

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**  
**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ**  
**КАФЕДРА КЕОА**

**Лабораторна робота 2**

**Тема**

**“Дослідження схем побудованих на базі кремнієвих діодів”**

Виконав:  
студент II -го курсу ФЕЛ  
гр. ДК-92  
Загреба А.Я.

Київ – 2021

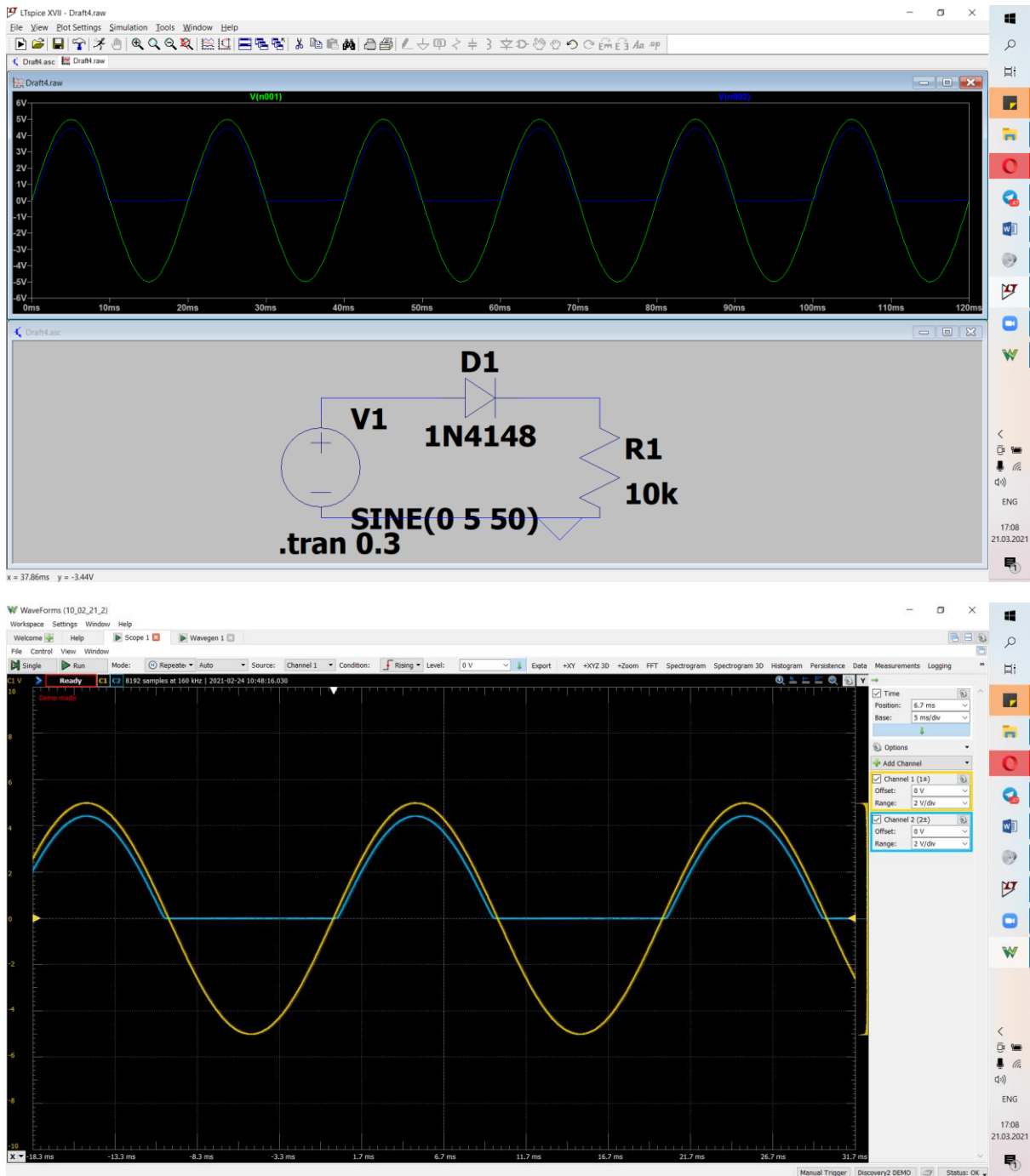
Досліджувані схеми: однонапівперіодний та двонапівперіодний випрямлячі, подвоювач напруги, обмежувач напруги.

В досліджуваних схемах будуть використовуватись кремнієві діоди, пряме падіння напруги на яких складає 0.7 вольт.

### 1.1. Практичне застосування досліджуваних схем

Досліджувані схеми дуже широко застосовуються в електроніці. Одно- та двонапівперіодні випрямлячі є основою блоків живлення, що перетворюють змінну напругу 220В в постійну напругу на виході (для зменшення величини напруги застосовують трансформатор). Обмежувачі напруги застосовують для захисту входів схем від перевищення напруги на них, що могло б привести до виходу схем з ладу. У випадку наявності обмежувача напруги, напруга на провіднику знаходить в певних межах, заданих обмежувачем. Це стандартний спосіб захисту, наприклад, входів цифрових та аналогових мікросхем від високої напруги. Помножувачі (у найпростішому випадку подвоювачі) напруги застосовують для підвищення постійної напруги без трансформатора для живлення лічильників Гейгера, іонізаторів повітря, електрошокерів, телевізійних електронно-променених трубок.

