

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра «Обчислювальна техніка та програмування»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з навчальної дисципліни

«Комп'ютерна електроніка»

для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями

6.050102-01 «Комп'ютерні системи та мережі»

6.050102-02 «Системне програмування»

6.050102-03 «Спеціалізовані комп'ютерні системи»

Затверджено

Редакційно-видавничою

Радою університету

Протокол №2 від 24.12.2014 р.

Харків 2014

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Комп'ютерна електроніка» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями 6.050102-01 «Комп'ютерні системи та мережі», 6.050102-02 «Системне програмування», 6.050102-03 «Спеціалізовані комп'ютерні системи» / Уклад.: Скородєлов В.В., Даниленко О.Ф., Гейко Г.В. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – 47 с.

Укладачі: Скородєлов В.В., Даниленко О.Ф., Гейко Г.В.

Рецензент В.І. Калашніков

Кафедра «Обчислювальна техніка та програмування»

Викладена методика виконання лабораторних робіт, метою яких є: знайомство з принципами роботи основних елементів і базових вузлів аналогових пристроїв ЕОМ; дослідження роботи їх в статичних і динамічних режимах; відпрацьовування практичних навиків для їхнього інженерного проектування і наладки. Методика розрахована як на застосування універсальних стендів-конструкторів, так і на комп'ютерне моделювання.

Методичні вказівки підготовлені на кафедрі «Обчислювальна техніка та програмування» і можуть бути використані для підготовки дипломованих фахівців за напрямком 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» по спеціальностях 6.050102-01 «Комп'ютерні системи та мережі», 6.050102-02 «Системне програмування», 6.050102-03 «Спеціалізовані комп'ютерні системи».

Скородєлов В.В., Даниленко О. Ф., Гейко Г.В.©

НТУ «ХПІ», 2014®

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Лабораторна робота №1 - Пасивні RC-фільтри. Частина 1.....	5
2. Лабораторна робота №2 - Пасивні RC-фільтри. Частина 2.....	7
3. Лабораторна робота №3 - Проходження імпульсів через інтегруючі та диференціюючі ланцюги.....	9
4. Лабораторна робота №4 – Діоди.....	12
5. Лабораторна робота №5 - Параметричні стабілізатори напруги.....	17
6. Лабораторна робота №6 - Дослідження роботи транзисторних підсилювачів в статичному режимі.....	20
7. Лабораторна робота №7 - Транзисторні підсилювачі (динамічний режим роботи).....	25
8. Лабораторна робота №8 - Операційні підсилювачі.....	28
9. Лабораторна робота №9 - Суматори на операційних підсилювачах.....	33
10. Лабораторна робота №10 - Інтегратор і диференціатор.....	37
11.Лабораторна робота №11 - Функціональні пристрої на операційних підсилювачах.....	40
Список літератури.....	44
Додаток А Аналогові мікросхеми в пакеті EWB (Multisim) та їх аналоги.....	46

ВСТУП

Методичні вказівки враховують можливість виконання лабораторних робіт як на універсальних стендах–конструкторах з набором дискретних елементів і мікросхем а також змінних модулів, так і з використанням пакетів комп'ютерного моделювання та аналізу електронних пристроїв Electronics Workbench або Multisim (можливо застосування і інших програмних продуктів моделювання схем).

При проведенні лабораторних робіт слід керуватися наступними положеннями:

- 1) лабораторні заняття проводяться фронтально у всій групі, об'єм завдань визначає викладач;
- 2) до кожної лабораторної роботи необхідна самостійна підготовка, що включає вивчення теоретичного матеріалу та виконання необхідних проектних робіт, теоретичний аналіз розроблених схем, побудова часових діаграм;
- 3) в ході виконання лабораторної роботи студенти повинні зібрати на універсальному стенді-конструкторі або у пакеті моделювання схему і виконати її дослідження;
- 4) по кожній лабораторній роботі складається звіт, що включає: тему і мету роботи, індивідуальне завдання, результати досліджень з поясненнями, висновки по всім досліддам;
- 5) всі розроблені схеми та результати досліджень, що створювались в пакеті Electronics Workbench або інших пакетах, необхідно представити викладачеві для демонстрації працездатності схеми або пристрою, що моделюється.

При здачі звіту про виконання лабораторної роботи, студенти повинні бути готові відповісти на контрольні запитання, які знаходяться в методичних вказівках, і на додаткові запитання за матеріалом, що вивчається.

1. Лабораторна робота №1

Тема: «Пасивні RC-фільтри. Частина 1»

Мета роботи: Придбати мінімально необхідні навички роботи з пакетом EWB 5.12 (Multisim). Дослідити схеми пасивних RC-фільтрів у частотній і часовій області. Типи фільтрів: ФНЧ – фільтр низьких частот, ФВЧ – фільтр високих частот.

Дослід 1 – Дослідження ФНЧ

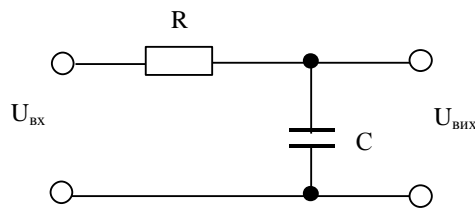


Рисунок 1

$$K_{n(\text{затухання})} = \frac{R}{Z_{\text{повн}}} = \frac{X_c}{Z_{\text{повн}}}$$

$$Z_{\text{повн}} = \frac{Z_{\text{внутр}}}{C} (\text{Ом}) \quad (1)$$

$$U_{\text{вих}} = K_n \cdot U_{\text{вх}} (B) \quad (2)$$

$$K_n = 3(\text{Дб})$$

f_{zp} – гранична частота на рівні $0,707 \cdot U_{\text{вих}}$, знаходиться з виразу:

$$f_{zp} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$

Завдання 1:

1.1. Визначити АЧХ и ФЧХ при:

$$f_{\text{вх}} = 1\text{кГц} + f_i \cdot N_i \quad (4)$$

де $f_i = 1\text{кГц}$; N_i – номер варіанту;

$$R = 1\text{кОм} + R_i \cdot N_i (\text{кОм}),$$

де $R_i = 1\text{кОм}$ или $C = 0,01\text{мкФ} + C_i \cdot N_i$, де $C_i = 0,01\text{мкФ}$; $U_{\text{вх}} = 12\text{В}$.

1.2. Дослідити залежність АЧХ і ФЧХ, а також f_{zp} від параметрів R і C.

1.3. Порівняти з розрахунками.

1.4. В звіті привести сімейство АЧХ і описати.

Завдання 2:

2.1. Дослідити форму сигналів на виході ФНЧ (рис.2) при подачі на його вхід: прямокутного, пилообразного і синусоїдального сигналу при різних постійних часу.

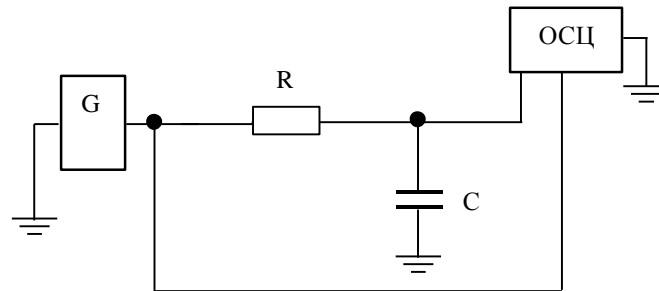


Рисунок 2

Дослід 2 – Дослідження ФВЧ

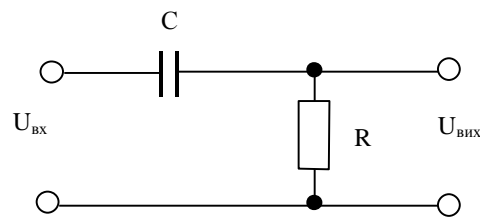


Рисунок 3

$$K = \frac{R}{Z_{повн}}, \quad f_{гр} = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Виконати завдання 1, 2 з дослідів 1.

Контрольні питання.

1. Для чого використовується ФНЧ, зобразіть його АЧХ, ФЧХ.
2. Як впливає кількість ланок ФНЧ на його граничну частоту?
3. Як впливає кількість ланок ФВЧ на его АЧХ?
4. Як зміниться форма напруги на виході ФНЧ, якщо змінити R і C?
5. Яка буде форма сигналу на виході ФНЧ, якщо на вхід фільтра подавати сигнали синусоїдальної і прямокутної форми?
6. Як по АЧХ знайти граничну частоту?

2. Лабораторна робота №2

Тема: «Пасивні RC-фільтри. Частина 2»

Мета роботи: Придбати мінімально необхідні навички роботи з пакетом EWB 5.12 (Multisim). Дослідити схеми пасивних RC-фільтрів в частотній і часовій області.

Типи фільтрів: смуговий фільтр, багатокаскадні RC-фільтри.

Дослід 1 – Дослідження смугових фільтрів

Завдання 1:

- 1.1. З'єднати послідовно ФНЧ і ФВЧ (спробувати поміняти їх місцями)
- 1.2. Визначити АЧХ і ФЧХ такого з'єднання (у одному і в іншому випадках).
- 1.3. Змінюючи параметри спочатку ФНЧ, а потім ФВЧ, дослідити зміну форми АЧХ.

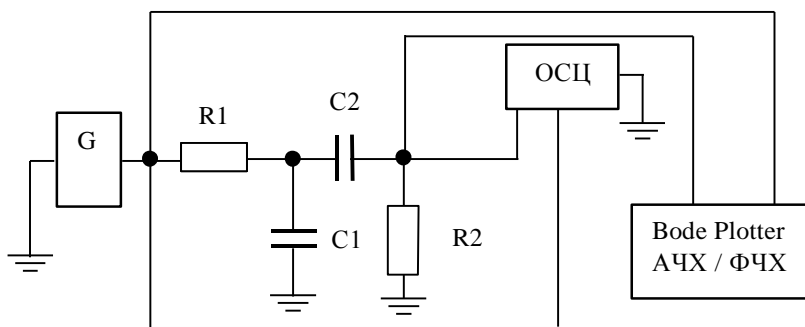


Рисунок 1

Завдання 2:

- 2.1. Зібрати схему смугового фільтру (рис.1)

R1 – вхідний опір, R2 – вихідний опір

$$f_n = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 \cdot (R_1 + R_2)}, \text{ (Гц)}$$

$$f_{\phi} = \frac{R_1 + R_2}{2\pi \cdot C_1 \cdot R_1 \cdot R_2}, \text{ (Гц)}$$

$$C_1 = \frac{R_1 + R_2}{2\pi \cdot f_{\phi} \cdot R_1 \cdot R_2}, \text{ (Ом)}$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot f_n \cdot R_1 \cdot R_2}, \text{ (Ом)}$$

- 2.2. Визначити C1 і C2 при:

$$f_n = 1\kappa\Gamma\mathcal{U} + f_{ni} + f_{\epsilon} = 5\kappa\Gamma\mathcal{U} + f_{\epsilon i},$$

$$\text{де } f_{ni} = f_{\epsilon i} = 1\kappa\Gamma\mathcal{U}.$$

2.3. Дослідити залежність форми АЧХ від зміни параметрів і при $R_1 = R_2$, $U_{\text{ex}} = 12 \text{ В}$.

