

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ
СИСТЕМ**

Кафедра радіотехніки та радіоелектронних систем

«На правах рукопису»

Робота допущена до захисту в ЕК
рішенням кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем
від _____ 2024 року, протокол № ____.
Завідувач кафедри доктор фіз.-мат. наук, професор
_____ Ігор АНІСІМОВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Електронний комутатор цифрових та аналогових сигналів»

Виконав:

студент 4-го курсу
денної форми навчання
спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка
ОПП «Інформаційна безпека телекомунікаційних систем і мереж»
Макицький Борис Валерійович _____

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Жиров Геннадій Борисович _____

Рецензент:

д.т.н., проф. Вишнівський Віктор Вікторович _____

Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент ____ Борис Макицький

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 36 с., 17 рис., 2 дод. (7с.), 9 джерел.

КОМУТАТОР СИГНАЛІВ, АДК «ДІАНА-4», СИГНАТУРНИЙ АНАЛІЗАТОР.

Об'єкт розроблення – електронний комутатор цифрових та аналогових сигналів.

Мета роботи – побудова електронного комутатора цифрових та аналогових сигналів для АДК серій «Діана-4», «Діана-4.6» .

Розроблено комутатор для керування сигналами тестового стенду АДК «Діана-4.6», для більш швидкого виконання тестів на типових елементах заміни для РЛС 19Ж6 та 35Д6, які мають вилку ГРПМ9 на 62 входи-виходи.

Старий підхід припускав ручне перемикання кожного входу-виходу ТЕЗу, що збільшувало час роботи, та робило процес незручним. Представлена схема дозволяє керувати комутацією сигналів за допомогою клавіатури з шістнадцяткової розкладкою.

Завдяки увімкненні до схеми мікроконтролера, який керує процесами комутації, перемикання здійснюються автоматично, відповідно до коду введеного користувачем. Кожному ТЕЗу відповідає певне шістнадцяткове число, дане число вводиться користувачем і схема комутує сигнали згідно з кодом, надісланим мікроконтролером.

Розроблений комутатор дає змогу пришвидшити роботу по тестування ТЕЗів та виключити людський фактор при підключенні кожного входу та виходу схеми.

Схема є доволі простою, що потребує її вдосконалення в майбутньому та можливі змінення компонентів для більш ефективного використання технології

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	4
Вступ	5
1. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ АДК ДІАНА.....	6
1.1. Огляд автоматизованого діагностичного комплексу «Діана».....	6
1.2. Метод комутації сигналів в АДК «Діана»	8
1.3 Метод комутації сигналів в АДК «Діана».....	9
1.4 Існуючі методи комутації сигналів.....	10
2. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОМУТАТОРА	13
2.1 Вибір та обґрунтування елементної бази.	13
2.2. Створення функціональної схеми комутатора сигналів.	22
Висновки	28
Перелік джерел посилання	29
Додаток А	30
Додаток Б	34

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АДК – автоматизований діагностичний комплекс

ТЕЗ – типовий елемент заміни

РЛС – радіолокаційна станція

ППО – Протиповітряна оборона

РЕЗО – Радіоелектронні засоби озброєння

ОД – Об'єкт діагностування

ТП – Тестовий процесор

ПЗ – Програмне забезпечення

ВСТУП

Тестування будь-якої техніки є досить важливим аспектом нашого життя, без нього важко було б в повній мірі користуватись сьогоденними технологіями. Кожен створений комп'ютер або навіть звичайна плата проходить тестування. У мирному світі це відіграє на користь фірмам які продають товари. Так само і в воєнній галузі є місце для тестування приладів.

Комплекси ППО зазвичай керуються автоматикою, яка налаштовується та корегується відповідно до задач, поставлених перед нею. Кожна деталь є важливою частиною конструкції та навіть мала помилка може привести до великих проблем.

У оборонній промисловості тестування приладів відіграє надважливу роль та відповідає за життя людей та їх безпеку. Тому для перевірки кожного компоненту та деталі будь-якого оборонного апарату створюються прилади, які відповідають за тестування та налаштування відповідних складових машини. Одним з таких приладів є автоматизований діагностичний комплекс «Діана-4». Даний прилад відповідає за тестування та ремонт більшості різних плат, блоків, ТЕЗ деяких зразків техніки Повітряних Сил. Але великим недоліком даної системи є необхідність підключення входів-виходів ТЕЗу вручну до тестового стенду.

На сьогодні процеси автоматизації більшості технічних і механічних засобів є звичайною практикою. Люди завжди прагнуть спрощення своєї роботи на користь зекономленого часу та сил. З урахуванням цього, маючи тестовий стенд, є сенс автоматизувати його та спростити роботу фахівця з діагностування та ремонту.

Комутатор сигналів це проста, але дуже зручна річ, яка може зекономити час та сили. Тому ідея комутації сигналів на основі мікроконтролера, як керуючого елемента схеми є зручним рішенням незручної процедури.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ АДК ДІАНА

1.1. Огляд автоматизованого діагностичного комплексу «Діана»

Автоматизований діагностичний комплекс «Діана», це комплекс що забезпечує вирішення більшості завдань діагностики та ремонту різних об'єктів (плат, блоків, типових елементів заміни, окремих компонентів).

В даний час НВП «ЛІК» пропонує два модельні ряди автоматизованих діагностичних комплексів (АДК): • АДК серії «Діана-4» див. Рис. 1.1; • АДК серії "Діана-4.6" [1].



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд АДК «Діана-4»

АДК серії «Діана-4» забезпечують основний набір функцій діагностування цифрових та аналогових пристроїв побудованих на ТТЛ та КМОП елементах, а також аналогових ОД.

АДК серії «Діана-4.6» забезпечують розширений набір функцій, порівняно з попередньою серією. Мають систему роботи з цифровими даними та більш продвинуту цифро-аналогову систему роботи з даними (перетворення цифрових сигналів в аналогові і тд.) яка є легко налаштовуємою та легко

масштабуємою для роботи з більшим об'ємом даних. Є найперспективнішою серією.

АДК серії «Діана-4.6» залишила в собі всі переваги раніше представлених серій «Діана-3М», «Діана-4» та «Діана-4.5» та стала більш досконалою моделлю за рахунок розширення можливостей попередників. АДК призначені для здійснення діагностики та проведення ремонту широкого спектру цифрового обладнання, аналогових пристроїв, ВЧ та НВЧ виробів.

Комплекс передбачає як настільну, так і стійкову установку, представлену на рис. 1.2. АДК працює під управлінням персонального комп'ютера з ОС Windows XP. Має власне програмне забезпечення для проведення будь-яких тестів та налаштувань. Дане ПО має кращий та більш доступний функціонал для багатьох задач, з якими можуть стикнутись оператори АДК. ПО відповідає за створення тестових програм та управління апаратурою комплексу.

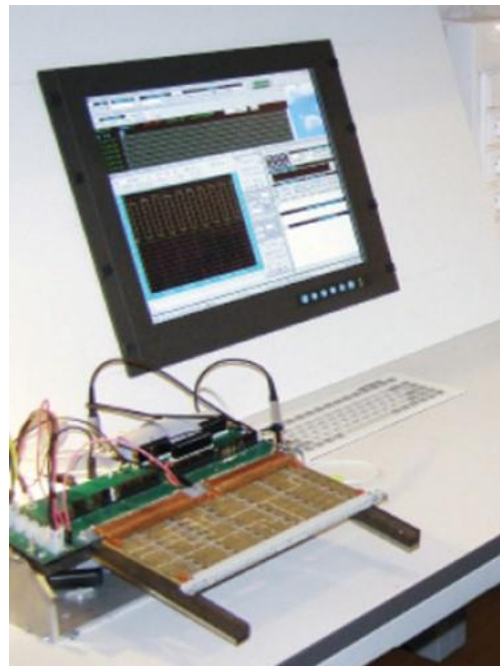


Рисунок 1.2 – Конструкція АДК «Діана-4»

АДК підключається до керуючого ПК за допомогою USB інтерфейсу.

Комплекси серії «Діана-4.6» мають можливість інтеграції із зовнішніми приладами сторонніх виробників (осцилографи, аналізатори спектру, керовані джерела живлення, керовані навантаження тощо).

