

Хмельницький національний університет
Факультет програмування
та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії та системного програмування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень


Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура
Назва теми

КвРКІ.170163.17.01.06 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ-17-1  В.О. Даць
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  О.М. Березький
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  С.М. Лисенко
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
Інженерії та системного

Програмування  Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

« 24 » червня 2021 р.

Хмельницький 2021

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ПРОГРАМУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О Говорущенко



“ 11 ” 01 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Дацю Віталію Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура

Керівник проекту (роботи) Березький О.М., д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 05.02.2021 р. № 11

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Дослідження предметної області та постановка задачі

Абстрактний та структурний синтез керуючого автомата Мура

Програмно-апаратна реалізація та тестування керуючого автомата на основі автомата

Мура





5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Логічна схема переходів та граф-схема автомата Мура

Схема функціональна автомата Мура

Проектування керуючого автомату Мура в Quartus II

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КІСП		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП		



7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2021	виконано
4	Робота над розділом 2 – Абстрактний та структурний синтез керуючого автомата мура	01.04.2021	виконано
5	Робота над розділом 3 – Програмно-апаратна реалізація та тестування керуючого автомата на основі автомата Мура	30.04.2021	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2021	виконано
7	Попередній захист ВКР	02.06.2021	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2021 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Підпис

В.О. Даць
Ініціали, прізвище
О.М. Березький
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура».

Автор роботи: Даць Віталій Олександрович.

Керівник роботи: Березький Олег Миколайович.

Пояснювальна записка: 68 с., 22 рис., 13 табл., 3 дод., 41 джерел.

Графічна частина: 7 презентаційних слайдів.

ТЕОРІЯ АВТОМАТІВ, АВТОМАТ МУРА, КЕРУЮЧИЙ АВТОМАТ, СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ, АБСТРАКТНИЙ СИНТЕЗ, ГРАФ-СХЕМА ПЕРЕХОДІВ, МІКРОКОМАНДА, ВНУТРІШНІ СТАНИ.

Метою роботи є синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура.

В дипломній роботі розглядається абстрактний та структурний синтез автомата Мура, способи його задання.

Практичне завдання дипломної роботи була розробка операційного пристрою, що розв'язує наступну задачу: обчислення суми додатних елементів двовимірного масиву $A[n, m]$, що належать інтервалу $[-3; 7]$. Скласти мікропрограму операційного пристрою, до складу якого входить керуючий автомат, у вигляді змістовної та кодової ГСА. Виконати абстрактний та структурний синтез керуючого автомату як автомату Мура.





Підпис студента



Дата 20.06.2021

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП.....	5
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	7
1.1 Знайомство з теорією автоматів	7
1.2 Обґрунтування роботи та задач автоматів	8
1.3 Основні типи автоматів та їхня класифікація	13
1.4 Огляд дискретних автоматів	14
1.4.1 Операційний автомат.....	15
1.4.2 Керуючий автомат та його функції.....	16
1.5 Автомати Мілі та Мура та зв'язок між ними	23
1.6 Еквівалентність автоматів Мура та Мілі	25
1.7 Способи задання автоматів	28
1.8 Висновки	33
2 АБСТРАКТНИЙ ТА СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ КЕРУЮЧОГО АВТОМАТА МУРА.....	35
2.1 Виконання абстрактного синтезу автомата Мура	35
2.2 Структурний синтез автомата Мура	40
2.3 Висновки	46
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КЕРУЮЧОГО АВТОМАТА НА ОСНОВІ АВТОМАТА МУРА.....	47
3.1 Реалізація схеми автомата за допомогою середовища Quartus II	47
3.2 Представлення результатів тестування.....	49
3.3 Опис структури моделі для керуючого автомата	52
3.4 Висновки	59
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62

КВРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ									
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура. Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Даць В.О.						2	68
Перевір.		Березький О.М.							
Н.контр.		Лисенко С.М.							
Затвер.		Говорущенко Т.О.							
						ХНУ, КІ-17-1			

Додаток А Копія креслення «Логічна схема переходів та граф-схема автомату Мура».....	66
Додаток Б Копія креслення «Схема функціональна автомату Мура».....	67
Додаток В Копія креслення «Проектування керуючого автомату Мура в Quartus II».....	68

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВІС – велика інтегральна схема;

НВІС – надвелика інтегральна схема;

VHDL - very high speed integrated circuits HDL (одна з мов опису апаратури);

ТПВ – таблиця переходів-виходів;

ЦА – цифровий автомат;

HLD - hardware description language (мова опису апаратури);

КА - керуючий автомат;

ОА – операційний автомат;

ГСА - граф-схеми алгоритмів;

ПЛІС – програмовані логічні інтегральні схеми;

ПЛМ – програмована логічна матриця;

ЦП – центральний процесор.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

У наш час невід'ємною частиною сучасної кібернетики стала теорія автоматів. Данна теорія тісно пов'язана з теорією алгоритмів, математичною логікою, теорія графів, предметом дослідження яких є скінченні процеси та явища. Широке використання автоматних моделей зумовлено їхньою простотою та зручністю використання. У сучасному світі з кожним днем все більше процесів стають автоматизованими, що в свою чергу зменшує необхідність людського нагляду та контролю. До прикладу, ще декілька років назад майже на кожному підприємстві були прохідні пункти, де працювали люди. На сьогодні ці пункти є автоматизованими і не потребують людей, і все це завдяки теорії автоматів. Як наслідок системи автоматизації формують базу для створення нових сервісів для користувачів, а також зниженні витрат на експлуатацію.

Проте процес розробки цифрових пристроїв займає багато часу, та як показує практика, помилки частіше за все проявляються в місцях, де людський фактор має найбільший вплив.

Оскільки проектування цифрових пристроїв – це перспективний напрямок розвитку технологій, то система, яка підвищить продуктивність та якість проектування, є актуальною задачею.

Під якістю тут розуміється мінімізація кількості помилок, які можуть бути допущені при проектуванні, а під продуктивністю – зменшення часу, який витрачається на синтез.

Хоча теорія автоматів вивчає дуже прості моделі, вона є фундаментом великого числа різноманітних додатків. Ці додатки - від мовних процесорів до систем управління реального часу і протоколів зв'язку - покривають значну частку систем, розробкою, реалізацією і аналізом яких займається інформатика.

Актуальність підходу, що використовує кінцеві автомати, обумовлена тим, що він дозволяє в явному вигляді визначити дійсні стани для деякого аспекту вашого застосування і задати відповідні варіанти поведінки при переходах додатка з одного стану в інший. Кінцеві автомати використовуються для

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

формування набору взаємопов'язаних змінних або варіантів поведінки і їх логічної організації, що полегшує обробку станів.

Актуальність даної роботи полягає в полегшенні розробки програмного забезпечення та оптимізації роботи самих програм.

Метою дипломної роботи є скласти мікропрограму операційного пристрою, до складу якого входить керуючий автомат та виконати абстрактний та структурний синтез керуючого автомата як автомата Мура, який дозволяє підвищити ефективність мікропрограми.

Задачі дослідження:

- 1) встановити особливості предметної області, а саме вивчити теорію дискретних автоматів;
- 2) ознайомитись з особливостями опису керуючого автомата;
- 3) виконати абстрактний та структурний описи автомата;
- 4) реалізувати модель керуючого автомата на основі автомата Мура;
- 5) зробити висновки по виконанні роботі.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Знайомство з теорією автоматів

Автомат – це приклад пристрою, реакція якого залежить не тільки від входу, але і від того, що було раніше, тобто від стану в попередній момент часу. У наш час інформаційні технології розвиваються дуже швидко і набувають все більшого масштабу, відтак теорія автоматів також розвивається і розширює свої сфери застосування, що в свою чергу потребує впровадження теорії автоматів в нові наукові дисципліни. Тому моделі розроблені в теорії автоматів набули широкого застосування в теорії логічних моделей, математичній лінгвістиці та інших.

Цифровий автомат із пам'яттю – це послідовна схема, що здійснює перетворення двійкових перемінних. Такі схеми мають два і більше станів на відміну від комбінаційних схем, котрі мають тільки один стан. Цифрові автомати можна розглядати на абстрактному і структурованому рівнях [1].

На абстрактному рівні розглядається взаємодія автомата з зовнішнім середовищем, про цьому не розглядається його внутрішня організація. На структурному рівні, окрім взаємодії з зовнішнім середовищем, розглядається внутрішня організація автомата. Об'єктом дослідження в теорії структурних автоматів є утворення складних автоматів з простіших та способи реалізації їхніх математичних моделей. У структурному аналізі автоматів розглядається саме побудова автомата з доступних логічних елементів та найпростіших автоматів, а також способи кодування внутрішніх станів. Відносно рівня опису відрізняють абстрактні й структурні автомати.

У загальному виді абстрактний автомат може бути заданий сукупністю п'яти об'єктів (1.1):

$$A = (X, Y, Z, \delta, \lambda), \quad (1.1)$$

де $X = \{X_i | i = \overline{1, n}\}$ - вхідний алфавіт;

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

$Y = \{Y_i | i = \overline{1, k}\}$ – вхідний алфавіт;

$Z = \{Z_i | i = \overline{1, s}\}$ – алфавіт внутрішніх станів;

δ – функція переходів;

λ – функція виходів;

Якщо, множини X , Y і Z є кінцевим, то автомат називають кінцевим. Такий автомат перетворює вхідний алфавіт на вихідний за кінцеве число тактів. На абстрактному рівні алфавіти X , Y , Z складаються з абстрактних букв, а на структурному рівні кожній букві відповідає вектор структурних сигналів.

Функція переходів визначає спосіб переходу автомата із одного стану в інший, а функція виходів – формування вихідних сигналів.

На відміну від абстрактного автомата, який має вхідний і вихідний сигнал, структурний автомат має кінцевий набір входів і виходів, на які подаються сигнали в структурному алфавіті автомата. Набір різних значень сигналів, що подаються на вхідний (вихідний) вузол, утворює структурний алфавіт вхідного (вихідного) верстата. В даний час найпоширенішим структурним алфавітом є двійковий, завдяки простоті його подання в сучасних елементах та пристроях. Крім того, для двійкового алфавіту існує найбільш розвинений апарат булевих функцій, що дозволяє формалізувати багато операцій в машинному ланцюзі. При цьому кожен вхідний і вихідний сигнал машини кодується двійковим вектором, довжина якого визначається потужністю набору вхідних слів машини.

Для успішної побудови дискретних пристроїв та роботи з ними потрібні уміння та навички з теорії автоматів, адже розробка програмного забезпечення та удосконалення вже відомих алгоритмів обробки інформації потребує вагомих знань з теорії автоматів.

1.2 Обґрунтування роботи та задач автоматів

Теорія автоматів є відгалуженням теорії систем управління, яка розглядає математичні моделі дискретних перетворювачів інформації, названих автоматами. Якщо глянути такі конвертери схожі на реальні пристрої та абстрактні системи (наприклад, формальні системи, аксіоматичні теорії тощо).

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

Велика кількість проблем теорії автоматів є основними для загальних систем керування. До них належать проблеми аналізу і синтезу автоматів, проблема повноти, мінімізації, еквівалентні перетворення автоматів та інші.

Розглянемо основні задачі теорії абстрактних автоматів, до їхнього числа відносять задачі аналізу, синтезу, еквівалентних перетворень та мінімізації.

Основними завданнями опису автоматів є аналіз дескрипторів даного автомата, синтез автомата по заданих дескрипторів, уявлення автомата дескрипторами із заданим ступенем точності. Основна увага в роботі приділяється вивченню останньої з них. В якості основного модельного дескриптора виступають фрагменти автомата. Це пояснюється такими міркуваннями.

Завдання синтезу полягає в побудові автомата по заданій специфікації - опису необхідного, можливого і забороненого поведінки. Завдання ідентифікації полягає в побудові автомата на основі експериментів із заданим «чорним ящиком» - реалізацією цього автомата. В процесі експерименту виникає фрагмент поведінки автомата. Тому є єдина вихідна основа - фрагмент поведінки - для вирішення задач аналізу властивостей автомата з його поведінки і синтезу автомата, який задовольняє заданому поведінки з деякою точністю. Ці завдання і розглядаються в роботі. Опис поведінки автомата з заданим ступенем точності задається дескриптором того чи іншого виду.

Задачу синтезу можна розглянути, як абстрактну та структурну.