Дослід 2 – Дослідження багатокаскадних RC – фільтрів

Завдання 1:

1.1. З'єднати послідовно два RC-фільтри НЧ, досліджених в досліді 1 і визначити їх АЧХ.

1.2 Порівняти з АЧХ одиночного фільтру НЧ і зробити відповідні висновки: $f_{\text{зр}} = f_{\text{зрi}} / n$, де n – кількість ФНЧ з однаковими $f_{\text{зр}}$.

1.3. З'єднати послідовно два RC – фільтру ВЧ, досліджених в досліді 1 і визначити їх АЧХ.

1.4. Порівняти з АЧХ одиночного фільтру ВЧ і зробити відповідні висновки.

Завдання 2:

2.1. Дослідити форму сигналів на виході ланцюжка ФНЧ, отриманого в завданні 1, при подачі на його вхід прямокутних і пилоподібних імпульсів.

2.2. Дослідити форму сигналів на виході ланцюжка ФВЧ, отриманого в завданні 2, при подачі на її вхід прямокутних і пилоподібних імпульсів.

Контрольні питання

1. Приведіть схему смугового фільтру, його АЧХ.
2. Для чого призначений ФВЧ, приведіть його АЧХ, ФЧХ.
3. Яка буде форма сигналу на виході ФВЧ, якщо на вхід фільтру подавати сигнали синусоїдальної і прямокутної форми?
4. Приведіть схему смугового фільтру, його АЧХ.
5. Приведіть схему ПЗФ, його АЧХ.
6. Що таке смуга пропускання фільтру, як її знайти.

3. Лабораторна робота № 3

Тема: «Проходження імпульсів через інтегруючі і диференціюючі ланцюги»

Мета роботи: Вивчити особливості проходження прямокутних імпульсів через інтегруючі і диференціюючі ланцюжки з різними постійними часу.

Дослід – Дослідження інтегруючих ланцюгів. Визначення постійної часу.

1.1 Зібрати в EWB 5.12 схему, показану на рис.1.

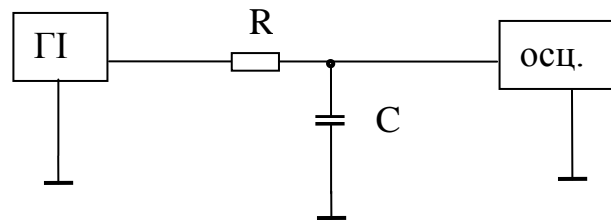


Рисунок 1

1.2. Отримати осцилограми вхідної і вихідної напруги.

1.3. Розрахувати постійні часу (τ) двох інтегруючих ланцюгів зручним у кожному конкретному випадку способом.

1.4. Перевірити результати аналітично: $\tau = RC$.

1.5. У звіті привести осцилограми $U_{вх}$, $U_{вих}$ і розрахунки для визначення τ .

Дослід 2 – Дослідження диференціюючих ланцюгів. Визначення постійної часу.

2.1. Зібрати в EWB 5.12 схему, показану на рис.2.

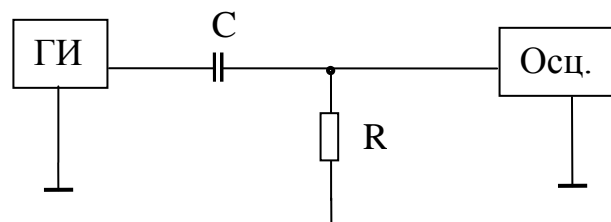


Рисунок 2

2.2. Отримати осцилограми вхідної і вихідної напруги.

2.3. Розрахувати постійні часи двох диференціюючих ланцюгів зручним у кожному конкретному випадку способом.

2.4. Перевірити результати аналітично: $\tau = RC$

2.5 У звіті привести осцилограми $U_{вх}$, $U_{вих}$ і розрахунки для визначення τ .

Практичні рекомендації

Для виміру постійної часу τ інтегруючого і диференціюючого ланцюжків можна використовувати наступні способи:

1. Графічний.

Провести дотичну з точки В (рис.3,а і рис.4,а):

- для інтегруючого ланцюжка - до пересічення з рівнем вхідного сигналу А;
- для диференціюючого - до пересічення з віссю часу.

Відрізок CD в обох випадках буде рівний τ - постійною часу ланцюга.

2. Розрахунок з використанням властивостей подібних трикутників.

Провести дотичну з точки С (рис.3,б і рис.4,б):

$$CD = t_i, \quad BC = A, \quad \tau = BF; \quad \frac{CD}{BF} = \frac{DE}{BC}, \quad \tau = \frac{CD \times BC}{DE}, \quad \tau = \frac{t_i \times A}{DE}$$

Параметри елементів схем

1. Параметри генератора імпульсів:

- Встановити на задаючому генераторі наступний режим:

$A=+10$ В; $f=1$ кГц.

- Обрати прямокутну форму імпульсів.

2. Параметри елементів інтегруючого ланцюга:

- $C=0.025$ мкФ.
- Для першого ланцюга:

$R = N \bmod 15 + 1$ (кОм), де N – номер варіанту.

- Для другого ланцюга:

$R = N \bmod 15 + 20$ (кОм), де N – номер варіанту.

3. Параметри елементів диференціюючого ланцюга:

- $C=0.025$ мкФ.
- Для першого ланцюга:

$R = N \bmod 15 + 1$ (кОм), де N – номер варіанту.

- Для другого ланцюга:

$R = N \bmod 20 + 1$ (кОм), де N – номер варіанту.

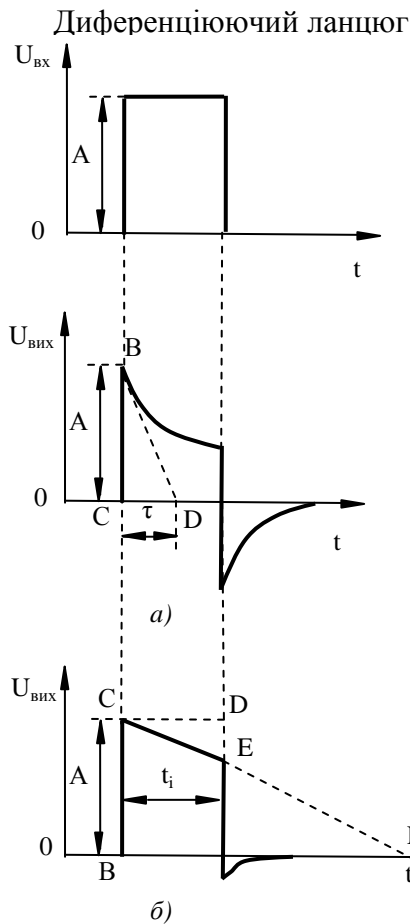


Рисунок 3

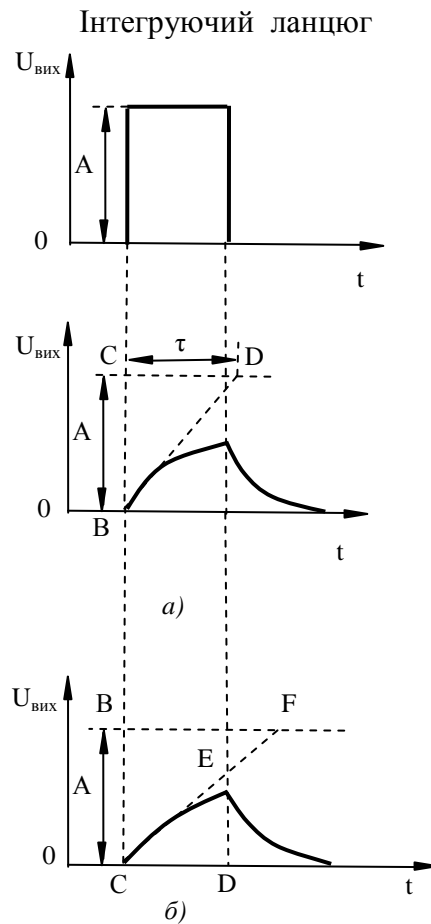


Рисунок 4

Контрольні питання

1. Який ланцюг називається лінійним?
2. Для чого використовується інтегруючий ланцюг?
3. Приведіть АЧХ і ФЧХ інтегруючої ланки.
4. Для чого використовується диференціюючий ланцюг?
5. Приведіть АЧХ і ФЧХ диференціюючої ланки.
6. Що таке постійна часу ланцюга.
7. У чому суть графічного методу визначення постійної часу?
8. Поясніть фізичні процеси, що відбуваються в диференціюючому ланцюзі при подачі на його вхід прямокутних імпульсів.
9. Приведіть форму напруги на виході інтегруючого ланцюга при подачі на його вхід послідовності прямокутних імпульсів, коли тривалість імпульсів більше тривалості паузи.

3. Лабораторна робота №4

Тема: «Діоди»

Мета роботи: Дослідити напругу і струм діода при прямому і зворотному зрушенні р-п переходу.

Теоретичні відомості.

