

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ
«ЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ АВТОМАТИКИ» (ЧАСТИНА 2) ЗА
ОСВІТНІМ РІВНЕМ «БАКАЛАВР» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
151 «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ»

Затверджено на засіданні кафедри
Комп'ютерно-інтегрованих технологій
та автоматизації.
Протокол № 2 від 22.11.18

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електронні пристрої автоматики» (Частина 2) за освітнім рівнем «Бакалавр» для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл. О.П. Мисов, Л.Д. Чумаков. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. – 31 с.

Укладачі О.П. Мисов, канд. техн. наук
Л.Д. Чумаков, доктор технічних наук

Відповідальний за випуск О.П. Мисов, канд. техн. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до лабораторних робіт
з дисципліни «Електронні пристрої автоматики» (Частина 2) за освітнім рівнем
«Бакалавр» для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

Укладачі : МИСОВ Олег Петрович
ЧУМАКОВ Лев Дмитрович

Технічний редактор Т.М. Кіжло
Комп'ютерна верстка Т.М. Кіжло

Підписано до друку 15.03.19. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Умов. друк. арк. 1,41. Обл.-вид. арк. 1,47. Тираж 100 прим. Зам. № 176.
Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015

ДВНЗ УДХТУ, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, 49005

Редакційно-видавничий відділ

Лабораторна робота № 5

Дослідження ключового каскаду і мультівібраторів на транзисторах та інтегральних мікросхемах

Мета роботи – дослідити вихідні параметри транзисторного ключа, автоколивальний та очікувальний мультівібратори на транзисторах та інтегральних мікросхемах.

Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд являє собою пристрій, на лицьовій панелі якого розташовані всі ручки та органи регулювання і керування:

1. Тумблер включення стенда «СЕТЬ» та сигнальна лампочка включення.
2. Органи керування і вольтметри напруги живлення Ек і зміщення Есм транзисторних схем, мікроамперметр Іб, за допомогою якого вимірюється значення току бази транзистора в ключовій схемі.

3. Схема групи «ВХОД», яка включає гнізда 1–3, при цьому керуючий сигнал може подаватися на схему через роз'єднувальний конденсатор Ср без постійної складової (вхід 1) або з постійною складовою (вхід 2). При керуванні схемою від зовнішнього джерела прямокутних імпульсів використовується вхід 3 з диференційним колом СдРд, який включається за допомогою тумблера В1, при цьому за допомогою потенціометра Рд забезпечується повільне керування тривалості вихідного імпульсу диференційного кола.

4. Група органів керування «ГЕНЕРАТОР», яка складається з таких підгруп:

а) «ЧАСТОТА», яка в собі містить перемикач п'яти піддіапазонів і потенціометр повільного керування частоти в межах кожного діапазону, при цьому забезпечується зміна частоти керуючих імпульсів в межах піддіапазонів, Гц:

- перший – 34...92;
- другий – 128...260;
- третій – 370...740,
- четвертий – 1920...3740;
- п'ятий – 9700...35000;

б) «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ», яка в собі містить потенціометри повільного керування тривалості прямокутних імпульсів позитивної полярності \square і гострокінцевих імпульсів негативної полярності V;

в) «АМПЛИТУДА», яка в собі містить потенціометри повільного керування амплітуди позитивних прямокутних імпульсів \square 0...2,4 В, негативних гострокінцевих імпульсів V 0...1,2 В і тумблер перемикач форми вихідних імпульсів генератора \square, V (генератор імпульсів використовується при дослідженні ключового каскаду на транзисторі та очікувальний мультівібраторів, при цьому вихідні імпульси знімаються з гнізд 18 або 19 «ВЫХ.ГЕН.» і 13–17^Л).

5. Схема групи «ВЫХОД», «НАГРУЗКА» і органи керування «НАГРУЗКА» містять:

- а) перемикач В2, який має два положення 1 і 2 для підключення одного з двох виходів змінних плат до елементів навантаження;
- б) перемикач В3 виду навантаження (положення 1 – підключається повільно активне навантаження, яке керується потенціометром Рн через роздільний

конденсатор C_n ; положення 2 – підключається диференційне коло $C_d R_d$ з потенціометром R_d повільного керування сталої часу диференційного кола);

в) перемикач B_4 – для ступінчатої зміни сталої часу диференційного кола;

6. група «КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ», яка містить в собі гнізда 4–9, і група «ВЫХОД» – гнізда 10–12 призначені для підключення осцилографа до характерних точок досліджуваних схем, група гнізд 13-17 об'єднана з корпусом стенда.

Крім розглянутих вузлів і блоків на передній панелі розташовані органи керування, які відносяться безпосередньо до досліджуваних приладів, принципи схеми яких зображені на змінних платах 1–6.

Плата 1 (рис.5.1). Ключовий каскад на транзисторі n-p-n типу керується позитивними прямокутними імпульсами, які подаються за допомогою з'єднувального шнура з виходу генератора на гніздо 1 групи «ВХОД» і далі через резистори R_{61} і R_{62} на базу транзистора VT .

При дослідженні схеми на базу VT подається керована напруга зміщення негативної полярності, значення якої змінюється за допомогою потенціометра $E_{см}$, а включення його в коло бази виконується за допомогою тумблера B_2 в групі органів керування 1 на передній панелі стенда.

Опір навантаження колекторного кола транзистора змінюється потенціометром R_k .

Комутація схемних варіантів транзисторного ключа виконується за допомогою перемикача B_1 групи 1. В положенні 1 в коло бази транзистора вмикається форсуючий конденсатор, ємність якого може змінюватися тумблером C_y . В положенні 2 в схемі реалізується нелінійний зворотній зв'язок між входом і виходом за допомогою діода VD .

В базове коло транзистора для вимірювання вхідного струму включений мікроамперметр. Контрольні точки схеми (колектор і база транзистора) виведені на гніздо 6 «КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ» і гніздо 11 «ВЫХОД»).

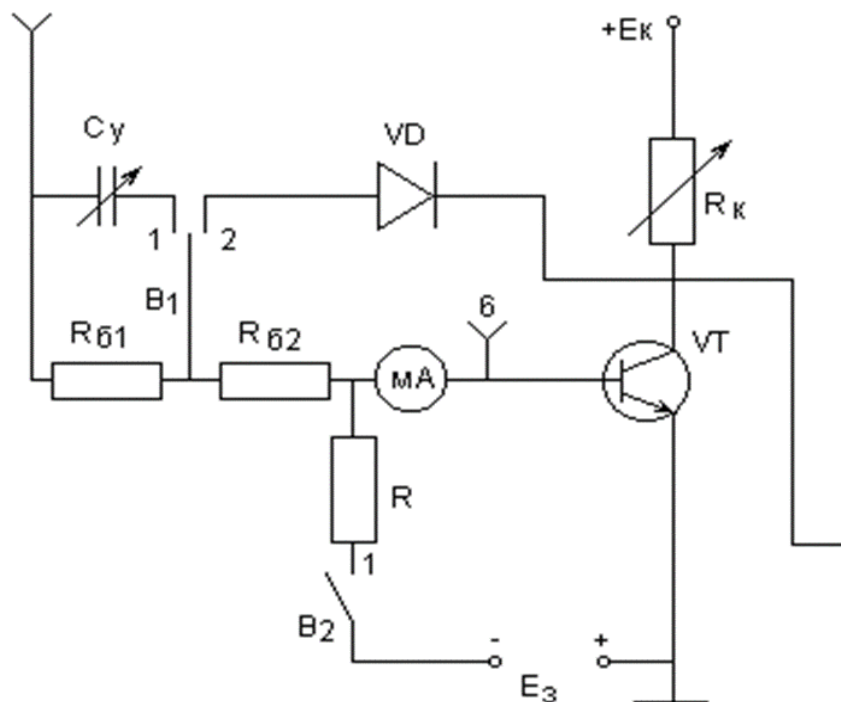


Рис.5.1 – Ключовий каскад

Плата 2 (рис.5.2). Автоколивальний мультивібратор з колекторно-базовими зв'язками виконаний за звичайною схемою самозбуджуючого мультивібратора з зовнішнім зміщенням і містить два імпульсних підсилювача на транзисторах VT1 і VT2, охоплених петлею позитивного зворотного зв'язку. Схема забезпечує повільно-ступінчасту зміну частоти вихідних імпульсів:

- зміною ємності часозадаючих конденсаторів СБ1 і СБ2 відповідним перемиканням тумблера Сб в групі органів керування 2 на лицьовій панелі стенда;
- повільною зміною опору резисторів Rб1, Rб2 часозадаючого кола за допомогою потенціометра в групі 2;
- зміною напруги зміщення потенціометром Есм;
- зміною колекторної напруги потенціометром ЕК.

Напруга контролюється вольтметрами Ек, Есм.

Тривалість імпульсів напруги, які знімаються з колекторів транзисторів VT1 і VT2, змінюється за допомогою потенціометра в групі 2, що забезпечує несиметричний режим роботи мультивібратора.

Форма напруг на базах і колекторах транзисторів VT1 і VT2 спостерігається в контрольних точках (гнізда 4, 5, 7, 10 груп «КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ» і «ВЫХОД»).

Плата 3 (рис.5.3). Автоколивальний мультивібратор з корегуючими діодами виконаний за схемою самозбуджуючого мультивібратора з зовнішнім зміщенням і з ємнісними колекторно-базовими зв'язками на транзисторах VT1 і VT2. Для розмежування кіл заряду і розряду часозадаючих конденсаторів СБ1 і СБ2 підключені корегуючі діоди VD1, VD2 та зарядні резистори R'к1, R'к2. Включення додаткових елементів дозволяє значно покращити форму вихідних імпульсів напруги, частота яких змінюється потенціометром Есм. Спостереження форми напруг на базі транзистора VT2, на аноді діода VD2 і колекторах обох транзисторів виконується в контрольних точках (гнізда 4, 7, 8, 10 груп «КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ» і «ВЫХОД»).

