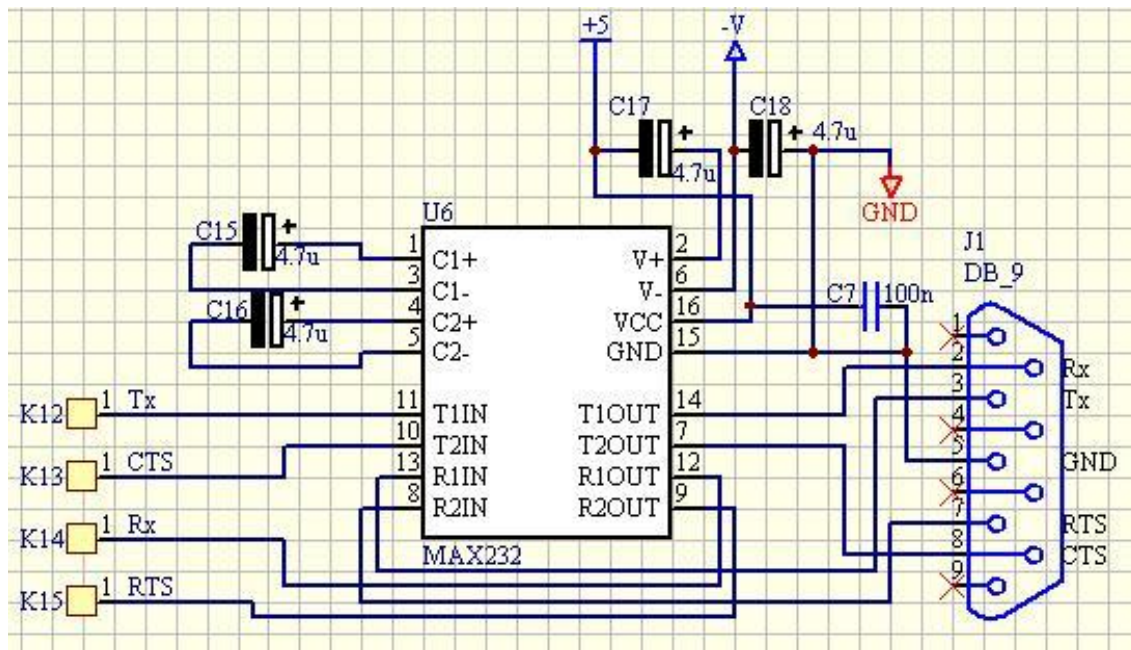


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. Івана Пулюя**

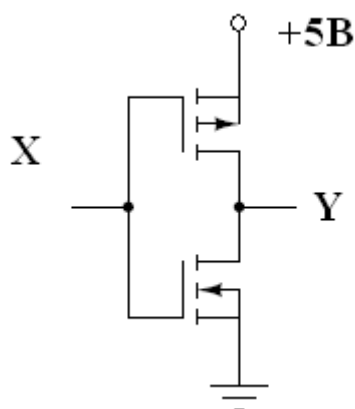
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт з дисципліни
“Електроніка і мікросхемотехніка”**

Модуль 3. Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки



Тернопіль - 2024

Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.

Укладачі: Трембач Р.Б., к.т.н., доцент;
Медвідь В.Р., к.т.н., доцент.

Рецензент: Яцків В.В., д.т.н., професор

Відповідальний за випуск: Савків В.Б, к.т.н., доцент

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв (протокол № 7 від 29 грудня 2023р.)

Схвалено та рекомендовано до друку НМК факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (протокол № 5 від 08 лютого 2024р.)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” містять порядок виконання лабораторних робіт, а також теоретичні основи, необхідні для її успішного виконання.

ЗМІСТ

Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт.....	4
1 Лабораторна робота № 3.1. Дослідження <i>одновібратора та автоколивального мультивібратора на операційному підсилювачі ...</i>	5
2 Лабораторна робота № 3.2. Дослідження генератора <i>прямокутних імпульсів на мікросхемі NE555..</i>	12
3 Лабораторна робота № 3.3. Дослідження <i>однофазного мостового випрямляча із згладжувальним фільтром.</i>	14
4 Лабораторна робота № 3.4. Дослідження <i>логічних схем та функцій.....</i>	18
Правила з оформлення звіту по роботі.....	25
Список використаних джерел.....	26



ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

⚠ До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після інструктажу з техніки електричної та протипожежної безпеки у лабораторії промислової електроніки, про що обов'язково робиться відповідний запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

⚠ Напруги на доступних для дотику виводах лабораторного устаткування не перевищують допустимих значень у 42 В для змінного струму та 110 В для постійного. Незважаючи на це, оскільки живлення устаткування та вимірювальних приладів здійснюється від мережі 220 В напруги змінного струму, при виконанні робіт не слід доторкатися одночасно до двох одиниць устаткування або приладів, а також до труб центрального опалення та використовувати у якості указок струмопровідні предмети (у т. ч. олівці з графітовим стрижнем).

⚠ Забороняється розміщувати на робочих місцях одяг та інші особисті речі, що не використовуються для роботи.

⚠ Забороняється без дозволу викладача переміщуватись на інші робочі місця, покидати робочі місця та межі лабораторії.

⚠ При виявленні несправності устаткування та вимірювальних приладів або відхилень у їхній роботі, їх необхідно знеструмити і повідомити про це викладачеві.

⚠ У разі виникнення нещасного випадку необхідно вимкнути живлення лабораторії, надати потерпілому першу допомогу, негайно сповістити викладача.

⚠ У разі виникнення загоряння у лабораторії необхідно вимкнути живлення лабораторії та загасити полум'я вогнегасником, негайно сповістити викладача.

⚠ Після закінчення виконання робіт необхідно вимкнути живлення устаткування та вимірювальних приладів, навести лад на робочому місці, сповістити викладача.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.1

Тема. Дослідження одновібратора та автоколивального мультівібратора на операційному підсилювачі

Мета роботи: вивчення принципів роботи одновібратора та автоколивальних мультівібраторів, набуття навичок реалізації їх на операційних підсилювачах (ОП), конструювання та дослідження їх в реальних умовах.

Прилади та інструменти: ОП LM741 (К140 УД8), джерело живлення ± 15 В, джерело живлення +5 В, резистори, конденсатори, макетниця, з'єднувальні дроти, осцилограф SDS1022 (XSC1), програмне забезпечення NI Multisim.

1 Теоретичні відомості

Операційні підсилювачі (ОП) широко використовуються в багатьох пристроях імпульсної й цифрової техніки. Їх застосування обумовлене можливістю одержання більш високих якісних параметрів пристроїв у порівнянні зі схемами на транзисторах.

Розглянемо принцип дії *автоколивального мультівібратора* (АМ) на ОП. АМ - це генератор сигналів прямокутної форми. Його схема (рис. 1) схожа на схему компаратора з гістерезисом, тільки на відміну від останнього тут замість генератора вхідної напруги стоїть конденсатор.

Резистори R_1 і R_2 створюють подільник напруги, частина вихідної напруги з якого подається зворотно на неінвертувальний вхід.

При $U_{\text{вих}} = +U_{\text{нас}}$ напруга зворотного зв'язку називається верхньою пороговою напругою і визначається за формулою:

$$U_{\text{ПВ}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+U_{\text{нас}}). \quad (1)$$

Коли $U_{\text{вих}} = +U_{\text{нас}}$, тоді струм I через R_{33} заряджає конденсатор C . Заряд відбувається до того часу поки $U_C < U_{\text{ПВ}}$, а на виході зберігається напруга $+U_{\text{нас}}$.

В момент заряду конденсатора до величини U_C дещо більшої $U_{\text{ПВ}}$ напруга на інвертувальному вході стає позитивною по відношенню до напруги на неінвертувальному вході. При цьому схема перемикається і $U_{\text{вих}}$ змінюється від рівня $+U_{\text{нас}}$ до $-U_{\text{нас}}$ рівня, на неінвертувальному вході у цьому випадку буде підтримуватися від'ємний потенціал

$$U_{\text{ПН}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-U_{\text{нас}}). \quad (2)$$

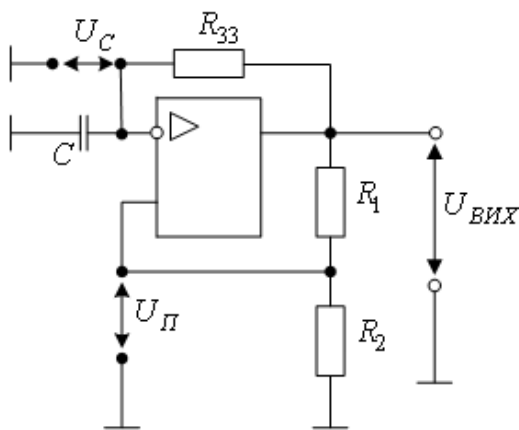


Рис. 1 - Схема мультівібратора на ОП

В момент перемикавання схеми в стан $U_{\text{вих}} = -U_{\text{нас}}$ (рис. 2) початкова напруга на конденсаторі $U_{\text{П.В}}$ і через нього буде протікати струм, перезаряджаючи його до $U_{\text{П.Н}}$.

В момент коли U_C стає нижче напруги зворотного зв'язку $U_{\text{П.Н}}$ схема перемикається в стан $U_{\text{вих}} = +U_{\text{нас}}$. Схема повертається в початковий стан. Конденсатор C має початковий заряд $U_{\text{П.Н}}$, він буде розряджатися від $U_{\text{П.Н}}$ до нуля і перезаряджатися знову до $U_{\text{П.В}}$. Для визначення періоду коливаний скористаємося рівнянням для часу переривання експоненційного процесу

$$t_{II} = r \ln \frac{X_0 - X_{\infty}}{X_{II} - X_{\infty}}, \quad (3)$$

де X_0 , X_{II} - відповідно початкове і кінцеве значення фізичної величини на інтервалі t_{II} , X_{∞} - асимптотичне значення фізичної величини.

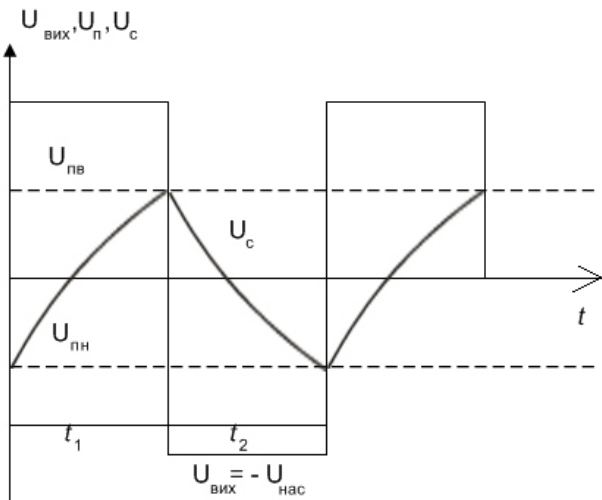


Рис. 2 - Часова діаграма роботи мультивібратора на ОП

Розглянемо режими роботи ЧМ, схема якого зображена на рис.11.4.