Однією з переваг Electronics Workbench є можливість змодельовати ситуації, які виникають при різних рівнях приладової оснащеності дослідника, і освоїти методики вимірів, які відповідають цим рівням. Розглянемо ці ситуації на прикладі виміру вольтамперной характеристики напівпровідникового діода. Простим приладом для дослідження властивостей напівпровідникових пристроїв є мультиметр. Найпростіше в цьому випадку вимірювати напругу на діоді в схемі як показано на рис.1, приєднуючи до діода через резистор джерела напруги різної величини. Струм діода при цьому можна обчислювати по формулі:

$$I_{np} = \frac{(E - U_{np})}{R} \quad (1)$$

де I_{np} - струм діода в прямому напрямі,

E - напруга джерела живлення,

U_{np} - напруга на діоді в прямому напрямі.

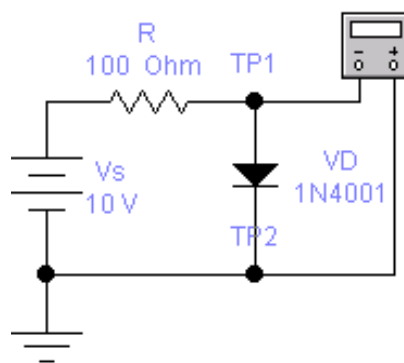


Рисунок 1

Можна зняти ВАХ діода по тій же методиці і у зворотному напрямі:

$$I_{36} = \frac{E - U_{36}}{R} \quad (2)$$

де $I_{зв}$ - струм діода в зворотному напрямі,

$U_{зв}$ - напруга на діоді в зворотному напрямі.

Точність при таких вимірах залишає бажати кращого із-за розкиду опорів в резисторів одного номінала. Якщо ви хочете отримати точнішу характеристику, використовуючи лише один мультиметр, необхідно спочатку виміряти напругу в схемі яка показана на рис.1, а потім струм в схемі на рис.2.

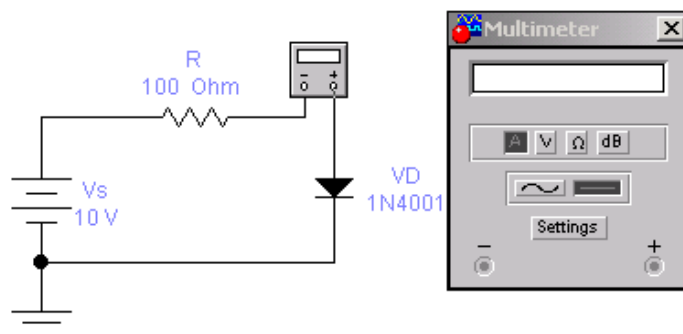


Рисунок 2

При цьому можна користуватися як і раніше лише мультиметром, підключаючи його як вольтметр або як амперметр. Набагато швидше можна виконати цю роботу, якщо це зробити одразу двома приладами: вольтметром і амперметром. Тоді, включивши їх за схемою як на рис.3, можна відразу побачити струм і напругу.

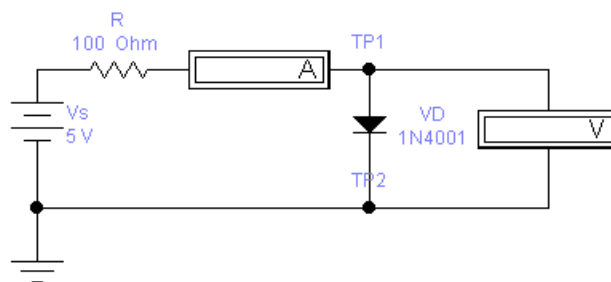


Рисунок 3

Вольтамперна характеристика (ВАХ) може бути отримана шляхом виміру напруги на діоді при протіканні різних струмів за рахунок зміни напруги джерела

живлення V_s . А найбільш швидко і зручно можна досліджувати ВАХ безпосередньо спостерігаючи її на екрані осцилографа як на рис.4.

При такому підключенні координата точки по горизонтальній осі осцилографа буде пропорційна напрузі, а по вертикальній - струму через діод. Оскільки напруга у вольтах на резисторі 1 Ом чисельно дорівнює струму через діод в амперах ($I = U/R = U/1 = U$), по вертикальній осі можна безпосередньо зчитати значення струму. Якщо на осцилографі вибраний режим V/A, то величина, пропорційна струму через діод (канал B), відкладатиметься по вертикальній осі, а напруга (канал A) - по горизонтальній. Це і дозволить отримати вольтамперну характеристику безпосередньо на екрані осцилографа.

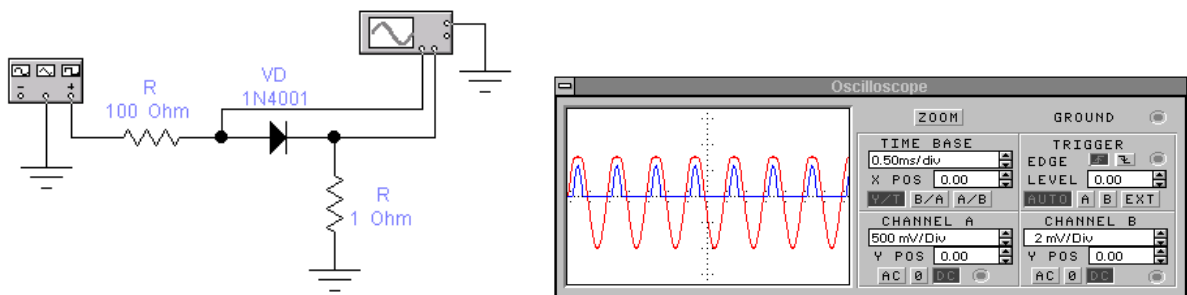


Рисунок 4

При дослідженні ВАХ діода за допомогою осцилографа на канал A замість точної напруги на діоді подається сума напруги діода і напруги на резисторі 1 Ом, помилка тоді буде невелика, оскільки спад напруги на резисторі буде значно менше, ніж напруга на діоді. Із-за нелінійності діода його не можна характеризувати величиною опора як лінійний резистор. Відношення напруги на діоді до струму U/I , яке називається статичним опором, залежить від величини струму. У ряді випадків на постійну складову струму діода накладається невелика змінна складова (при цьому говорять, що елемент працює в режимі маленьких сигналів), в цьому випадку інтерес представляє диференціальний (динамічний) опір. Величина динамічного опору залежить від постійної складової струму діода, який визначає робочу точку на характеристиці.

Порядок проведення експериментів.

Дослід 1 – Вимір напруги і обчислення струму через діод.

Промодельуйте схему показану на рис.1. Мультиметр покаже напругу на діоді $U_{пр}$ при прямому зрушенні. Переверніть діод і знову запустите схему. Тепер мультиметр покаже напругу на діоді $U_{зв}$ при зворотному зрушенні. Запишіть отримані дані. Обчисліть струм діода при прямому $I_{пр}$ і зворотному $I_{зв}$ зрушенні відповідно по формулах (1) і (2).

Дослід 2 – Вимір струму.

Промодельуйте схему показану на рис.2 і включите схему. Мультиметр покаже струм діода $I_{пр}$ при прямому зрушенні. Переверніть діод і знову запустите схему. Тепер мультиметр покаже струм $I_{зв}$ діода при зворотному зрушенні.

Дослід 3 – Вимірювання статичного опору діода.

Вимірюйте опір діода в прямому і зворотному підключенні, використовуючи мультиметр в режимі омметра. Малі значення опору відповідають прямому підключенню. Поясніть, чому показання прямого опору різні для різних шкал омметра.

Дослід 4 – Зняття вольтамперної характеристики діода

а) **пряма гілка ВАХ.** Промодельуйте схему, показану на рис.3, і включите схему. Послідовно встановлюючи значення ЕРС джерела рівними: 5В, 4В, 3В, 2В, 1В, 0,5 В, помножте значення коефіцієнта на N (N - номер варіанту), запишіть значення напруги $U_{пр}$ і струму $I_{пр}$ діода в таблицю.

б) **зворотна гілка ВАХ.** Переверніть діод. Послідовно встановлюючи значення ЕРС джерела рівними 0В, 5В, 10В, 15В, помножте значення коефіцієнта на N, запишіть значення струму $I_{зв}$ і напруги $U_{зв}$ в таблицю.

в) по отриманим даним побудуйте графіки $I_{пр}(U_{пр})$ і $I_{зв}(U_{зв})$.

г) побудуйте дотичну до прямої гілки ВАХ при $I_{пр}=4$ мА та оцініть диференційний опір діода по нахилу дотичної. Виконайте цю процедуру для $I_{пр}=0,4$ мА і $I_{пр} = 0,2$ мА.

д) аналогічно попередньому пункту, оцініть диференційний опір діода при зворотній напрузі 5В і запишіть експериментальні дані.

е) обчисліть опір діода на постійному току $I_{пр}=4$ мА за формулою $R_{п} = U_{пр}/I_{пр}$.

ж) обчисліть напругу вигину (ця напруга визначається по вольтамперній характеристиці діода, зміщеного в прямому напрямку, для точки, де характеристика має різкий злам).

Дослід 5 – Отримання ВАХ на екрані осцилографа.

Промоделюйте схему, показану на рис.4. На ВАХ, що з'явилася на екрані осцилографа, по горизонтальній осі зчитується напруга на діоді в мілівольтах (канал А), а по вертикалі - струм в міліамперах (канал В, 1 мВ відповідає 1 мА). Зверніть увагу на величину вигину ВАХ.

Контрольні питання

1. Порівняйте напругу на діоді при прямому і зворотному зсуві по порядку величин. Чому вони різні?
2. Порівняйте струм через діод при прямому і зворотному зсуві по порядку величин. Чому вони різні?
3. Що таке струм насичення діода?
4. Чи збігаються точки вигину ВАХ, отримані за допомогою осцилографа і побудовані за результатами обчислень.
5. Зобразіть ВАХ для напівпровідникового діода.
6. Наведіть особливості різних типів діодів.

Лабораторна робота №5

Тема: «Параметричні стабілізатори напруги»

Мета роботи: Дослідити зміни напруги на стабілітроні при зміні вхідної напруги та опору в схемі параметричного стабілізатора.

Теоретичні відомості.