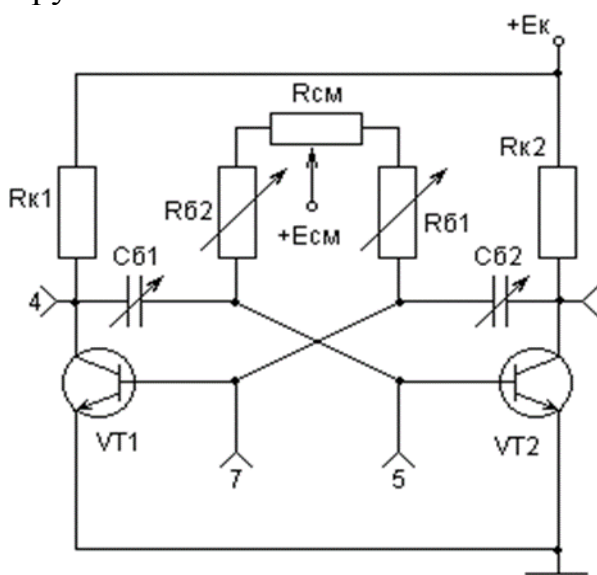


Рис.5.2 – Автоколивальний мультивібратор

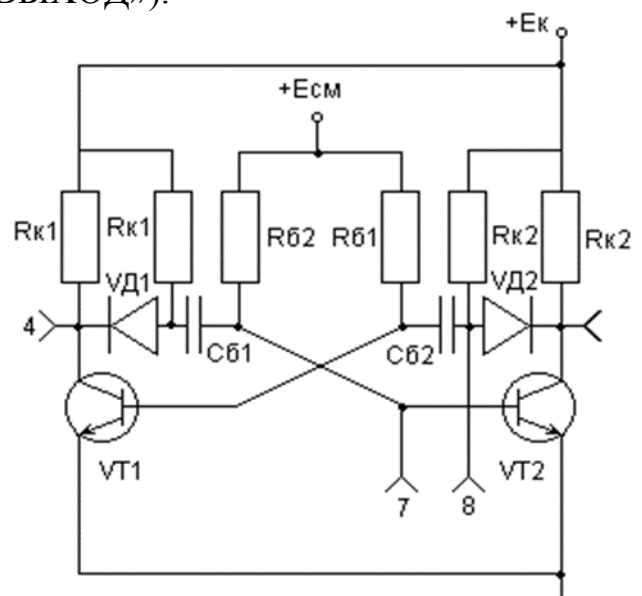


Рис.5.3 – Автоколивальний мультивібратор

Плата 4 (рис.5.4). Мультивібратор з емітерним зв'язком виконаний на транзисторах VT1, VT2 і працює в чекаючому режимі. В початковому стані транзистор VT1 зачинений, а транзистор VT2 відкритий і насичений. Стійкий стан схеми забезпечується відповідним вибором параметрів елементів схеми і присутністю загальноемітерного резистора R4. Для запуску схеми необхідно подати керуючий імпульс негативної полярності з виходу задаючого генератора на вхід (гніздо 1) за допомогою з'єднувального дроту.

Частота вихідних імпульсів напруги на колекторі транзистора VT2 визначається частотою запускаючих імпульсів, а тривалість – постійною часу часозадаючого кола C_6R_6 , значення якої може змінюватися перемиканням тумблера С6 в групі керування 4. Форма напруг на базах обох транзисторів, колекторі транзистора VT2 і загальноемітерному резисторі R4 досліджується підключенням до гнізд 5, 7, 8, 10 груп «КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ» і «ВЫХОД».

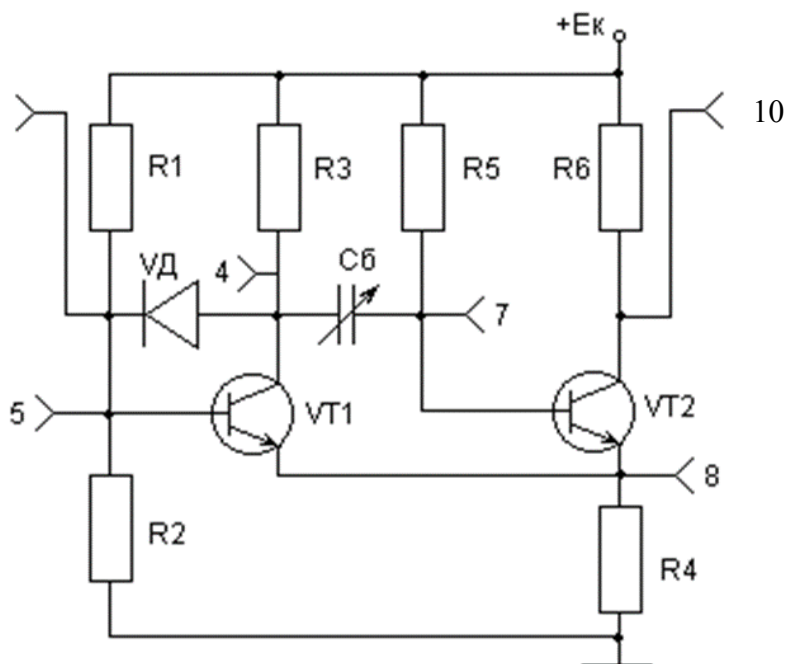


Рис.5.4 – Мультивібратор з емітерним зв'язком

Плата 5 (рис.5.5). Автоколивальні мультивібратори на інтегральних мікросхемах виконані з різними часозадаючими колами.

Автоколивальний мультивібратор Г1 виконаний на елементах Э1.1-Э1.4 мікросхеми Э1 типу К155ЛА3. Часозадане коло містить елементи С1 R4. Зміна опору резистора потенціометром R4 у групі керування 5 на лицьовій панелі викликає зміну частоти проходження імпульсів вихідної напруги. Форма напруг досліджується в точках 4, 8, 10 при перемиканні тумблера В2 групи «НАГРУЗКА» в положення 1.

Автоколивальний мультивібратор Г2 другого типу складений на елементах Э2.1-Э2.4 інтегральної мікросхеми Э2 типу К155ЛА3 і містить часозадане коло з елементів С2, R5. Частота вихідних імпульсів керується зміною опору часозаданого кола потенціометром R5 групи керування 5. Форма напруг розглядається в точках 6, 7, 9, 10 при перемиканні тумблера В2 групи «НАГРУЗКА» в положення 2.

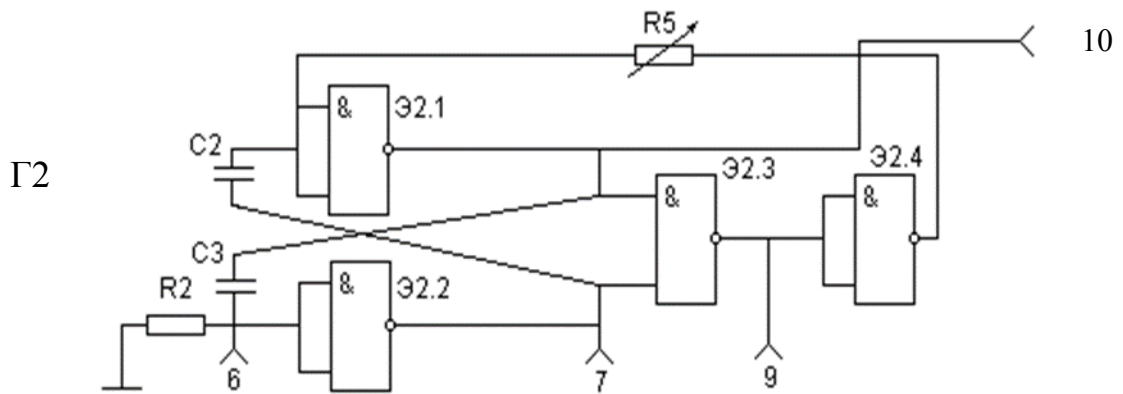
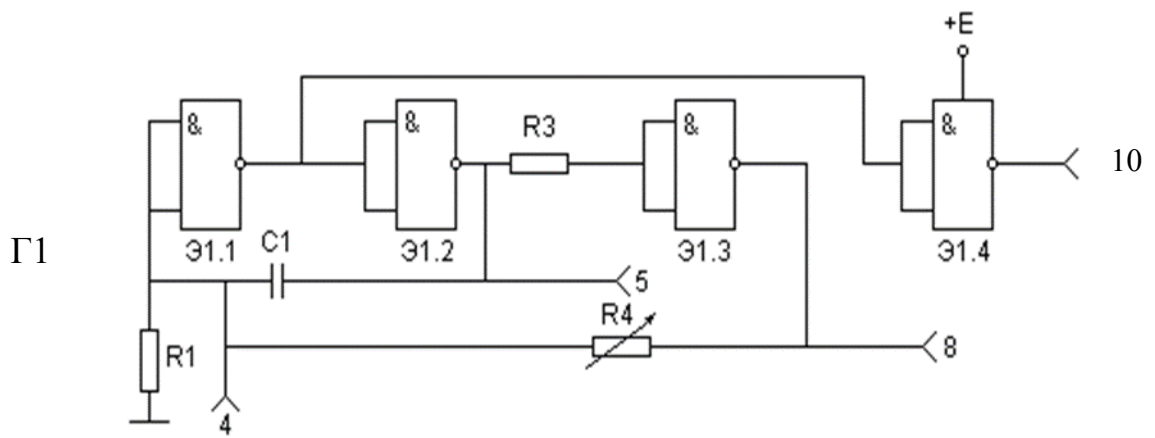


