

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-62

Сергієнко А.В.

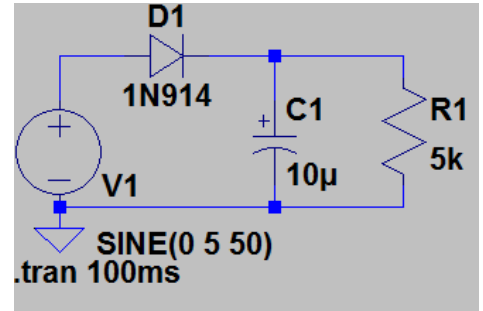
Перевірив:

доц. Короткий Є В.

1. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.

а. Було проведено симуляцію роботи випрямляча з напівпровідникового діоду та конденсатору в середовищі LTSpice з наступними параметрами:

- Вхідний сигнал – гармонійний біполярний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц
- Згладжуюча ємність – 10мкФ
- Навантаження – резистор 4.7 кОм



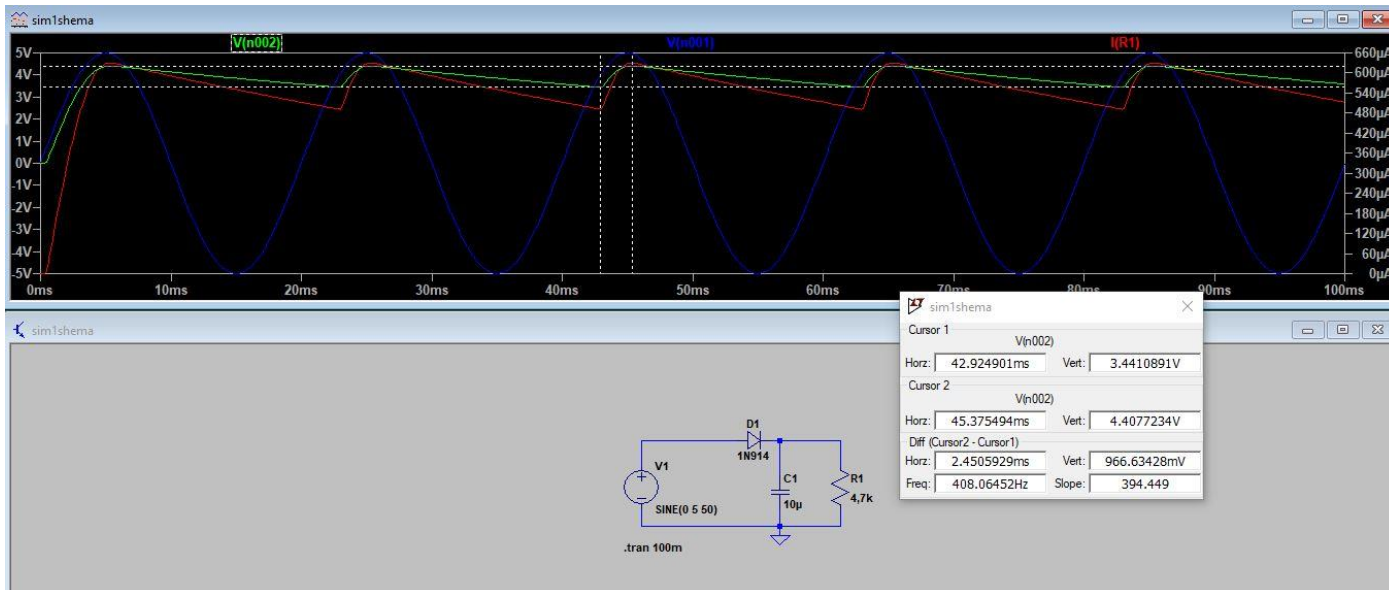
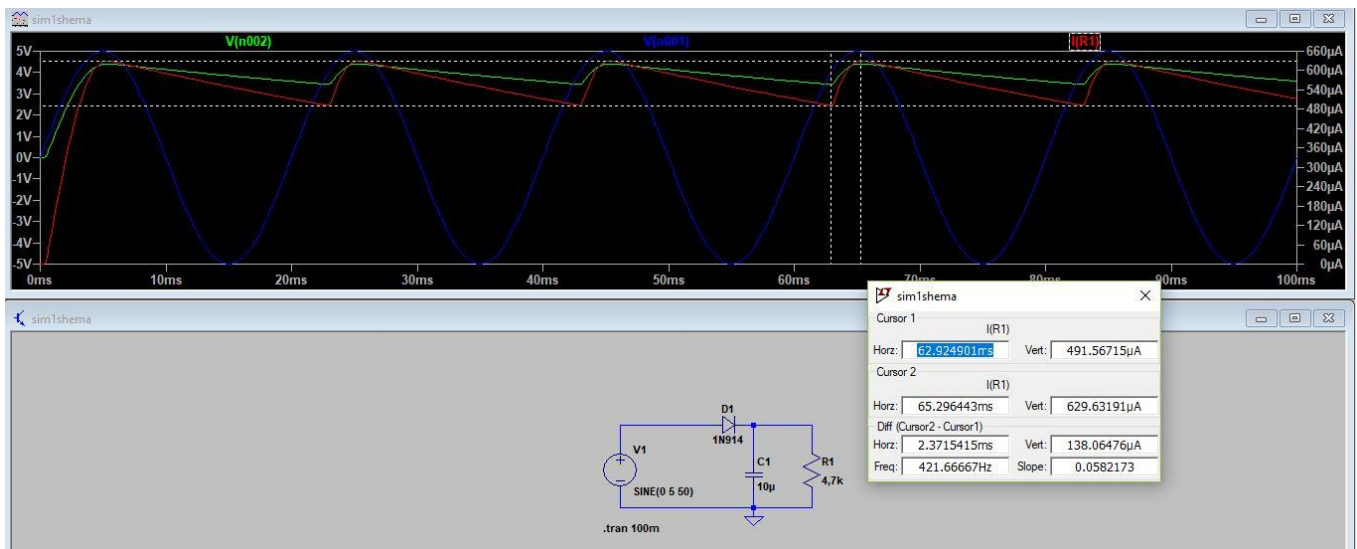
На навантаженні отримано вихідний сигнал з амплітудою пульсацій 0.97 В:

Середній струм через навантаження склав:

$$I = \frac{491.5 + 629.6}{2} = 560.55 \text{ [мкА]}$$

Для такого випрямляча амплітуда коливань напруги має становити:

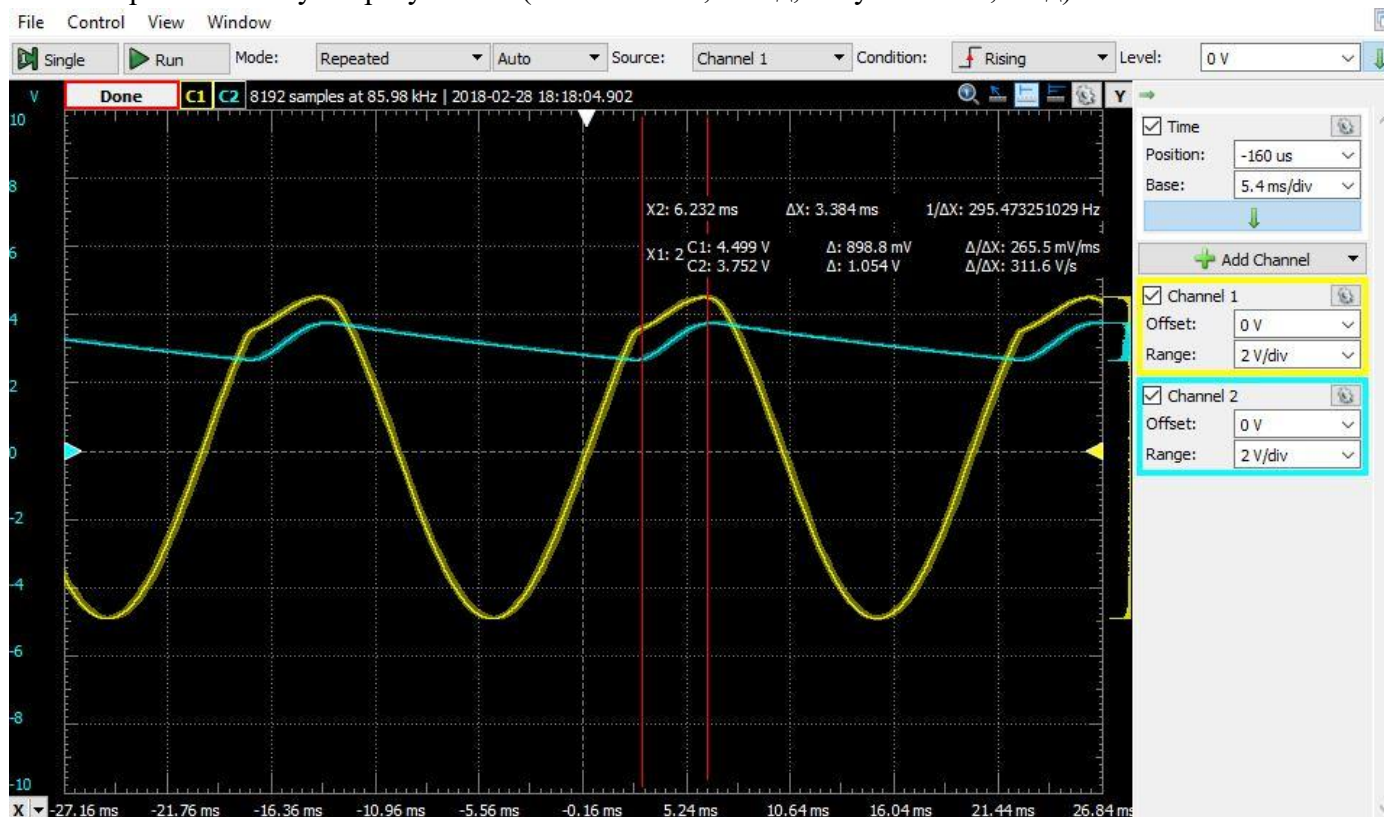
$$\Delta U = \frac{560.55 * 10^{-6}}{10 * 10^{-6} * 50} = 1.12 \text{ В}$$



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

- Згладжуюча ємність – 10мкФ
- Навантаження – резистор 4.8 кОм

В якості генератора сигналу та осцилографу використали Analog Discovery 2. Під час роботи схеми отримали наступні результати (жовтий – C1, вихід, голубий – C2, вхід):