Режим очікування. На неінвертувальний вхід ОП з подільника R_1, R_2 потрапляє напруга зворотного зв'язку $U_{п.в.}$ значення якої визначається рівнянням:

$$U_{ПВ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+U_{нас}). \quad (11.6)$$

Діод VD1- фіксує на вході позитивну напругу на рівні 0,5В. При цьому напруга на неінвертувальному вході позитивна по відношенню до напруги на інвертувальному вході і ОП підсилює цю диференційну вхідну напругу, $U_{вих} = +U_{нас}$

Перехід в стан витримки. Якщо вхідний сигнал являє собою постійну напругу з встановленим значенням, то на неінвертувальному вході зберігається позитивний відносно інвертувального входу потенціал і $U_{вих} = +U_{нас}$. Якщо ж $E_{вх}$ стрибком стає негативним і приймає пікове значення $E_{вх}$ і $|E_{вхпик}| > |U_{п.в.}|$ на неінвертувальному вході падає нижче рівня напруги на інвертувальному вході. Вихід схеми перемикається $U_{вих} = -U_{нас}$ і ЧМ переходить в режим витримки.

Режим витримки - нестійкий стан у якому ЧМ не може довго перебувати. Розглянемо особливості цього режиму. З подільника R_1, R_2 на неінвертувальний вхід потрапляє від'ємна напруга $U_{пн}$. Схема перемикається в стан $U_{вих} = +U_{нас}$. Це момент закінчення циклу роботи ЧМ; вихідний імпульс закінчився і схема повернулася до стійкого стану. Діод VD1 від'єднав коло запуску від одновібратора на час генерування імпульсу. Щоб отримати **одновібратор** генеруючий позитивний імпульс при збудженні позитивним вхідним сигналом, достатньо змінити полярність увімкнення діодів.

Для визначення тривалості імпульсу і часу відновлення скористаємося формулою для визначення часу переривання експоненційного процесу. За час генерування імпульсу напруга на C змінюється від 0,5В до $U_{пн.}$, тоді

Оскільки $t_1 = t_2$ то період коливань

$$T = 2t_2 = 2CR_{33} \ln\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right). \quad (4)$$

Частота генерації:

$$f = \frac{1}{T} \approx 0.4545 \frac{1}{R_{33}C}. \quad (5)$$

Принцип роботи чекаючого мультивібратора (ЧМ). Як відомо, тривалість імпульсу ЧМ залежить тільки від зовнішніх елементів, увімкнених до ОП. З рис. 3 видно, що ЧМ спрацьовує по негативному фронту вхідного імпульсу $E_{вх.}$, тривалість якого може бути більшою або меншою власної тривалості τ вихідного імпульсу одновібратора

$$t_{\Pi} = CR_{33} \ln \frac{0.5 - (-U_{\text{нас}})}{\frac{R_2}{R_1 + R_2} (-U_{\text{нас}}) - (-U_{\text{нас}})} = CR_{33} \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right), \quad (7)$$

$$t_{\text{відн.}} = CR_{33} \ln \left(\frac{-U_{\text{ПН}} - U_{\text{нас}}}{0.5 - U_{\text{нас}}} \right) \approx CR_{33} \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right).$$

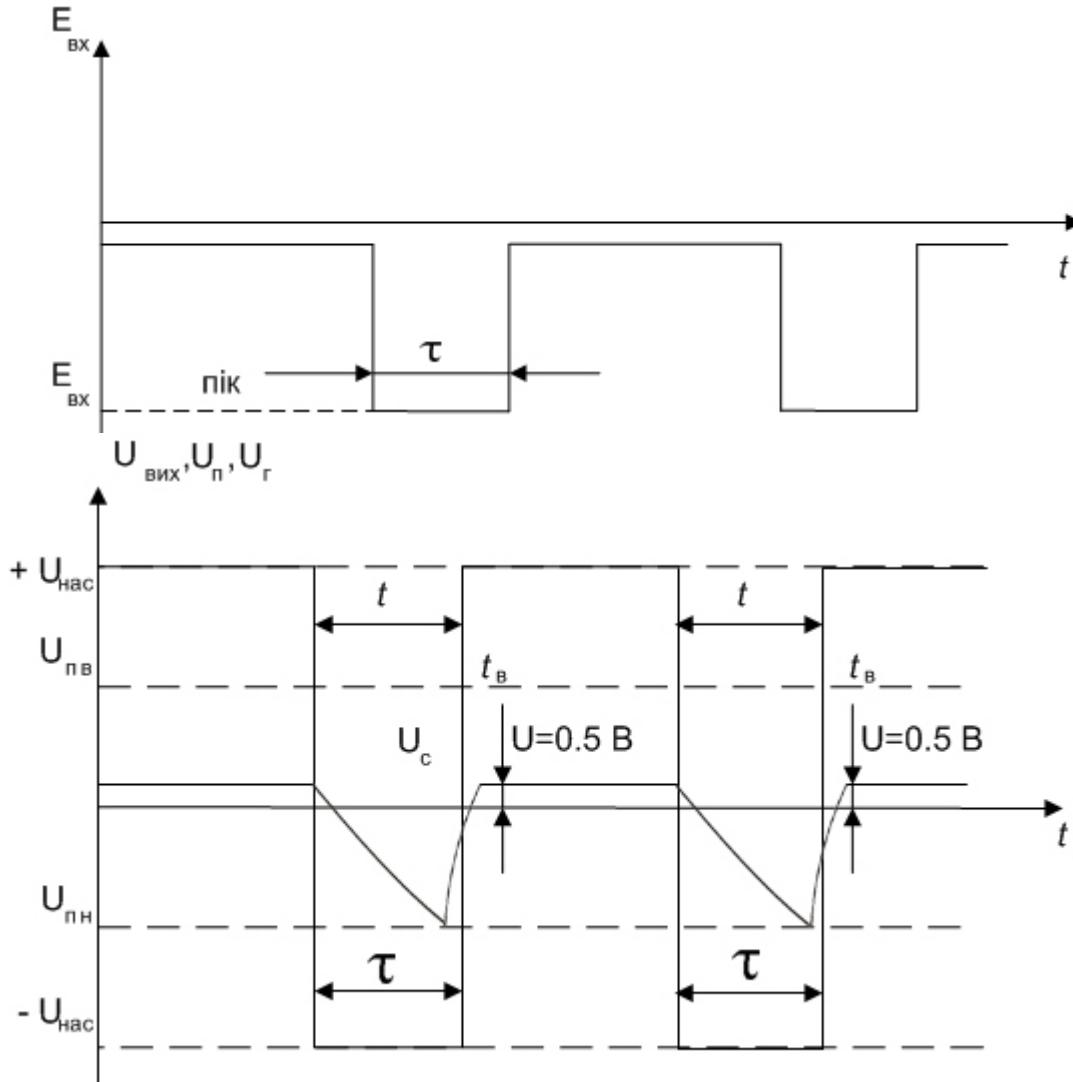


Рис. 3 – Часові діаграми роботи одновібратора на ОП

Генератор прямокутної і трикутної напруг. Як видно з діаграми на рис. 2, у схемі мультивібратора формується напруга не тільки прямокутної форми, а й форми, близької до трикутної (на конденсаторі). RC -коло, яке задає період коливань мультивібратора, виконує наближене інтегрування вихідних прямокутних коливань. Замінивши це коло інтегратором на ОП, отримаємо генератор, на одному з виходів якого формуються прямокутні, а на іншому – трикутні коливання (рис. 5). Тут на підсилювачі ОП1 виконаний неінвертуючий тригер Шмітта, а на ОП2 – інтегратор.

Інтегратор інтегрує постійну напругу, що утворюється на виході тригера Шмітта. Коли вихідна напруга інтегратора досягає порога спрацьовування тригера Шмітта, напруга на його виході U_1 стрибком змінює свій знак. Внаслідок цього напруга на виході інтегратора починає змінюватися в протилежний бік, поки не досягне іншого порога спрацьовування тригера Шмітта. Змінюючи постійну інтегрування RC , можна змінювати частоту напруги, що формується, в широкому діапазоні. Амплітуда трикутної напруги U_2 залежить тільки від

встановленого рівня спрацьовування тригера Шмітта $U_{п}$, який для даної схеми включення тригера становить $U_{max} \cdot R_1/R_2$ (U_{max} – напруга насичення ОП).

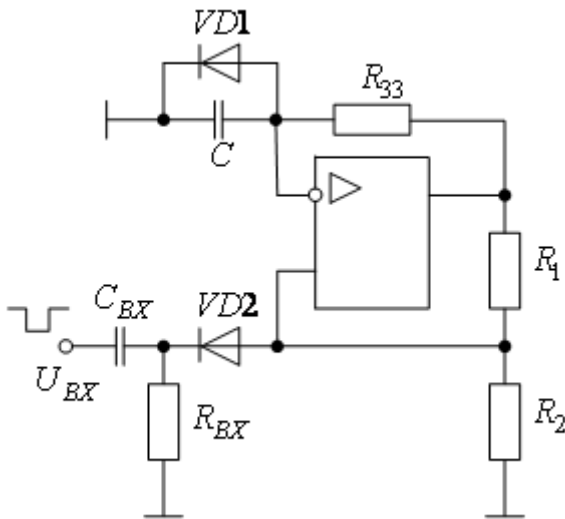


Рис. 4 – Схема одновібратора на ОП

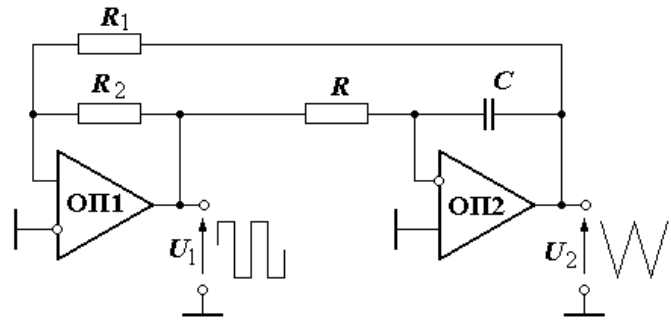


Рис. 5 – Схема генератора прямокутної та трикутної форми напруги на ОП

Період коливань генератора дорівнює подвоєному часу, який необхідно інтегратору, щоб його вихідна напруга змінилася від $(-U_{п})$ до $(+U_{п})$. Звідси випливає, що $T = 4RC \cdot R_1/R_2$. Отже, частота напруги що формується не залежить від рівня напруги насичення операційного підсилювача, а, відповідно, і від напруги живлення.