Рис.5.5 – Автоколивальні мультивібратори

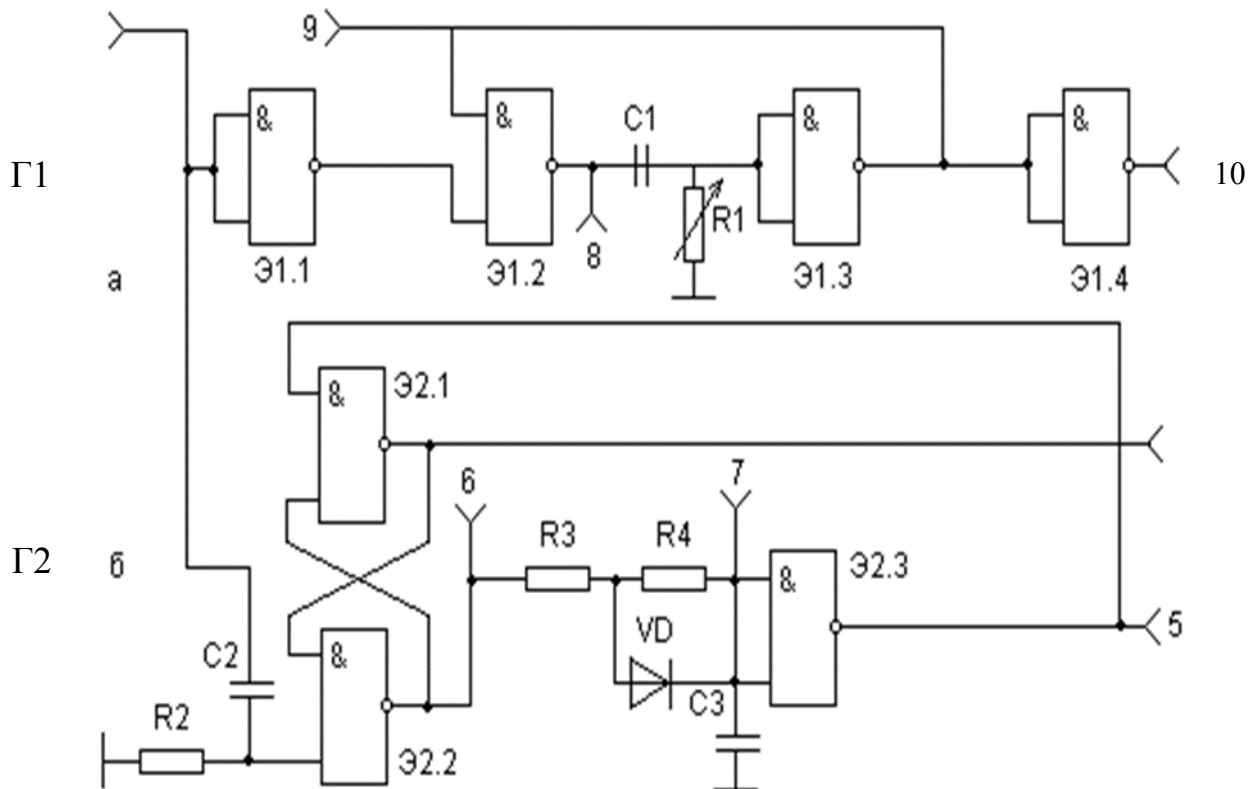


Рис.5.6 – Чекаючі мультивібратори

Плата 6 (рис. 5.6). Чекаючи мультівібратори Г1, Г2 зібрані на інтегральних мікросхемах Э1 і Э2 типу К155ЛА3. Для формування імпульсу на входи мультівібраторів необхідно подати запускаючи імпульси позитивної або негативної полярності з параметрами, що керуються, від генератора імпульсів (гніздо «ВЫХ.ГЕН») за допомогою з'єднувального дроту на гніздо 1 групи «ВХОД». Тривалість вихідних імпульсів повільно керується потенціометром групи керування 6 на лицьовій панелі стенда.

Форма імпульсів напруги у характерних точках схеми досліджується електронним осцилографом, підключеним до гнізд 4, 5, 7-10 при відповідному положенні тумблера В2 групи керування «НАГРУЗКА».

Підготовка стенда до роботи

1. Уважно ознайомитись з описом лабораторного стенда і його головних вузлів та блоків.

2. Вимикач «СЕТЬ» встановити в нижнє положення.

3. Ручки для регулювання Ек, Есм, «АМПЛИТУДА» встановити в ліве крайнє положення. Ручки для регулювання (Рд, «ЧАСТОТА», «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ», Рн, Рк, Рб, Рсм, R1, R4) зафіксувати в середньому положенні.

4. Перемикач В2 «ВХОД» встановити в нижнє положення, В3 групи «НАГРУЗКА» і В1 групи органів керування 1 – в середнє положення.

5. Інші перемикачі групи органів керування можуть знаходитись в будь - якому положенні.

6. Встановити на передній панелі стенда змінну плату зі схемою для дослідження (за вказівкою викладача) та закріпити її двома гвинтами.

7. Увімкнути тумблер «СЕТЬ», при цьому повинна загорітися лампочка сигналізації.

Примітка: плати схем змінювати тільки при вимкненому живленні з дозволу викладача.

8. Включити електронний осцилограф.

Робоче завдання

При виконанні лабораторної роботи викладач задає перелік досліджуваних схем.

1) Дослідження ключового каскаду на транзисторі.

1. Встановити на стенд змінну панель 1 і підготувати його до роботи.

2. Органами групи керування «ГЕНЕРАТОР» за допомогою осцилографа, підключеного до гнізд «ВЫХ.ГЕН», встановити тривалість прямокутних імпульсів керування 10 мкс та частоту проходження 20 кГц, при цьому перемикач «ЧАСТОТА» повинен знаходитись в положенні 5, тумблер «АМПЛИТУДА» – в положенні \square .

3. Встановити потенціометр R_n групи «НАГРУЗКА» в крайнє праве положення, тумблери групи керування 1: B_1 – в положення 1, B_2 – вертикально униз, C_u – в положення 1000, потенціометр R_k цієї групи – в крайнє лівє положення.

4. Потенціометром E_k встановити напругу джерела колекторного живлення транзистора 10 В.

5. За допомогою з'єднувальних дротів подати керуючі імпульси на вхід транзисторного ключа, для чого з'єднати гніздо «ВИХ.ГЕН.» з гніздом 1 «ВХОД».

6. Підключити вхід осцилографа до колектору транзистора (гніздо 11) та, змінюючи амплітуду керуючих імпульсів потенціометром \square 0...2,4 В, встановити режим насичення транзистора, для чого за допомогою осцилографа визначити амплітуду вхідних імпульсів, амплітуду і тривалість вихідних імпульсів, тривалість фронту та спаду імпульсів напруги на колекторі транзистора, а також струм бази I_b . Зарисувати форму напруги на базі (гніздо 6) і колекторі (гніздо 11) транзистора.

7. Перемкнути тумблер C_u групи керування 1 в положення 10000 і виконати завдання п. 6.

8. Встановити потенціометр R_k групи керування 1 в крайнє праве положення, тумблер C_u – в положення 1000 і виконати завдання пп. 6, 7.

9. Перевести органи управління групи 1: тумблер B_1 – в положення 1, B_2 – в положення 1, C_u – в положення 1000, потенціометр R_k – в крайнє лівє положення. Потенціометром $E_{см}$ встановити замикаючу напругу 1В на базі транзистора. Виконати завдання пп. 6 – 8.

10. За допомогою осцилографа, який підключається по черзі до гнізд 6 і 11, для двох положень тумблера B_1 визначити вплив нелінійного негативного зворотного зв'язку (включення діода VD) на затримку вимикання транзистора, зумовлену кінцевим часом розсисання збиткових носіїв зарядів в базі.

2) Дослідження автоколивального мультівібратора на транзисторах з колекторно-базовими зв'язками і керуванням частоти.

1. Встановити на стенд змінну панель 2 і підготувати стенд до роботи.

2. Тумблери керування групи «НАГРУЗКА» зафіксувати: B_2 – в положенні 1, B_3 – в середньому положенні; групи керування 2: тумблер C_6 – в положенні 0,015, потенціометр R_6 – в крайньому лівому положенні.

Потенціометром E_k встановити значення колекторної напруги 10 В, $E_{см}$ – напруги зміщення 5 В.

3. Підключити вхід осцилографа до колекторів транзисторів VT1, VT2 (гнізда 4,10); за допомогою потенціометра $R_{см}$, групи 2 встановити симетрію схеми, тобто рівність тривалостей вихідних імпульсів кожного з пліч схеми мультівібратора.

4. Змінюючи опір часозадаючого кола потенціометром R_6 групи 2 від найбільшого значення до найменшого, обертаючи ручку від крайнього лівого положення до крайнього правого, для п'яти положень визначити по

осцилографу, вхід якого підключений до гнізда 4, основні параметри вихідних імпульсів: амплітуду U_m , тривалості імпульсу t_i , паузи t_n , фронту t_f , спаду t_c , період T проходження імпульсів.

Розрахувати частоту вихідних імпульсів $f = 1/T$. На підставі відомого значення C_b знайти відповідне значення опору резистора R_b . Побудувати залежність $f=f(R_b)$.

5. Змінюючи потенціометром E_{cm} напругу зміщення від 5 до 10 В через 1 В, для кожного значення E_{cm} виконати завдання п.4). Побудувати за результатами залежність $f = f(E_{cm})$.

При одному із значень E_{cm} зняти осцилограми напруг на базах (гнізда 7,5), колекторах (гнізда 4,10) транзисторів VT_1, VT_2 .

6. Для одного з випробувань попереднього пункту дослідити вплив навантаження на параметри вихідної напруги. Для цього необхідно:

- а) перемикач B_3 групи «НАГРУЗКА» встановити в положення 1 і, змінюючи R_n цієї групи, простежити на екрані осцилографа, вхід якого підключений до гнізда 11, зміну напруги на навантаженні;
- б) перемикач B_3 встановити в положення 2 і, змінюючи R_d групи «НАГРУЗКА», простежити на екрані осцилографа, вхід якого підключений до гнізда 12 «ВЫХОД», форму напруги на навантаженні і зняти її осцилограму. Цей пункт необхідно виконати для двох значень C_d групи «НАГРУЗКА».

7. Перемкнути тумблер C_b групи керування 2 в положення 0,15 і виконати завдання пп. 3 – 5.

3) Дослідження автоколивального мультивібратора на транзисторах з коректуючими діодами.

1. Встановити на стенд змінну панель 3 і підготувати стенд до роботи.

2. Тумблери керування групи «НАГРУЗКА» встановити: B_2 – в положення 1, B_3 – в середнє положення. Потенціометрами E_k і E_{cm} зафіксувати напругу колекторного живлення $E_k = 10$ В і зміщення $E_{cm} = 5$ В.

3. Визначити по осцилографу, вхід якого підключений до гнізда 10, основні параметри вихідних імпульсів: амплітуду U_m , тривалості імпульсу t_i , паузи t_n , фронту t_f , спаду t_c , період проходження імпульсів T .

Розрахувати: частоту вихідних імпульсів $f = 1/T$, а за значенням ємності часозадаючого конденсатора $C_b = 0,15$ мкФ опір резистора.

4. Змінюючи потенціометром E_{cm} напругу зміщення від 5 до 10 В через 1 В, для кожного значення E_{cm} виконати завдання п.3). Побудувати за результатами залежність $f = f(E_{cm})$.

При одному із значень E_{cm} зняти осцилограми напруг на колекторах VT_1, VT_2 (гнізда 4,10), на базі транзистора VT_2 (гніздо 7) та аноді корегуючого діода VD_2 (гніздо 8).

5. Дослідити вплив навантаження на параметри вихідних імпульсів напруги, виконавши завдання п. 2.6. Порівняти результати розрахунків і осцилограми.

4) Дослідження чекаючого мультівібратора з емітерним зв'язком на транзисторах.

