

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 схемотехніка ”

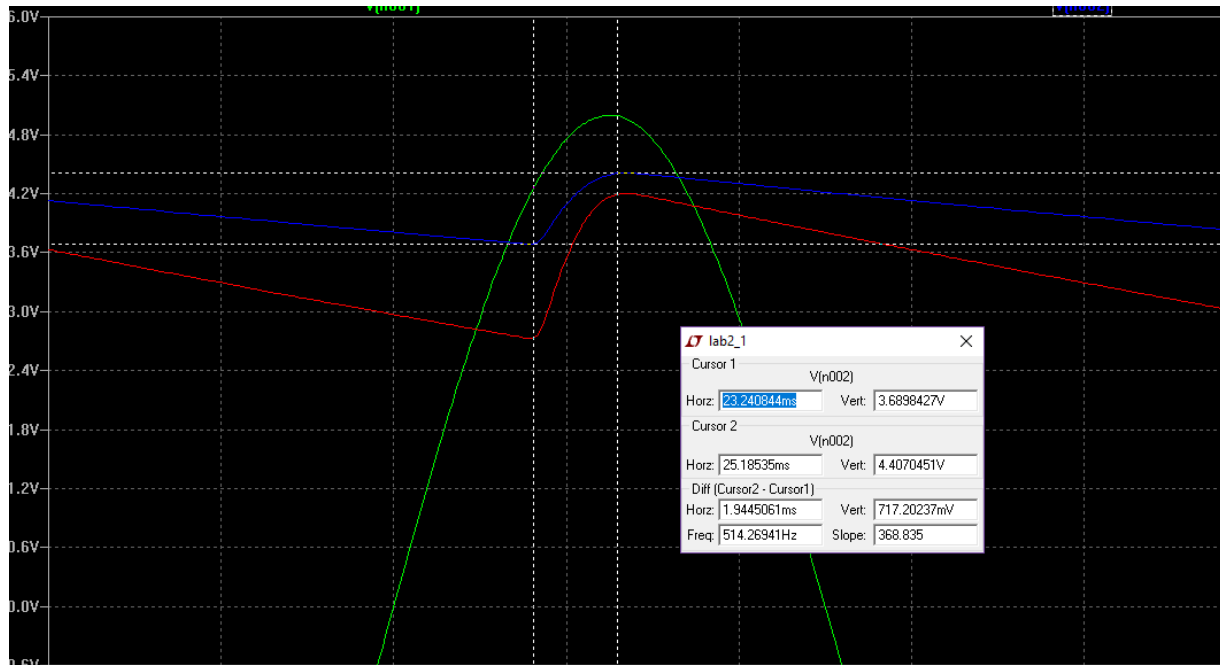
Виконав:
студент групи ДК-61
Накоренко А.А

Перевірив:
доц. Короткий Є В.

1. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.

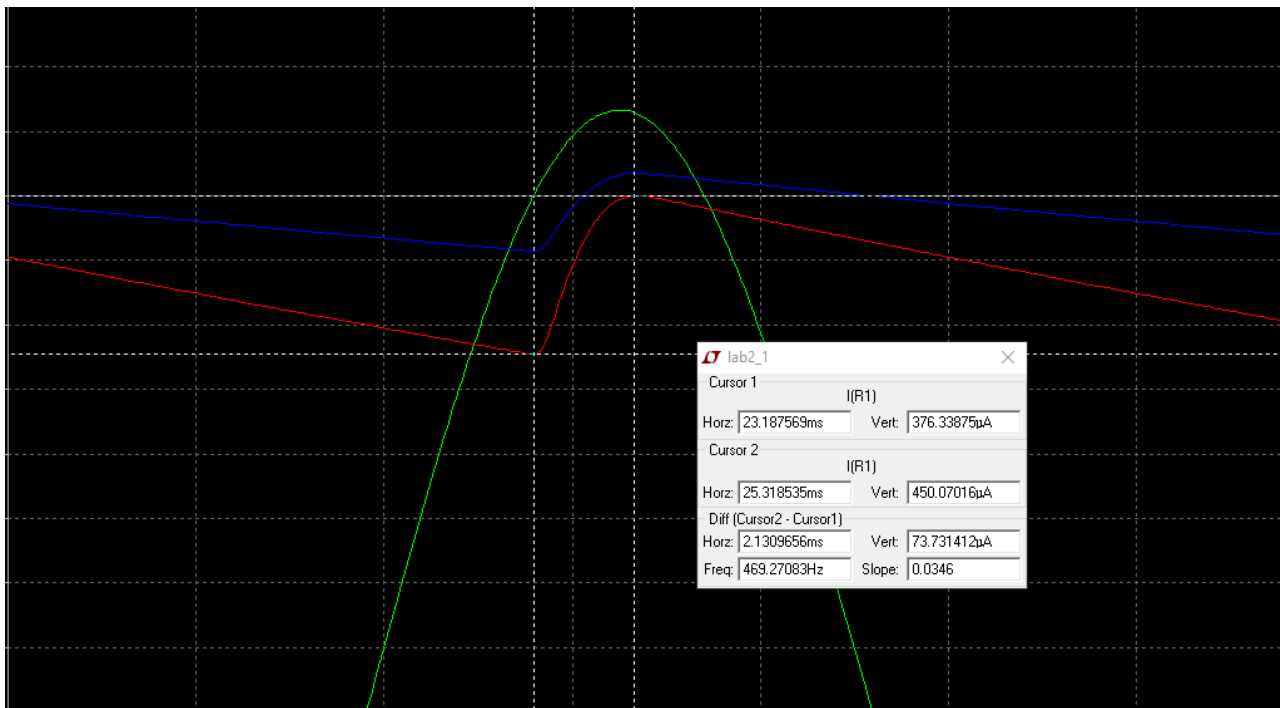
а. Було проведено симуляцію роботи випрямляча з напівпровідникового діоду та конденсатору в середовищі LTSpice з наступними параметрами:

- Вхідний сигнал – гармонійний біполярний, з амплітудою 5В та частотою 50Гц
- Згладжуюча ємність – 10мкФ
- Навантаження – резистор 9.8 кОм



На навантаженні отримано вихідний сигнал з амплітудою пульсацій 0.71 В:

Середній струм через навантаження склав:



$$I = \frac{376 + 450}{2} = 413 \text{ [mA]}$$

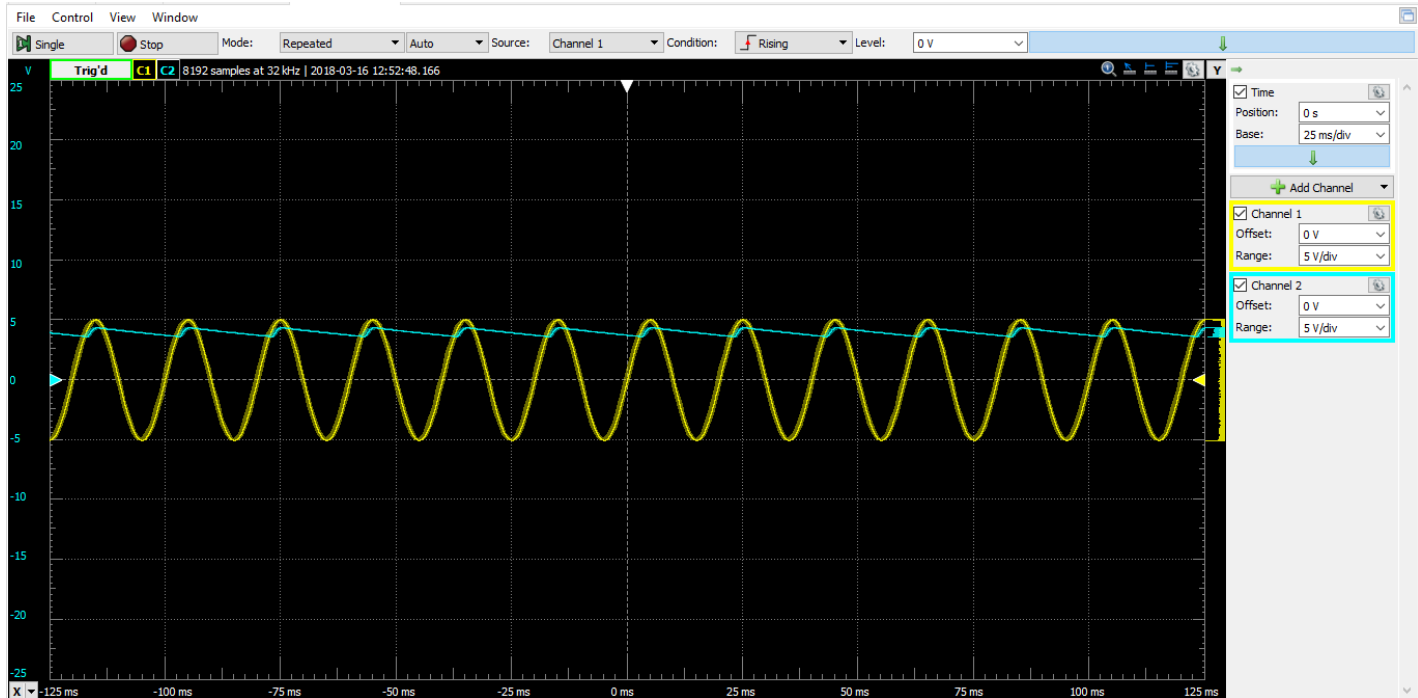
Для такого випрямляча амплітуда коливань напруги має становити:

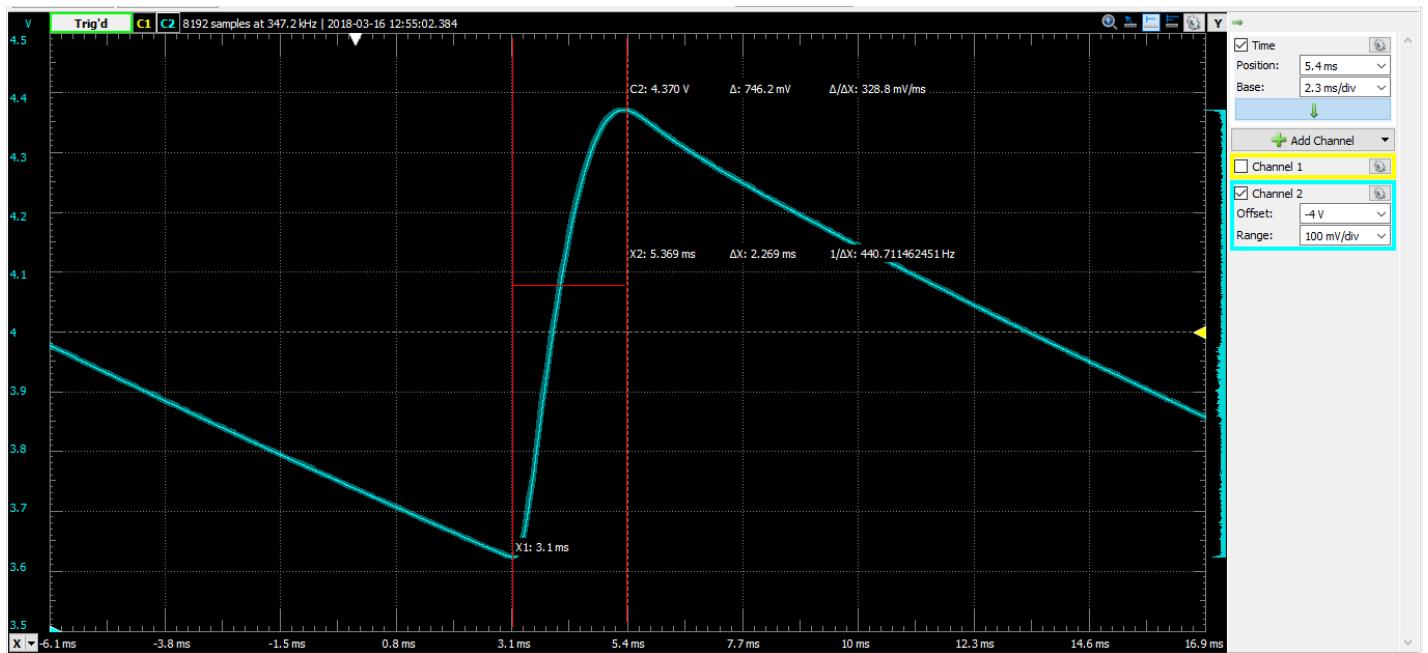
$$\Delta U = \frac{413 * 10^{-6}}{10 * 10^{-6} * 50} = 0,826 \text{ В}$$

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

- Згладжуюча ємність – 10мкФ
- Навантаження – резистор 9,8 кОм

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



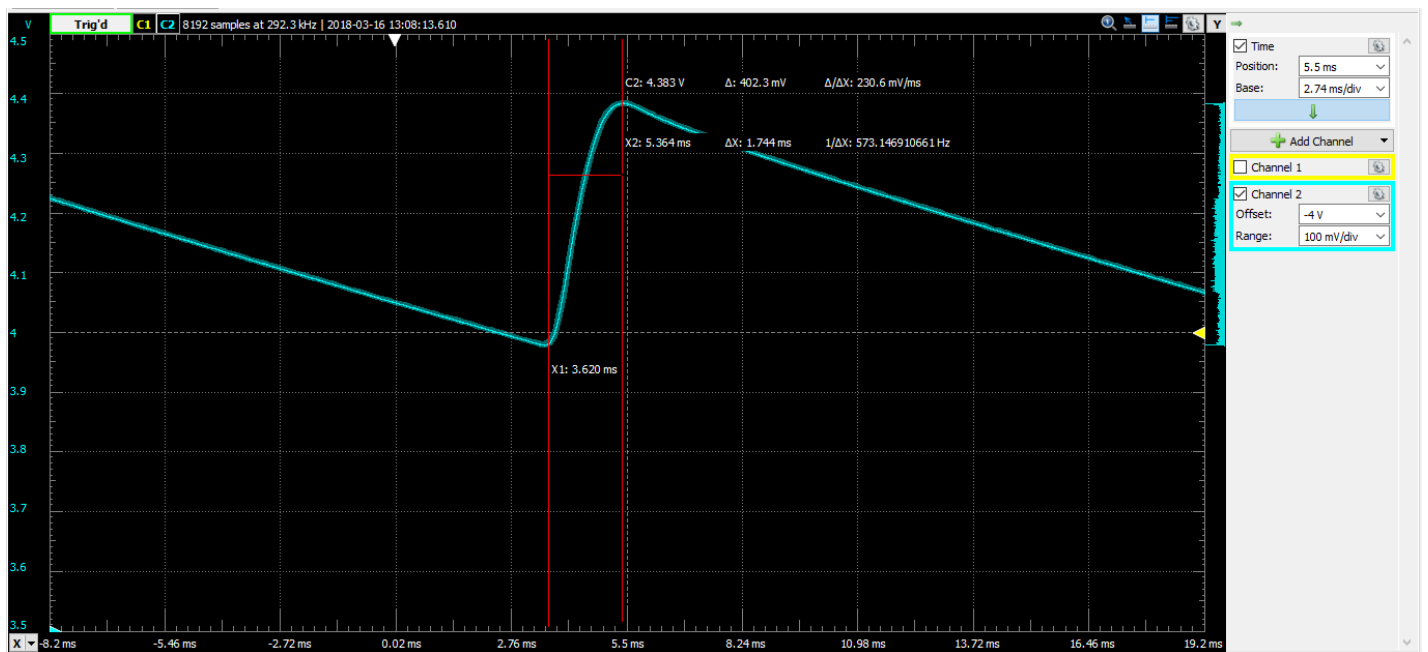
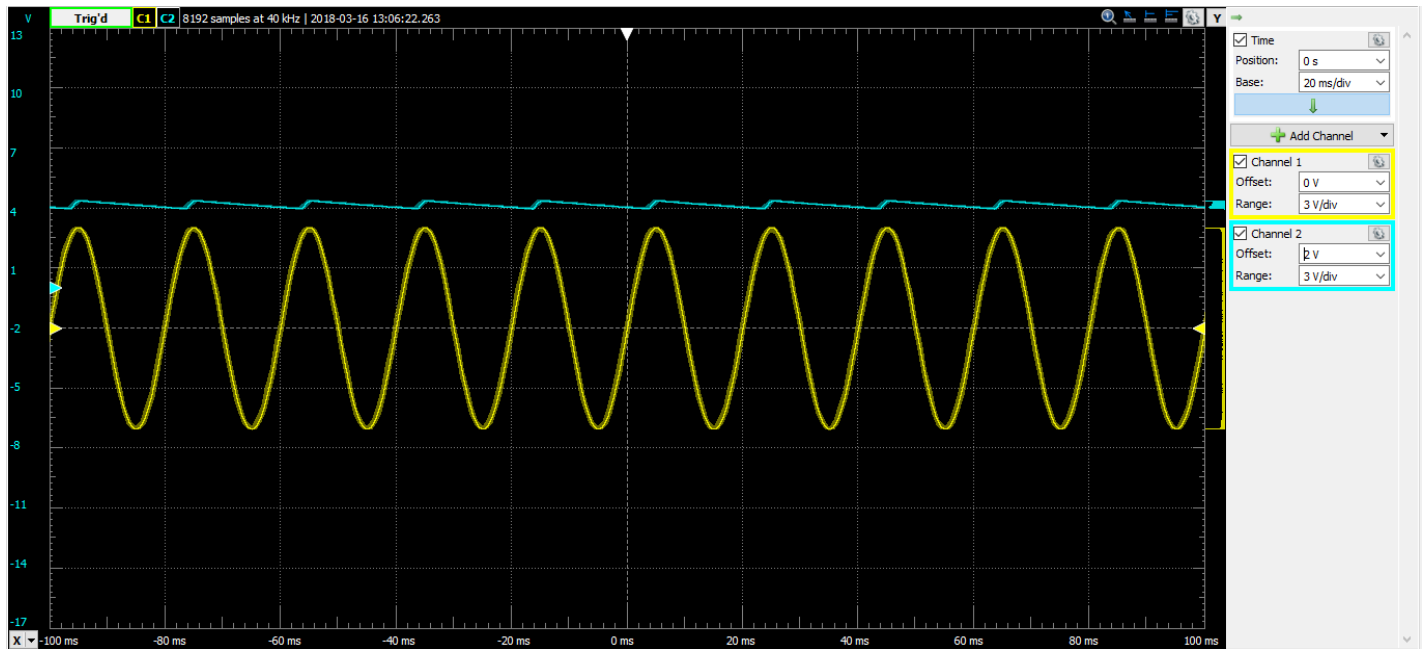