Складність забезпечення високої стабільності амплітуди коливань при мінімальних викривленнях вихідної синусоїди істотно ускладнює побудову генераторів синусоїдальних коливань і керування ними. Крайні результати у багатьох випадках, особливо на низьких і інфранизьких частотах, дає застосування так званих **функціональних генераторів**.

Блок-схема найпростішого функціонального генератора наведена на рис. 6. Він включає генератор прямокутної і трикутної напруги і блок формування синусоїдального сигналу. Як показано на рис. 5, генератор прямокутної і трикутної напруги складається з тригера Шмітта і інтегратора, що утворюють замкнений контур. Блок формування синусоїдального сигналу (рис. 7) зазвичай представляє собою нелінійний функціональний перетворювач, наприклад, на основі аналогового перемножувача. Якщо частота генератора постійна, то в якості блоку формування синусоїдальної сигналу можна використовувати також фільтр нижніх частот з смугою пропускання трохи вище частоти необхідного синусоїдального сигналу.

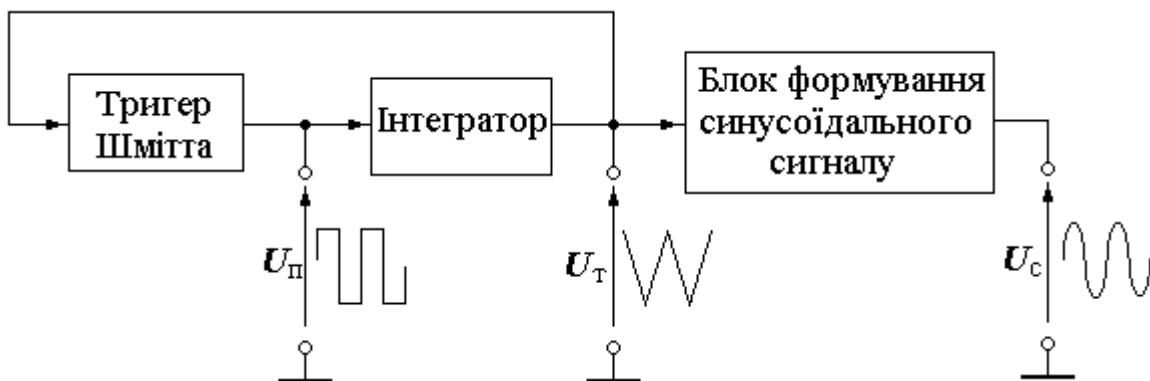


Рис. 6 - Блок-схема найпростішого функціонального генератора

2 Порядок виконання роботи

2.1 Дослідження мультивібратора

1. Зібрати схему мультивібратора, приведену на рис.7, де $R1=30\text{k}\Omega$, $R3=2.4\text{k}\Omega$, $R2=220\text{k}\Omega$, $C=0,47\text{мкФ}$.

2. Коли схема зібрана і готова до запуску, натисніть кнопку ввімкнення живлення на панелі інструментів. У випадку серйозної помилки в схемі (замикання елемента живлення накоротко, відсутність нульового потенціалу в схемі) буде видано попередження.

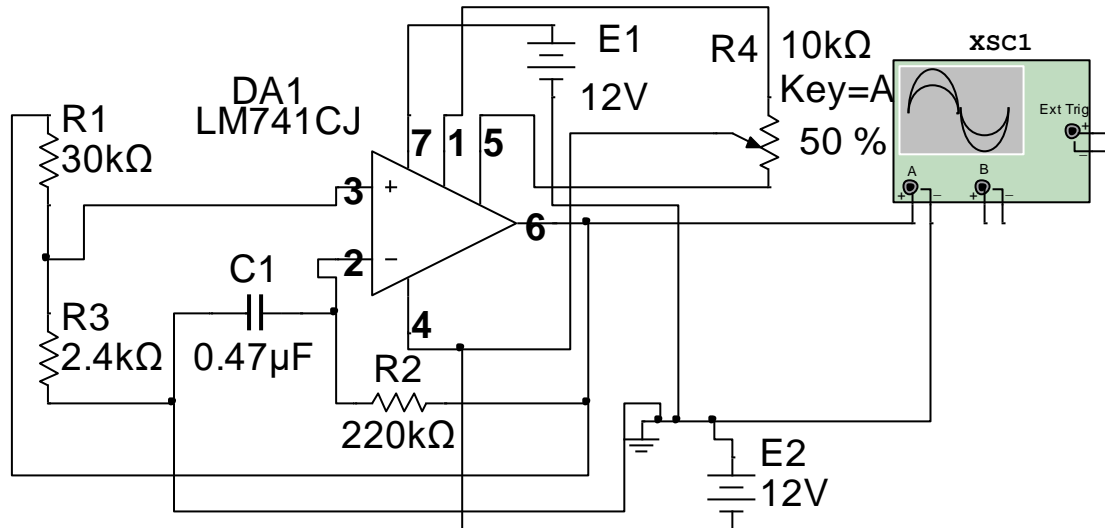


Рис. 7 - Схема мультивібратора на ОП

3. Зробіть копію екрану осцилографа, як показано на рис.8.

4. Зробіть висновки.

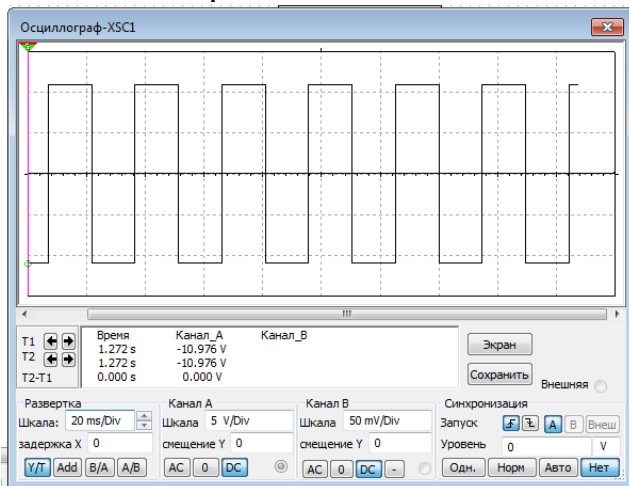


Рис. 8 – Результати дослідження мультивібратора на ОП

2.2 Дослідження одновібратора

1. Зібрати схему одновібратора, приведену на рис.9. $R1=30\text{k}\Omega$, $R2=220\text{k}\Omega$, $R3=2,4\text{k}\Omega$, $C1=0,47\text{мкФ}$, $C2=22\text{нФ}$; $R5=2,2\text{k}\Omega$.

2. Коли схема зібрана і готова до запуску, натисніть кнопку ввімкнення живлення на панелі інструментів. У випадку серйозної помилки в схемі (замикання елемента живлення накоротко, відсутність нульового

потенціалу в схемі) буде видано попередження.

3. Зробіть копію екрану осцилографа, як показано на рис.10.

4. Зробіть висновки

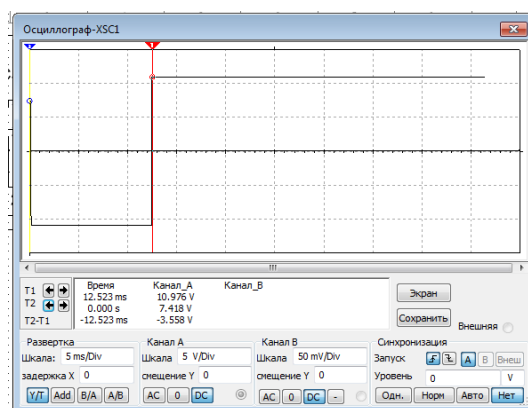
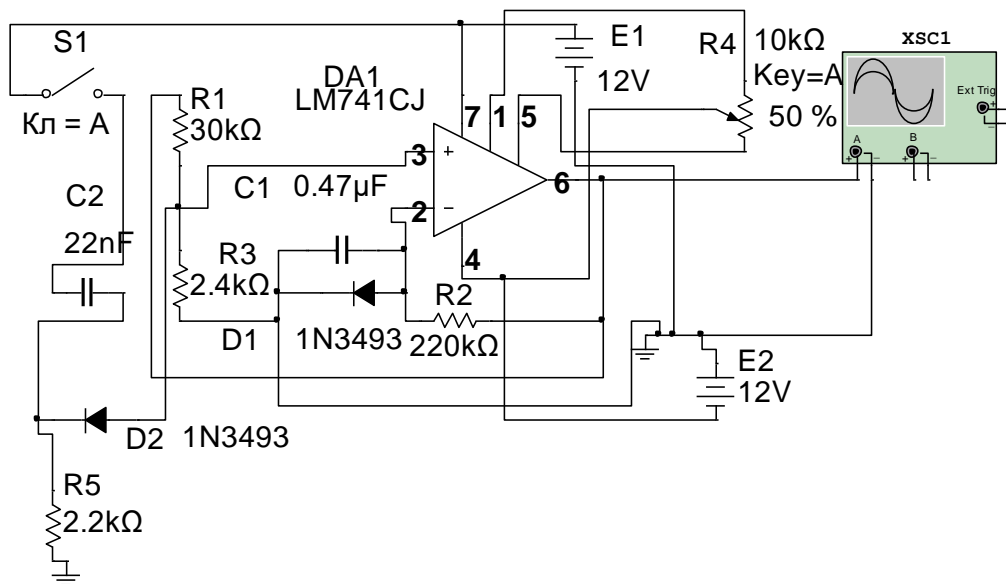


Рис. 10 – Результати дослідження одновібратора на ОП

2.3 Дослідження генератора синусоїдної форми сигналу

1. Зібрати схему генератора синусоїдної форми сигналу на ОП, приведену на рис.11.
2. Коли схема зібрана і готова до запуску, натисніть кнопку ввімкнення живлення на панелі інструментів. У випадку серйозної помилки в схемі (замикання елемента живлення накоротко, відсутність нульового потенціалу в схемі) буде видано попередження.
3. Зробіть копію екрану осцилографа, як показано на рис.12.
4. Зробіть висновки

