

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

Алдохін М.Д.

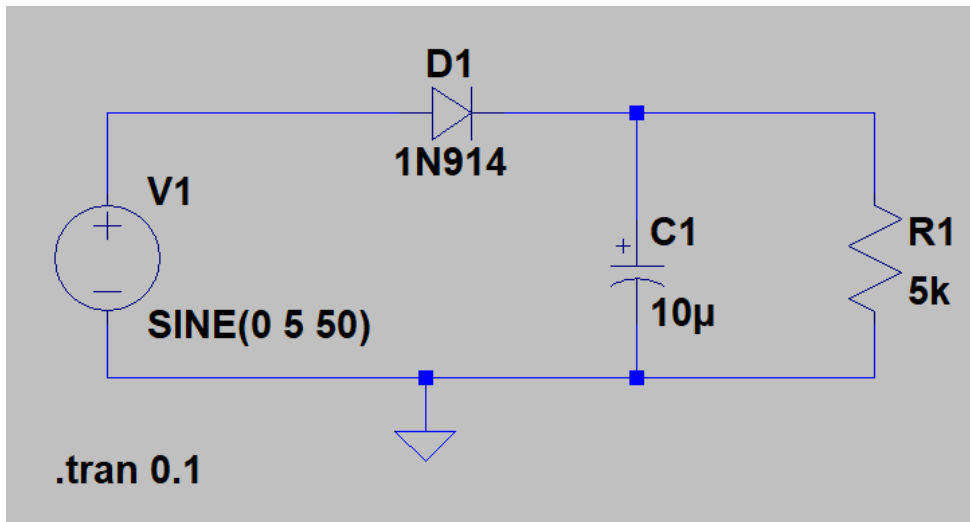
Перевірів:

доц. Короткий Є В.

Для вимірів та генерацій сигналів було використано плату Analog Discovery2

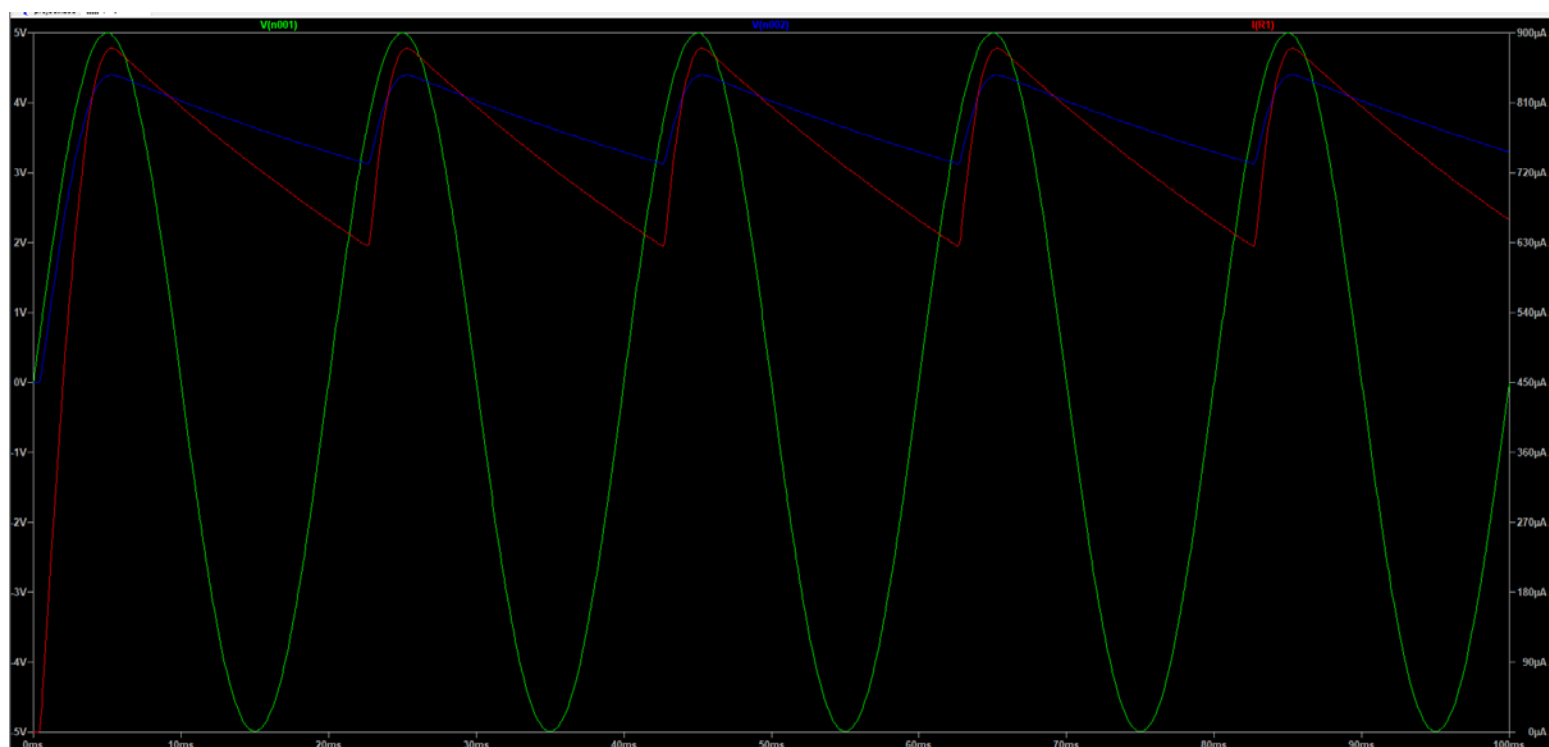
### 1.Дослідження однопівперіодного випрямляча.

Схема



на вхід подавав синус(5В, 50Гц)

Графік, що отримав



Чисельні розрахунки

$$V_{\text{макс}} = 4.39613 \text{ В}$$

$$V_{\text{мін}} = 3.13616 \text{ В}$$

Амплітуда пульсації напруги конденсатора:  $V = 4.39613 - 3.13616 = 1.25997$

$$I_{\text{макс}} = 879.95216 \mu\text{A}$$

$$I_{\text{мін}} = 625.78545 \mu\text{A}$$

Середня пульсації струму на резисторі конденсатора:

$$I = \frac{879.95216 + 625.78545}{2} = 752.8688 \mu\text{A}$$

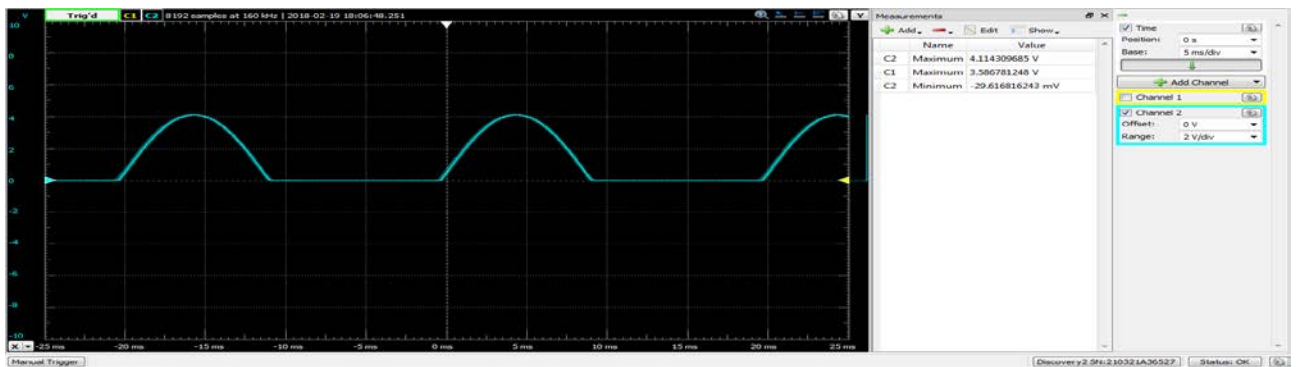
$$dU = \frac{I}{Cf}$$

$$1.5 = \frac{752.8688 * 10^{-6}}{50 * 10 * 10^{-6}}$$

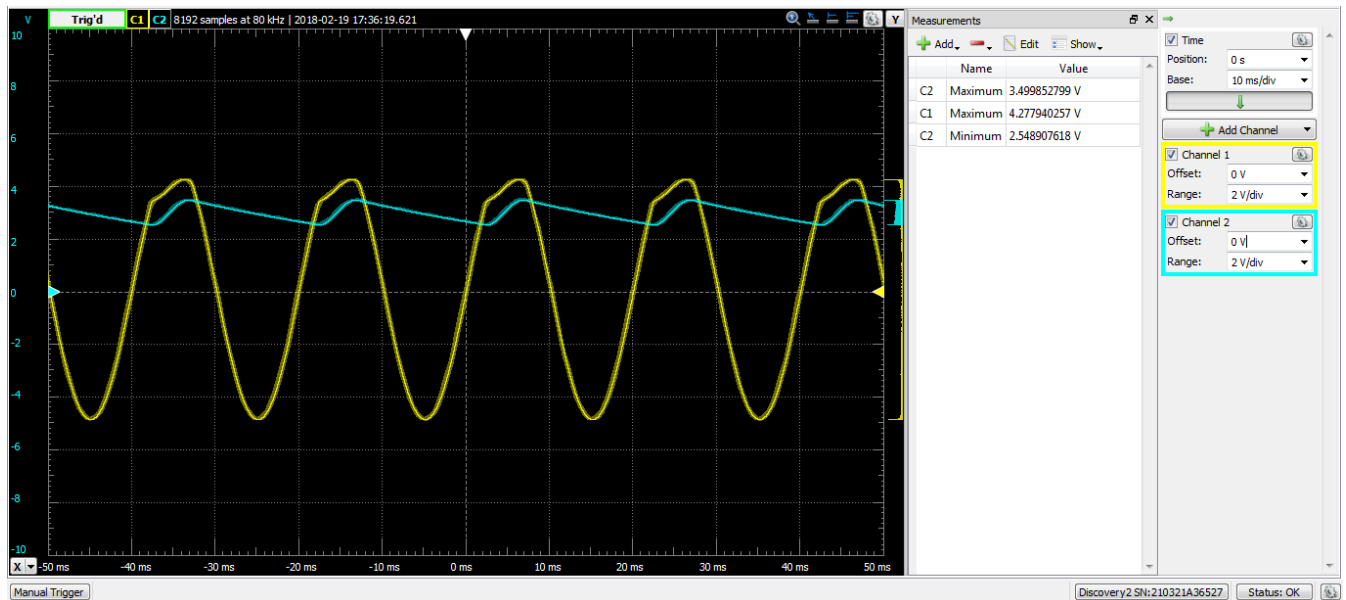
Похибка: 19%

Дані з реальної схеми такого самого однонапівперіодичного випрямляча

графік без згладжуючого конденсатора напруги на резисторі



графік з конденсатором



маємо просідання напруги через те, що в момент, коли конденсатор починає заряджатись, через вбудований резистор починає протікати струм відповідно виділяється на ньому частина напруги.

$\Delta U = 3.4998 - 2.5489 = 0.951 \text{ В}$  - амплітуда пульсацій

$$I = \frac{\frac{3.4998}{5 \cdot 10^3} + \frac{2.5489}{5 \cdot 10^3}}{2} = 604.85 \mu\text{А} - \text{середній струм}$$

$\Delta U = \frac{604.85 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 1.2097 \text{ В}$  - розрахована амплітуда пульсацій на основі реального струму

**Як точне значення вважаю  $dU$  отримане з симуляції тут і надалі**

Порівняння

| dU            | Виміряне, V | За формулою, V | Похибка % |
|---------------|-------------|----------------|-----------|
| Симуляція     | 1.27232     | 1,50555        | 18.33     |
| Реальна схема | 0.951       | 1,2097         | 27.2      |

Похибка симуляції відносно реальної схеми: 25.254%

Отже, в даному випадку похибки вийшли досить великі. Основний внесок в похибку внесли неточність формули розрахунку  $dU$ , та вбудований резистор 50 Ом, також я думаю деяку роль зіграв допуск резистора та конденсатора. Загалом похибки в межах норми.

Аналогічні експерименти тільки з резистором навантаження 20к

Симуляція

$$V_{\text{макс}} = 4.4211871V$$

$$V_{\text{мін}} = 4.0468454V$$

Амплітуда пульсації напруги конденсатора:  $V = 4.4211871 - 4.0468454 = 0.3743417$

$$I_{\text{макс}} = 220.9202\mu A$$

$$I_{\text{мін}} = 202.30633\mu A$$

Середня пульсації струму на резисторі конденсатора:

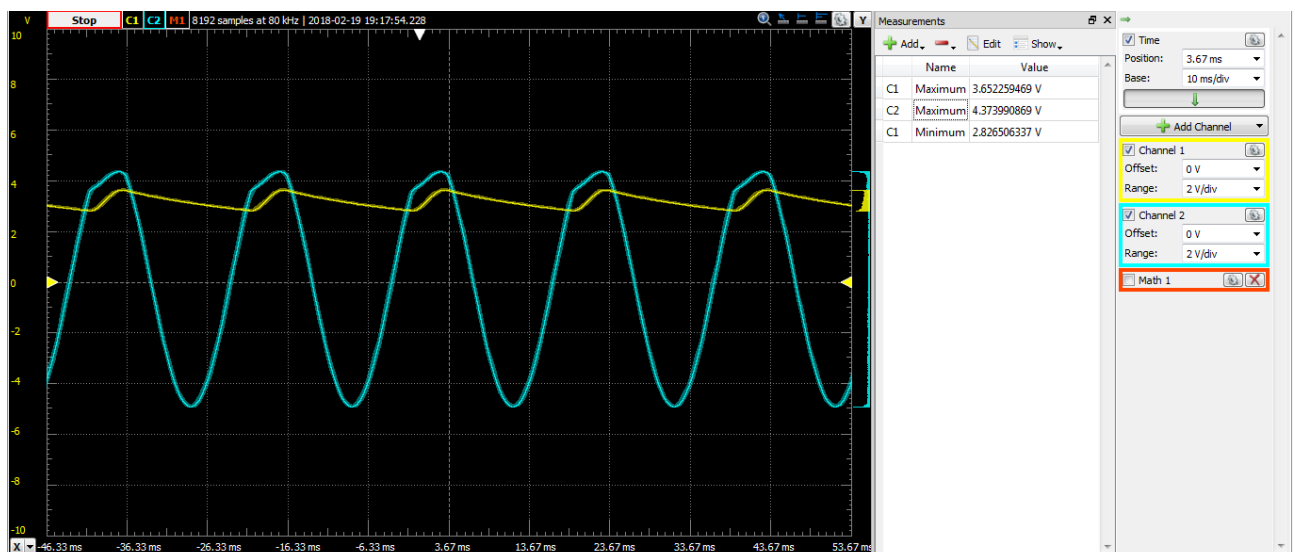
$$I = \frac{220.9202 + 202.30633}{2} = 211.623265 \mu A$$

