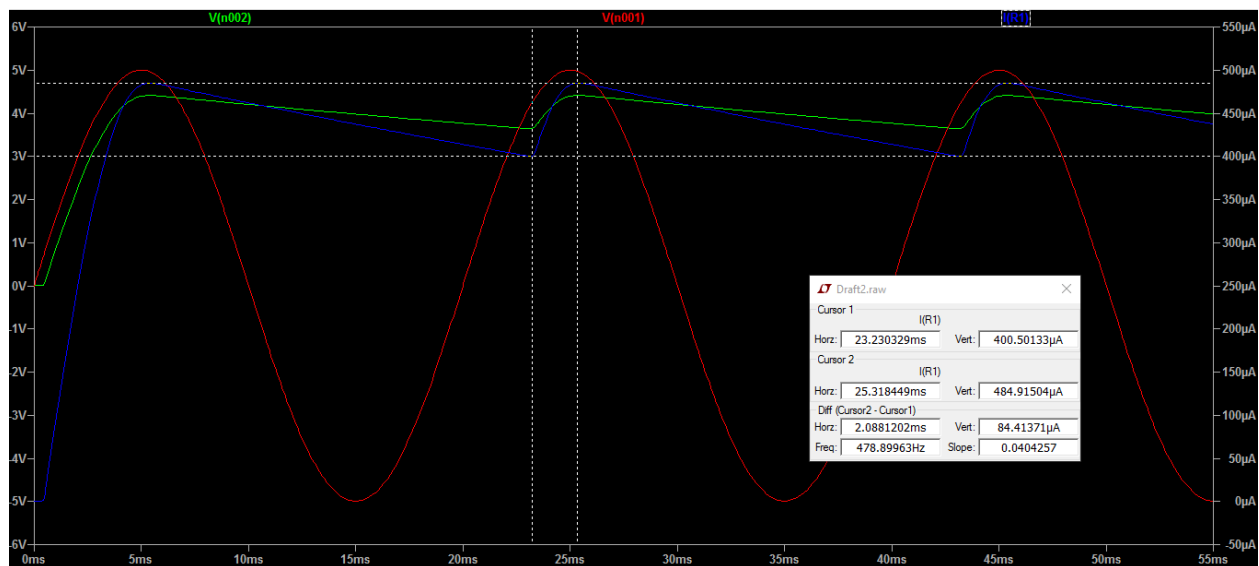
Для такої схеми випрямляча амплітуда коливань напруги має бути:

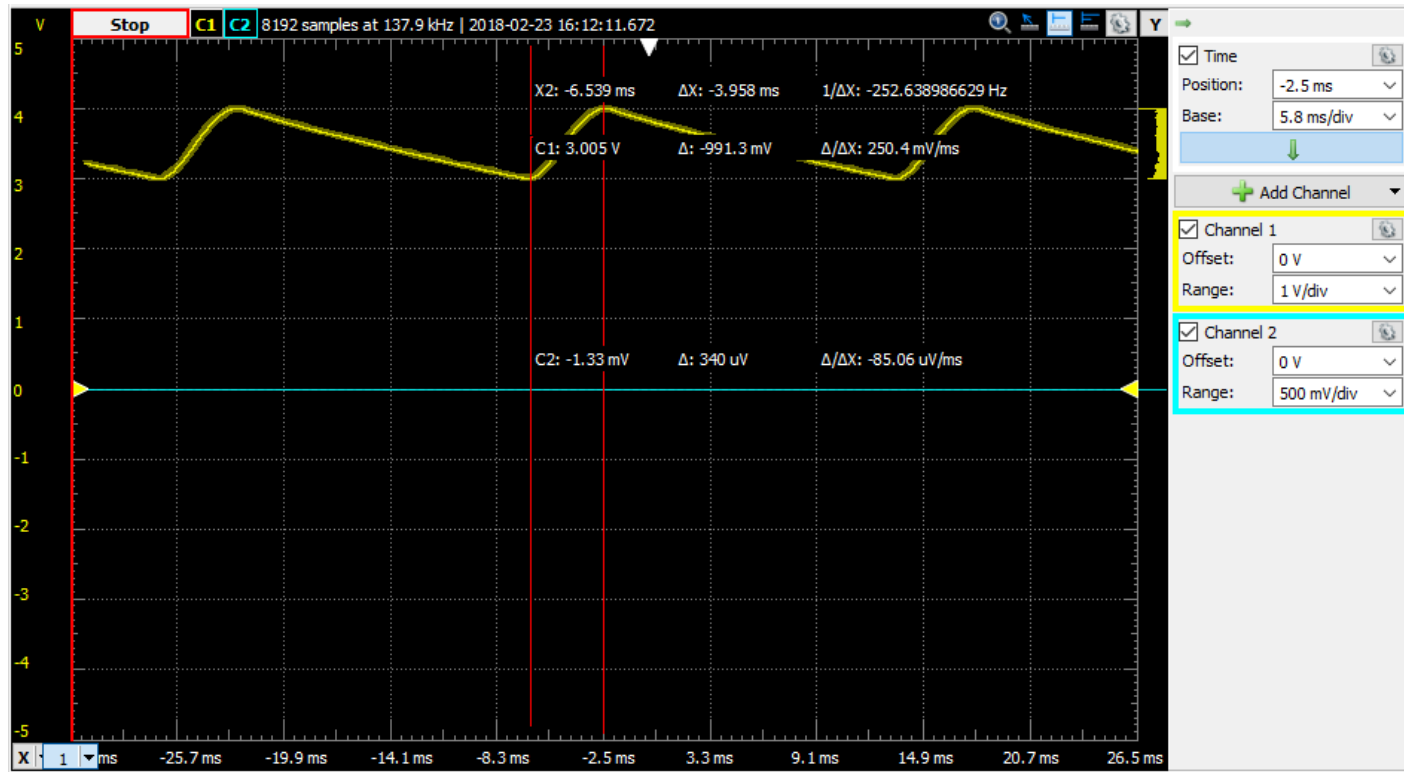
$$\Delta U = \frac{750 * 10^{-6}}{10 * 10^{-6} * 50} = 1,5 \text{ В}$$

б. Схему однонапівперіодного випрямляча було складено у лабораторії. Використали наступні компоненти:

- C -10мкФ
- R-5кОм

Подача сигналу та зняття результатів виконуємо завдяки Analog Discovery 2.





Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 1В, середній струм:

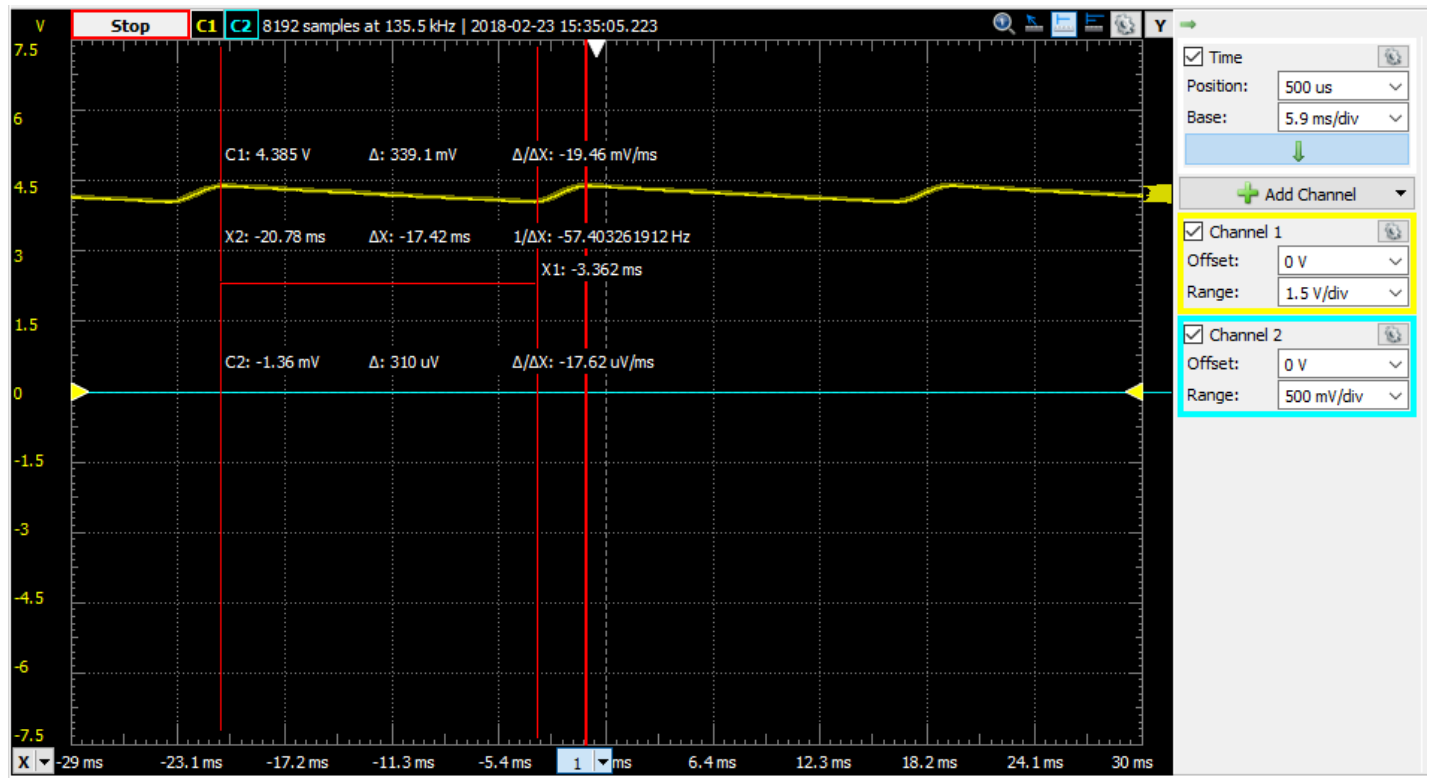
$$I = \frac{\frac{3,005}{5 \cdot 10^3} + \frac{3.991}{5 \cdot 10^3}}{2} = 700 \mu\text{A}$$

За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати

$$\Delta U = \frac{700 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 1.4 \text{ V.}$$

Похибку допуском резистору та недосконалістю моделі, з якої впливає ця формула (час розряду конденсатора).

Дослідження для R-20 кОм :



Амплітуда пульсацій:  $\Delta U = 339.1 \text{ мВ}$

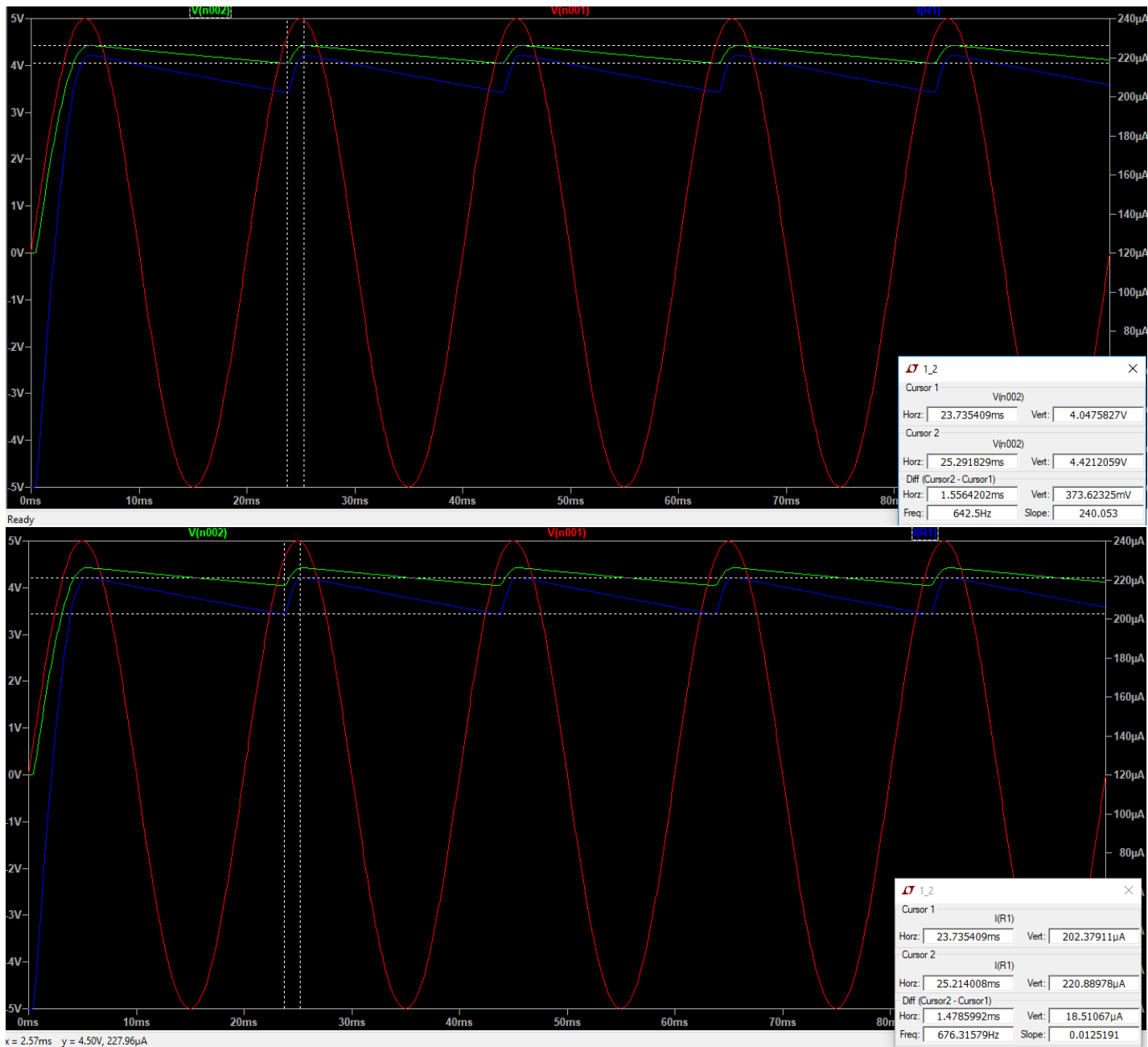
$$\text{Середній струм: } I = \frac{\frac{4,385}{200 \cdot 10^3} + \frac{4,04}{200 \cdot 10^3}}{2} = 210 \text{ мкА}$$

$$\text{Теоретично розрахована амплітуда пульсацій: } \Delta U = \frac{210 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 421 \text{ мВ}$$