1. Встановити на стенд змінну панель 4 і підготувати стенд до роботи.
2. Органами групи керування «ГЕНЕРАТОР» за допомогою осцилографа, підключеного до гнізд «ВЫХ.ГЕН.», встановити частоту гострокінцевих імпульсів негативної полярності 500 Гц (перемикач «ЧАСТОТА» повинен знаходитись в положенні 3); потенціометром «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» V встановити тривалість імпульсу 10 мкс, потенціометром «АМПЛИТУДА» – амплітуду імпульсу не менш як 1,2 В, при цьому тумблер \square , V повинен знаходитись в положенні V.
3. Потенціометром Ек встановити напругу джерела колекторного живлення транзисторів 10 В; тумблер Сб групи органів керування 4 зафіксувати в положенні 0,1.
4. За допомогою з'єднувальних дротів подати керуючі імпульси через діод VD на колектор транзистора VT1, з'єднавши гніздо 18 або 19 «ВЫХ.ГЕН» з гніздом 1 «ВХОД».
5. Визначити за осцилографом, вхід якого підключений до гнізда 10, параметри вихідних імпульсів напруги: амплітуду U_m , тривалості імпульсу t_i , фронту t_f , паузи t_n , спаду t_c , період T , скважність $Q = T/t_i$. Розрахувати: частоту проходження імпульсів $f = 1/T$, а за значенням ємності часозадаючого конденсатора Сб опір резистора:

$$R_6 = \frac{t_i}{C_6 \cdot \ln 2}$$

Зняти осцилограми напруг на базах (гнізда 5,7), колекторах (гнізда 4,10) транзисторів і на загальноемітерному резисторі R4 (гніздо 8), визначивши амплітуду перепаду напруги на ньому.

6. Тумблер Сб групи органів керування 4 перевести в положення 0,5 і виконати завдання п. 5.
7. Дослідити вплив навантаження на параметри вихідних імпульсів, виконавши завдання п. 2.6.

5) Дослідження автоколебального мультівібратора на інтегральних мікросхемах.

1. Встановити на стенд змінну панель 5 і підготувати стенд до роботи.
2. Тумблер В2 групи органів керування «НАГРУЗКА» зафіксувати в положенні 1, перемикач В3 цієї ж групи в середньому положенні.
3. Потенціометром R4 групи керування 5 змінювати опір резистора кола зворотного зв'язку від найбільшого до найменшого значення, обертаючи ручку від крайнього лівого положення до крайнього правого.
4. Для 4-5 положень R4 визначити по осцилографу, підключеному до гнізда 10, основні параметри вихідних імпульсів: амплітуду U_m , тривалості імпульсу t_i , паузи t_n , фронту t_f , спаду t_c ; розрахувати: період T , частоту f , скважність Q цих імпульсів.

5. Зняти осцилограми напруг в характерних точках схеми мультівібратора (гнізда 4, 5, 8).

6. Дослідити вплив навантаження на параметри вихідних імпульсів, виконавши завдання п.2.6).

7. Тумблер В2 групи керування «НАГРУЗКА» встановити в положення 2, при цьому перемикач В3 цієї групи повинен знаходитись в середньому положенні.

8. Потенціометром R5 групи керування 5 змінювати опір резистора кола зворотного зв'язку від максимального значення до мінімального, обертаючи ручку від крайнього лівого положення до крайнього правого.

9. Для визначення параметрів вихідних імпульсів виконати п. 4.

10. Зняти осцилограми напруг в характерних точках схеми (гнізда 6,7,9);

11. Дослідити вплив навантаження на параметри вихідних імпульсів, виконавши завдання п. 2.6.

б) Дослідження чекаючого мультівібратора на інтегральних мікросхемах.

1. Встановити на стенд змінну панель б і підготувати стенд до роботи.

2. Органами групи керування «ГЕНЕРАТОР» за допомогою електронного осцилографа, підключеного до гнізд «ВЫХ.ГЕН.», встановити частоту прямокутних імпульсів 500 Гц (перемикач «ЧАСТОТА» повинен знаходитись в положенні 3); потенціометром «АМПЛИТУДА» \square , V встановити амплітуду імпульсу 2,4 В, при цьому тумблер \square , V повинен знаходитись в положенні \square , потенціометром «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» \square встановити тривалість керуючого імпульсу 10 мкс.

3. За допомогою з'єднувальних дротів подати керуючі імпульси на вхід чекаючого мультівібратора, з'єднавши гніздо «ВЫХ.ГЕН.» з гніздом 1 «ВХОД».

4. Тумблер керування групи «НАГРУЗКА» зафіксувати в положенні 1, перемикач В3 – в середньому положенні.

5. Потенціометром R1 групи керування 6 встановити 4-5 значень опору резистора часозадаючого RC – кола мультівібратора, для кожного положення виконати п.5.4).

6. Зняти осцилограми напруг в контрольних точках мультівібратора на інтегральній мікросхемі Э1 (гнізда 8, 9).

7. Тумблер В2 групи керування «НАГРУЗКА» встановити в положення 2, на вхід схеми подати керуючі імпульси позитивної або негативної полярності з частотою 500 Гц і тривалістю імпульсу 10 мкс.

8. За допомогою осцилографа, підключеного до гнізда 10, визначити параметри вихідних імпульсів: амплітуду U_m , тривалості імпульсу t_i , паузи t_n , фронту t_f , спаду t_c , період T , частоту f , скважність Q .

9. Зняти осцилограми напруг в контрольних точках схеми мультівібратора на інтегральній мікросхемі Э2 (гнізда 4, 7).

10. Дослідити вплив навантаження на параметри вихідних імпульсів, виконавши завдання п.2.6.

Методичні вказівки для дослідження ключового каскаду і мультівібраторів

При дослідженні ключового каскаду на транзисторі необхідно мати на увазі, що підсилювальний елемент в цій схемі може працювати в двох режимах – лінійного підсилення і насичення. Частіше за все використовується режим насичення, який забезпечує стабільність форми і амплітуди вихідних імпульсів при зміні параметрів елементів схеми. Він забезпечується при виконанні умови $\beta I_b > I_{кн}$, при цьому колекторний струм транзистора не залежить від значення базового струму і обумовлюється в основному напругою джерела колекторного живлення E_k та опором резистора R_k .

Форма вихідних імпульсів напруги, які знімаються з колектору транзистора за ідеальної форми керуючих імпульсів, визначається частотними властивостями самого транзистора, тобто сталої часу

$$\tau_{\beta} = \frac{\beta}{2\pi f_{\alpha}}$$

При оцінці впливу прискорюючих конденсаторів на тривалість фронту і спаду імпульсу необхідно звернути увагу на ці величини при різних значеннях ємності конденсатора, отож значення цієї ємності визначає ємнісну складову базового струму і відповідно час роботи транзистора в режимі лінійного підсилення.

Слід врахувати особливості роботи схеми з включеним діодом VD. Оскільки при насиченні транзистора в його базі концентрується збитковий заряд неосновних носіїв, для розсисання яких потрібен певний час, то максимальна частота перемикання транзисторного ключа обмежена.

При включенні діода VD в схемі діє нелінійний негативний зворотній зв'язок, виключаючи перехід транзистора в насичений режим, при цьому підсилюючий прилад знаходиться на межі насичення.

Схема автоколивального мультівібратора з ємнісними колекторно-базовими зв'язками представляє собою двокаскадний імпульсний підсилювач, охоплений петлею позитивного зворотного зв'язку. При її дослідженні необхідно звернути увагу на особливості засобів керування частоти вихідних імпульсів. Із співвідношення для тривалості цих імпульсів в симетричній схемі

$$t_i = C_b \cdot R_b \cdot \ln((E_k + E_{см})/E_{см})$$

впливає, що частота залежить від величин R_b , C_b , E_k , $E_{см}$.

Зміною ємності часозадаючих конденсаторів C_b частота вихідних імпульсів керується дискретно, частота всередині кожного діапазону повільно керується зміною R_b і $R_{см}$. При цьому необхідно мати на увазі, що керувати частотою шляхом зміни опорного резистора R_b можна лише у вузьких межах (10...15%), через те що для даної схеми $R_b \leq (\beta - 2)R_k$, а $R_k \geq E_k/I_{кдоп}$.

Необхідно звернути увагу на тривалість фронту і спаду вихідних імпульсів мультівібратора. Напруга на колекторі транзистора, який закрився, зростає з постійною часу заряду часозадаючого конденсатора $\tau_{зар} = C_b \cdot R_k$ і за час $t = 2,2\tau_{зар}$ досягає сталого значення. Тривалість спаду імпульсу t_c визначається частотними властивостями самого транзистора ($t_c \approx 2,2\tau_\beta$).

Суттєва різниця тривалостей t_ϕ та t_c наочно виявляється у формі напруги при підключенні до виходу мультівібратора в якості навантаження диференційного кола $C_d R_d$, в зв'язку з чим доцільно визначити і порівняти амплітуду позитивних і негативних імпульсів на виході цього кола.

Параметри елементів схеми автоколивального мультівібратора з корегуючими діодами ($R_k = 1 \text{ кОм}$, $R'_k = 1 \text{ кОм}$, $C_b = 0,15 \text{ мкФ}$) подібні параметрам попередньої схеми, що дозволяє визначити вплив діодів V_{D1} , V_{D2} на форму вихідних імпульсів.

При цьому необхідно мати на увазі, що відключаючи діоди дозволяють значно зменшити тривалість t_ϕ . На етапі перемикання струм, який проходить крізь діод, наприклад, V_{D1} , зменшується. На мить замикання транзистора V_{D1} діод також замикається і конденсатор відключається від колектору транзистора. При цьому тривалість фронту імпульсу напруги визначається тільки частотними властивостями самого транзистора і складає величину порядку декількох τ_β . Струм заряду часозадаючого конденсатора, який визначає тривалість відбудови схеми, проходить крізь зарядний резистор R_k . В процесі зворотного перекидання в кінці етапу регенерації діод V_{D1} відмикається і розряд конденсатора C_b відбувається крізь діод V_{D1} , відкритий транзистор V_{T1} , джерело $E_{см}$, резистор $R_{б2}$. При цьому необхідно мати на увазі, що при відкритому діоді еквівалентний опір в колі колектору $R_{екв} = R_k / R'_k$ зменшується, що зводить до зміни режиму роботи транзистора і підвищення потужності, яка споживається від джерела живлення E_k .

При дослідженні чекаючого мультівібратора з емітерним зв'язком необхідно звернути увагу на те, що стійкий стан реалізується схемним шляхом без використання зовнішнього джерела замикаючої напруги, а один колекторно- базовий зв'язок замінений загальноемітерним резистором R_4 . База транзистора V_{T1} і колектор транзистора V_{T2} не пов'язані з колами зворотного зв'язку мультівібратора, тому підключення джерела запускаючих імпульсів до бази і навантаження до колектору V_{T2} не робить помітного впливу на параметри вихідних імпульсів мультівібратора, частота яких визначається частотою запускаючих імпульсів зовнішнього генератора, а тривалість – сталою часу розряду конденсатора C_b : $\tau_{розр} = C_b(R_b + R_4)$. Специфічна особливість роботи схеми – наявність перепаду напруги на резисторі R_4 на стадії формування вихідного імпульсу. Це обумовлено співвідношенням $R_3 > R_b$, що необхідно для нормальної роботи мультівібратора.