$$dU = \frac{I}{Cf}$$

$$0.42 = \frac{211.623265 * 10^{-6}}{50 * 10 * 10^{-6}}$$

Похибка: 14%

Реальна схема



$$\Delta U = 3.93 - 3.595 = 0.335V - \text{амплітуда пульсацій}$$

$$I = \frac{\frac{3.93}{20 \cdot 10^3} + \frac{3.595}{20 \cdot 10^3}}{2} = 188.125 \mu A - \text{середній струм}$$

$\Delta U = \frac{188.125 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0,376\text{В}$  - розрахована амплітуда пульсацій на основі реального струму

Порівняння

| dU            | Виміряне, V | За формулою, V | Похибка % |
|---------------|-------------|----------------|-----------|
| Симуляція     | 0.379       | 0.423          | 11.73     |
| Реальна схема | 0.335       | 0.376          | 12.24     |

Похибка симуляції відносно реальної схеми: 11.609%

Щож ну тут похибка значно менша, це можна пояснити тим, що в нас резистор 20к по відношенню до вбудованого резистора 50 ом дуже великий, тому вбудований резистор майже не впливає на показники.

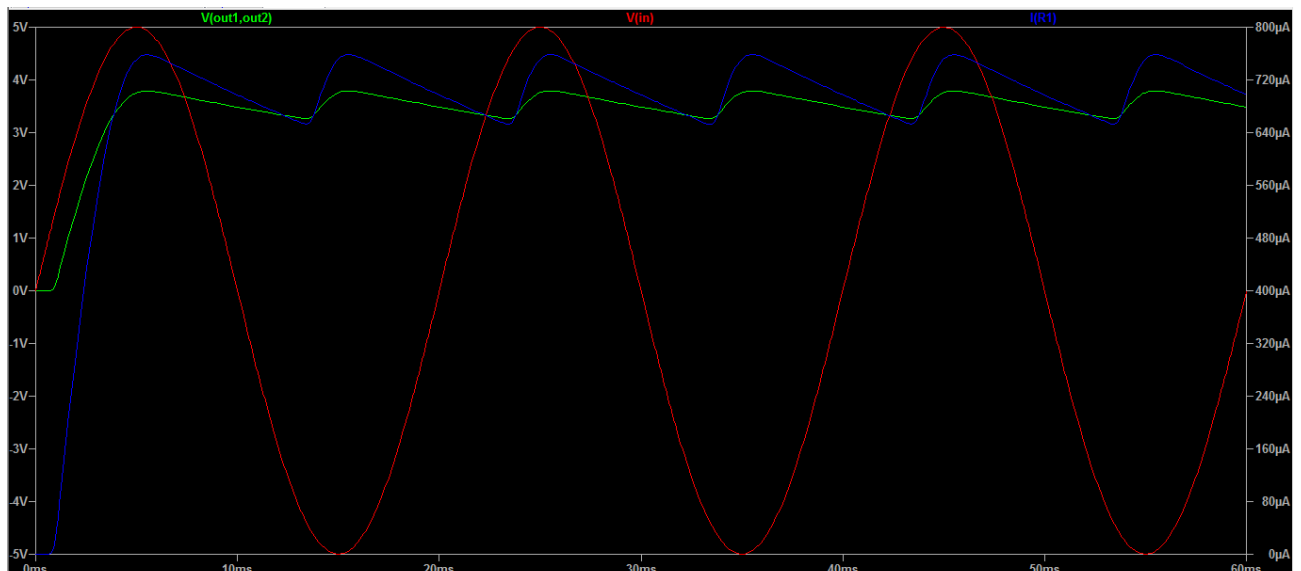
Загалом похибки в межах норми.

## 2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча.

Схема

на вхід подавав синус(5В, 50Гц)

Графіки з Резистором 5к



Розрахунки з резистором 5к

$$V_{\text{макс}} = 3.7872149V$$

$$V_{\text{мін}} = 3.2673487V$$

Амплітуда пульсації напруги конденсатора:  $V = 3.7872149 - 3.2673487 = 0.5198862$

$$I_{\text{макс}} = 757.2393\mu A$$

$$I_{\text{мін}} = 654.32003\mu A$$

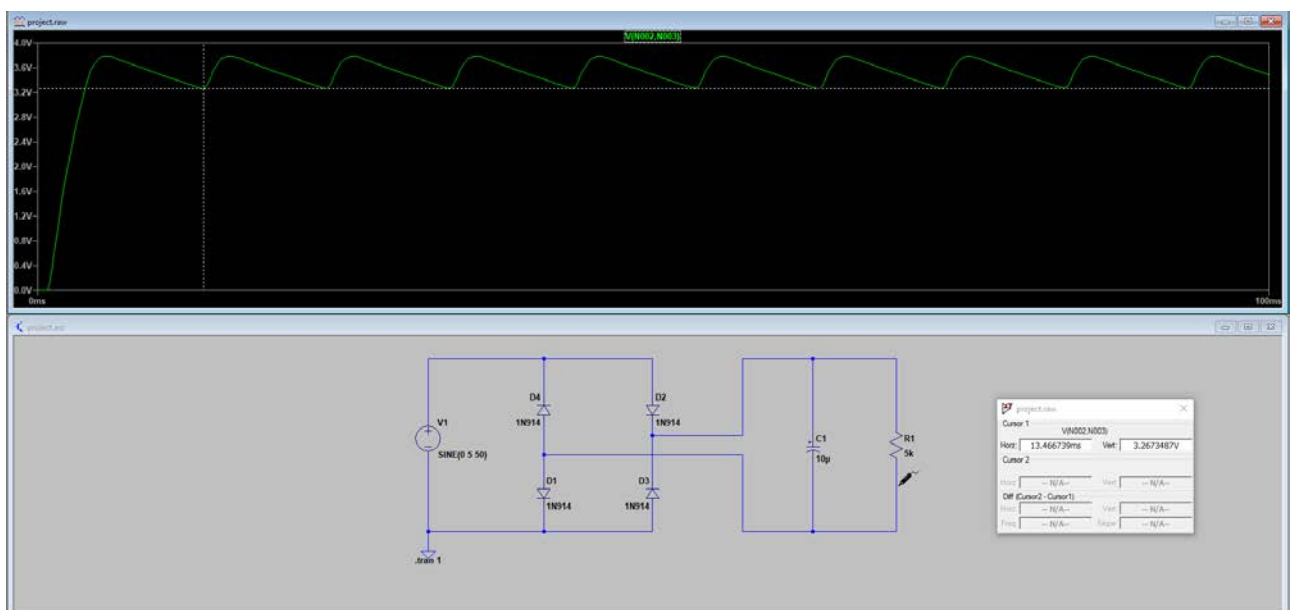
Середня пульсації струму на резисторі конденсатора:

$$I = \frac{757.2393 + 654.32003}{2} = 705.77966 \mu A$$

$$dU = \frac{I}{2Cf}$$

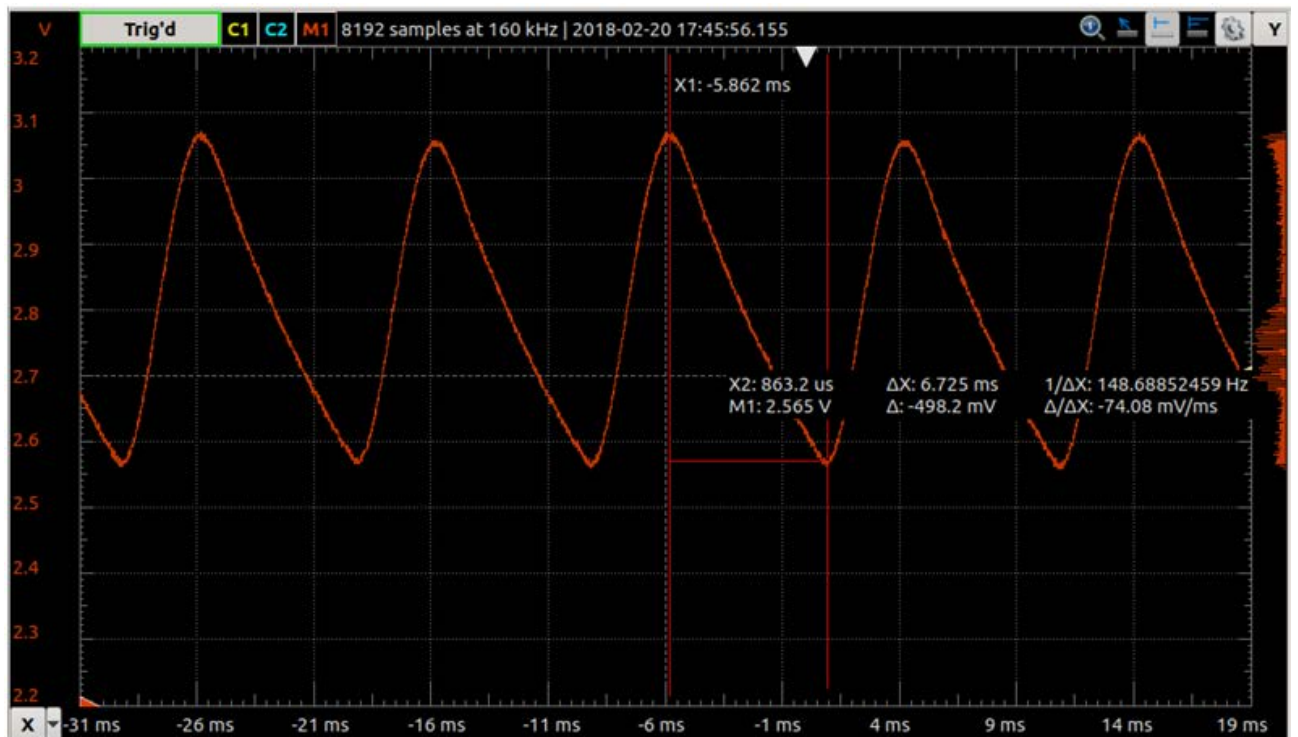
$$\frac{705.77966 * 10^{-6}}{2 * 50 * 10 * 10^{-6}} = 0.70577$$

Похибка: 30%



Дані з реальної схеми такого самого двонапівперіодичного випрямляча

Для отримання падіння напруги на резисторі довелося використати математичну функцію віднімання сигналів до резистора і після резистора відносно загальної землі.



$\Delta U = 2.565 - 2.0668 = 0.498 \text{ V}$  - амплітуда пульсацій

$$I = \frac{\frac{2.565}{5 \cdot 10^3} + \frac{2.0668}{5 \cdot 10^3}}{2} = 463.2 \mu\text{A} - \text{середній струм}$$

$\Delta U = \frac{463.2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0.4632 \text{ V}$  - розрахована амплітуда пульсацій на основі реального струму



## Порівняння

| dU            | Виміряне, V | За формулою, V | Похибка % |
|---------------|-------------|----------------|-----------|
| Симуляція     | 0.528       | 0.705          | 33.69     |
| Реальна схема | 0.498       | 0.4632         | 6.98      |

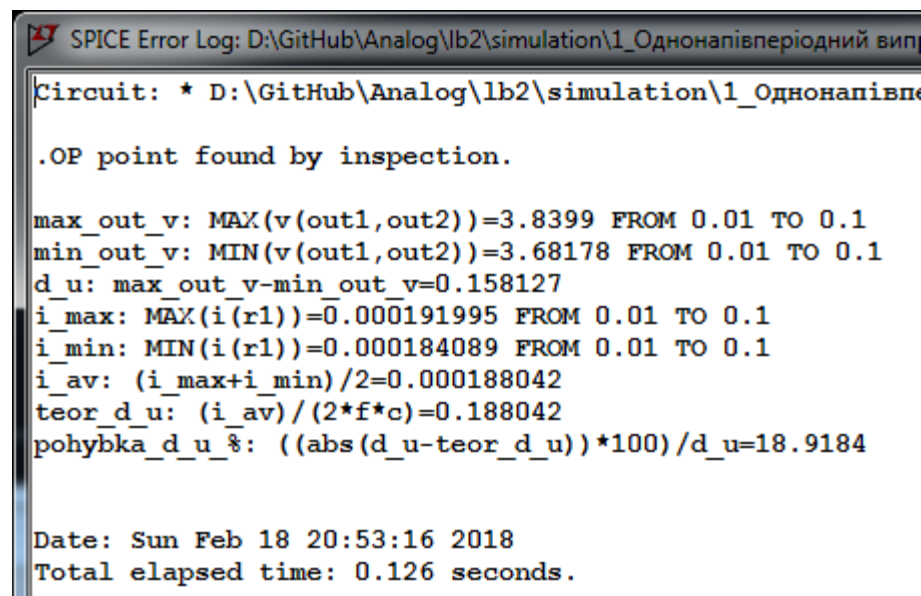
Похибка симуляції відносно реальної схеми: 5.68%

Маємо величезну похибку в формулі при симуляції, але обчислення робила програма, тому помилки в значеннях бути не може. Цікаво, що якщо домножити на  $3/4$ , то саме в даному випадку похибка стає найменшою з усіх симуляцій з даної лабораторної (всього 0.27%). Взагалі вважаю, що формула знаходження амплітуди пульсацій має мати вигляд з коефіцієнтом  $3/4$ .

