



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАТОРІВ ТА
ІНТЕГРАТОРІВ
НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ (ІС)**

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання,
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАТОРІВ ТА
ІНТЕГРАТОРІВ
НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ (ІС)

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету ЕРКТ
Протокол № 1 від 20
жовтня 2022 р.

Харків
2023

УДК 615.47+57.08
О 75

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії
та електротехніки
Протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.

Рецензент:

О.М. Мороз, д-р тех. наук, проф. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державний біотехнологічний університет.

О 75 Дослідження диференціаторів та інтеграторів на базі інтегральних схем (ІС): метод. вказівки до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: О.Д. Черенков, М.О. Чорна – Харків: [б. в.], 2023. – 22 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи на тему: «Дослідження диференціаторів та інтеграторів на базі інтегральних схем (ІС)» з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка», розроблено відповідно до навчальної програми.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

УДК 615.47+57.08

Відповідальний за випуск: М. О. Чорна, к.т.н., доцент

© О.Д. Черенков, 2023

© М.О. Чорна, 2023

© ДБТУ, 2023

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПО МЕТОДИЦІ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Практичні навички по експериментальному дослідженню студенти одержують у лабораторії кафедри. Лабораторний практикум містить вісім робіт.

Підготовка до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити відповідний теоретичний матеріал, засвоїти мету, суть роботи і її зміст, виконати домашнє завдання, що містить розрахунок параметрів досліджуваних схем, підготувати бланк звіту.

Допуск до виконання лабораторної роботи

До виконання роботи допускаються студенти, які не мають заборгованості за попередні лабораторні роботи.

Студенти, які не допущені до роботи, залишаються в лабораторії для самостійної підготовки до виконання лабораторної роботи. Якщо студент підготувався, він може бути допущений до роботи, у іншому випадку – відпрацювання призначається на додатковий час.

Порядок виконання роботи

Лабораторний практикум побудований так, що всі роботи виконують по бригадам, фронтальним методом, тобто всі бригади виконують аналогічні роботи.

При необхідності, перед початком виконання робіт, студенти вивчають методику користування вимірними приладами.

У процесі експерименту перевіряються результати розрахунків, фіксуються осцилограми, що дають уяву про фізичну суть процесів у схемах, з'ясовується вплив елементів схеми на параметри вихідних сигналів.

Робота вважається закінченою, якщо протокол досліджень перевірений та підписаний викладачем.

На виконання експериментальної частини роботи студенти витрачають 2–4 учбових години.

Протоколи досліджень і пропоновані розрахунки схем по всіх роботах заносяться в зошит, що є єдиним для бригади і зберігається до кінця лабораторного практикуму.

Оформлення звіту

Звіт про лабораторну роботу, що складається студентами, повинен відповідати протоколу проведеного експерименту. Звіт повинен містити досліджувані схеми, мету роботи, перелік використаних приладів, таблиці вимірюваних та обчислених параметрів, часові діаграми напруги, що дають уявлення про фізичні процеси в схемі, висновки по кожному пункту роботи. Зразок оформлення звіту приведено у додатку А.

При оформленні звіту необхідно дотримуватись ДСТУ (креслення схем, літерні позначення основних величин, елементів схем та ін.) Найменування ДСТУ приведені в додатку Б.

Правила безпеки роботи в лабораторії

Щоб запобігти ураження електричним струмом під час проведення лабораторних робіт і забезпечення збереження приладів та устаткування, необхідно дотримуватись наступних правил:

- до лабораторних робіт допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що виконується запис у спеціальному журналі;
- виконання експерименту проводиться бригадами, що складаються не менш чим з 2-х студентів;
- перед виконанням роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами експлуатації всієї наявної на робочому місці апаратури;
- зібрану схему дозволяється вмикати тільки після перевірки її викладачем або лаборантом;
- при виявленні оголених провідників або інших неполадок апаратури студент зобов'язаний вимкнути схему і доповісти про це викладачу або лаборанту;
- категорично забороняється під час роботи з електронною чи радіовимірювальною апаратурою доторкатися до радіаторів центрального опалення;

- у випадку ураження електричним струмом негайно вимкнути електроживлення робочого місця, потерпілому надати першу допомогу, у важких випадках викликати лікаря;
- при виникненні пожежі вимкнути електроживлення робочого місця і погасити вогонь вогнегасником;
- під час виконання лабораторних робіт не дозволяється вести голосну розмову, займатися сторонніми справами.