### 1.3. Завдання на лабораторну роботу

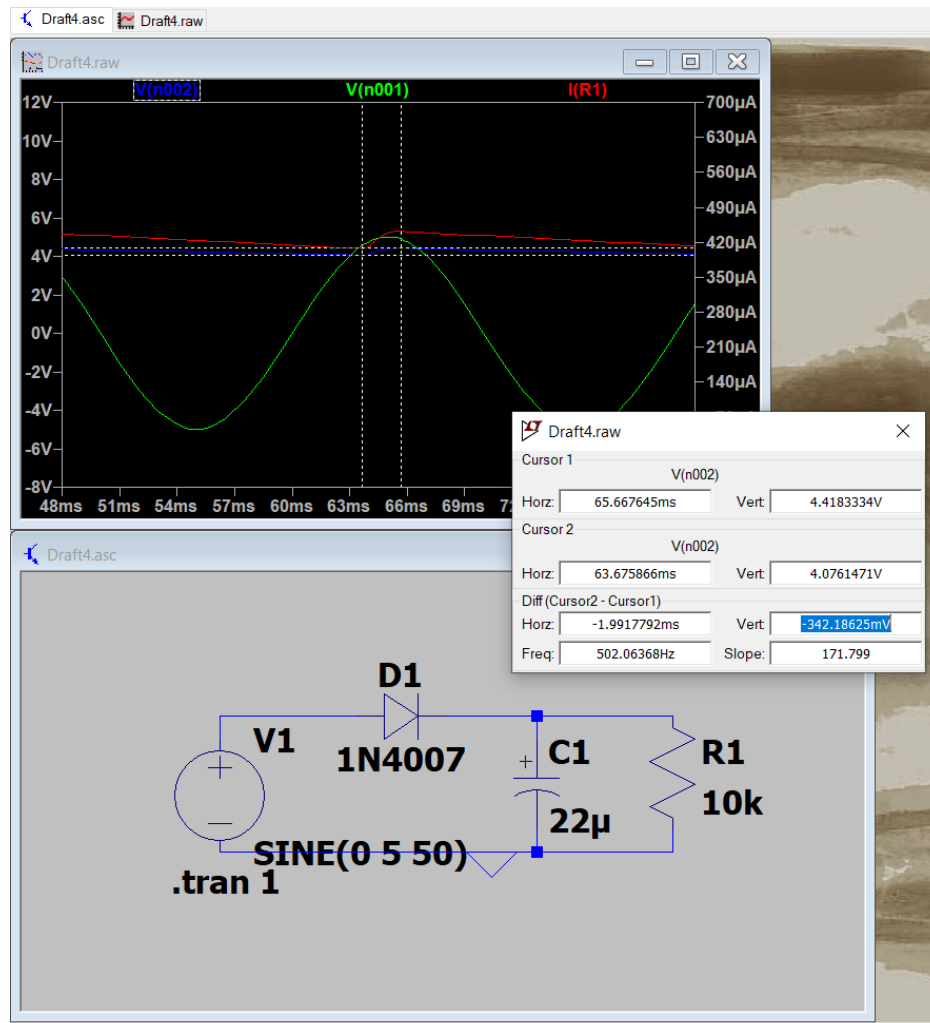


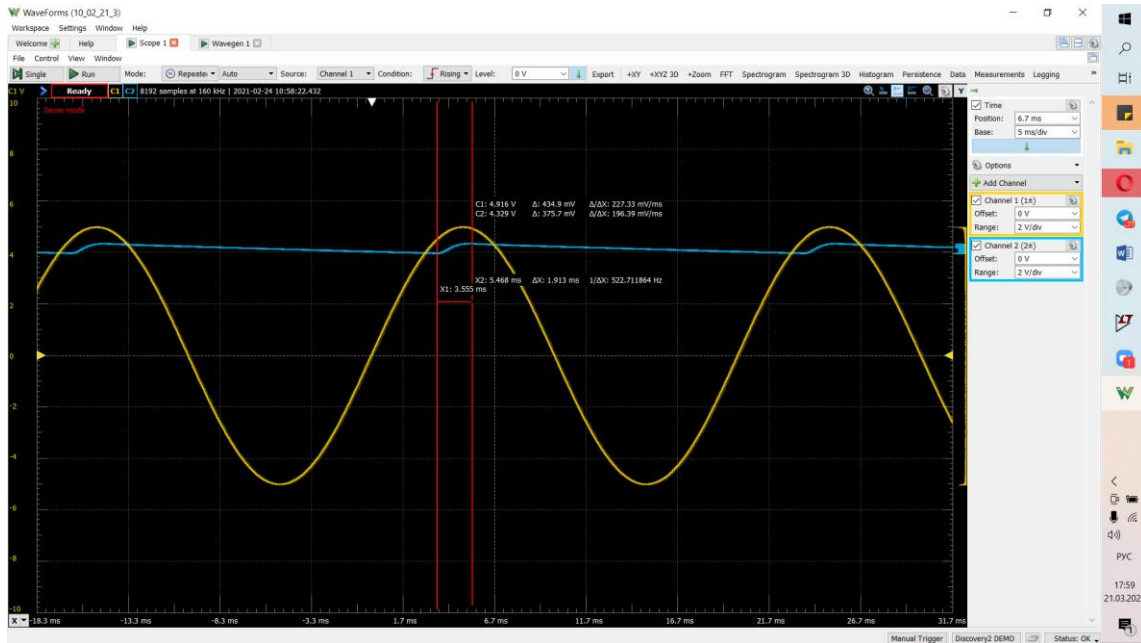
10kOm

## 1. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.

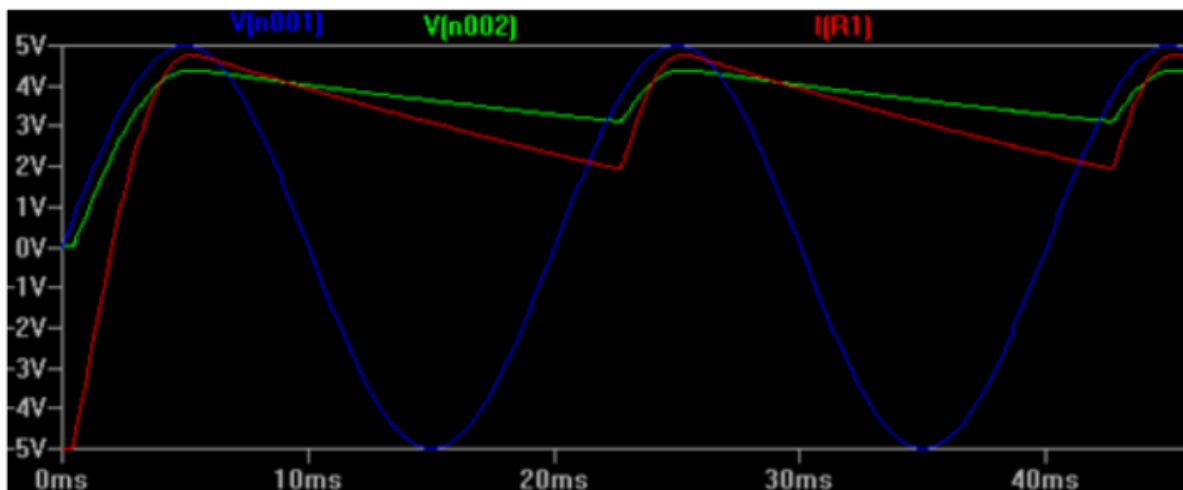
### 1.1. Побудуйте в LTspice схему однонапівперіодного випрямляча.

Джерело напруги – синусоїдальний гармонічний сигнал з частотою 50 Гц, амплітудою 5 В. Діод кремнієвий, конденсатор електролітичний (10 мкФ 22мкФ).





1.2. Перевірте, що напруга на резисторі та струм через нього змінюється по наступному закону. На графіку показана напруга джерела, напруга на резисторі та струм через нього.



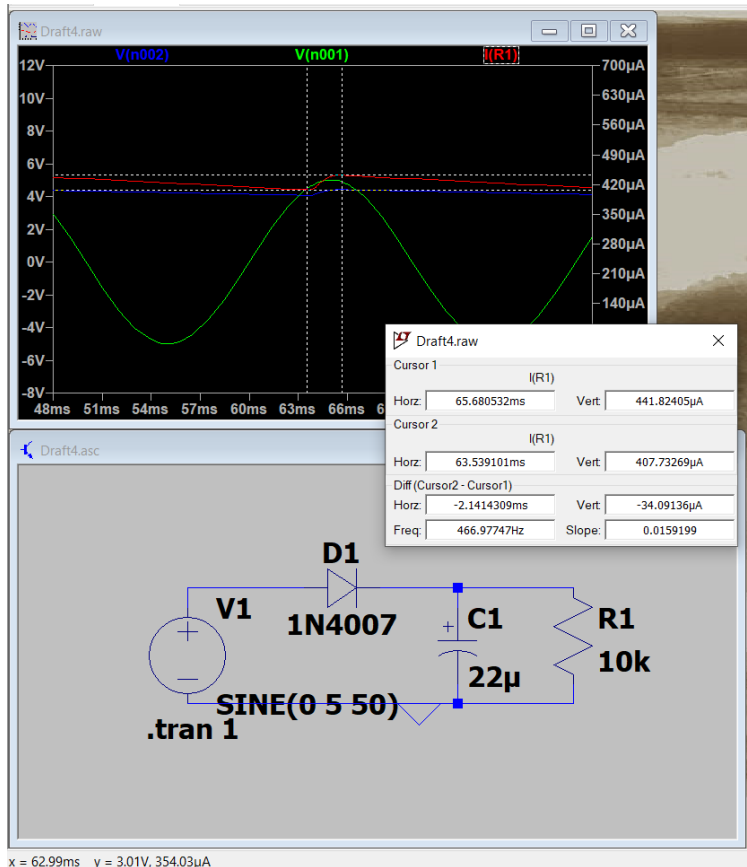
(приклад з методички)

1.3. Знайдіть амплітуду пульсацій напруги на резисторі навантаження ( $dU$ ). Амплітуда пульсацій – це різниця між найбільшим та найменшим значеннями напруги на резисторі за період.