Тривалості фронту імпульсів, знятих з колекторів транзисторів V_{T1} і V_{T2} , істотно відрізняються. Це обумовлено тим, що t_ϕ імпульсу, знятого з колектору транзистора V_{T1} , визначається сталою часу заряду конденсатора C_b :

$$\tau_{розр} = C_b \cdot (R_b + R_4),$$

а t_{ϕ} імпульсу, знятого з колектора транзистора VT2, – тільки частотними властивостями самого транзистора.

При дослідженні схем мультівібраторів на логічних елементах необхідно уявити принцип побудови генераторів імпульсів на цих елементах. Такі генератори як правило, містять в своєму складі елемент "НІ" – інвертуючий підсилювач. Таким чином два інвертори, охоплені позитивним зворотнім зв'язком (вихід одного з них об'єднаний з входом другого, а вихід другого зі входом першого), можуть утворити систему, здатну до самозбудження і необхідну в якості основи для побудови генератора.

Для побудови інвертора із елементів "І-НІ" необхідно всі входи об'єднати і підключити (крім одного) до джерела напруги, відповідного логічній одиниці. В генераторі на логічних елементах, як і в мультівібраторі на транзисторах, існує два тимчасово стійких (квазістійких) стани. В кожному з них на виході одного логічного елемента діє високий рівень напруги (логічна одиниця), а вихідний опір великий; на виході другого – низький рівень (логічний нуль), а вихідний опір малий.

При побудові загальмованих (очікувальних) генераторів в одному із логічних елементів використовуються два входи: один – для утворення замкнутого кола позитивного зворотного зв'язку, другий – для подавання запускаючого імпульсу.

Автоколивальні мультівібратори, які досліджуються, виконані на інтегральних мікросхемах К155ЛА3 та ілюструють два можливі варіанти схеми таких генераторів.

Схема на логічних елементах Э1 реалізує принцип побудови часозадаючого кола, заснований на перезарядці конденсатора С1. Припустимо, що в початковому квазістійкому стані елементи "І-НІ" знаходяться в стані:

Э1.1, Э1.3 – логічного нуля; Э1.2, Э1.4 – логічної одиниці.

Під дією високого позитивного потенціалу на виході Э1.3 конденсатор С1 перезаряджається через резистор R4 і вихід Э1.2, а резистор R1 на цьому інтервалі часу підключений паралельно С1. При досягненні напругою на конденсаторі рівня логічної одиниці логічні елементи переходять в наступні квазістійкі стани:

Э1.2, Э1.3 – логічного нуля; Э1.2, Э1.4 – логічної одиниці.

На цьому часовому інтервалі під дією високого позитивного потенціалу на виході Э1.2 конденсатор знову перезаряджається через вихід Э1.3 і паралельно з'єднані резистори R1, R4. Тривалість цього перезаряду і зумовлює тривалість вихідного імпульсу.

Схема на логічних елементах Э2 є генератором з двома хронуючими конденсаторами, підключеними між виходом одного і входом другого елемента, що і обумовлює позитивний зворотній зв'язок в схемі. Заряд і розряд конденсатора С2 відбувається за колом: вихід Э2.2-С2-R5 – вихід Э2.4, а конденсатора С3 – вихід Э2.1-С3-R2.

Тривалість часу заряду С3 обумовлює тривалість вихідного імпульсу, а заряду С2 – тривалість паузи між ними.

При дослідженні чекаючих мультівібраторів на інтегральних

мікросхемах необхідно мати на увазі, що стійкий стан схеми обумовлюється розривом одного із ланцюгів позитивного зворотного зв'язку. Імпульс запуску негативної полярності необхідно подавати на визволений вхід елемента "І-НІ" або імпульс позитивної полярності – на визволений вхід через елемент "НІ".

В стійкому стані елементи мікросхеми Э1 знаходяться в положенні: Э1.1, Э1.3 – логічної одиниці, Э1.2, Э1.4 – логічного нуля.

При цьому часозадаючий конденсатор С1 розряджений через резистор R1 і вихід Э1.2 до нуля. Мультивібратор формує вихідний імпульс, тривалість якого визначається часом заряду С1 через резистор R1 при подачі позитивного запускаючого імпульсу на вхід Э1.1.

Особливість мультивібратора на мікросхемі Э2 – включення на один із входів елемента Э2.2 диференціюючого кола R2, С2 з достатньо великим активним опором, що забезпечує на цьому вході в стійкому стані високий потенціал, відповідний логічній одиниці. З урахуванням цього елементи Э1 знаходяться в станах: Э2.1, Э2.3 – логічної одиниці, Э2.2 – логічного нуля.

Конденсатор С3 в цьому режимі розряджений через діод VD, резистор R3 і вихід елемента Э2.2 до напруги, близької до нуля.

При поданні керуючого імпульсу Э2.2 переходить в стан логічної одиниці, Э2.1 – логічного нуля, а Э2.3 залишається в стані логічної одиниці через наявність на вході розрядженого конденсатора С3. При зарядженні конденсатора С3 через вихід Э2.2 і резистори R3, R4 потенціал на вході Э2.3 підвищується і при досягненні ним рівня логічної одиниці елемент Э2.3 переходить в стан логічного нуля, сприяючи при цьому поверненню двох інших елементів в початковий стан. Після розряду конденсатора С3 через діод VD, R3 і вихід Э2.2 елемент Э2.3 повертається в початковий стан.

Зміст звіту

Звіт повинен мати: номер, назву і мету роботи; принципові схеми і короткий опис досліджуваних пристроїв; дані вимірювань, результати розрахунку, осцилограми напруг в контрольних точках схеми, висновки за результатами досліджень.

Лабораторна робота № 6

Дослідження логічних елементів

Мета роботи – дослідити логічні елементи, які реалізують найпростіші логічні функції.

Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд являє собою пристрій, на лицьовій панелі якого розташовані усі ручки та органи керування та регулювання, вимірювальні прилади, контактні гнізда для комутації необхідних кіл і підключення

осцилографа:

1. вимірювальний прилад $U_{вх}$, призначений для вимірювання вхідної напруги;
2. вимірювальний прилад $U_{вих}$, призначений для вимірювання вихідної напруги;
3. потенціометр $U_{вх}$ – для встановлення необхідної напруги, яка подається на вхід досліджуваної схеми (напруга контролюється приладом $U_{вх}$);
4. тумблери «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ», які призначені для набору логічних рівнів логічного нуля або одиниці;
5. перемикач «ЛОГИКА», призначений для комутації ланцюгів досліджуваних логічних елементів;
6. перемикачі «ТРИГГЕРЫ» і «СЧЁТЧИК», які в цій роботі повинні бути встановлені в положення «0»;
7. тумблер «СЕТЬ», який використовується для включення напруги мережі живлення;
8. лампи індикації 1-7, які використовуються для індикації номера змінної плати при встановленні її на лицьову панель стенда;
9. світлодіоди індикації рівня (свічення світлодіоду сигналізує про наявність логічної одиниці);
10. сигнальна лампа «СЕТЬ», яка сигналізує про наявність напруги живлення при включенні стенда;
11. гнізда $U_{вх}$, з яких на відповідні входи схеми подається постійна керуюча напруга;
12. гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ», з яких подаються сигнали логічних рівнів – нуля та одиниці – на входи досліджуваних схем;
13. гнізда «ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ» 1, 10, 100 кГц; 1, 10, 100 Гц, з яких на відповідні входи досліджуваних схем подаються послідовності прямокутних імпульсів;
14. гнізда 1-5 «ВХОД», на які подаються необхідні для дослідження схем вхідні сигнали;
15. гнізда 1-4 «ВЫХОД», з яких знімаються вихідні сигнали досліджуваних схем;
16. гнізда 1-3 «НАГРУЗКА», призначені для підключення до них за допомогою з'єднувальних дротиків виходів досліджуваних схем;
17. гнізда « \perp », які використовуються для підключення зовнішніх приладів;
18. кнопковий перемикач (під накладною панеллю) необхідний для комутації кіл живлення досліджуваних схем і кіл ламп індикації;
19. цифровий індикатор «СЧЁТЧИК ИМПУЛЬСОВ» (в даній роботі не використовується).

Для вибору досліджуваної схеми використовується модуль коду, який являє собою змінну плату-панель з зображенням цієї схеми, призначену для комутації кіл лампочок індикації і кіл живлення досліджуваних схем.

Підготовка стенда до роботи

1. Уважно ознайомитись з описом стенда.
2. Встановити тумблер «СЕТЬ» в нижнє положення.
3. Зафіксувати перемикачі «ЛОГИКА», «ТРИГГЕРЫ», «СЧЁТЧИК» в положенні «0».
4. Встановити «СЧЁТ» лічильника імпульсів в положення «УСТ. «0».
5. Встановити потенціометр $U_{вх}$ в крайнє лівє положення.
6. Зафіксувати тумблери «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» в нижнє положення.
7. **УВАГА!** Змінні плати встановлювати при вимкнутій напрузі живлення стенда з дозволу викладача.

Робоче завдання

1) Дослідження логічного елемента «І».

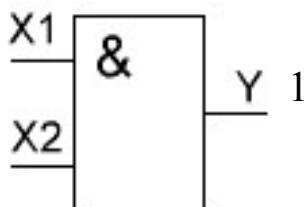


Рис. 6.1 – Умовне зображення елемента «І»

Таблицею істинності (або відповідності) називають таблицю, в якій для кожної комбінації значень змінних вказується значення функції.

Таблиця 6.1 – Таблиця істинності елемента «І»

Вхід X1	Вхід X2	Вихід Y1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Порядок виконання:

1. Підготувати стенд до роботи.
2. Встановити і закріпити змінну плату з номером 2 на лицьову панель стенда.
3. Перемикач «ЛОГИКА» встановити в положення 2.
4. Подати за допомогою з'єднувальних дротів сигнали з гнізд «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» на гнізда 1, 2 «ВХОД».
5. Подати сигнал з гнізда 1 «ВЫХОД» на гніздо $U_{вх}$.
6. Встановити тумблер «СЕТЬ» в верхнє положення; при цьому повинні загорітись сигнальні лампочки «СЕТЬ» і лампочка 2 індикації номера

панелі.

7. Тумблерами «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» задати різні сполучення сигналів. Появу вихідного сигналу проконтролювати за допомогою приладу $U_{\text{Вих}}$.

8. Побудувати графік часових залежностей (рис.6.2) і таблицю істинності.