Лабораторна робота № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАТОРІВ ТА ІНТЕГРАТОРІВ НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ (ІС)

Мета роботи

Вивчити і дослідити інтегратори і диференціатори на операційних підсилювачах в інтегральному виконанні.

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка включає:

- макет лабораторної установки;
- осцилограф СІ-93.

Загальні відомості

1. Операційні підсилювачі

Для створення операційних підсилювачів (ОП) використовують підсилювач постійного струму з диференціальним вхідним каскадом, з дуже високим і стабільним коефіцієнтом підсилення (від 1000 до 100000), широкою смугою пропускання (від $f_n = 0$ до $f_g = 10 - 100$ МГц), високим вхідним і малим вихідним опорам, малим дрейфом нуля, несиметричним входом.

Умовне позначення підсилювача показано на рис. 8.1 а, його амплітудна характеристика приведена на рис. 8.1 б.

Вхід 1, позначений знаком плюс (рис.8.1 а), називають неінвертуючим (прямим), тому що сигнал на виході і сигнал на цьому вході мають однакову полярність. Вхід 2, позначений знаком мінус, називають інвертуючим, тому що сигнал на виході стосовно сигналу на вході має протилежну полярність. Живлення здійснюється від двох послідовно ввімкнених джерел, напруги яких однакові, але знаки щодо заземленої точки різні. Цим забезпечується нульова напруга на виході під час відсутності вхідного сигналу і можливість одержати вихідний сигнал позитивної або негативної полярності. Сигнал можна подавати від симетричного джерела сигналу, з'єднаного з загальним проводом, на вхід I – вхід II, або від двох окремих джерел, одно з яких

підключають до входу, що інвертує, і загальному проводу, іншої – до входу, що не інвертує і загальному проводу. Часто сигнал подають на вхід, що не інвертує, а через вхід, що інвертує, підсилювач охоплюють зворотним зв'язком (ЗЗ). У цьому випадку можна одержати пристрої з різними властивостями, що будуть визначатися параметрами ланцюга ЗЗ. За допомогою такого підсилювача можна здійснювати математичні операції (множення, інтегрування, диференціювання, порівняння та ін.)

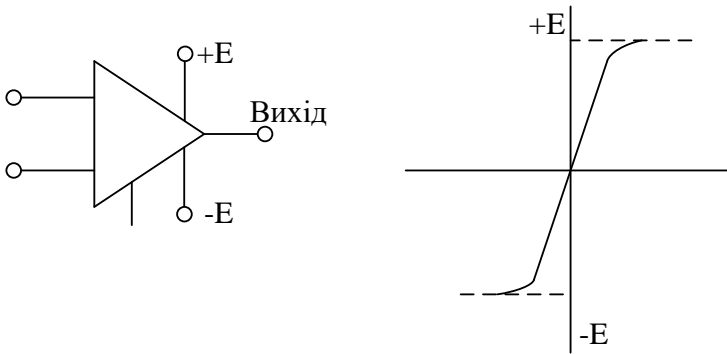


Рисунок 8.1 – Умовне позначення ОП та його амплітудна характеристика

2. Інтегратори і диференціатори

Інтегратор – електронний пристрій, у якого вихідна напруга являє собою інтеграл від величини вхідної напруги. При подачі на вхід інтегратора стрибка напруги на виході одержимо лінійно наростаючу напругу. Тривалість часу інтегрування і необхідна точність визначаються типом операційного підсилювача та елементами R і C .