Інші результати доволі непогані. Похибка відносно мала в межах норми.

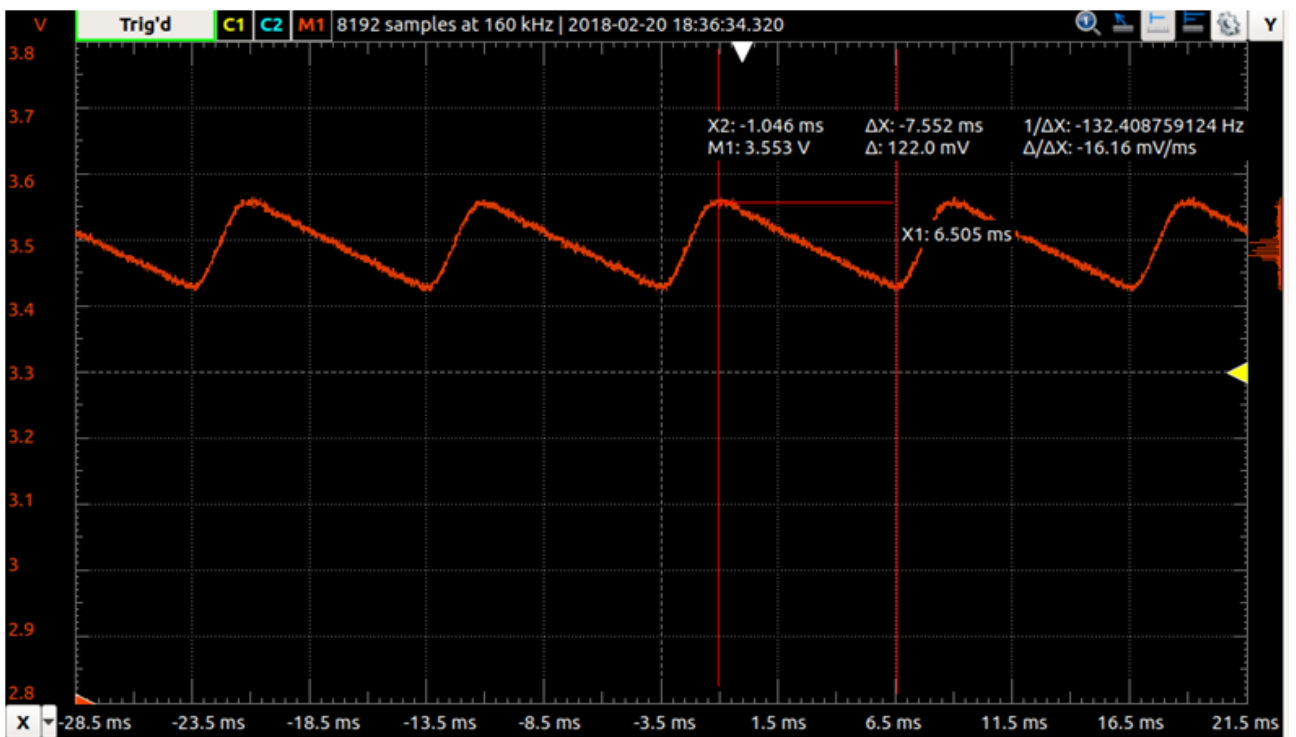
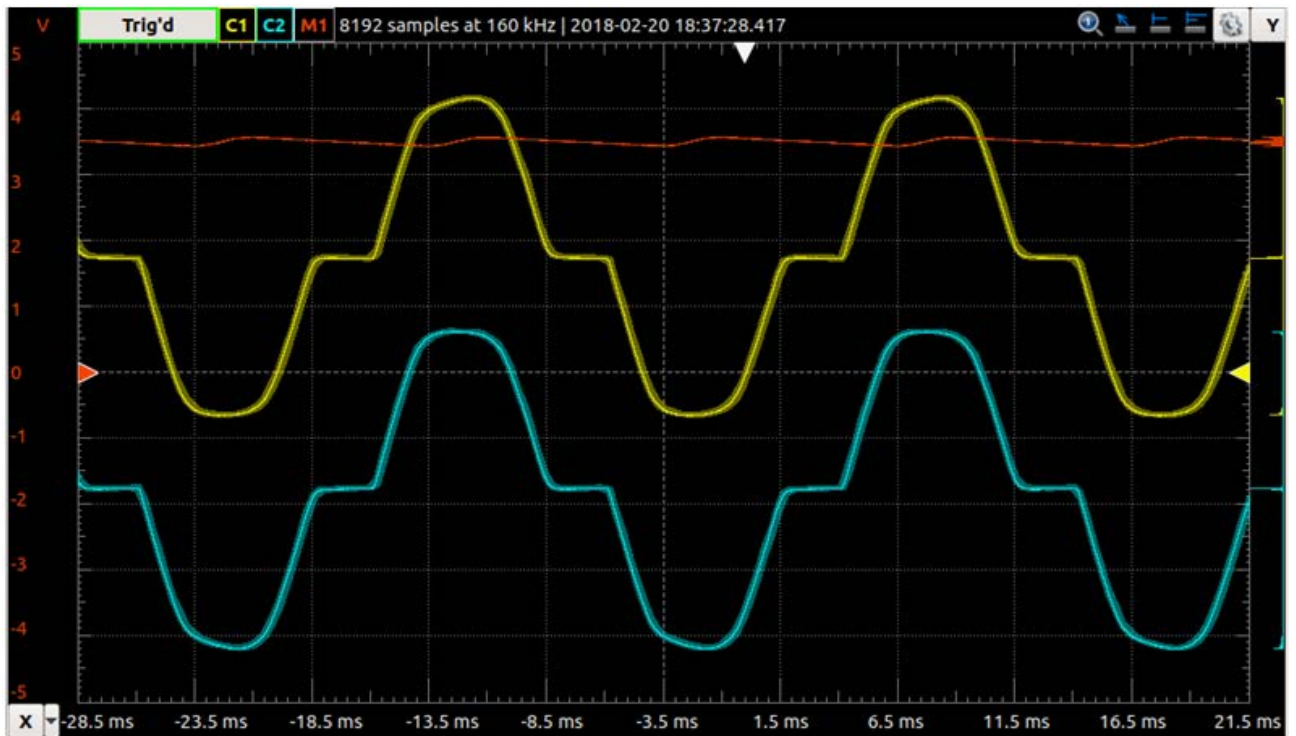
Аналогічні експерименти тільки з резистором навантаження 20к

