

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 “Аналогова електроніка”

Виконав:  
студент групи ДК-62  
Наталич М. Я.

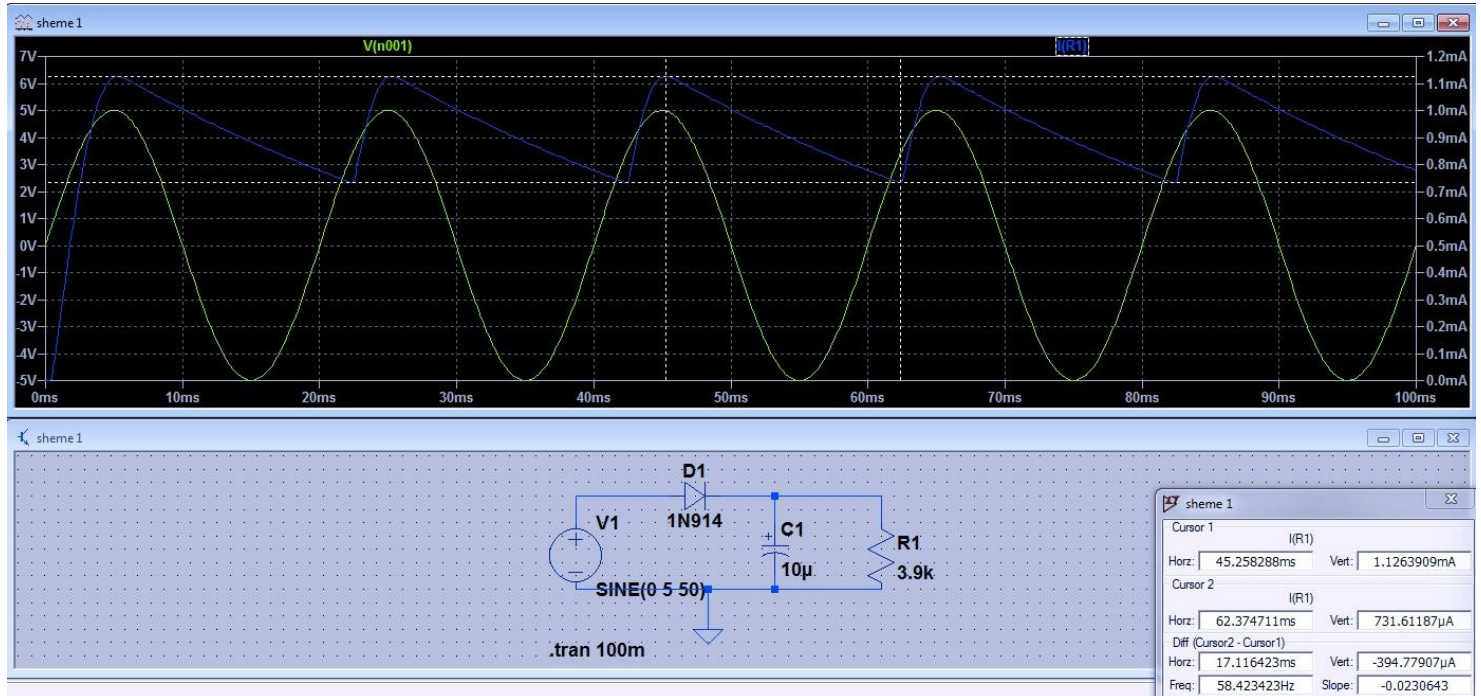
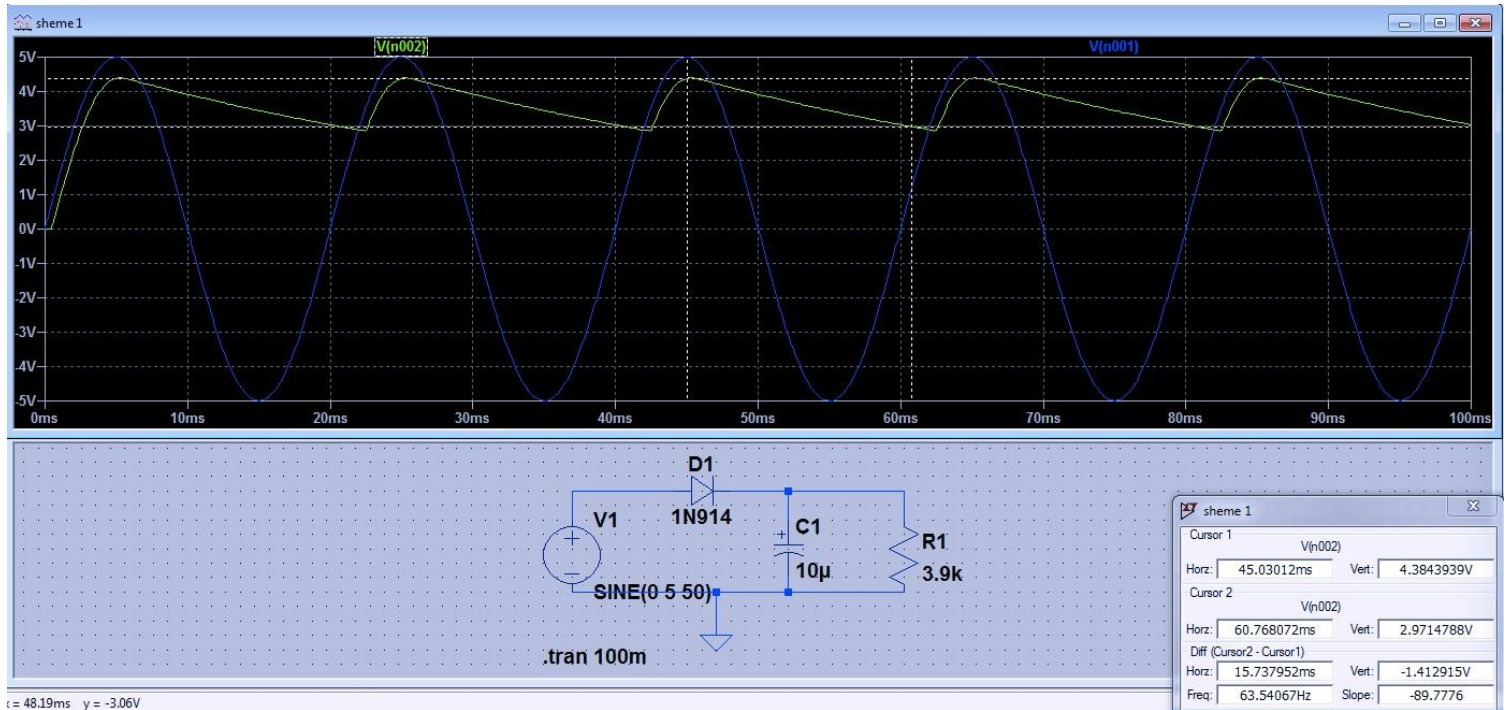
Перевірив:  
доц. Короткий Є. В.