Схема працює в такий спосіб. На мікросхемі $D1$ (рис. 8.2) зібраний генератор прямокутних імпульсів постійної частоти з одним ланцюгом задавання тривалості імпульсу. Тривалість імпульсів залежить від величини ємності $C1$ і резистора $R1$. З виходу генератора сигнал надходить на дільник, зібраний на резисторах $R2$ і $R3$, а з загальної точки дільника (КТ1) – на вхід інтегратора, зібраного на аналоговій мікросхемі $D2$. Форма вхідного сигналу U_{ex} (у точці КТ1) щодо загальної точки КТ2 показана на рис.8.2, а. Так-як вхідний опір операційного підсилювача дуже великий, то струм через резистор $R4$ буде текти і через конденсатор $C2$,

$$i_{C2} = \frac{U_{\text{вх}}}{R4} = -C\alpha \frac{U_{\text{вих}}}{dt}. \quad (8.1)$$

Форма сигналу на виході інтегратора в крапці КТ2 показана на рис. 8.1, б. Лівий вивід конденсатора $C2$ потенціально заземлений, тобто напруга дуже мала. Таким чином вихідна напруга ОП дорівнює напрузі на цьому конденсаторі:

$$U_{\text{вих}} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{вих}} dt. \quad (8.2)$$

Швидкість зростання переднього фронту і спаду заднього фронту вихідного сигналу залежить від величини ємності зворотного зв'язку $C2$ чи $C3$ і вибирається перемикачем $S2$.

З виходу інтегратора сигнал подається на вхід зібраного на аналоговій мікросхемі ДЗ диференціатора – електронного пристрою, у якого вихідна напруга пропорційна похідній від величини вхідної напруги:

$$U_{\text{вих}} = -RCd \frac{U_{\text{вх}}}{dt}, \quad (8.3)$$

тобто схема виконує функцію, зворотну інтегратору. На виході диференціатора спостерігається відновлений вхідний сигнал, що був поданий на вхід інтегратора. Скважність імпульсів на виході схеми залежить від величини резисторів $R10$ і $R11$ і вибирається перемикачем $S3$.