При підключенні стабілітрона до джерела постійної напруги через резистор, виходить найпростіша схема параметричного стабілізатора (рис.1). Струм I_{cm} стабілітрону може бути визначений за формулою:

$$I_{cm} = \frac{(E - U_{cm})}{R} \quad (1)$$

Напруга стабілізації U_{cm} стабілітрону визначається точкою на вольтамперній характеристиці, в якій струм стабілітрона починає різко збільшуватися. Потужність розсіювання стабілітрону P_{cm} обчислюється за формулою:

$$P_{cm} = I_{cm} \cdot U_{cm} \quad (2)$$

Диференційний опір стабілітрона визначається по нахилу вольтамперної характеристики.

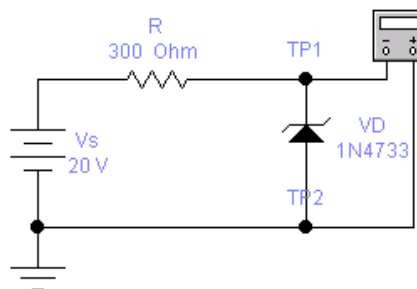


Рисунок 1

Порядок проведення експериментів.

Дослід 1 – Вимірювання напруги та обчислення струму через стабілітрон.

а) Проделайте схему показану на рис.1. Вимірюйте значення напруги U_{cm} на стабілітроні при значеннях ЕРС джерела, наведених у табл.1.

Таблиця 1

Е,В	0	4	6	10	15	20	25	30	35
U _{пр} , мВ									
I _{пр} , мА									

б) обчисліть струм I_{cm} стабілітрону для кожного значення напруги U_{cm} , результати обчислень занесіть в таблицю.

в) за даними таблиці побудуйте вольтамперну характеристику стабілітрона.

г) оцініть по вольтамперній характеристиці стабілітрона напругу стабілізації.

д) обчисліть потужність P_{cm} , яке розсіюється на стабілітроні при напрузі $E = 1В * N$ (де N - номер варіанту)

е) виміряйте нахил ВАХ в області стабілізації напруги та оцініть диференційний опір стабілітрона.

Дослід 2 – Отримання навантажувальної характеристики параметричного стабілізатора.

а) підключіть резистор $R_n = 15 * N$ Ом (де N - номер варіанту) паралельно стабілітрону, значення джерела ЕРС встановіть рівним 20В, запишіть значення напруги U_{cm} .

б) повторіть попередній пункт при короткому замиканні та при опорах резистора 100 Ом, 300 Ом, 600 Ом, 1 кОм.

в) розрахуйте струм I_1 через резистор R, включений послідовно з джерелом, струм I через резистор R_n , і струм стабілітрона I_{cm} для кожного значення R.

Дослід 3 – Отримання ВАХ стабілітрона на екрані осцилографа.

Зберіть схему, показану на рис.2 і промодельуйте її.

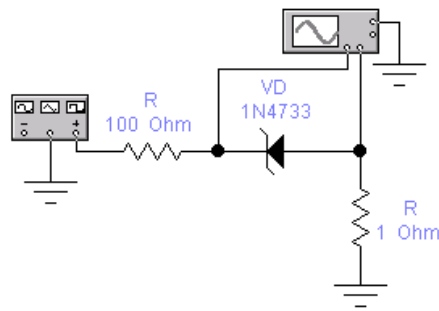


Рисунок 2.

Запишіть експериментальні дані у звіт. Визначить зміну напруги стабілізації, отриманої з графіка на екрані осцилографа. Проекспериментуйте зі зміною частоти вхідного сигналу.

Контрольні питання.

1. Як впливає значення опору навантаження на ступінь стабілізації вихідної напруги стабілізатора?
2. Як змінюється напруга стабілітрона U_{cm} , якщо струм стабілітрона стає менше 20 мА?
3. Яке значення струму стабілітрона I_{cm} , якщо вхідна напруга дорівнює 15В?
4. Яким буде значення струму стабілітрона I_{cm} при значенні опору навантаження $R=200$ Ом?
5. Побудуйте зворотну гілку ВАХ стабілітрона і визначте напругу стабілізації.

Лабораторна робота №6

Тема: «Дослідження роботи транзисторних підсилювачів в статичному режимі»

Мета роботи: Дослідити роботу підсилювального каскаду в статичному режимі (на постійному струмі).

У кожному досліді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Згідно номера варіанту вибрати значення R_k і E_k .
3. Провести розрахунок необхідних елементів схеми підсилювального каскаду, використовуючи математичні вирази з лекційного матеріалу та практичних занять.
4. Задати параметри всіх елементів досліджуваної схеми.
5. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
6. Запустити схему на моделювання і виконати всі експерименти відповідно до завдання.
7. Зберігати результати кожного експерименту у відповідних файлах.

Дослід 1 - Завдання робочої точки струмом бази

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача (рис.1) з наступними даними:

$$E_k = 12 + N_i \text{ (В)}, \text{ де } N_i - \text{ номер варіанту, } R_k = 10 + N_i \text{ (кОм)},$$

$$R_{\delta 1} = (3 \div 5) R_k \text{ (кОм)}$$

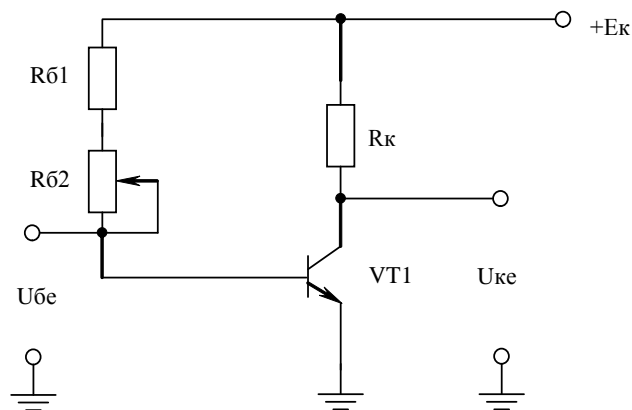


Рисунок 1 – Схема транзисторного підсилювача

2. Дослідити роботу схеми при зміні струму бази реального транзистора в межах від 0 до 30 мкА. Виконати 10 вимірювань і заповнити табл.1 при $E_k = 12 + N_i$ (В).

3. Побудувати графік вхідної статичної характеристики біполярного транзистора за результатами 10 вимірювань: $I_{\bar{o}} = f(U_{\bar{o}e})$

Таблиця 1

Режим	Номер вимірювання	E_k , В	$I_{\bar{o}}$, мкА	$R_{\bar{o}}$, кОм	$U_{\bar{o}e}$, В	I_k , мА	U_{ke} , В	I_k , мА
	1	$12 + N_i$						
		$6 + N_i$						
	2	$12 + N_i$						
		$6 + N_i$						
	3	$12 + N_i$						
		$6 + N_i$						

4. Побудувати сімейство статичних вихідних характеристик біполярного транзистора $I_k = f(U_{ke})$ при: $I_{\bar{o}1} = 10$ мкА і $I_{\bar{o}2} = 20$ мкА.

5. Зобразити на отриманих сімействах вихідних статичних характеристик дві навантажувальні прямі для випадків $E_k = 12 + N_i$ (В) і $E_k = 6 + N_i$ (В). Визначення I_k здійснюється за формулою:

$$I_k = (E_k - U_{ke}) / R_k .$$

Необхідні дані для розрахунку взяти з табл.1.

6. Визначити і вказати в табл.1 границі лінійного режиму з режимами насичення і відсічки. Задати положення робочої точки (РТ) на середині лінійної ділянки навантажувальних прямих отриманих в п.5. При цьому напруга U_{ke} , яка відповідає такому стану РТ, визначатиметься за наступним виразом:

$$U_{ke} = U_o - U_n / 2,$$

де U_o - напруга U_{ke} на границі лінійного режиму та режиму відсічки,

U_H - напруга $U_{ке}$ на границі лінійного режиму та режиму насичення.

Записати в звіт отримане значення R_{62} .

7. Визначити статичний коефіцієнт підсилення у відповідності з виразом:

$$K_u = U_{ке} / U_{бе}.$$

Дослід 2 - Завдання робочої точки напругою бази

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача (рис.2) за наступними даними:

$E_k = 12 + N_i$ (В), де N_i - номер варіанту,

$R_k = 10 + N_i$ (кОм),

$R_{61} = (3 \div 5)R_k$ (кОм),

$R_{62} = 500$ (кОм).

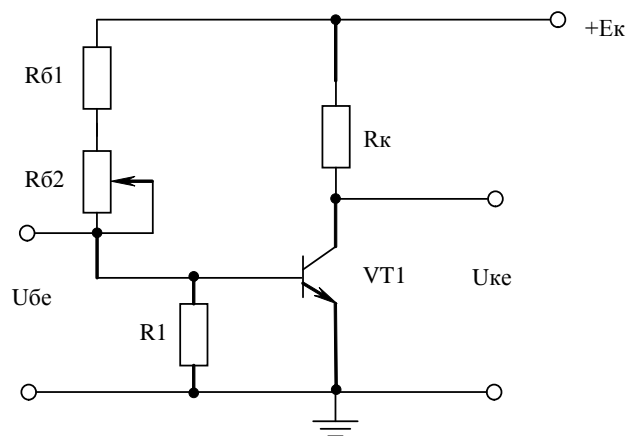


Рисунок 2 – Схема транзисторного підсилювача

2. Дослідити роботу схеми аналогічно п.2 в досліді 1, змінюючи R_{62} .

3. Задати положення робочої точки (РТ) на середині лінійної ділянки навантажувальних прямих по аналогії з дослідом 1.

Дослід 3 - Завдання робочої точки напругою бази в схемі з негативним зворотнім зв'язком (НЗЗ) по струму

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача (рис.3) за наступними даними:

$E_k = 12 + N_i$ (В), де N_i – номер варіанту,

$R_k = 10 + N_i$ (кОм),

$R_{61} = (3 \div 5)R_k$ (кОм),

$$R_{62} = 500 \text{ (кОм)},$$

$$R_э = 0,1 \times R_к \text{ (кОм)}.$$

2. Дослідити роботу схеми за аналогією п.2. дослід 1, змінюючи R_{62} .

3. Задати положення робочої точки (РТ) на середині лінійної ділянки навантажувальних прямих по аналогії з дослідом 1.