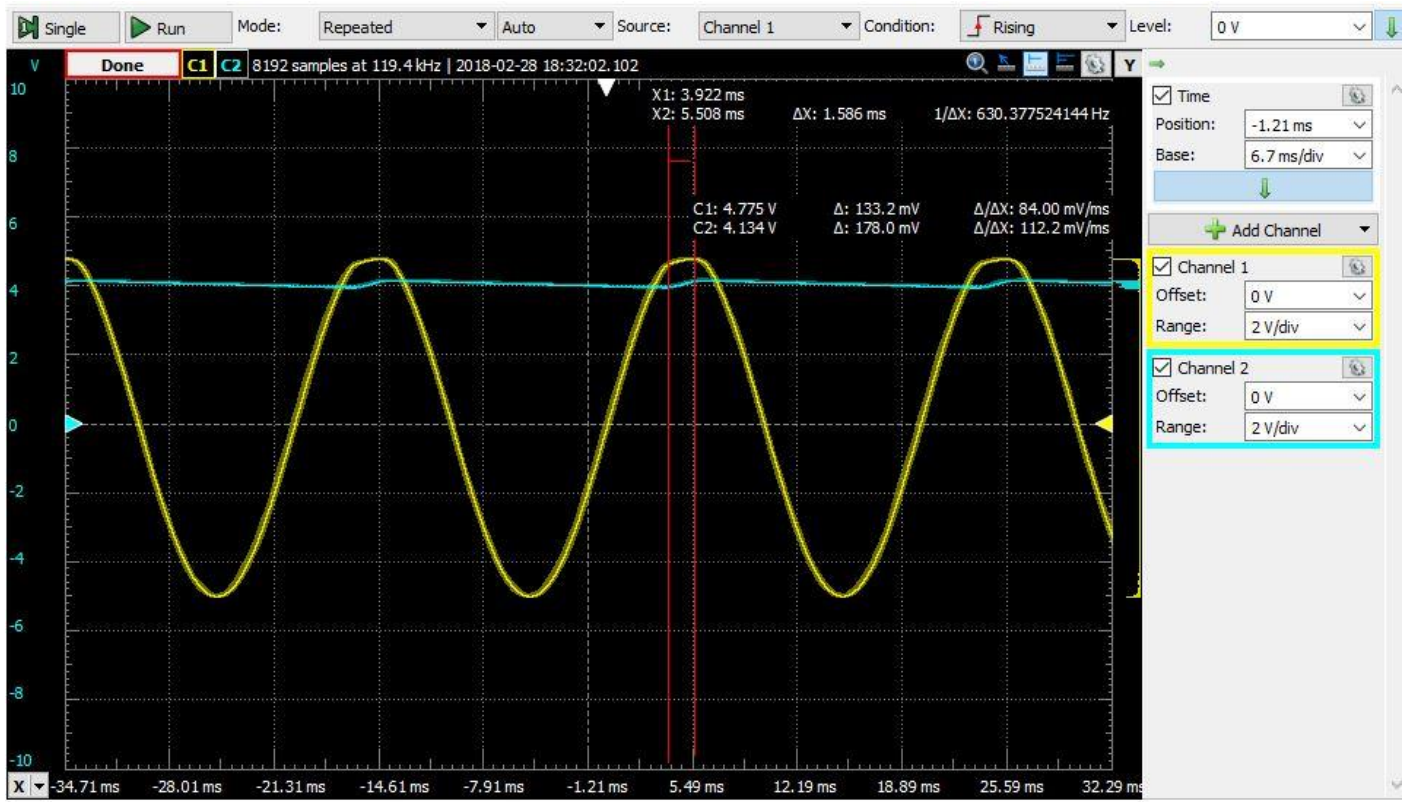
Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 1.05В, середній струм: $I = \frac{\frac{2.6}{4.8 \cdot 10^3} + \frac{3.6}{4.8 \cdot 10^3}}{2} = 645 \mu\text{A}$. За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати $\Delta U = \frac{645 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 1.29\text{В}$. Похибку можна пояснити спотворенням вхідного сигналу внутрішнім опором генератору, допуском резистору та недосконалістю моделі, з якої впливає ця формула (час розряду конденсатора).

Врахуємо час розряду конденсатора

$$\Delta U = \frac{645 \cdot 10^{-6} \cdot 3}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 4} = 0.97\text{В}$$

Можемо побачити, що значення стало наближеним до виміряного, але все одно є похибка

Дослідження було виконано аналогічно для навантаження 35 кОм з такими результатами:



Амплітуда пульсацій: 178 мВ

Середній струм: $I = \frac{\frac{4.1}{35 \cdot 10^{-3}} + \frac{4.3}{35 \cdot 10^{-3}}}{2} = 119 \text{ мкА}$

Теоретично розрахована амплітуда пульсацій: $\Delta U = \frac{119,9 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 238 \text{ мВ}$

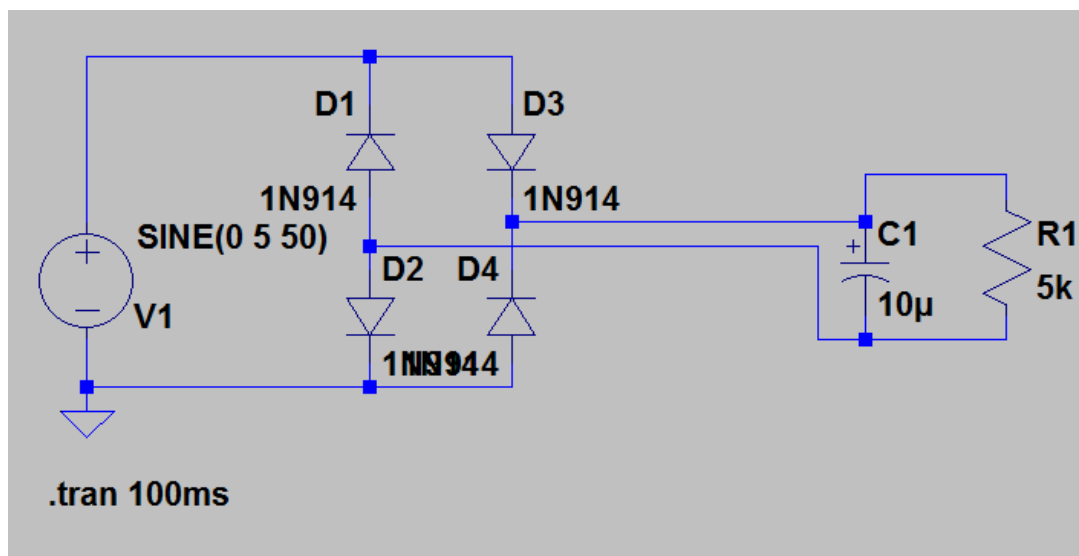
З врахуванням часом розряду конденсатора

$$\Delta U = \frac{119,9 \cdot 10^{-6} \cdot 3}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 4} = 179 \text{ мВ}$$