## 1. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.

Було проведено симуляцію роботи випрямляча з напівпровідникового діоду та конденсатору в середовищі LTSpice з наступними параметрами: - Вхідний сигнал – гармонійний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц

- Ємність – 10мкФ
- Навантаження – резистор 3.9 КОм

На навантаженні отримано вихідний сигнал з амплітудою пульсацій 1.41 В:



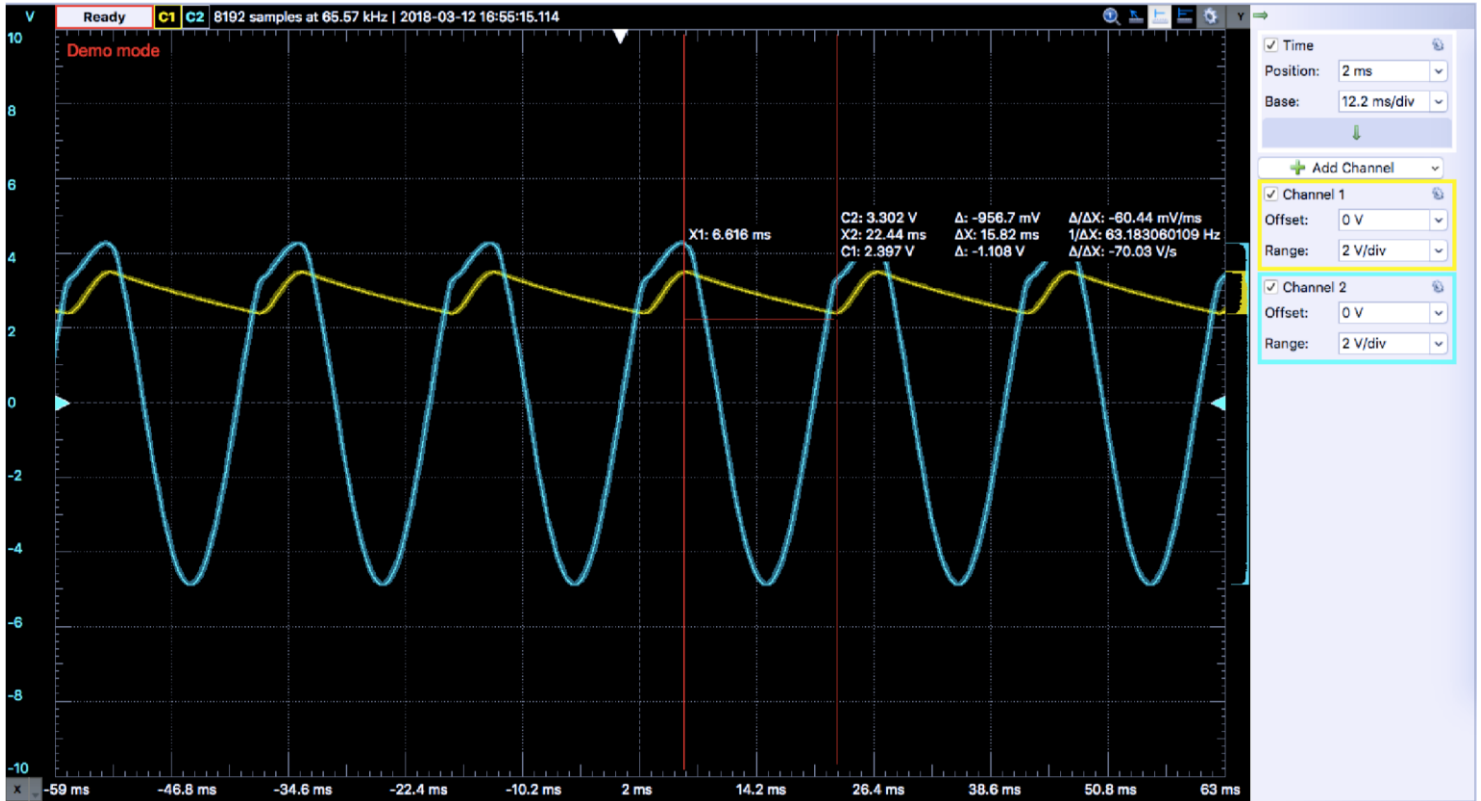
Середній струм через навантаження склав:

$$I = \frac{1,12 \text{ мА} + 0,731 \text{ мкА}}{2} = 560,5 [\text{мкА}]$$

Для такого випрямляча амплітуда коливань напруги має становити:

$$\Delta U = \frac{560,5 * 10^{-6}}{10 * 10^{-6} * 50} = 1,12 \text{ В}$$

Вимірювання було проведено в лабораторії



Амплітуда пульсацій на резисторі

$$\Delta U = 1,108 \text{ В}$$

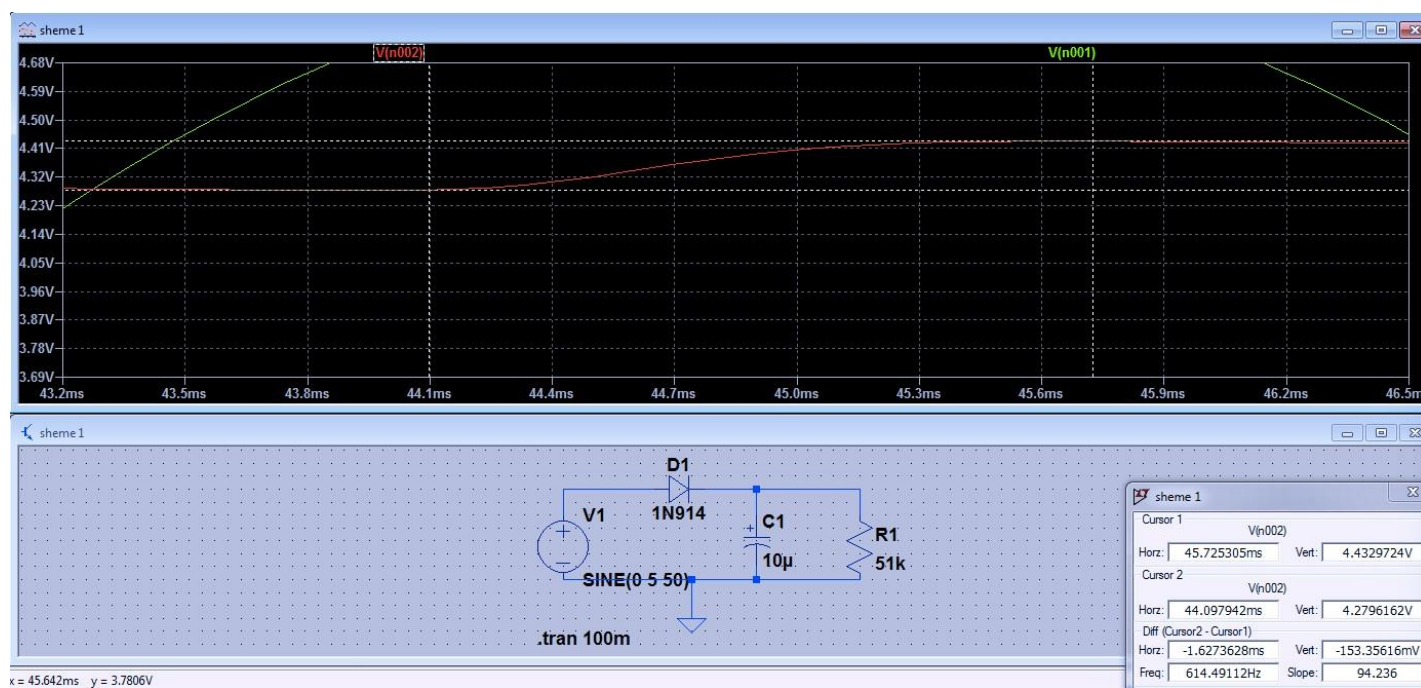
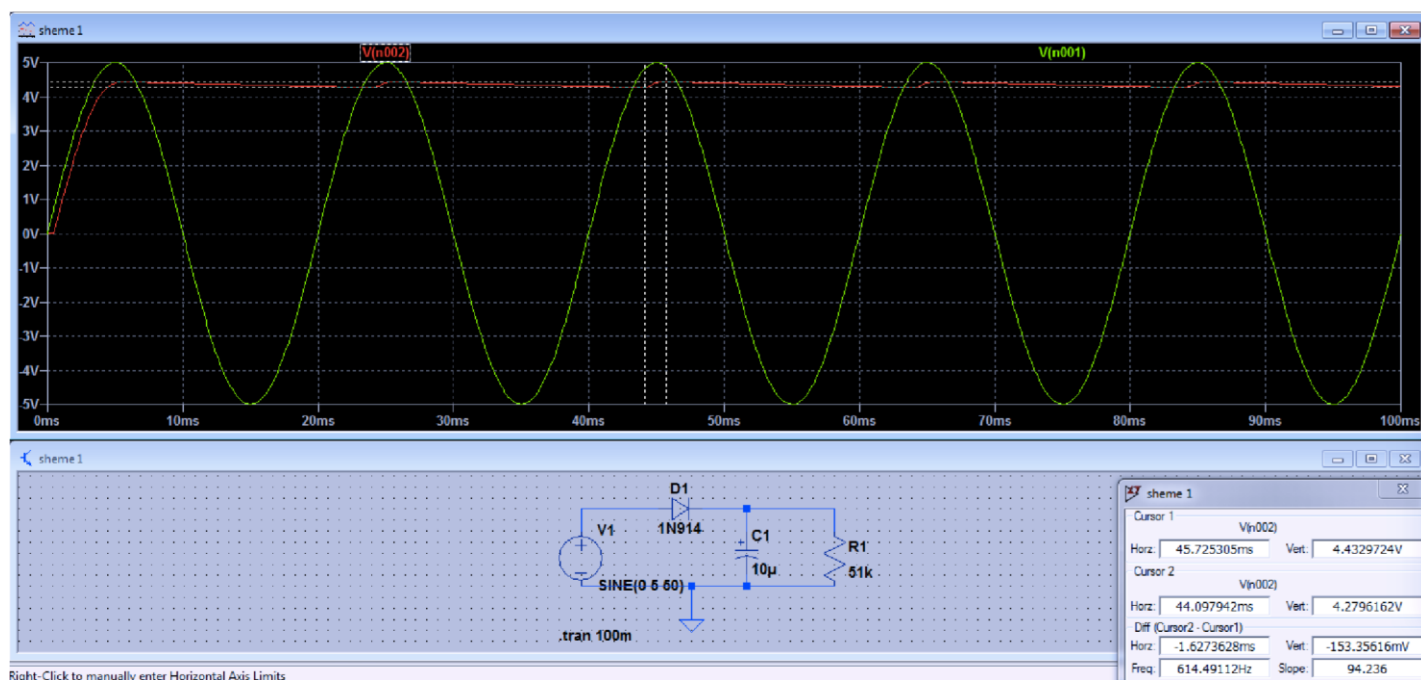
Середній струм навантаження:

$$I = \frac{\frac{3,505}{3,9 * 10^3} + \frac{2,397}{3,9 * 10^3}}{2} = 757 \text{ мкА}$$

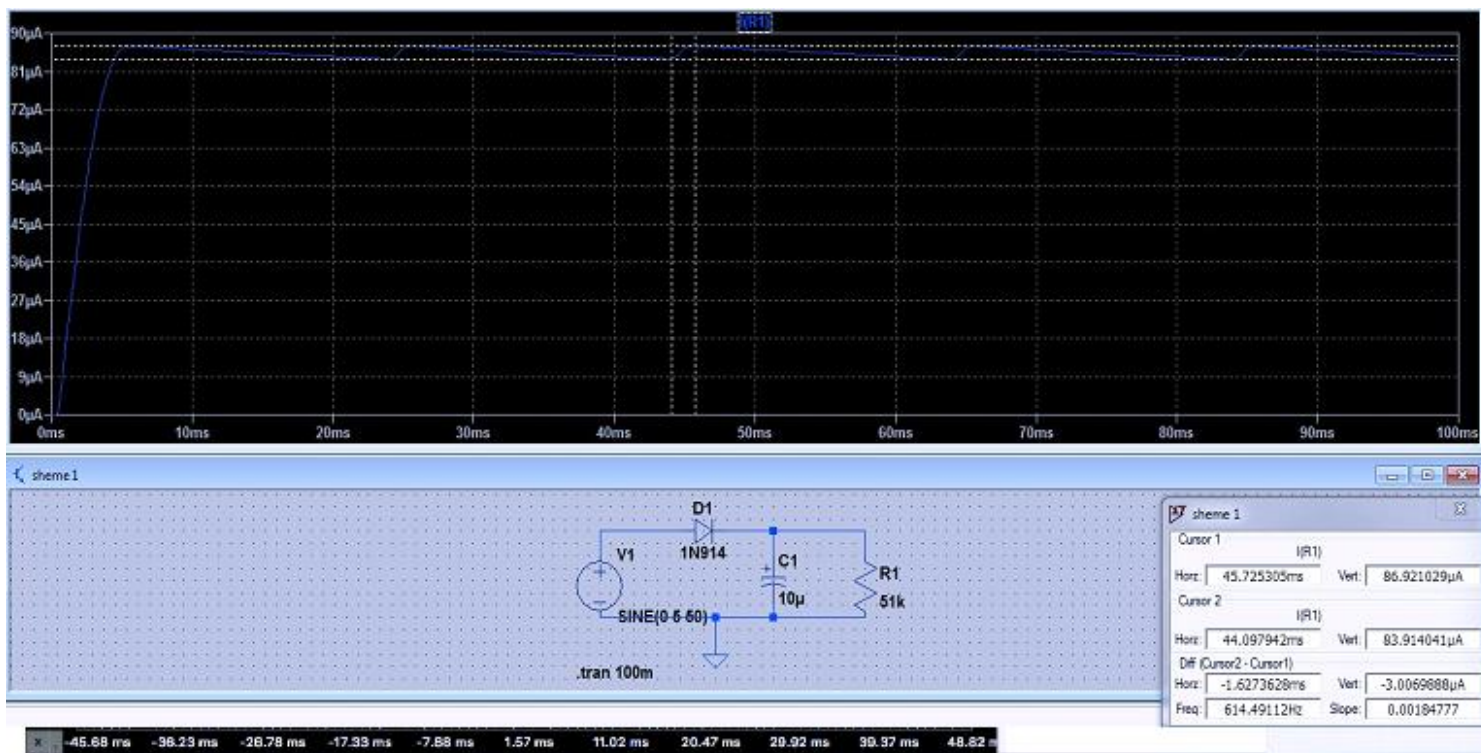
Амплітуда пульсацій:

$$\Delta U = \frac{757 * 10^{-6}}{10 * 10^{-6} * 50} = 1,4 \text{ В}$$

Дослідження було виконано аналогічно для навантаження 51 кОм з такими результатами моделювання:



Амплітуда пульсацій: 0,153 В



Середній струм через навантаження склав:

$$I = \frac{86,92 + 83,9}{2} = 85,05 \text{ [мкА]}$$

Для такого випрямляча амплітуда коливань напруги має становити:

$$\Delta U = \frac{85,05 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0,17 \text{ В}$$

### Експериментальне вимірювання:

Амплітуда пульсацій: 0,15 В

$$\text{Середній струм: } I = \frac{\frac{4,17}{51 \cdot 10^3} + \frac{4,02}{51 \cdot 10^3}}{2} = 80 \text{ мкА}$$

$$\text{Теоретично розрахована амплітуда пульсацій: } \Delta U = \frac{80 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0,16 \text{ В}$$

Амплітуда пульсацій з симулятора:  $\Delta U = 0,17 \text{ В}$

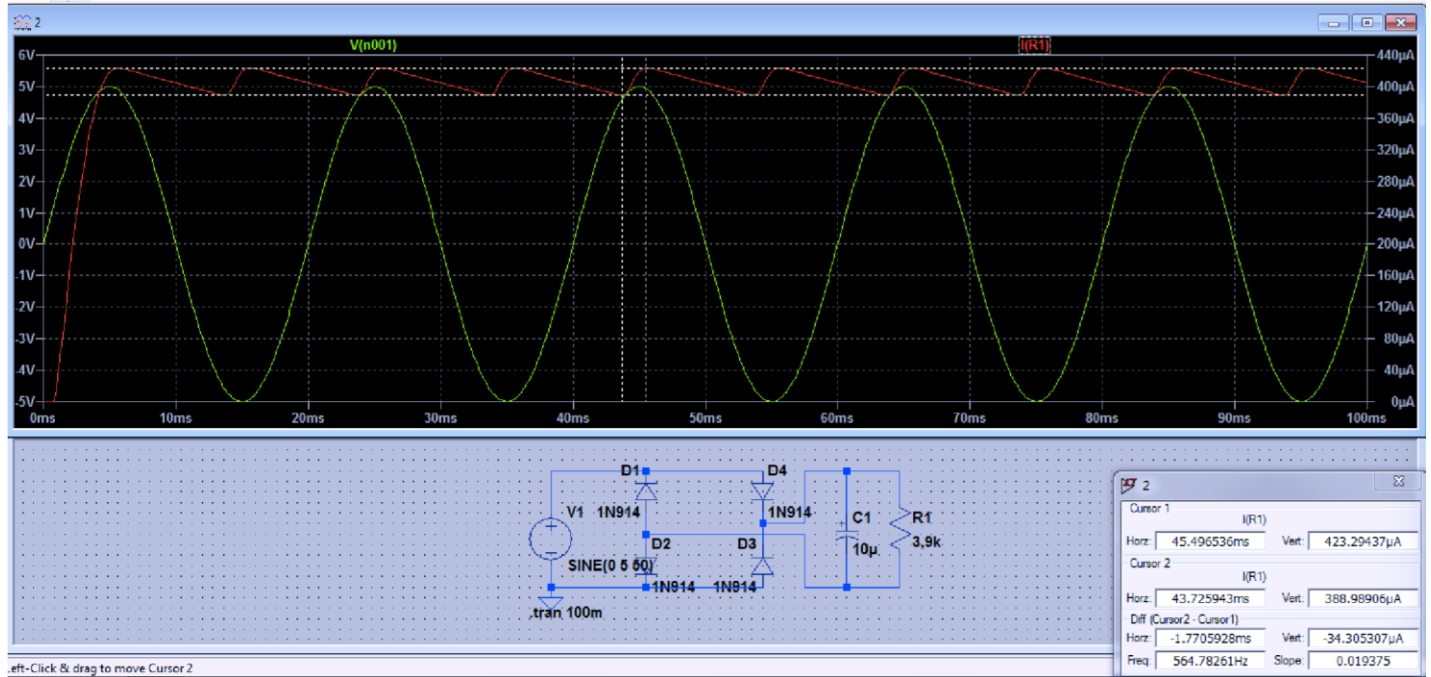
## 2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча

Було проведено симуляцію випрямляча на діодному мосту у середовищі LTSpice з наступними параметрами:

- Вхідний сигнал – гармонійний біполярний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц
  - Згладжуюча ємність – 10мкФ -
  - Навантаження – резистор 3,9 кОм
- Отримали такі результати:



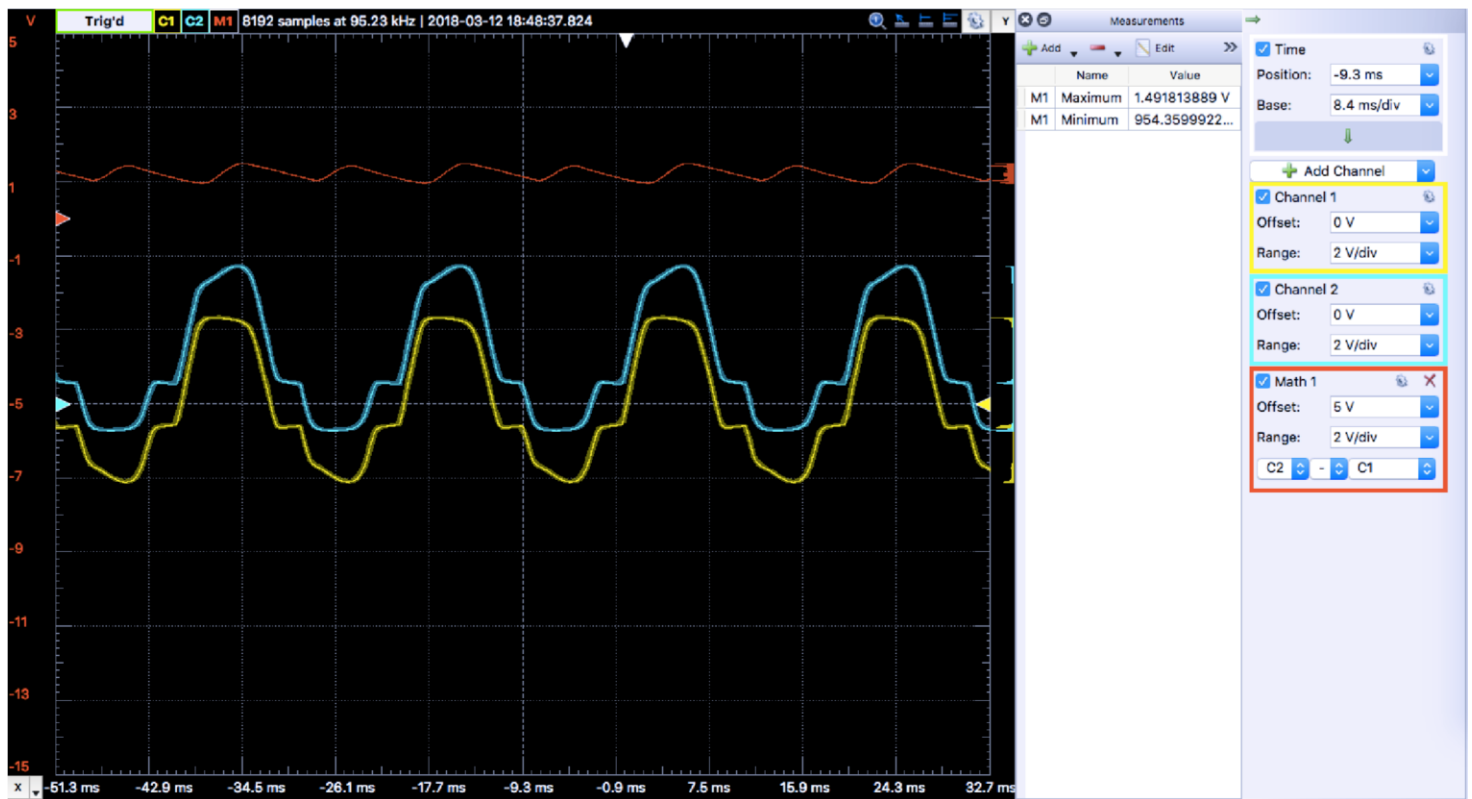
Амплітуда пульсацій вихідної напруги склала 628 мВ.