## Симуляція



```
SPICE Error Log: D:\GitHub\Analog\lb2\simulation\1_Однонапівперіодний вип
Circuit: * D:\GitHub\Analog\lb2\simulation\1_Однонапівп
.OP point found by inspection.
max_out_v: MAX(v(out1,out2))=3.8399 FROM 0.01 TO 0.1
min_out_v: MIN(v(out1,out2))=3.68178 FROM 0.01 TO 0.1
d_u: max_out_v-min_out_v=0.158127
i_max: MAX(i(r1))=0.000191995 FROM 0.01 TO 0.1
i_min: MIN(i(r1))=0.000184089 FROM 0.01 TO 0.1
i_av: (i_max+i_min)/2=0.000188042
teor_d_u: (i_av)/(2*f*c)=0.188042
pohybka_d_u_%: ((abs(d_u-teor_d_u))*100)/d_u=18.9184
Date: Sun Feb 18 20:53:16 2018
Total elapsed time: 0.126 seconds.
```

Дані з реальної схеми такого самого двонапівперіодичного випрямляча



$\Delta U = 3.553 - 3.431 = 0.122 \text{ V}$  - амплітуда пульсацій

$$I = \frac{\frac{3.553}{20 \cdot 10^3} + \frac{3.431}{20 \cdot 10^3}}{2} = 174.6 \mu\text{A} - \text{середній струм}$$

$\Delta U = \frac{174.6 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 0.1746 \text{ V}$  - розрахована амплітуда пульсацій на основі реального струму

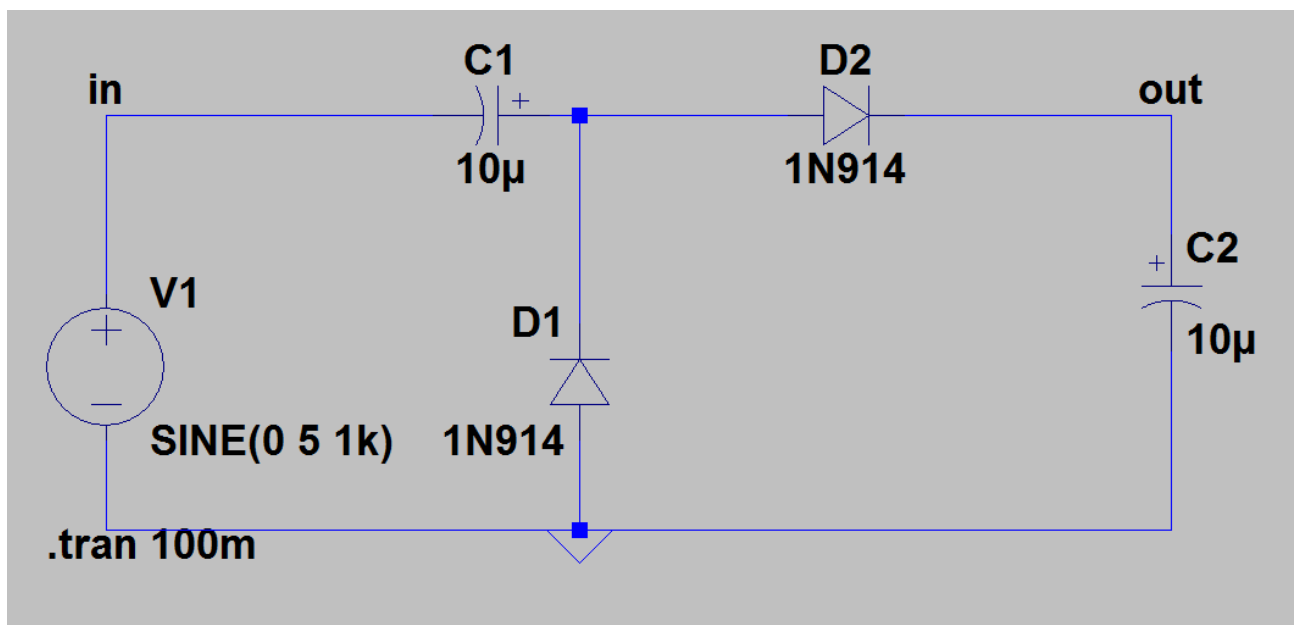
## Порівняння

| dU            | Виміряне, V | За формулою, V |
|---------------|-------------|----------------|
| Симуляція     | 0.158       | 0.188          |
| Реальна схема | 0.122       | 0.1746         |

Як бачимо значення досить близькі один до одного, і похибки в межах норми.

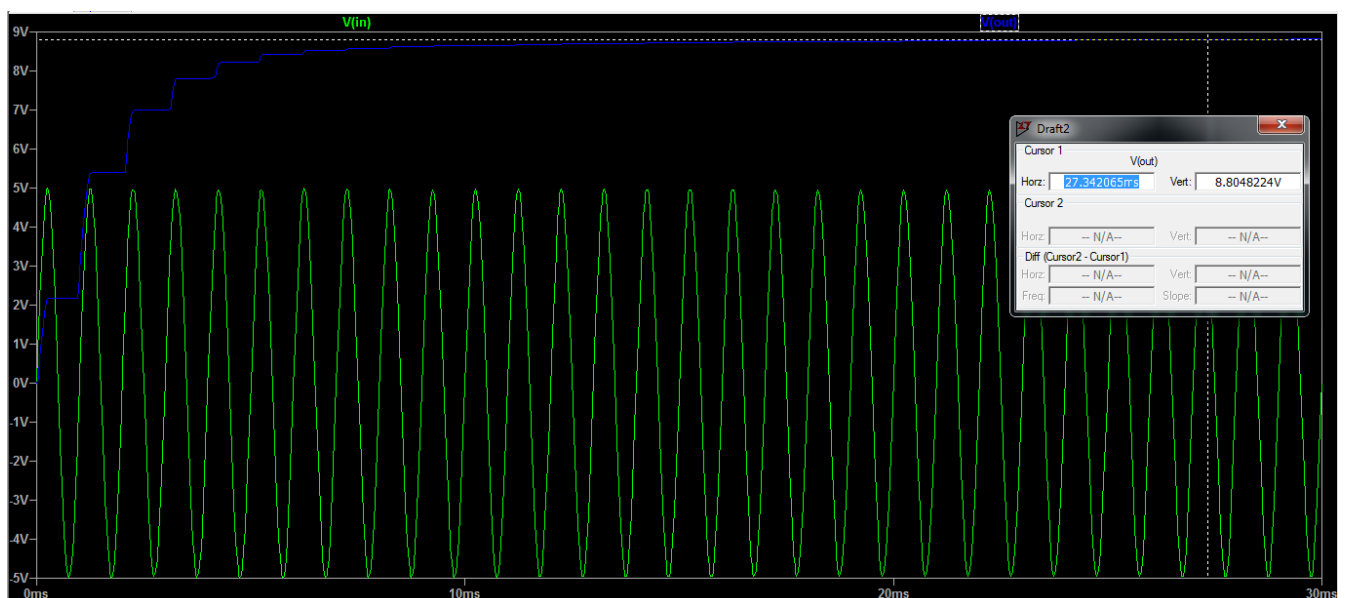
## 3. Дослідження подвоювача напруги.