**342mV у LTspice**

**375mV у WaveForm**

1.4. Знайдіть середнє значення струму через резистор навантаження ( $I_{av}$ ). Для цього знайдіть найбільший та найменший струм через навантаження за період та розрахуйте середнє значення цього струму.



**$(442\mu A + 408\mu A) / 2 = 850 / 2 = 425\mu A$  у LTspice**

**$(4,704 + 4,329) / 2 * 10\,000 = 375\mu A$  у WaveForm**

1.5. Перевірте формулу, яка пов'язує амплітуду пульсацій напруги на навантаженні (dU) однопівперіодного випрямляча, струм навантаження (Iav), ємність конденсатора на виході однопівперіодного випрямляча (C) та частоту сигналу, що випрямляється (f):

$$dU = I_{av} / (C * f)$$

$$425 / (22 * 50) = 425 / 1100 = 0,386$$

**386mV ≈ 342mV у LTspice**

Похибка виникає через округлення, та не точне встановлення курсорів.

$$375 / (22 * 50) = 375 / 1100 = 0,34$$

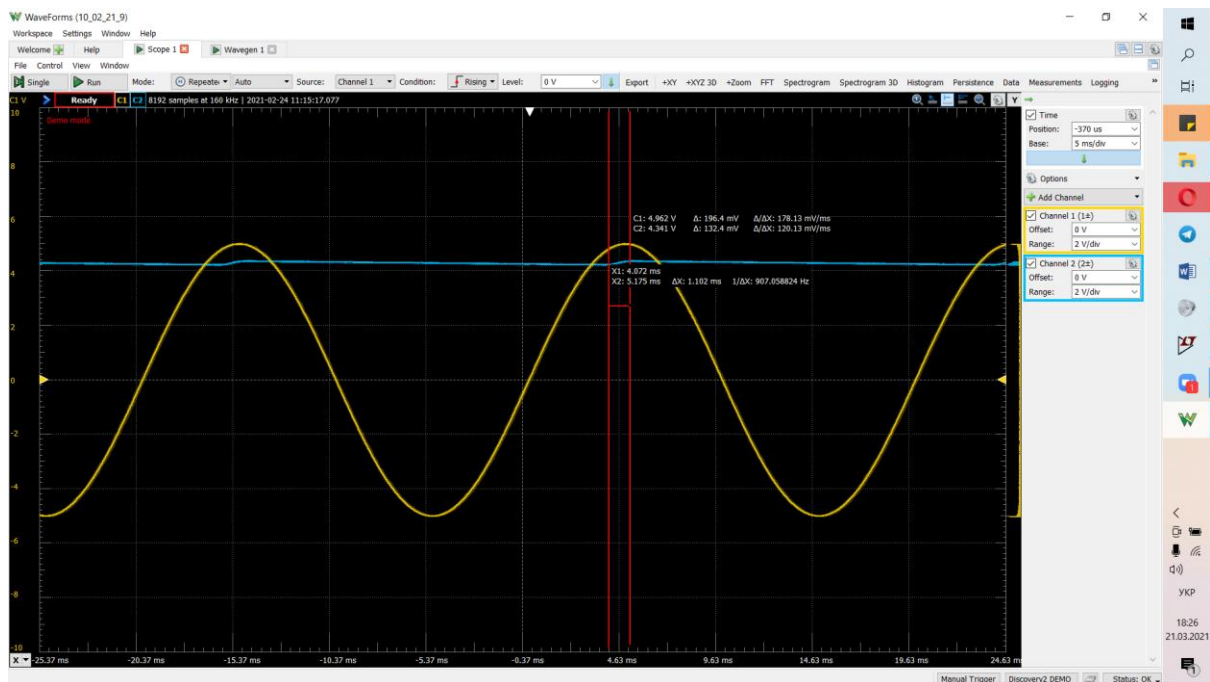
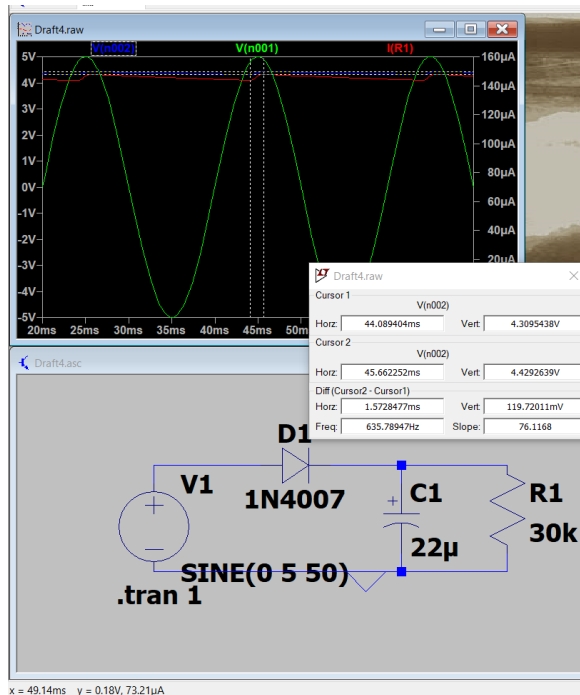
**340mV ≈ 375mV у WaveForm**

Похибка виникає через округлення, не точне встановлення курсорів та паразитний опір з'єднать, та елементів.

З цієї формули знаходять ємність конденсатора на виході випрямляча, яку необхідно використовувати для досягнення необхідної амплітуди пульсації. Зазвичай чим більша ємність, тим менша амплітуда пульсацій.

30kOm

1.1.

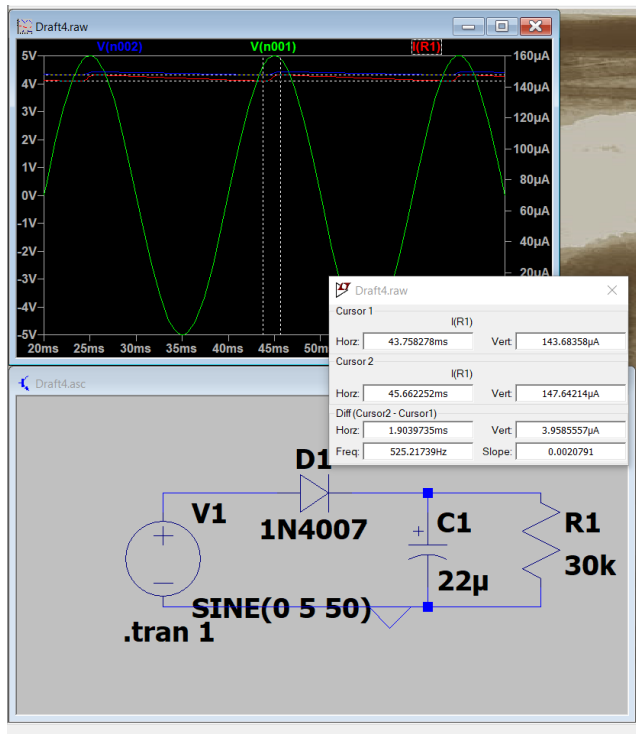


1.3.

**119mV y LTspice**

**132mV y WaveForm**

1.4



**$(144\mu\text{A} + 148\mu\text{A}) / 2 = 292 / 2 = 146\mu\text{A}$  y LTspice**

**$(4,341 + 4,473) / 2 * 30\,000 = 147\mu\text{A}$  y WaveForm**

1.5.

**$dU = I_{av} / (C * f)$**

**$146 / (22 * 50) = 146 / 1100 = 0,133$**

**133mV  $\approx$  119mV y LTspice**

Похибка виникає через округлення та не точне встановлення курсорів.