Амплітуда пульсацій отримана в LTSpice:  $\Delta U = 373 \text{ мВ}$

Середнє значення струму в LTSpice:

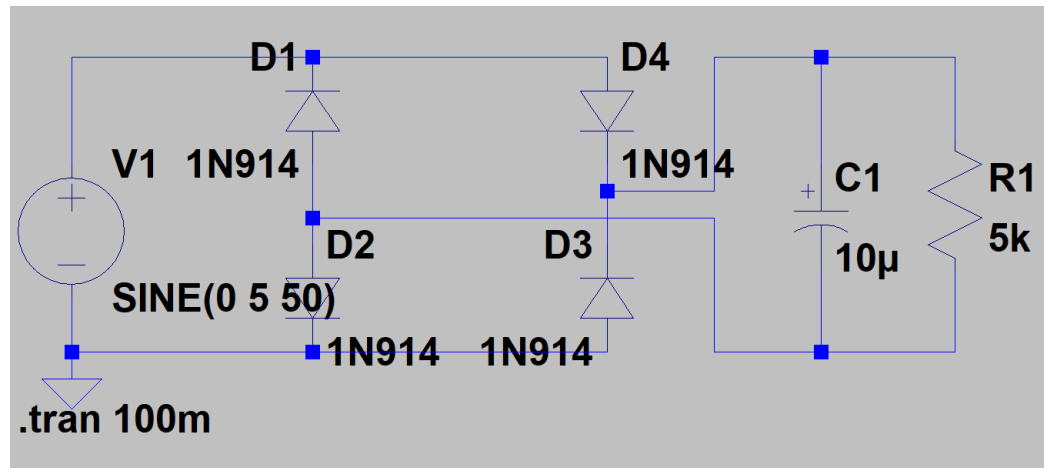
$$I = \frac{202 + 220}{2} = 211 \text{ [мкА]}$$



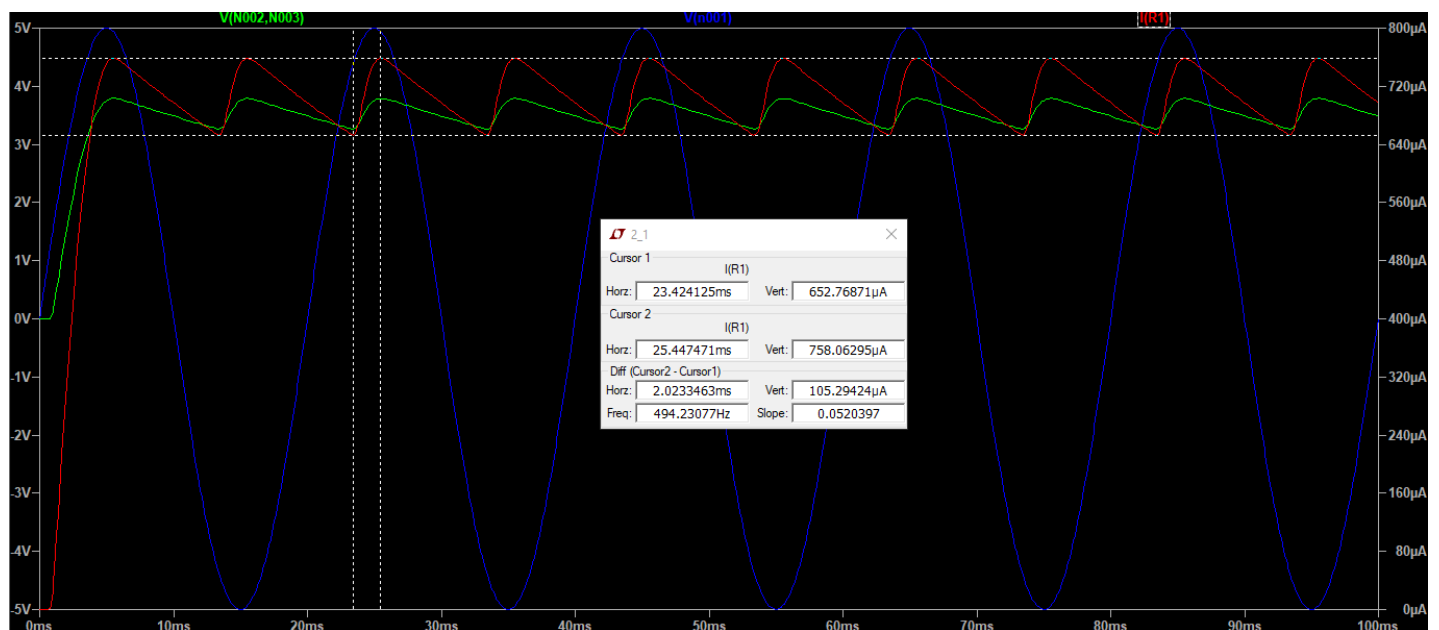
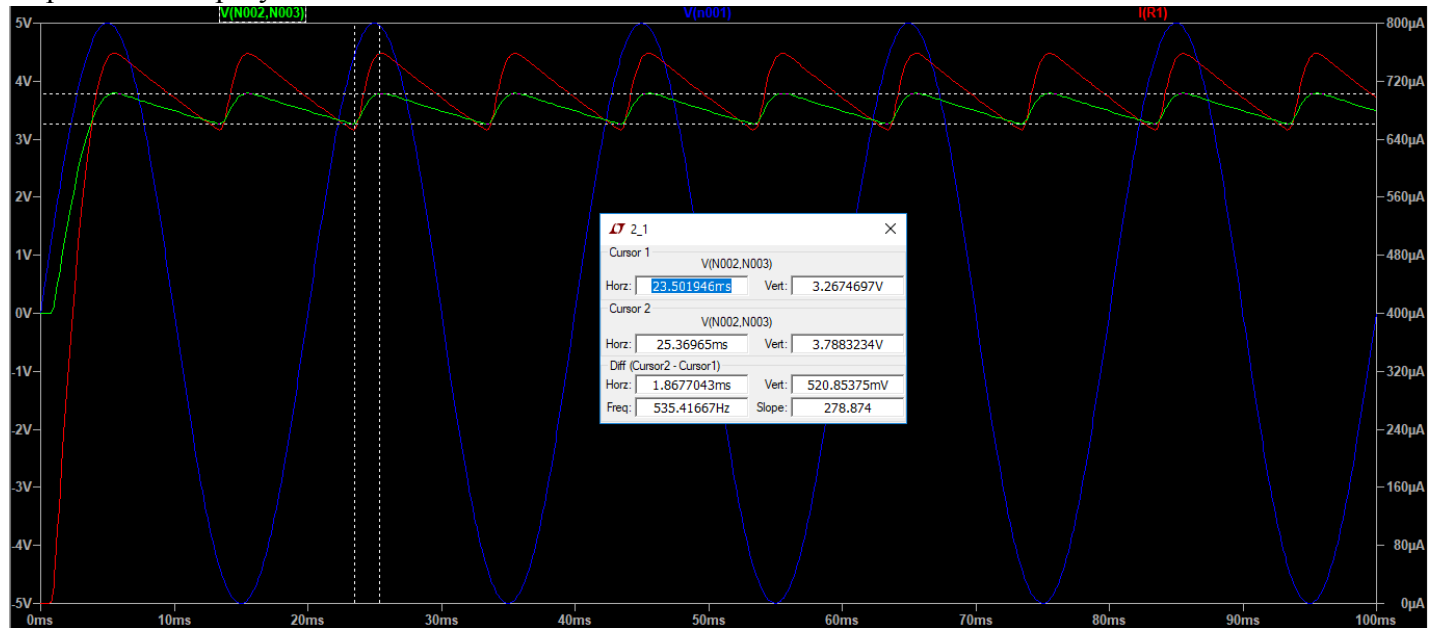
## 2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча

а. Було проведено симуляцію випрямляча на діодному мосту у LTSpice:

- $U_{вх}$  - гармонійний біполярний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц
- $C$ -10мкФ
- $R$ - 5 кОм



Отримано такі результати:

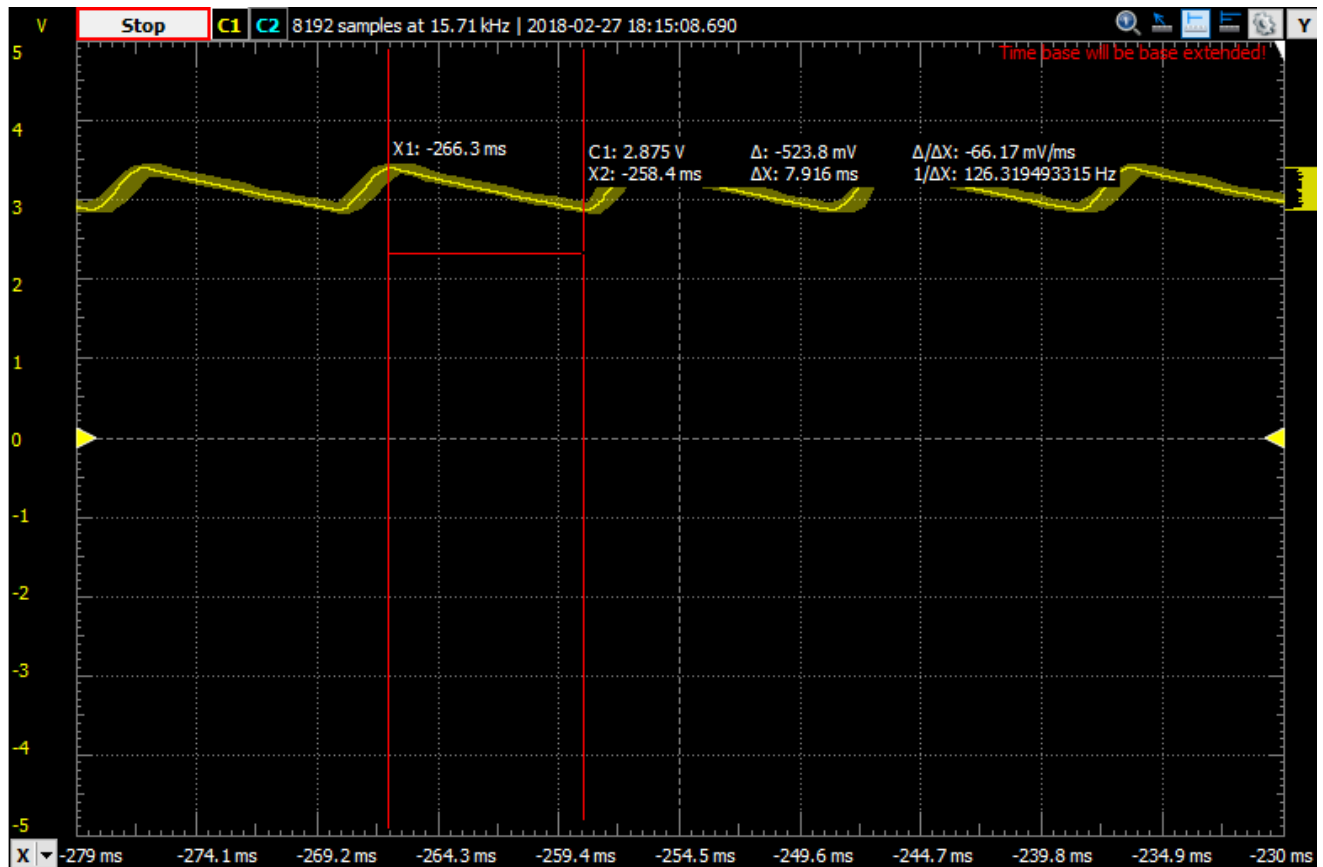


Амплітуда пульсацій вихідної напруги склала 520 мВ, середній струм через навантаження:  $I = \frac{652+758}{2} = 705 \text{ [мкА]}$ .

$$\text{Залежність } \Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = \frac{705 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 705 \text{ мВ}$$

- b. У лабораторії в якості генератора та осцилографа використовували Analog Discovery 2. Було отримано такі результати:

З навантаженням 5кОм:



Амплітуда пульсацій склала 523 мВ,

$$\text{Середній струм через навантаження: } I = \frac{\frac{2.9}{5 \cdot 10^3} + \frac{3.4}{5 \cdot 10^3}}{2} = 630 \text{ мкА.}$$

За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна

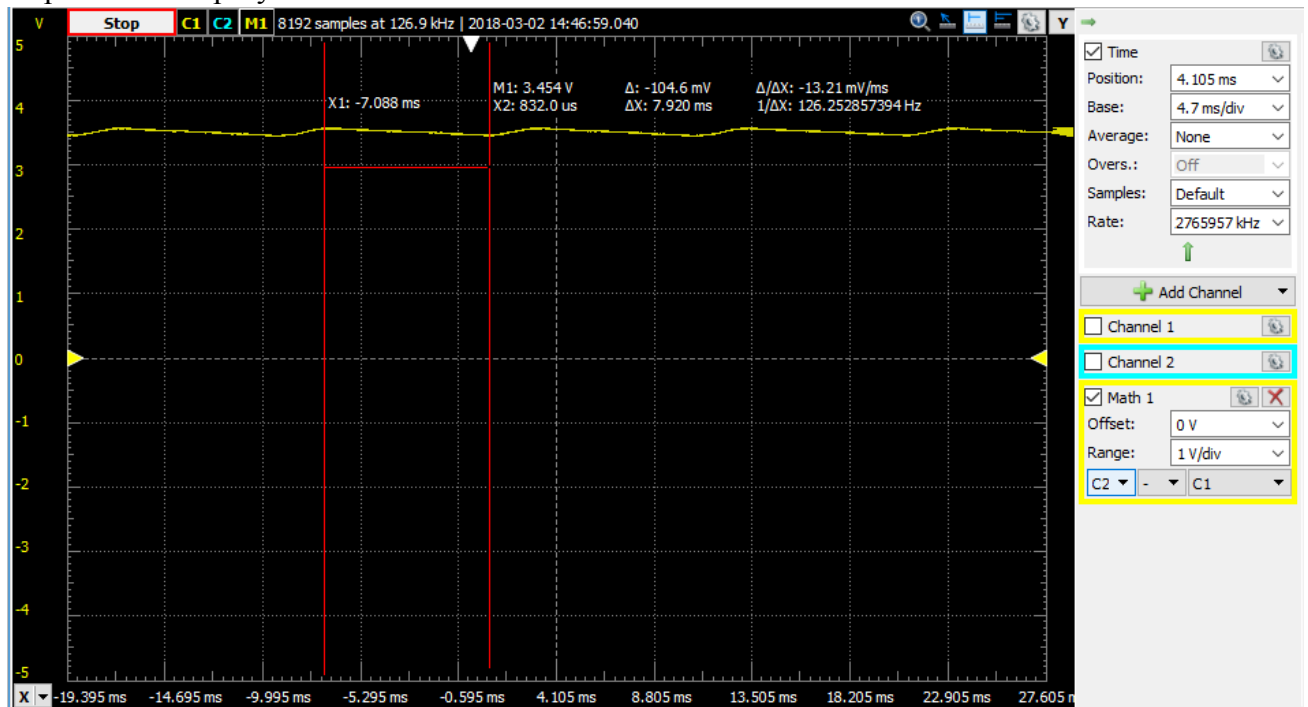
$$\text{складати } \Delta U = \frac{630 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 630 \text{ мВ.}$$