Програмно-апаратні діагностичні комплекси серії «Діана-4.6» крім розширеної функціональності цифрової підсистеми (тест-процесора, логічного аналізатора) відрізняються також принципово новим рівнем підтримки приладів розширення. Це стало можливим завдяки розробці універсального модуля, на який можна встановити до чотирьох стандартизованих приладів-мезонінів, створених всередині підприємства. Гнучка архітектура дозволяє замовнику та користувачеві вибрати з номенклатури приладів модулі розширення, що найбільш повно відповідають поставленим завданням діагностики. Можлива розробка таких модулів під завдання замовника.

Всі опціональні прилади мають розвинену підтримку ПЗ АДК та інтегровані з тестовою базою даних. Для таких приладів є збереження еталонів сигналів і вимірювань, порівняння реакції ОД з еталонами, розширений аналіз реакцій і т.д.

1.2 Принцип роботи пристрою формування перевіряючого тесту цифрового ТЕЗ

В статті [3] описаний принцип роботи пристрою формування тесту для ТЕЗ зі складу РЛС 16Ж6, які тестуються на АДК «Діана-4.6».

Пристрій формування перевіряючого тесту цифрового типового елемента заміни (ТЕЗ) радіолокаційної станції (РЛС) 19Ж6 є важливою розробкою, що забезпечує діагностику технічного стану цих елементів. РЛС 19Ж6, хоча й застаріла морально, досі використовується, і рівень її діагностичного забезпечення не відповідає сучасним вимогам. Для ефективного діагностування ТЕЗ було розроблено спеціальний пристрій.

Цей пристрій включає генератор псевдовипадкових чисел (ГПВЧ), комірки реєстрації, таймер та сигнатурний аналізатор. ГПВЧ генерує псевдовипадкову послідовність імпульсів, яка подається на вхід ТЕЗ. Комірки

реєстрації фіксують надходження цієї послідовності на інтегральні схеми (ІС) ТЕЗ, після чого генерація припиняється. Таймер підраховує кількість тактових імпульсів, що відповідає довжині тестової послідовності, а сигнатурний аналізатор формує еталонну сигнатуру на основі відгуку ТЕЗ.

Методика будови перевіряючого тесту базується на методі контролю перемикань та методі активації шляхів. Розглядаються одиночні константні несправності, тобто постійне закріплення лінії (входу або виходу ІС) в стан логічного «0» або логічної «1». Подання на вхід ТЕЗ псевдовипадкової послідовності імпульсів перетворює його модель на імовірнісний автомат, що дозволяє з високою ймовірністю перевірити всі можливі стани ТЕЗ.

Процес діагностування починається з генерації тестової послідовності за допомогою ГПВЧ. Ця послідовність подається на вхід ТЕЗ, а комірки реєстрації фіксують її надходження на всі ІС. Генерація припиняється після фіксації послідовності всіма комірками. Таймер підраховує кількість тактових імпульсів, що визначає довжину тестової послідовності, а на сигнатурному аналізаторі формується еталонна сигнатура на основі відгуку ТЕЗ.

Комірки реєстрації можуть бути реалізовані як в апаратному, так і в програмному вигляді. Вони фіксують надходження ЧПТ на ІС і сигналізують про це. Після цього визначається довжина тестової послідовності для даного виду ТЕЗ, яка називається еталонною довжиною тестової послідовності. Еталонна довжина послідовності однозначно характеризує саму тестову послідовність. При надходженні цієї послідовності на вхід перевірюваного ТЕЗ в контрольній точці формується еталонний відгук, що поступає на сигнатурний аналізатор, де утворюється еталонна сигнатура.

Таким чином, пристрій формування перевіряючого тесту дозволяє підвищити точність діагностики та відокремити непрацездатні елементи РЛС 19Ж6. Це є важливим кроком у модернізації діагностичного забезпечення застарілих технічних об'єктів, забезпечуючи їхню надійну роботу.

1.3 Метод комутації сигналів в АДК «Діана»

Функціонал АДК «Діана» включає в себе програмне забезпечення для виконання тестування плат. До них входять керуюча програма, редактор елементів, редактор електричних схем, генератор та редактор тестів, редактор сценаріїв. Дане програмне забезпечення відіграє важливу роль у подальшому функціонуванні схеми та може впливати на роботу приладу, який використовує дану плату або інше.

На даний час у АДК «Діана» немає жодної реалізації автоматизованого підключення ТЕЗу до генераторів тестових послідовностей, вимірювальних пристроїв та джерел живлення. На сьогоднішній день, реалізація цього процесу відбувається в ручному режимі тестувальниками плат. Механічне підключення кожного окремого інтерфейсу займає багато часу, що є незручним та нераціональним процесом у час високих технологій.

Варіантів автоматизації даної АДК не розглядалось на даному етапі. Можливо через універсальність «Діани» відносно різних типів схем, які вона може тестувати, можливо з інших причин, але залишається наявна проблема ручного перемикачання.

1.4 Існуючі методи комутації сигналів

Збройні Сили України використовують складні радіотехнічні об'єкти, які потребують швидкого відновлення в умовах бойових дій. Один із таких об'єктів - радіолокаційна станція (РЛС) 19Ж6 та її модифікації. Рівень діагностичного забезпечення цієї РЛС не відповідає сучасним вимогам, що викликає необхідність розробки нових або вдосконалення існуючих діагностичних систем. Для контролю технічного стану, пошуку несправностей та проведення ремонтних робіт на сучасних радіоелектронних засобах озброєння (РЕЗО) використовується автоматизований діагностичний комплекс (АДК) серії «Діана», призначений для діагностики та відновлення складних цифрових і цифро-аналогових типових елементів заміни (ТЕЗ).

Досвід експлуатації комплексу «Діана» показав необхідність удосконалення автоматизації процесу підключення об'єкту діагностування

(ОД) до діагностичного обладнання. У статті [3] запропоновано структурну схему керованого комутатора цифрових і аналогових сигналів, що суттєво спростить процес підключення ОД, подачі на нього напруг живлення і перевірки тестових послідовностей. Це покращить автоматизацію процесу діагностування, зменшить час діагностування та підвищить коефіцієнт готовності РЕЗО.

На рис. 1.3 зображено структурну схему керованого комутатора сигналів, впровадження якого дозволить удосконалити АДК «Діана». Схема включає такі функціональні вузли: пристрій введення інформації (ПЕОМ), тестовий процесор (ТП), мікроконтролер (МС), блок індикації, джерело напруг, ключ живлення, схему мультиплексування-демультиплексування (MUX-DEMUX) та плату підключення ОД. Користувач вводить на ПЕОМ код ОД, після чого формуються необхідні тестові послідовності для діагностування ОД, а мікроконтролер керує підключенням відповідних схем.

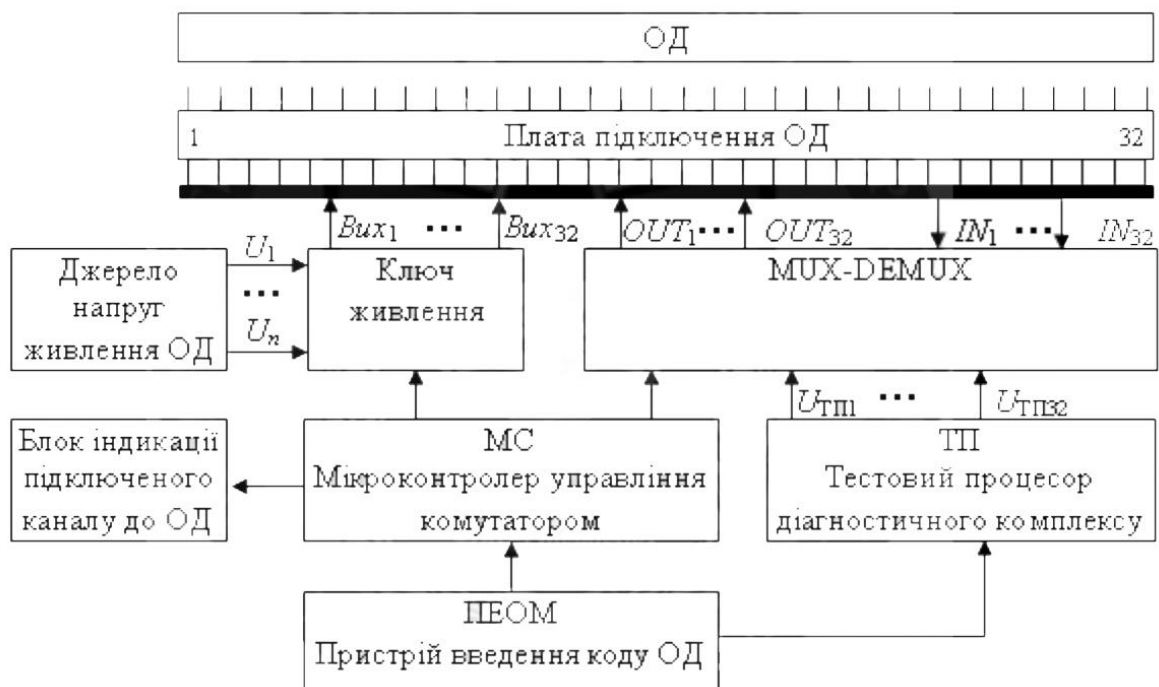


Рисунок 1.3 – Структурна схема керованого комутатора

Автоматизація процесу підключення ОД до діагностичного комплексу замінює ручний пристрій комутації на програмно-керований електронний

пристрій, що дозволяє швидко та точно здійснювати необхідні комутаційні з'єднання. Блок індикації візуально інформує користувача про стан вхідних та вихідних каналів, що покращує ефективність і надійність діагностування та ремонту складних технічних об'єктів.