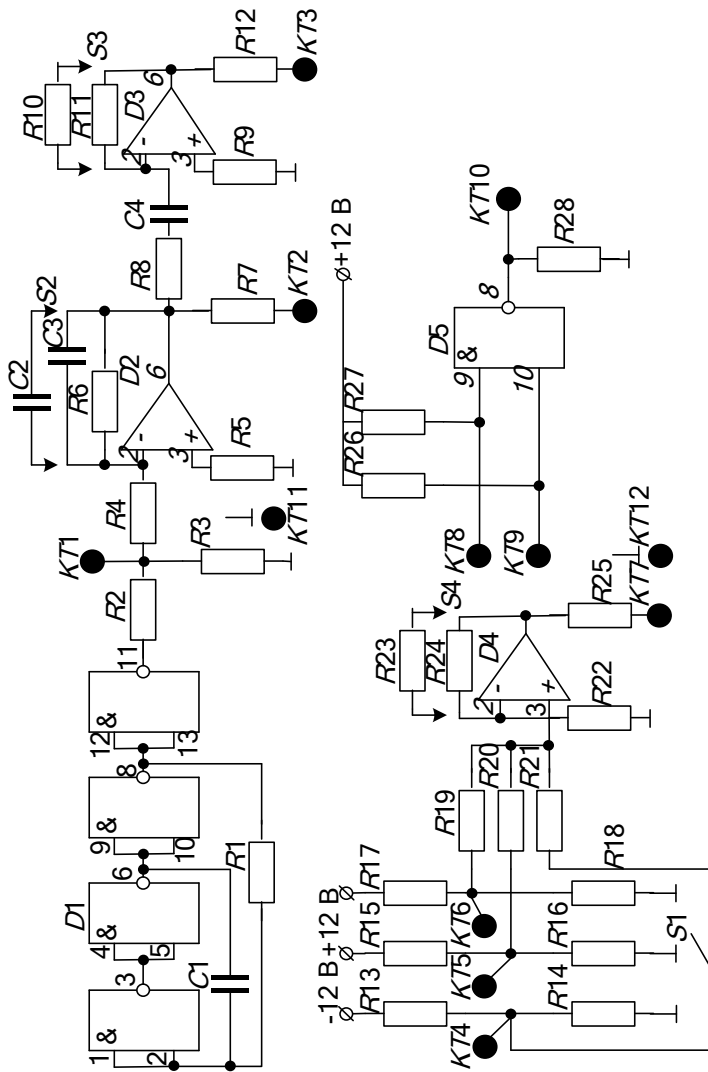


Рисунок 8.2 – Принципові електричні схеми інтегратора, диференціатора, суматора

Форма сигналу в точці КТ3 приведена на рис. 8.3, в.

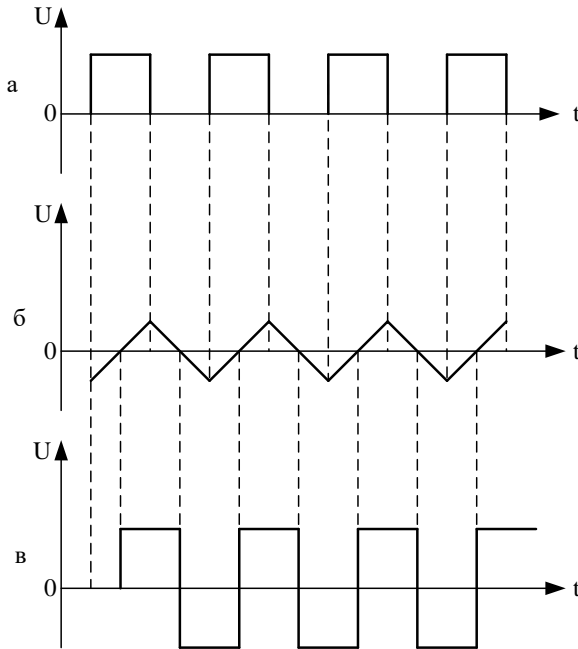


Рисунок 8.3 – Осцилограми сигналів в контрольних точках інтегратора (б) та диференціатора (в)

3. Суматор – електронний пристрій, у якого вихідна напруга є сумою двох чи більше вхідних напруг.

$$U_{вих} = U_{ex1} + U_{ex2} + \dots + U_{exn}. \quad (8.4)$$

Суматор зібраний на аналоговій мікросхемі *D4* і являє собою операційний підсилювач, що не інвертує. Пари резисторів *R13* *R14*, *R15–R16*, *R17*, *R18* являють собою ділянки напруги, з якими передбачається провести операцію додавання, а вхідні резистори *R19–R21* призначені для виключення впливу однієї напруги на інші.

При додаванні двох сигналів (точки КТ5 і КТ6) вхідні опори й опори зворотного зв'язку *R24* вибирають однаковими, а напруга на виході схеми відповідає виразу

$$U_{вих} = U_{КТ5} + U_{КТ6}. \quad (8.5)$$

При додаванні трьох і більш сигналів опір зворотного зв'язку

$$R_{зз} = (n - 1)R_{вх}, \quad (8.6)$$

де n – число сигналів, що складаються.

Для додавання трьох сигналів необхідно переставити тумблер $S1$ в положення “вправо”, а $S4$ – у нижнє.

4. Логічні елементи на діодах і біполярних транзисторах

Логічні елементи (вузли) призначені для виконання різних логічних (функціональних) операцій над дискретними сигналами при двійковим способі їхнього представлення.