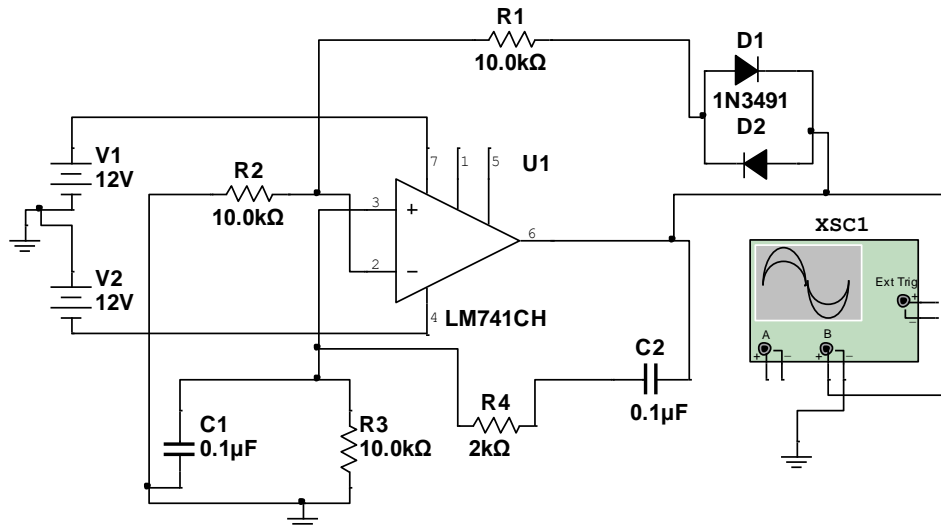


Рис. 11 - Схема генератора синусоїдної форми сигналу на ОП

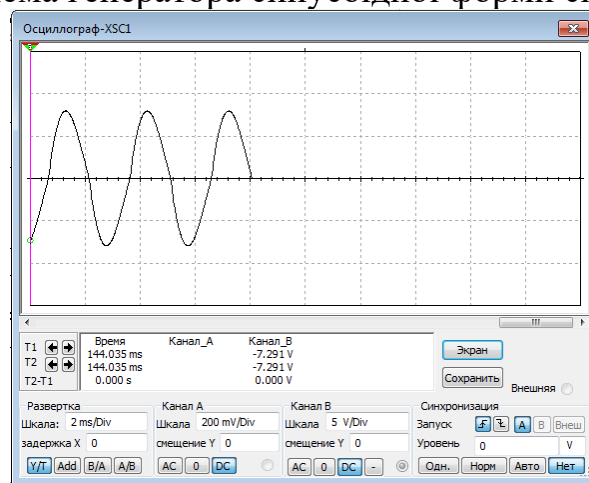


Рис. 12– Результати дослідження генератора синусоїдної форми сигналу на ОП

Контрольні запитання

1. Приведіть часові діаграми автоколивального і чекаючого мультивібратора на ОП в різних точках схеми.
2. Поясніть призначення ланки $C_{вх}-R_{вх}$ чекаючого мультивібратора (ЧМ) на ОП.
3. Як змінити полярність генерованих імпульсів в схемі ЧМ на ОП?
4. Як можна змінити тривалість генерованих позитивних імпульсів в схемі МВ на ОП, не змінюючи при цьому тривалість негативного імпульсу?
5. Пояснити принцип дії автоколивного мультивібратора на операційному підсилювачі.
6. Як впливають параметри кола додатного зворотнього зв'язку (ДЗЗ) на частоту коливань автогенератора?
7. Пояснити, чому форма сигналу на неінвертуючому вході ОП повторює форму вихідного сигналу мультивібратора.
8. Параметри яких елементів схеми мультивібратора визначають період повторення його коливань?
9. Пояснити принцип дії одновібратора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.2

Тема. Дослідження генератора прямокутних імпульсів на мікросхемі NE555.

Мета роботи: вивчення принципів роботи генератора прямокутних імпульсів, конструювання та дослідження їх в реальних умовах.

Прилади та інструменти: мікросхема NE555 (КР1006 ВІ1), джерело живлення +5 В, резистори, конденсатори, макетниця, з'єднувальні дроти, осцилограф SDS1022 (XSC1), програмне забезпечення NI Multisim.

1 Теоретичні відомості

Генератор прямокутних імпульсів зібраний на таймері NE555 (рис. 1), з потенціометром для регулювання частоти сигналу. Модуль використовується в проектах на мікроконтролерах для регулювання параметрів вихідних імпульсів в широких межах або як задаючий генератор в налаштуванні та тестуванні різного електронного обладнання. Модуль генерує послідовність прямокутних імпульсів, які визначаються RC-ланцюжком.

Модуль генератора імпульсів на мікросхемі NE555 (рис. 1), може використовуватися в проектах на мікроконтролерах для регулювання параметрів вихідних імпульсів в широких межах, або як задаючий генератор в налаштуванні і тестуванні різного електронного обладнання. Модуль генерує послідовність прямокутних імпульсів, які визначаються RC-ланцюжком.

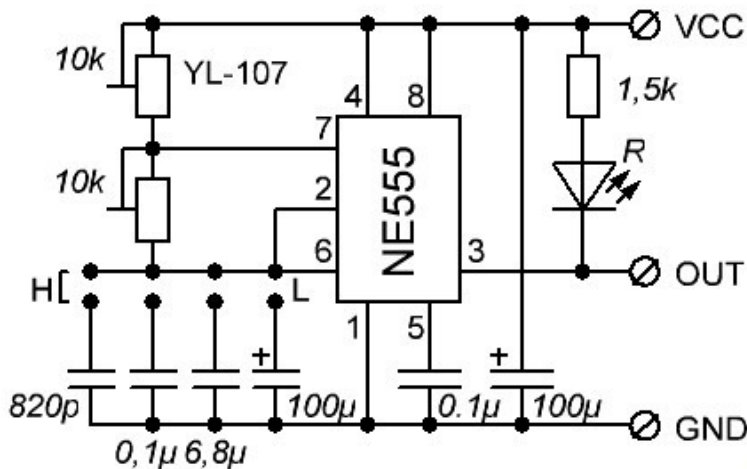


Рис. 1 – Схема генератора прямокутних імпульсів на мікросхемі NE555

різних діапазонах.

4. Зробіть висновки.

2.2 Створення генератора прямокутних імпульсів на основі мікросхеми NE555 в Multisim

1. В меню «Інструментарий» виберіть «Создатель схем» в якому виберіть «Создатель схем на 555».

2. В «Создатель схем на 555» виберіть «Мультивибратор» і задайте напругу живлення та частоту.

3. Нажміть комірку «Создать» і вам на екрані з'явиться схема генератора, основні параметри елементів схеми.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Дослідження генератора прямокутної форми сигналу на мікросхемі NE555

1. Підключіть генератор, приведений на рис.2, до джерела живлення.

2. На вихід генератора підключіть осцилограф та частотомір.

3. Зніміть покази на

4. До виходу мікросхеми підключіть осцилограф та частотомір і зробіть Print Scm екрану.

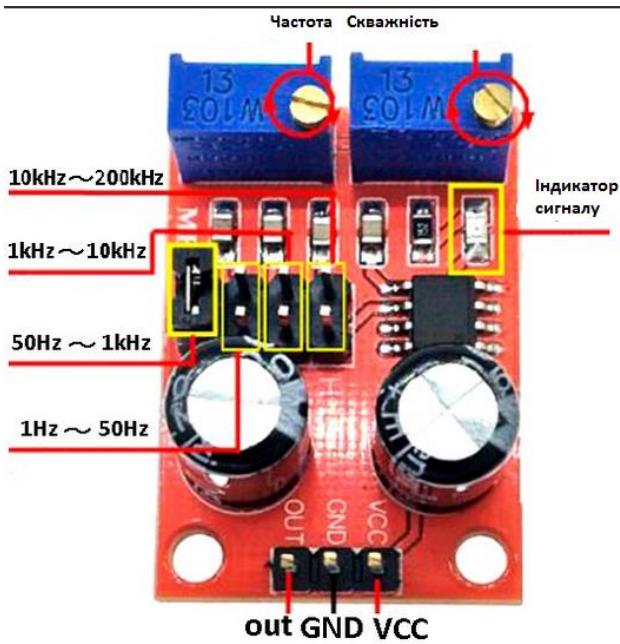


Рис. 2 – Загальний вигляд ГПФ на мікросхемі NE555 та її характеристики

Діапазон регулювання частоти вихідних імпульсів регулюється за допомогою перемички в чотирьох діапазонах: 1 Гц - 50 Гц / 50 Гц - 1 кГц / 1 кГц - 10 кГц / 10 кГц – 200 кГц.

Характеристики:

- форма імпульсів: прямокутна;
- регулювання частоти в діапазоні: 1 Гц - 200 кГц;
- регулювання шпаруватості (скважності): 50 - 100%;
- напруга живлення: 5 - 15 В постійного струму;
- вихідний струм: 100 мА;
- робоча температура: 0 - 70 ° С.

Приклад розробки генератора на мікросхемі NE555 в Multisim представлено на рис. 3. Після створення схеми потрібно вибрати резистори стандартного ряду.

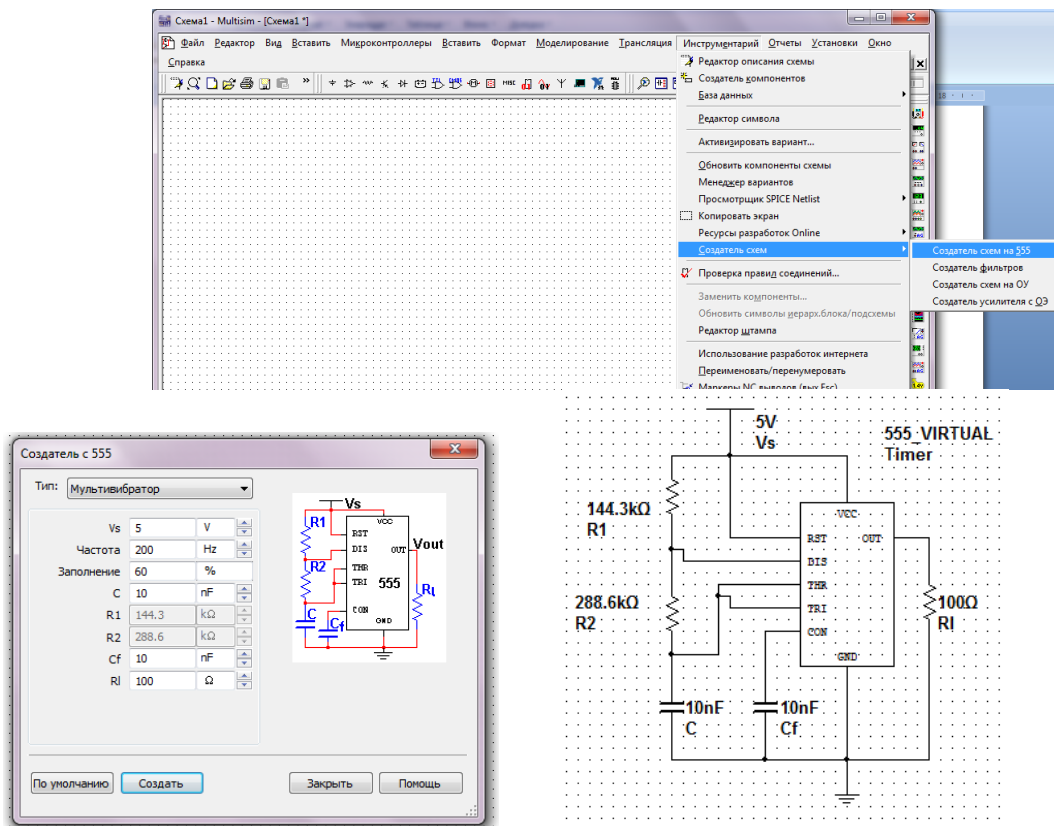


Рис. 3 – Приклад розробки генератора на мікросхемі NE555 в Multisim

5. Створіть генератор сигналів прямокутної форми на основі мікросхеми NE555 на частоту 120 Гц в Multisim.