Основне завдання полягає в розробці технічних рішень для вдосконалення апаратури АДК серії «Діана», щоб покращити показники ремонтпридатності РЛС 19Ж6 та її модифікацій. АДК серії «Діана» включає шість модульних підсистем, керованих зовнішньою ПЕОМ. Ці підсистеми мають можливість щодо: створення і вимірювання часових відрізків, визначення рівнів різних сигналів, запису і аналізу параметрів сигналів, а також забезпечення живлення та управління додатковими джерелами живлення ОД.

2. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОМУТАТОРА

2.1. Вибір та обґрунтування елементної бази (поміняй в змісті)

Комутатор сигналів є набором різних компонентів, які дають змогу використовувати їх як єдиний механізм. Керування комутацією сигналів здійснюється одним мікроконтролером, або іншим пристроєм, який відповідає за правильне переключення сигналів АДК.

Так як АДК може як надсилати сигнали на ТЕЗ, так і отримувати їх з нього, то пристрій комутації повинен працювати в обидві сторони та мати можливість забезпечувати переключення між входами та виходами схеми. Схематично це зручніше зробити, розбивши схему на дві окремі складові частини.

Та частина, яка взаємодіє з відповідним ТЕЗом, надсилаючи на нього тестові сигнали, найкраще може бути реалізована на демультиплексорах, так як саме демультиплексори мають один інформаційний вхід, на який можна подати тестову послідовність, та керуючі входи, за допомогою яких вказується один вихід з багатьох (1 з 16 наприклад), на який прийде тестовий сигнал

При проектуванні другої частини, яка відповідає за комутацію вихідних з ТЕЗа сигналів, то кращим елементом є мультиплексори, так як вони, за допомогою керуючих входів можуть вибирати один з багатьох інформаційних входів, та зчитувати з нього сигнал, надсилаючи на єдиний вихід мультиплексора. Вихід мультиплексора може бути з'єднаний з необхідним для діагностування вимірювальним пристроєм. Наприклад це може бути осцилограф, аналізатор спектра або сигнатурний аналізатор.

Мультиплексори — це комбінаційні схеми, що мають кілька входів і один вихід, які використовуються для передавання даних з кількох джерел через один канал зв'язку. Вони широко застосовуються в інформаційних та інформаційно-вимірювальних системах для розділу каналів інформації у часі.

Мультиплексор складається з інформаційних і керуючих (адресних) входів. Наприклад, для мультиплексора з двома інформаційними входами x_1 і x_2 та одним керуючим входом A , коли $A=0$, вихідний сигнал y відповідає сигналу на вході x_1 , а коли $A=1$, y відповідає x_2 . Це показано на рис. 2.1 і рис. 2.2, де зображені еквівалентна і принципова схеми мультиплексора відповідно.

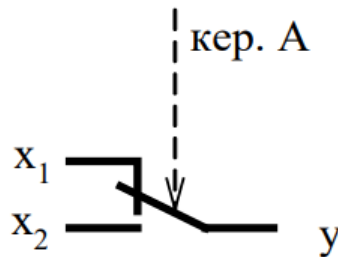


Рисунок 2.1 – Еквівалентна схема мультиплексора з двома входами

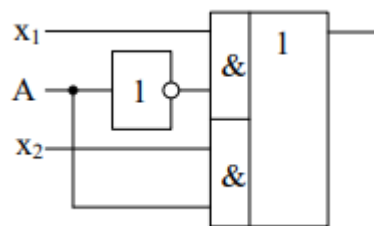


Рисунок 2.2 – Принципова схема мультиплексора 2×1

Для мультиплексора з восьми входами і одним виходом характеристичне рівняння буде мати наступний вигляд:

$$y = A_2 A_1 A_0 x_7 + \dots + \overline{A_2 A_1 A_0} x_0 \quad (2.1)$$

Тобто, зміна кодів на адресних входах визначає, який з інформаційних входів буде підключено до виходу. Функціональна схема такого мультиплексора показана на рис. 2.3.

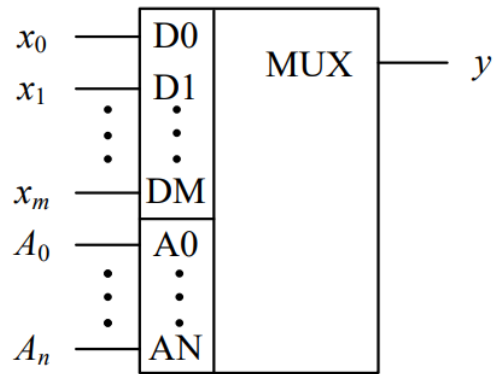


Рисунок 2.3 – Умовне позначення багатовходового мультиплексора

Демультимплексори, навпаки, здійснюють розподіл одного вхідного сигналу між кількома виходами. Принцип їхньої роботи є зворотним до роботи мультиплексорів. Наприклад, демультимплексор з одним входом і двома виходами працює так: коли керуючий сигнал $A=0$, вхідний сигнал передається на вихід y_1 , а коли $A=1$, сигнал передається на вихід y_2 . Еквівалентна схема демультимплексора показана на рис. 2.4

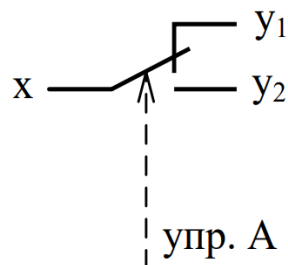


Рисунок 2.4 – Еквівалентна схема демультимплексора 1×2

Приклад демультимплексора з 4 входами та 16 виходами показано на рис.2.5, даний демультимплексор має 4 інформаційні входи та 2 керуючі, або забороняючі (EL, $\sim E$).

Для розробки схеми було вибрано демультимплексор 4514BD (рис.2.5). Даний демультимплексор має 4 інформаційні входи, та 16 інформаційних виходів. Два окремих входи це фіксований вхід (EL) і активний вхід “низький” (E) [5].

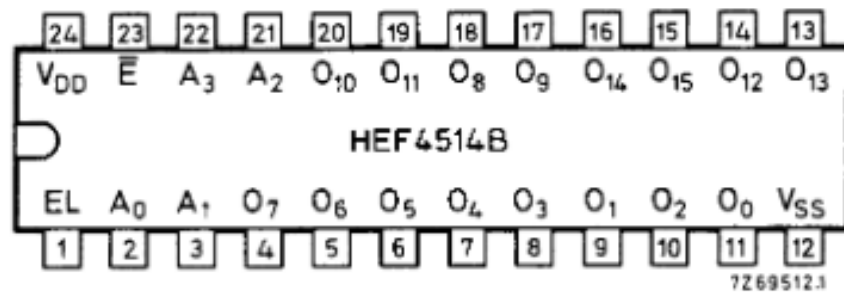


Рисунок 2.5 – Демультимплексор 4514BD

Так як комутатор який розробляється є доволі простою моделлю схеми, то відповідно компоненти можуть бути вибрані досить недорогі, наприклад 4514BD не є дорогим компонентом, він коштує від 0.6\$, що дозволяє отримати якісну схему за невеликі кошти, з урахуванням того, що потрібно буде декілька таких демультимплексорів.