Логічні інтегральні мікросхеми є елементами, на основі яких виконуються схеми цифрової техніки.

Логічний “АБО” елемент має кілька входів і один загальний вихід. Його умовна позначка показана на рис. 8.4, а.

Логічний “АБО” елемент виконує операцію логічного додавання (диз'юнкції):

$$F = X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n, \quad (8.7)$$

де F – функція;

$X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ – аргументи (змінні двійкові сигнали на входах).

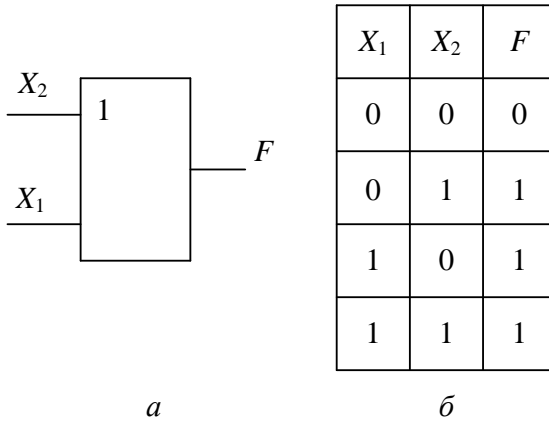


Рисунок 8.4 – Логічний елемент «АБО»

Функція $F = 0$, коли всі її аргументи дорівнюють нулю, і $F = 1$, якщо один, декілька або всі аргументи дорівнюють одиниці. Роботу схеми двокодового логічного елементі “АБО” ілюструє таблиця істинності, приведена на рис. 8.4, б.

Найбільше просто “АБО” елемент реалізується на діодах. Значення $F = 1$ на виході створюється передачею вхідного сигналу внаслідок відкриття відповідного діода. До діодів, для яких вхідний сигнал дорівнює нулю, прикладається зворотна напруга і вони знаходяться в закритому стані (рис. 8.5).

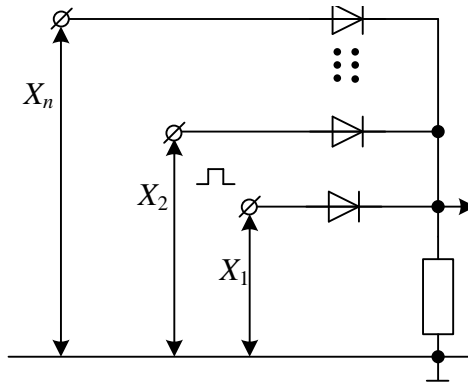


Рисунок 8.5 – Схема логічного елементу «АБО»

Логічний елемент «І» також має кілька входів і один вихід. Його умовна позначка показана на рис. 8.6, а.

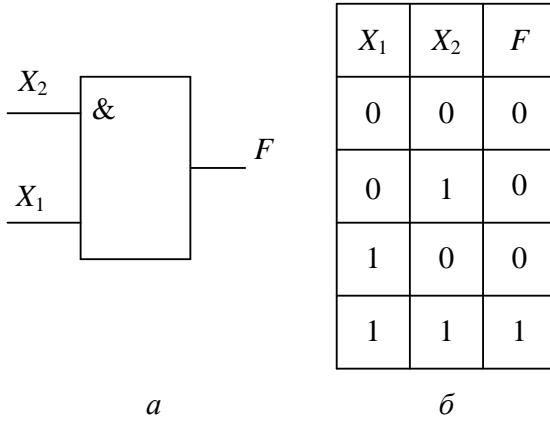


Рисунок 8.6 – Логічний елемент «І»