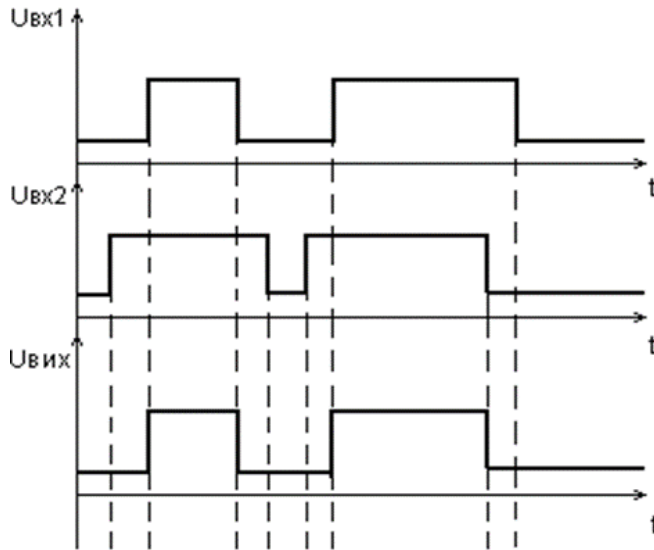


Рис.6.2 –Часові діаграми

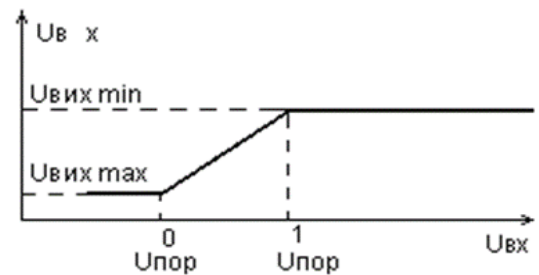


Рис.6.3 – Передатна характеристика

2) Дослідження логічного елемента «НІ».

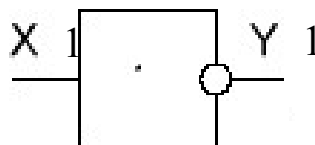


Рис. 6.4 – Умовне зображення елемента «НІ»

Таблиця 6.2 – Таблиця істинності елемента «НІ»

Вхід X1	Вихід Y1
0	1
1	0

Порядок виконання:

1. Подати за допомогою з'єднувального дроту сигнал з гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» на гніздо 3 «ВХОД».
2. Подати сигнал з гнізда 2 «ВЫХОД» на гніздо $U_{\text{Вих}}$.
3. Тумблером «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» задати різні значення вхідного сигналу і побудувати графік часових залежностей і таблицю істинності (аналогічно пп. 1.7 і 1.8).

3) Дослідження логічного елемента «АБО».

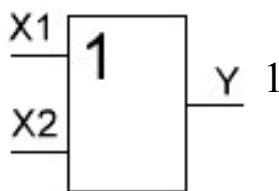


Рис. 6.5 – Умовне зображення елемента «АБО»

Таблиця 6.3 – Таблиця істинності елемента «АБО»

Вхід X1	Вхід X2	Вихід Y1
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Порядок виконання:

1. Подати за допомогою з'єднувальних дротів сигнали з гнізд «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» на гнізда 4,5 «ВХОД» .
2. Подати сигнал з гнізда 4 «ВЫХОД» на гніздо Uвих.
3. Виконати операції у відповідності з пп. 1.7, 1.8.

4) Дослідження логічного елемента «І-НІ».

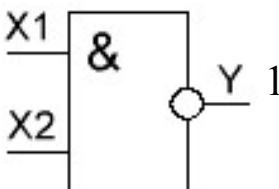


Рис. 6.6 – Умовне зображення елемента «І-НІ»

Таблиця 6.4 – Таблиця істинності елемента «І-НІ»

Вхід X1	Вхід X2	Вихід Y1
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Порядок виконання:

1. Зняти плату 2, перевести перемикач «ЛОГИКА» в положення 1 і встановити плату 1. При цьому повинна загорітися сигнальна лампочка 1 індикації номера панелі.
2. Подати за допомогою з'єднувальних дротів сигнали з гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» на гнізда 1, 2 «ВХОД».

3. Подати сигнал з гнізда 1 «ВЫХОД» на гніздо $U_{вх}$.
 4. Виконати п. 1.7 і побудувати графік часових залежностей і таблицю істинності.
 5. Зняти і побудувати передатну характеристику $U_{вх} = f(U_{вх})$ базового логічного елемента «І-НІ» при роботі без навантаження і з навантаженням. Об'єднати між собою гнізда 1,2 «ВХОД» схеми «І-НІ» з'єднувальним дротом.
 6. Подати сигнал з гнізда $U_{вх}$ на гніздо «ВХОД».
 7. Подати сигнал з гнізда 1 «ВЫХОД» на гніздо $U_{вх}$.
 8. Змінюючи ручкою $U_{вх}$ напругу $U_{вх}$ від нуля до максимального значення, зняти показники приладу $U_{вх}$ для 6-8 проміжних значень.
 9. З'єднати дротом гніздо «ВЫХОД» з гніздом 1 «НАГРУЗКА» і повторити п. 8.
 10. Виконати той же дослід, переставивши штекер дроту з гнізда 1 «НАГРУЗКА» до гнізда 2, а потім 3 «НАГРУЗКА».
- Примітка:* навантаження складається із логічних елементів типу К155ЛА3 і має три групи, які відрізняються одна від одної кількістю входів логічних елементів. Першу групу (гніздо 1 «НАГРУЗКА») складають входи чотирьох логічних елементів, другу – шести, третю – восьми логічних елементів.
11. Побудувати передатні характеристики $U_{вх} = f(U_{вх})$ для всіх трьох випадків.

5) Дослідження логічного елемента «АБО-НІ».

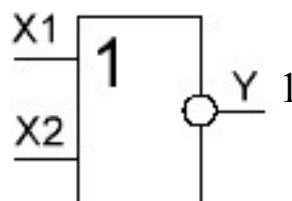


Рис. 6.7 – Умовне зображення елемента «АБО-НІ»

Таблиця 6.5 – Таблиця істинності елемента «АБО-НІ»

Вхід X1	Вхід X2	Вихід Y1
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Порядок виконання:

1. Подати за допомогою з'єднувальних дротів сигнал з гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» на гнізда 4,5 «ВХОД».
2. Подати сигнал з гнізда 4 «ВЫХОД» на гніздо $U_{вх}$.
3. Виконати п. 1.7 і побудувати графік часових залежностей і таблицю істинності.

б) Дослідження логічних елементів: «І», «НІ», «АБО», «І-НІ», «АБО-НІ».

Подати за вказівкою викладача сигнали на входи досліджуваних схем за допомогою з'єднувальних дротів з гнізд 1, 10, 100 кГц; 1, 10, 100 Гц «ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ». До відповідного гнізда 1, 2, 3 або 4 «ВЫХОД» підключити електронний осцилограф (за допомогою двопробеневого осцилографа можливо водночас спостерігати вхідний та вихідний сигнали). Зняти отримані осцилограми.

Методичні вказівки до дослідження логічних елементів

При дослідженні логічних елементів слід мати на увазі, що логічними елементами називають схеми, які реалізують різні елементарні логічні функції. Вони звичайно призначені для побудови більш складних цифрових обчислювальних пристроїв. При аналізі і використанні цих елементів використовується апарат математичної логіки, початковим розділом якої є алгебра логіки.

В алгебрі логіки звичайно оперують фундаментальним поняттям «вимовляння», під яким розуміють якесь твердження про будь-який предмет. При цьому вимовляння оцінюють тільки з точки зору їх істинності або хибності без яких-небудь проміжних градацій.

Якщо вимовляння відповідає істині, воно має значення, рівне одиниці, якщо не відповідає, –то нулю. Через це всі змінні в алгебрі логіки приймають тільки два значення: одиниця або нуль, а любі математичні дії над цими змінними забезпечують результат в вигляді «1» або «0».

Вимовляння бувають простими і складними. Якщо значення істинності не залежить від других вимовлянь, воно називається простим.

Якщо значення істинності залежить від значень істинності складених його вимовлянь, воно називається складним.

Будь-яку логічну складну функцію, яка зображає складне вимовляння, можна реалізувати, використовуючи три типи логічних елементів: «І», «АБО», «НІ».

Логічний елемент «І» реалізує операцію логічного множення (кон'юнкцію), суть якого полягає в тому, що складне вимовляння істинно тільки в тому разі, якщо істинні всі складачі його прості вимовляння. Цей елемент виконують у вигляді схеми, яка має декілька входів і один вихід. Сигнал логічної одиниці з'являється на виході такої схеми тільки в тому разі, якщо на всі входи подані логічні сигнали, відповідні логічній одиниці. Через це логічний елемент «І» часто називають схемою збігу.

Логічний елемент «АБО» реалізує функцію логічного складання - диз'юнкцію). При логічному складанні складне вимовляння істинно, якщо хоч одне із складових його простих вимовлянь істинно. Елемент, виконуючий функцію «АБО», має декілька входів і один вихід. Сигнал логічної одиниці з'являється на виході такого пристрою в тому разі, якщо хоча б на один із входів поданий сигнал, відповідний логічній одиниці. Через це логічний

елемент «АБО» часто називають вбираючою схемою.

Логічний елемент «НІ» реалізує функцію логічного заперечення (інверсія), суть якого міститься в тому, що складне вимовляння істинно, якщо відповідне вимовляння хибне, і відповідно хибне, якщо це вимовляння істинно. Сигнал, відповідний логічній одиниці на виході пристрою з'являється тоді, коли на вхід поданий сигнал, відповідний логічному нулю. Елемент «НІ» часто називають інвертором.

Крім вказаних логічних елементів, найбільш часто використовуються елементи «АБО-НІ», «І-НІ».

Логічна функція «АБО-НІ» – стрілка Пірса. Сигнал на виході елемента, відповідний логічній одиниці, з'являється тільки в тому разі, якщо на всіх входах сигнали відповідають нулю. Якщо сигнал на одному із входів відповідає одиниці, то на виході буде сигнал, відповідний нулю.

Логічна функція «І-НІ» – штрих Шеффера. Сигнал на виході елемента, відповідний нулю, з'являється тільки в тому разі, якщо на всіх входах сигнали будуть відповідати одиниці.

При виконанні цієї роботи необхідно знати основні характеристики логічних елементів. До них відносяться:

- коефіцієнт об'єднання по входу $K_{об}$ – число логічних входів елемента, за якими реалізується дана функція;
- коефіцієнт розгалуження по виходу $K_{роз}$ – число логічних входів подібних логічних елементів, яке може бути одночасно приєднано до виходу даного логічного елемента;
- допущена нестабільність рівнів логічної одиниці і логічного нуля, зображена в відносних одиницях або відсотках;
- перешкодозахищеність, яка характеризується коефіцієнтом проходження паразитного сигналу:

$$\varepsilon_n = \frac{U_n}{\Delta U_n},$$

де U_n – напруга перешкоди; ΔU_n – різниця потенціалів між рівнями нуля і одиниці;

- передатна характеристика, яка визначається напругою логічної одиниці $U_{пор}^1$ і пороговою напругою логічного нуля $U_{пор}^0$ (рис. 6.2).