6. Зробіть висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.3

Тема: *Дослідження однофазного мостового випрямляча із згладжувальним фільтром*

Мета роботи: ознайомлення із принципом роботи мостового випрямляча змінного струму із згладжувальним фільтром; дослідження осцилограми напруг і струмів у схемі мостового випрямляча та зовнішніх характеристик випрямляча при активному і ємнісному навантаженнях.

Прилади та інструменти: трансформатор, резистори, монтажна плата, з'єднувальні дроти, осцилограф SDS1022 (XSC1), мультиметр (PU1, PU2), універсальний вимірювальний прилад 4313 (PA1), програмний продукт NI Multisim.

1. Теоретичні відомості

Випрямляч призначений для перетворення змінної напруги (струму) в постійну. Функціональна схема випрямляча зображена на рис. 1. Позначення на схемі: Т - трансформатор, який узгоджує напругу на вході випрямляча з напругою мережі змінного струму; В - випрямляч, який перетворює змінну напругу в постійну; Ф - фільтр для згладжування пульсацій випрямленої напруги; Н - навантаження.

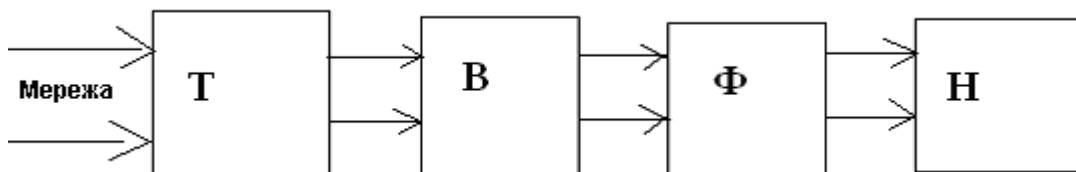


Рис. 1.- Функціональна схема випрямляча

Для одержання постійного струму в межах від десятків міліампер до одиниць ампер при напрузі від одиниць до сотень вольт найчастіше застосовують однофазні двопівперіодні схеми: двопівперіодну схему з виводом нульової точки трансформатора і мостову схему.

Схема випрямляча з виводом середньої точки трансформатора зображена на рис. 2. Катоди діодів VD1 і VD2 об'єднані, а аноди під'єднані до кінців вторинної обмотки трансформатора Т із виведеною нульовою точкою серединою вторинної обмотки трансформатора.

Розглянемо роботу схеми при активному навантаженні, ідеальних діодах і трансформаторі (спад напруги на відкритому діоді дорівнює нулю, діод не проводить струм при зворотній напрузі на ньому, індуктивні та активні опори трансформатора дорівнюють нулю).

При полярності змінної напруги, до діода VD1 прикладена пряма напруга (плюс на анод, мінус через опір R_n на катод). Діод VD1 проводить струм I_{a1} , який замикається через навантаження R_n і верхню напівобмотку трансформатора.

До діода VD2 при вказаній полярності змінної напруги прикладена зворотня напруга, тому діод VD2 закритий, і струм через нього не протікає.

У другий півперіод полярність напруги на обмотці трансформатора змінюється на протилежну. Тому відкритим буде діод VD2, а VD1- закритим. Отже, струм у навантаженні тече в одному напрямку протягом усього періоду.

Коли діод не пропускає струму, на його виводах діє зворотна напруга, максимальне значення якої досягає подвоєного значення амплітуди напруги, що знімається із вторинної напівобмотки.

Напруга на навантаженні при почерговому відкриванні діодів являє собою додатні півсинусоїди, тобто вона постійна за напрямком, але змінна за величиною. Пульсація напруги (тобто зміна напруги) вказує на присутність змінної складової в кривій випрямленої напруги.

Амплітудне значення напруги на навантаженні U_H дорівнює імплітудному значенню е.р.с. E_{2m} вторинної півобмотки трансформатора. і тому для постійної складової напруги (середнього значення) на навантаженні можна записати:

$$U_0 = 1/\pi \int_0^\pi E_{2m} \sin(\omega t) d\omega t = 2/\pi E_{2m} \approx 0.64 E_{2m} \quad (1)$$

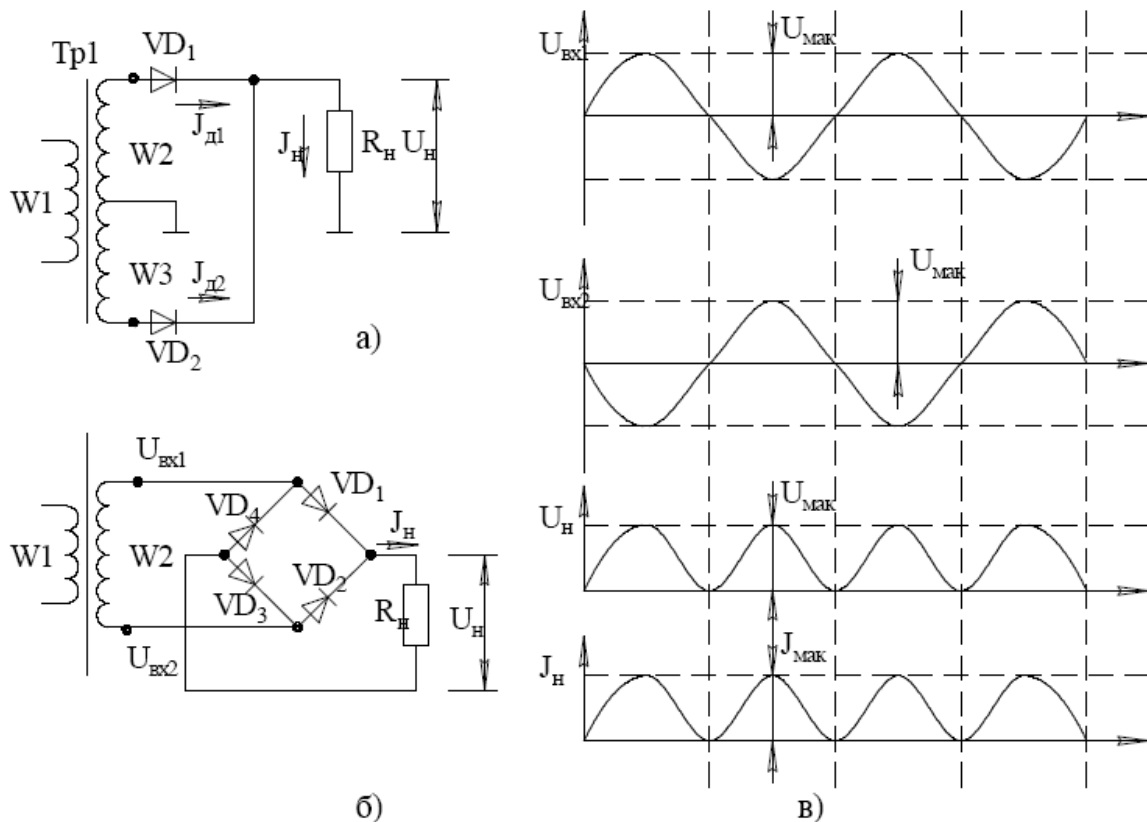


Рис. 2.- Схема однофазного двопівперіодного випрямляча з середньою точкою (а) і мостового (б) и його діаграма роботи (в).

Пульсація випрямленої напруги характеризується коефіцієнтом пульсації q , який дорівнює відношенню амплітуди основної гармоніки напруги пульсації $U_{н1m}$ середнього значення U_0 :

$$q = U_{н1m} / U_0. \quad (2)$$

Перша гармоніка випрямленої напруги, частота якої для однофазного двопівперіодного випрямляча в 2 рази вища від частоти мережі живлення, має найбільше значення порівняно з вищими гармоніками.

Із розкладу в ряд Фур'є кривої випрямленої напруги одержують в загальному вигляді формулу

$$q = 2/(m^2 - 1), \quad (3)$$

де m - кратність частоти змінної складової випрямленої напруги до частоти мережі, яка залежить від схеми випрямлення і називається *числом фаз випрямляча*.

Для даного випрямляча $m=2$, тоді $q=0.67$. Для вибору діодів випрямляча необхідно знати середнє значення I_0 струму через діод. Із часових діаграм видно, що

$$I_0 = I_0 / 2 = U_0 / (2R_n), \quad (4)$$

де I_0 - середнє значення струму в навантаженні.

До закритого діода VD1 (VD2) прикладена напруга двох вторинних півобмоток. одна з них під'єднана до анода діода, інша зв'язана з катодом через відкритий діод VD2 (VD1). Тому максимальна зворотна напруга на діоді з урахуванням (1) дорівнює:

$$U_{ze\max} = 2E_{2m} = 2\pi U_0. \quad (5)$$

На основі обчислених значень I_0 і $U_{зв\max}$ вибираються діоди. Активна потужність, яка виділяється в навантаженні:

$$P_n = U_0^2 / R_n. \quad (6)$$

Оскільки $U_0 = 2E_{2m}/\pi \approx 0.9E_2$, то

$$P_n = (0.9E_2)^2 / R_n = 0.81P_2, \quad (7)$$

де P_n - потужність у вторинній обмотці.

Отже, значна частина активної потужності передається в навантаження у вигляді змінної (невипрямленої) складової. Для усунення і зменшення) впливу цієї складової між випрямлячем і навантаженням вмикають фільтри.

Фільтри застосовуються для зменшення напруги пульсації на виході випрямляча. В даний час найбільш поширеними є: ємнісний фільтр, індуктивний фільтр і П-подібний фільтр.

Ємнісний фільтр складається з конденсатора, що підключається паралельно навантаженню. Для фільтру необхідно виконати умову:

$$X_C = \frac{1}{\omega c} \ll R_n ;$$

де ωc – опір ємності.

Індуктивним фільтром є дросель низької частоти, включений між випрямлячем і навантаженням. Для забезпечення великого коефіцієнта згладжування необхідно, щоб

$X_L = \omega L \gg R$. Індуктивність дроселя можна визначити по формулі:

$$L = q \frac{R_n}{2\pi \cdot f_1},$$

де q – коефіцієнт згладжування, f_1 – частота першої гармоніки.

Недоліком індуктивного фільтру є великі габарити і вага дроселя.

Г-подібний фільтр поєднує в собі властивості індуктивного і ємнісного фільтрів. Його можна розглядати як дільник напруги з частотно-залежним коефіцієнтом передачі. Для фільтру необхідно, щоб

$$\omega \cdot L \gg R_n \gg \frac{1}{\omega_1 c}.$$

Г-подібні фільтри застосовуються у випрямлячах великої і середньої потужності.