Математичні моделі в теорії абстрактних автоматів розглядають інструмент дискретних дій з точки зору алгоритмів їх функціонування, тобто послідовності дій при перетворенні дискретної інформації. В абстрактному аналізі та синтезі автомата основну роль відіграє не конструкція автомата, а переходи від стану до стану, які автоматом виконуються під впливом вхідних сигналів і вихідних сигналів, що генеруються автоматом. Предметом дослідження теорії структурних автоматів є структурно-функціональна організація автоматів в якості технічного механізму для реалізації їх математичних моделей. Під структурним аналізом і синтезом автомата розуміється розгляд структури автомата, вхідних і вихідних сигналів, а також пізнання методів його конструювання з великої кількості

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

логічних елементів і елементарних автоматів, методів кодування внутрішніх станів.

Різниця між ними в тому, що абстрактна теорія звільнена зі структури автомата (тобто не зацікавлений у методиці його будівництва), дослідження тільки поведінка машини щодо зовнішнього середовища. Абстрактна теорія таким чином, автомати близькі до теорії алгоритмів, так як вони, по суті своїй більш детально. На відміну від абстрактної теорії, структурна теорія зацікавлені як у структурі самого автомата, так і в структурі вхідних дій та реакція автомата на це. Методи конструювання вивчаються в статистиці побудови автомата, способи копіювання вхідних реакцій і реакцій автомата. Так, структурна теорія автоматів - це продовження і розвиток абстрактна теорія. Покладатися на пристрій логічних функцій і на зведення Автоматична теорія, структурна теорія надає ефективні рекомендації щодо розвитку справжні комп'ютерні пристрої.

Абстрактний синтез автоматів - це уявлення автомата у вигляді окремих блоків функціонують як одне ціле. Наприклад, мікропроцесор можна уявити як пристрій складається з окремих блоків, це і є абстрактний синтез, але якщо мікропроцесор представляти як схему з логічних елементів то це вже структурний синтез.

За етапом абстрактного синтезу йде етап структурного синтезу, що має метою побудову логічної схеми автомата з елементів заданого типу. Найбільш загальною моделлю на цьому етапі є структурний автомат – пристрій, що реалізує закон поведінки абстрактного автомата і являє собою мережу з логічних елементів.

Для синтезу схеми структурного автомата необхідна наявність структурно повної системи елементарних автоматів, з яких і синтезується схема. Існує загальний конструктивний прийом – канонічний метод структурного синтезу, який дозволяє синтезувати схему структурного автомата за таблицями або графом абстрактного автомата. Даний метод був запропонований В. М. Глушковим і припускає наявність структурно повної системи, що включає елементарні автомати двох типів: автомати з пам'яттю, які мають більш ніж один стан

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

(елементи пам'яті), і автомати без пам'яті, що мають рівно один стан (логічні елементи).

Канонічний метод структурного синтезу заснований на доведеній В. М. Глушковим теоремі про структурну повноту. Усяка система елементарних автоматів, яка містить повний автомат Мура з нетривіальною пам'яттю і яку небудь функціонально повну систему логічних елементів, є структурно повною. Існує загальний конструктивний прийом (канонічний метод структурного синтезу), який дозволяє звести синтез структурного автомата до синтезу його комбінаційної схеми.

Задачею еквівалентного перетворення є виділення повного спектру правил за допомогою яких довільний автомат перетвориться в еквівалентний йому. Окремим випадком даної задачі є перехід від однієї моделі автомата до іншого. Два автомата функціонально еквівалентні, якщо їх поведінка однакова під впливом одних і тих же послідовностей вхідних сигналів. У такому випадку говорять про збіг моделей поведінки двох автоматів.

Якщо в автоматі виділити деякий початковий стан і подати на вхід деяку послідовність вхідних символів, ми отримаємо послідовність вихідних символів. Цей перехід однозначний, а зворотний перехід багатозначний, тобто існує безліч автоматів, які вирішують одну і ту ж задачу, але відрізняються один від одного, зокрема, числом внутрішніх станів. В кінцевих автоматах не потрібно цікавитися фізичною природою станів. Єдина їхня функція полягає в тому, щоб брати участь у визначенні залежностей між входами і виходами автомата. Отже, будь-яка множина станів, що виконують цю функцію, є прийнятна, і бажано мінімізувати число станів автомата. Відомі методи синтезу не гарантують отримання автомата з мінімальним числом станів, і тоді виникає завдання мінімізації числа станів вже побудованого автомата, і це є завданням мінімізації автомата.

Поведінкою автомата зазвичай називається спосіб взаємодії автомата з зовнішнім середовищем. Відомі різні уточнення поняття поведінки. Надалі під поведінкою будуть розумітися безлічі вхід-вихідних слів в алфавітах автомата, можливо з деякою додатковою структурою. Основним поняттям при вивченні поведінки автомата слід вважати поняття експерименту з автоматом. В теорії

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

автоматів під експериментом розуміється процес подачі на досліджуваний автомат вхідних слів, спостереження відповідних вихідних слів - реакцій цього автомата - і виведення висновків про досліджуваному автоматі на основі апріорної інформації про нього і отриманих вхід-вихідних слів. При цьому функції автомата і його внутрішні стану невідомі і метою експерименту є їх розпізнавання. Вхідні слова подаються на початковій стану автомата. Процес експериментування здійснюється алгоритмом-експериментатором.

У дискретному аналізі термін «автомат» можна описати як абстрактну модель пристрою, що виконує якісь функції у дискретному часі, переробляючи потоки вхідних сигналів в потоки вихідних сигналів. На мові теорії множин це означає, що абстрактний автомат відображає множину вхідних сигналів у множину вихідних сигналів. Під час роботи автомата його стани змінюються у дискретні моменти часу під дією вхідних сигналів.

Шкала дискретного часу представлена на рис. 1.1. На осі часу числами 0, 1, 2, ..., i позначені моменти часу t_i , якими виділяються дискретні інтервали часу Δt_i , упродовж яких вхідні і вихідні сигнали автомата можуть змінювати своє значення.



Рисунок 1.1 – Шкала дискретного часу

Поняття автоматного часу впливає з описаного принципу дискретизації реального часу. Автоматний час є безрозмірною величиною та має цілочислове значення, мірою якого є кількість тактів. Довільному інтервалу Δt реального часу ставиться у відповідність момент t автоматного часу, який має безрозмірне цілочислове значення.

Якщо роль вхідних і вихідних змінних інтуїтивно зрозуміла - це змінні, якими можна управляти, або які можна спостерігати, то природа внутрішніх

змінних часто може залишитися невідомою, а їх вимір - неможливим. Сенс внутрішніх змінних можна визначити виходячи з тієї ролі, яку вони відіграють у визначенні автомата: вихідний символ в поточний момент і стан в наступний момент однозначно визначаються вхідним символом і станом в поточний момент. Таким чином, стану здійснюють додаткову зв'язок між входами і виходами, тобто грають роль в пам'яті, оскільки стан в поточний момент, залежить від усіх символів, які надійшли на вхід до поточного моменту.

Всі пристрої які виконують збирання, обробку та передачу інформації, що використовуються в системах управління, вхідні та вихідні сигнали роздаються в цифровій формі.

1.3 Основні типи автоматів та їхня класифікація

Оскільки різні автомати приймають інформацію по різному, одночасно або послідовно, їх поділяють на синхронні та асинхронні.

Синхронним автоматом називають автомат у якого тривалість вхідних сигналів і час переходу з одного стану в інший узгоджені. За фіксацію зміни стану автомата відповідає генератор синхросигналів.

У асинхронних автоматах навпаки тривалість вхідних сигналів і час переходів не узгоджені. Це викликано тим, що параметри залежать від різних подій, а чергова зміна значень вхідних сигналів відбувається лише за умови, що закінчився перехідний процес.

За принципом класифікації розрізняють детерміновані та ймовірнісні автомати. Детермінованим автоматом називають такий скінчений автомат, в якому для кожного наступного символа існує лише один стан, до якого автомат може перейти поточно.

Ймовірнісний автомат – це пристрій, в якого перехід від одного стану в інший відбувається випадковим чином, а вірогідність переходу визначається послідовністю його попередніх станів та вхідними сигналами.

Також скінчені автомати розрізняють за об'ємом пам'яті, тобто автомат має скінчене або нескінчене число внутрішніх станів.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

Комбінаційними схемами, являються такі автомати у яких до уваги береться лише число вхідних сигналів в даний момент часу і не залежить від сигналів які раніше надходили до нього. Також їх називають автоматами без пам'яті.

Другий тип автоматів характеризується тим, що вхідний сигнал, що виробляється в поточний момент, залежить не тільки від поточних сигналів але й від сигналів, що надходили раніше.



Рисунок 1.2 – Класифікація абстрактних автоматів

Тому важливо розуміти, що вихідні сигнали автомата з пам'яттю залежать не лише вхідного сигналу, але й від стану в якому перебував автомат раніше, а також в якому перебуває на даний момент часу.

1.4 Огляд дискретних автоматів

Розглядаючи будь-який пристрій обробки інформації ми побачимо, що він складається з двох основних частин – це операційного автомата та керуючого автомата.

Операційний автомат - це набір функціональних елементів, таких як арифметико-логічний пристрій і логічні операції, що виконують обробку даних. Операційні пристрої, такі як мікропроцесори, складаються з автомата управління і керуючого автомата, які значною мірою складаються саме з керуючого автомата, що регулює передачу даних між операційним автоматом і пам'яттю.

Алгоритм роботи операційного автомата:

- залежно від сигналів Y_i , отриманих від керуючої автомата, робоча машина виконує мікрооперації - різні дії на регістрах, вході і виході на зовнішні контакти;
- після виконання мікрооперацій у кожному стані операційний автомат створює мікроклімат X_i , відповідно до якого керуючий автомат приймає свій наступний стан.
- робота схеми мікропрограмного автомата відбувається синхронно – по передньому фронту тактового імпульсу спрацьовує керуючий автомат, а по задньому - операційний.

Тривалість тактового імпульсу визначається таким чином, щоб встигла спрацювати найдовша за часом мікрооперація в операційному автоматі або найдовший перехід в керуючому автоматі плюс час, необхідний для установки нових умов над новим значенням регістрів в операційному автоматі.

1.4.1 Операційний автомат

Операційний автомат використовується для виконання фактичного сукупності необхідних операцій алгоритму. Керуючий автомат задає послідовність вправ відповідно до алгоритму залежно від умов, тобто координує дії ОА-вузлів. Він створює попередні сигнали в певній часовій послідовності, під впливом яких виконуються необхідні дії у вузлах ОА, наприклад, поміщає вкладку в певний стан, інвертує вміст вкладки, відправляє вміст одного вузла в інший, переміщує вміст вузла вліво, вправо тощо.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

Робота автомата ділиться на тіки (дискретні тимчасові інтервали). Будь-яка елементарна дія, яка робиться в одному з вузлів ОА, протягом одного тактового періоду називається мікрооперацією.

Сукупність мікропроцесів, котрі можна зробити в ОА паралельно в такт-циклі називається мікрокомандою. Послідовність мікрокоманди, що реалізують алгоритм, називаються мікропрограмами.

Таким чином, якщо ОА передбачає можливість виконання n відмінних мікрооперацій, то із КА виходить n керуючих схем, всі вони відповідає конкретній мікрооперації. І уразі необхідності виконати мікрооперацію в ОА, достатньо послати сигнал з КА уздовж певної схеми управління відповідно до цієї мікрооперації. У зв'язку з тим, що КА визначає мікропрограму, тобто які і в якій послідовності повинні бути виконані мікрооперації, він отримав назву мікропрограмного автомата.

Структурна оптимізація операційних автоматів, що полягає в побудові і розширенні бібліотеки структурних моделей автоматів, охоплює також питання синтезу і оптимізації комбінаційних схем, що є основою цифрових пристроїв. Так, для зменшення витрат апаратури в схемі ОАП можуть бути застосовані поняття еквівалентних мікрооперацій і узагальнених операторів. Виділення в операціях переходів однакових функцій дозволяє вважати відповідні їм мікрооперації еквівалентними і представляти їх у формі узагальнених операторів.

Формування сигналів керування $y_1, y_2 \dots y_n$ щоб виконувались мікрокоманди, може здійснюватися підпорядковуючись від стану вузлів ОА, що визначаються сигналами $x_1, x_2 \dots x_s$, які живляться від відповідних виходів ОА до входів КА. Керуючі сигнали $y_1, y_2 \dots y_n$ найчастіше можуть залежати від зовнішніх сигналів.

1.4.2 Керуючий автомат та його функції

Керуючий автомат - являє собою пристрій, який координує дії вузлів керуючої машини за допомогою керуючих сигналів. Ці сигнали формуються

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

машиною управління з урахуванням ознак результатів виконання поточних операцій, що надходять з виходу машини управління, а також здатності машини керування виконувати кілька мікрооперацій паралельно (в одному такті). Сукупність одночасно виконуваних мікрооперацій називається мікрокомандою. Послідовність мікрокоманд, яка інтерпретує складну команду (не виконувану в одному такті), формує мікропрограму. Таким чином, КА (керуючий автомат) визначає мікропрограму, що регулює послідовність наборів керуючих сигналів (мікрокоманди), які активують працюючий автомат для виконання необхідних дій, пов'язаних з виконанням наступної команди.