Похибку можна пояснити спотворенням сигналу на деяких внутрішніх опорах генератору та недосконалістю моделі. Відхилення від даних симуляції може бути пояснена умовами використання діодів, спотворенням вхідного сигналу через внутрішні опори та недосконалістю моделі, з якої впливає формула пульсацій.



Для опору навантаження 20 кОм.

Отримали такі результати:



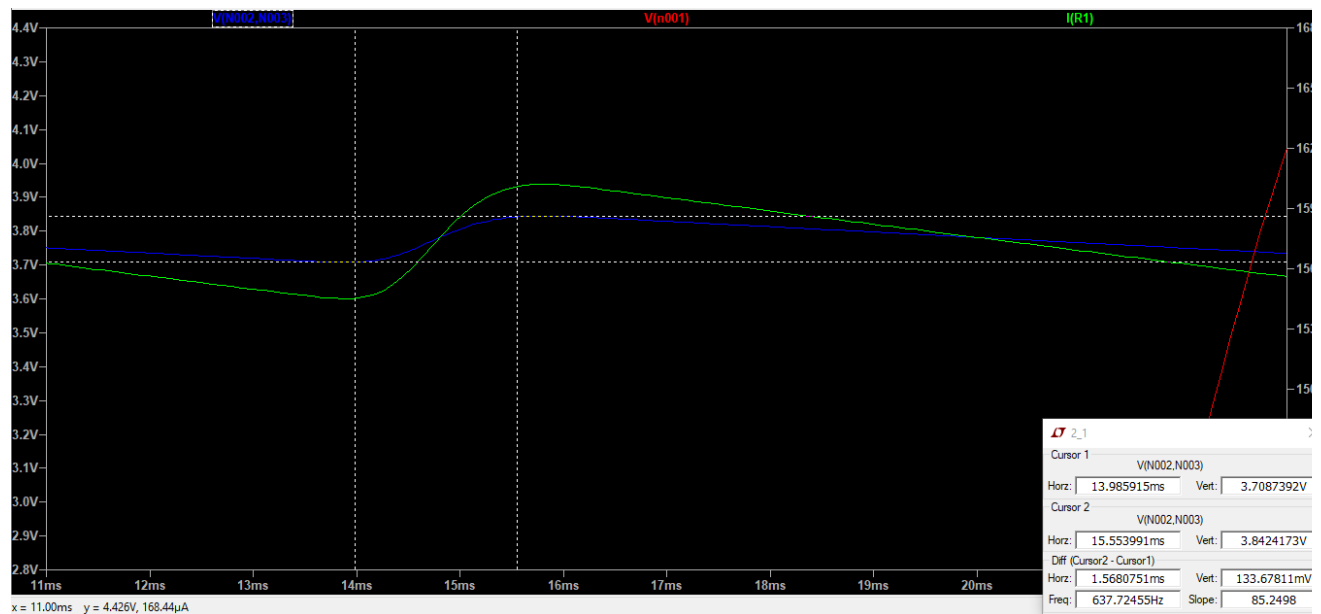
Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 104 мВ.

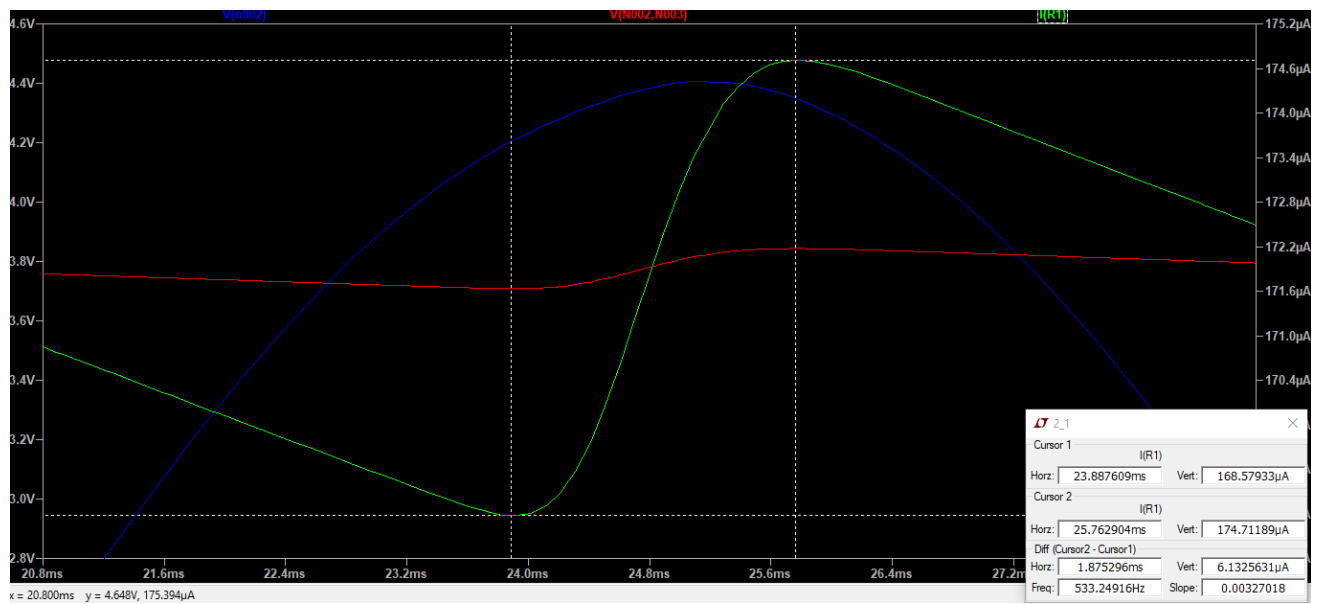
$$\text{Середній струм через навантаження: } I = \frac{3,45}{20 \cdot 10^3} + \frac{3,55}{20 \cdot 10^3} = 175 \text{ мкА.}$$