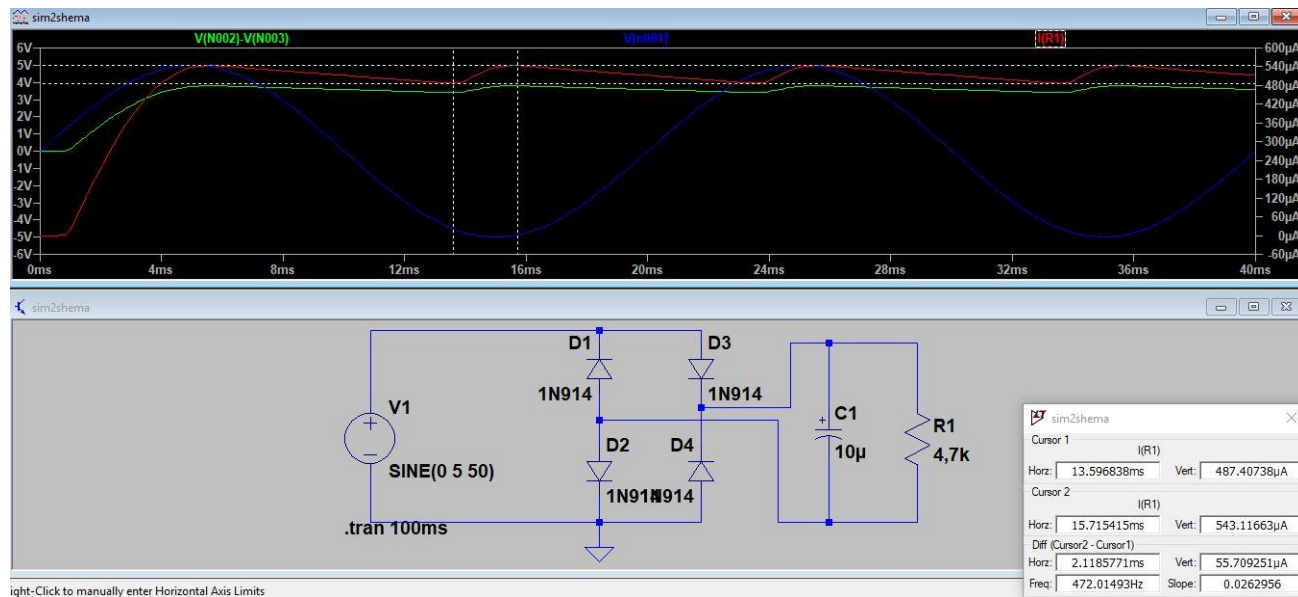
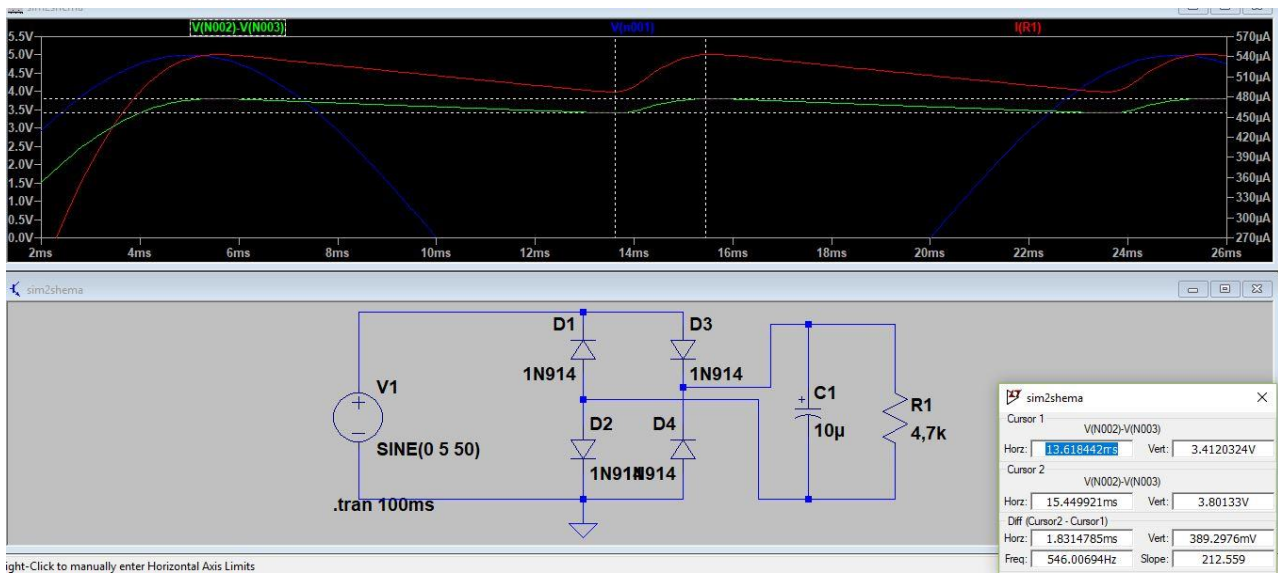
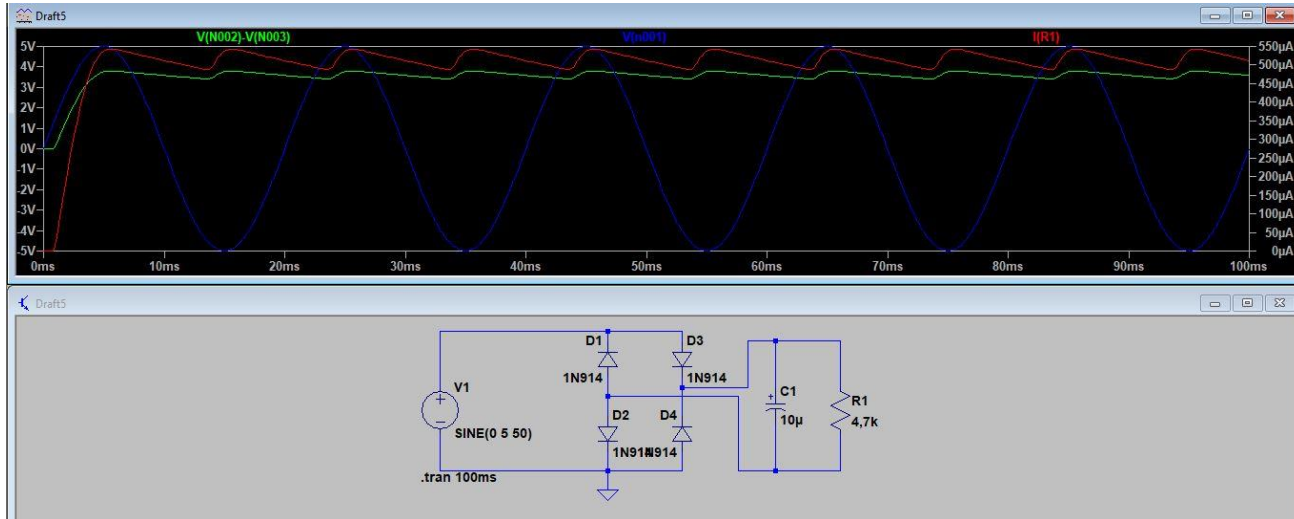
2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча

а. 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 5 кОм



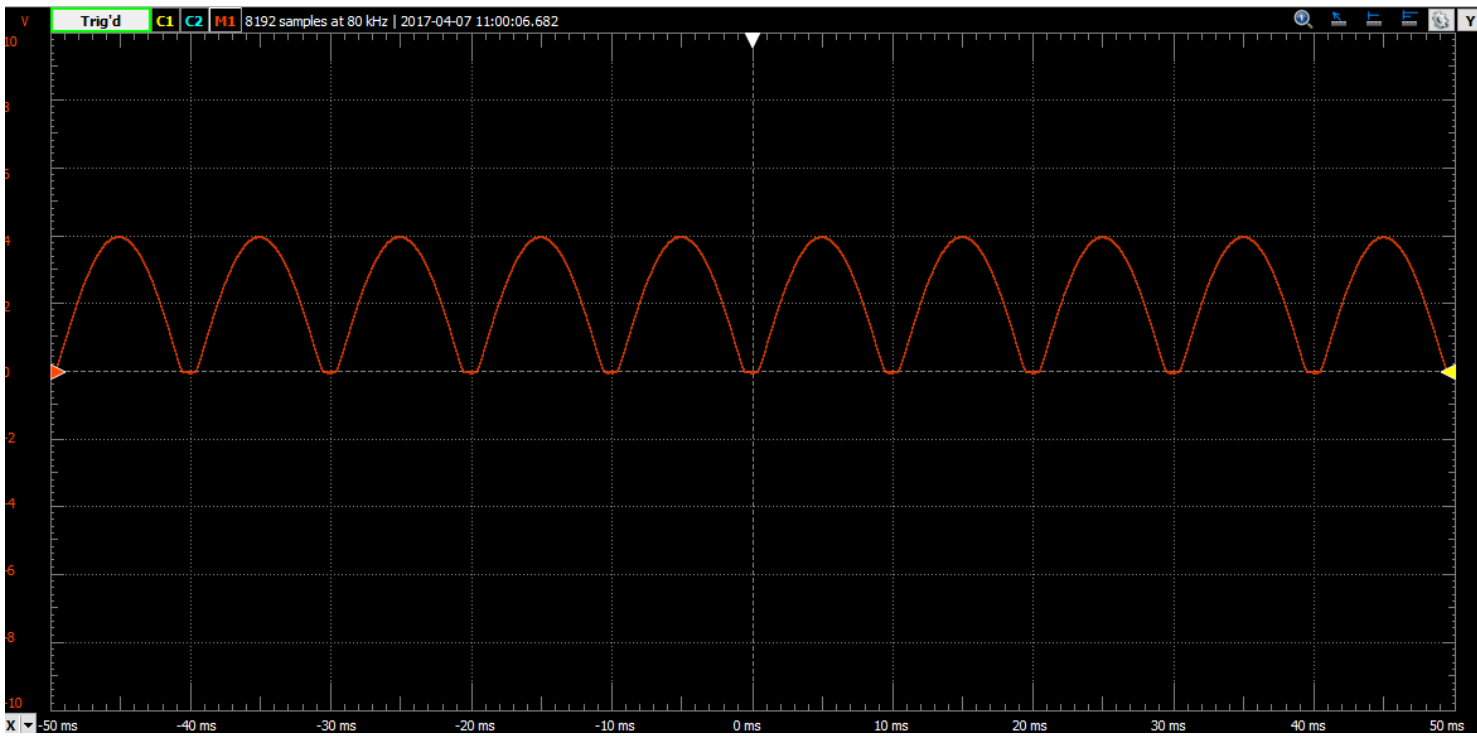
Отримали такі результати:



Амплітуда пульсацій вихідної напруги склала 389 мВ, середній струм через навантаження: $I = \frac{487+543}{2} = 516,5 \text{ [мкА]}$. Залежність $\Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = \frac{516 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 516.5 \text{ мВ}$ виконується з похибкою. Врахування часу розряду конденсатора призводить до таких результатів: $\Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = \frac{516.5 \cdot 10^{-6} \cdot 3/4}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 387 \text{ мВ}$, що наближає розрахунок до симуляції.

- б. Схему випрямляча напруги на діодному мосту склали у лабораторії. В якості генератора та осцилографа використовували Analog Discovery 2. Для зняття напруги на резисторі навантаження в умовах неможливості розв'язати землі осцилографа та генератора використали два входи осцилографу та функцію математичної обробки сигналів – входи осцилографа під'єднали до виводів резистора, підключеного у схему та відняли один сигнал від одного, отримавши падіння.
- Було отримано такі результати:

Сигнал без зглажувального конденсатора:



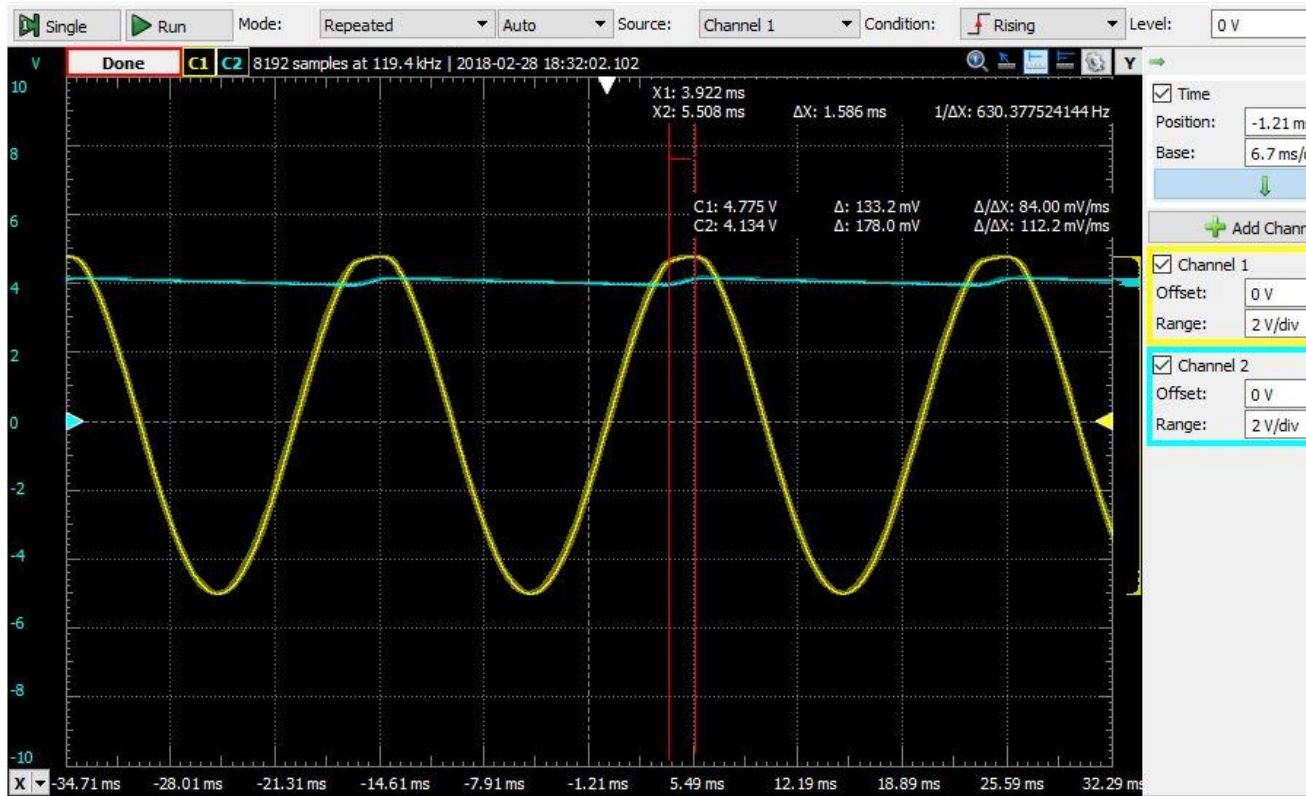
З навантаженням 5кОм:



Амплітуда пульсацій складала 401 мВ, середній струм через навантаження: $I = \frac{\frac{2,7}{4,7 \cdot 10^3} + \frac{3,3}{4,7 \cdot 10^3}}{2} = 638 \mu\text{A}$. За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати $\Delta U = \frac{638 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 638 \text{ мВ}$. 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.

Аналогічне дослідження було проведено для опору навантаження 35 кОм. Для вимірювання використали дві плати Analog Discovery 2, що використовували розв'язані джерела живлення. Отримали такі результати:

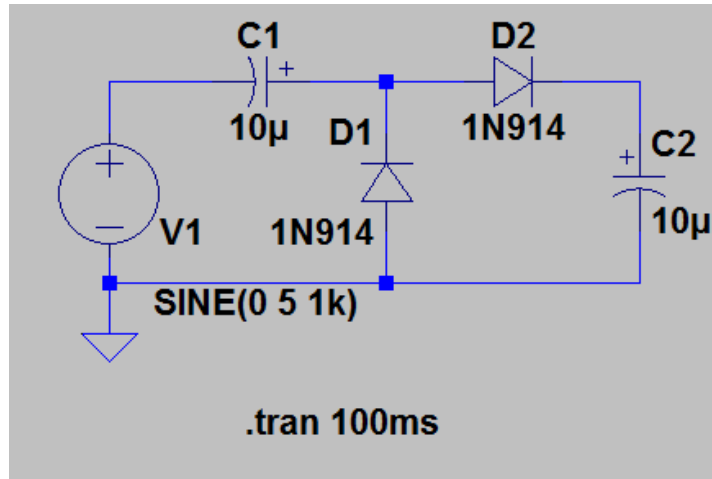


Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 178 мВ. середній струм через навантаження:

$$I = \frac{\frac{4}{35 \cdot 10^{-3}} + \frac{4,2}{35 \cdot 10^{-3}}}{2} = 115 \text{ мкА.}$$
 За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати $\Delta U = \frac{110 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 115 \text{ мВ.}$ Моделювання показало амплітуду пульсацій 108 мВ. Похибки можна пояснити тими ж самими факторами, що і для попереднього експерименту.

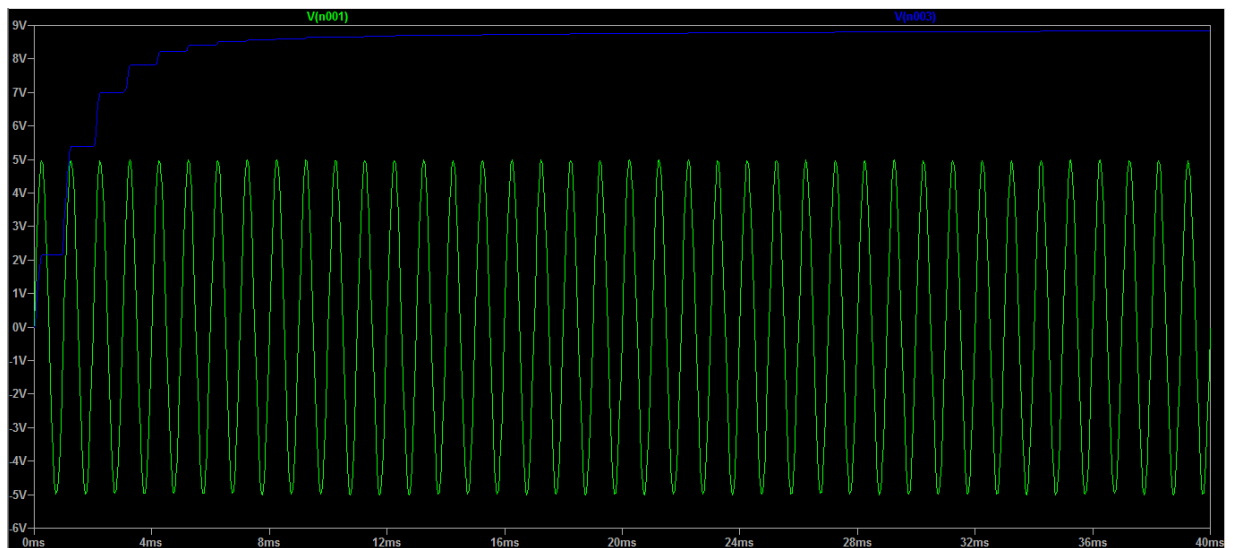
3. Дослідження подвоювача напруги.