Керуючий автомат може розглядатися як пристрій, що реалізує конкретний алгоритм роботи, визначений черговістю виконання окремих операцій або процедур управління об'єктом. При роботі керуючого автомату відповідно до алгоритму роботи, який він реалізує, виробляє послідовність керуючих сигналів. Керуючий автомат представляють у вигляді дискретного набору з n виходами $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ та k виходами $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$.

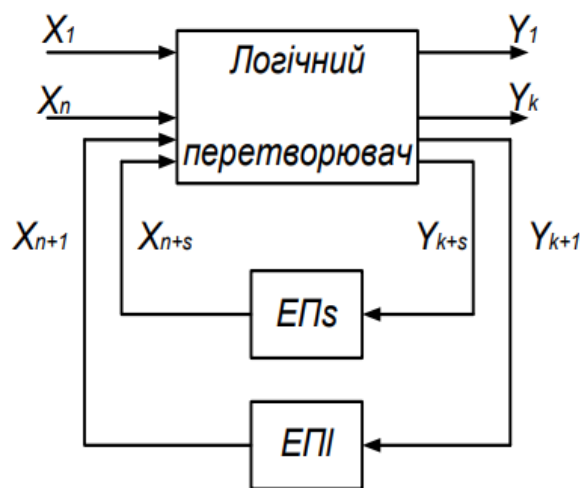


Рисунок 1.3 – Структурна схема керуючого автомату

Набір керуючих сигналів $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, що діють на працюючий автомат в кожен тактовий період, формує мікрокоманду. Послідовність мікрокоманд, призначених для виконання операції, називається мікропрограмою. Виконання операції зводиться до послідовної вибірки з пам'яті управління

мікрокомандами мікропрограми і видачі з їх допомогою керуючих сигналів Y в операційний автомат.

Керуюча пам'ять може зберігати безліч мікропрограм для виконання різних операцій. Вибір тієї чи іншої мікропрограми здійснюється за допомогою команди, що надходить з оперативної пам'яті. Вибрана мікропрограма реалізується шляхом послідовного зчитування мікрокоманд мікропрограми з комірок керуючої пам'яті. При цьому принципі управління в кожному циклі визначається адресою комірки в пам'яті управління, звідки повинна зчитуватися наступна мікрокоманда мікропрограми. Мікрокоманда мікро-програмного забезпечення містить ряд полів. Для кожного поля виділяється певна кількість бітів. Колекція полів називається мікро-командним форматом.

Зазвичай практичне використання автомата можливо тільки в тому випадку, якщо його робота починається з певного стану, який називають початковим станом автомата. При визначенні поведінки автомата на інтервалі дискретного часу початковий стан відповідає стану автомата в початковий момент часу.

Стан – це сукупність параметрів технічної системи в даний момент часу. Поточний стан несе в собі усю інформацію про минуле системи, необхідну для визначення її реакції на будь-яку вхідну дію, що формується у даний момент часу. Стан можна розглядати як особливу характеристику, яка в неявній формі об'єднує усі вхідні дії минулого, що впливають на реакцію системи. Реакція системи у цій термінології залежить тільки від вхідної дії і поточного стану. Таким чином стан можна визначити як сукупність параметрів моделі динамічної технічної системи, значення яких залежать від вхідних сигналів та передісторії даних параметрів. Кожен стан технічної системи, окрім сукупності своїх параметрів, характеризується часом знаходження системи у зазначеному стані (T). Перейти у новий стан система може по закінченню часу T (при наявності відповідних значень вхідних сигналів) або за подією, яка безпосередньо змінює стан технічної системи.

Згідно зі станом полів адреси та умовами переходу поточної мікрокоманди, а також значенням сигналів логічних умов, що видаються операційним автоматом, в блоці управління мікропрограмою формується адреса комірки

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

пам'яті, в якій зберігається наступна мікрокоманда виконуваної мікропрограми. У наступному періоді синхронізації мікрокоманда зчитується з керуючої пам'яті. Розряди поля керуючих сигналів надходять в автомат, який виконує задану мікрокоманду Y_k , а розряди поля адреси і поля умов переходу надходять в блок управління мікропрограмою, який формує адресу наступної мікрокоманди. Процес триває доти, доки не буде виконано вся мікропрограма.

При проектуванні мікро-програмного автомата існують два принципово різних підходи: застосування принципу схемної логіки і застосування принципу програмованої логіки. У першому випадку в процесі проектування вибирається певний набір цифрових мікросхем (зазвичай з малим і середнім ступенем інтеграції) і встановлюється така схема підключення їх виходів, що забезпечує необхідну функцію (тобто функція визначає, які мікросхеми вибираються і за якою схемою вони з'єднуються). Пристрої, засновані на цьому принципі схемної логіки, здатні забезпечити найбільшу швидкодію. Недоліком цього принципу конструювання автомата є складність використання ВІС та НВІС. Це відбувається тому, що при застосуванні схемного принципу перемикавання кожен розроблений автомат буде відрізнятися за схемою побудови і вимагатиме виготовлення індивідуального типу ВІС.

Через це часто застосовують інший підхід до проектування цифрових автоматів, який використовує принцип програмованої логіки. Такий підхід передбачає використання одної чи декілька ВІС, якогось елемента універсального пристрою, у якого необхідне функціонування (інакше кажучи пристрій, який повинен виконувати деякі функції) гарантує занесення в пам'ять пристрою програми (або мікропрограми). Відповідним чином до програми вводиться такий універсальний пристрій, який зможе забезпечити необхідне керування операційним автоматом для вирішенні самих різних завдань.

Автомати з фіксованою логікою базуються на пам'яті стану, яка найчастіше подається набором тригерів, та комбінаторної схеми, яка контролює перемикавання тригерів, а також формуванню вихідних сигналів залежно від вхідних сигналів та поточного стану. Поточний код стану зберігається в тригерах.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

Дивлячись який метод кодування мікрооперацій був взятий, можна виділити три варіанти організації управління мікропрограмою - горизонтальний, вертикальний та комбінований.

У горизонтальній формі кожній мікрооперації призначається лише один ступінь у мікрокоманді. У такому разі всі одночасно виконувани операції, призначаються одиницями у відповідних розрядах мікрокоманди. Операційний код вказує місце початкової мікрокоманди в мікропрограмі. Розташування подальших мікрокоманд призначаються за принципом вимушеної адресації, так що мікрокоманди складаються з декількох частин: мікро-операційної та адресної.

Основною перевагою горизонтального мікропрограмування є висока швидкодія завдяки простоті і можливості одночасного створення будь-якої кількості сигналів мікрооперацій, а також швидкому формуванню напрямку чергової мікрокоманди. Проте при горизонтальному мікропрограмуванні відстань поля мікрооперації має становити не менше максимальної кількості несумісних мікрооперацій, тобто потрібні великі формати мікрокоманд, а також комірок пам'яті, що призводить до помітних затрат на обладнання. Загалом лише незначна кількість розрядів в області мікрооперації містять одиниці, тобто пристрій пам'яті використовується неефективно.

Існують три основні варіанти взаємодії керуючого автомата з зовнішнім середовищем [2].

1. Події використовуються для взаємодії керуючого і операційного автоматів всередині автоматної системи управління. В цьому випадку, якщо події є винятковими (дві події не можуть відбуватися одночасно), обробка подій нічим не відрізняється від обробки значень вхідних змінних автомата.

2. Події поряд з вхідними змінними забезпечують взаємодію автомата з зовнішнім середовищем Це проектне рішення повинно відображати відмінність між подіями і вхідними змінними: автомат обробляє події в момент його появи, в той час як значення вхідних змінних опитуються автоматом за його власною ініціативою.

3. Кожному події зіставляється окремий стан (перехід) в автоматі. Це рішення підходить тільки для реалізації винятковою моделі подій. Крім того, воно

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

відображає активну роль подій, і той факт, що саме виникнення подій ініціює роботу автомата. Це рішення найкращим чином узгоджується з традиційними подійовими системами, де будь-яка функція виходів пов'язана з вмістом подій.

При проектуванні дискретних керуючих пристроїв для опису їх поведінки використовуються абстрактні автомати Мілі і Мура, які є вихідними даними для структурного синтезу абстрактної моделі проектного керуючого пристрою – керуючого автомата (КА). Більш доцільно використовувати автомат Мілі, який не складніше автомата Мура і в той же час відображає стан входу КА X (рис. 1.4) в стан виходу Y без затримки. Це призводить до прискорення функціонування системи, що складається з керуючого автомата (КА) і операційного автомата (ОА), і до здешевлення першого в порівнянні з побудованим в результаті синтезу керуючого автомата як автомата Мура.

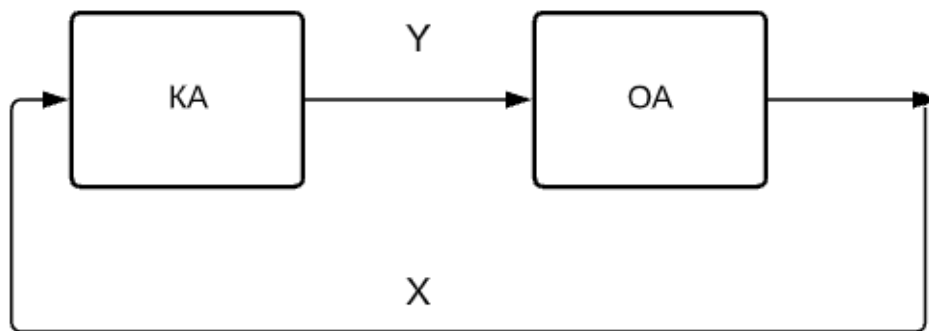


Рисунок 1.4 – Система КА-ОА

Однак, якщо ОА реагує на вплив Y з боку керуючого автомата, відображаючи $Y \rightarrow X$ без затримки, то поведінка системи КА - ОА з керуючим автоматом, синтезованою як автомат Мілі, некоректна. Щоб виключити некоректність, необхідно для опису поведінки КА застосувати автомат Мура, що вносить затримку у відображення $Y \rightarrow X$.

Деякі ОА на одних етапах функціонування реагують на дії керуючого автомата з затримкою, а на інших - без. Було б доцільно для таких об'єктів конструювати КА, відповідно який би змінював свою поведінку. З цією метою,

описуючи поведінку КА автоматом Мілі на етапі, коли реакція КА на зміну його входу повинна супроводжуватися затримкою, доводиться вводити в автомат додаткові внутрішні стани, розділяючи в часі аналіз стану входу і формування нового стану виходу. Це призводить до ускладнення графа КА, зростання числа дуг і станів, і, як наслідок, до ускладнення КА і подорожчання пристрою управління.

Для виключення зазначеного недоліку розроблена математична модель КА, що поєднує властивості автоматів Мілі і Мура в часі і проявляє ті чи інші з них на різних етапах функціонування. Така модель буде називатися СТ-автоматом.

Залежно від рівня абстракції розрізняють абстрактний і структурний автомати, які є моделями КА. Абстрактний автомат має один вхід і один вихід, на яких в кожен момент часу мають місце символи абстрактних вхідного і вихідного алфавітів, відповідно. Структурний автомат є більш детальною моделлю КА - має безліч входів і виходів, на яких присутні символи структурного алфавіту. Часто абстрактний автомат представляють в узагальненому вигляді з безліччю входів і виходів і вважають, що абстрактний і відповідний йому структурний автомати є векторними. Для опису поведінки такого УА застосовують векторні автомати Мілі і Мура.

У даній системі КА-ОА, якщо КА - векторний, ОА може реагувати на його вплив Y , формуючи реакцію на своєму векторному виході X по одним входам - негайно, а за іншими - з затримкою. Щоб виключити некоректність поведінки системи з КА, синтезованим з використанням автомата Мілі, можна для опису поведінки керуючого пристрою застосувати С-автомат - автомат з одним входом, на який надходять сигнали вхідного алфавіту, і двома виходами, на кожному з яких одночасно з'являється сигнал свого вихідного алфавіту. Відмінність С-автомата від автоматів Мілі і Мура полягає в тому, що він одночасно реалізує дві функції виходів, кожна з яких характерна для цих моделей окремо. В силу цього вихід С-автомата, на якому реалізується функція виходу автомата Мілі, називається виходом типу Мілі, а вихід, на якому реалізується функція виходу автомата Мура, називається виходом типу Мура.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

Крім понять абстрактного автомата і кінцевого автоматів, які є в теорії автоматів центральними, існує ряд їх модифікацій і узагальнень. Ці модифікації розбиваються на наступні основні групи:

1. Допускаються нескінченні безліч станів, вхідних і вихідних сигналів автомата. Іноді при цьому накладаються додаткові обмеження на функції переходів і виходів; елементи вказаних вище нескінченних множин, як правило, забезпечуються деякою структурою.