**$147 / (22 * 50) = 147 / 1100 = 0,134$**

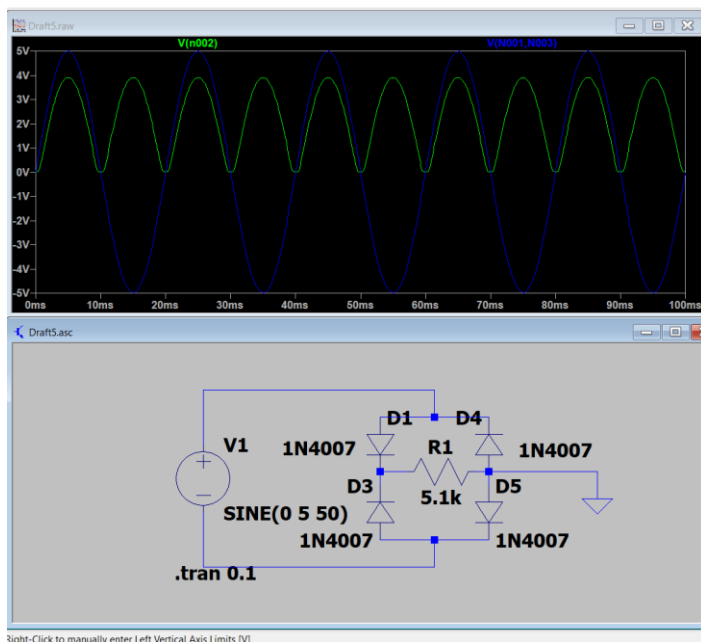
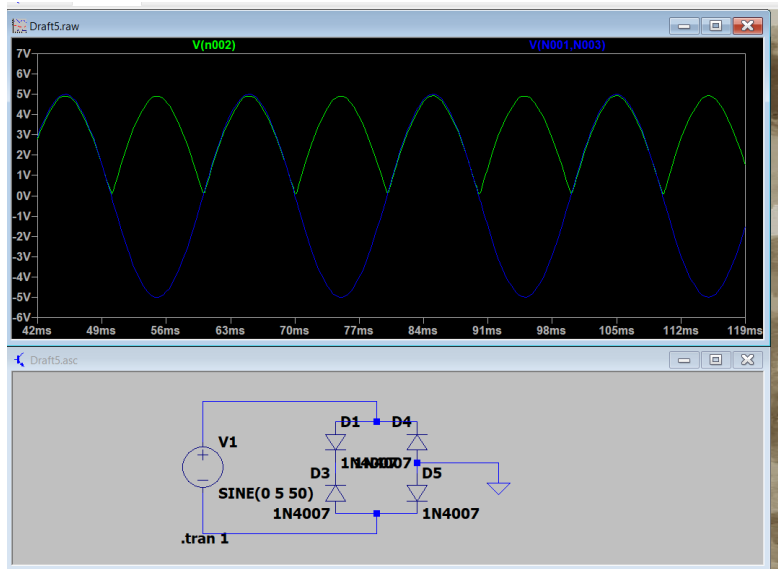
**134mV  $\approx$  132mV y WaveForm**

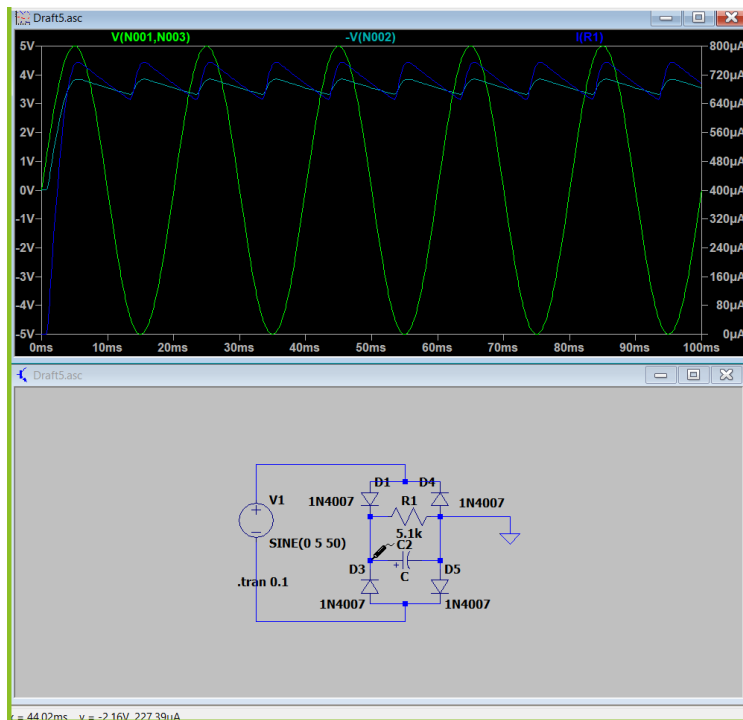


Похибка виникає через округлення, не точне встановлення курсорів та паразитний опір з'єднать, та елементів.

## 2. Дослідження двонапівперіодного випрямляча.

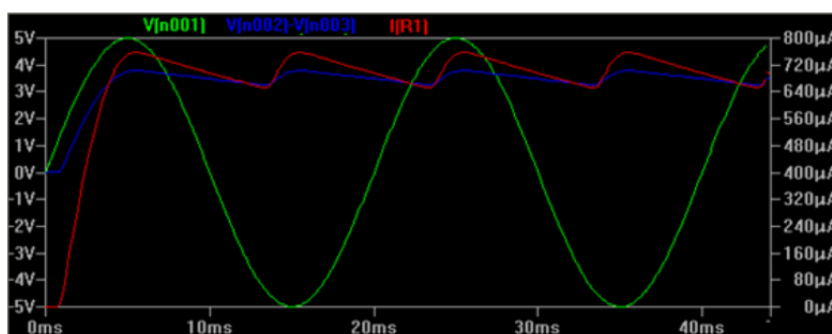
2.1. Побудуйте в LTspice схему двонапівперіодного випрямляча. Джерело напруги – синусоїдальний гармонічний сигнал з частотою 50 Гц, амплітудою 5 В. Діоди кремнієві.





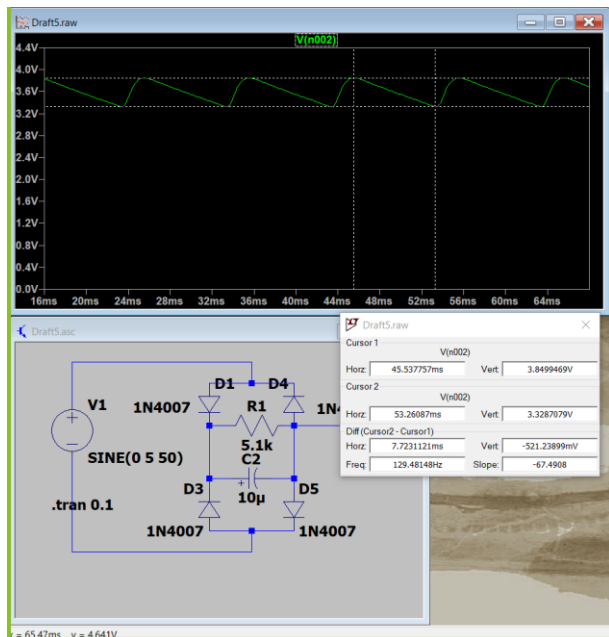
2.2. Перевірте, що напруга на резисторі та струм через нього змінюється по наступному закону. На графіку показана напруга джерела, напруга на резисторі та струм через нього.

Зверніть увагу, що для визначення напруги на резисторі необхідно відняти напругу вузла верхнього контакту резистора від напруги вузла нижнього контакту резистора. Нагадаю, що вузлові напруги в LTspice відраховуються від символу GND.