Логічний елемент «І» виконує операцію логічного множення (кон'юнкції):

$$F = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \dots X_n, \tag{8.8}$$

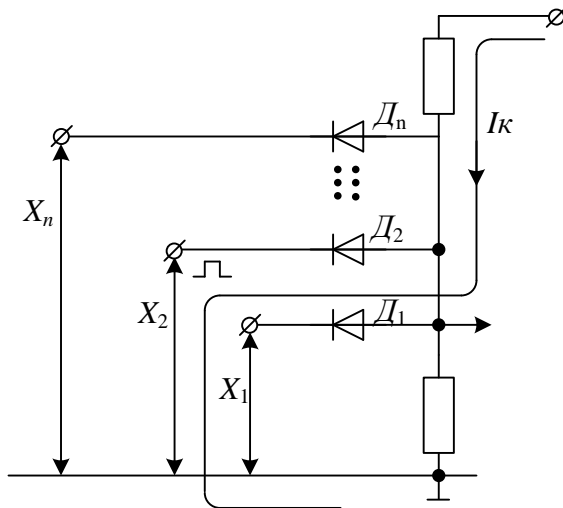


Рисунок 8.7 – Схема елемента «І» на діодах

Функція $F = 0$, коли хоча б один з її аргументів дорівнює нулю, і $F = 1$ при всіх аргументах, рівних одиниці.

Роботу схеми двокодового логічного елемента «І» ілюструє таблиця істинності, приведена на рис. 8.6, б.

Елемент «І» є схемою збігу: сигнал «І» по виходу з'являється при сигналі «І» на всіх входах.

Найпростіша схема елемента «І» на діодах приведена на рис. 8.7.

Відмінність її від схеми елементів “АБО” (див. рис. 8.5) полягає у зміні полярності включення діодів і наявності резистора $R1$, підключеного до шини «+» джерела живлення.

Схема працює в такий спосіб. При всіх вхідних сигналах, рівних одиниці, на катодах діодів мається позитивний потенціал щодо загальної точки і всі діоди закриті. На виході схеми створюється напруга $ER2/(R1+R2)$, що визначає $F = 1$. При нульовому значенні сигналу, хоча б на одному з входів, відповідний діод буде проводити струм і шунтувати резистор $R2$, що виконує, як і резистор R , у схемі на рис. 8.5, роль навантаження. Напруга на виході при цьому визначається спадом напруги на відкритому діоді і близька до нуля ($F = 0$). На рис. 8.7 показаний варіант, коли $X_1 = 0$ і проводить струм діод D .

Логічний елемент “НІ” має один вхід і один вихід. Його умовна позначка показана на рис. 8.8, а.

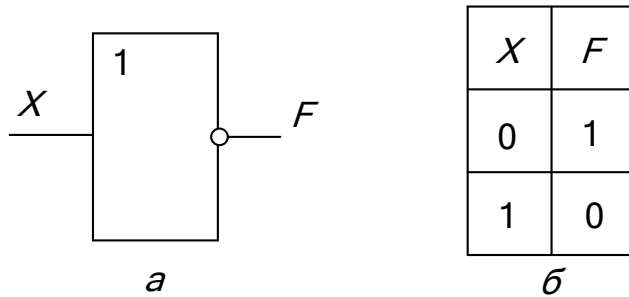


Рисунок 8.8 – Логічний елемент «НІ»

Елемент “НІ” виконує операцію інверсії (заперечення), у зв'язку з чим його часто називають логічним інвертором. Елементом реалізується функція $F = X$.

Сигналу $X = 0$ на вході відповідає $F = 1$ і навпаки при $X = 1$ $F = 0$.

Роботу схеми логічного елемента «НІ» ілюструє таблиця істинності (рис. 8.8, б).