2. Допускається недетермінованість при зміні стану і визначенні вихідного сигналу. При цьому замість функцій виходів і переходів автомата розглядаються відносини, що обмежують певним чином можливості переходів і зовнішніх реакцій, або використовуються випадкові функції.

3. Видозмінюється саме поняття функціонування автомата. Наприклад, вхідна інформація передбачається надходить не у вигляді слів, а у вигляді "дерев"; або у визначенні функціонування автомата не враховуються

4. надходження за деякими виділеними вхідними каналами впливу.

1.5 Автомати Мілі та Мура та зв'язок між ними

Існують два основні різновиди автоматів, що відрізняються способом формування вихідних сигналів.

Автомат Мілі - кінцевий автомат, вихідна послідовність якого залежить від стану автомата і вхідних сигналів. Це означає, що у графі станів кожному ребру відповідає деяке значення (вихідний символ). Вихідні сигнали записуються в вершини графа-автомата Мілі, а умова переходу з одного стану в інший, як і вхідні сигнали, присвоюються дугам графа. Тобто, автомат типу Мілі генерує вихідний сигнал, коли його вхід змінюється, залежно від його попереднього стану. При цьому тривалість вихідного сигналу залежить не від тривалості вхідного сигналу, а тільки від його наявності.

Автомат Мура - кінцевий автомат, вихідне значення сигналу, в якому залежить тільки від поточного стану цього автомата, і не залежить, на відміну від

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

автомата Мілі, від вхідних значень. Вихідний сигнал в автоматі Мура визначається парою значень: вхідним сигналом і станом кінцевого автомата на даний момент.

Закон функціонування абстрактних автоматів може бути заданий функціями переходів і виходів.

Для автомату Мура зазначені функції можна записати у вигляді (1.2)

$$\begin{cases} Z_i^{t+1} = \delta(X_j^t, Z_s^t); \\ Y_i^t = \lambda(Z_s^t), \end{cases} \quad (1.2)$$

а для автомата Мілі (1.3):

$$\begin{cases} Z_i^{t+1} = \delta(X_j^t, Z_s^t); \\ Y_i^t = \lambda(X_j^t, Z_s^t), \end{cases} \quad (1.3)$$

де верхні індекси відповідають моментам автоматного часу $t = 1, 2, 3, \dots$

Як видно з наведених функцій, вихідні сигнали автомата Мура залежать тільки від його стану, а автомата Мілі – як від стану, так і від діючих вхідних сигналів. Для кожного типу автоматів перехід до іншого стану визначається попереднім станом і діючими вхідними сигналами. Також можна відзначити, що можна переходити від одного типу до другого і навпаки, а при переході від автомата Мілі до автомата Мура кількість внутрішніх станів автомата залишиться колишньою, а при зворотному переході кількість внутрішніх станів може збільшитися.

У таблиці 1.1 висвітлено пункти, що відрізняють автомат Мілі від автомату Мура.

					КВРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 1.1 – Основні відмінності автоматів

Автомат Мілі	Автомат Мура
Вихід залежить як від поточного стану, так і від поточного вхідного сигналу.	Вихід залежить лише від поточного стану автомата
Здебільшого у нього менше станів ніж у автомата Мура	Більше станів ніж у автомата Мілі
Значення вихідної функції є функцією переходів і змін, коли виконується вхідна логіка поточного стану	Значення вихідної функції – це функція поточного стану та змін на тактових частотах, коли відбуваються зміни стану
Автомати Мілі швидше реагують на дані які вводяться. Зазвичай вони реагують в одному тактовому циклі	У машинах Мура потрібно більше логіки для декодування вихідних сигналів, що призводить до великих затримок схеми. Зазвичай вони реагують на один тактовий цикл пізніше

1.6 Еквівалентність автоматів Мура та Мілі

Будь-який автомат можна відтворити з тієї чи іншої моделі. Автомат Мура переходить в автомат Мілі, якщо для всіх переходів у стан поставити вихідні впливи цього стану. Після таких перетворень отримаємо еквівалентний автомат Мілі.

Однак, щоб перетворити автомат Мілі в автомат Мура такий алгоритм не буде правильним, тому що в один стан можуть записати різні переходи. Для цього можна просто додати нові стани, встановлюючи необхідні відповідності. Розглянемо послідовність дій у разі перетворення автомата Мура на еквівалентний йому автомат Мілі. Нехай початковий автомат Мура заданий множиною вхідних, вихідних сигналів, множиною внутрішніх станів та функціями переходу та виходу (1.4).

$$G_A = \{X_A, Y_A, S_A, f_A, \varphi_A\}. \quad (1.4)$$

Створюємо автомат Мілі, заданий аналогічно (1.5):

$$G_B = \{X_B, Y_B, S_B, f_B, \varphi_B\} \quad (1.5)$$

Але потрібно не забувати про виконання умов (1.6):

$$X_A = X_B; Y_A = Y_B; S_A = S_B; f_A = f_B; \varphi_A = \varphi_B. \quad (1.6)$$

Еквівалентність функцій виходів автоматів визначається так: якщо для автомата Мура маємо функцію переходів $f_A(x_m, s_n) = S_j$ і його функція виходів $\varphi_A(S_j) = y_1$, то і в автоматі Мілі функція виходів $\varphi_B(x_m, S_j)$ також має відтворювати вихідний сигнал y_1 .

Перехід від автомата Мура до автомату Мілі здійснюється за схемою, зображеною на рисунку 1.5, зворотний перехід на рисунку 1.6.

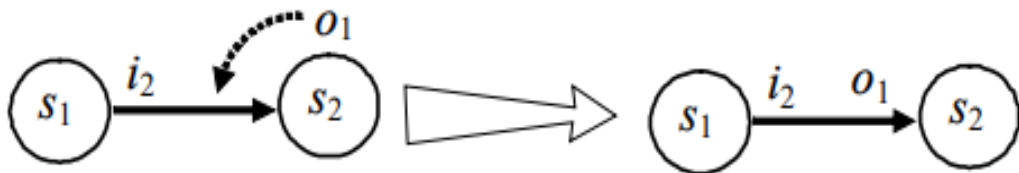


Рисунок 1.5 – Перетворення автомата Мура в автомат Мілі

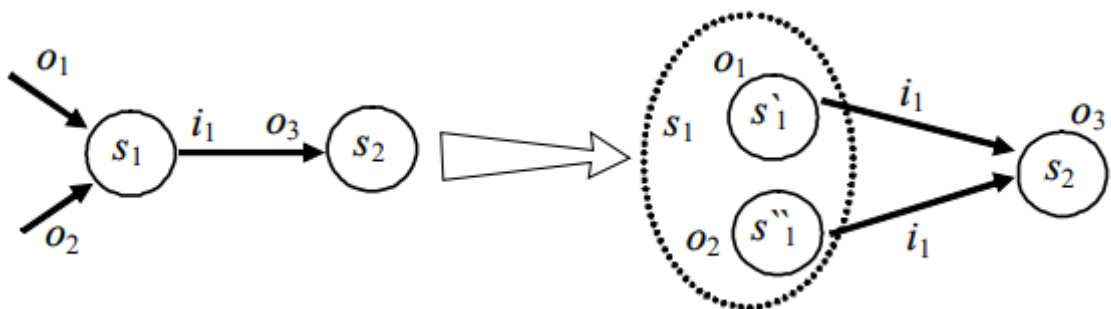


Рисунок 1.6 - Перетворення автомата Мілі в автомат Мура

Для табличного методу встановлення автоматів вихідна таблиця еквівалентного автомата Мілі заснована на перехідній таблиці автомата виводу Мура замінюючи символ s_h в точці перетину рядка x_j , і стовпчика s_i , який замінюється вихідним сигналом y_m , який відрізняє стовпець s_h в таблиці переходів автомата Мура. У результаті послідовно виконувани операції отримують комбіновану таблицю входів і виходів автомата Мілі. З принципу конструкції автомата Мілі G_B очевидно його еквівалентність оригінальному автомату Мура G_A .

Під час використання графічного методу встановлення автоматів при переході з оригінального автомата Мура в еквівалентний автомат Мілі вихідний сигнал y_m , відтворений біля вершини s_h , переходить на всі дуги, що містяться в цій вершині.

Для вирішення зворотної проблеми – перетворення Мілі на автомат Мура існує простий конструктивний метод реалізації, еквівалентний автомату Мура будь-який стан s_j автомата Мілі, перехід якого супроводжується створенням різних вихідних сигналів, виконується за допомогою комплексу станів $s_j^1, s_j^2, \dots, s_j^k$, кожен з яких відповідає тільки одному вихідному сигналу. У вибраній таблиці переходів автомата Мура фіксуються знову зареєстровані стани. При цьому, очевидно, що кількість внутрішніх станів автомата Мура більша, ніж для відповідного автомата Мілі.

При високорівневому проектуванні цифрових пристроїв управління на основі кінцевих автоматів формою подання специфікації проектного пристрою є таблиця переходів-виходів або граф переходів автомата. Одним із способів опису моделей ЦП в формі кінцевих автоматів на мові VHDL є автоматний шаблон, тобто спосіб опису моделей керуючих кінцевих автоматів, специфікація на які задана у вигляді ТПВ або графа переходів. Це спеціальна структура VHDL-моделі, в якій функції переходів і виходів виділені в окремі процеси (процес), а призначення нового стану здійснюється у спеціальному процесі, пов'язаному з синхронізацією. При проектуванні тесто-придатних керуючих автоматів апаратурну надмірність, що забезпечує легкотестованість, доцільно вносити ще на

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

початковому етапі проектування, тобто при побудові HDL-моделей пристроїв, що проектуються.

Легкотестованим будемо називати кінцевий автомат, для якого можна побудувати діагностичний експеримент мінімальної довжини шляхом забезпечення встановлення автомата у будь-який стан за мінімальне число тактів. Таким чином, дана функціональна модель абстрактного автомата у вигляді ТПВ або графа переходів і на його основі будується VHDL-модель у формі автоматного шаблону. Необхідно розглянути різні способи внесення апаратурною надлишковості в VHDL-модель для забезпечення тестопридатності, та вибрати оптимальний спосіб з точки зору додаткових апаратурних витрат. Апаратурна надлишковість в VHDL-моделях забезпечується шляхом внесення в HDL-код додаткових умовних операторів, що забезпечують побудову сканованого шляху в запам'ятовуючій частини автомата, що підтверджується результатами автоматизованого синтезу.

Оптимальним з точки зору внесення додаткових апаратурних витрат будемо вважати той спосіб, який забезпечує мінімальні додаткові апаратурні витрати при оцінці по Квайна вентильного еквівалента схеми, що синтезується в кристали програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) в автоматичному режимі інструментальними засобами систем автоматизованого проектування ЦП.

1.7 Способи задання автоматів

У практиці інженерного проектування для завдання алгоритмів функціонування автомата широко використовується структурно-орієнтована мова граф-схем алгоритмів (ГСА), запропонована Л. А. Калужніним, яка представляє собою графічний аналог логічних схем алгоритмів, уведених О. А. Ляпуновим у 1953 р. для опису блок-схем програм для ЕОМ.

Зазвичай функції переходів і виходів автомата зазначають за допомогою графа або таблиць переходів та виходів. При описі алгоритму роботи автомата комфортно використовувати графічні схеми алгоритмів (ГСА).

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

Основні вершини, які використовуються у ГСА (рис.1.7):

1. Початок – позначає початок мікропрограми. Має лише один вихід, входів немає.
2. Кінець – позначає кінець мікропрограми. Має безліч входів, але виходів немає.
3. Процес – ця фігура описує одну або кілька операцій з одночасним виконанням. Має безліч входів і один вихід.
4. Умова – відображає обробку умови, в залежності від результатів рішення якої залежить подальше виконання мікропрограми. Має будь-яке число входів і зазвичай має лише два виходи «так» або «ні».