П-подібні фільтри застосовуються у випрямлячах з великим внутрішнім опором. Вони складні, дорогі, але забезпечують високий коефіцієнт згладжування.

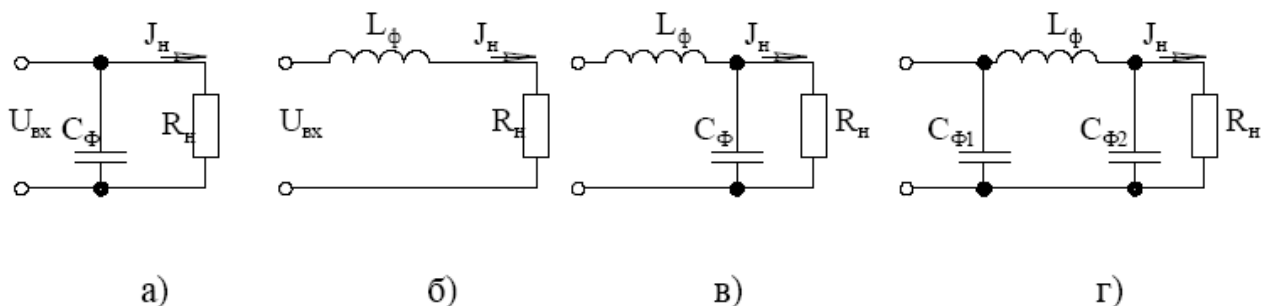


Рис. 3 - Варіанти згладжуючих фільтрів: ємнісного (а), індуктивного (б), Г- подібного (в), П- подібного(г).

2. Порядок виконання роботи

1) Накреслити схему для дослідження двопівперіодного випрямляча (рис.4.).

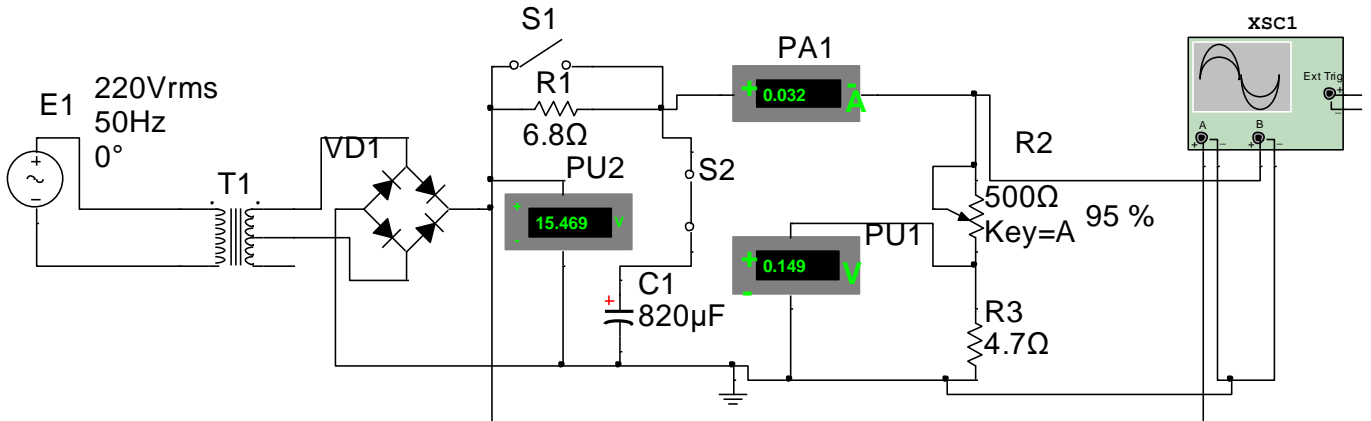


Рис.4.

2) Зняти зовнішні характеристики випрямляча $U_H = f(I_H)$ при:

- активному навантаженні;
- з С фільтром;
- з RC фільтром.

Струм навантаження PA1 регулювати за допомогою ручки "R₂" і його величину визначати шляхом вимірювання спаду напруги на шунті (R₃=4,7 Ом) PU1. Для під'єднання фільтрів використовують кнопки S1 і S2.

Результати експерименту записати у таблиці 1 -3.

Таблиця 1 - Випрямляч із активним навантаженням

I _H , мА									
U _H , В									

Таблиця 2 - Випрямляч із С фільтром

I _H , мА									
U _H , В									

Таблиця 3 - Випрямляч із RC фільтром

I _H , мА									
U _H , В									

3) Зняття осцилограм у контрольних точках випрямляча.

Встановити максимальний струм навантаження, повернувши ручку R₂ у крайнє праве положення. Користуючись входами осцилографа Y1 і Y3, зняти

осцилограми в контрольних точках схеми $XI - X4$ для випрямлячів з активним навантаженням та при наявності фільтрів.

4) Користуючись таблицями 1-3, побудувати зовнішні характеристики двохпівперіодного випрямляча з активним навантаженням, з C фільтром та RC фільтром.

5) Зробіть висновки.

Контрольні запитання

1. Накреслити принципові схеми однофазного, двофазного і мостового випрямлячів.

2. За якими співвідношеннями розраховують діючі й середні значення несинусоїдальних струмів і напруг?

3. Зобразити часові діаграми в контрольних точках однофазних випрямлячів.

4. Пояснити роботу схем випрямлення однофазного струму при активному навантаженні:

а) схеми з виводом нульової точки трансформатора;

б) мостової схеми.

5. Пояснити роботу схеми з виводом нульової точки трансформатора.

6. Пояснити суть методу розрахунку випрямляча. Який порядок його розрахунку?

7. Пояснити вигляд зовнішніх характеристик випрямляча:

а) при роботі на чисто активне навантаження;

б) при наявності C -фільтра;

в) при наявності RC -фільтра.

8. Пояснити принцип дії згладжувального фільтра.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.4

Тема роботи: *Дослідження логічних схем та функцій.*

Мета роботи: дослідження логічних схем; реалізація логічних функцій з допомогою логічних елементів.

Прилади та інструменти: мікросхеми - К555ЛН1 (7408), К555ЛН1 (7404), К555ЛА3 (7400), К555ЛЛ1 (7432), світлодіоди АЛ 307Б (VD1, VD2, VD3), стенд К2248 (джерело живлення [XFG1]), резистори 100 Ом включати послідовно з світлодіодами, макетниця, з'єднувальні дроти, вольтметр (PU) – мультиметр.

1 Теоретичні відомості

1.1 Класифікація мікросхем

Інтегральна мікросхема (ІМС) – це конструктивно закінчений електронний виріб в мініатюрного виконання з високою щільністю розміщення електрично сполучених елементів, компонентів і (або) кристалів, що здійснює формування, посилення, перетворення, обробку сигналів. Кристал і компоненти ІМС, як правило, поміщені в загальний корпус – наприклад, металоскляний, скляний, пластмасовий, керамічний. Існують різновиди герметизованих компаундом і безкорпусних ІМС.

Безкорпусні ІМС зазвичай застосовуються в апаратурі з високою щільністю монтажу.

Елемент ІМС – це частина мікросхеми, що реалізовує функцію якої-небудь деталі, радіоелементу, яка виконана нероздільно від кристала або підкладки і не може бути виділена

як самостійний виріб. Компонент ІМС – це частина мікросхеми, що реалізовує функції якої-небудь деталі, радіоелементу, яка може бути виділена як самостійний виріб.

Напівпровідникова ІМС – це мікросхема, всі елементи і внутрішні з'єднання якої виконані в об'ємі і на поверхні напівпровідникової пластинки.

Плівкова ІМС – це мікросхема, всі елементи і внутрішні з'єднання якої виконані у вигляді плівок. Розрізняються товстоплівкові і тонкоплівкові ІМС.

Товстоплівкова ІМС – це мікросхема, в якій всі пасивні елементи, провідники і контактні майданчики виконані за товстоплівковою технологією на діелектричній підставі, тобто підкладці. Товстоплівкова технологія – це впаювання резистивних, провідних і діелектричних паст в підкладку. Товщина плівок від 1...2 до 10 ... 25 мікрон.

Тонкоплівкова ІМС – це мікросхема, в якій всі пасивні елементи (провідники і контактні майданчики) виконані методом тонко плівкової технології на поверхні загальної діелектричної підкладки. Тонкоплівкова технологія – напилення тонких плівок у вакуумі.

Гібридна інтегральна мікросхема (ГІС) – це мікросхема, в якій окрім тонкоплівкових елементів (провідників і контактних майданчиків на діелектричній підкладці) розташовані навісні, безкорпусні дискретні елементи – транзистори, діоди, резистори, конденсатори, котушки індуктивності.

Аналогова ІМС – це мікросхема, що застосовується для посилення, перетворення і обробки сигналів, що змінюються за законом безперервної функції.

Цифрова ІМС – це мікросхема, що застосовується для перетворення і обробки сигналів, що змінюються за законом дискретної функції. Полярність вихідного сигналу цифрової мікросхеми з одним джерелом живлення співпадає з полярністю останнього щодо “загального” дроту. На виходах деяких цифрових мікросхем, що живляться від двох джерел з різнополярним (двох полярним) живленням, можна отримати напругу різної полярності; вихідна напруга мікросхеми залежить від полярності або (і) значення вхідного сигналу. Цифрові мікросхеми широко застосовують в пристроях дискретної автоматики.

Мікроборка – це мініатюрний виріб, що входить до складу серії ІМС що відрізняється тим, що його компоненти (наприклад, транзистори, діоди, резистори) мають самостійні зовнішні виводи, що дозволяє кожен з виводів використовувати роздільно.

Кристал ІМС – це частина напівпровідникової пластини, що виготовляється зазвичай з монокристалічного кремнію, в об'ємі і на поверхні якої створені елементи напівпровідникової мікросхеми, з'єднання елементів і контактні майданчики.

Корпус ІМС – це частина конструкції мікросхеми, призначена для її захисту від зовнішніх (волога, випромінювання) дій, для з'єднання виводами із зовнішніми ланцюгами і, якщо елементом корпусу є радіатор, – від перегріву.

Ступінь інтеграції ІМС – це показник складності мікросхеми, визначуваний числом елементів, що містяться в ній, і компонентів (вхідних в неї транзисторів, діодів, резисторів). Ступінь інтеграції мікросхеми визначається по формулі $K = \lg N$, де K – коефіцієнт, що визначає ступінь інтеграції, округляється до найближчого великого цілого числа; N – число вхідних в мікросхему елементів і компонентів.

ІМС, що містить до 10 елементів, – це ІМС першого ступеня інтеграції;

що містить від 11 до 100 елементів – це ІМС другого ступеня інтеграції;

що містить від 101 до 1000 елементів – це ІМС третього ступеня інтеграції і так далі.