Якщо демультимплексор слугує передавачем сигналів на один із багатьох виходів, то для отримання сигналу з багатьох виходів схеми, або ТЕЗу краще використовувати мультимплексор. Мультимплексор приймає на вхід один з багатьох різних сигналів, та відправляє його на вихід схеми.

Було вибрано мультимплексор 74152. Він має 8 інформаційних входів, 1 вихід та 3 керуючих входи[6]. Мультимплексор показаний на рис. 2.6.

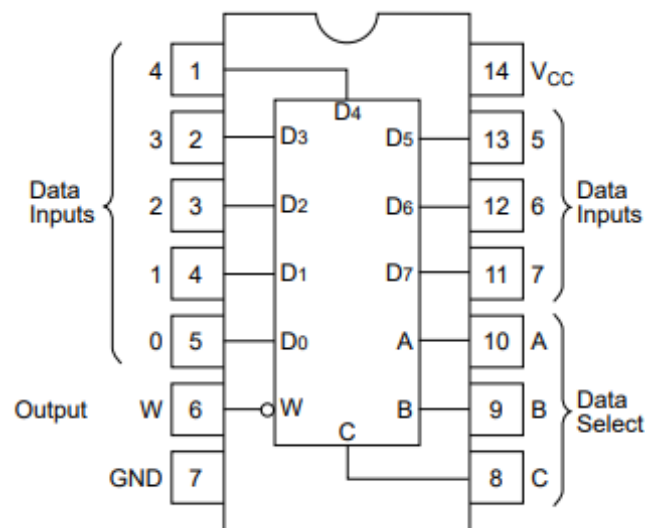


Рисунок 2.6 – Мультимплексор 74152

Ціна на даний мультиплексор варіюється в районі 2.5\$. Це є не дешевий варіант, але досить практичний з урахуванням його малого часу затримки операцій.

Для керування роботою схеми, та процесом автоматизації комутації сигналів в ній, потрібен компонент, який дасть змогу вводити просту інформацію, яку можна закріпити за кожним ТЕЗом окремо, та при підключенні відповідного ТЕЗа до схеми, лише ввести код, який відповідає даному ТЕЗу.

Є різні методи ідентифікації техніки, або будь чого іншого, що включають в себе базу даних, певну логіку та безліч складних процесів, але так як нашою задачею є спрощення роботи, ми використаємо для ідентифікації плат пристрій введення інформації, та пристрій його зчитування, а саме клавіатуру та мікроконтролер. Зручним методом вводу інформації є клавіатура з числами та буквами у шістнадцятковому форматі, як на рис. 2.7. Вводиться набір символів, наприклад 2000, який конвертується в мікроконтролері в бінарний код та поступає на входи компонентів.



Рисунок 2.7 – Клавіатура з шістнадцятковим вводом

Керування схемою здійснюється елементом, який керує всіма процесами в ній, таким може виступати найпростіший мікроконтролер.

Мікроконтролери є основою сучасних мікропроцесорних систем, які забезпечують отримання, аналіз, передавання та перетворення інформації. Вони включають в себе мікропроцесори та додаткові пристрої, такі як оперативні і постійні запам'ятовуючі пристрої, інтерфейси, тактові генератори, таймери та регістри. Мікропроцесор є програмно-керованим пристроєм, який виконує обробку інформації, зазвичай на одній великій інтегральній схемі.

Принципи функціонування МПС базуються на архітектурі фон Неймана, яка включає арифметично-логічний пристрій, керуючий пристрій, запам'ятовуючий пристрій та пристрої введення-виведення інформації (рис. 2.8). Всі ці компоненти об'єднуються через внутрішню контрольну магістраль, яка складається з шини даних, шини адреси та шини керування.

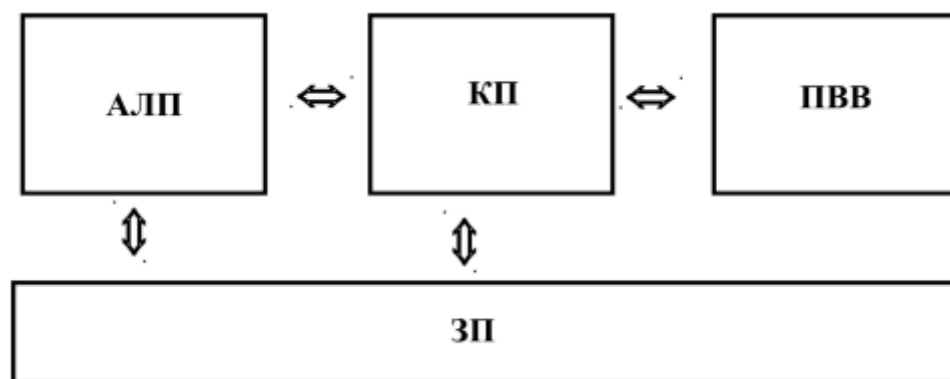


Рисунок 2.8 – Структура системи обробки інформації згідно принципів фон Неймана

Структурна схема сучасного мікроконтролера включає центральний процесор або процесорне ядро, внутрішню пам'ять блок інтерфейсу, для обміну даними із зовнішніми пристроями, периферійні пристрої (таймери, аналого-цифрові перетворювачі, спеціалізовані контролери) та допоміжні схеми (генератори тактових імпульсів, схеми налагодження і тестування, сторожовий таймер) (рис. 2.9).

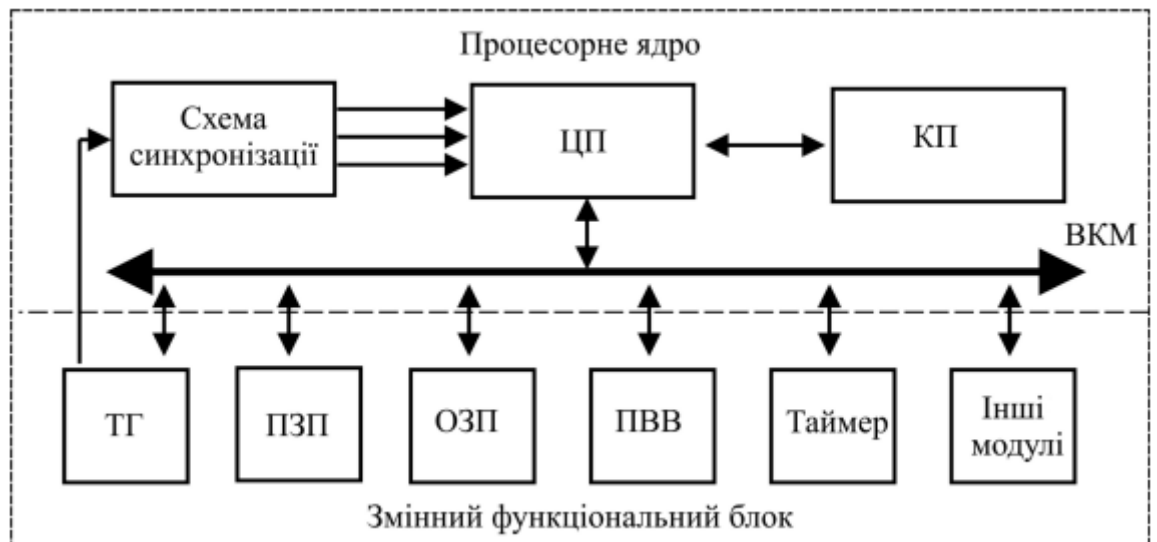


Рисунок 2.9 – Структурна схема сучасного мікроконтролера

Мікроконтролери класифікуються за кількома ознаками. Зокрема, за розрядністю шини даних вони поділяються на 1-бітні, 4-бітні, 8-бітні, 16-бітні та 32-бітні. За функціональним призначенням мікроконтролери діляться на загального призначення та спеціалізовані, такі як мікроконтролери цифрової обробки сигналів або для керування двигунами.

Використання мікроконтролерів є надзвичайно широким, включаючи системи керування промисловими процесами, побутову техніку, автомобільну електроніку, телекомунікації та інші галузі.

Мікроконтроллер може керувати як вхідними, так і вихідними сигналами, відповідати за дозволи компонентів схеми, та конвертувати системи числення, все залежить від можливостей мікроконтролера та програми, написаної для нього. Прикладом такого мікроконтролера є 8-бітний мікроконтролер 8051 (рис. 2.10), який програмується мовою C, або Assembler.