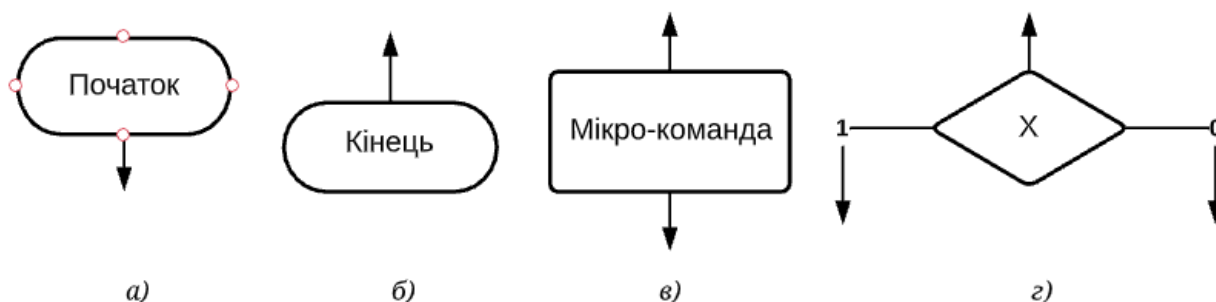


Рисунок 1.7 – Умовні позначення вершин ГСА

Створивши ГСА процес будування графа автомата і визначення алфавіту внутрішніх станів можна формалізувати. Виходячи з цього ГСА, як і граф, можна рахувати формальним описом абстрактного автомата. Приклад ГСА наведено на рисунку 1.8.

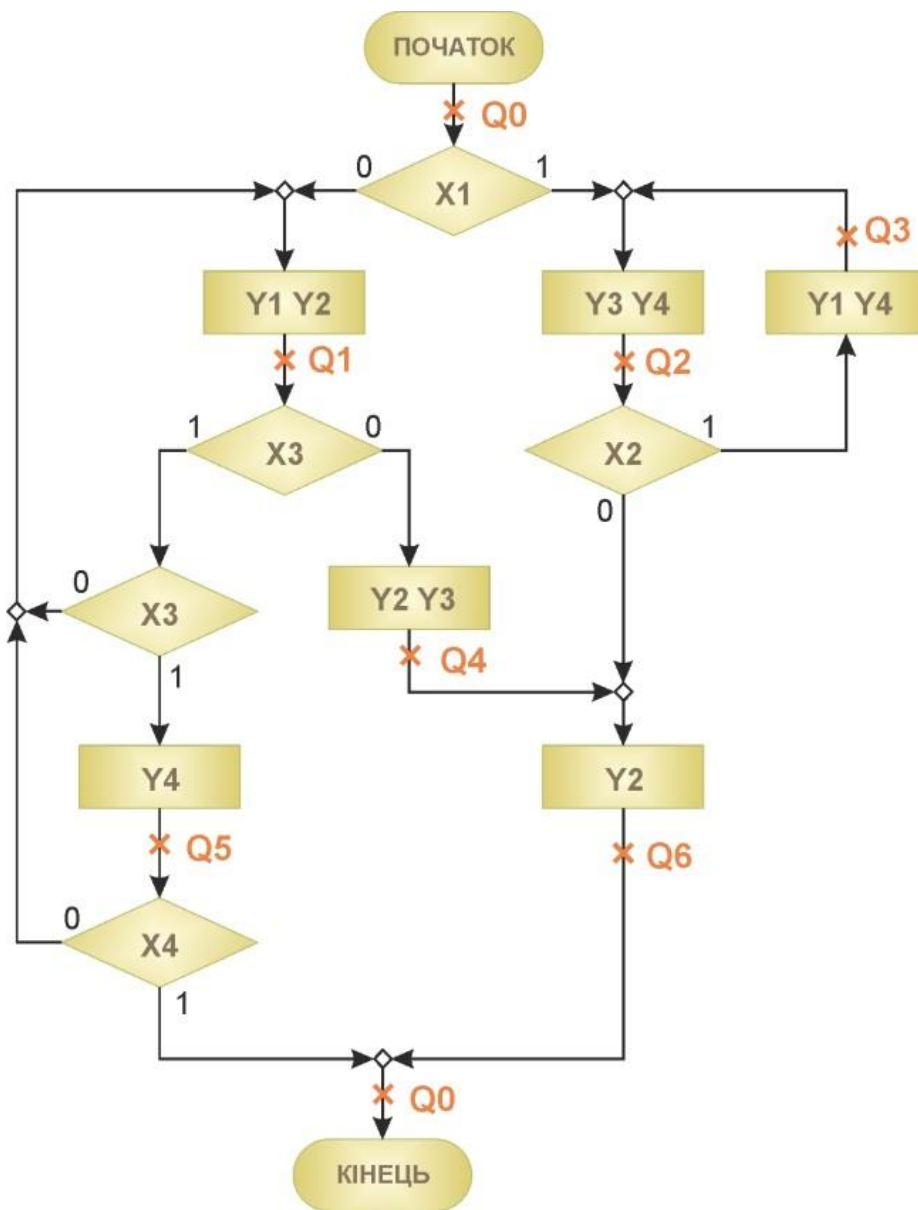


Рисунок 1.8 - приклад ГСА

Граф-схема алгоритму відображає набір правил переходу автомата з одного стану в інший залежно від вхідної інформації та внутрішніх станів автомата. При побудові графа-схем алгоритму використовується певний набір графічних символів, пов'язаних лініями. Символи вказують на дії, що виконуються, а рядки зі стрілками - на послідовність їх виконання. Для графа Мілі аналогічні і вихідні літери позначаються на дугах. Над дугами записуються вихідні літери, що символізують той факт, що вихідний стан залежить від стану автомата в попередній момент часу. Приклад граф-схеми автомата Мілі зображено на рис. 1.9.

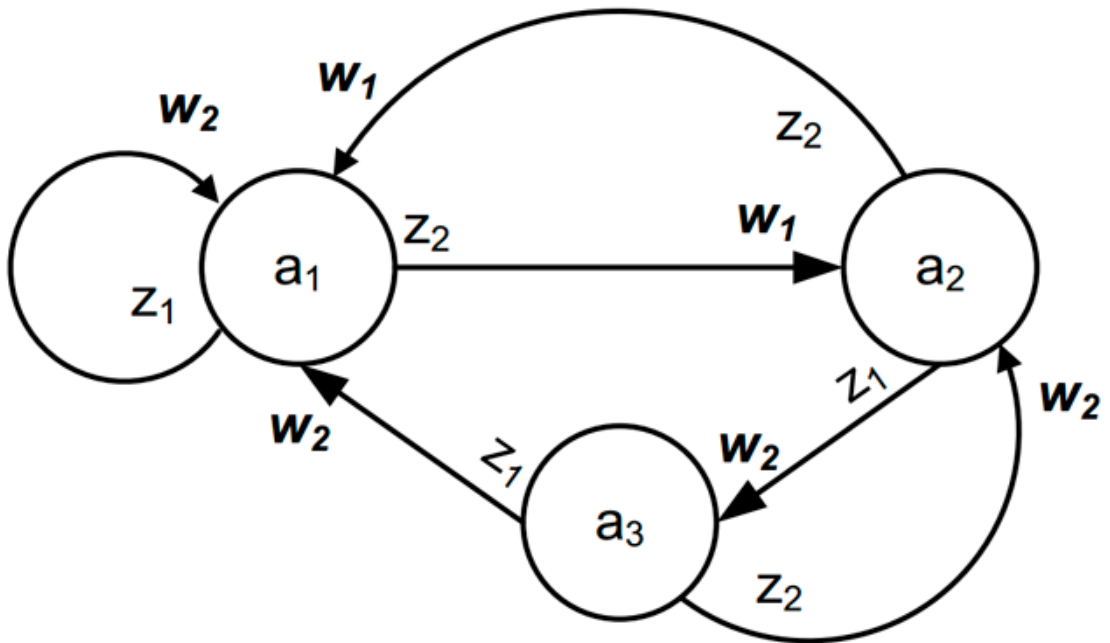


Рисунок 1.9 – Граф автомата Мілі

Для графа автомата Мура на дугах записуються тільки вхідні букви, в той час як виходи позначаються поблизу вершин. Варто зазначити, що якщо з кожної вершини виходить стільки ж дуг, скільки є вхідних букв, то автомат називається повним.

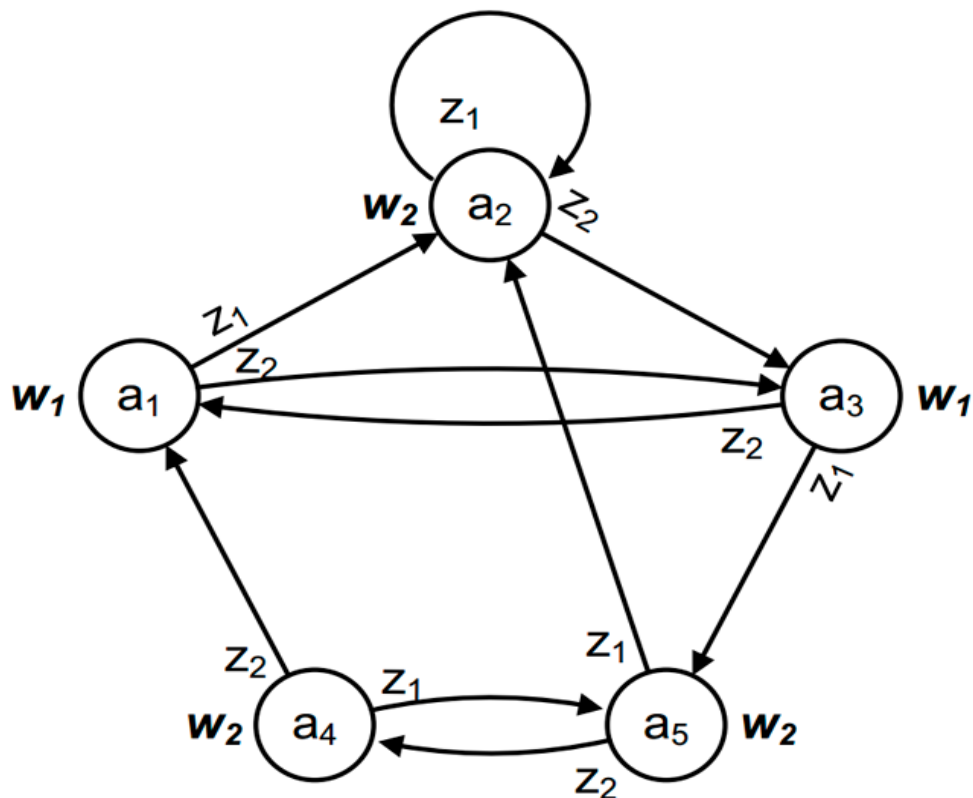


Рисунок 1.10 – Граф автомата Мура

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Графічні схеми часто використовуються для аналізу, а також для синтезу автоматів. За допомогою перехідних і вихідних таблиць, а також графів можна завжди знайти відповідь автомата на будь-яке вхідне слово, яке відноситься до множини X .

Серед послідовних автоматів часто зустрічаються автомати, на входи яких подаються не всі комбінації вхідних сигналів. Саме ці комбінації іменують забороненими, а відповідні автомати – частковими. Графи часткових автоматів містять вузли, в яких кількість дуг, що виходять, менша кількості букв вхідного алфавіту. Під час синтезу такого автомата необхідно довизначити функції переходів та виходів з метою максимального спрощення його структури.

Часто через велику кількість станів автомата граф стає надто великим, тоді для формального опису використовуються таблиці переходів і виходів. У таких таблицях заголовками рядків відповідаю вхідним сигналам, а стовпці – станам автомата. Граф автомата Мілі зображено в таблиці 1.1 та таблиці 1.2, а приклад таблиці автомата Мура відображено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Таблиця виходів автомата Мілі

λ	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Y_1	Y_2	Y_3	Y_2
X_2	Y_2	Y_1	Y_2	Y_3

Таблиця 1.3 – Таблиця переходів автомата Мілі

δ	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_1
X_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4

Таблиця 1.4 – Таблиця переходів автомата Мура

(λ, δ)	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_1
X_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4

Для автомата Мілі в таблиці на перетинанні рядків і стовпців вказується стан, у який переходить автомат, а в таблиці виходів – вихідний сигнал. Оскільки в автоматі Мура вихідний сигнал залежить тільки від стану автомату, то він задається лише однією таблицею переходів.