Середній струм через навантаження:  $I = \frac{423+388}{2} = 405,5[\mu\text{A}]$ .

Залежність  $\Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = 0,405\text{мВ}$  виконується з похибкою. Врахування часу розряду конденсатора призводить до таких результатів:  $\Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = \frac{405,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3/4}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 528\text{мВ}$ , що наближає розрахунок до симуляції.

Дослідження у лабораторії. Було отримано такі результати:  
З навантаженням 3.9кОм:



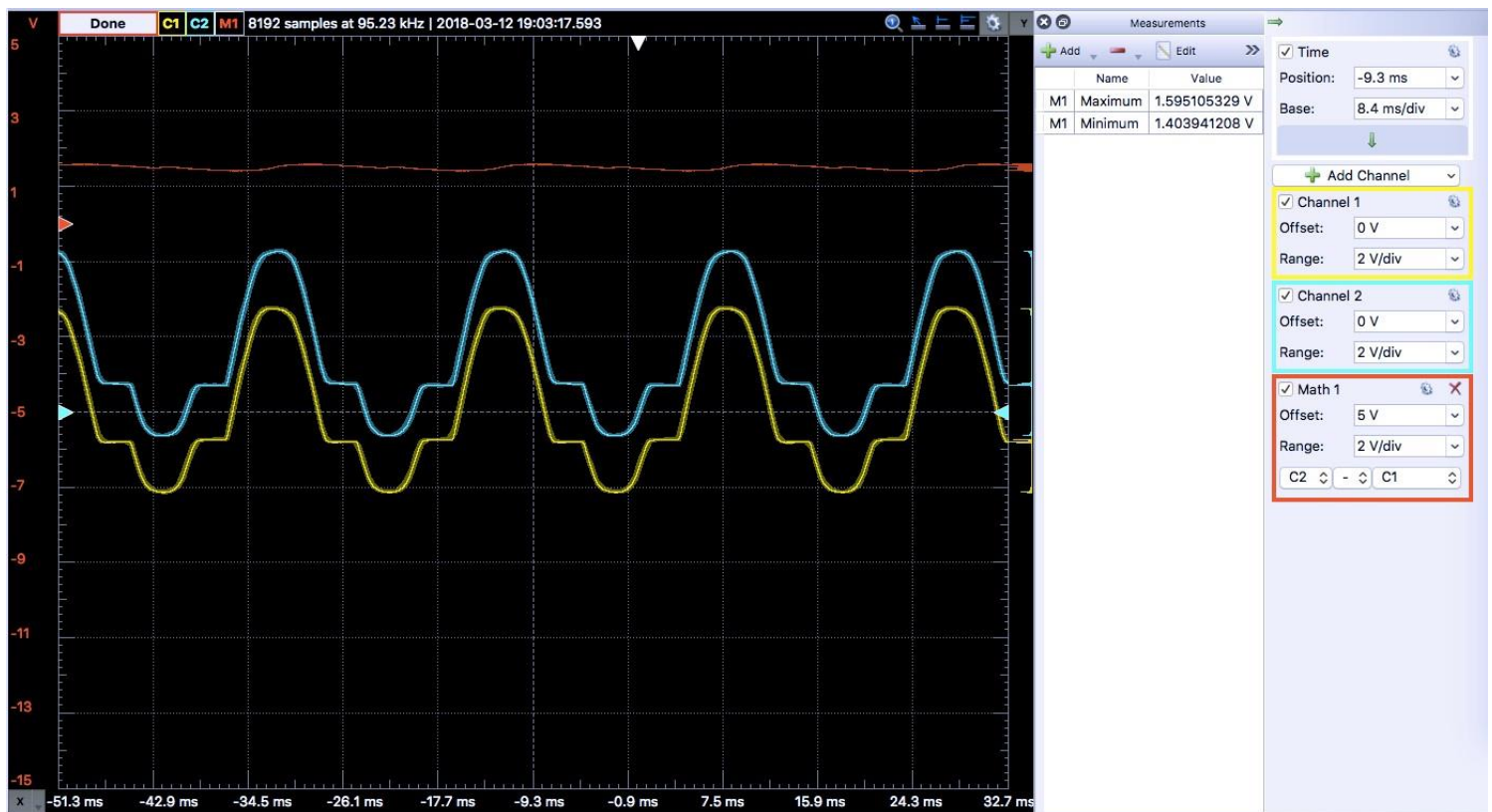
Амплітуда пульсацій складала 536.1 мВ, середній струм через навантаження:

$$I = \frac{\frac{1,49}{3,9 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,954}{3,9 \cdot 10^{-3}}}{2} = 0,3 \text{ мА.}$$

За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати  $\Delta U = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0,313 \text{ В}$

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.

Аналогічне дослідження було проведено для опору навантаження 51 кОм. Для вимірювання використали дві плати Analog Discovery 2, що використовували розв'язані джерела живлення.



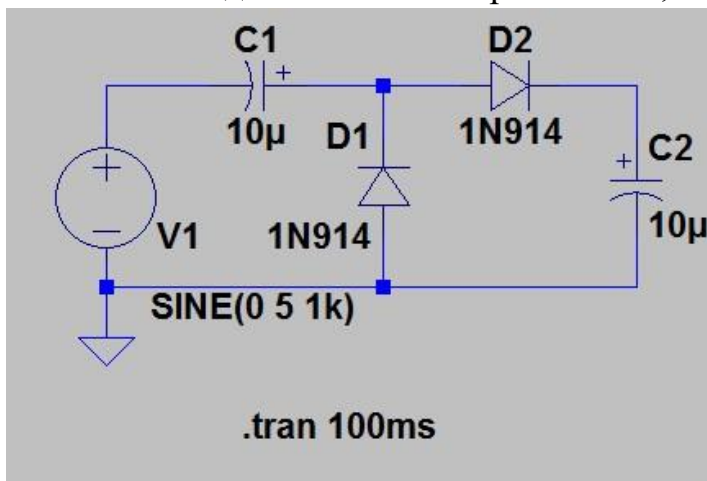
Отримали такі результати:

Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 190 мВ.