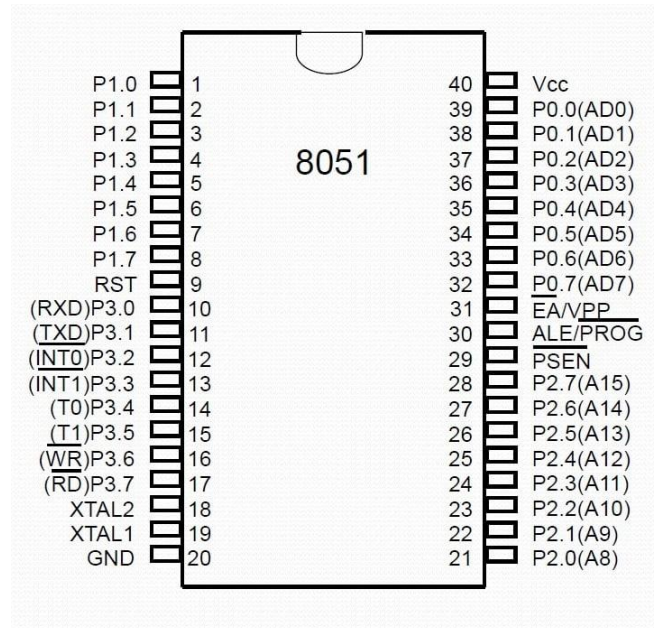


Рисунок 2.10 – Мікроконтролер 8051

Мікроконтролер 8051 є одним із найвідоміших і широко використовуваних мікроконтролерів у світі, розроблений компанією Intel у 1980 році. Він належить до сімейства 8-бітних мікроконтролерів і широко використовується в різних вбудовуваних системах завдяки своїй надійності, простоті використання та доступності. Основними характеристиками 8051 є 8-бітний центральний процесор, 4 КБ вбудованої пам'яті програм, 128 байт оперативної пам'яті, 32 лінії вводу/виводу, два 16-бітових таймера/лічильника та повнодуплексний послідовний порт. Крім цього він підтримує 64КБ зовнішньої пам'яті як програмної, так і даних, що значно розширює його функціональні можливості.

Мікроконтролер 8051 має широкий спектр застосування, починаючи від простих пристроїв, таких як термостати та системи контролю освітлення, до більш складних, таких як медичні прилади та системи автоматизації виробничих процесів. Його архітектура легко масштабується, що дозволяє використовувати його в різних проектах, від простих до складних. Програмування 8051 здійснюється на асемблері або мові C, що робить її доступною для більшості розробників. Істотною перевагою є також наявність

численних бібліотек та прикладів коду, які полегшують розробку та впровадження різноманітних додатків.

Орієнтовна ціна мікроконтролера 8051 варіюється в залежності від виробника та обсягу закупівель, але зазвичай знаходиться в діапазоні від 1\$ до 5\$. Така низька вартість робить його доступним для масового виробництва та використання у бюджетних проектах.

Однією з основних переваг 8051 перед іншими восьмибітними мікропроцесорами є його простота та універсальність. Завдяки вбудованим периферійним пристроям та можливості розширення пам'яті, 8051 дозволяє скоротити кількість додаткових компонентів у проекті, що зменшує загальну вартість та складність розробки. Крім того, велика підтримка з боку виробників та спільноти розробників забезпечує наявність безлічі інструментів та ресурсів для швидкого освоєння та ефективного використання цього мікроконтролера. Довговічність та надійність також відіграють важливу роль у виборі 8051 для критично важливих додатків, де стабільність та надійність є пріоритетними факторами.

Важливим компонентом схеми подавання сигналів на ТЕЗ є пристрій запам'ятовування інформації, переданої з мікроконтролера, для цього ми використаємо регістри зсуву.

Паралельні регістри зсуву відіграють важливу роль в цифровій схемотехніці, оскільки вони забезпечують ефективний прийом, збереження та передачу інформації. Інформація в регістрах зберігається у вигляді двійкових чисел, що представлені комбінаціями нулів і одиниць. Для реалізації регістрів зазвичай використовуються тригери різних типів, такі як RS-, D- та JK-тригери.

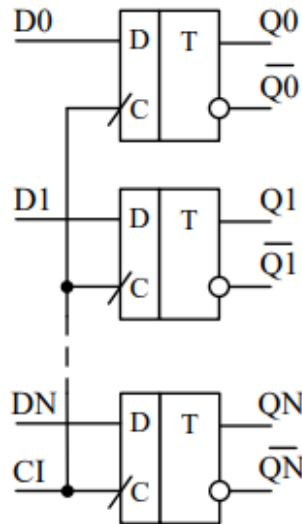


Рисунок 2.11 – Принципова схема паралельного регістра

Основною характеристикою паралельних регістрів є спосіб запису інформації, який відбувається одночасно у всі розряди регістра. Такий підхід дозволяє значно прискорити процеси обробки даних у порівнянні з послідовними регістрами, де інформація передається по одному розряду за раз.

Використання паралельних регістрів є особливо актуальним у випадках, коли необхідно забезпечити швидку обробку великих обсягів даних. Наприклад, у мікропроцесорах і контролерах, де важлива швидка передача даних між різними компонентами системи. Завдяки своїй структурі, паралельні регістри забезпечують високу пропускну здатність і ефективне використання ресурсів.

2.2 Створення функціональної схеми комутатора сигналів

Схема складається з об'єднання структурних блоків, які відповідають за окремі функціональні особливості роботи. Кожний структурний блок є окремою робочою схемою зі своєю програмою та задачами.

Структурний блок, відповідальний за подачу синхроімпульсів на плату має при подачі на нього сигналу синхроімпульсу, подати його на входи ТЕЗу, під'єднаного до АДК в даний момент часу. Схема дізнається про номеру ТЕЗу за відповідним номером у форматі шістнадцяткового числа, яке вводиться на

клавіатурі, під'єднаної до схеми. Мікроконтролер, отримавши код, дешифрує його у двійковий та надсилає на регістри зсуву. Регістри зсуву, в свою чергу, в даній схемі виступають запам'ятовуючими пристроями, які передають отриманий сигнал на демультіплексори. Демультіплексори є кінцевим елементом даної схеми, які відповідно до коду, надісланого на них з регістрів зсуву, вибирають вихід з 62 представлених для того, аби подати на нього синхроімпульс.

На рис. 2.12 зображено схему, яка відповідає за підключення синхроімпульсів від АДК до ТЕЗу.