Виходячи з цього, прослідковується однозначна близькість між графами та таблицями переходів, тому від графа легко можна перейти до таблиць і навпаки

1.8 Висновки

Під час виконання першого розділу дипломної роботи було описано та проаналізовано задачі теорії автоматів та її основні напрямки. Також ми розглянули основні моделі автоматів та способи їх задання такі як автомат Мура та Мілі. Підсумовуючи можна зробити такі висновки:

1. Автомат – це приклад пристрою, реакція якого залежить не тільки від входу, але і від того, що було раніше, тобто від стану в попередній момент часу.
2. Теорія автоматів - це розділ теорії систем управління, що вивчає математичні моделі перетворювачів дискретної інформації, звані автоматами.
3. Керуючий автомат являє собою пристрій, що є схемною імплементацією мікропрограми. Відомі методи схемної імплементації алгоритмів визначають дві основні структури керуючих автоматів: мікропрограмний автомат і мікропрограмний пристрій керування. Можливість реалізації автоматних переходів за один такт робить мікропрограмний автомат більш кращим з погляду швидкодії при використанні в сучасних цифрових обчислювальних системах. Разом з тим, високі апаратні витрати в логічній схемі мікропрограмного автомата актуалізують наукову проблему їх оптимізації, особливо важливу у

світлі зростання складності обчислювальних систем і алгоритмів керування, що імплементуються мікропрограмним автоматом.

4. У автомата Мура виходи залежать лише від теперішнього стану автомата, а Мілі не тільки від теперішнього, а ще й від попередніх значень на вході.

5. Щоб задати дискретний автомат використовують два основні способи опису їх роботи – це за допомогою граф-схеми алгоритму або таблиць переходів та виходів.

В наступному розділі стоїть задача виконати абстрактний та структурний та абстрактний синтез керуючого автомата як автомата Мура, а також виконати побудову функціональної схеми.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

2 АБСТРАКТНИЙ ТА СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ КЕРУЮЧОГО АВТОМАТА МУРА

2.1 Виконання абстрактного синтезу автомата Мура

При абстрактному аналізі та синтезі автомата основну роль відіграє не конструкція автомата, а переходи від стану до стану, що виконуються автоматом під впливом вхідних сигналів та вихідних сигналів, які автомат формує. Предметом дослідження теорії структури автомата є структурна і функціональна організація автоматів як технічних засобів для реалізації своїх математичних моделей. Під структурним аналізом і синтезом розуміється вивчення конструкції автомата, вхідних і вихідних сигналів, а також вивчення способів його створення із комплектів логічних елементів та елементарних автоматів, методи кодування внутрішніх станів.

На стадії абстрактного синтезу за вказаним алгоритмом будується таблиця переходів, системи канонічних рівнянь і система вихідних функцій.

Абстрактний синтез автомата керування починається з позначення внутрішніх станів закодованої ГСА. Позначка стану повинна відповідати закону про функціонування автомата Мура або Мілі, тобто виконується для них по-різному. Припустимо, що автомат почне працювати від стану a_1 , в якому він не генерує ніяких вихідних даних і після виконання мікропрограми знову залишається в колишньому стані. Потім автомат переходить до умов, запропонованих законом про функціонування, та створює мікрокоманди u , що відповідають поточним значенням сигналів x . Закінчення виконання мікропрограми позначається поверненням автомата до початкового стану a_1 .

Оскільки в автоматі Мура вихідні сигнали пов'язані тільки зі станом автомата, тому кожній операторній вершині потрібно надати один зі станів автомата.

Правила для розмітки станів автомата на ГСА мікропрограми виглядає так:

- 1) символ a_1 позначає початковий і кінцевий вузли ГСА;

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

2) кожна вершина оператора повинна бути позначена лише одним символом $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$;

3) не можна позначати дві різні вершини оператора однаковими символами.

На рис. 2.1 показана ГСА, яка відповідає всім вище зазначеним правилам. У кожному циклі автомат Мура, який інтерпретує цю мікропрограму, переходить з одного стану в інший і видає відповідні керуючі сигнали y_i . Порядок видачі вихідних сигналів y_i визначається значеннями вхідних сигналів x_i .

Якщо для інтерпретації закодованої ГСА використовується автомат Мілі, то відмітка граф-схеми проводиться в такому порядку:

1) символом a_1 відзначається вихід початкової і вхід кінцевої вершини;

2) символами $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$; відзначаються входи вершин, які йдуть за операторними вершинами;

3) входи двох різних вершин не можуть бути відзначені однаковими символами;

4) входи вершини можуть відзначатися тільки одним символом стану.

Наведені правила означають, що якщо вершина має кілька входів, то символом стану відзначається їх підмножина, що складається з входів, наступних тільки за початковою або за операторними вершинами. Якщо один з входів кінцевої вершини з'єднаний з виходом операторної вершини, то між ними необхідно ввести порожню операційну вершину, інакше автомати Мура і Мілі, побудовані по одній ГСА не будуть еквівалентними.

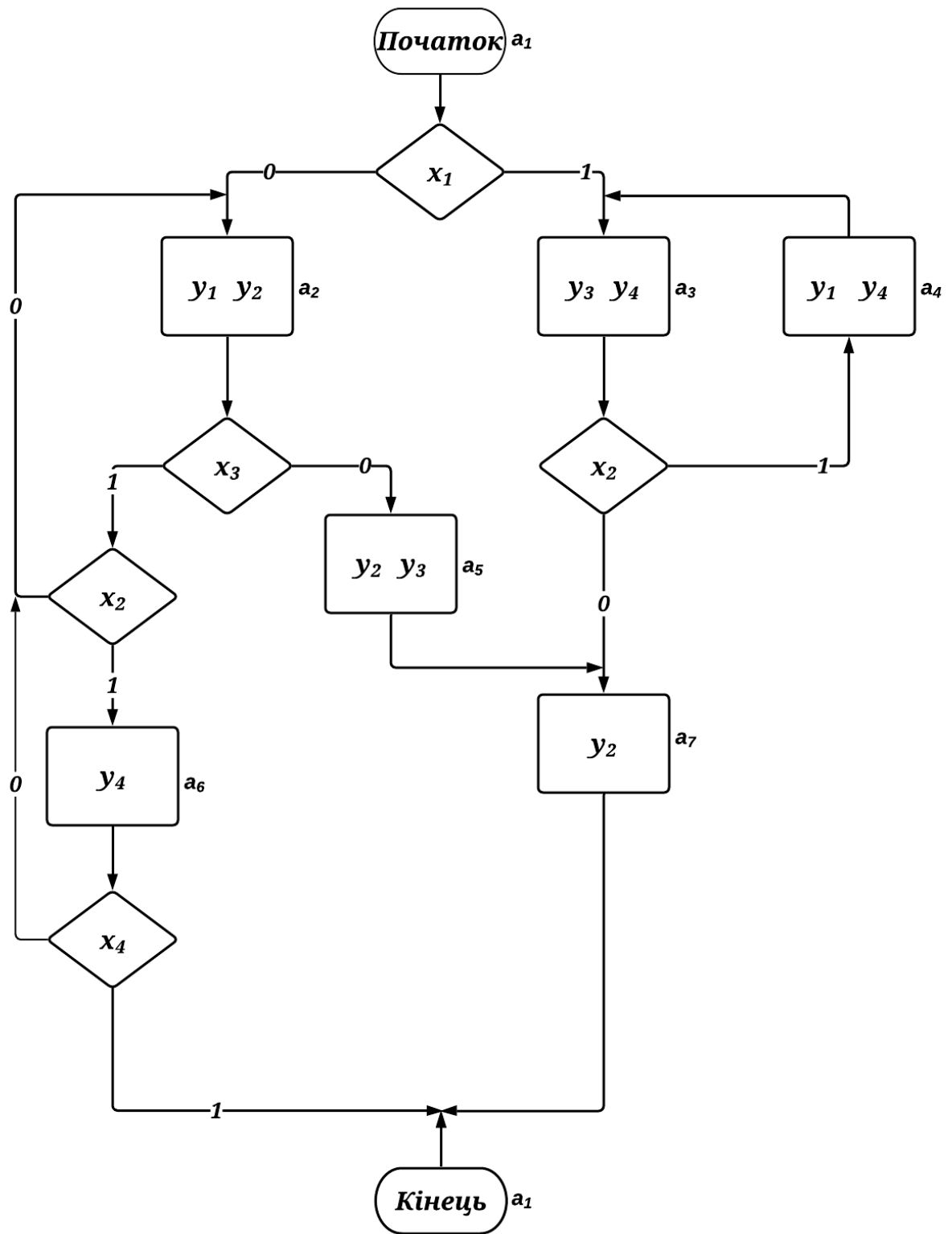


Рисунок 2.1 – Граф-схема автомата Мура

Граф автомату Мура, що підходить для позначеної ГСА, відображений на рис. 2.2.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

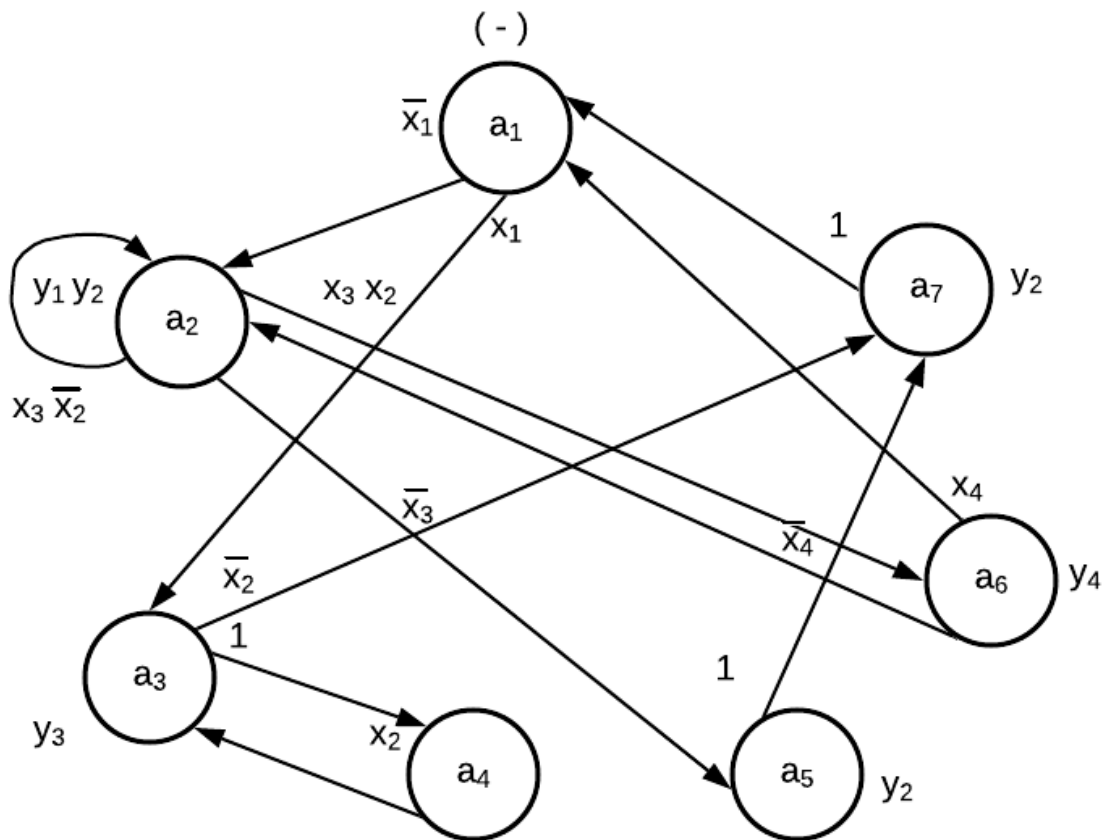


Рисунок 2.2 – Граф автомата Мура

На основі зазначених ГСА або графіка автомата можна побудувати таблицю перехідних вихідних даних. Для мікропрограм створюється таблиця вихідних даних переходу у вигляді списку і існує пряма та зворотна таблиці.

Як правило, для автомата Мура в таблиці переходів-виходів не використовується додатковий стовпчик вихідних сигналів, а вихідний сигнал записується в стовпчик, в якому записується початковий сигнал a_m або стан переходу a_s .

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1 Пряма таблиця переходів автомату Мура

$a_m(Y)$	a_s	X
$a_1(-)$	a_2	\bar{x}_1
	a_3	x_1
$a_2(y_1 y_2)$	a_2	$x_3 \bar{x}_2$
	a_5	\bar{x}_3
	a_6	$x_3 x_2$
$a_3(y_3 y_4)$	a_4	x_2
	a_7	\bar{x}_2
$a_2(y_1 y_2)$	a_3	1
$a_5(y_2 y_3)$	a_7	1
$a_6(y_4)$	a_1	x_4
	a_2	\bar{x}_4
$a_7(y_2)$	a_1	1

Таблиця 2.2 Зворотна таблиця переходів автомату Мура

a_m	$a_s(Y)$	X
a_6	$a_1(-)$	x_4
		1
a_1	$a_2(y_1 y_2)$	\bar{x}_1
		$x_3 \bar{x}_2$
		\bar{x}_4
a_4	$a_3(y_3 y_4)$	x_1
		1
a_3	$a_4(y_1 y_4)$	x_2
a_2	$a_5(y_2 y_3)$	\bar{x}_3
a_2	$a_6(y_4)$	$x_3 x_2$
a_3	$a_7(y_2)$	\bar{x}_2
		1

У наведених нижче таблицях a_m є початковим станом, a_s - перехідним станом, X – умова (вхідний сигнал), який забезпечує перехід зі стану a_m до стану a_s , Y є вихідним сигналом, який виробляється автоматом в переході від a_m в a_s .