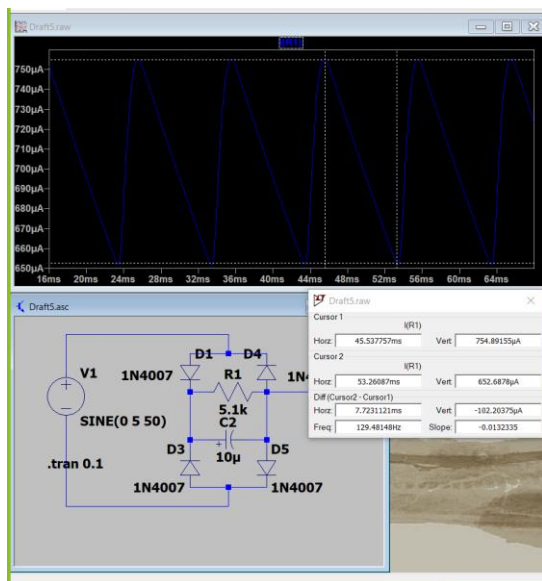
(приклад з методички)

2.3. Знайдіть амплітуду пульсацій напруги на резисторі навантаження (dU).



$$dU = 3.85 - 3.322 = 0.524V$$

2.4. Знайдіть середнє значення струму через резистор навантаження ( $I_{av}$ ).



$$I_{ср} = (755 + 653) / 2 = 704 \mu A$$

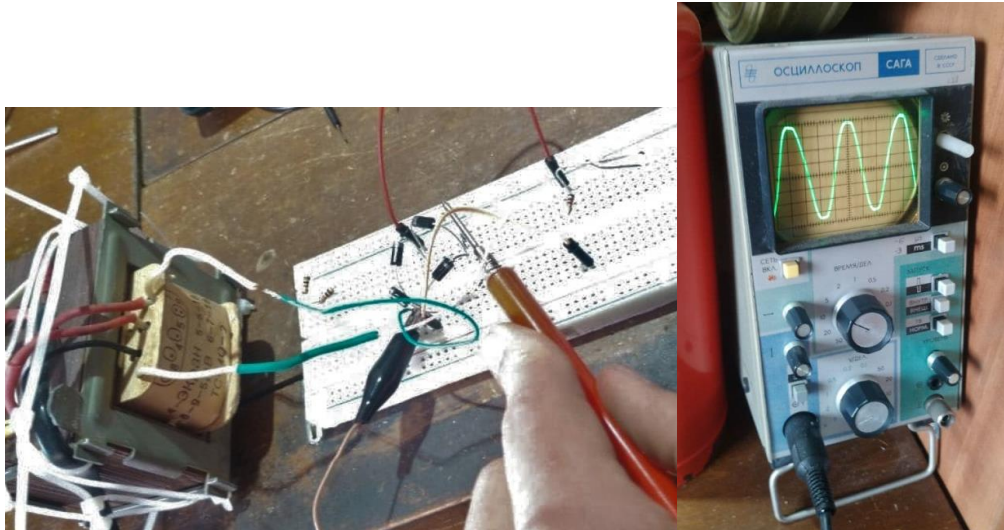
2.5. Перевірте формулу, як пов'язує амплітуду пульсацій напруги на навантаженні двонапівперіодного випрямляча ( $dU$ ), струм навантаження ( $I_{av}$ ), ємність конденсатора на виході двонапівперіодного випрямляча ( $C$ ) та частоту сигналу, що випрямляється ( $f$ ):

$$dU = I_{av} / (2 * C * f)$$

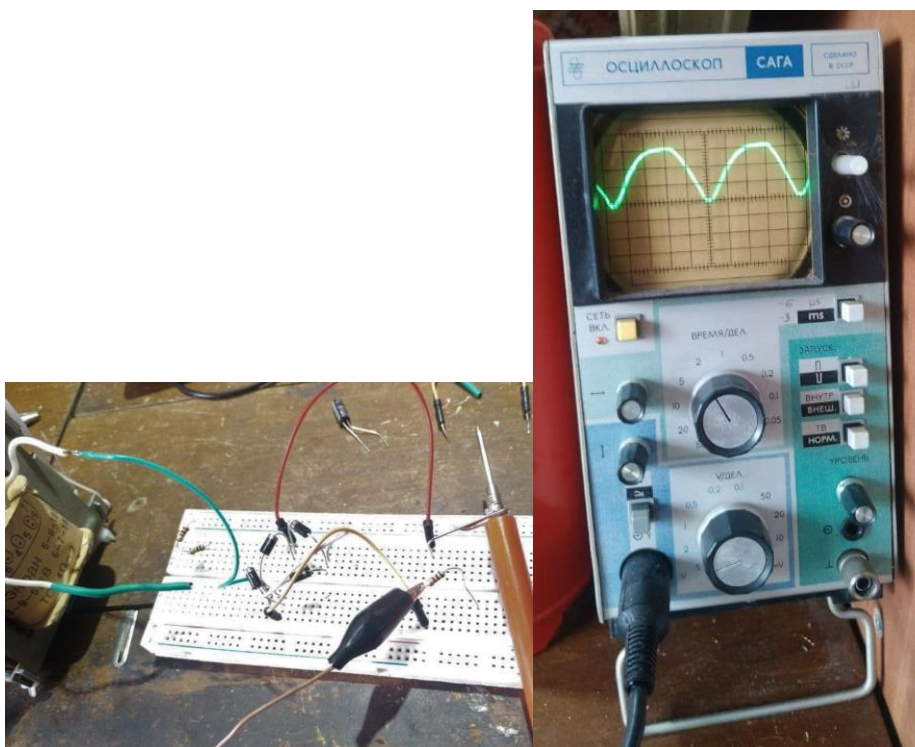
$$dU = 0,000704 / (2 * 10^{-5} * 50) = 0.704 / 0.001 = 0.704 \text{ В}$$

2.6. Складіть схему двонапівперіодного випрямляча на макетній платі;

При складанні схеми були використані діоди RL207 замість 1N4007



Вхідний сигнал



Вихід без конденсатора і резистора

2.7. Замалуйте (сфотографуйте) форму напруги на резисторі навантаження;



Вихід з конденсатором і резистором

2.8. З одержаного малюнка визначте амплітуду пульсацій напруги на виході;

$$dU \approx 1V$$

2.9. Знайдіть середній струм через навантаження. Знаючи як змінюється напруга на резисторі навантаження, за законом Ома знайдіть найбільший та найменший струм через навантаження за період та розрахуйте середнє значення цього струму.

$$I_{\text{ср}} = (6+5)/(2 \cdot 1000 \cdot 5,1) = 11/(10,2 \cdot 1000) = 0,001$$

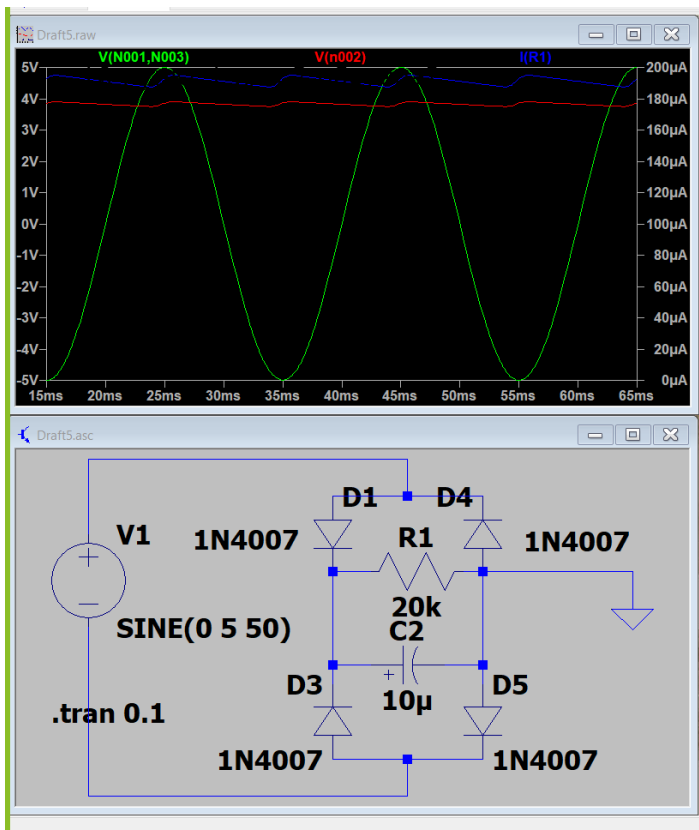
2.10. Порівняйте виміряні значення з одержаними під час симуляції;

Отриманні практично значення майже співпадають з отриманими у LTspice, похибка може бути викликана паразитними характеристиками, та не точністю вимірювань.