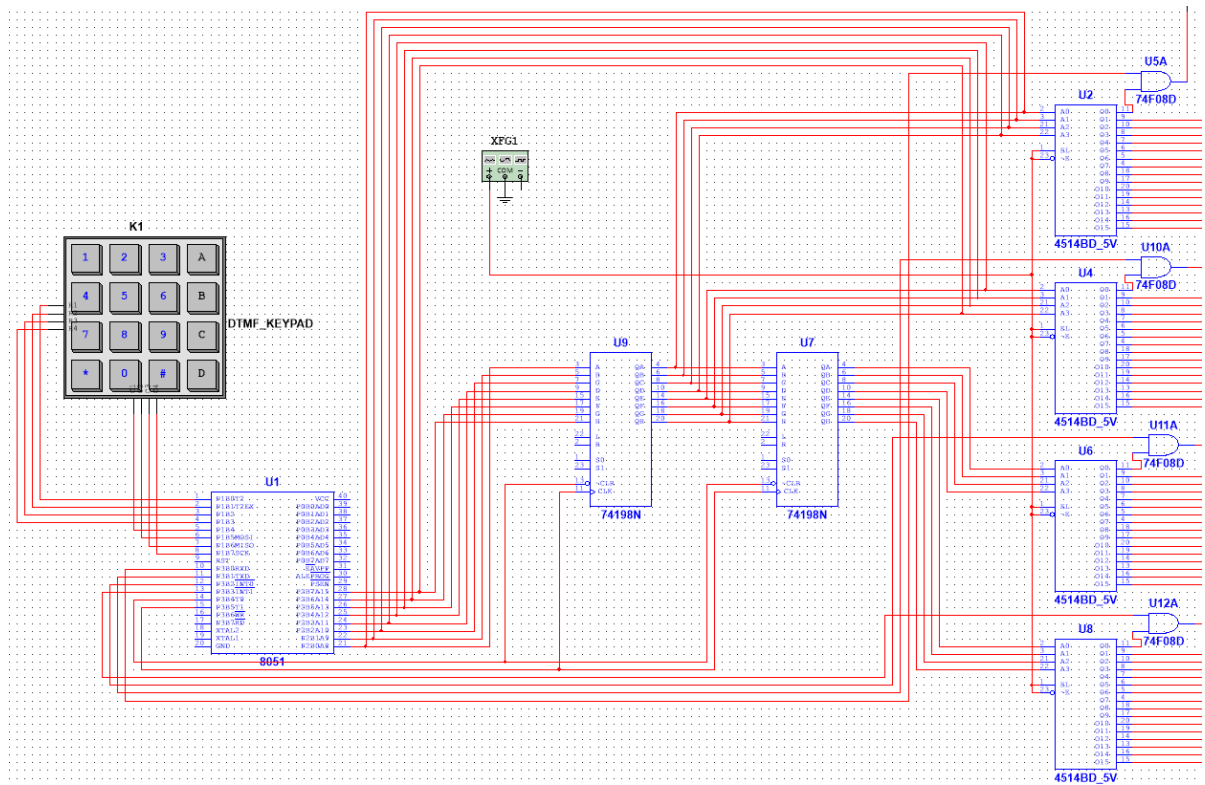


Рисунок 2.12 – Структурний блок схеми для генератора синхроімпульсів

На схемі також присутні елементи “Г” на перших виходах всіх демультіплексорів. Вони встановлені задля того аби при включенні комутатора, сигнал генератора перевіряючого тесту, яким в нашій схемі виступає генератор сигналу, не надходив на виходи, бо при низькому рівні на

всіх входах демультиплексора, сигнал генератора подається на перший вихід схеми завжди.

Програмування схеми забезпечується програмуванням мікроконтролера, в нашому випадку це восьмибітний мікроконтроллер 8051. На ньому доступні мови програмування як C, так і Assembler. Для зручності мову було вибрано C. Код мікроконтролера викладений в додатку А.

Код відповідає за зчитування даних з клавіатури, декодування сигналів та дає дозвіл на подачу сигналу з генератора на потрібні виходи.

Через певні обмеження роботи мікроконтроллерів в середовищі Multisim, приклад роботи програми буде продемонстровано через емуляцію роботи мікроконтроллера в парі з регістрами зсуву за допомогою констант сигналу – рис. 2.13(а, б).

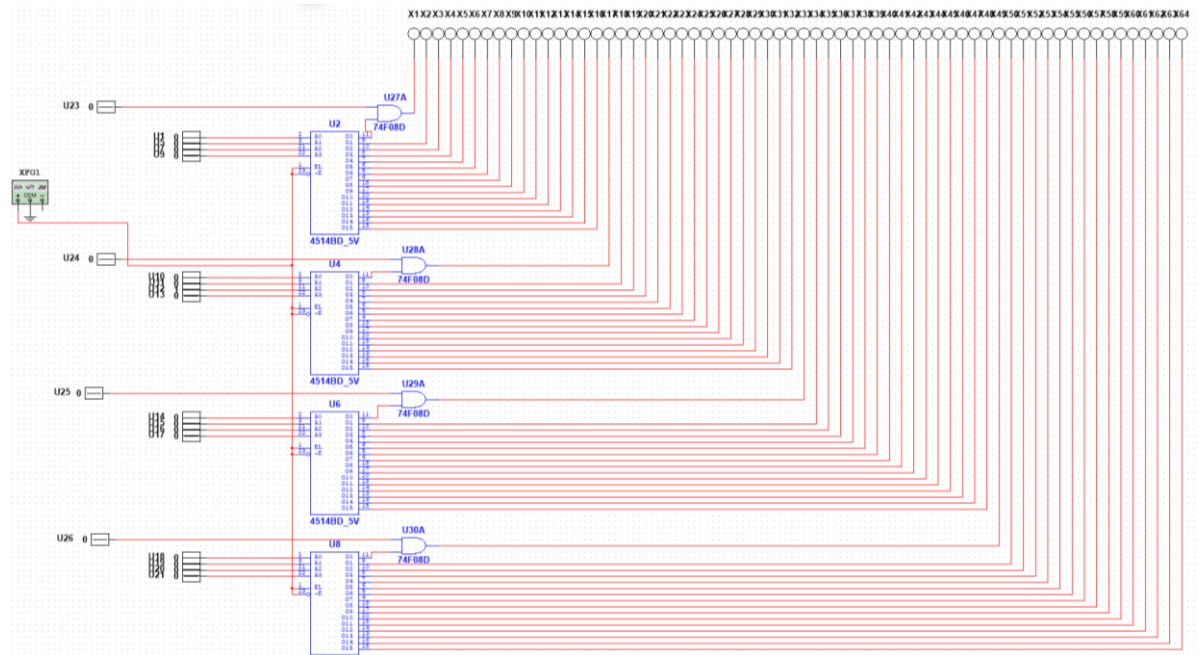


Рисунок 2.13(а) – Приклад роботи схеми подачі синхроімпульсів на ТЕЗ, вимкнена схема

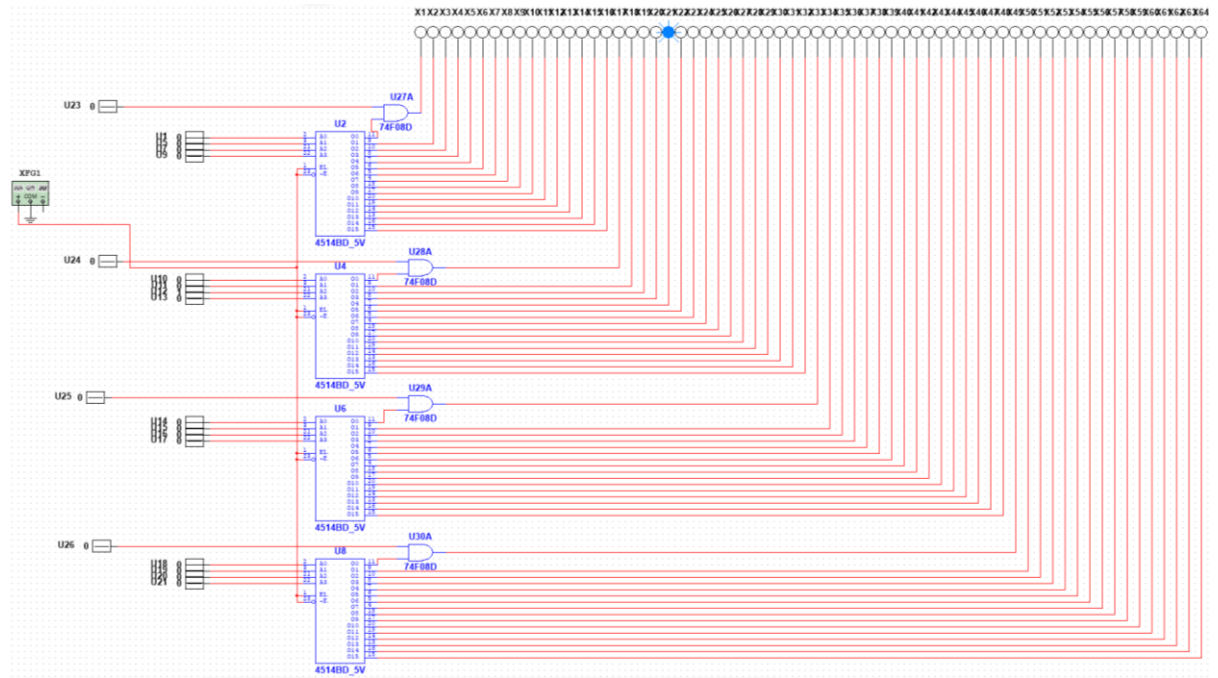


Рисунок 2.13(б) – Приклад роботи схеми подачів синхроімпульсів на ТЕЗ, увімкнена схема

Приклад роботи демонструє роботу схеми при введеному в неї значенні А з клавіатури. Введене значення конвертується в бінарний код 0000001000000000, який і дає змогу надсилати тестові сигнали на 21-й вихід.

Наступний структурний блок, це блок, що відповідає за зчитування даних з ТЕЗу. Цей блок є більш простим через інший спосіб задання сигналу для мультиплексорів. Так як в даному випадку використовуються мультиплексори, то ми маємо меншу кількість керуючих входів, за рахунок чого можна керувати переключенням сигналу напряму з мікроконтролера.