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:

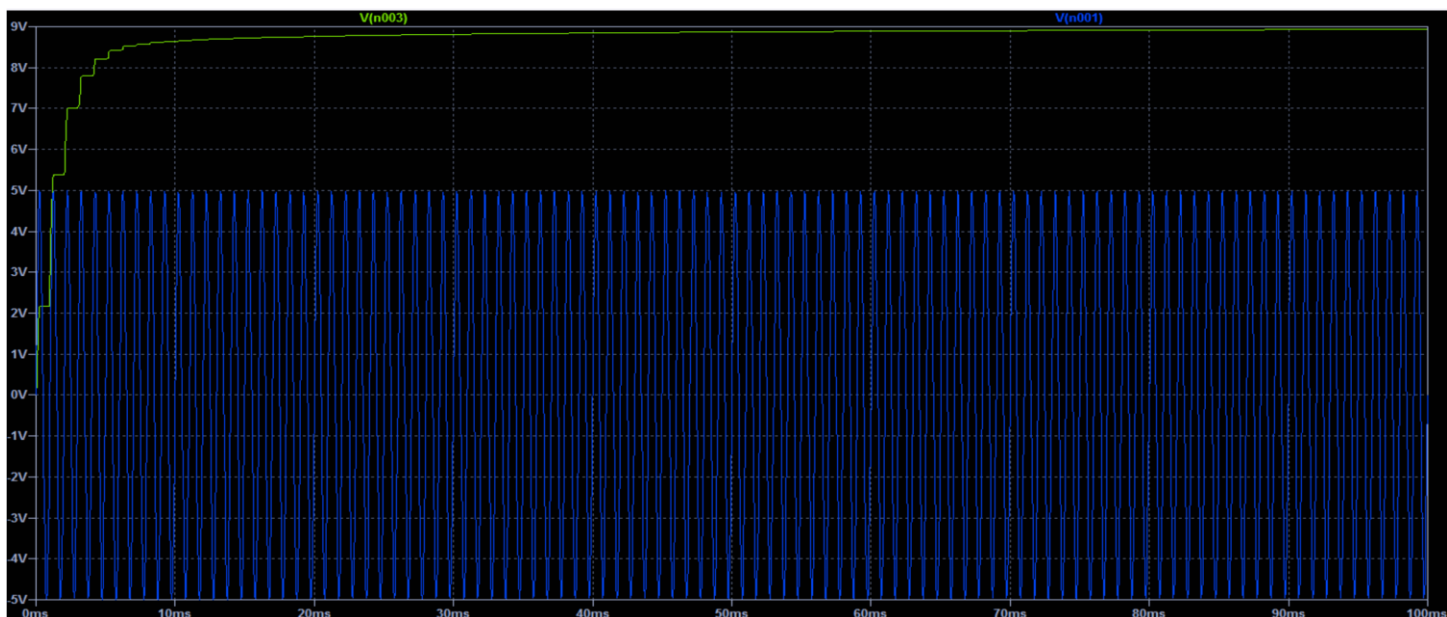
- Ємність конденсаторів: 10 мкF
- Діоди кремнієві
- Вхідний сигнал – гармонійний, амплітудою 5В, частотою 1 kHz



Було отримано наступні результати:

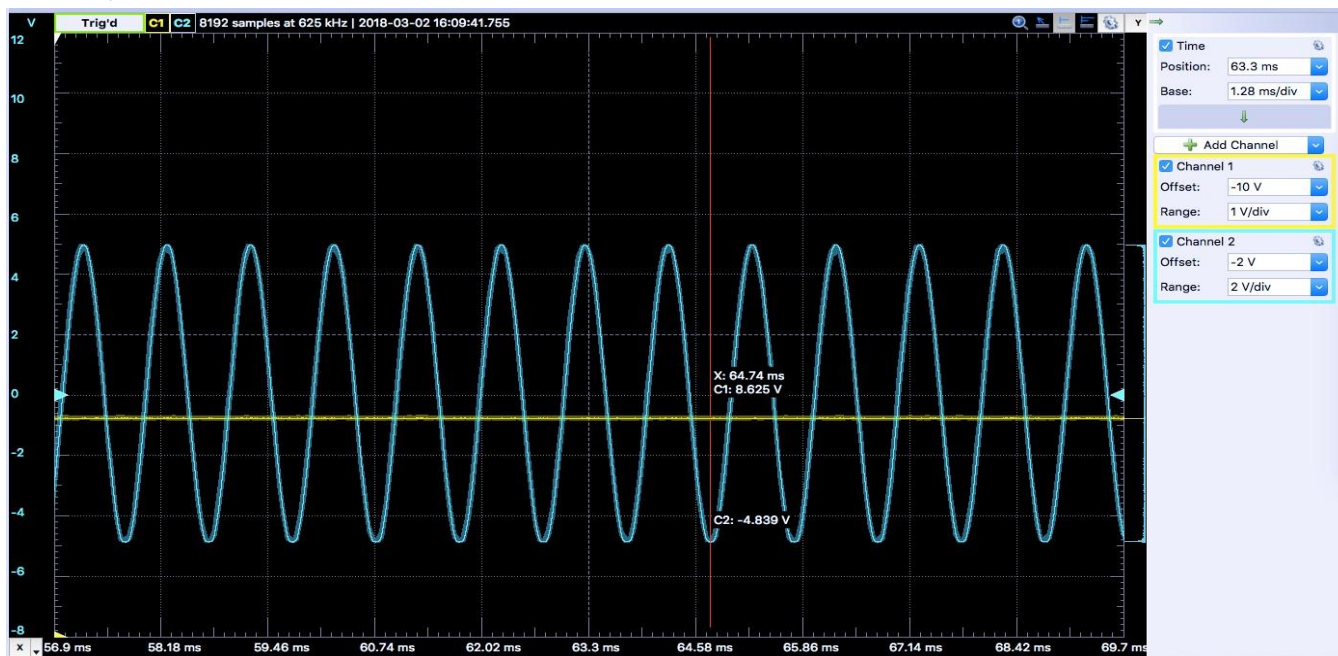
Сигнал на виході встановлюється на рівні 8.8В через 10 мс після ввімкнення живлення. Саме такий рівень напруги пояснюється падінням на діодах, що використані





у схемі. Напряга на вихідному конденсаторі дорівнює амплітуді вхідного сигналу мінус дві напруги прямого зміщення діоду.