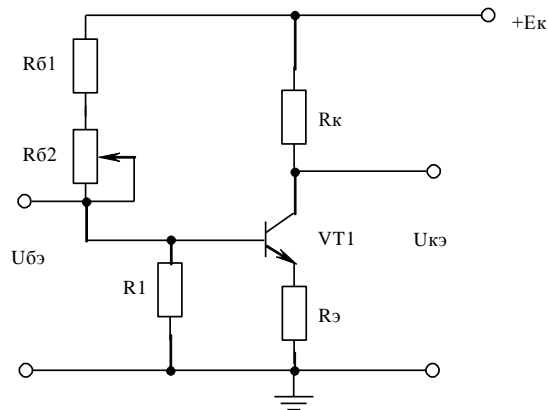


Рисунок 3 – Схема транзисторного підсилювача

4. Записати в звіт отримане при цьому значення R_{61} і R_{62} .

5. За результатами експерименту побудувати вхідну характеристику $I_б = f(U_{бе})$ (рис.4) і вихідну характеристику $I_к = f(U_{ке}, I_б)$ (рис.5).

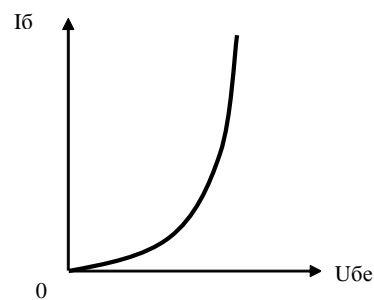


Рисунок 4

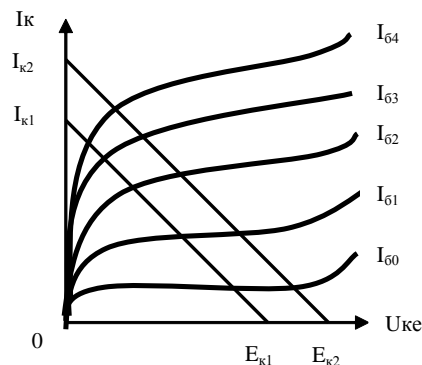


Рисунок 5

Контрольні питання.

1. Приведіть вхідні і вихідні характеристики схеми з ОЕ.
2. Що таке робоча точка, навантажувальна пряма.
3. Порівняйте основні параметри і схеми включення з ОЕ, ОБ, ОК.
4. Особливості схеми з ОК.
5. Схема з емітерною стабілізацією.
6. Схема з колекторною стабілізацією.
7. Режими роботи підсилювачів.

Лабораторна робота №7

Тема: «Транзисторні підсилювачі (динамічний режим роботи)»

Мета роботи: Дослідити роботу підсилювального каскаду на змінному струмі.

У кожному досліді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Задати параметри всіх елементів досліджуваної схеми. відповідно до завдання.
3. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
4. Запустити схему на моделювання

Дослід 1 - Дослідження підсилювального каскаду на основі ідеального транзистора

Завдання:

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача (рис.1) з наступними вихідними даними:

$$E_k = 12 + N_i \text{ (В)}, \text{ де } N_i - \text{номер варіанту,}$$

$$R_k = 10 + N_i \text{ (кОм)},$$

$$R_{\delta 1} = 500 \text{ кОм},$$

$$R_{\delta 2} = 7 \text{ кОм},$$

$$C_{\delta} = C_k = 1 \text{ мкФ},$$

$$f_{\text{вх}} = 1 + N_i \text{ (кГц)},$$

$$U_{\text{вх max}} = 10 \text{ мВ}.$$

2. Задати робочу точку з попередньої лабораторної роботи з відключеними C_{δ} и $U_{\text{вх}}$.

3. Зняти за допомогою осцилографа форму сигналів $U_{\text{вх}}(t)$ і $U_{\text{вих}}(t)$ при подачі на вхід підсилювача синусоїдального сигналу.

4. Визначити коефіцієнт підсилення по напрузі в лінійній шкалі.

5. Дослідити форму сигналів на виході підсилювача при подачі на його вхід синусоїдального, пилообразного, прямокутного сигналів.

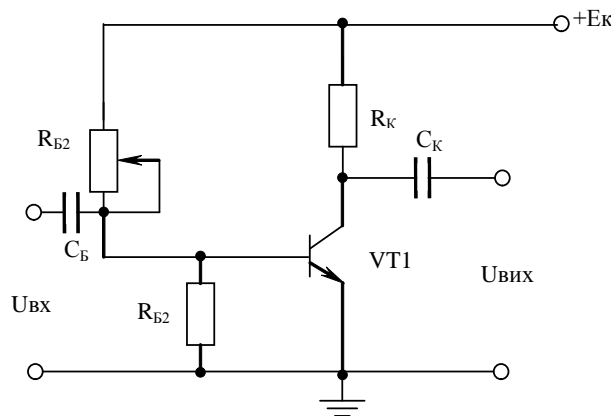


Рисунок 1

Дослід 2 - Дослідження підсилювального каскаду на основі реального транзистора

Завдання:

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача як в досліді 1, але з реальним транзистором (наприклад, типу 2N2222).
2. Виконати експерименти аналогічні п.2-5 досліду 1.
3. Змінити $R_{б1}$ відповідно до табл.1 в попередній лабораторній роботі. Приведіть сімейство АЧХ. На графіку вказати чисельне значення смуг пропускання для всіх випадків.

Дослід 3 - Дослідження підсилювального каскаду на основі реального транзистора з послідовним негативним зворотним зв'язком (НЗЗ) по струму

Завдання:

1. Зібрати схему транзисторного підсилювача як в п.1 дослід 2.
2. У емітерний ланцюг транзистора VT1 підключити резистор $R_e=100\text{ Ом}$.

Таблиця 1.

Початкове значення	Зміни $R_{Б1}$, %	Коефіцієнт підсилення, $K_{п}$		
		$U_{вх}$	$U_{вих}$	$K_{п}$
500 кОм	-10%			
	-5%			
	0			
	+5%			
	+10%			

3. Зняти форму $U_{вх}(t)$, $U_{вих}(t)$ і АЧХ.
4. У емітерний ланцюг паралельно R_e підключити $C_e=100$ мкФ.
5. Виконати експерименти відповідно до п.3 даного досліджу.

Контрольні питання:

1. Від яких параметрів залежить коефіцієнт підсилення каскаду на транзисторі, включеному за схемою з загальним емітером?
2. Чому схема транзисторного каскаду з послідовним НЗЗ по струму використовується частіше, ніж схема каскаду з паралельним НЗЗ по вхідній напрузі?
3. Як залежить коефіцієнт підсилення і АЧХ каскаду з ланцюгом послідовної НЗЗ по струму від величини опору резистора R_e ?
4. З якою метою введено конденсатор C_e ?
5. Вплив НЗЗ на роботу підсилювача.
6. Що таке амплітудна характеристика підсилювача.

Лабораторна робота №8

Тема: «Операційні підсилювачі»

Мета роботи: Дослідити базові схеми включення операційних підсилювачів (ОП) і більш детально вивчити їх принципи дії, настройки та особливості реалізації.

У кожному досліді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Задати та розрахувати параметри всіх елементів досліджуваної схеми відповідно до завдання.
3. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
4. Запустити схему на моделювання і виконати всі експерименти відповідно до завдання.
5. Зберігати результати кожного експерименту у відповідних файлах.

Дослід1 – Розімкнутий операційний підсилювач

Завдання 1:

1. Зберіть схему наведену на рис.1 з ідеальним ОП.
2. Виберіть величину резистора R_1 рівну, наприклад, 50 кОм.
3. Спостерігайте за поведінкою вихідного сигналу $U_{\text{вих}}$ змінюючи з мінімально можливим кроком величину резистора R_1 , при цьому визначте:
 - а) чи можна добитися «нуля» на виході підсилювача при $U_{\text{вх}}=0$ В, якщо ні, то дайте пояснення чому,
 - б) коефіцієнт підсилення K_u .

Завдання 2:

1. Замініть у схемі на рис.1 ОП на реальний (наприклад, LM 741).
2. Проведіть експерименти як в п.2-3 завдання 1 і порівняйте отриманий в цьому випадку K_u з аналогічним параметром, зазначеним у специфікації на обраний ОП.

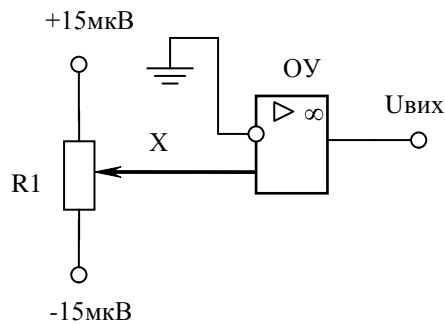


Рисунок 1

Завдання 3:

1. Відключіть резистор R1 від входу ОП в точці «X». З'єднайте обидва входи ОП («+» і «-») разом і вставте резистор R2 з величиною не менше 1 МОм так, щоб можна було виміряти малий вхідний струм підсилювача, вимірюючи падіння напруги на цьому резисторі, за допомогою цифрового мультиметра (у діапазоні 1В або менше).

Дайте відповідь на питання:

- 1) чим визначається вхідний струм?
- 2) чи відповідає виміряний вами струм специфікації обраного реального ОП?
- 3) за знаком вхідного струму визначте, на яких транзисторах побудований вхідний каскад ОП (n-p-n або p-n-p)?

2. Замініть в досліджуваній схемі ОП на підсилювач, у якого вхідний каскад виконаний на уніполярних транзисторах (наприклад, LF 355).

Дайте відповіді на питання: чи можете ви виміряти вхідний струм цього ОП? Якщо так, то чи відповідає він значенню із специфікації на обраний ОП?

Дослід 2 – Інвертуючий підсилювач

1. Зберіть схему з ідеальним ОП, наведену на рис.2,а.
2. Розрахуйте величину резистора R1 для наступних коефіцієнтів передачі -1; $-N_i$; $-0,1 \times N_i$, де N_i - номер варіанту, користуючись наведеними нижче співвідношеннями:

$$K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \quad (1)$$

$$K_U = \frac{R_{33}}{R_1} \quad (.2)$$

Прийміть $R_{33} = 100 \text{ кОм}$.

3. Виміряйте величини струмів і напруг у всіх ланцюгах і точках схеми. Особливу увагу зверніть на величини струмів і напруг в підсумовуючій точці підсилювача і на неінвертуючому вході.

Дослідження роботи схеми в п.1-3 виконати з використанням ідеального і реального (LM324, LM741) операційного підсилювача.