За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати

$$\Delta U = \frac{194 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 175 \text{ мВ.}$$

Моделювання показало амплітуду пульсацій 133 мВ, а середній струм склав 171 мкА



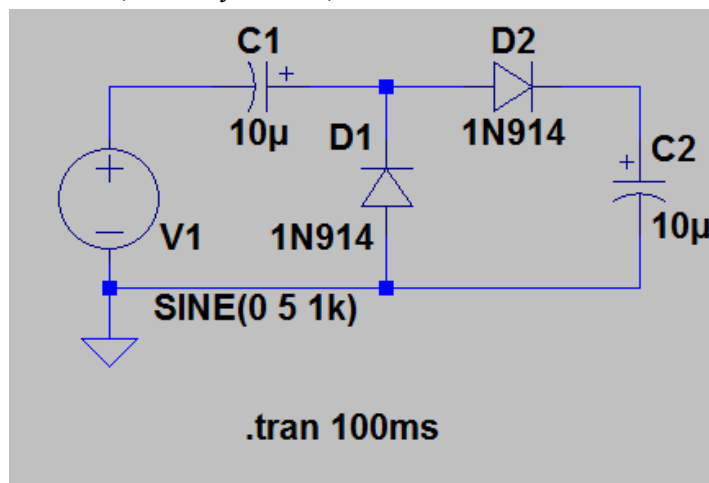


Похибки можна пояснити тими ж самими факторами, що і для попереднього експерименту.

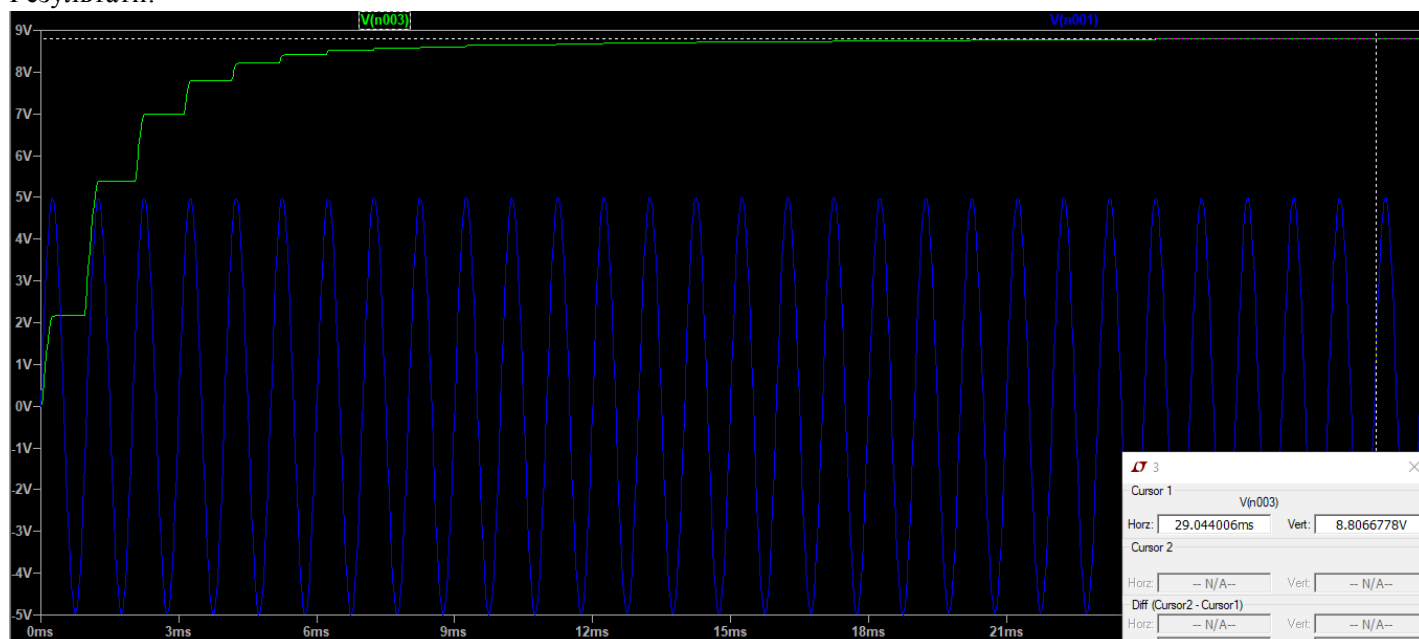
### 3. Дослідження подвоювача напруги.

а. Схему подвоювача напруги на послідовних каскадах з діоду та конденсатору було склали та симулювали у середовищі LTSpice. Використали наступні параметри:

- C1-C2-10 мкФ
- Кремнієві діоди
- $U_{вх}$ – гармонійний, амплітудою 5В, частотою 1 кГц



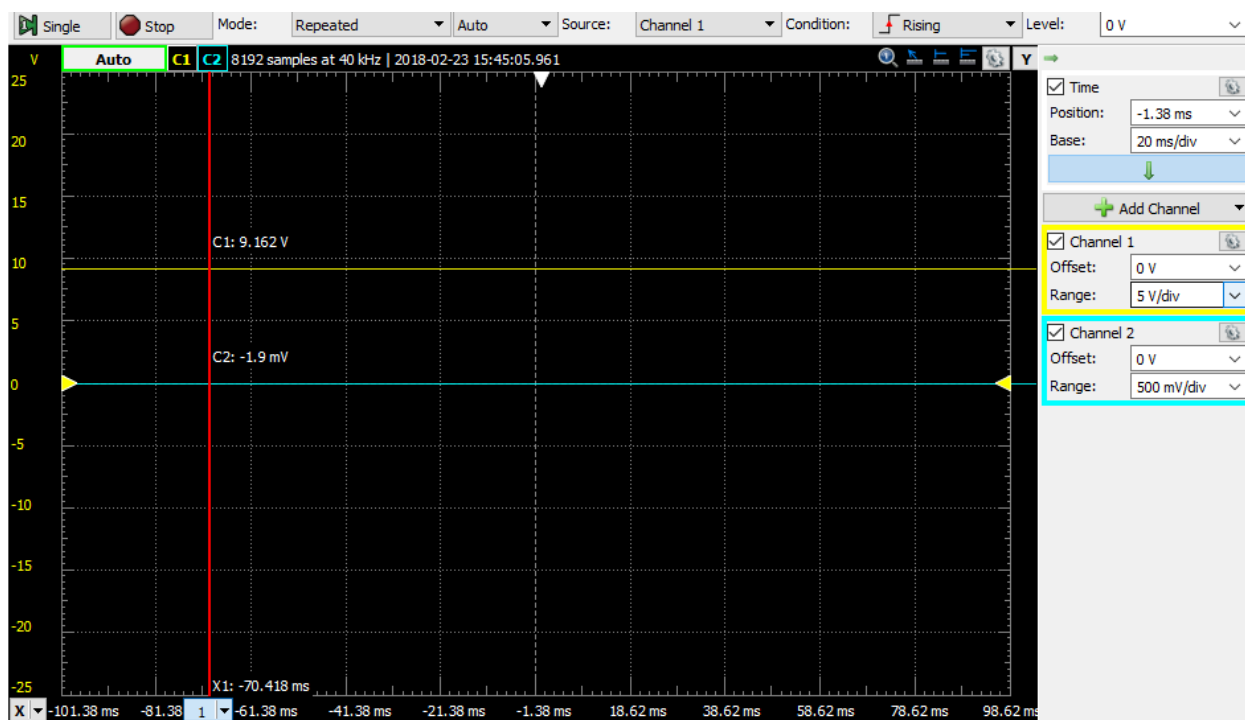
Результати:



Сигнал на виході встановлюється на рівні 8.8В через 10 мс після ввімкнення живлення. Саме такий рівень напруги пояснюється падінням на діодах, що використані у схемі. Напруга на вихідному конденсаторі дорівнює амплітуді вхідного сигналу мінус дві напруги прямого зміщення діоду.