Середній струм: $I = \frac{\frac{3,62}{9,8 \cdot 10^{-3}} + \frac{4,37}{9,8 \cdot 10^{-3}}}{2} = 407 \mu\text{A}$. За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати $\Delta U = \frac{407 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0,814 \text{ V}$.

ΔU	Симуляція	Експеримент
Виміряне значення	716 мВ	746 мВ
Розраховане	826 мВ	814 мВ
Абс.похибка	116мВ	68мВ
Відносна похибка	16,2%	9,11%

Похибки можна пояснити недосконалістю формули $\Delta U = I_{av} C \cdot f$, спотворення сигналу внутрішнім опором генератора, а також допуском резистора і конденсатора.

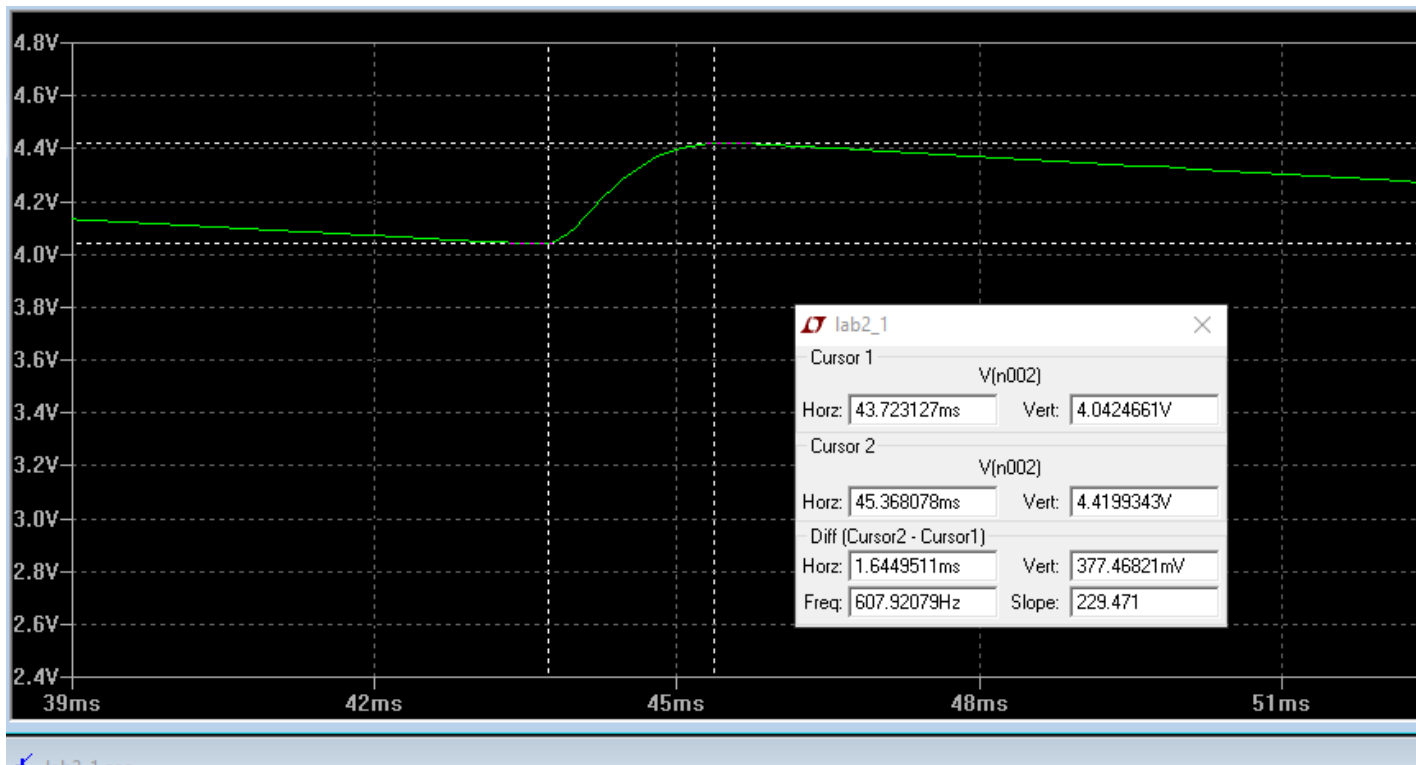
Дослідження було виконано аналогічно для навантаження 19,81 кОм з такими результатами:



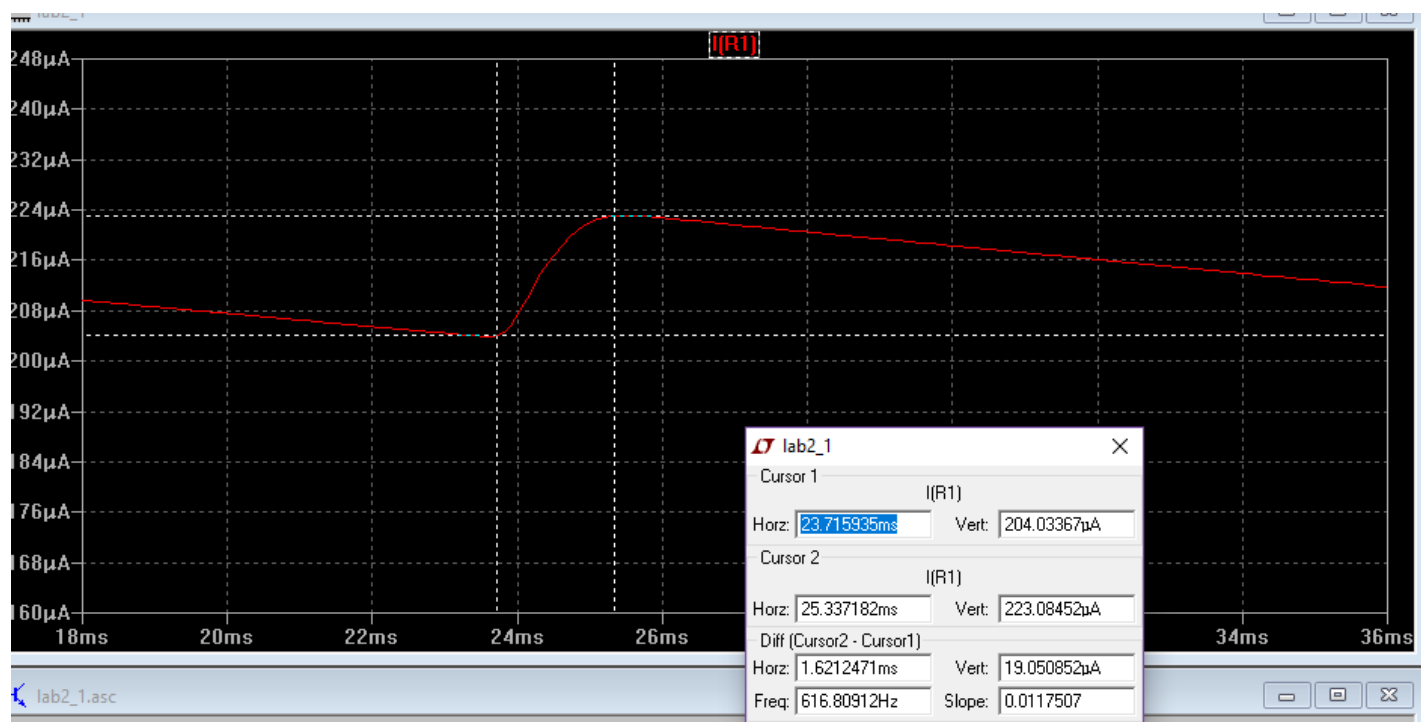
Амплітуда пульсацій: 402 мВ

$$\text{Середній струм: } I = \frac{\frac{4,383}{198 \cdot 10^3} + \frac{3,99}{198 \cdot 10^3}}{2} = 211 \text{ мкА}$$

$$\text{Теоретично розрахована амплітуда пульсацій: } \Delta U = \frac{21,1 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 422 \text{ мВ}$$