Схема



на вхід подавав синус(5В, 1кГц)

Графік



Як бачимо на виході маємо постійну напругу 8.8В

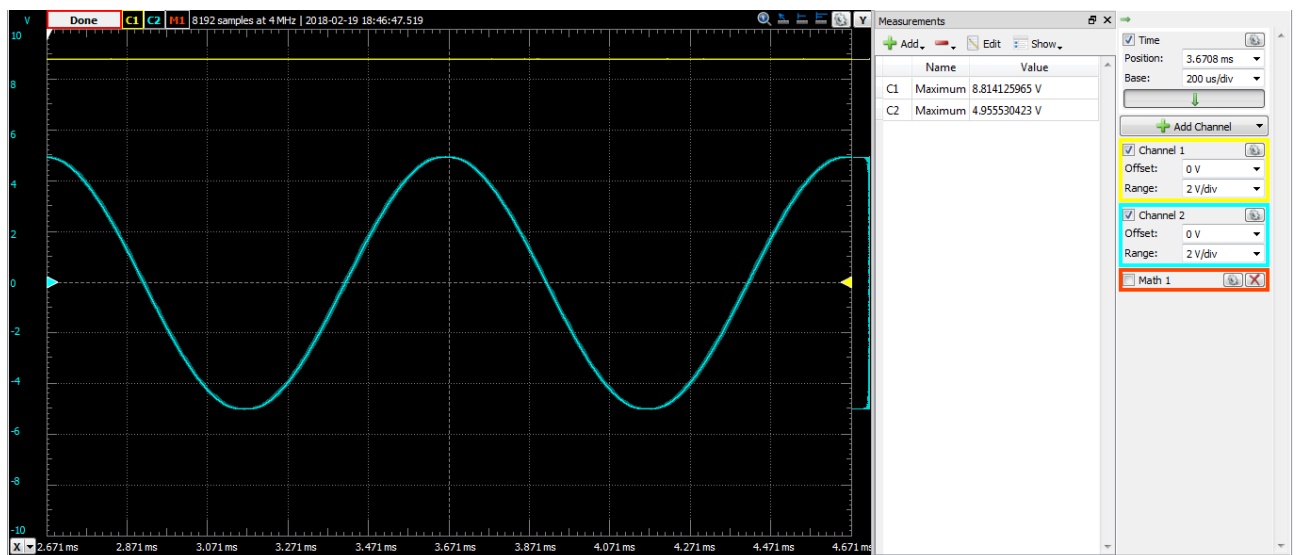
Саме 8.8В тому що, схема має 2 діоди, а на кожному з них виділяється по 0.6В відповідно й маємо  $10 - 1.2 = 8.8\text{В}$

Загальна формула для подвоювача напруги

$$U_{out} = U_{in} - 2U_{vd}$$

де  $U_{vd}$  напруга відкривання діоду

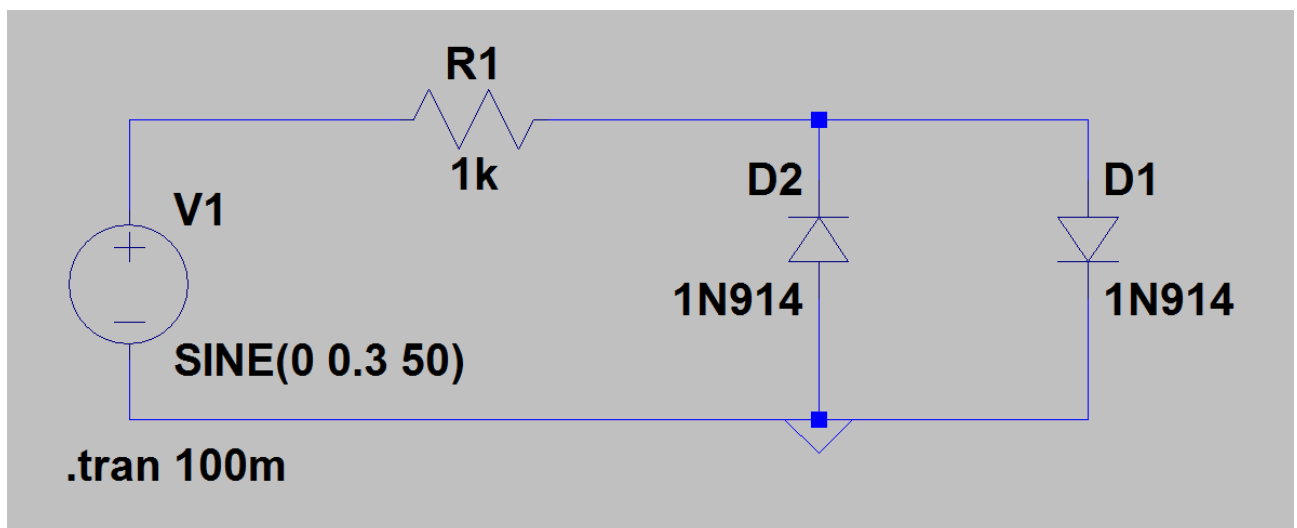
Дані з реальної схеми такого самого подвоювача напруги



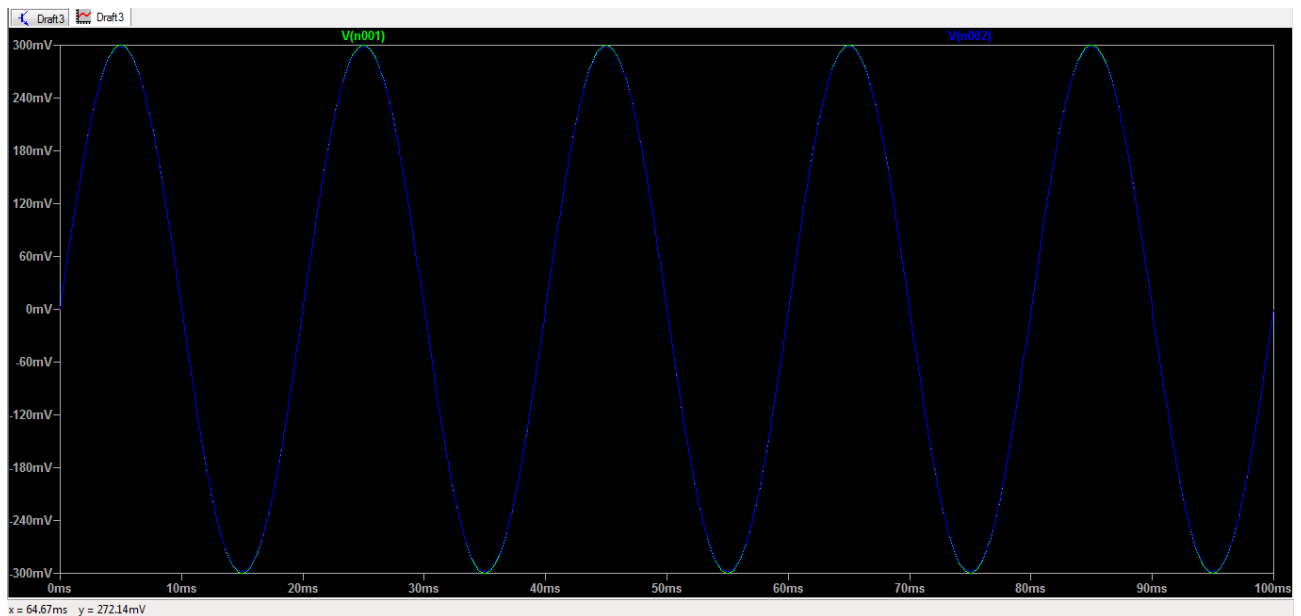
Як бачимо на вході максимальна напруга 4.8В, а на виході маємо 8.8В, що повністю відповідає теоретичним очікуванням.