2.11. Порівняйте розраховану раніше та виміряну експериментально амплітуди пульсацій.

$$dU = 0,001 / (2 * 10^{-5} * 50) = 0,001 / 0,001 = 1V$$

2.12. Виконайте попередні пункти також для схеми з опором резистору навантаження 20КОм.

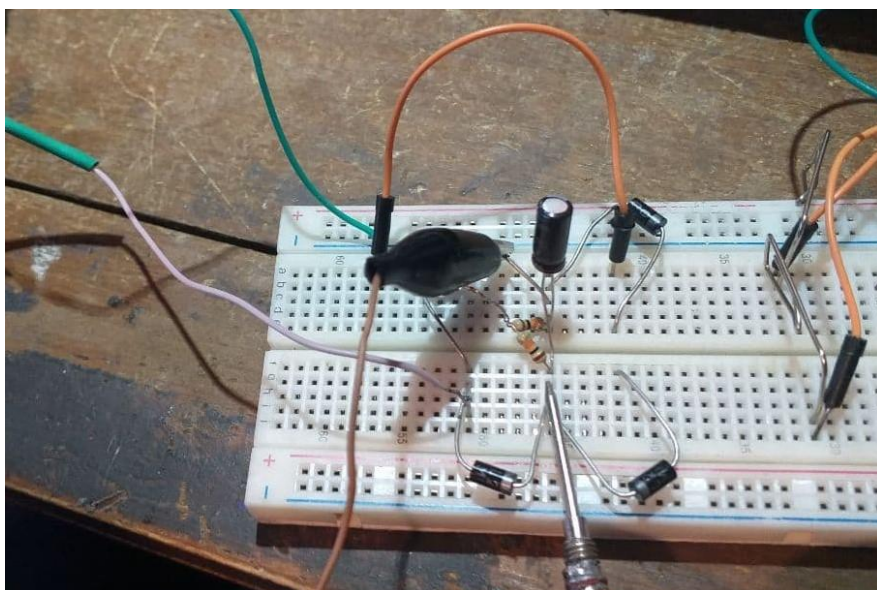


0.140V амплітуда пільсацій

$$I_{сep} = (188 + 195) / 2 = 191.5 \mu A$$

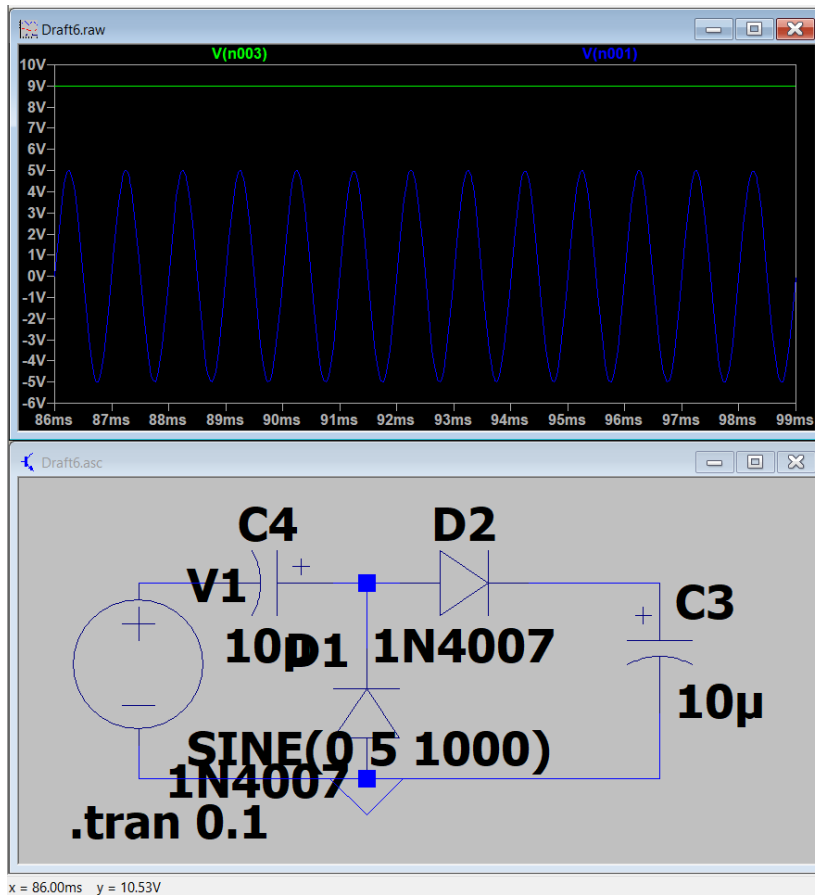
$$dU = 0.0001915 / (2 * 10^{-5} * 50) = 0.1915 / 0.001 = 0.1915V$$





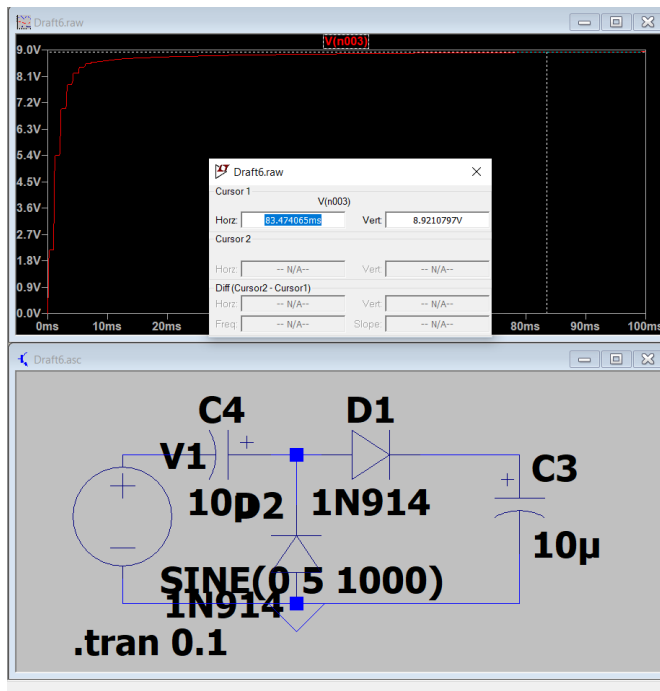
3. Дослідження подвоювача напруги.

3.1. Складіть в LTspice схему подвоювача напруги. Джерело напруги на вході повинно видавати гармонічний сигнал з частотою 1 КГц та амплітудою 5 В.