Разом з тим використовуються інші позначення. ІМС, що містить більше 150 .200 елементів, називається “Великою інтегральною схемою” (ВІС), а що містить більше 1000 елементів, – “надвеликою інтегральною схемою” (НВІС).

Серія ІМС – це сукупність типів мікросхем, які можуть виконувати різні функції, що мають однакове конструктивне і технологічне виконання і призначених для сумісного використання.

1.2 Основні закони алгебри логіки

1. Комутативний закон: $a \cdot b = b \cdot a$; $a + b = b + a$.
2. Асоціативний (сполучний) закон: $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c = a \cdot b \cdot c$;
 $a + (b + c) = (a + b) + c = a + b + c$.
3. Дистрибутивний (розподільний) закон: $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$;
 $a + b \cdot c = (a + b) \cdot (a + c) = a \cdot a + a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c = a + a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c = a \cdot (1 + b + c) + b \cdot c = a + b \cdot c$.
4. Закон поглинання: $a + ab = a \cdot (1 + b) = a$; $a \cdot (a + b) = a$.
5. Закон склеювання: $a \cdot b + a \cdot \bar{b} = a$; $(a + b) \cdot (a + \bar{b}) = a$.
6. Закон де Моргана (інверсії):
 $\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$ - інверсія диз'юнкції є кон'юнкцією інверсій;
 $\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$ - інверсія кон'юнкції є диз'юнкцією інверсій.
7. Закон подвійної інверсії: $\overline{\bar{a}} = a$.
8. Правило множення на 1 та 0: $a \cdot 1 = a$; $a \cdot a = a$; $a \cdot 0 = 0$.
9. Правило складання з 1 та 0: $a + 1 = 1$; $a + a = a$; $a + 0 = a$.
10. Закон протиріччя: $a \cdot \bar{a} = 0$.
11. Закон виключення третього: $a + \bar{a} = 1$. 12. Сталі (const): $\bar{1} = 0$; $\bar{0} = 1$.

1.3 Основні логічні функції

Елементною базою цифрової техніки є логічні елементи, які компонуються разом із запам'ятовувальними пристроями.

Логічні елементи — це електронні схеми, що відтворюють логічні функції і оперують логічними величинами, які приймають тільки два значення: логічну одиницю та логічний нуль. Найпоширенішими є елементи потенційного типу, в яких логічній одиниці відповідає рівень високого потенціалу (додатного чи від'ємного) або напруги, а логічному нулю — низький рівень.

Логічні елементи виконують логічні операції, внаслідок чого вхідна інформація перетворюється за відповідними логічними правилами у вихідну. Ці правила описуються таблицями істинності для кожної логічної операції, які формуються на основі алгебри логіки.

Основними є такі логічні функції:

НЕ — логічне заперечення (інверсія). ;

АБО — логічне додавання (диз'юнкція). ;

І — логічне множення (кон'юнкція).

Ці логічні функції реалізуються відповідними логічними елементами з аналогічними назвами. Елементною базою логічних пристроїв є напівпровідникові діоди чи біполярні транзистори, які утворюють схеми транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ). Найпростіші схемні реалізації вказаних логічних елементів зображено рис. 1.

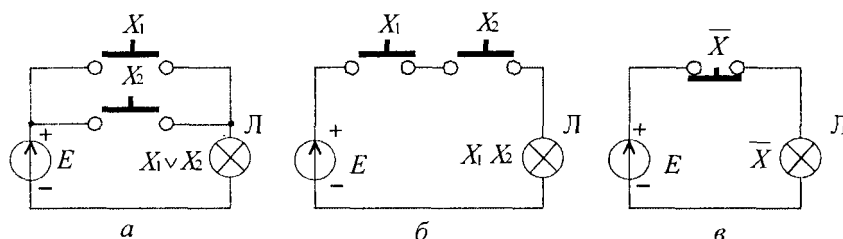


Рис. 1. —Інтерпритація основних булевих функцій:

а) – АБО; б) – І; в) - НЕ

Логічний елемент НЕ виконано з використанням транзисторного ключа (рис.2). Величина напруги живлення $+U$ має значення, що відповідає логічній одиниці. Якщо сигнал на вході транзистора $U_{вх}$ за величиною дорівнює логічній одиниці, то транзистор відкритий і вихідна напруга дорівнює $U_{ке\text{ нас}}$, яка за величиною відповідає логічному нулю. І, навпаки, якщо на вході транзистора сигнал дорівнює логічному нулю, то транзистор закритий і вихідна напруга $U_{вих} = +U$, що відповідає логічній одиниці. Таким чином, логічна величина на виході завжди буде протилежною до логічної величини на вході.

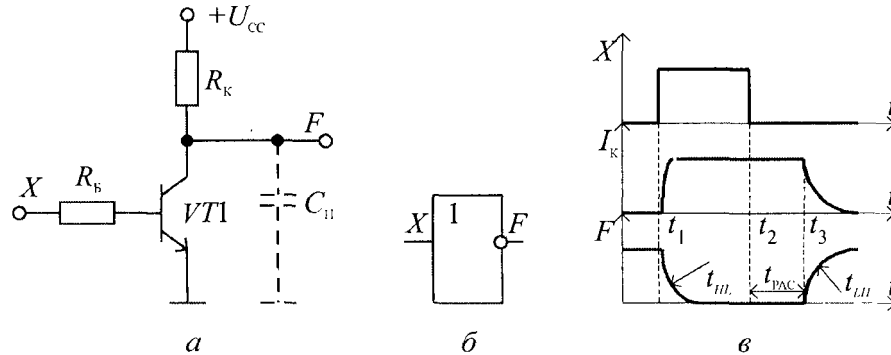


Рис. 2. – Елемент НЕ:

а) – схема; б) – умовне позначення; в) – часова діаграма

Логічний елемент АБО реалізовано схемою (рис.3) з діодами VD1 і VD2. Напруга на виході такої схеми дорівнюватиме логічній одиниці, якщо хоча б на один із входів подано додатну напругу («+» до анода діода), величина якої дорівнює логічній одиниці.

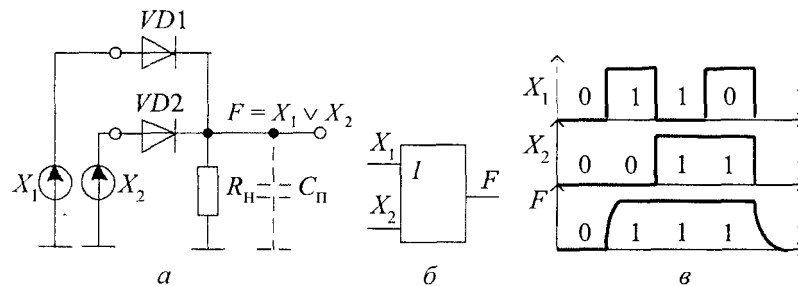


Рис. 3. – Елемент АБО:

а) – схема; б) – умовне позначення; в) – часова діаграма

Логічний елемент І теж реалізовано схемою з використанням напівпровідникових діодів (табл. 1), в якій накладена умова, що $R_1 \gg R_2$. Напруга на виході елемента R_1 матиме значення $U_{вих} = +U$ тільки тоді, коли всі діоди будуть закриті, тобто на всі входи буде подано сигнал, що відповідає логічній одиниці.

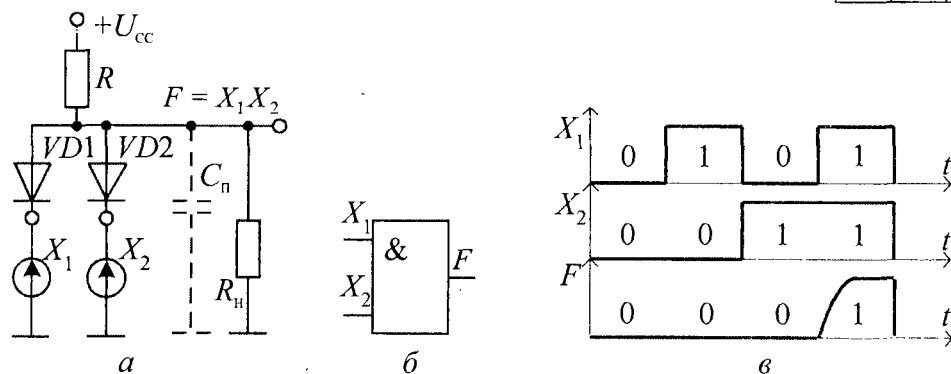


Рис. 3. – Елемент І:

а) – схема; б) – умовне позначення; в) – часова діаграма

На практиці рідко використовуються логічні елементи, що реалізують тільки одну логічну операцію. В основному логічні елементи реалізують складні логічні функції.

Таблиця 1 -Основні логічні функції.

Вхідні змінні		НЕ (інвертор): $Y = \bar{X}$	Буферний елемент: $Y = X$	Диз'юнкція, АБО: $Y = X_1 \vee X_2 = X_1 + X_2$	Кон'юнкція, І: $Y = X_1 X_2 = X_1 \wedge X_2$	Штрих Шефера, І-НЕ: $Y = \overline{X_1 X_2} = X_1 / X_2$	Стрілка Пірса, АБО-НЕ: $Y = \overline{X_1 \vee X_2} = X_1 \downarrow X_2$	Вийняткове АБО: $Y = X_1 \oplus X_2 = X_1 \bar{X}_2 \vee \bar{X}_1 X_2$
0	0	X Y 0 1	X Y 0 0	0	0	1	1	0
0	1	X Y 0 1	X Y 0 0	1	0	1	0	1
1	0	X Y 1 0	X Y 1 1	1	0	1	0	1
1	1			1	1	0	1	0
Умове позначення (Європа)								
Умове позначення (ANSI)								

Порядок виконання роботи.

1 Дослідження логічної функції “І”.

1. Зберіть схему, зображену на рис. 4. У цій схемі два двохпозиційних перемикачі “S1” та “S2” подають на входи логічної схеми “І” рівень “0” (контакт перемикача в нижньому положенні) або “1” (контакт перемикача у верхньому положенні).
2. Увімкніть схему.
3. Подайте на входи схеми всі можливі комбінації рівнів сигналу “X1” та “X2” та для кожної комбінації зафіксуйте рівень вихідного сигналу “Y”. Заповніть таблицю істинності логічної схеми “І” (табл. 2).
4. Зробіть висновки.