2.2 Структурний синтез автомата Мура

Завершивши стадію абстрактного синтезу автомата, котрий закінчується конструюванням таблиці переходів, слідує процес структурного синтезу, ціль якого полягає в побудові схеми, яка реалізує автомат із логічних компонентів певного типу. Взявши до уваги, що абстрактний автомат являється тільки математичною моделлю дискретної системи, структурний автомат в свою чергу враховує організацію вхідних і вихідних сигналів автомата, а також його внутрішню структуру на етапі структурних діаграм. Головним завданням структурної теорії автоматів служить пошук методів побудови структурних схем автоматів, заснованих на складі елементарних автоматів, що належать до раніше заданої сукупності набору типів.

Для певних типів елементів пам'яті, структурний синтез керуючого автомата призначена для реалізації наступних проектних операцій:

- кодування внутрішніх станів;
- формування зовнішніх перехідних функцій;
- формування та мінімізація функцій стимулювання елементів функції зберігання і виведення;
- побудова комбінаторної схеми автомата в обраному базисі логічних елементів і функціональні схемі автомата.

В абстрактному синтезі на основі словесних, табличних, часових діаграми та інших засобів для опису функціонування автомата розкривають закон керування і налаштування функцій переходів і виходів. Під час виконання цього етапу мінімізують кількість станів і визначають кількість елементів пам'яті

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

необхідних для створення автомата. Решта рівнів забезпечує процес отримання блок-схем автоматів, що визначаються закодованими таблицями переходів і вихідних даних. Така процедура називається структурний синтез.

Структурний синтез починається з бінарного кодування внутрішнього стану автомата - створення взаємно-однозначної відповідності між станами автомата і комбінаціями станів елементів пам'яті.

Аналіз структурного синтезу автоматів показує, що різні варіанти шифрування станів автомата призводять до різних функцій збудження і функцій виходів, в результаті чого з'ясовується, що складність комбінаторної схеми автомата залежить значною мірою від обраного кодування. Як правило, варіанти кодування знаходять умови, які забезпечують ослаблену функціональну залежність для функцій збудження, це дає більш економічну схему, ніж інші типи кодування.

При кодуванні станів кожен стан пристрою повинен бути зіставлений з комбінацією кодів. Кількість розрядів коду вибирається з таких міркувань: якщо кількість станів рівна S , то для забезпечення s кодових комбінацій потрібен k -розрядний код, причому k найменше ціле число, для рівняння $s \leq 2^k$.

При двійковому кодуванні станів автомата число тригерів в його схемі дорівнює числу розрядів коду і обчислюється за формулою:

$$n = k = \lceil \log_2 S \rceil, \text{ де} \quad (2.1)$$

S – число станів автомата;

$\lceil \rceil$ - заокруглення в більшу сторону.

У нашому випадку кількість станів $S = 7$, тому кількість елементів пам'яті

$$k = \lceil \log_2 S \rceil = \lceil \log_2 7 \rceil = 3$$

Для синтезу будемо використовувати D -тригери.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

Унітарний код - це n -розрядний двійковий код, в якому тільки одна одиниця і $n-1$ нулів (або навпаки). При унітарній кодуванні станів автомата з числом станів n необхідно n елементів пам'яті, проте не потрібно дешифратор станів.

При унітарному кодуванні станів і пам'яті на D -тригерах в кожному рядку структурної таблиці автомата може бути записана всього одна функція D_i - для установки в «1» тригер, відповідного станом $a_s = a_i$.

Далі ми кодуємо внутрішні стани автомата, для цього ми використовуємо алгоритм кодування для D -тригерів. Скориставшись зворотною таблицею ми визначимо кількість переходів у даний стан: $a_1 \sim 2, a_2 \sim 3, a_3 \sim 2, a_4 \sim 1, a_5 \sim 1, a_6 \sim 1, a_7 \sim 2$. Тому коди станів відповідно: $a_2 - 000, a_1 - 001, a_3 - 010, a_7 - 100, a_4 - 011, a_5 - 101, a_6 - 110$.

Як наслідок ми маємо таке кодування, в якому чим більше число переходів якийсь стан, тим менше число одиниць в цьому коді. Як ми знаєм для D -тригерів функції збудження визначаються кодом стану переходу, виходячи з цього формулювання для функцій збудження буде простіше.

Після того, як закодували внутрішні стани автомата приступаємо до відтворення структурної таблиці переходів – виходів автомата Мура.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 2.1 – Структурна таблиця переходів-виходів автомата Мура

a_m	$K(a_m)$	$a_s(Y)$	$K(a_s)$	X	ΦZ
a_6	110	$a_1(-)$	001	x_4	D_3
a_7	100			1	D_3
a_1	001	$a_2(y_1 y_2)$	000	\bar{x}_1	-
a_2	000			$x_3 \bar{x}_2$	
a_6	110			\bar{x}_4	
a_1	001	$a_3(y_3 y_4)$	010	x_1	D_2
a_4	011			1	D_2
a_3	010	$a_4(y_1 y_4)$	011	x_2	$D_2 D_3$
a_2	000	$a_5(y_2 y_3)$	101	\bar{x}_3	$D_1 D_3$
a_2	000	$a_6(y_4)$	110	$x_3 x_2$	$D_1 D_2$
a_3	010	$a_7(y_2)$	100	\bar{x}_2	D_1
a_5	101			1	D_1

Вирази для функцій збудження виходять у вигляді суми добутків $a_i X$, де a_i -

вихідний стан, X - умова переходу

$$D_1 = a_2 \bar{x}_3 + a_2 x_3 x_2 + a_3 \bar{x}_2 + a_5$$

$$D_2 = a_1 x_1 + a_4 + a_3 x_2 + a_2 x_3 x_2$$

$$D_3 = a_6 x_4 + a_7 + a_3 x_2 + a_2 \bar{x}_3$$

Або

$$A = a_3 x_2 \quad B = a_2 x_3 x_2$$

$$D_1 = a_2 \bar{x}_3 + B + a_3 \bar{x}_2 + a_5$$

$$D_2 = a_1x_1 + a_4 + A + B$$

$$D_3 = a_6x_4 + a_7 + A + a_2\bar{x}_3$$

Ми бачимо, що сигнали визначаються тільки внутрішнім станом автомата, тому вирази для вихідних сигналів будуть такими.

$$y_1 = a_2 + a_4$$

$$y_2 = a_2 + a_5 + a_7$$

$$y_3 = a_3 + a_5$$

$$y_4 = a_3 + a_4 + a_6$$

На основі отриманих функцій збудження і функцій виходів будемо функціональну схему керуючого автомата Мура рис. 2.3.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		44

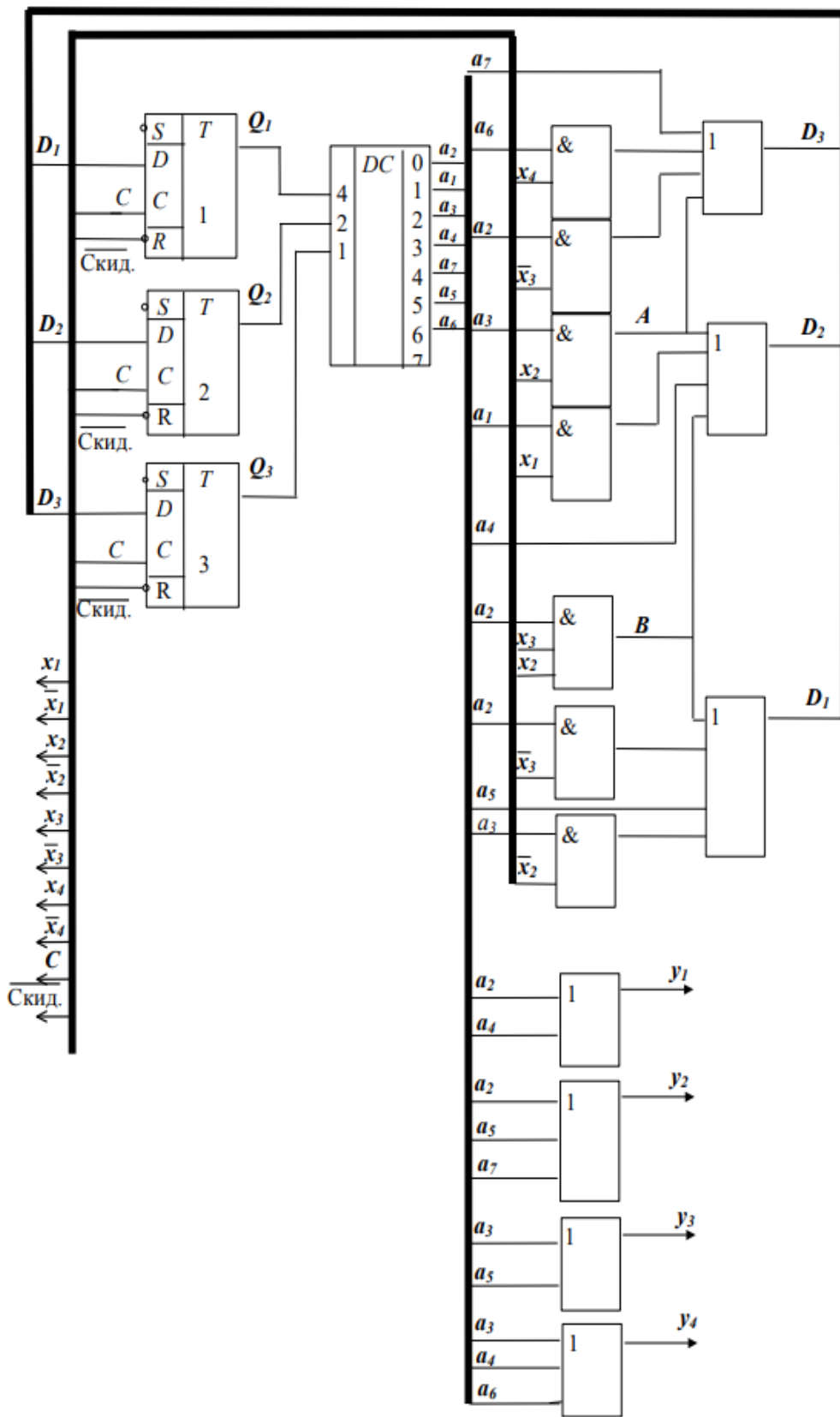


Рисунок 2.3 – Схема функціональна автомата Мура

У функціональній схемі (рис. 2.3) використані «шини». Шини являють собою безліч з'єднань схеми, зображених у вигляді однієї потовщеною лінії. Вхід

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

в шини і вихід з неї конкретного з'єднання позначаються або одним і тим же числом, або змістовним позначенням сигналу, що передається по цьому з'єднанню. Застосування шин в схемах дозволяє уникнути великої кількості перетинів на схемі і робить її більш простою для читання.

2.3 Висновки

В другому розділі дипломної роботи було зроблено абстрактний та структурний синтез автомата Мура, в який входить:

- 1) Постановка задачі для розробки автомата Мура за власним варіантом;
- 2) Розроблено граф-схему автомата, а також виходячи з ГСА було створено граф переходів для автомата;
- 3) Побудовано пряму та зворотну таблицю переходів для автомата Мура;
- 4) Визначено кількість елементів пам'яті
- 5) Закодовано внутрішні стани та описали коди станів;
- 6) Відтворили структурну таблицю переходів-виходів для автомата Мура та отримали вирази для функцій збудження і вирази вихідних сигналів;
- 7) Зібравши всю необхідну інформацію було побудовано функціональну схему керуючого автомата Мура.

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КЕРУЮЧОГО АВТОМАТА НА ОСНОВІ АВТОМАТА МУРА

3.1 Реалізація схеми автомата за допомогою середовища Quartus II

У сучасному процесі проектування цифрових систем на ПЛІС широко використовуються системи автоматизованого проектування. При автоматичному розміщенні схеми на ПЛІС реалізуються різні алгоритми декомпозиції систем булевих функцій, які, як показують дослідження, не забезпечують оптимального використання ресурсів мікросхеми, чим пояснюється актуальність задачі оптимізації при імплементації систем булевих функцій в структурі ПЛІС. Наслідком такої оптимізації є не тільки можливе здешевлення і зменшення габаритів схеми, але і мінімізація споживаної потужності, а також потужності, що розсіюється, скорочення часу поширення сигналу, що в цілому підвищує ефективність спроектованої схеми.