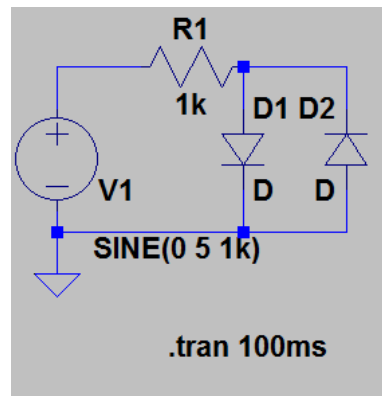
В лабораторії схему складали на кремнієвих діодах!

Було отримано наступні результати:



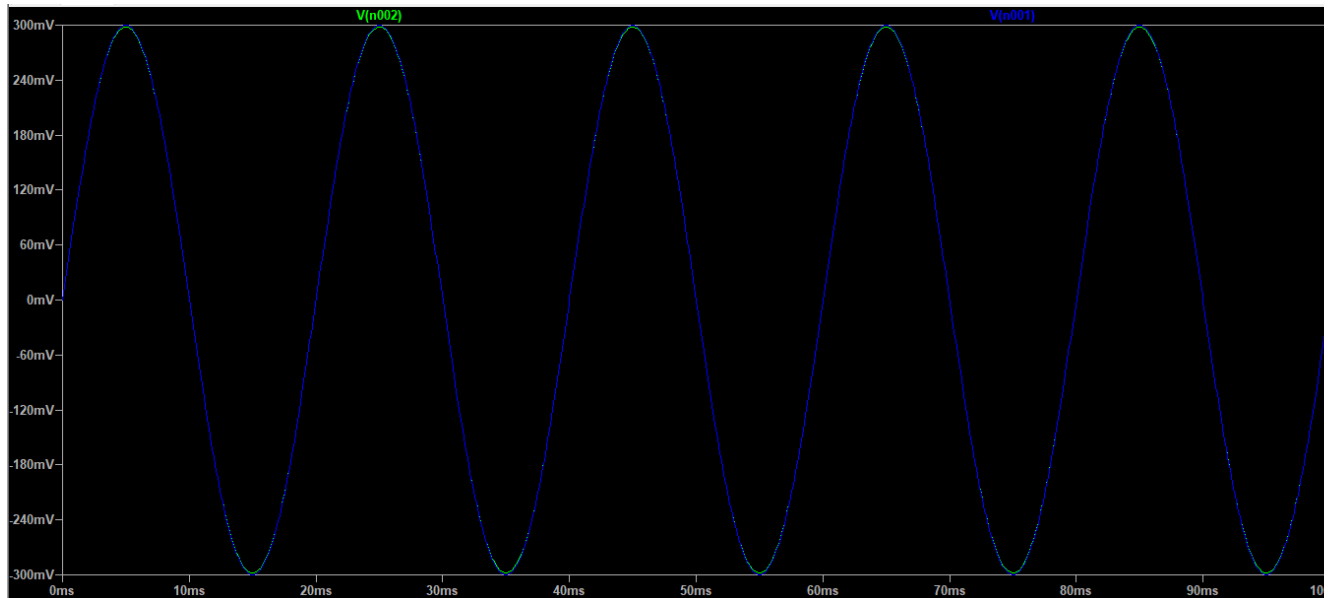
Напруга на виході склала 9.162В, що пояснюється меншою напругою прямого зміщення германієвих діодів.

#### 4. Дослідження обмежувача напруги

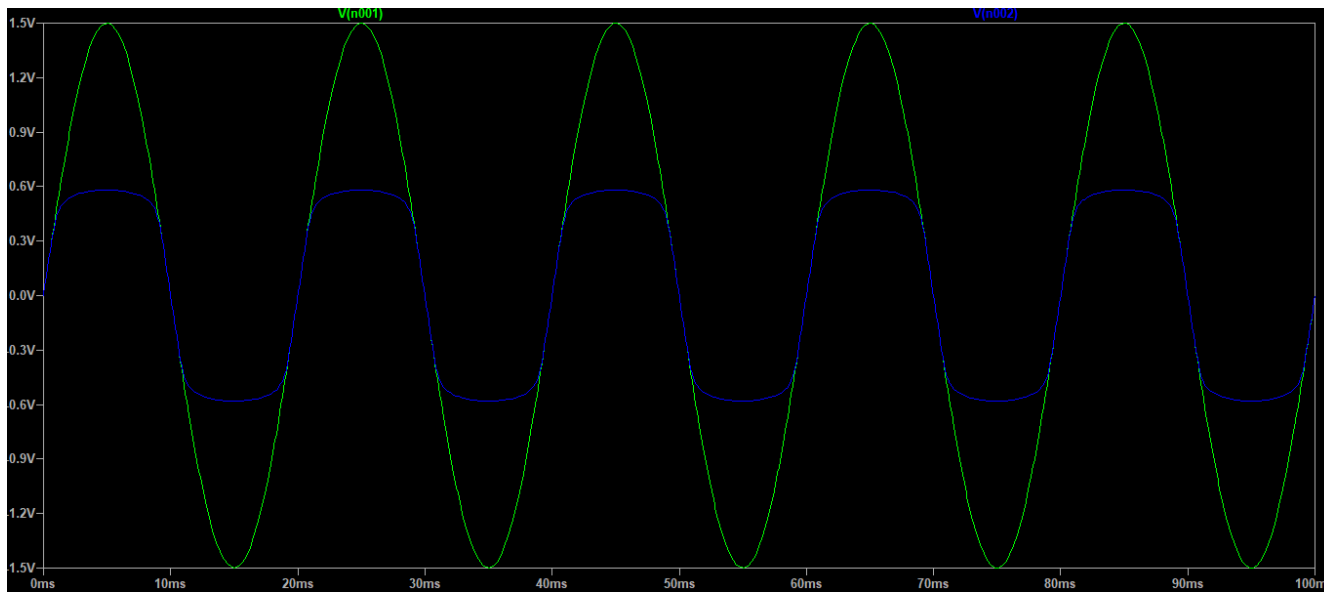


а. Моделювання та симуляція в LTSpice.