Робота даного структурного блоку є схожою з попереднім. З клавіатури вводиться число, яке відповідає заданому ТЕЗу, після чого комутатор підключає аналізатор до потрібного виходу ТЕЗа.

Головною відмінністю від попередньої схеми є наявність мультиплексорів замість демультимплексорів та відсутність регістрів зсуву. Для керування мультиплексорами достатньо вбудованої пам'яті мікроконтролера 8051, який зберігає інформацію до моменту введення нового коду з клавіатури.

Вісім мультиплексорів відповідають за прийняття 64 можливих сигналів з ніжок ТЕЗу, а наступний після них мультиплексор відповідає за відсіювання сигналу, та отримання одного єдиного, який нам потрібен. Сигнал поступає на аналізатор, в нашому випадку це осцилограф та проходить аналіз потрібного виходу. На рис. 2.13 зображено структурний блок схеми

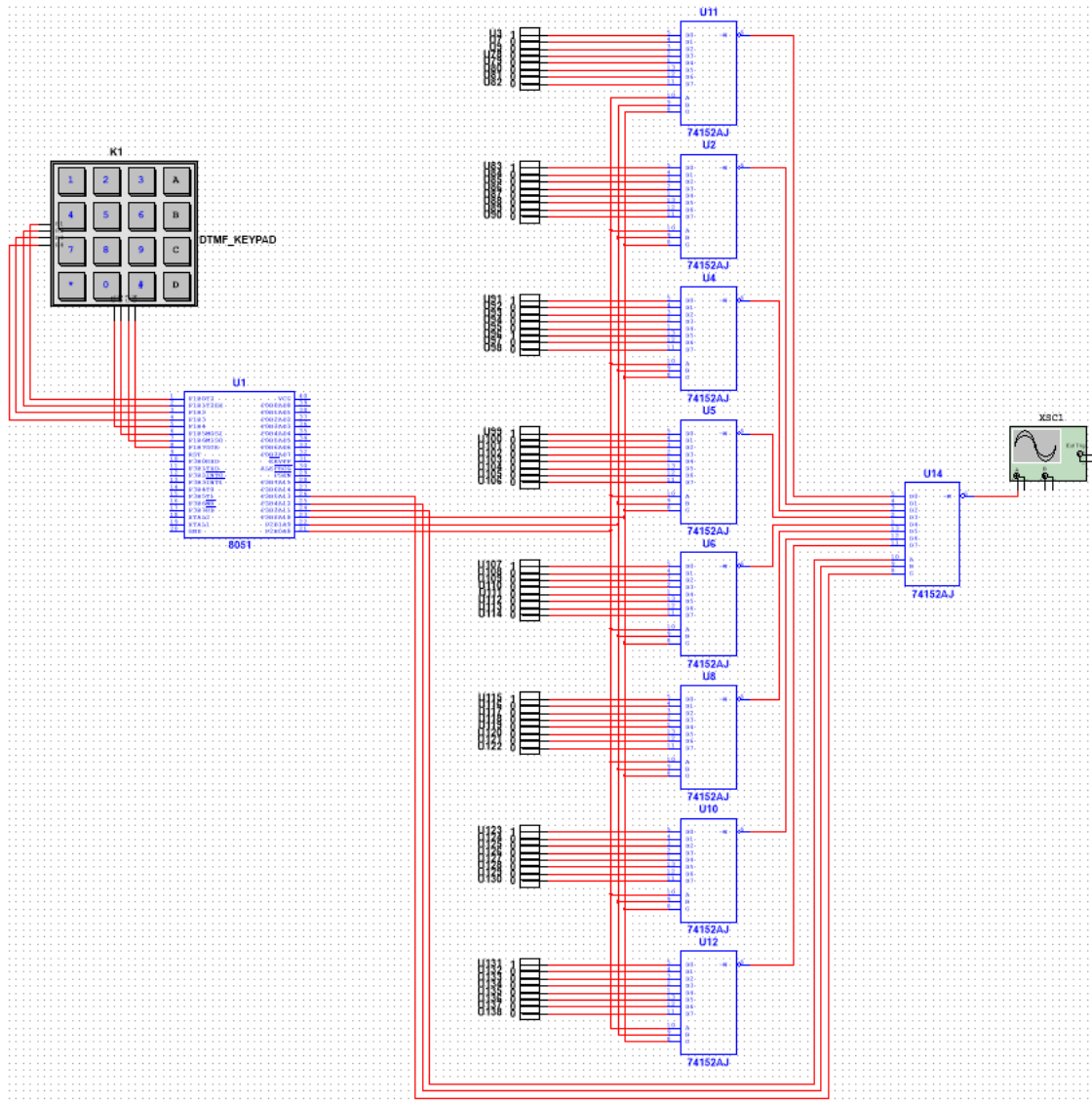


Рисунок 2.13 – Структурний блок схеми для сигнатурного аналізатора

Як і в першому блоку, для демонстрації роботи схеми використаємо константи для емуляції роботи мікроконтролера. Код мікроконтролера викладений в додатку Б. На рис. 2.14 зображено приклад роботи схеми зчитування сигналу з ТЕЗа.

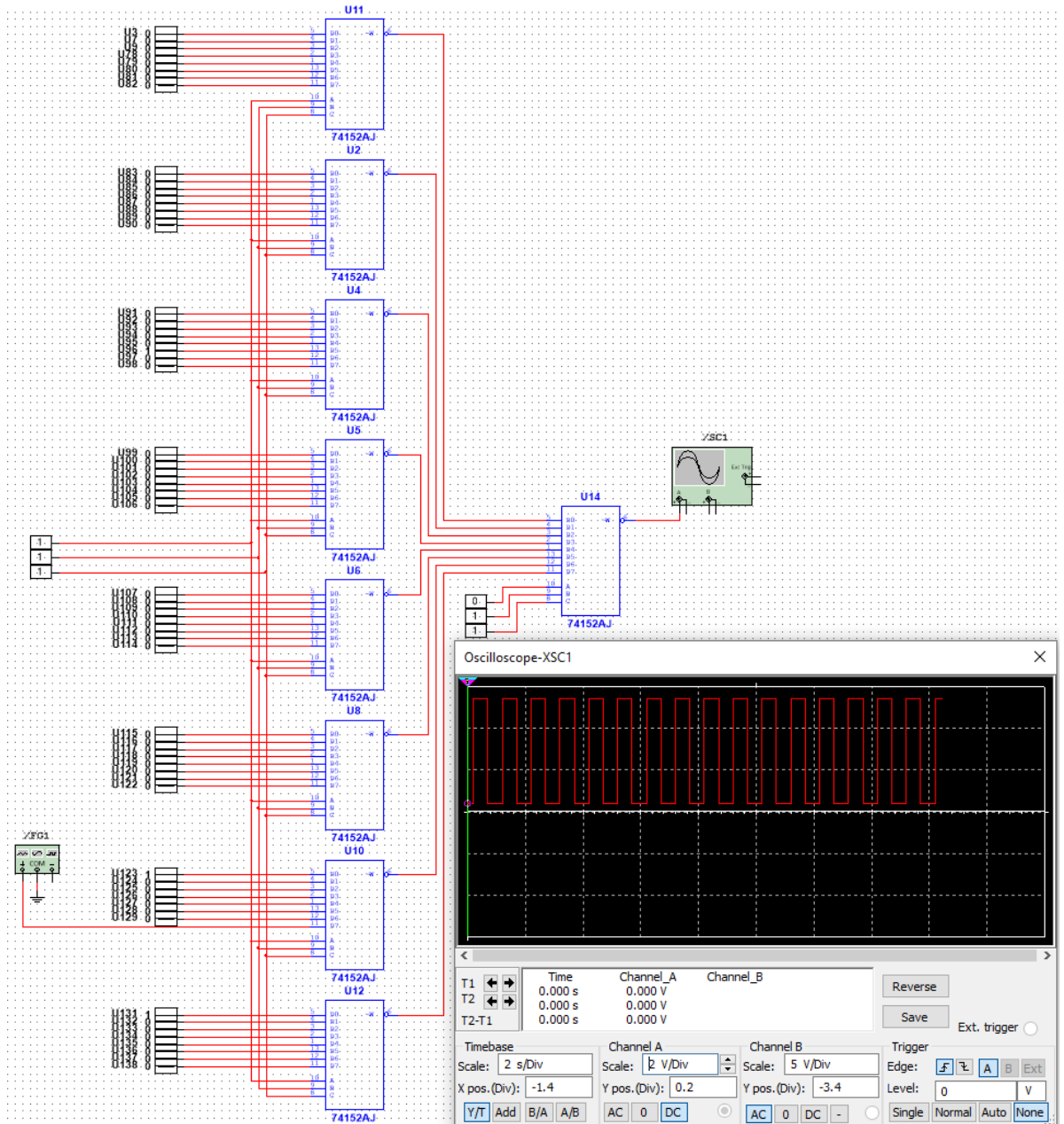


Рисунок 2.14 – Приклад роботи схеми зчитування сигналу з ТЕЗа

Продемонстровано роботу схеми при введенні на клавіатурі символів 7В. Дані символи перетворюються в бінарний код, у цього бінарного коду вибираються останні 6 біт інформації та розподіляються між першою групою мультиплексорів та загальним мультиплексором. Як бачимо, на виході задіється восьмий вихід сьомого мультиплексора, що і зчитує загальний мультиплексор за допомогою керуючих входів та надсилає сигнал на вихід всієї схеми, який в свою чергу є входом аналізатора.