- а. Схему подвоювача напруги на послідовних каскадах з діоду та конденсатору було склали та симулювали у середовищі LTSpice. Використали наступні параметри:
 - Ємність конденсаторів: 10 мкФ
 - Діоди кремнієві



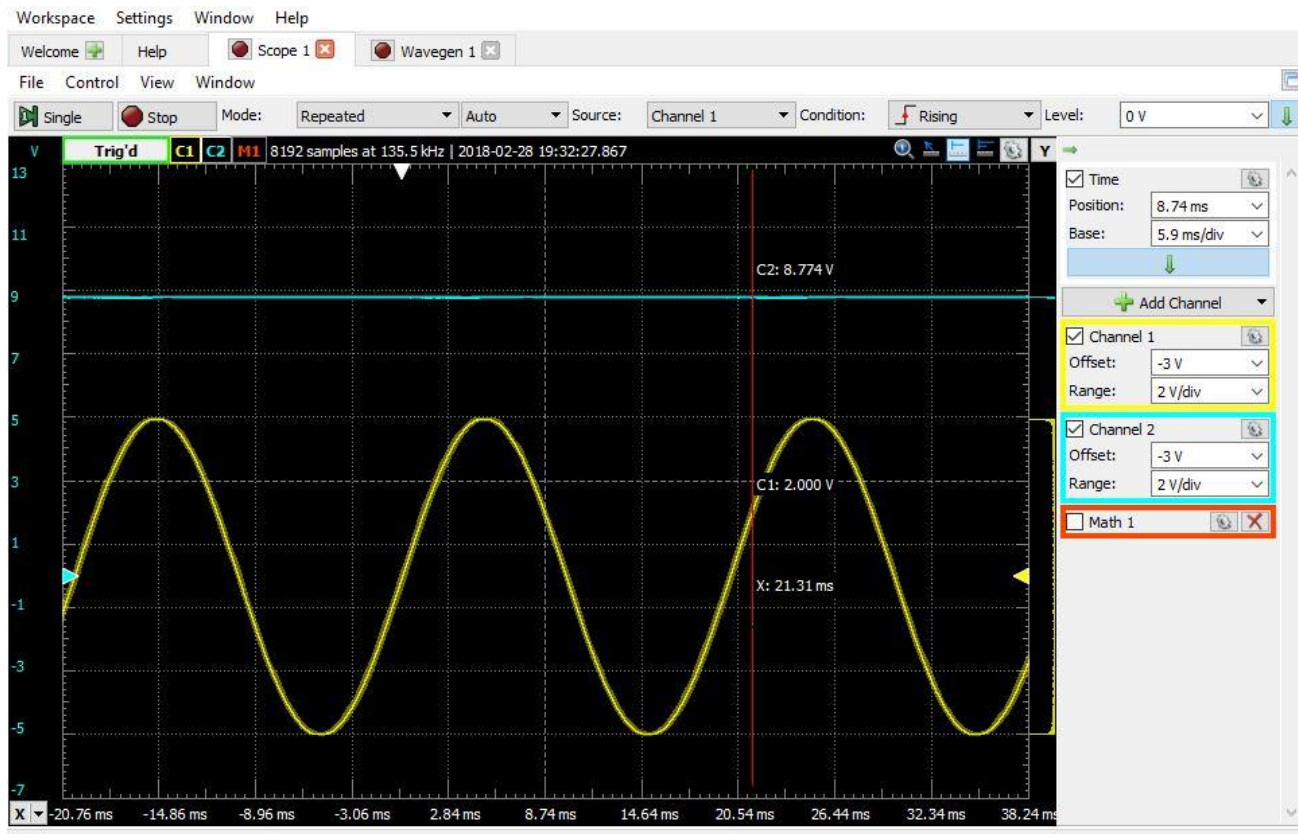
- Вхідний сигнал – гармонійний, амплітудою 5В, частотою 1 кГц

Було отримано наступні результати:



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.

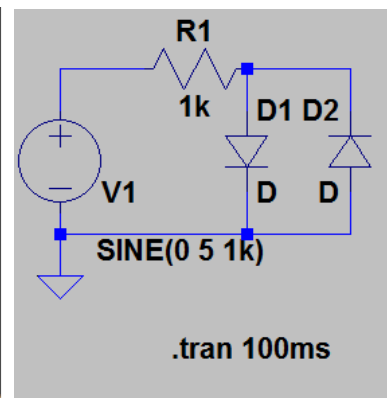
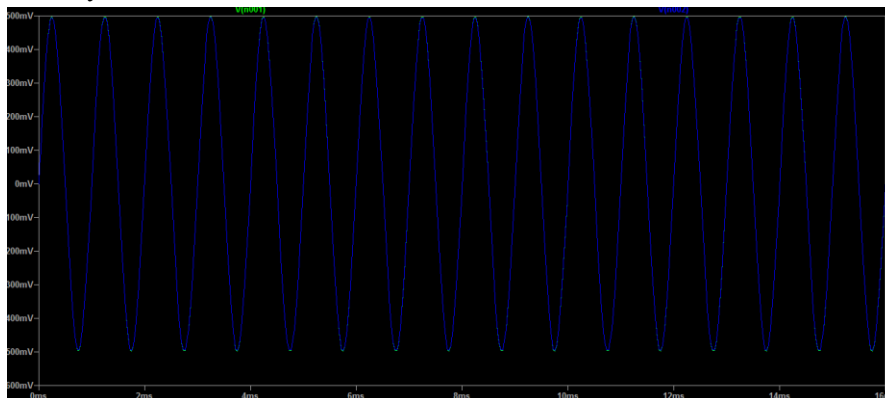
Схему подвоювача склали на макетній платі, на подвоювач подали сигнал, аналогічний такому з симуляції. Було отримано наступні результати:



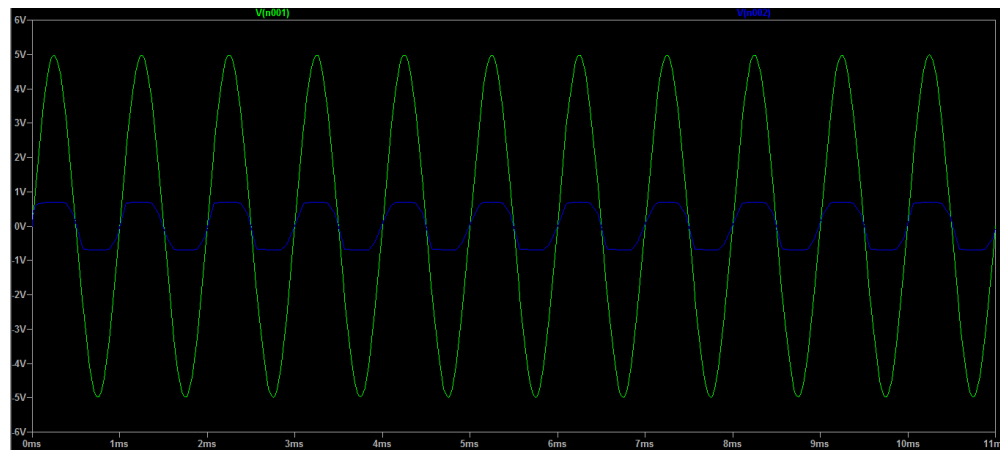
Напруга на виході складала 8.8В, що відповідає теоретичним очікуванням. Сигнал на виході можна вважати стабільним, так як схема нічим не навантажена, окрім вхідного опору вимірювального пристрою, котрим тут можна знехтувати.

4. Дослідження обмежувача напруги

- Схему обмежувача напруги на діоді склали у середовищі LTSpice та провели симуляцію. Отримали наступні результати: при напрузі менше, ніж напруга прямого зміщення діода, обмежувач не змінює сигнал:



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

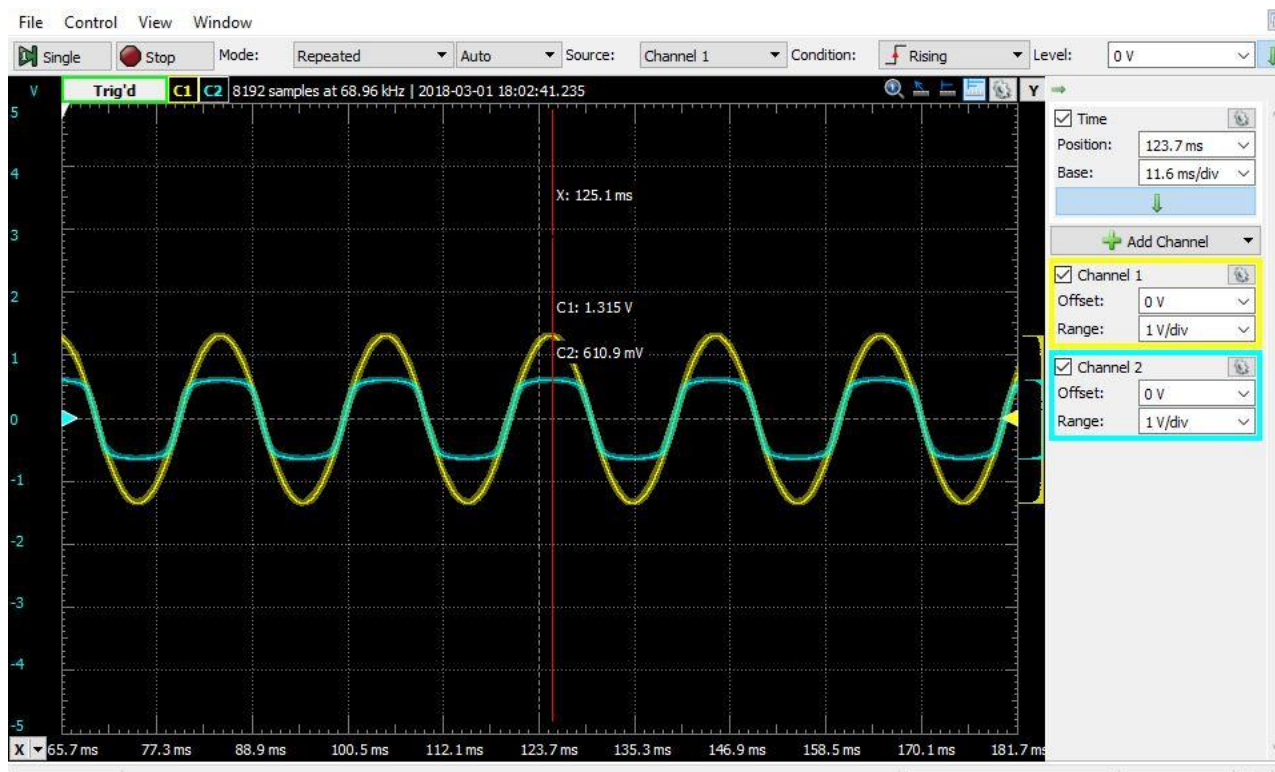


б. Аналогічну поведінку схему було досліджено в лабораторії:



Так як було використано кремнієві діоди, напруга обмеження була в декілька разів менша, ніж та, що спостерігали у симуляції.

Для напруги 1.5В:



Висновки

В ході проведення даної лабораторної роботи були досліджені такі схеми як:

- Однонапівперіодний випрямляч
- Двонапівперіодний випрямляч
- Подвоювач напруги
- Обмежувач напруги

Ці схеми активно використовуються в електроніці, тому вивчення та дослідження їх принесло користь.

Я дізнався про те, що використовуючи лише 4 діоди, резистор та конденсатор, можна перетворити гармонічний сигнал в постійний.

Але часто приходиться боротися з пульсаціями напруги, що стає завадою в отриманні чіткого постійного сигналу.

У ході порівняння результатів з результатами симуляції я наштовхнувся на значні похибки, що спричинені різними факторами, включаючи недосконалість розрахунку формули пульсацій, внутрішніх опорів генератора, та умов проведення лабораторної роботи.