Пороговою напругою логічної одиниці називають найменшу напругу високого рівня, при якому відбувається перехід з одного стійкого стану в другий. Пороговою напругою логічного нуля називають найбільшу напругу низького рівня, при якому відбувається перехід логічного елемента з одного стійкого стану в другий.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: номер, назву і мету роботи, принципові схеми і короткий опис досліджуваних елементів, графіки часових залежностей та

таблиці істинності, осцилограми напруг в контрольних точках, висновки за результатами досліджень.

Лабораторна робота № 7

Дослідження тригерів і лічильників

Мета роботи – дослідити тригери і лічильники різних типів на інтегральних мікросхемах.

Дана робота дозволяє вивчити і дослідити:

- а) RS-тригер на логічних елементах «І-НІ», виконаних на інтегральних мікросхемах (ІМС) К155ЛА3;
- б) JK- і D-тригери на ІМС К155ТВ і К155ТМ2;
- в) двійково-десятковий чотирьохрозрядний лічильник на ІМС К155ІЕ2;
- г) двійково-десятковий чотирьохрозрядний лічильник на D-тригерах, виконаний на ІМС К155ТМ2.

Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд виконаний у вигляді пристрою, на лицьовій панелі якого розташовані наступні прилади і гнізда, які використовуються в даній роботі:

1. вимірювальні прилади $U_{вх}$, $U_{вих}$ призначені для вимірювання відповідно вхідної і вихідної напруги;
2. потенціометр $U_{вх}$ – для встановлення необхідної напруги, яка подається на вхід досліджуваної схеми (напруга контролюється приладом $U_{вх}$);
3. тумблери «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ», які призначені для набору логічних рівнів – логічного нуля або одиниці;
4. кнопка «ИМПУЛЬС ОДИНОЧНЫЙ», при натисканні на яку відбувається формування коротких одиноких імпульсів прямокутної форми (позитивних і негативних);
5. перемикач «ТРИГГЕРЫ», який використовується для комутації кіл досліджуваних тригерів у відповідності з встановленою змінною платою (досліджуваної схеми);
6. перемикач «СЧЁТЧИК», який призначений для комутації кіл досліджуваних лічильників у відповідності з встановленою накладною платою;
7. тумблер «СЧЕТ, УСТ. «0», за допомогою якого визначається режим роботи цифрового індикатора «СЧЁТЧИК ИМПУЛЬСОВ»;
8. тумблер «СЕТЬ» який використовується для подання напруги живлення;
9. лампи індикації 1-7, які використовуються для індикації номера накладної плати, встановленої на лицьовій панелі стенда;
10. світлодіоди індикації логічної одиниці (світіння світлодіоду сигналізує про наявність логічної одиниці);
11. сигнальна лампа «СЕТЬ», яка призначена для сигналізації про

включення стенда;

12. гнізда Uвх, з яких знімається постійна керуюча напруги для досліджуваних схем;

13. гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ», з яких знімаються сигнали логічного рівня нуля або одиниці для досліджуваних схем;

14. гнізда «ИМПУЛЬС ОДИНОЧНЫЙ», з яких знімаються сигнали для досліджуваних схем;

15. гнізда «ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ», з яких знімаються послідовності прямокутних імпульсів досліджуваних схем;

16. гнізда 1-5 «ВХОД», призначені для підключення вхідних кіл досліджуваних схем;

17. гнізда 1-4 «ВЫХОД», призначені для підключення до них вихідних кіл досліджуваних схем;

18. гніздо «ВХОД», цифрового індикатора, необхідне для подання вхідного сигналу на лічильник імпульсів;

19. гнізда « \perp », необхідні для підключення зовнішніх приладів;

20. перемикач (під накладною панеллю), призначений для комутації кіл живлення досліджуваних схем і кіл ламп індикації;

Підготовка стенда до роботи

1. Уважно ознайомитись з описом конструкції лабораторного стенда і призначенням кожного органу керування.

2. Встановити тумблер «СЕТЬ» в нижнє положення.

3. Встановити ручку Uвх в крайнє лівє положення.

4. Зафіксувати тумблери «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» в нижньому положенні.

5. Встановити тумблер «СЧЕТ, УСТ. «0» в нижнє положення.

6. Зафіксувати перемикачі «ЛОГИКА», «ТРИГГЕРЫ», «СЧЁТЧИК» в положенні «0».

Робоче завдання

При дослідженні роботи тригерів і лічильників різних типів необхідно кожного разу готувати стенд до роботи відповідно з попереднім розділом.

1) Дослідження RS-тригера (рис.7.1, а).

1. Зафіксувати перемикач «ТРИГГЕРЫ» в положенні 3.

2. Встановити на лицьову панель стенда накладну плату 3(при цьому загориться сигнальна лампочка 3).

3. З'єднати гніздо 2 «ВЫХОД» з гніздом Uвих.

4. З'єднати гнізда «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» з гніздами 2, 4 «ВХОД».

5. Задати тумблерами «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» всі можливі

комбінації вхідних сигналів.

6. Скласти таблицю істинності і побудувати графік часових залежностей (рис. 7.2).

Для RS-тригера комбінація $U_{вх1} = U_{вх2} = 0$ заборонена, бо при цьому тригер опиняється у невизначеному положенні.

7. Зняти накладну плату 3.

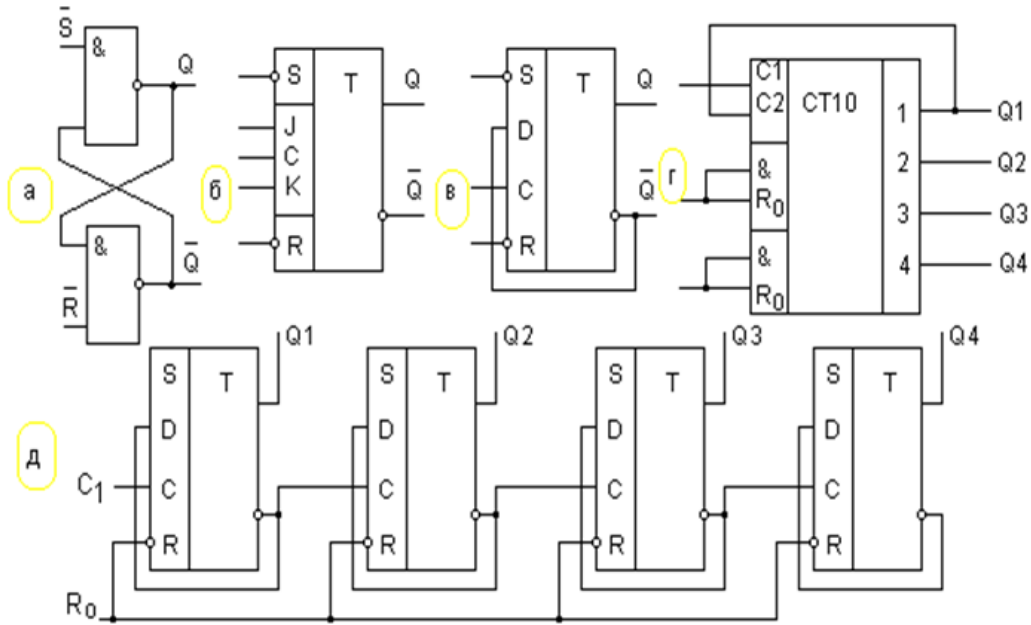


Рис.7.1 – Тригери та лічильники:

- а) RS-тригер; б) JK-тригер; в) D-тригер;
- г) двійково-десятковий лічильник; д) двійковий лічильник

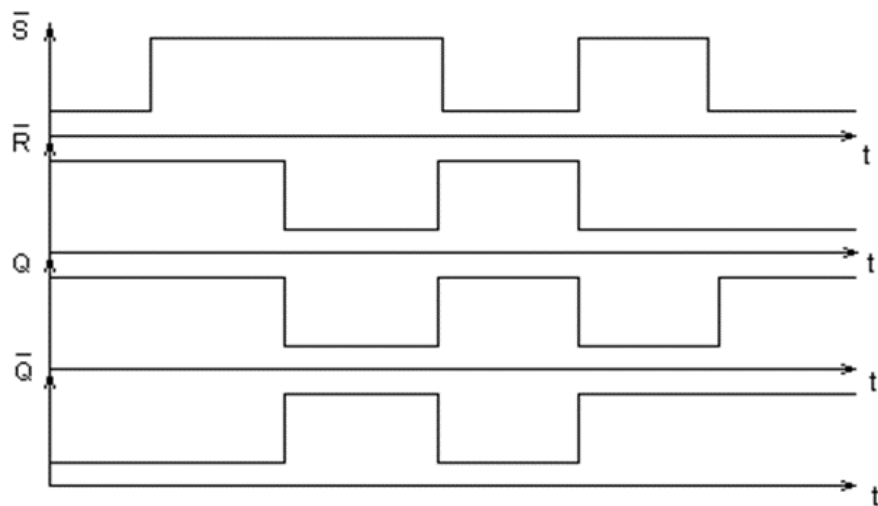


Рис.7.2 –Часові діаграми RS-тригера

2) Дослідження JK-тригера (рис. 7.1, б).

1. Зафіксувати перемикач «ТРИГГЕРЫ» в положенні 4.
2. Встановити на лицьову панель стенда накладну плату 4 (при цьому загориться сигнальна лампочка 4).
3. З'єднати гнізда «ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ» (наприклад, 1 кГц) з гніздом 3 «ВХОД» (вхід С).
4. З'єднати гнізда 1 і 5 «ВХОД» (входи R і S JK-тригера) з гніздами U_{вх} керованого джерела постійної напруги і встановити вольтметром напругу 2,4 В (логічна одиниця).
5. З'єднати гніздо «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» під лівим тумблером з гніздом 2 «ВХОД» (вхід J JK-тригера).
6. З'єднати гніздо «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» під правим тумблером з гніздом 4 «ВХОД» (вхід К JK-тригера).
7. До гнізда 1 «ВЫХОД» приєднати вхід електронного осцилографа.
8. Виконати пп. 5 і 6 стосовно дослідження RS-тригера.

3) Дослідження D-тригера (рис. 7.1, в).