4. Дослідити роботу пристрою при подачі на вхід різних за формою і амплітудою сигналів ($0,1 \text{ мВ} < U_{\text{вх}} < 10 \text{ В}$), ($0 < f_{\text{вх}} < 20 \text{ МГц}$).

5. Зняти амплітудно-частотну характеристику, використовуючи характеріограф.

6. Зберіть схему інвертуючого повторювача, наведену на рис.2,б і виконайте пункт 3 при наступних значеннях резистора R2:

- 1) $R_2 = 0$;
- 2) $R_2 = 10 \text{ МОм}$;
- 3) $R_2 = (R_1 \cdot R_{33}) / (R_1 + R_{33})$.

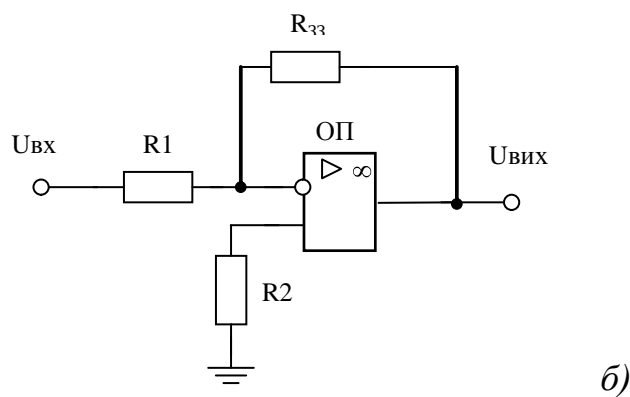
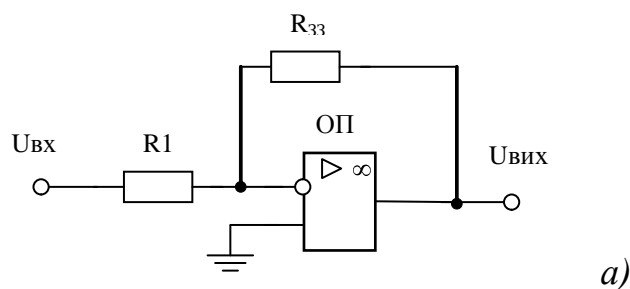


Рисунок 2

Дайте відповіді на наступні питання:

- 1) що дає введення в схему резистора R2?
- 2) з яких міркувань і як розраховується величина резистора R2?

Дослідження роботи схеми в п.3-5 виконати з використанням операційного підсилювача з ідеальними характеристиками і реальними (LM324, LM741).

Дослід 3 – Неінвертуючий підсилювач та повторювач

1. Зберіть схему неінвертуючого повторювача, наведену на рис.3,а з параметрами резисторів, розрахованих в п.2 дослід 2 і виконати вимірювання в схемі аналогічно п.3 дослід 2.

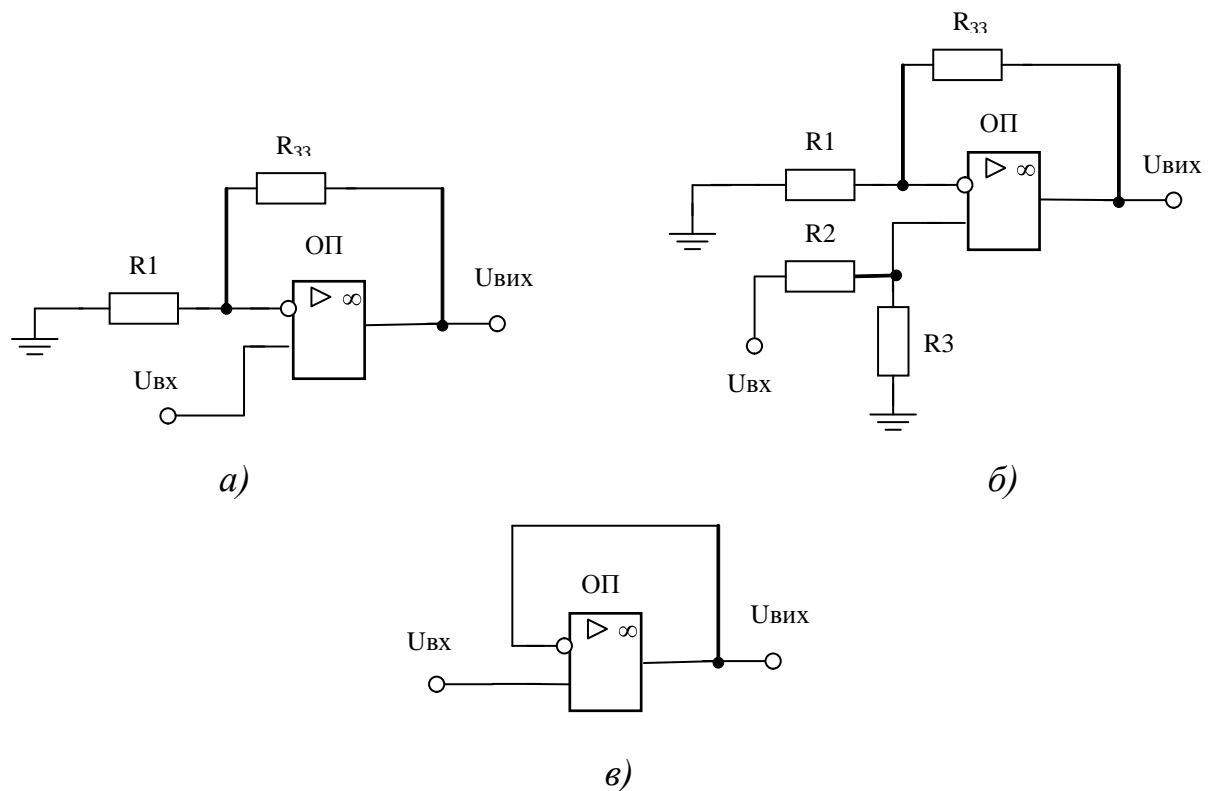


Рисунок 3

2.2. Виконайте експеримент згідно п.1 із застосуванням ОП з коефіцієнтами передачі $+1$; $+N_i$; $+0,1 \times N_i$, використовуючи схему на рис.3,б.

Для визначення параметрів схеми скористайтесь наступними співвідношеннями:

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}, \quad (3)$$

$$K_U = \left(1 + \frac{R_{33}}{R_1}\right) \cdot \alpha, \quad (4)$$

де α - коефіцієнт ослаблення сигналу ($0 < \alpha < 1$) і пов'язаний з параметрами схеми співвідношенням:

$$\alpha = \frac{R_4}{R_3 + R_4}.$$

Примітка:

1. При складанні схеми використовуйте величини резисторів, що лежать в діапазоні 1 кОм...10 МОм. Візьміть, наприклад, $R_3 = R_{33} = 100$ кОм. Дайте відповідь на питання: що дає введення в схему R_3 і R_2 ?

2. Зберіть схема неінвертуючого повторювача, наведену на рис.3,в. Визначте коефіцієнт передачі (підсилення).

Контрольні питання:

1. Зобразіть передавальну характеристику ОП.
2. Назвіть параметри ОП.
3. Що таке частота одиничного підсилення.
4. Чому коефіцієнт підсилення інвертуючого підсилювача не може бути менше одиниці?
5. Доведіть, чому коефіцієнт підсилення інвертуючого підсилювача не може бути зменшений до нуля?
6. Поясніть, чому між входами ОП і загальною шиною необхідно включати резистори з однаковим опором.

Лабораторна робота №9.

Тема: «Суматори на операційних підсилювачах»

Мета роботи: Дослідити схеми суматорів і від'ємників на основі ОП і більш детально вивчити їх принципи дії, настройки та особливості реалізації.

У кожному досліді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Задати та розрахувати параметри всіх елементів досліджуваної схеми відповідно до завдання.
3. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
4. Запустити схему на моделювання і виконати всі експерименти відповідно до завдання.
5. Зберігати результати кожного експерименту у відповідних файлах.

Дослід 1 –Інвертуючий суматор

Інвертуючий суматор (рис.1) підсумовує входні напруги і інвертує результат. Інвертуюча схема підсумовування з масштабними коефіцієнтами - це варіант інвертуючої суматора, в якому кожному входу надано власну вагу. Ваговий коефіцієнт при цьому дорівнює K_i (коефіцієнту передачі з i -го входу) а напруга на виході визначається відповідно до виразу (1).

1. Зберіть схему інвертуючого суматора відповідно до рис.1.

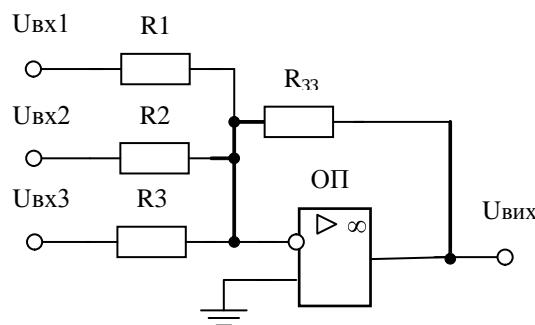


Рисунок 1

2. Встановіть коефіцієнти передачі $K_1=3$, $K_2=2$, $K_3=5$ і підсумуйте три вхідні напруги $U_{вх\ i}$, амплітуди і знаки яких визначаються згідно з табл.1 у відповідності з номером варіанту. Розрахунок необхідних величин R_1 , R_2 і R_3 здійсніть задавшись значенням $R_{зз}=100\text{ кОм}$.

$$U_{вих} = -U_1 \cdot K_1 + U_2 \cdot K_2 + U_3 \cdot K_3 \quad (1)$$

де $K_i = R_{зз} / R_i$, $i = 1, 2, 3$.

Таблиця 1

$U_{вх}$	Знак $U_{вх}$ для кожного варіанту											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_{вх1} = 5\text{ В}$	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
$U_{вх2} = 3\text{ В}$	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
$U_{вх3} = 2\text{ В}$	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+

Зафіксуйте значення вихідної напруги $U_{вих}$:

- 1) при подачі кожного сигналу окремо;
- 2) при переборі всіх комбінацій можливих станів згідно варіанту.

Примітка:

1. Задання постійних напруг на входах $U_{вх1}$, $U_{вх2}$ і $U_{вх3}$ можна здійснити:

а) за допомогою потенціометра величиною 50 кОм і двох джерел постійної напруги (рис.2).