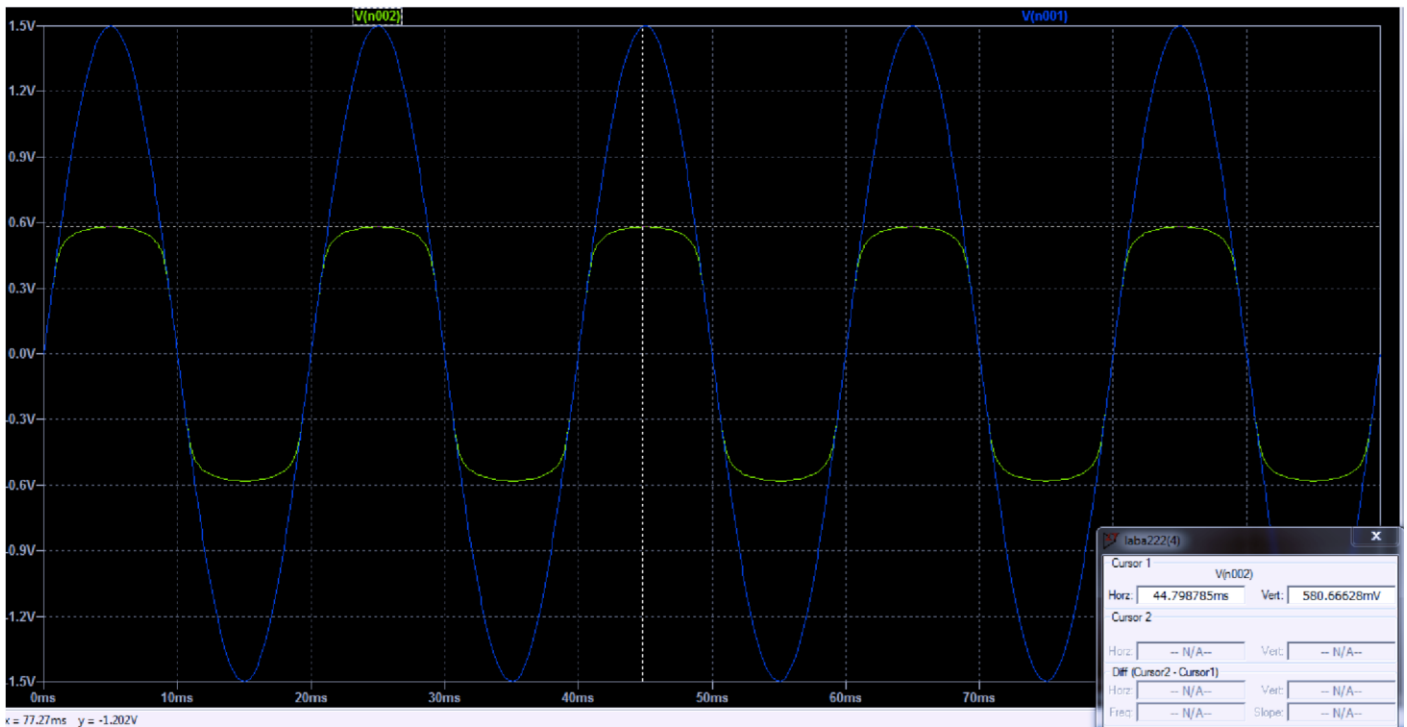
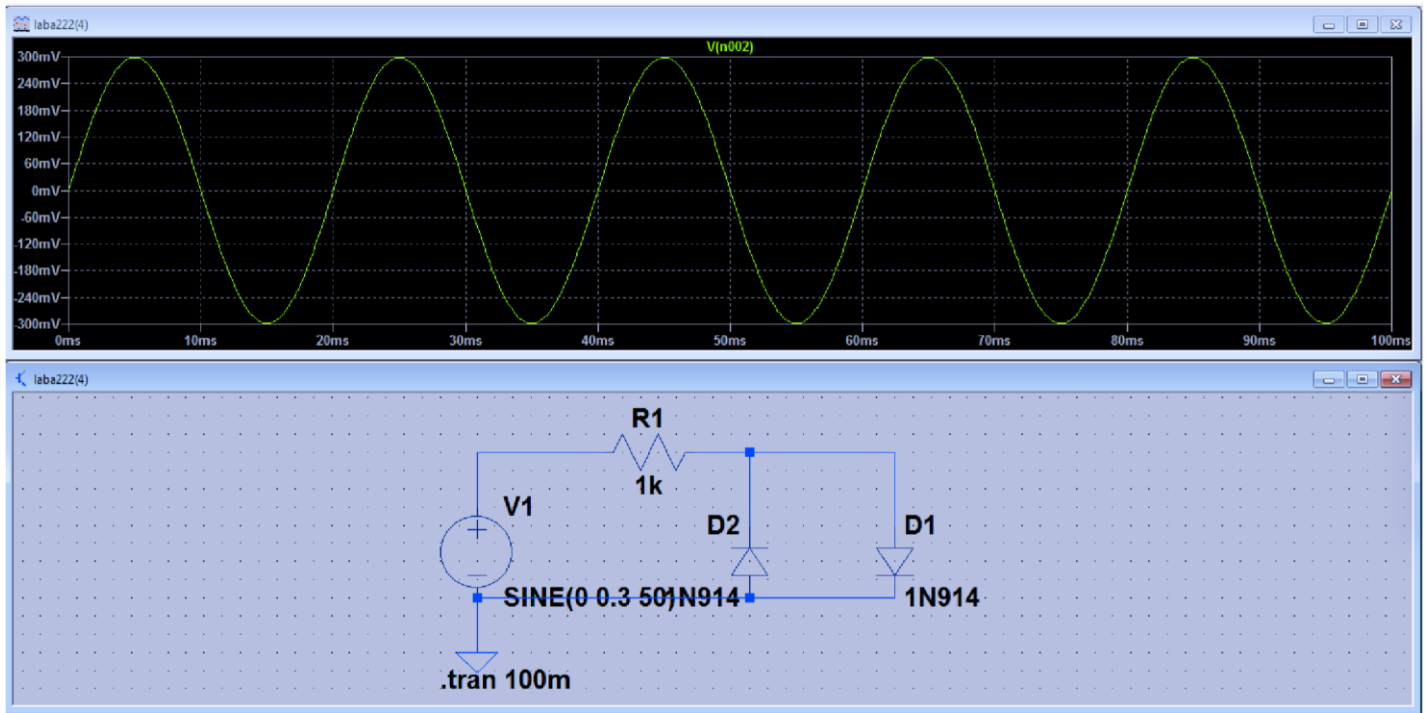
На реальній схемі напруга на виході склала 8.625В, що відповідає теоретичним очікуванням. Сигнал на виході можна вважати стабільним, так як схема нічим не навантажена, окрім вхідного опору вимірювального пристрою, котрим тут можна знехтувати.