Амплітуда пульсацій з симулятора: $\Delta U = 377 \text{ мВ}$



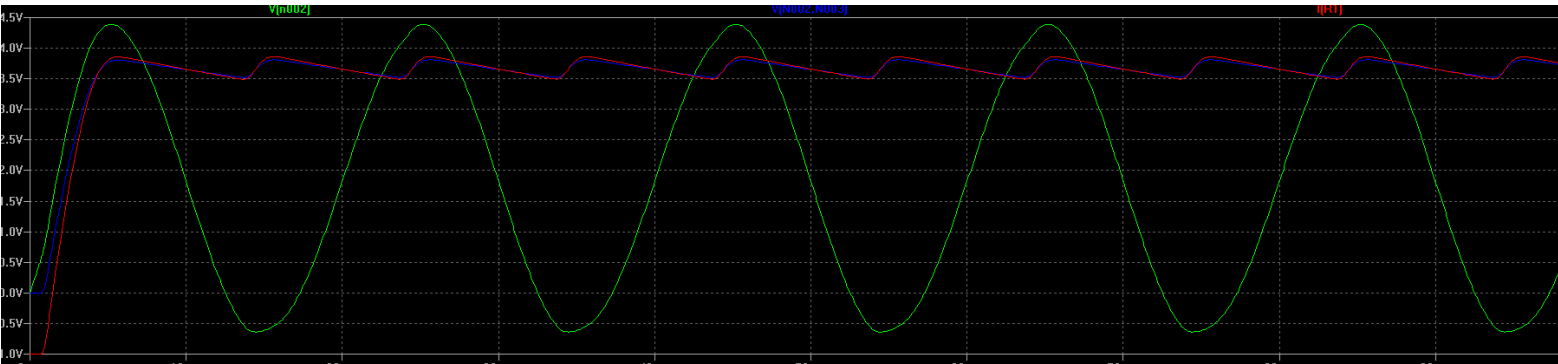
Середній струм: $I = 213.5 \text{ мкА}$

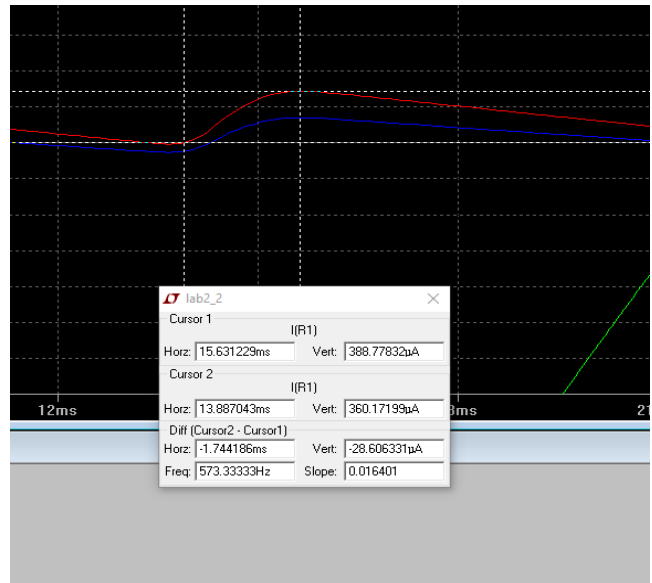
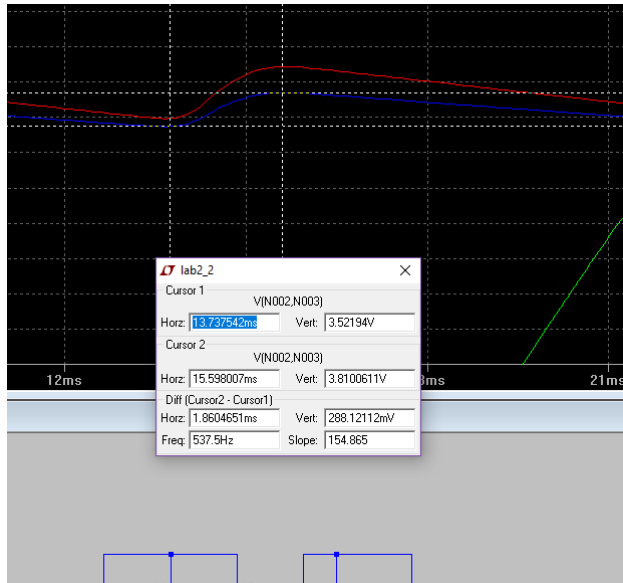
Теоретично розрахована амплітуда пульсацій: $\Delta U = \frac{213.5 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 427 \text{ мВ}$

ΔU	Симуляція	Експеримент
Виміряне значення	377 мВ	402 мВ
Розраховане	427 мВ	422 мВ
Абс.похибка	50 мВ	20 мВ
Відносна похибка	11.7%	4.97%

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 9,83 кОм





Амплітуда пульсацій вихідної напруги склала 287 мВ, середній струм через навантаження: $I = \frac{388+360}{2} = 374$ [мкА]. Залежність $\Delta U = \frac{I_r}{2 \cdot C \cdot f} = \frac{374 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 375$ мВ

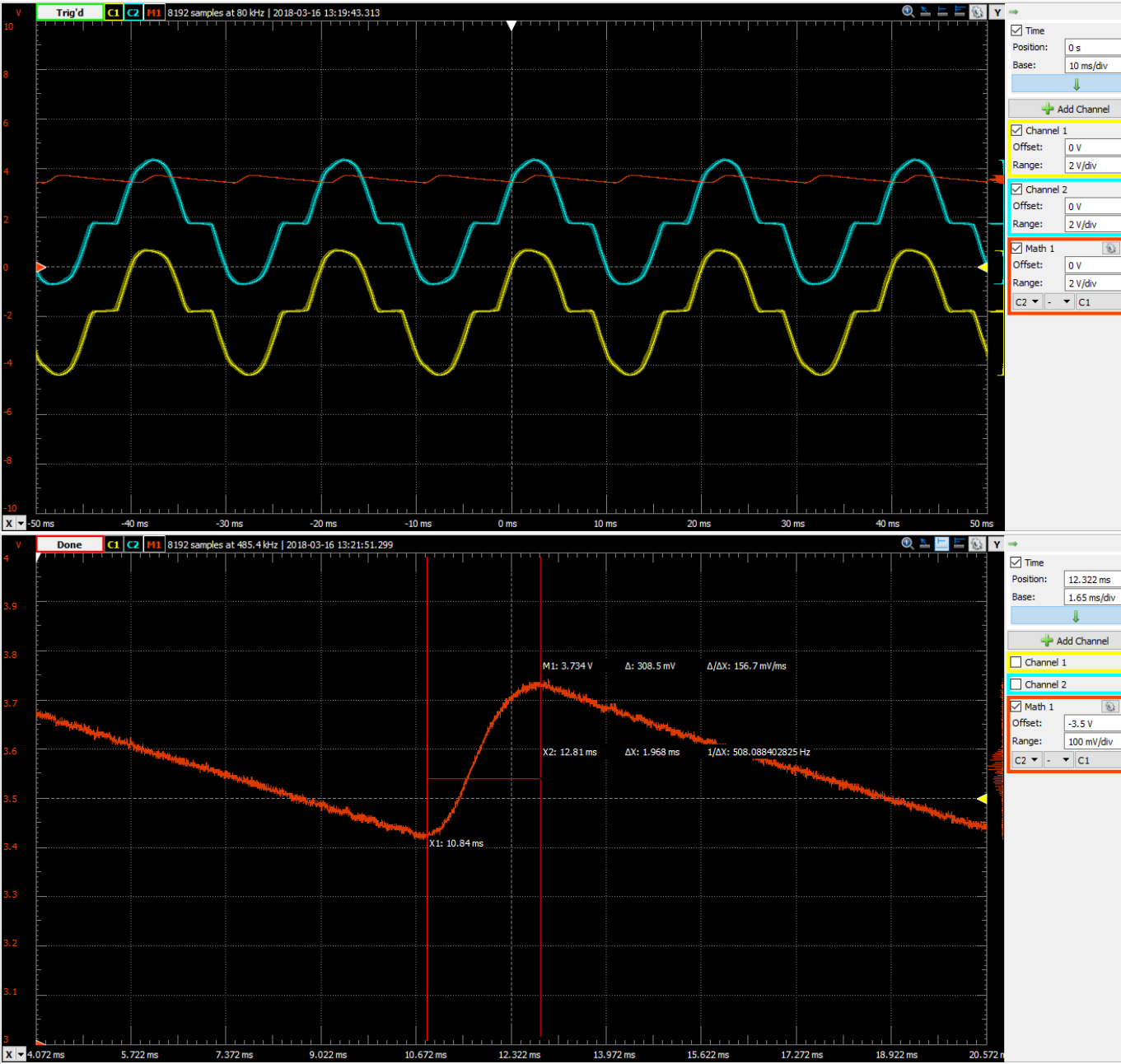
Похибка складає:

$$(87/287) \cdot 100\% = 30\%$$

Похибку можна виправдати неврахуванням внутрішнього опору генератора, допуском елементів кола, а також впливом розряду конденсатора.