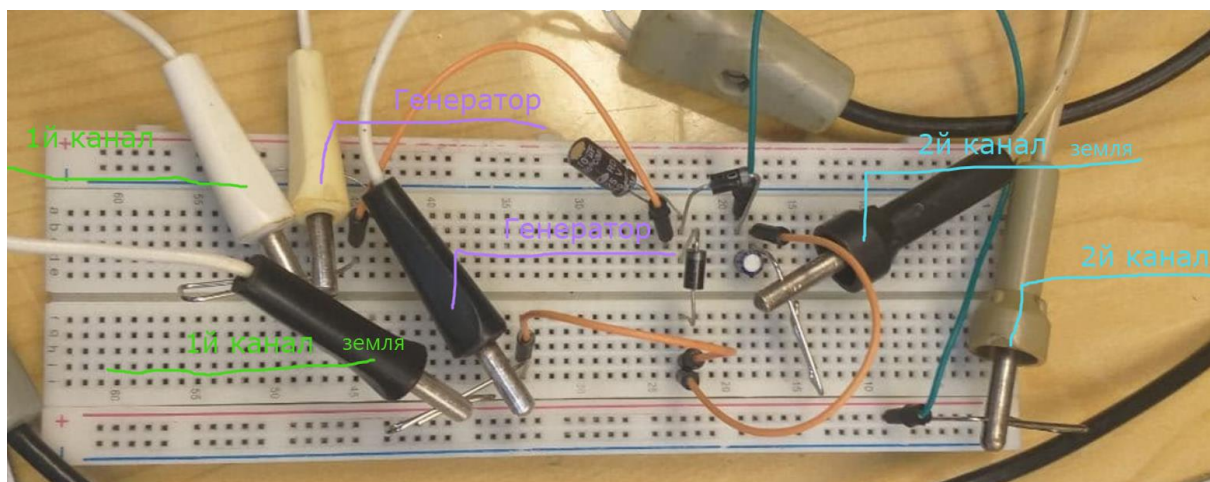
3.2. Перевірте, що форма напруги на виході подвоювача напруги (конденсатор  $C2$ ) має наступну форму та є постійною напругою 8.8 В (ця напруга на виході стане постійною через певний час після ввімкнення живлення).



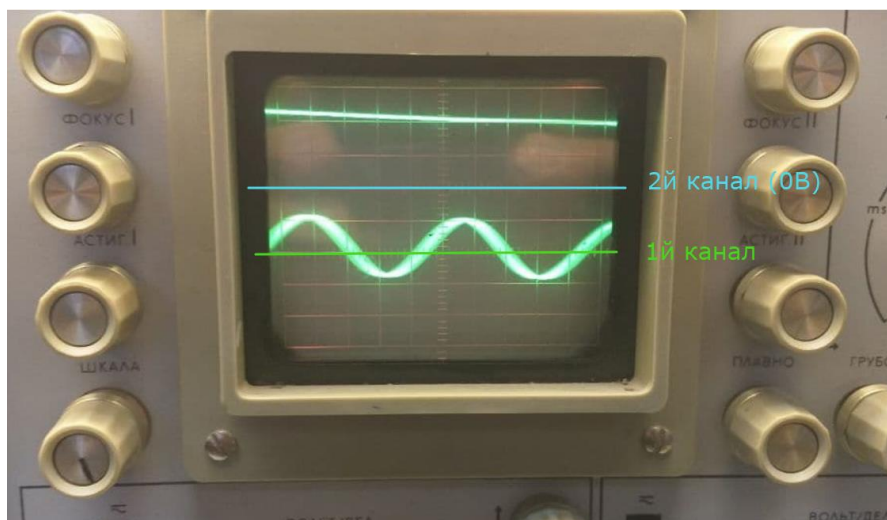


3.3. Чому напруга на виході подвоювача приймає значення саме 8.8 В, а не 10 В? Бо на діодах падає 0,6В, при заряді конденсатора C4 до нього доходить 4,4В, при заряді C3 доходить  $4,4+4,4=8,8\text{В}$

3.4. Складіть схему подвоювача напруги на макетній платі.



3.5. Виміряйте напругу на виході та порівняйте зі значеннями одержаними під час симуляції. Значення приблизно співпадають, але через несправність прилада не можливо точно визначити напругу на виході.

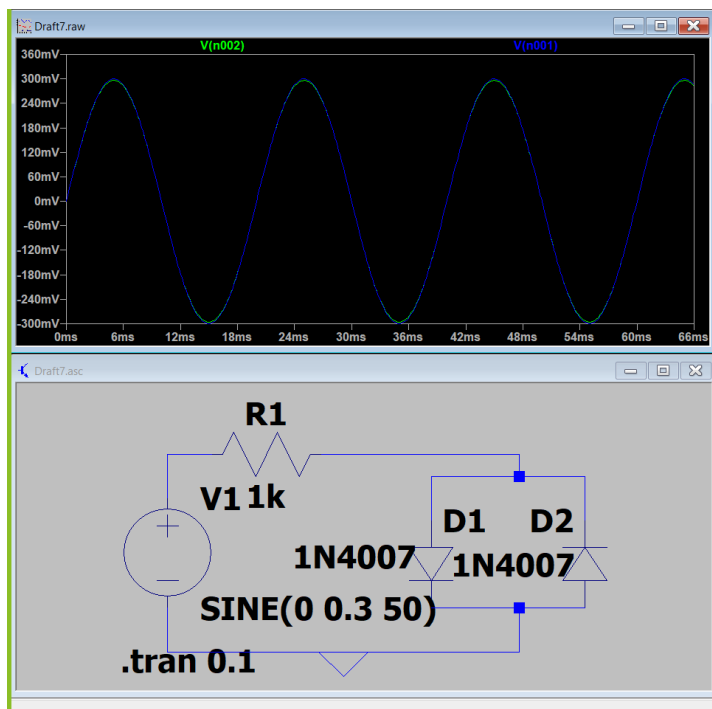




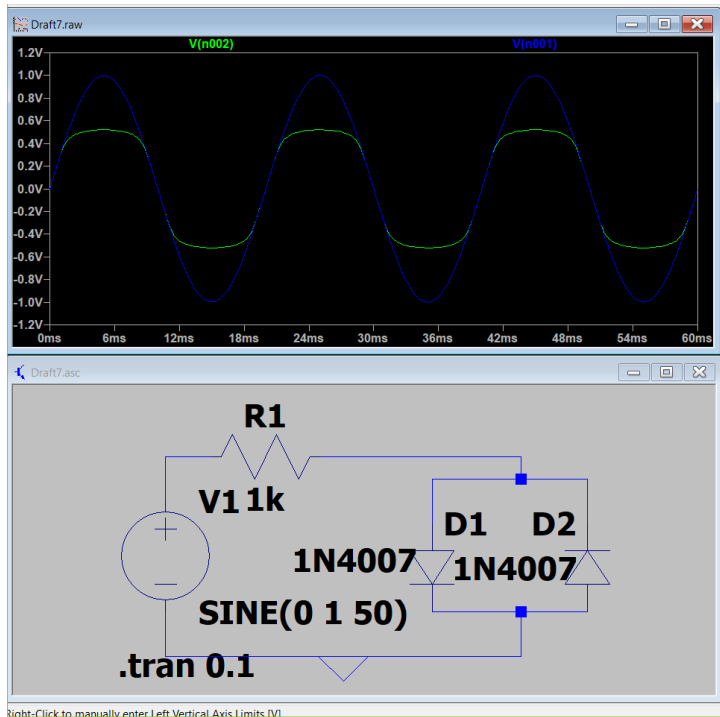
#### 4. Дослідження обмежувача напруги.

4.1. Складіть схему обмежувача напруги на діодах в LTspice.