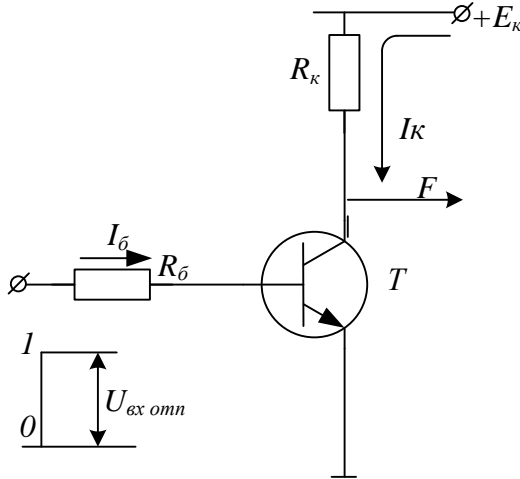


Рисунок 8.9 – Схема логічного елемента «НІ»

Логічний елемент «НІ» являє собою ключову схему на транзисторі (рис. 8.9). При $X = 0$ ($U_{вх} = 0$) транзистор закритий, напруга $U_{ке} \approx E_{к}$, тобто $F = I$.

При $X = I$ ($U_{вх} = U_{вх\text{ омн}}$) транзистор відкритий, напруга $U_{кэ} = \Delta U_{ке\text{ відкр}} \approx 0$ тобто $F = 0$. Відкритий стан транзистора забезпечується заданням струму бази, що вводить транзистор у режим насичення.

Логічний елемент «АБО» – «НІ». Умовна позначка показана на рис. 8.10 а. Він поєднує елементи «АБО» – «НІ» з черговістю проведення операції, показаної на рис. 8.10, б. У зв'язку з цим вхідним сигналам, рівним одиниці, відповідає логічний «0» на виході, а при нульових сигналах на усіх входах $F = 1$.

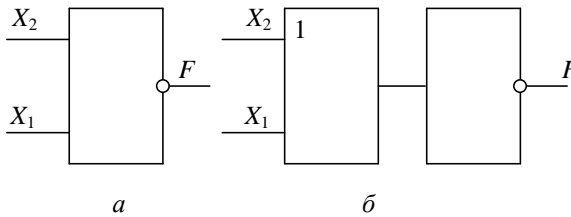


Рисунок 8.10 – Логічний елемент «АБО–НІ»

Функціональна операція, що виконується елементом “АБО–НІ” при входах, визначається виразом:

$$F = \overline{X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n}. \quad (8.9)$$

На рис.8.11 приведена схема логічного елемента “АБО ” – “НІ”, що представляє собою послідовне з'єднання елемента “АБО ” на діодах і елемента “НІ” на транзисторі. Логічні схеми такого сполучення визначають, зокрема, клас елементів так званої діодно–транзисторної логіки (ДТЛ).

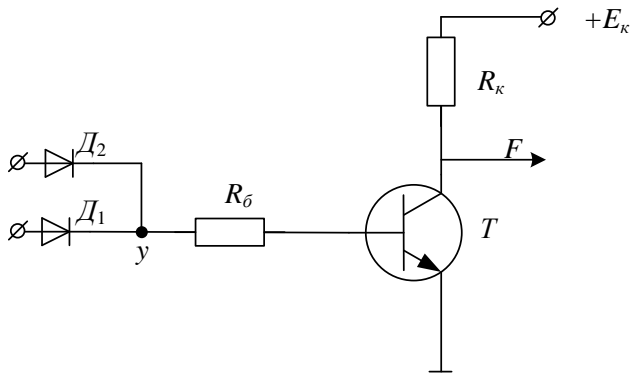


Рисунок 8.11 – Схема логічного елемента "АБО–НІ"