Схему випрямляча напруги на діодному мосту склали у лабораторії. В якості генератора та осцилографа використовували Analog Discovery 2.

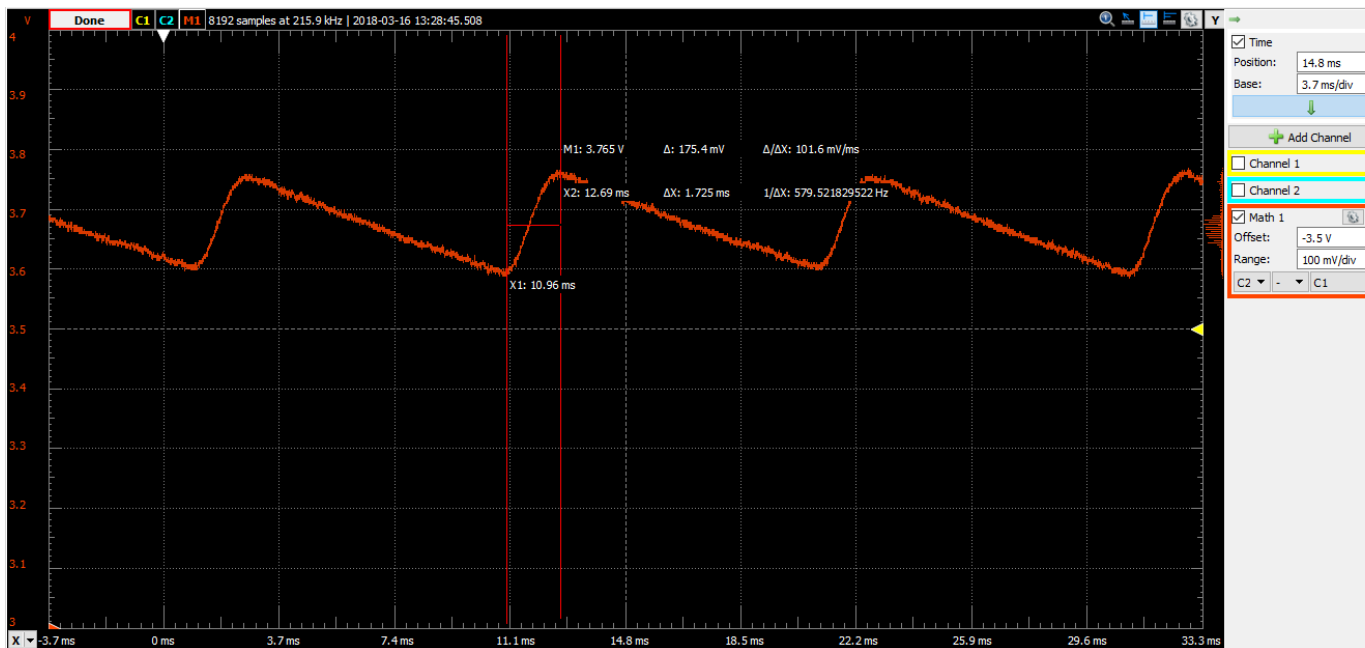
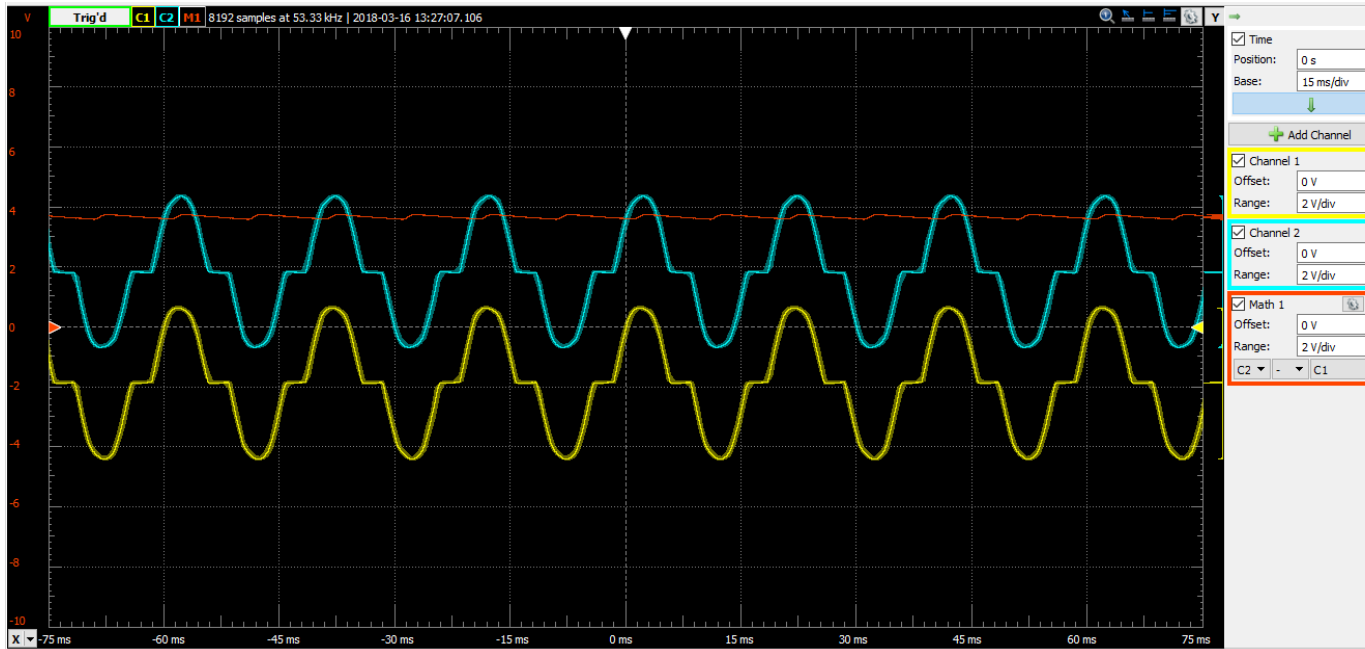
Було отримано такі результати:



Амплітуда пульсацій склала 308,5 мВ, середній струм через навантаження: $I = \frac{3,4}{9,3 \cdot 10^{-3}} + \frac{3,734}{9,3 \cdot 10^{-3}} = 383 \text{ мкА}$. За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча амплітуда пульсацій повинна складати $\Delta U = \frac{383 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 383 \text{ мВ}$.