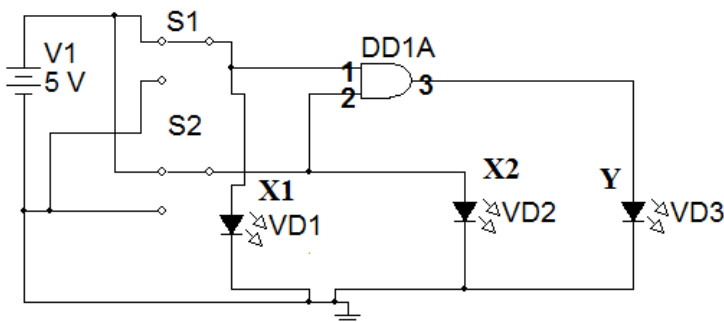


Табл. 2 – Таблиця істинності логічної схеми “І”

X1	X2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Рис. 4 – Схема дослідження ЛЕ «І» (7408)

2 Дослідження логічної функції “І-НЕ”

2.1 Експериментальне одержання таблиці істинності логічного елемента “І-НЕ”, складеного з елементів “І” та “НЕ”

1. Зберіть схему, зображену на рис. 5.

2. Увімкніть схему.

3. Подайте на входи схеми усі можливі комбінації вхідних сигналів, та, спостерігаючи за рівнями сигналів на входах і виході за допомогою логічних пробників, складіть таблицю істинності логічної схеми «І-НЕ»(табл. 3) .

2.2 Експериментальне одержання таблиці істинності логічного елемента «І-НЕ»

1. Зберіть схему, зображену на рис. 6.

2. Увімкніть схему.

3. Подайте на входи схеми усі можливі комбінації вхідних сигналів, та, спостерігаючи за рівнями сигналів на входах і виході за допомогою логічних пробників, складіть таблицю істинності логічної схеми «І-НЕ»(табл. 3).

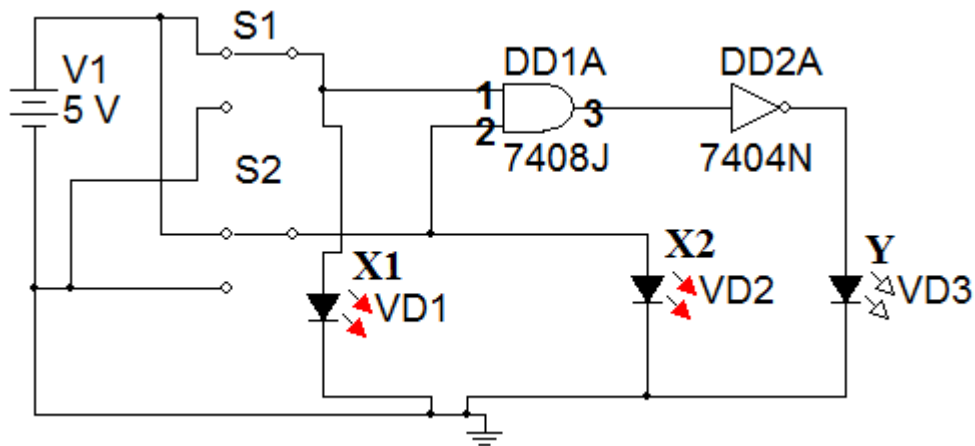


Рис. 5 – Схема дослідження ЛЕ «І-НІ»складеного з елементів «І» та «НЕ»

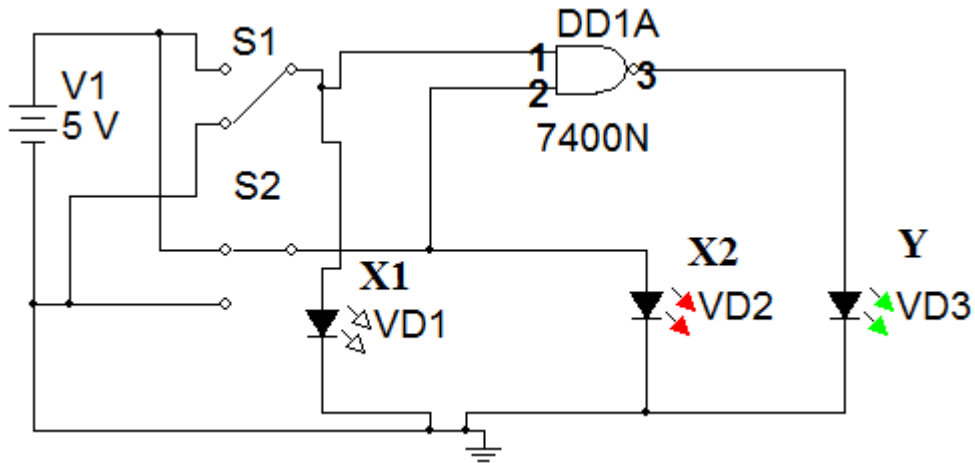


Рис. 6 – Схема дослідження ЛЕ «І-НЕ»

Табл. 3 – Таблиця істинності логічної схеми « І-НЕ »

X1	X2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

3 Дослідження логічної функції «АБО»

1. Зберіть схему, зображену на рис. 7.
2. Увімкніть схему.

3. Подайте на входи схеми усі можливі комбінації вхідних сигналів, та, спостерігаючи за рівнями сигналів на входах і виході за допомогою логічних пробників, складіть таблицю істинності логічної схеми «АБО».

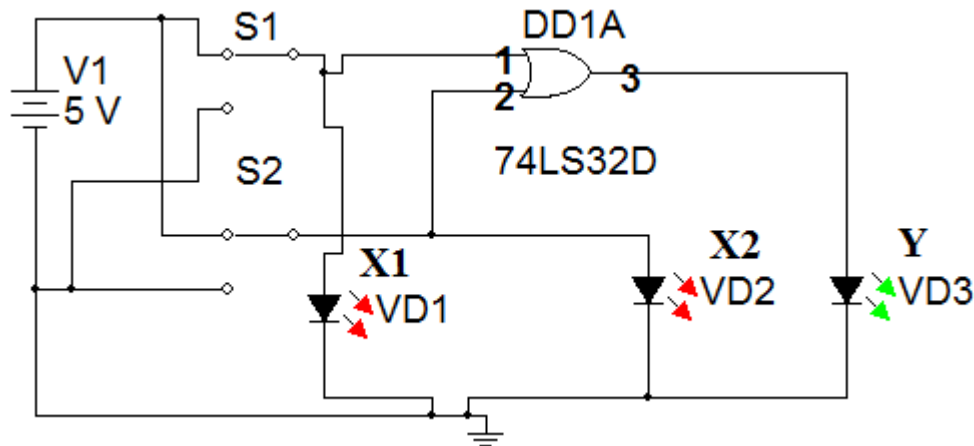


Рис. 7 – Схема дослідження ЛЕ «АБО»

Табл. 4 – Таблиця істинності логічної схеми «АБО»

X1	X2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Контрольні питання.

1. Що таке логічна змінна та логічний сигнал? Яких значень вони можуть набувати?

2. Що таке логічна функція?

3. Чи може бути логічним сигналом рівень напруги?

4. Як буде вести себе логічна схема «І», якщо на одному з входів внаслідок внутрішньої несправності буде постійно присутня логічна одиниця? Логічний нуль? Складіть таблицю істинності для несправного логічного елемента «І». Визначте поведінку логічної схеми «І-НЕ» за тих же умов.

5. Як буде вести себе логічна схема «АБО», якщо на одному з входів внаслідок внутрішньої несправності буде постійно присутня:

- логічна одиниця;
- логічний нуль.

Складіть таблицю істинності для несправного логічного елемента «АБО». Визначте поведінку логічної схеми «АБО-НЕ» за тих же умов.

6. Які логічні операції виконують мікросхеми типу 'І' 'АБО' 'НЕ'? Наведіть таблицю істинності та умовні позначення елементів, що реалізують ці операції.

7. Який елемент є базовим для мікросхем серії К155 ?

8. Зарисуйте принципову схему на транзисторах базового елемента серії К155.

9. Які системи логічних елементів називають функціонально повними ? Наведіть приклади функціонально повних систем з мінімальною кількістю елементів.

10. Яка схема і який принцип дії базового елемента мікросхеми серії К155?

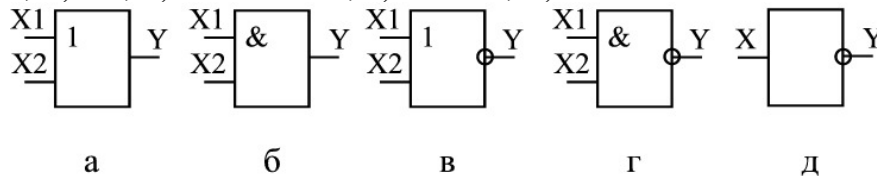
11. Побудуйте за допомогою простих логічних елементів схему реалізації логічної операції 'АБО-І-НЕ' $Y = \overline{(X1 \vee X2 \vee X3)} X4$.

12. Умовні позначення логічних елементів на рисунку наведені в наступному порядку:

1) а) – І, б) – АБО, в) – І-НЕ, г) – АБО-НЕ, д) – НЕ;

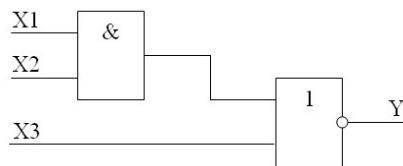
2) а) – І, б) – АБО, в) – НЕ, г) – І-НЕ, д) – АБО-НЕ;

3) а) – АБО, б) – І, в) – АБО-НЕ, г) – І-НЕ, д) – НЕ.



13. Схема реалізації якої логічної функції представлена на рисунку:

а) $Y = (X1 \cdot X2) \vee X3$; б) $Y = (X1 \vee X2) \cdot X3$; в) $Y = (X1 \cdot X2) \vee X3$.



Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Прилади та матеріали.
4. Порядок роботи (згідно завдання викладача). Необхідні схеми й заповнені таблиці та розрахунки.
5. Висновки.
6. Відповіді на контрольні питання викладача.

Список використаних джерел

1. Бабич М.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: Навчальний посібник.- К.:МК-Прес, 2004.-412с
2. By Tony R. Kuphaldt. Lessons In Electric Circuits, Volume III – Semiconductors . Fourth Edition, last update October 31, 2005.
3. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікро схемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.:Каравела, 2004.- 432с.
4. Промислова електроніка і мікросхемотехніка: Лабораторний практикум (для студентів, які навчаються за напрямками „Електромеханіка” та „Електротехніка”) /Уклад. А.Г. Сосков, Ю.П. Колонтаєвський, О.Ф. Білоусов – Харків: ХНАМГ, 2007. – 153 с.
5. Схемотехніка електронних систем. Цифрова схемотехніка. Підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я Жуйкою та ін.-К.:Вища школа, 2004.-423с.
6. Скаржепа В.А., Луценко А.Н. Электроника и микросхемотехника. - В 2т. - К.: Выща школа, 1989.
7. Internet : <http://www.intsyseurope.fr/ElectronicsWorkbench/facts.html>.
8. Шабатура Ю.В., Присяжнюк В.В. Використання комп'ютерів у дослідженні електронних систем - Вінниця: ВДТУ, 2000.- 107с.