#### 4. Дослідження обмежувача напруги

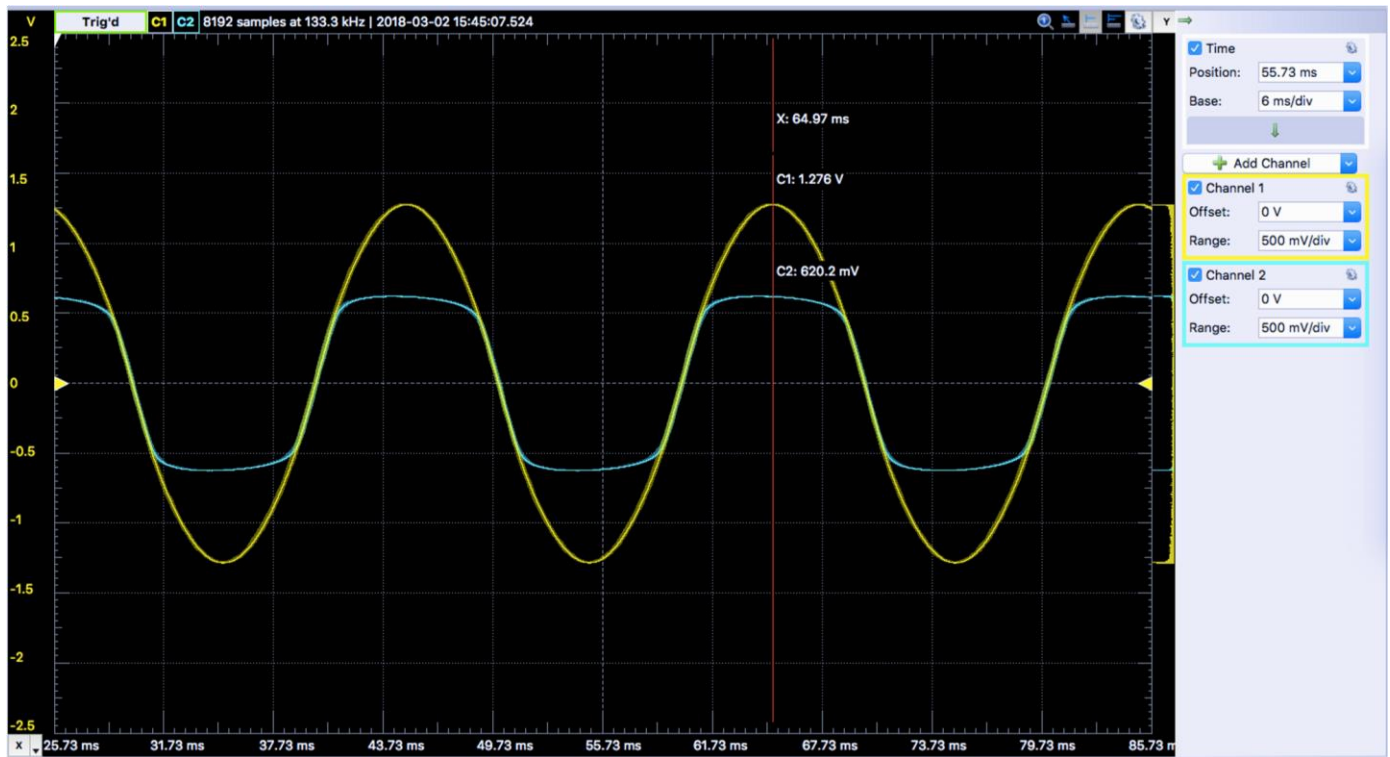
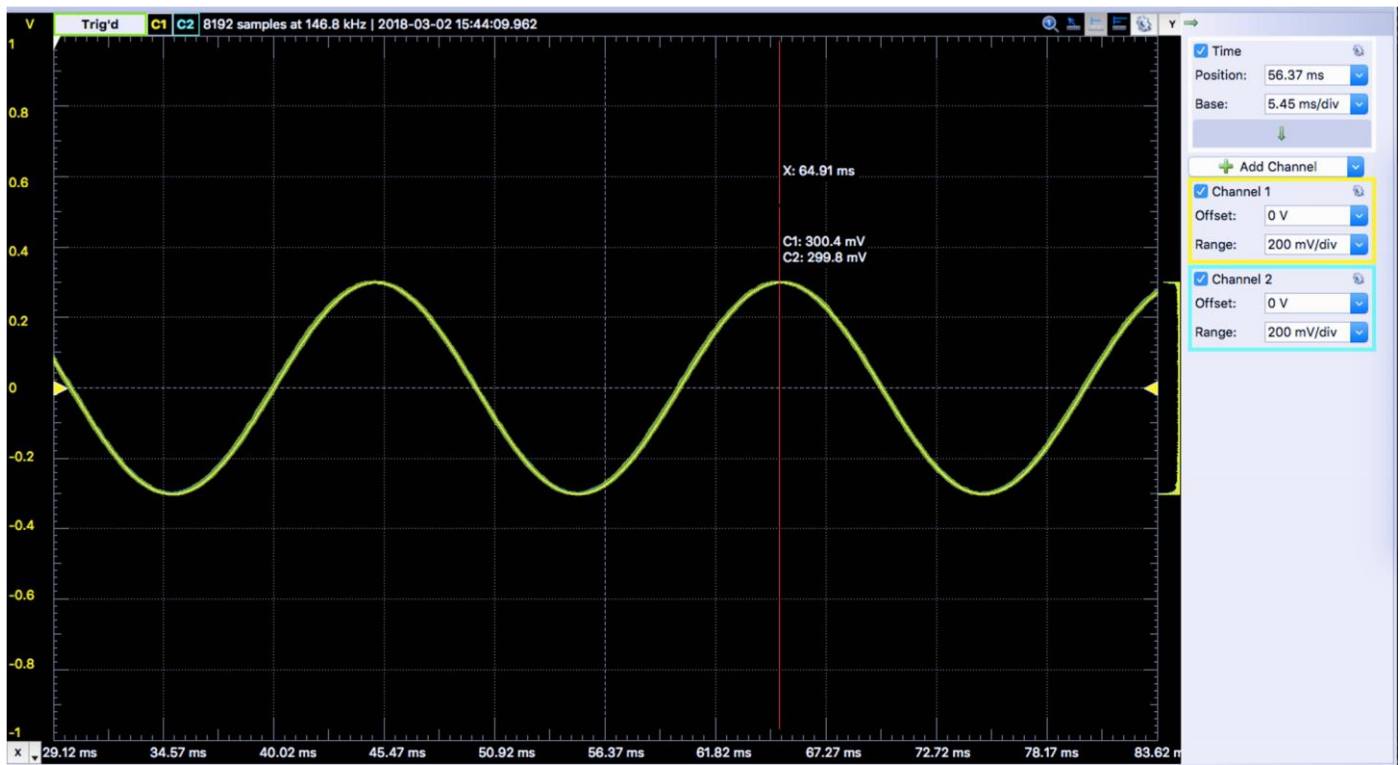
Схему обмежувача напруги на діоді було складено у середовищі LTSpice та проведено симуляцію.

Отримали наступні результати: при напрузі менш, ніж напруга прямого зміщення діода, обмежувач не змінює сигнал (0,3 V):



Але для напруги більше, ніж напруга прямого зміщення, схема обмежує сигнал(Межах 0,6 V):

Реальна схема показала такі результати:



## **Висновки**

Було проведено дослідження деяких широко застосованих схем на напівпровідникових діодах – випрямлячів, подвоювача, обмежувача. Поведінки схем було вивчено при різних умовах роботи – різних навантаженнях, амплітудах вхідних сигналів, тощо. Отримані в лабораторії дані продубльовані даними симуляцій, які виявили деякі похибки вимірювань.