ΔU	Симуляція	Експеримент
Виміряне значення	287 мВ	308.5 мВ
Розраховане	375 мВ	383 мВ
Абс.похибка	88 мВ	94.5 мВ
Відносна похибка	23.4%	24.6%

Аналогічне дослідження було проведено для опору навантаження 19.81 кОм. Для вимірювання використали дві плати Analog Discovery 2, що використовували розв'язані джерела живлення. Отримали такі результати:

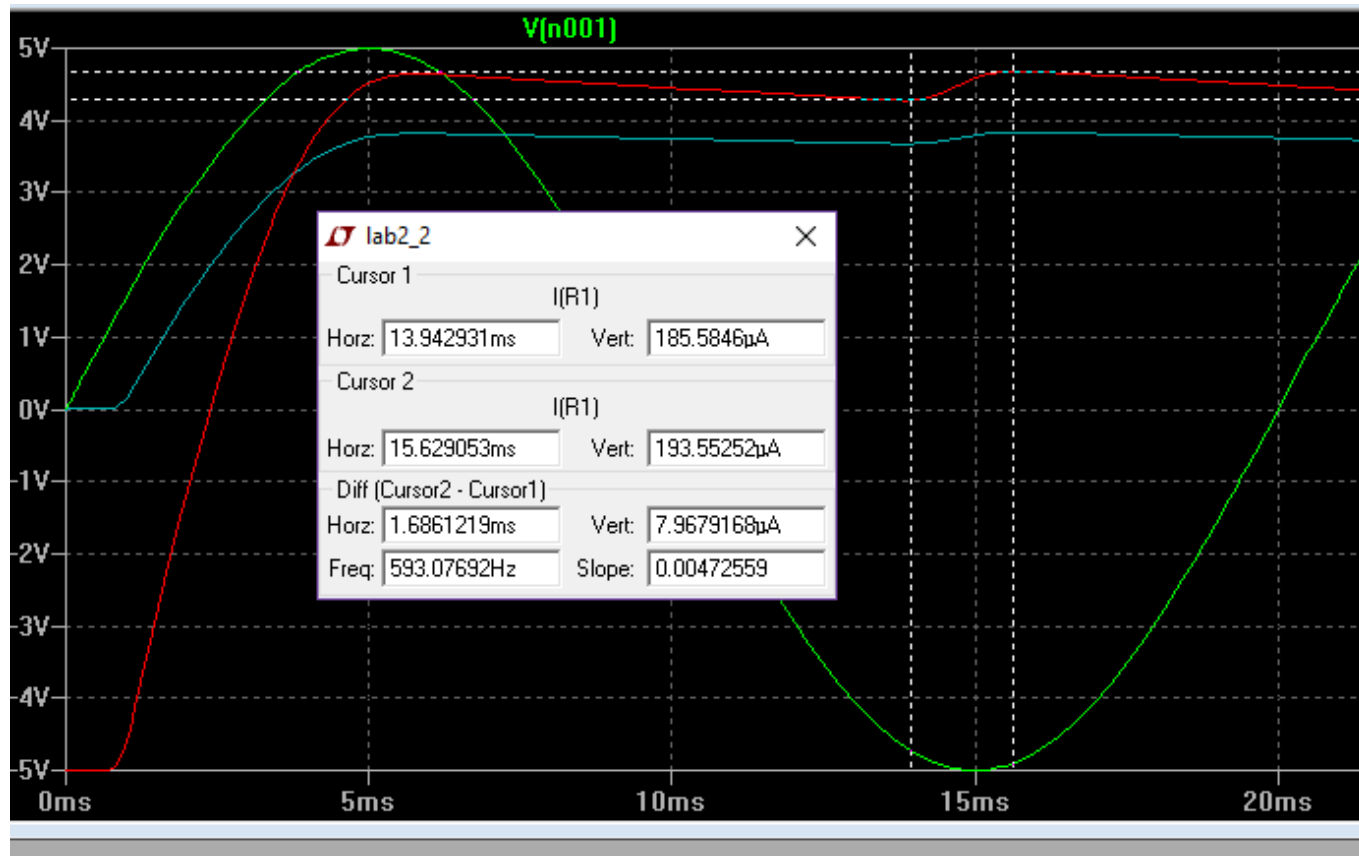


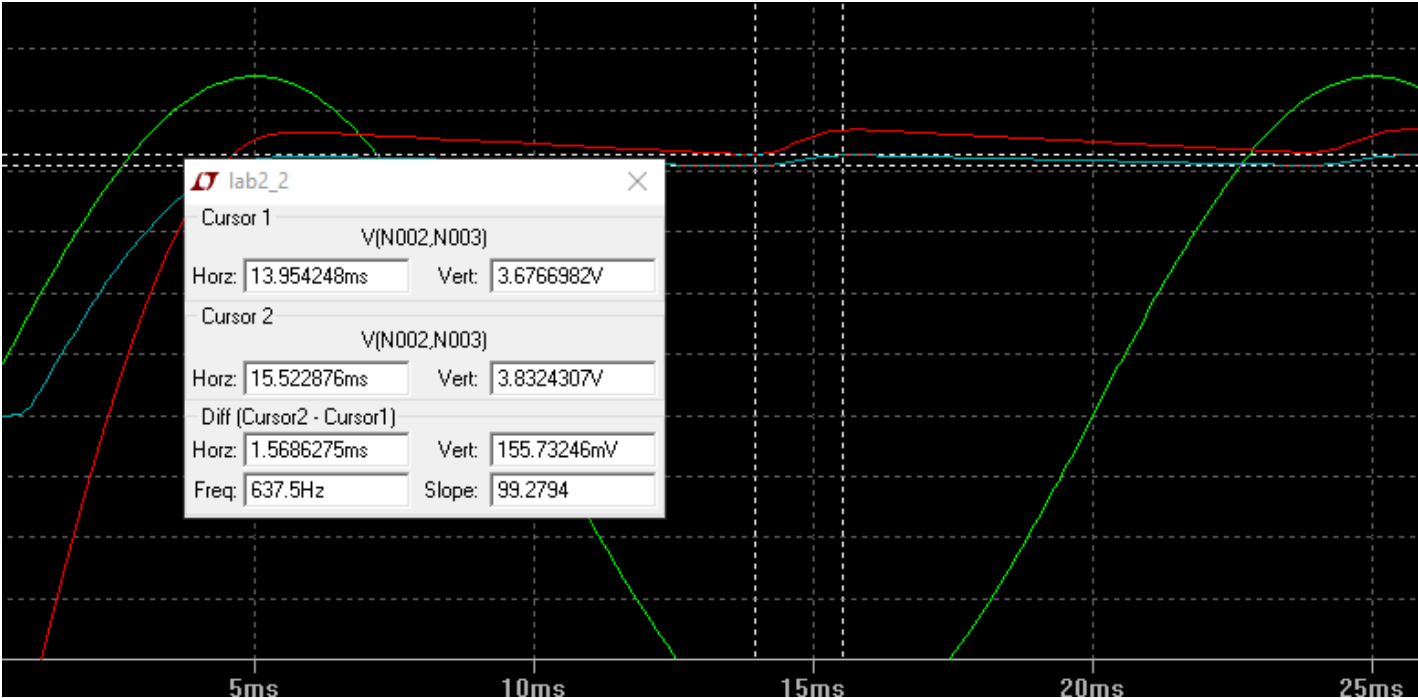
Амплітуда пульсацій вихідного сигналу склала 175 мВ. Середній струм через навантаження:

$$I = \frac{\frac{3,765}{19,81 \cdot 10^3} + \frac{3,6}{19,81 \cdot 10^3}}{2} = 185 \text{ мкА.}$$

За теоретичними очікуваннями, для такого випрямляча

$$\text{амплітуда пульсацій повинна складати } \Delta U = \frac{185 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 185 \text{ мВ.}$$





Моделювання показало амплітуду пульсацій 156 мВ. Середній струм $I = \frac{193+185}{2} = 189 \text{ мкА}$

Тоді амплітуда коливань:

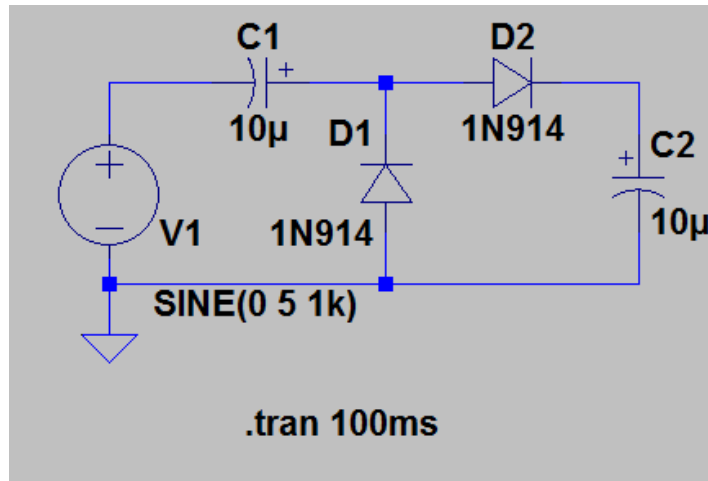
$$\Delta U = \frac{190 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 190 \text{ мВ}$$

ΔU	Симуляція	Експеримент
Виміряне значення	156 мВ	175 мВ
Розраховане	190мВ	185 мВ
Абс.похибка	34 мВ	10 мВ
Відносна похибка	21.7%	5.71%