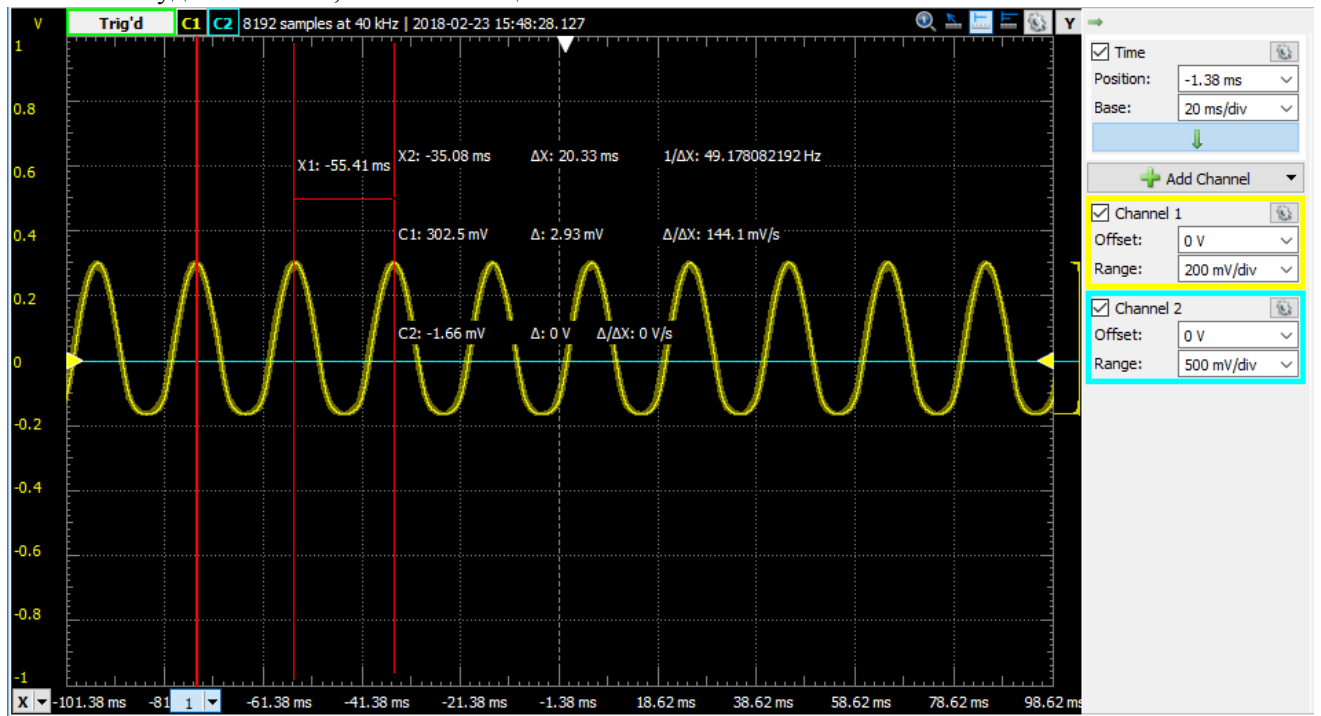
Результати: при напрузі менше, ніж напруга прямого зміщення діода, обмежувач не змінює сигнал:



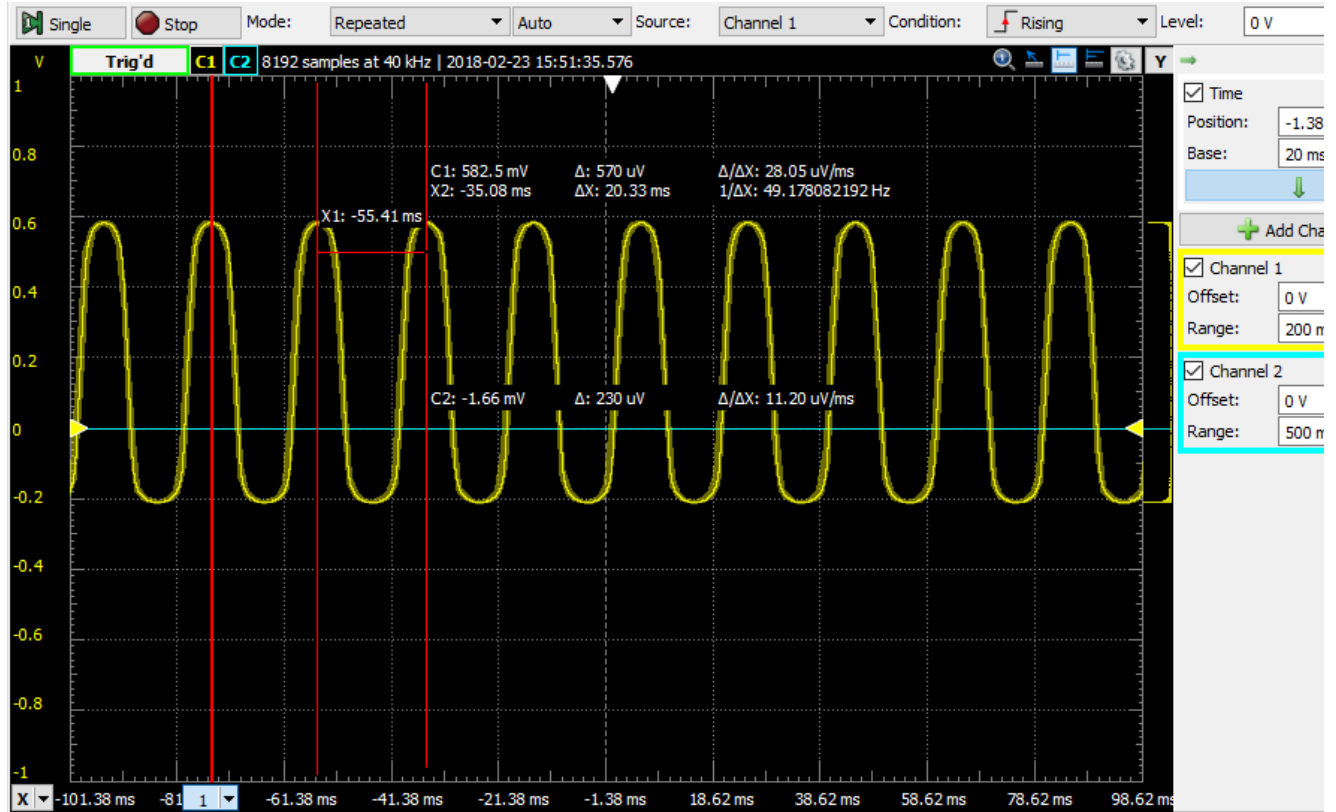
Але для напруги більше, ніж напруга прямого зміщення, схема обмежує сигнал:



- b. Аналогічну поведінку схему було досліджено в лабораторії:  
 $U_{вх}$ - амплітуда 0.3 вольт, частота 50 Гц



U<sub>вх</sub>- амплітуда 1.5 вольт, частота 50 Гц.



Низькі значення від'ємних напівперіодів можна пояснити недосконалістю використаних діодів.

### Висновки

На цій лабораторній роботі було проведено дослідження схем- випрямлячів, подвоювача, обмежувача. Також всі схеми були змодельовані в LTspice. Порівнюючи результати симуляції та експерименту ми підтвердили коректність виконання роботи. Похибки можна списати на похибку у вимірюванні, спотворенням сигналу на деяких внутрішніх опорах генератору неякісним з'єднанням елементів на монтажній платі, тощо.