#### 4. Дослідження обмежувача напруги.

Схема



Якщо подати на вхід 0.3В, то напруги на виході і на вході будуть повністю ідентичними, оскільки не відкриється жоден з діодів.

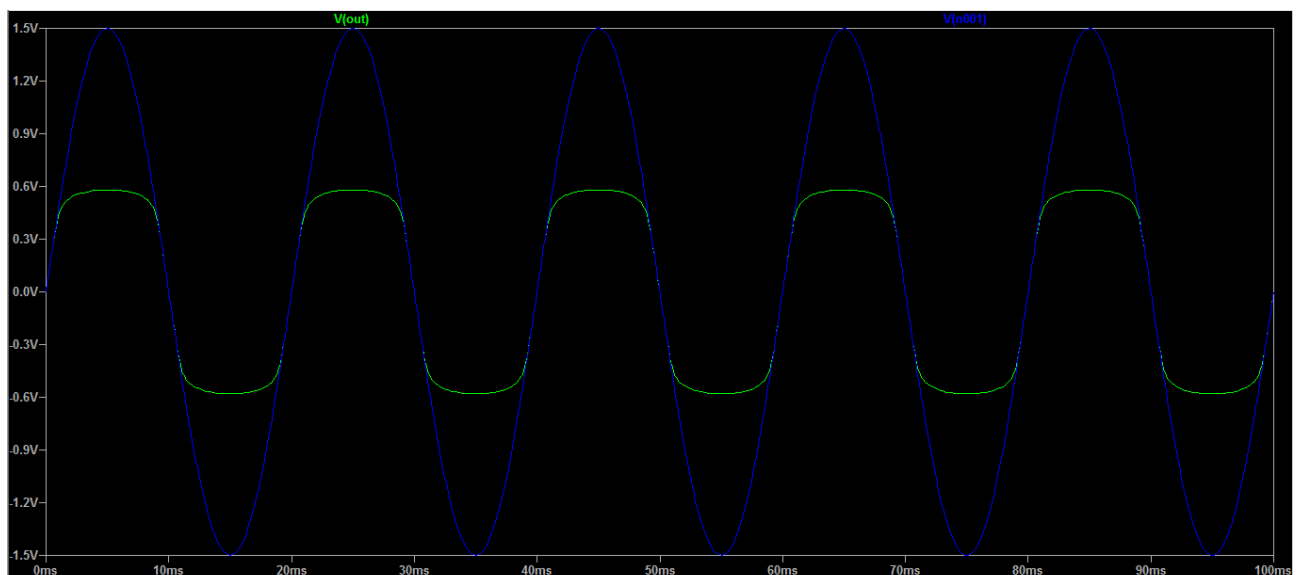


Якщо подати 1.5В, то почнеться обмеження напруги, оскільки дана схема обмежує напругу на 0.6В і -0.6В.

Справа в тому, що в момент, коли напруга почне перевищувати напругу відкривання діодів, діоди відкриваються і в схемі почне протікати струм, на діоді виділиться 0.6В, а вся інша напруга, згідно до законів Кіргофа, виділиться на резисторі R1.

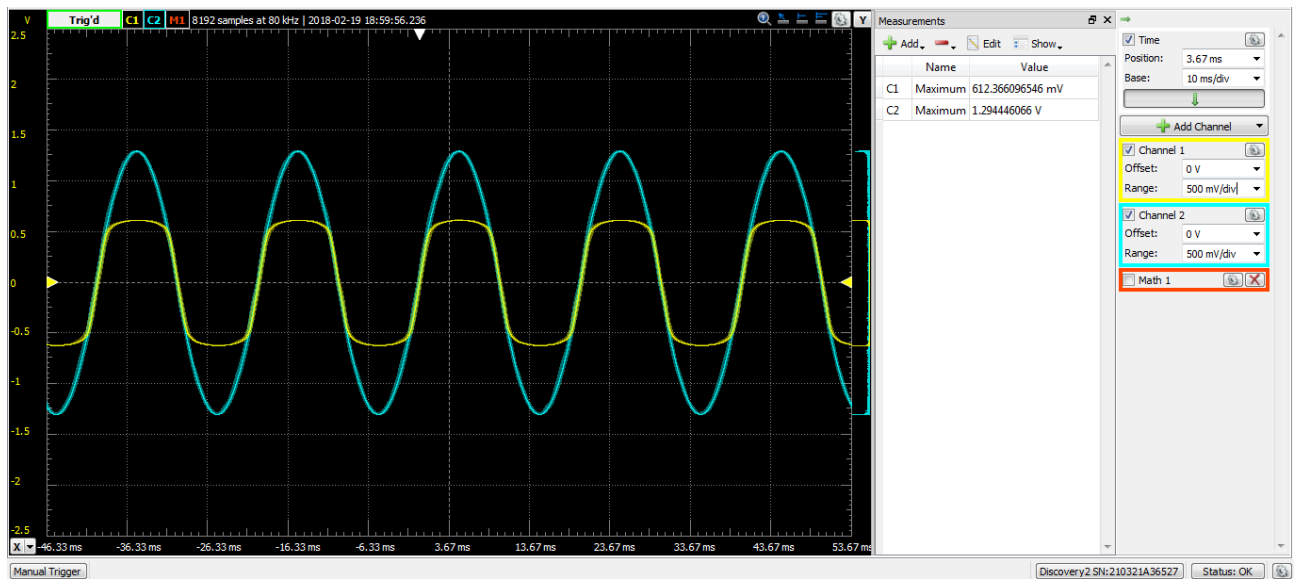
Оскільки діоди підключені паралельно виходу схеми, то на виході напруга не може перевищувати напругу, яка виділяється на діоді.

Встановлюючи послідовно діоди ми можемо збільшувати напругу обмеження.



```
Circuit: * D:\GitHub\Analog\lb2\simulation\1_Одн  
  
.OP point found by inspection.  
  
max_volt: MAX(v(out))=0.580839 FROM 0 TO 0.1
```

Дослідження реальної схеми показало ідентичні результати



## Висновок

Отже в цій лабораторній роботі було проведено 4 досліди. Загалом реальні випробування підтвердили теорію. 2 останніх досліди показали фактично ідеальні результати, похибки майже немає, а ось схеми випрямлячів показували як на мене досить великі похибки, це може пояснюватись недосконалою теоретичною формулою, але я зрозумів, що таку формулу можна використовувати тільки в навчальних цілях або для розуміння принципу роботи, в реальному проектуванні я вважаю, що таку формулу використовувати не зовсім доцільно, адже в деяких випадках похибка сягала 20%+, як на мене в електроніці це досить таки багато, але в загальному, значення умовно близькі до теоретичних.