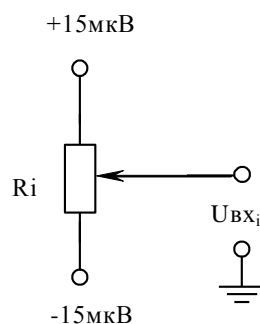


Рисунок 2

б) за допомогою джерел постійної напруги (батареї) задаючи величину напруги на їх виходах.

2. У даному досліді (а також в подальших дослідях) можна використовувати і змінні напруги, якщо їх частоти не надто великі і всі вони синфазні.

Дослід 4 – Схема додавання - віднімання (суматор – від’ємник)

Схема на рис.3 може одночасно складати і віднімати, тобто, виробляти алгебраїчне підсумовування входних напруг:

$$U_{вих} = -U_1 \cdot K_1 + U_2 \cdot K_2 + U_3 \cdot K_3, \quad (2)$$

де $K_i = R_{зз} / R_i$, $i = 1, 2, 3$.

Причому, сума її інвертуючих масштабних коефіцієнтів (тобто, коефіцієнтів передачі з боку інвертуючих входів) повинна дорівнювати сумі неінвертуючих масштабних коефіцієнтів (тобто, коефіцієнтів передачі з боку неінвертуючих входів):

$$K_1 + K_2 = K_3 \quad (3)$$

При необхідності, щоб дотримати цей баланс, до схеми додають ще один резистор.

1. Зберіть схему суматора - від’ємника відповідно до рис.3. У цьому випадку напруга на виході визначається відповідно з виразом (2).

2. Встановіть коефіцієнти передачі $K_1=1$, $K_2=2$, $K_3=3$ і підсумуйте три входні напруги $U_{вхi}$, амплітуди і знаки яких визначаються згідно з табл.1. Розрахунок необхідних величин R_1 , R_2 , R_3 здійсніть задавшись значенням $R_{зз}=R_4=100$ кОм.

3. Розрахуйте і виміряйте значення $U_{вих}$ для заданого варіанта набору $U_{вхi}$. Порівняйте виміряні значення з розрахунковими.

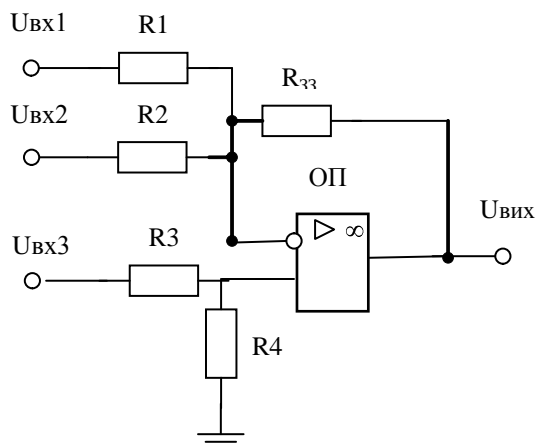


Рисунок 4

Контрольні питання:

1. Покажіть, як вхідні опори схеми інвертуючого суматора впливають на його вхідну напругу.
2. Що таке коефіцієнт петльового підсилення.
3. Розробіть схему усереднення чотирьох вхідних напруг.
4. Покажіть, як необхідно вибирати елементи вхідних ланцюгів диференціюючого підсилювача і неінвертуючого суматора для мінімізації похибки, обумовленої неідеальністю властивостей ОП.
5. За яких умов виводиться співвідношення між вхідною і вихідною напругою в схемі суматора на основі ОП?
6. Як можна реалізувати схему для підсумовування трьох або більше вхідних напруг?

Лабораторна робота №10.

Тема: «Інтегратор і диференціатор»

Мета роботи: Дослідити схеми інтегратора і диференціатора, побудованих на основі операційних підсилювачів (ОП) і більш детально вивчити їх принципи дії, настройки та особливості реалізації.

У кожному досліді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Задати та розрахувати параметри всіх елементів досліджуваної схеми відповідно до завдання.
3. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
4. Запустити схему на моделювання і виконати всі експерименти відповідно до завдання.
5. Зберігати результати кожного експерименту у відповідних *файлах*.

Дослід 1 – Інтегратор

Завдання:

1. Зберіть схему інтегратора, наведену на рис.1, з реальним ОП (наприклад, LM 741).

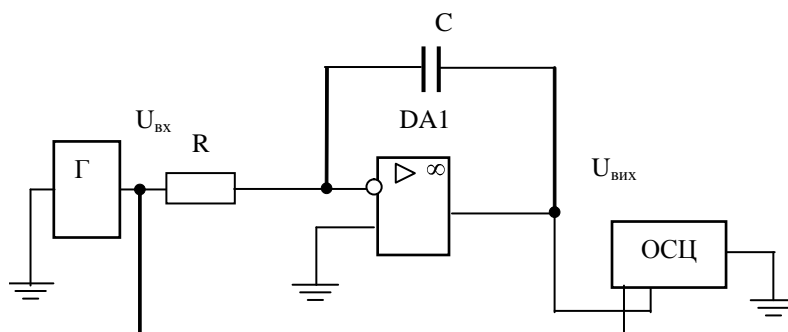


Рисунок 1

Вихідні дані:

$$U_{вих} = -KU_{вх}dt \quad (1)$$

$$\text{де } K = \frac{1}{RC} \quad (2)$$

2. Розрахуйте величину R за умови, що $C=1$ мкФ, $K=N_i \times 100$, де N_i - номер варіанту.

3. Дослідіть форму сигналу на виході інтегратора при подачі на його вхід сигналів прямокутної форми з наступними параметрами: $U_{\text{вх}} = 2$ В, $f_{\text{вх}} = 500$ Гц.

У звіті приведіть відповідь на таке запитання: чи змінюється форма $U_{\text{вих}}$ при збільшенні амплітуди $U_{\text{вх}}$ до 20В, тобто, при значеннях, близьких до напруги живлення ОП? Якщо виявиться, що при цьому вихідний сигнал приходить в «насичення», то ви повинні спробувати усунути ці спотворення за допомогою введення до складу вхідного сигналу постійний зсув. Для цього необхідно змінити налаштування генератора.

4. Дослідіть форму сигналу на виході інтегратора при подачі на його вхід сигналів синусоїдальної і пилоподібної форми з наступними параметрами: $U_{\text{вх}} = 2$ В, $f_{\text{вх}} = 500$ Гц.

Дослід 2 – Диференціатор

Завдання:

1. Зберіть схему диференціатора, наведену на рис.2, з реальним ОП (наприклад, LM 741). Вихідні дані:

$$U_{\text{вих}} = -K \cdot \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}, \quad (3)$$

$$\text{де } K = RC. \quad (4)$$

2. Розрахуйте величину R за умови, що $C = 1$ мкФ, $K = N_i \times 100$, де N_i - номер варіанту.

3. Дослідіть форму сигналу на виході диференціатора при подачі на його вхід сигналів прямокутної форми з наступними параметрами: $U_{\text{вх}} = 2$ В, $f_{\text{вх}} = 500$ Гц.

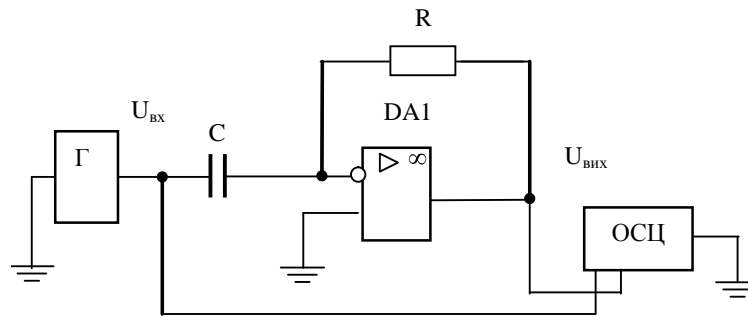


Рисунок 2

Дослід 3 – Послідовне з'єднання інтегратора і диференціатора

Оскільки диференціювання та інтегрування є взаємно зворотними операціями, слід очікувати, що подавши на вхід інтегратора прямокутні імпульсні сигнали і виконавши його диференціювання, ми на виході отримаємо прямокутні сигнали.

Завдання:

1. З'єднайте послідовно схеми інтегратора і диференціатора.
2. Подайте на вхід інтегратора з виходу генератора «Г» сигнали прямокутної форми з наступними параметрами: $U_{\text{вх}} = 2 \text{ В}$, $f_{\text{вх}} = 500 \text{ Гц}$.
3. Дослідіть форму сигналів на виходах інтегратора і диференціатора за допомогою осцилографа.
4. Порівняйте форми і параметри сигналів на вході інтегратора і виході диференціатора.

Контрольні питання:

1. Поясніть, яким чином можна зменшити похибку вихідної напруги реального інтегратора.
2. Зобразіть структурну схему ОП.
3. Що таке коефіцієнт послаблення синфазних сигналів.
4. Що таке смуга пропускання ОП.
5. Чому ланцюги зовнішньої корекції дозволяють компенсувати похибки вихідної напруги ОП тільки при одній температурі навколишнього середовища?

Лабораторна робота №11

Тема: «Функціональні пристрої на операційних підсилювачах»

Мета роботи: Дослідити ряд функціональних пристроїв на основі операційних підсилювачів (ОП) і більш детально вивчити їх принципи дії, настройки та особливості реалізації.

У кожному досвіді необхідно:

1. Зібрати відповідно до завдання досліджувані схеми з підключенням необхідних контрольно-вимірювальних приладів.
2. Задати та розрахувати параметри всіх елементів досліджуваної схеми відповідно до завдання.
3. Здійснити налаштування всіх використовуваних приладів.
4. Запустити схему на моделювання і виконати всі експерименти відповідно до завдання.
5. Зберігати результати кожного експерименту у відповідних файлах.

Дослід1 – Обмежувач рівня сигналу

Завдання:

1. Зберіть схему обмежувача на ОП, наведену на рис. 1, з реальними ОП (наприклад, LM 741) і діодом (наприклад, 1N914).