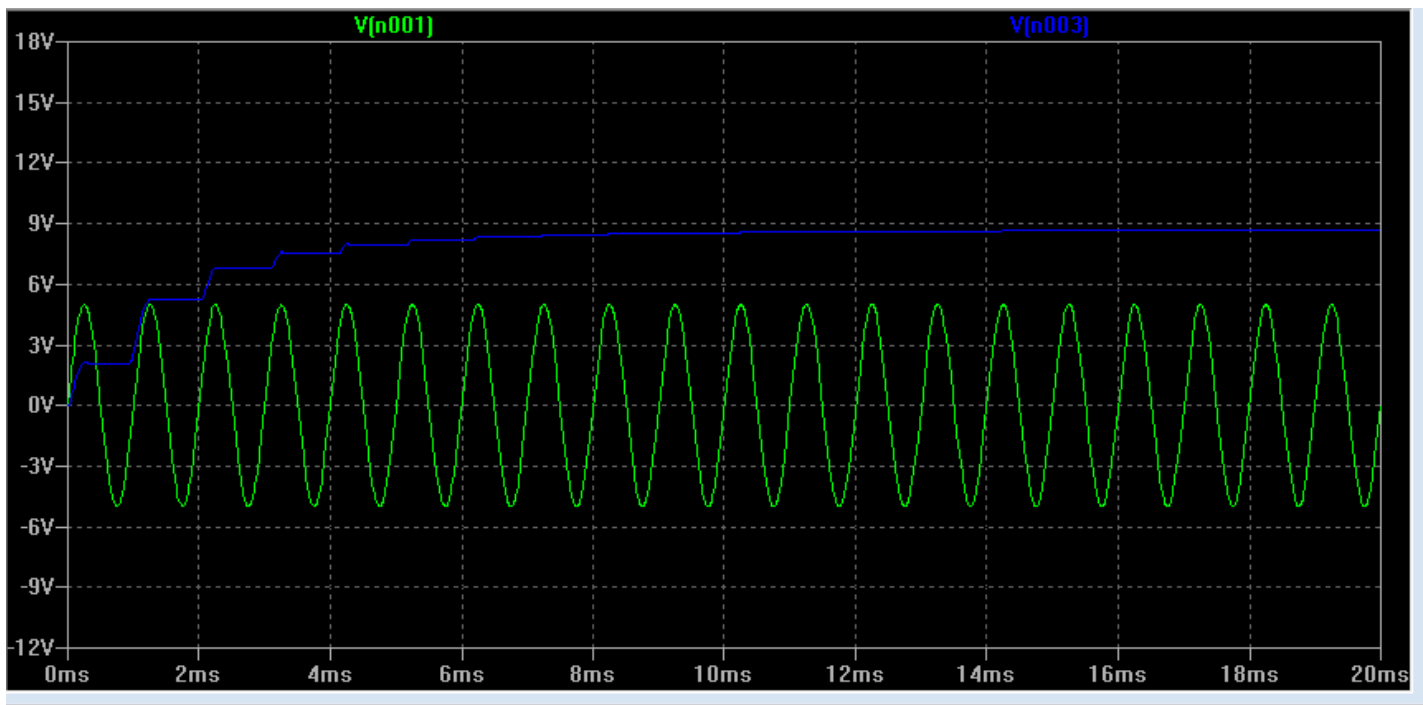
3. Дослідження подвоювача напруги.

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

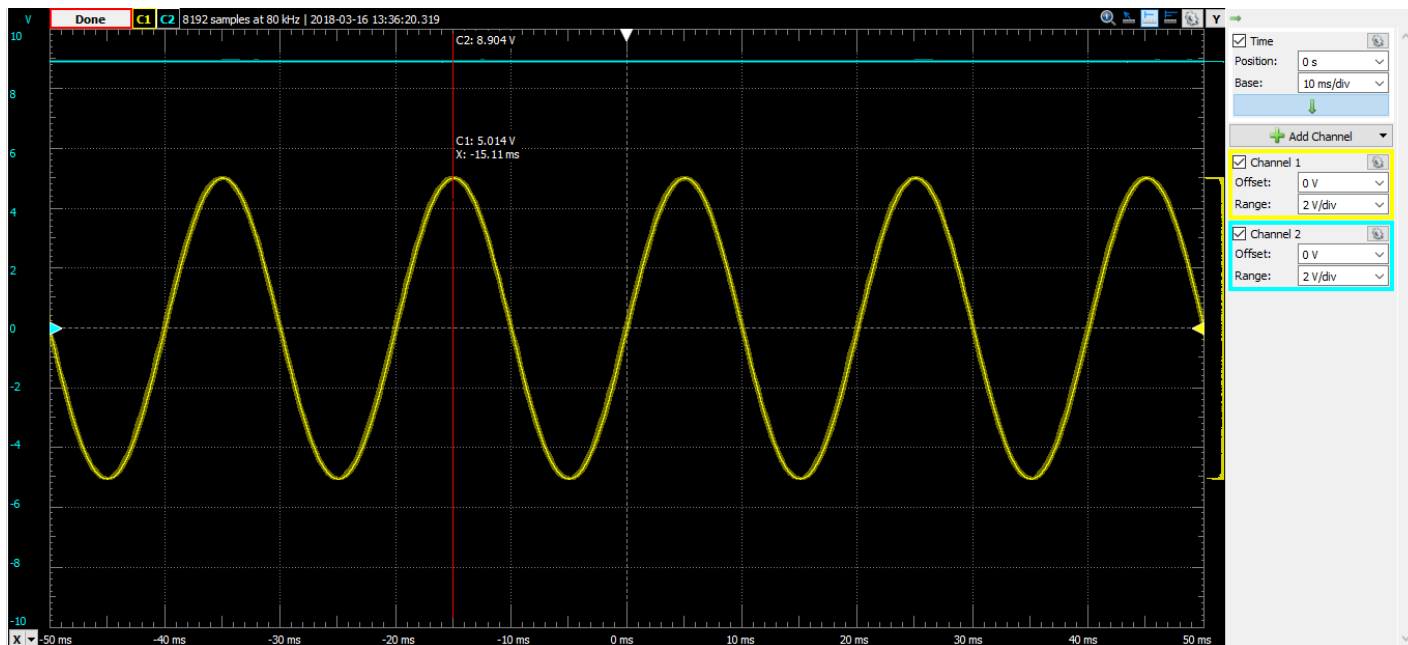


Було отримано наступні результати:



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 ді напруги прямого зміщення діоду.