Порядок виконання роботи

1. Ввімкнути тумблер живлення $S5$ (“Вгору”).
2. Осцилографом у точці $KT1$ відносно $KT11$ перевірити наявність імпульсів з виходу генератора на мікросхемі $D1$.
3. У точці $KT2$ подивитися форму інтегрованого сигналу.
4. Тумблером $S2$ підключити ємність $C2$ і в точці $KT2$ простежити зміну швидкості зростання і спаду переднього і заднього фронтів інтегрованого сигналу.
5. У точці $KT3$ проконтролювати наявність диференційованого сигналу.
6. Тумблером $S3$ підключити резистор $R10$ і проконтролювати зміна диференційованого імпульсу в точці $KT3$.
7. Перевірити наявність постійних сигналів у точках $KT4$, $KT5$, $KT6$ та виміряти осцилографом їхньої величини.
8. При розімкнутому тумблері $S1$ і ввімкненому резисторі $R23$ ($S4$ – вниз) виконати додавання двох сигналів у точках $KT5$ і $KT6$, тобто, перевірити результат додавання в точці $KT7$.
9. Підключити резистор $R23$ ($S4$ – у нижнім положенні і $S1$ – ввімкнений). При цьому відбувається додавання трьох величин напруги у точках $KT4$, $KT5$, $KT6$.
10. По черзі вставляючи перемичку між точками $KT8$ і $KT12$, $KT9$ і $KT12$, перевірити стан виходу мікросхеми $D5$ у точці $KT10$ відповідно до таблиці істинності.

Контрольні питання

1. Призначення і практичне застосування операційних підсилювачів, інтеграторів і диференціаторів.

2. Призначення елементів схеми $R1, Z1; C2, Z3; R10, R11; Z4$ і $R_{заг}$ мікросхеми $D3; R13, R14; R15, R16; R17, R18; R23, R24$.

3. Пояснити принцип роботи елементів “АБО”, “НІ”, зібраної на мікросхемі (див. рис. 8.1).

4. Пояснити по осцилограмам, знятим з контрольних крапок, принцип роботи диференціатора та інтегратора.

5. Привести довідникові дані активних елементів, а також ІС, застосованих у лабораторній роботі з урахуванням режимів роботи схеми (частоти, струму, потужність що розсіюється і прикладеної напруги).

Додаток А

Основні стандарти, що використовуються при оформленні лабораторних робіт

1. ДСТУ 2.702–75. Правила виконання електричних схем.
2. ДСТУ 2.701–76. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання.
3. ДСТУ 2.747–68. Позначення. Умовні, графічні в схемах. Розміри умовних графічних позначень.
4. ДСТУ 2.743–72. Позначення умовні графічні в схемах. Двійкові логічні елементи.
5. ДСТУ 18.630–73. Трансформатори імпульсні. Основні параметри.

Буквені позиційні позначення елементів:

конденсатор – C ;

логічний елемент, мікросхема – D ;

резистор – R ;

потенціометр – RP ;

трансформатор, автотрансформатор – TV ;

діод, стабілітрон – VD ;

транзистор – VT ;

тиристор – VS .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, ОЭП. Справочник под редакцией Горюнова Н. Н. – М.: «Энергоиздат», 1987. – 744 с.
2. Новаченко И. В. Микросхемы для бытовой аппаратуры. Справочник / Новаченко И. В. и др. – М.: «Радио и связь», 1989. – 384 с.
3. Замятин В. Я. Тиристоры. Справочник / Замятин В. Я и др. – М.: "Радио и связь", 1987. – 576 с.
4. Терещук Р. М. Справочник радиолюбителя / Терещук Р. М. – Киев.: "Наукова думка", 1981. – 671 с.
5. Андреев Ю. Н. Резисторы. Справочник / Андреев Ю. Н. – М.: "Энергоиздат", 1981. – 352 с.
6. Нефедов А. В. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги. Справочник / Нефедов А. В., Гордеева В. И. – М.: "Радио и связь", 1990. – 401 с.
7. Забродин Ю. С. Промышленная электроника, учебник для ВУЗов. / Забродин Ю. С. – М.: "Высшая школа", 1982.
8. Транзисторы. Справочник под общей редакцией И. Ф. Николаевского. – М.: "Связь", 1969. – 624 с.

Навчальне видання

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАТОРІВ ТА ІНТЕГРАТОРІВ
НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ (ІС)

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи

ЧЕРЕНКОВ Олександр Данилович
ЧОРНА Марія Олександрівна

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,4

Наклад 50 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44