1. Виконати п. 2.3 – 2.6, враховуючи, що гнізда 1 і 5 «ВХОД» є входами S і R як для JK, так і для D-тригера.
2. До гнізда 3 або 4 «ВЫХОД» підключити вхід електронного осцилографа.
3. Виконати п. 5 і 6 стосовно дослідження RS-тригера.
4. Перемикач «ТРИГГЕРЫ» встановити в положення «0».
5. Зняти накладну плату 4.

4) Дослідження двійково-десятьового чотирьохрозрядного лічильника (рис. 7.1, г).

1. Зафіксувати перемикач «СЧЁТЧИК» в положення 7.
2. Встановити на лицьову панель стенда накладну плату 7 (при цьому загориться сигнальна лампочка 7).
3. З'єднати гнізда «ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ» (наприклад, 1 кГц) з гніздом 3 «ВХОД».
4. З'єднати гніздо «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» під лівим тумблером з гніздом 5 «ВХОД» (вхід R₀ лічильника).
5. Тумблером «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» задати всі можливі комбінації вхідних сигналів на вході R₀ лічильника.
6. Проконтролювати вхідні та вихідні сигнали за допомогою електронного осцилографа, підключивши його до відповідних гнізд 3 «ВХОД» і 1-4 «ВЫХОД».
7. Дослідити роботу двійково-десятьового лічильника, подавши на вхід С1 лічильника (гніздо 3 «ВХОД») сигнал з гнізда \square «ИМПУЛЬС ОДИНОЧНЫЙ».

8. Проконтролювати сигнал на виході лічильника за допомогою цифрового індикатора «СЧЁТЧИК ИМПУЛЬСОВ». Для цього тумблер «СЧЕТ, УСТ. «0» встановити в положення «СЧЁТ» гніздо «ВХОД» лічильника імпульсів з'єднати з гніздом 4 «ВЫХОД».

9. Скласти таблицю істинності і побудувати графіки часових залежностей.

10. Зняти накладну плату 7.

5) Дослідження двійкового чотирьохрозрядного лічильника (рис. 7.1, д).

1. Зафіксувати перемикач «СЧЁТЧИК» в положення 6.

2. Встановити на лицьову панель стенда накладну плату 6 (при цьому загориться сигнальна лампочка 6).

3. Виконати п.4(3)).

4. З'єднати гніздо «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» під правим тумблером з гніздом 5 «ВХОД» (вхід R тригерів лічильника).

5. Тумблером «УРОВЕНЬ ЛОГИЧЕСКИЙ» задати всі можливі комбінації вхідних сигналів на вході R лічильника.

6. Виконати п.4(6)).

7. Проконтролювати сигнал на виході лічильника за допомогою цифрового індикатора «СЧЁТЧИК ИМПУЛЬСОВ». Для цього тумблер «СЧЕТ, УСТ. «0» встановити в положення «СЧЁТ», а гніздо «ВХОД» лічильника імпульсів з'єднати з гніздом 4 «ВЫХОД».

8. Виконати п.4(9)).

9. Зняти накладну плату 6.

Методичні вказівки до дослідження тригерів та лічильників на ІМС

В даній роботі досліджуються декілька різновидів тригерів в інтегральному виконанні, а також лічильники імпульсів, побудовані на їх основі.

Слід звернути увагу на функціональні признаки окремих тригерів, що відрізняють їх від логічних схем.

Тригером називають логічний пристрій, який має здібності довгочасно знаходитись в одному з двох стійких станів і переходити із одного стану в другий під впливом вхідних сигналів.

На відміну від комбінаційних схем, сигнали на виході яких рівнозначно визначаються комбінацією вхідних сигналів, тригери відносять до логічних пристроїв з пам'яттю, тобто здібністю зберігати двійкову інформацію (стан логічного нуля або логічної одиниці). Їх вихідні сигнали залежать не тільки від вхідних сигналів на даний час, але і від сигналів, які були раніше. Вказана властивість тригера обумовлена наявністю в його схемі позитивного зворотного зв'язку. Тригери будують на основі типових логічних елементів.

На рис. 7.1,а зображена схема найпростішого RS-тригера, побудованого

на двох елементах «І-НІ», охоплених колом позитивного зворотного зв'язку. Тригер має два інформаційних входи і два виходи: \bar{S} (установлення, тобто, переведення тригера в стан «1»), \bar{R} (скид, тобто переведення тригера в стан «0»), Q (прямий вихід) і \bar{Q} (інверсний вихід). Стан «1» відповідає $Q = 1$ і $\bar{Q} = 0$, стан «0» $Q = 0$ і $\bar{Q} = 1$.

Студенти повинні вміти пояснити стан тригера при різних комбінаціях сигналів. Комбінацію вхідних сигналів $\bar{S} = \bar{R} = 1$ називають режимом пам'яті, при ній тригер зберігає стан, в який він був встановлений у попередньому такті.

Хай до з'явлення такої комбінації сигналів тригер знаходився в стані «1» ($Q = 1$ і $\bar{Q} = 0$). При наявності $\bar{S} = \bar{R} = 1$ маємо на обох входах нижнього елемента «І-НІ» по логічній одиниці, що зумовлює $\bar{Q} = 0$. При цьому на входах верхнього елемента «І-НІ» буде «1» і «0», що дає $Q = 1$, тобто стан тригера не змінюється. При $\bar{S} = 0$, $\bar{R} = 1$ тригер встановлюється в стан «1» незалежно від попереднього стану, тобто $Q = 1, \bar{Q} = 0$.

Нехай було $Q = 1, \bar{Q} = 0$. Якщо $\bar{S} = 0$, то незалежно від значення сигналу на другому вході верхнього елемента «І-НІ» $Q = 1$. На обох входах нижнього елемента «І-НІ» присутня одиниця, що забезпечує $\bar{Q} = 0$, тобто підтверджується попередній стан. Якщо був стан $Q = 0, \bar{Q} = 1$, то сигнал $\bar{S} = 0$ виконує переключення верхнього елемента в стан $Q = 1$, відповідно нижнього елемента – в стан $\bar{Q} = 0$. При протилежному співвідношенні сигналів ($\bar{S} = 1, \bar{R} = 0$) відбувається або підтвердження нульового стану тригера ($Q = 0, \bar{Q} = 1$), або його переключення із стану «1» до стану «0». Положення доказується аналогічним способом. При $\bar{S} = \bar{R} = 0$ тригер приймає невизначений стан («1» або «0»), тому така комбінація сигналів для даного тригера є забороненою.

Даний RS-тригер називають асинхронним, бо він перемикається з одного стану в другий безпосередньо з надходженням сигналів на інформаційні входи.

В роботі досліджуються також два тактовних тригери: JK і D. У тактовних тригерах, крім інформаційних входів, є вхід тактових імпульсів. Їх перемикання виконується тільки при наявності дозвільного або тактового імпульсу. Схеми таких тригерів більш складні, включають до свого складу простіший RS- тригер, який відіграє роль комірки пам'яті, і пристрій керування, який виконаний із логічних елементів і перетворює вхідну інформацію в комбінації сигналів, під впливом яких тригер приймає один з двох стійких станів.

На рис. 7.1, б показане умовне зображення JK-тригера, який має тактовий вхід C, керуючі входи J і K, встановлюючи входи S і R, виходи Q (прямий вихід) і \bar{Q} (інверсний вихід).

Стан JK-тригера і його вихідних сигналів змінюється в момент зникнення тактового імпульсу C (зміна з «1» на «0») у відповідності з сигналами керування J і K, які були на входах під час дії тактового імпульсу. При J = 1, K = 0 на виході JK-тригера після чергового тактового імпульсу встановлюється $Q = 1$. При J = 0, K = 1 встановлюється $Q = 0$. При J = K JK-тригер працює як

ділник частоти на 2.

Входи S і R називають встановлюючими. Вони призначені для встановлення JK-тригера в стан $Q = 1$ ($S = 0$) і $Q = 0$ ($R = 0$).

На рис. 7.1, в умовно зображений D-тригер, який має тактовий вхід C , D – інформаційний вхід, S і R – встановлюючі входи, виходи Q (прямий вихід) і \bar{Q} (інверсний вихід). Для роботи в режимі лічильного запуску вихід \bar{Q} тригера, з'єднаний зі входом D . Якщо подати сигнал на вхід C , тригер буде змінювати свій стан на протилежний після кожного вхідного імпульсу. Побудувавши часові діаграми, неважко упевнитись, що при лічильному запуску тригер ділить частоту вхідних імпульсів на 2. При $S = 0$ D-тригер встановлюється в стан «1» ($Q = 1$), при $R = 0$ – в стан «0» ($Q = 0$).

Досліджуються також два лічильника імпульсів. Необхідно вміти пояснити, як змінюється стан лічильника після кожного вхідного імпульсу. На рис. 7.1,д зображена структурна схема двійкового лічильника, побудованого на D-тригерах з лічильним запуском. Даний лічильник є чотирьохрозрядним. Кожен розряд лічильника має в собі тригер. Перший тригер на вході лічильника утворює молодший розряд, вихідний сигнал його надходить на вхід C другого розряду та т.і. Входи R всіх тригерів об'єднані для встановлення тригерів в стан «0» за спільною командою. Лічильник дозволяє підрахувати і зберігати число підрахованих імпульсів $N = 2^n - 1$, де n – число розрядів лічильника. В даному разі в лічильнику може бути зафіксовано максимальне число $N = 2^4 - 1 = 15$, тобто, він рахує імпульси від 0 до 15 (код $Q_4, Q_3, Q_2, Q_1 = 1111$). При подачі 16-го імпульсу лічильник скидається в стан 0000. Побудувавши часові діаграми роботи лічильника, необхідно показати, що двійковий чотирьохрозрядний лічильник ділить частоту вхідних імпульсів в $2^n = 16$ разів.

На рис. 7.1,г умовно зображений двійково-десятковий лічильник, який має лічильний вхід C_1 , вхід R_0 встановлення лічильника в стан «0» і чотири виходи, відповідно кожному розряду лічильника.

На відзнаку від двійкового лічильника в ньому введені додаткові логічні зв'язки для того, щоб зменшити коефіцієнт перерахунку чотирьох розрядного лічильника від 16 до 10. При подачі 10-го вхідного імпульсу всі тригери лічильника встановлюються в «0», тобто утворюється код 0000, і далі рахунок повторюється знову. Звідси випливає, що двійково-десятковий лічильник ділить частоту (або число) вхідних імпульсів на 10.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назву і мету роботи, схеми і умовні зображення тригерів і лічильників та їх короткий опис, часові діаграми і таблиці істинності, висновки за результатами досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колонтаєвський Ю.П., Сосков Ю.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. За ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003. – 368 с.
2. Основы промышленной электроники: Учебник /Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высш. шк., 1986. – 336 с.
3. Основы схемотехники электронных систем: Підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. – К.: Вища шк., 2004 – 527 с.