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

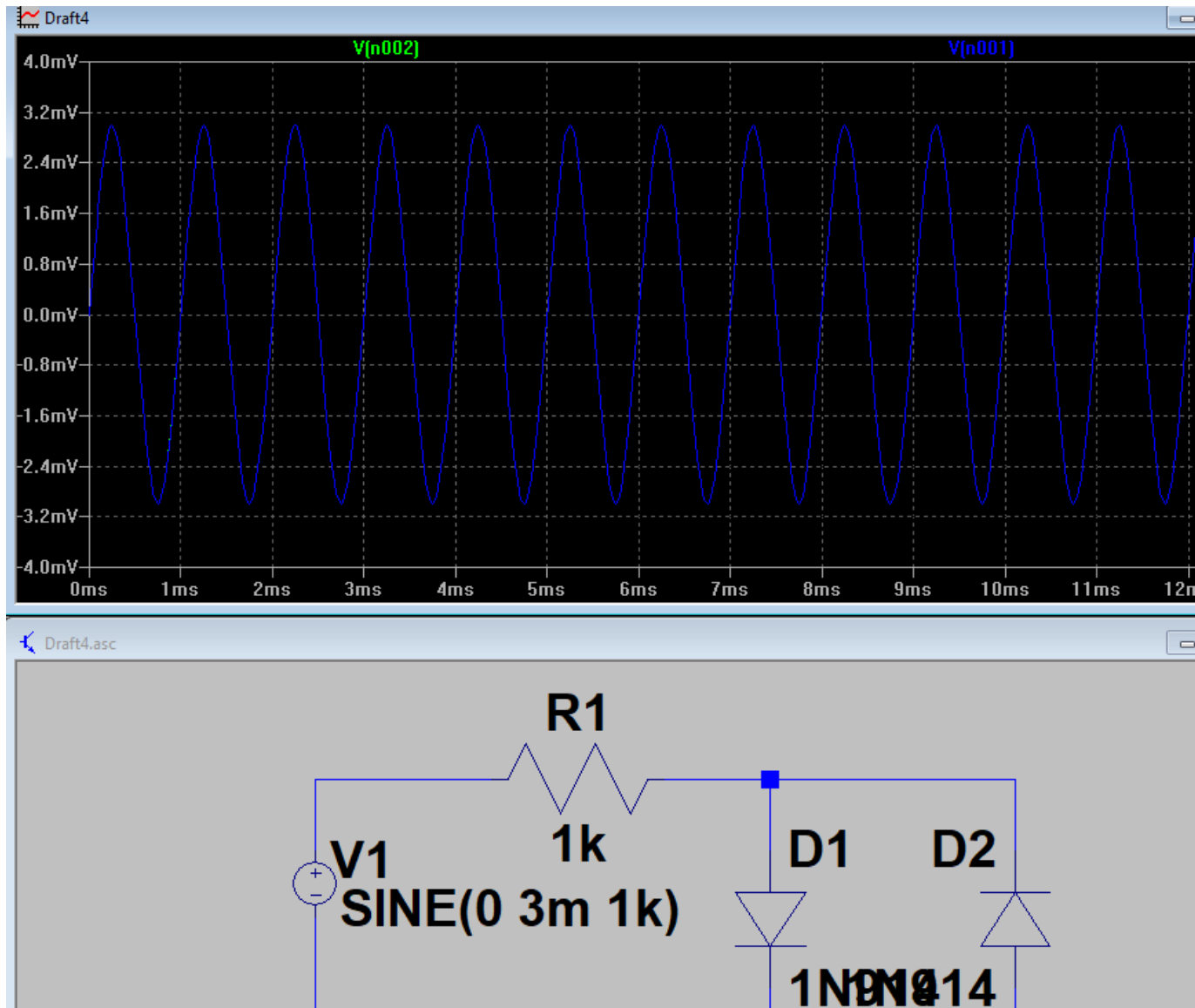


Напруга на виході склала 8.8В, що відповідає теоретичним очікуванням. Сигнал на виході можна вважати стабільним, так як схема нічим не навантажена, окрім вхідного опору вимірювального пристрою, котрим тут можна знехтувати.

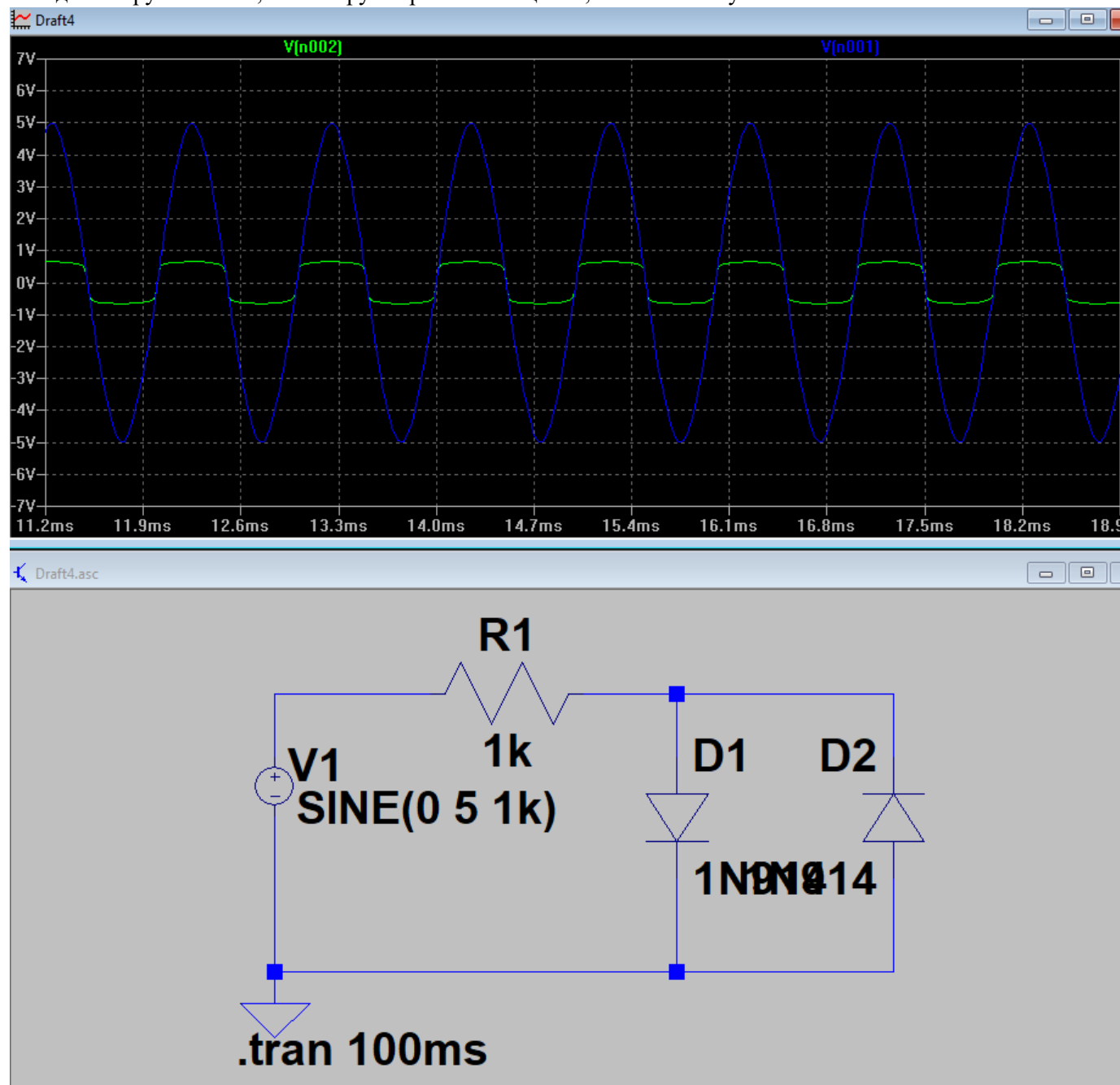
4. Дослідження обмежувача напруги

- а. Схему обмежувача напруги на діоді склали у середовищі LTSpice та провели симуляцію.

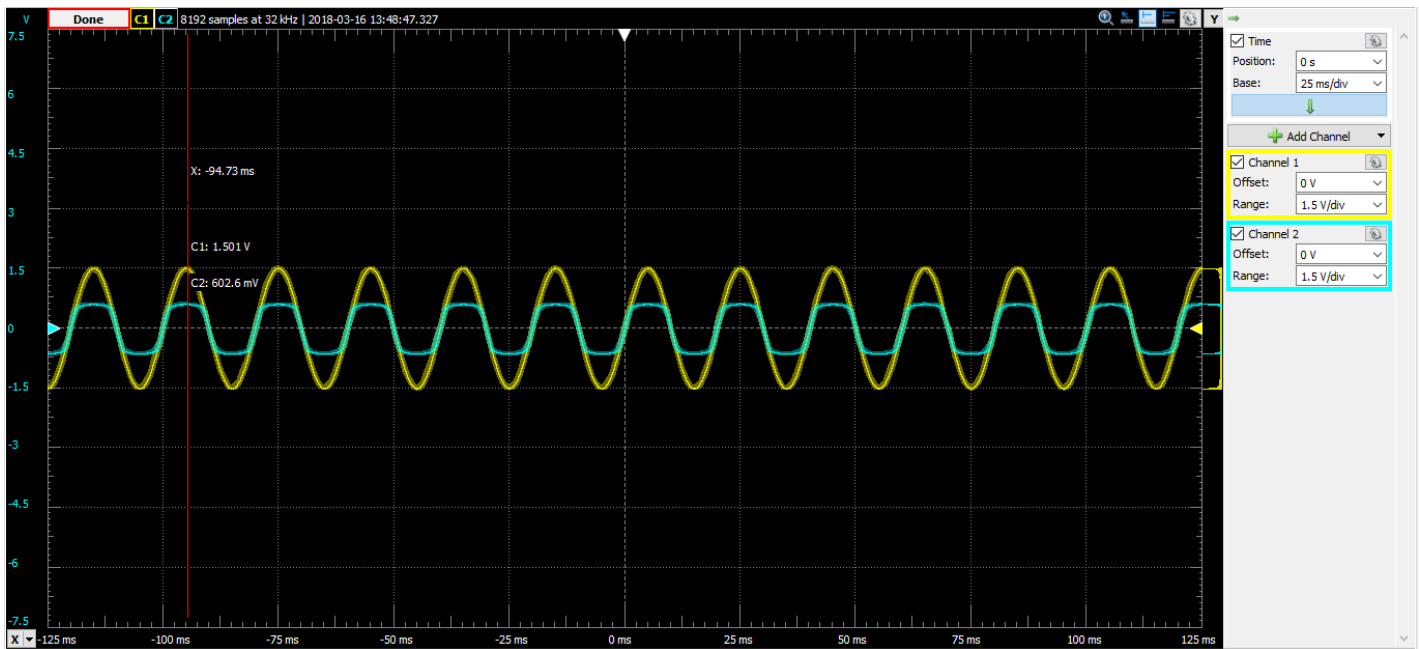
Отримали наступні результати: при напрузі менше, ніж напруга прямого зміщення діода, обмежувач не змінює сигнал:



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



б. Аналогічну поведінку схему було досліджено в лабораторії:



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 входних сигналів, тощо. Отримані в лабораторії дані продубльовані даними симуляцій, які виявили деякі похибки вимірювань.