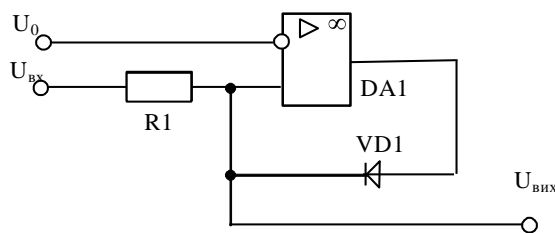


Рисунок 1

2. Дослідіть її, подаючи на інвертуючий вхід ОП синусоїдальний сигнал з наступними параметрами: $f_{вх} = 1$ кГц, $U_{вх} = N_i$ (В), де N_i - номер варіанту. А на неінвертуючий вхід - постійну напругу обмеження (U_0).

Спостерігайте за допомогою осцилографа за вхідним і вихідним сигналами ($U_{вх}$ і $U_{вих}$), змінюючи амплітуду і полярність напруги U_0 , а також підключення діода VD1 (мінючи місцями анод і катод).

3. Проаналізуйте результати експерименту і зробіть висновки.

3. Збільшуючи частоту вхідного сигналу, подивіться чи зміниться $U_{\text{вих}}$ на більш високих частотах і якщо так, то чому?

Дослід 2 – Компаратор

Завдання:

1. Зберіть схему компаратора, наведену на рис.2, з реальним ОП (наприклад, LM 741).

2. Дослідіть її, подаючи на неінвертований вхід ОП синусоїдальний і пилоподібний сигнали з наступними параметрами: $f_{\text{вх}} = 1$ кГц, $U_{\text{вх}} = N_i$ (В), де N_i - номер варіанту. А на інвертуючий вхід - постійну опорну напругу ($U_{\text{оп}}$).

Дослідіть вхідну та вихідну напругу, змінюючи амплітуду і полярність напруги $U_{\text{оп}}$.

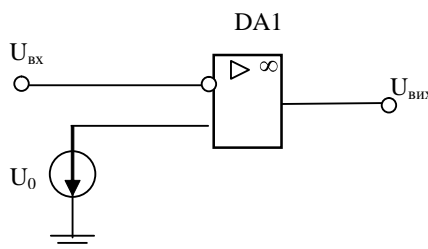


Рисунок 2

Дослід 3 – Тригер Шмітта

Завдання:

1. Зберіть схему тригера Шмітта на основі компаратора, наведену на рис.3 з реальним ОУ (наприклад, LM 741).

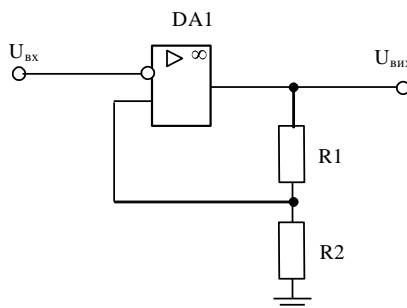


Рисунок 3

2. Дослідіть її, подаючи на неінвертуючий вхід ОП синусоїдальний сигнал з наступними параметрами: $U_{\text{вх}} = N_i$ (В), де N_i - номер варіанту; $f_{\text{вх}} = 1$ кГц; $R_1 = 100$ кОм, $R_2 = 10$ кОм.

3. Спостерігайте за допомогою осцилографа за входним і вихідним сигналами, змінюючи величину резистора R1 і R2.
4. Зніміть амплітудно-передавальну характеристику (АПХ): $U_{\text{вих}} = F(U_{\text{вх}})$.
5. Змінюючи величину резистора R2 подивіться, чи зміниться при цьому $U_{\text{вих}}$ і якщо так, то як це відобразиться на АПХ?

Дослід 4 – Генератори сигналів

Завдання 1:

1. Зберіть схему генератора сигналів прямокутної форми на основі тригера Шмітта, наведену на рис.4, з реальними ОП (наприклад, LM 741).

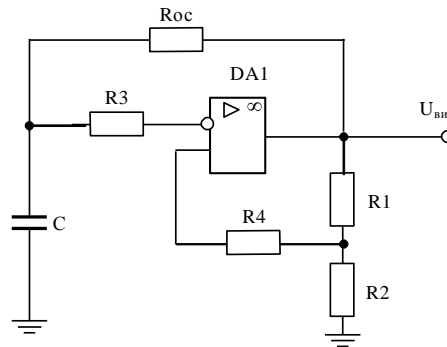


Рисунок 4

2. Задайте частоту генератора рівну N_i кГц (де N_i - номер варіанту), скориставшись наступними розрахунковими співвідношеннями::

$$K_{33} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \text{ де } K_{33} = 0,473, \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{2\pi R_{33} \cdot C}, \quad (2)$$

при наступних значеннях параметрів елементів схеми: $R_3 = 100 \text{ кОм}$, $R_4 = 100 \text{ кОм}$.

2. Спостерігайте за допомогою осцилографа вихідний сигнал ($U_{\text{вих}}$) і порівняйте дійсну частоту генератора з розрахунковим значенням.

Завдання 2:

1. Підключіть до виходу отриманого в завданні 1 генератора прямокутних імпульсів інтегратор на основі ОП.

2. Розрахуйте значення R і C у схемі інтегратора так, щоб одержуваний на виході сигнал трикутної форми мав пікове значення 5 В (від мінімуму до максимуму 10 В).

Контрольні питання:

1. Яким чином можна змінювати передавальні характеристики обмежувача рівня при входних напругах, близьких до нуля?
2. Чим схема порівняння відрізняється від схеми підсилення?
3. Які вихідні напруги можуть формуватися на виході схеми порівняння?
4. Які особливості застосування ОП в схемах компараторів?
5. Чи можна в компараторі на основі тригера Шмітта зробити рівні порогів вхідної напруги різними? Якщо так, то яким чином?
6. Що таке компараторний режим роботи ОП?

Список літератури

Основна

1. *Скороделов В.В.* Комплект методичних матеріалів по дисципліні «Комп'ютерна електроніка»: Електронний варіант. / В.В. Скороделов. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – 816 с.
2. *Скороделов В.В.* Компьютерная электроника: дистанционный курс / В.В. Скороделов, Г.В. Гейко // Центр дистанционного обучения НТУ ХПИ (cde.kpi.kharkov.ua). – 2013.
3. *Завадский В.А.* Компьютерная электроника / А.В. Завадский. – К.: ТОО ВЕК. – 1996. – 368 с.
4. *Опадчий Ю.Ф.* Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс. Учебник для вузов. / Ю.Ф. Опадчий. – М.: Телеком. – 2000. – 768 с.
5. *Карлащук В.И.* Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB / В.И. Карлащук. – М.: СОЛОН-Пресс. – 2004. – 800 с.
6. *Хернитер Марк Е.* Multisim. Современная система компьютерного моделирования и анализа электронных устройств. / Марк Е. Хернитер. – М.: Издательский дом ДМК-пресс. – 2004. – 488 с.

Додаткова

7. *Фолкенбери Л.* Применения операционных усилителей и линейных ИС: / Л. Фолкенбери. – Мир. – 1989. – 572 с.
8. *Лачин В.И.* Электроника: Учебное пособие. / В.И. Лачин и др. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс». – 2000. – 448 с.
9. *Лаврентьев Б.Ф.* Аналоговая и цифровая электроника: Учебное пособие. / Б.Ф. Лаврентьев. – Йошкар-Ола: Мар ГТУ. – 2000. – 155 с.
10. *Титце У.* Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство / У. Титце, К. Шенк. – М.: Мир. – 1982.

11. Резисторы. Справочник / Под ред. И.И. Четверткова, В.М. Терехова. – М.: Радио и связь. – 1991. – 527 с.
12. Справочник по электрическим конденсаторам / Под ред. И.И. Четверткова, И.Ф. Смирнова. – М.: Радио и связь. – 1983. – 575 с.
13. Диоды. Справочник / О.П. Григорьев, В.Я. Замятина и др. – М.: Радио и связь. – 1990. – 336 с.
14. Транзисторы. Справочник / О.П. Григорьев, В.Я. Замятин и др. – М.: Радио и связь. – 1989. – 272 с.
15. СТБУЗ-ХПІ-3.07.2007. Конструкторські документи у сфері навчального процесу, схеми. Загальні вимоги до виконання.
16. СТБУЗ-ХПІ-3.01.2006. Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання.

ДОДАТОК А

Аналогові мікросхеми в пакеті EWB (Multisim) та їх аналоги

AD507 AD	154УД2 швидкодіючий ОП;
AD509 AD	154УД3 швидкодіючий ОП;
AD513 AD	КР574УД1 швидкодіючий ОП;
CA3140 RCA	К1409УД1 ОП з польовими транзисторами на вході;
CA3 130 RCA	КР544УД2 широкосмуговий ОП з польовими транзисторами на вході;
CA3030 RCA	КР140УД5 швидкодіючий ОП;
LF157 NS	К140УД23 швидкодіючий ОП з малими входними струмами;
LF355 NS	КР140УД18 широкосмуговий ОП;
LF356 NS	К140УД22 широкосмуговий ОП;
LM107 NS	К153УД6 ОП з частотною корекцією;
LM108 NCS	К140УД14 прецизійний ОП;
LM301 NCS	К553УД2 швидкодіючий ОП;
LM308 NCS	КР140УД1408 прецизійний ОП;
LM143 NCS	К1408УД1 високовольтний ОП;
БМ2Ц NCS	К554СА3 ОП для компараторів;
MC1456 MOTA	КР140УД6 ОП з вбудованою корекцією;
OP-07	К140УД17 прецизійний ОП.

Розшифровка аббревіатур фірм-виготовлювачів: AD — Analog Devices, NS — National Semiconductors, MOTA — Motorola Semiconductor Products.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Комп'ютерна електроніка» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями 6.050102-01 «Комп'ютерні системи та мережі», 6.050102-02 «Системне програмування», 6.050102-03 «Спеціалізовані комп'ютерні системи»

Укладачі: СКОРОДЄЛОВ Володимир Васильович,
ДАНИЛЕНКО Олександр Федорович,
ГЕЙКО Геннадій Вікторович

Відповідальний за випуск С.Й. Червонний
Роботу до видання рекомендував М.Й. Заполовський

В авторській редакції

План 2014 р., поз. /

Підписано до друку . 14. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. №2.

Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 0.8

Обл.-вид. арк. 1,3 Наклад 150 прим. Зам №. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Друкарня НТУ «ХПІ». 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.