ВИСНОВКИ

При дослідженні автоматизованого діагностичного комплексу «Діана» було виявлено недолік її роботи, який збільшує час дослідження та тестування ТЕЗів для комплексів ППО та іншої вкрай важливої техніки у воєнний час, цим недоліком є ручне підключення кожного окремого контакту АДК «Діана» до всіх 62-х ніжок ТЕЗу. Для вирішення даної проблеми було запропоновано автоматизувати процес перемикання сигналів, розробивши комутатор, який зможе прискорити процес підключення та виключити можливі помилки при тестуванні через людський фактор. При використанні комутатора середній час відновлення кожного ТЕЗу скорочується, що призводить до покращення показників надійності та зростанню коефіцієнта готовності.

Запропонована схема комутатора сигналів є доволі не дорогою, що робить її доступною за рахунок вибору компонентів, що в змозі дати гарну якість роботи за невелику ціну.

Схема комутатора складається зі структурних блоків, які відповідають за різні задачі. Один структурний блок відповідальний за комутацію сигналів які надходять з генератора імпульсів на ТЕЗ. Другий же структурний блок знімає сигнал з ТЕЗа та направляє його на сигнатурний аналізатор.

Комутатор сигналів є зручним та простим рішенням проблеми, яка приносить як незручності, так і несе небезпеку через галузь використання для якої і був розроблений даний комплекс.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. АДК серії "Діана-4". URL: https://www.lik-ate.com/diana4_46.shtml (дата звернення: 01.05.2024).
2. Жиров Г.Б. Керований комутатор цифрових і аналогових сигналів / С.В. Гахович, Г.Б.Жиров // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2023. – № 81. – С. 68-73.
3. Жиров Г.Б. Пристрій формування перевіряючого тесту цифрового ТЕЗ РЛС 19Ж6 / Г.Б. Жиров, С.В. Гахович // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2023. – № 78. – С. 55-62
4. PHILIPS. HEF4514 1-of-16 Decoder/Demultiplexer With Input Latches Datasheet: HEF4514BD. 1995. 6 с. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17749/PHILIPS/HEF4514BD.html> (дата звернення: 05.05.2024).
5. HITACHI. 74152 1 of 8 Line Data Selector/Multiplexer Datasheet: HD74HC152. 1999. 8 с. URL: <https://semiconductors.es/datasheet/74152.html> (дата звернення: 05.05.2024).
6. Макаренко В., Співак В. Цифрова схемотехніка. Моделювання та аналіз. : навч. посіб. 2-ге вид. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського,, 2021. 420 с.
7. Схемотехніка електронних систем / В. Бойко та ін. ; ред. Т. Ходирева. 2-ге вид. Київ: Вища шк., 2004. 423 с.
8. Татарчук Д. Д., Діденко Ю. В. Мікропроцесори та мікроконтролери: Курс лекцій : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.
9. INTEL. 8051 8 BIT CONTROL ORIENTED MICROCOMPUTERS Datasheet: 8051. 1988. 14 с. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/107780/INTEL/8051.html> (дата звернення: 05.05.2024).

ДОДАТОК А
КОД МІКРОКОНТРОЛЛЕРА 8051 ДЛЯ ПРОЦЕСУ КОМУТАЦІЇ
СИГНАЛІВ ПРИ ПОДАЧІ СИГНАЛУ НА ТЕЗ

```
#include <8051.h>
```

```
#define ROW_MASK 0x0F
```

```
#define COL_MASK 0xF0
```

```
void delay() {
```

```
    int i, j;
```

```
    for(i = 0; i < 100; i++) {
```

```
        for(j = 0; j < 100; j++) {
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    }
```

```
unsigned char readKeypad() {
```

```
    unsigned char row, col;
```

```
    while(1) {
```

```
        P1 = ~ROW_MASK;
```

```
        col = P1 & COL_MASK;
```

```
        if (col != COL_MASK) {
```

```
            delay();
```

```
            col = P1 & COL_MASK;
```

```
            if (col != COL_MASK) {
```

```
                for (row = 0; row < 4; row++) {
```

```
                    P1 = ~(1 << row);
```

```
                    col = P1 & COL_MASK;
```

```
                    if (col != COL_MASK) {
```



```
P2 = (unsigned char)data;
P3 |= (1 << 4);
delay();
P3 &= ~(1 << 4);

P2 = (unsigned char)(data >> 8);
P3 |= (1 << 4);
delay();
P3 &= ~(1 << 4);
}

void main() {
    unsigned char key;
    unsigned int bin_value;

    while(1) {
        do {
            key = readKeypad();
        } while (!isValidInput(key));

        bin_value = getBinValue(key);

        sendToShiftRegister(bin_value);

        P3 &= 0xF0;
        if(bin_value & 0x0001) {
            P3 |= (1 << 0);
        } else if(bin_value & 0x0010) {
            P3 |= (1 << 1);
```

```
    } else if(bin_value & 0x0100) {  
        P3 |= (1 << 2);  
    } else if(bin_value & 0x1000) {  
        P3 |= (1 << 3);  
    }  
  
}  
  
}
```

ДОДАТОК Б
КОД МІКРОКОНТРОЛЛЕРА 8051 ДЛЯ ПРОЦЕСУ КОМУТАЦІЇ
СИГНАЛІВ ПРИ ЗНЯТТІ СИГНАЛУ З ТЕЗ

```
#include <8051.h>
#include <string.h>

#define ROW P1
#define COL P1

unsigned char scan_keypad() {
    unsigned char row, col;
    ROW = 0xF0;

    for (row = 0; row < 4; row++) {
        ROW = ~(1 << row);
        for (col = 0; col < 4; col++) {
            if (!(COL & (0x10 << col))) {
                // Возвращаем значение клавиши
                return (row * 4 + col);
            }
        }
    }
    return 0xFF; // Если клавиша не нажата
}

void set_multiplexer(unsigned char hex_value) {
    unsigned char multiplexer_input = (hex_value & 0x38) >> 3;
    unsigned char multiplexer_select = hex_value & 0x07;

    P2 = (P2 & 0xF8) | multiplexer_input;
```

```

P2 = (P2 & 0xC7) | (multiplexer_select << 3);
}

unsigned char process_input_code(const char* code) {
    unsigned long long int hex_value = 0;
    int len = strlen(code);
    int start = len > 16 ? len - 16 : 0;

    for (int i = start; i < len; i++) {
        char c = code[i];
        if (c >= '0' && c <= '9') {
            hex_value = (hex_value << 4) | (c - '0');
        } else if (c >= 'A' && c <= 'F') {
            hex_value = (hex_value << 4) | (c - 'A' + 10);
        } else if (c >= 'a' && c <= 'f') {
            hex_value = (hex_value << 4) | (c - 'a' + 10);
        }
    }

    return (unsigned char)(hex_value & 0x3F);
}

void main(void) {
    unsigned char key;
    char input_code[17] = "";
    unsigned char hex_value;
    unsigned char index = 0;

    while (1) {
        key = scan_keypad();

```

```
if (key != 0xFF) {
    if (key < 10) {
        input_code[index++] = '0' + key;
    } else {
        input_code[index++] = 'A' + (key - 10);
    }
    input_code[index] = '\0';

    if (index >= 16) {
        hex_value = process_input_code(input_code);
        set_muxlexer(hex_value);

        index = 0;
        input_code[0] = '\0';
    }
}
}
```