4.2. Перевірте, що для амплітуди вхідного синусоїдального сигналу 0.3 В (частота 50 Гц) сигнал на виході схеми буде повторювати вхідний сигнал:

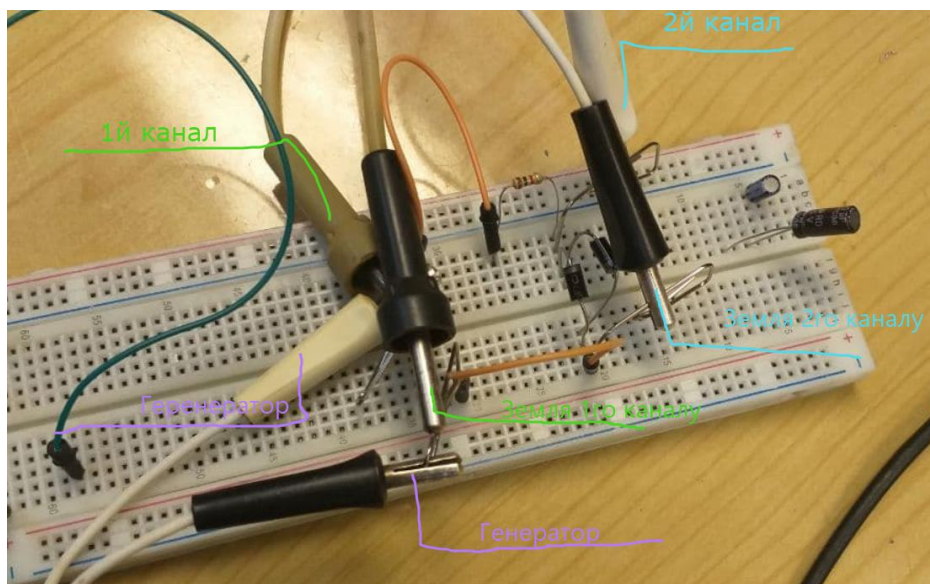


4.3. Перевірте, що для амплітуди вхідного синусоїдального сигналу більшої ніж 0.6 В (наприклад, 1.5 В) сигнал на виході схеми не буде виходити за межі -0.6 В ... 0.6 В:

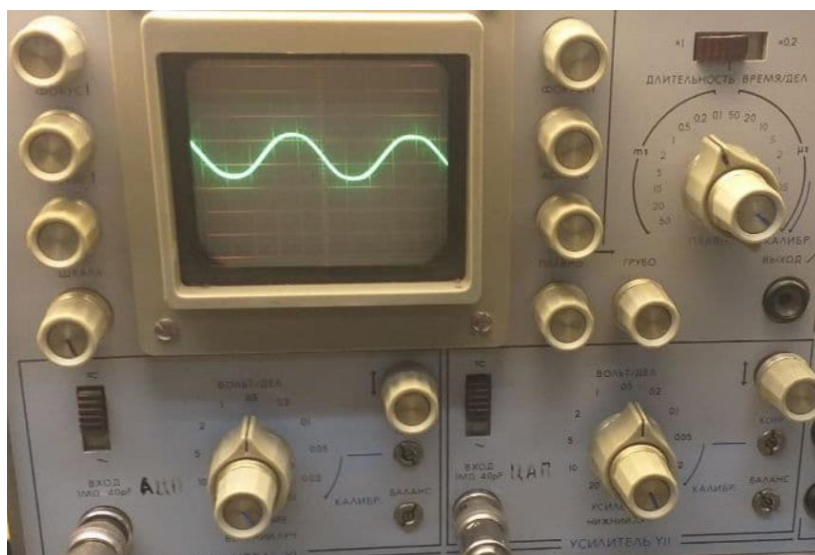
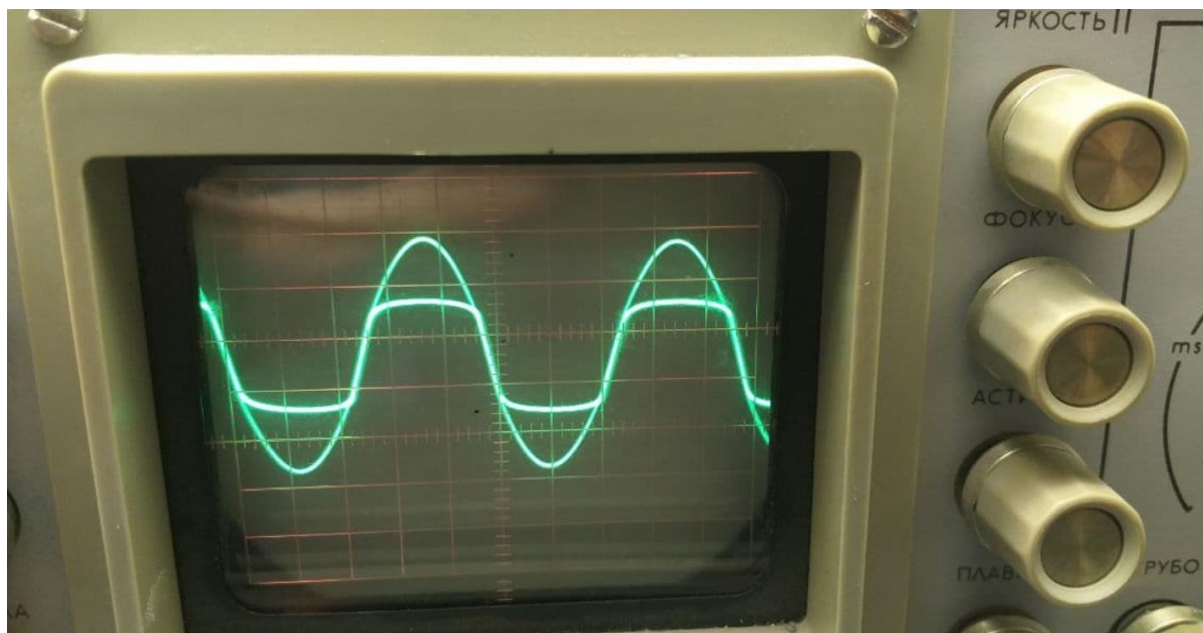


4.4. Поясніть принцип роботи даної схеми. На якому компоненті буде виділятися решта входної напруги? Чому?

Коли напруга перевищує 0,5В відчиняється діод, і на ньому виділяється 0,5-0,6В, решта напруги виділяється на резисторі.







Висновок:

При виконанні цієї лабораторної було досліджено 4 схеми: однонапівперіодний випрямляч, двонапівперіодний випрямляч, подвоювач напруги, обмежувач напруги.

Однонапівперіодний випрямляч підходить для слаботокових, компактних схем не вимогливих до стабільності вхідної напруги. До плюсів можна віднести простоту, та малу кількість деталей. Мінусами є використання тільки половини вхідного сигналу, не малі пульсації.

Двонапівперіодний випрямляч виправляє мінуси однонапівперіодного випрямляча, використовується весь вхідний сигнал, через це конденсатор заряджається в 2 рази частіше, відповідно пульсації менше, одже можна або підключити більшу нагрзуку, або зменшити вихідну ємність.

Подвоювач напруги – на вхід подається синусоїда, на виході маємо постійну напругу майже у 2 рази більше вхідної.

Обмежувач напруги – не дає вихідному сигналу вийти за межі 0,6В, поки сигнал менше 0,3В діоди закриті, на виході вхідна напруга, коли вхідний сигнал рівен 0,3-0,6В діоди частково відкриваються і вихідний сигнал трохи менше за вхідний, коли вхідна напруга перевищує 0,6В діоди відкриваються і амплітуда вихідної напруги не перевищує 0,6В. Вся зайва напруга виділяється на резисторі.

Над однонапівперіодним випрямлячем були проведені виміри у лабораторії, та звірені з LTspice, отримані практично значення виявились ближчими до теоретичних, ніж отримані у LTspice, на мою думку причиною цього стало не вдале зоокруглення результатів.

Двонапівперіодний випрямляч, подвоювач напруги та обмежувач напруги були зібрані на макетній платі та результати вимірів звірені з отриманими у LTspice, результати майже співпали. Похибка була викликана паразитними характеристиками та не точністю вимірювань.