Програмована логічна інтегральна схема (ПЛІС, programmable logic device, PLD) - електронний компонент, який використовується для створення цифрових інтегральних схем.

Функції ПЛІС, на відміну від звичайних мікросхем, задаються за допомогою програмування (проектування), а не визначаються при виробництві. Для завдання необхідної структури цифрового пристрою використовуються програматор і оцінне середовище. В результаті формується принципова електрична схема або програма на спеціальних мовах опису апаратури: Verilog, AHDL, VHDL і інші.

На даний момент існує безліч виробників мікросхем ПЛІС, і кожен з них має свою систему автоматизованого проектування (САПР), в цій дипломній роботі буде використовуватись ПЛІС компанії Altera Quartus II.

САПР Quartus II є багатофункціональною середовищем проектування, яка містить в собі набори утиліт, що дозволяють розробити, верифікувати і запрограмувати проект для обраного сімейства мікросхем ПЛІС.

Логічна схема, розроблена в програмному забезпеченні Quartus II, називається проектом. Проект може мати ієрархічну структуру або складатися з

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

безлічі файлів-модулів, коли головний модуль містить декілька додаткових модулів, а кожен додатковий модуль включає ще кілька файлів. В цьому випадку головний модуль називається об'єктом верхнього рівня ієрархії. САПР Quartus II, крім ієрархічної структури, зберігає в одному каталозі всю технічну інформацію, що стосується обраної мікросхеми (наприклад: призначення виходів, попередні варіанти трасування логічної схеми, конфігурація проекту тощо). Ці файли створюються в єдиній папці проекту, що зручно при копіюванні і перенесення проектів в інші каталоги або на інші комп'ютери.

САПР для проектування ПЛІС, а саме компілятор (синтезатор логіки і Фіттер і асемблер) - це, можливо, найскладніша частина всієї ПЛІС технології. Компілятор повинен проаналізувати призначений для користувача проект (схеми і текстові описи на Verilog, HDL або VHDL) і згенерувати нетліст (netlist) - список всіх елементів схеми і зв'язки між ними.

САПР Quartus II включає в себе інструмент моделювання, який може бути використаний для імітації поведінки проектованої схеми. Перед моделюванням схеми необхідно створити необхідні тимчасові діаграми, звані тестовими векторами. Для цього необхідно вказати елементи введення / виведення, а також можливі внутрішні точки схеми, які розробник хоче проаналізувати. Інструмент моделювання або симулятор використовує тестові вектори в реалізованій моделі схеми і обчислює очікувані відгуки.

На етапі логічного проектування складних цифрових пристроїв управління великі труднощі виникають через їх нерегулярності і малої повторюваності окремих вузлів. Раніше були розглянуті методи синтезу керуючих автоматів з жорсткою логікою. «Жорсткість» полягає в тому, що будь-яка зміна в алгоритмі роботи автомата призводить до зміни в комбінаційних схемах, що реалізують функції переходів і виходів автомата.

Існують регулярні, налаштовані користувачем структури, так звані програмовані логічні матриці (ПЛМ). ПЛМ містять в собі дві матриці - матрицю «ТА» і матрицю «АБО», з'єднані послідовно. Матриця «ТА» обчислює кон'юнкцію логічних змінних, а матриця «АБО» - диз'юнкцію отриманих термів. Таким чином, пару матриць «ТА» і «АБО» зручно використовувати для

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

обчислення булевих функцій, заданих у вигляді ДНФ (диз'юнктивній нормальній формі).

У найпростішому випадку ПЛМ представляє матрицю - мережа горизонтальних і вертикальних шин. У вузлах матриці можуть бути (а можуть і не бути) напівпровідникові діоди. Якщо у вузлі є діод, то горизонтальна шина через нього пов'язана з вертикальною, якщо діода немає - то не пов'язана. Кожна вертикальна шина такої матриці - це найпростіший доданий елемент «ТА» або «АБО» (в залежності від напрямку включення діода і значення напруги на резисторах матриці).

Виконавши всі необхідні розрахунки у другому розділі дипломної роботи, мною було відтворено у середовищі Quartus II модель керуючого автомата на основі автомата Мура яка зображена на рисунку 3.1.

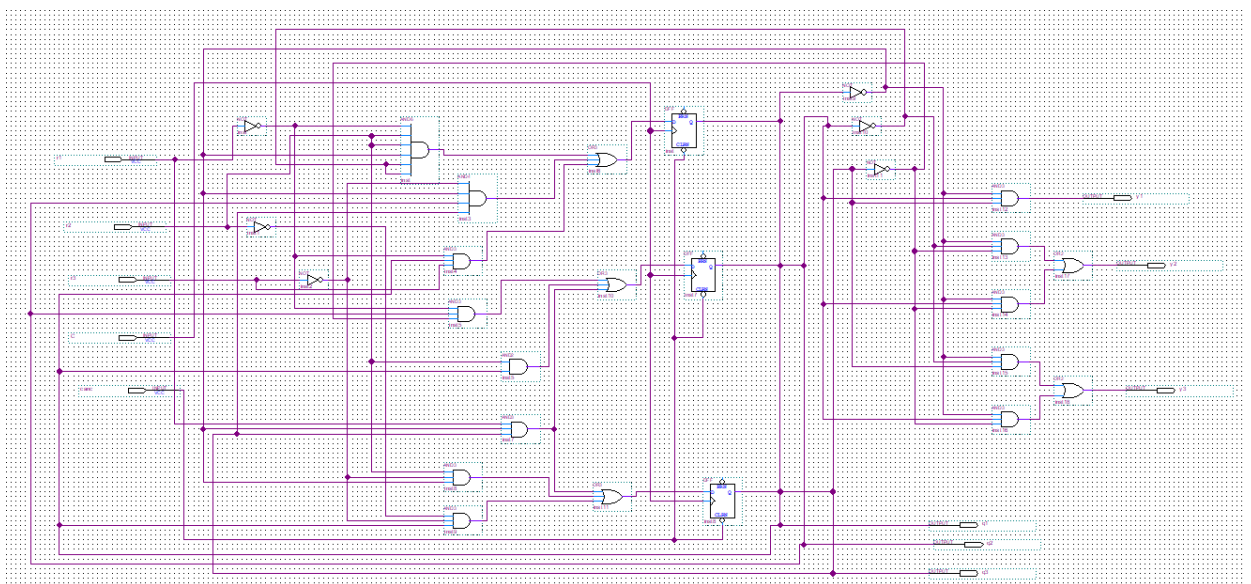


Рисунок 3.1 – Схема автомата відтворена у середовищі Quartus II

3.2 Представлення результатів тестування

Після відтворення моделі у Quartus вона була скомпільована. Як тільки компіляція пройшла успішно, наступним кроком була перевірка станів та виходів автомата Мура за допомогою вбудованої функції Simulation Waveform Editor.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Всі подальші перевірки будуть зроблені на основні взятих даних таблиць з другого розділу.

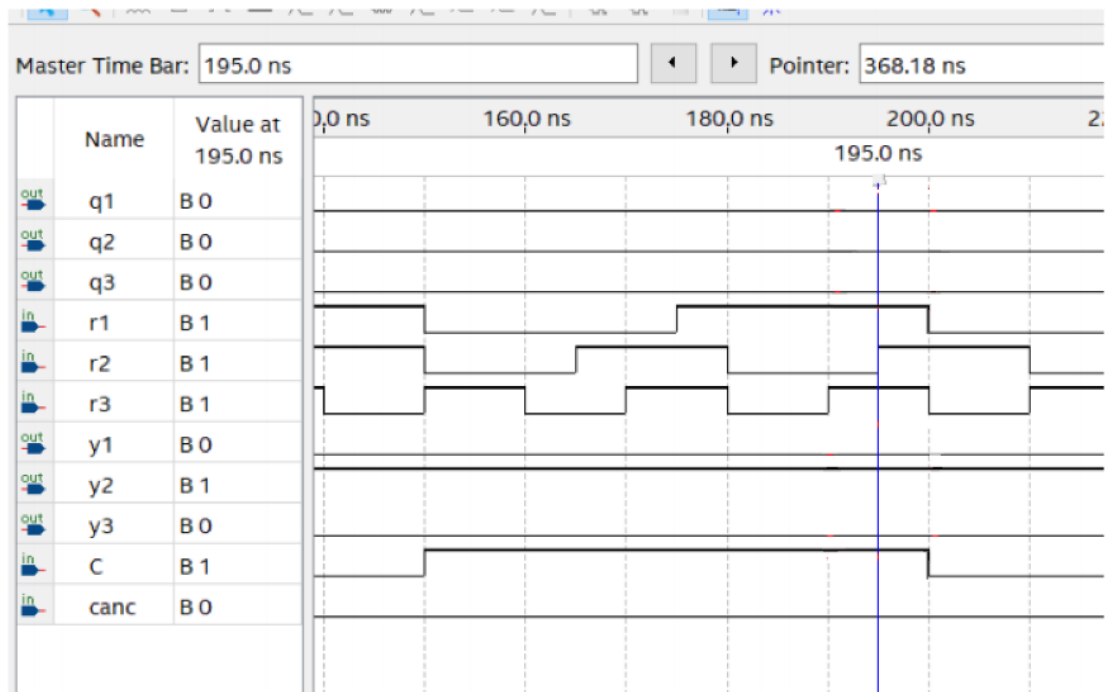


Рисунок 3.2 – VWF в проміжку часу від 195.0ns до 200ns

Подивившись на рисунок 3.1 ми бачимо, що результати збігається та повністю влаштовує нас. Розглянемо проміжки для інших станів, щоб бути впевненими у правильності роботи.

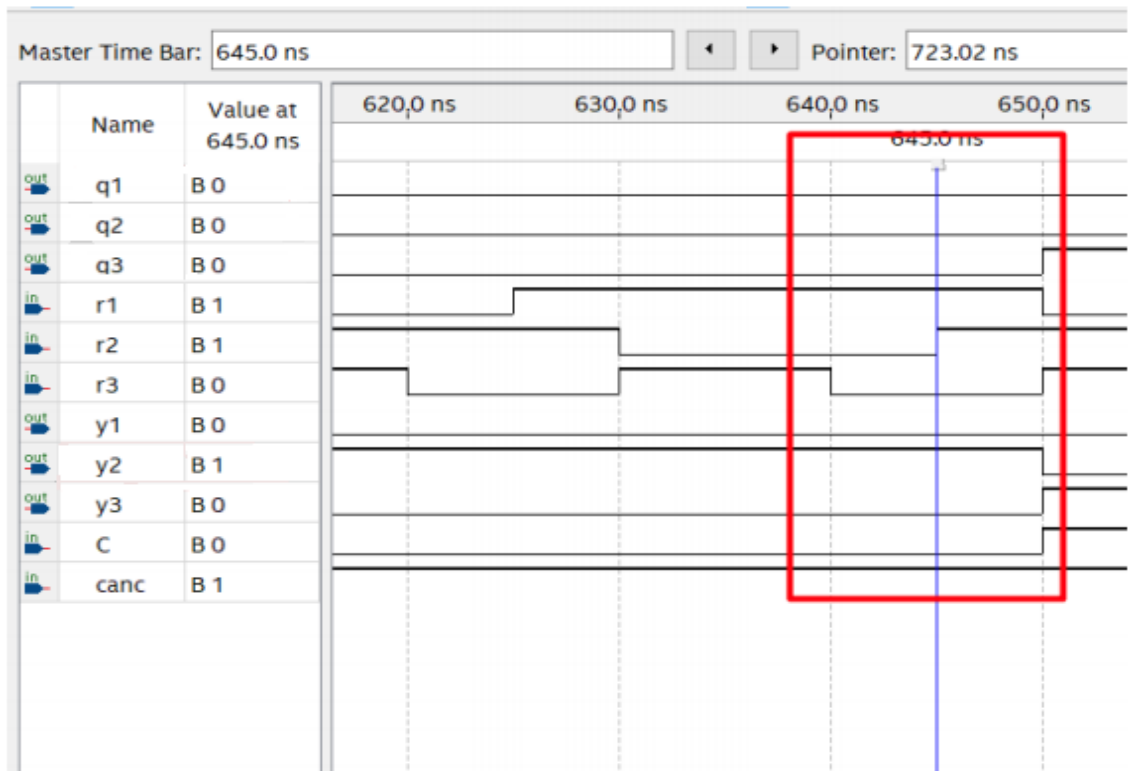


Рисунок 3.3 – VWF в проміжку часу від 645.0ns до 650ns

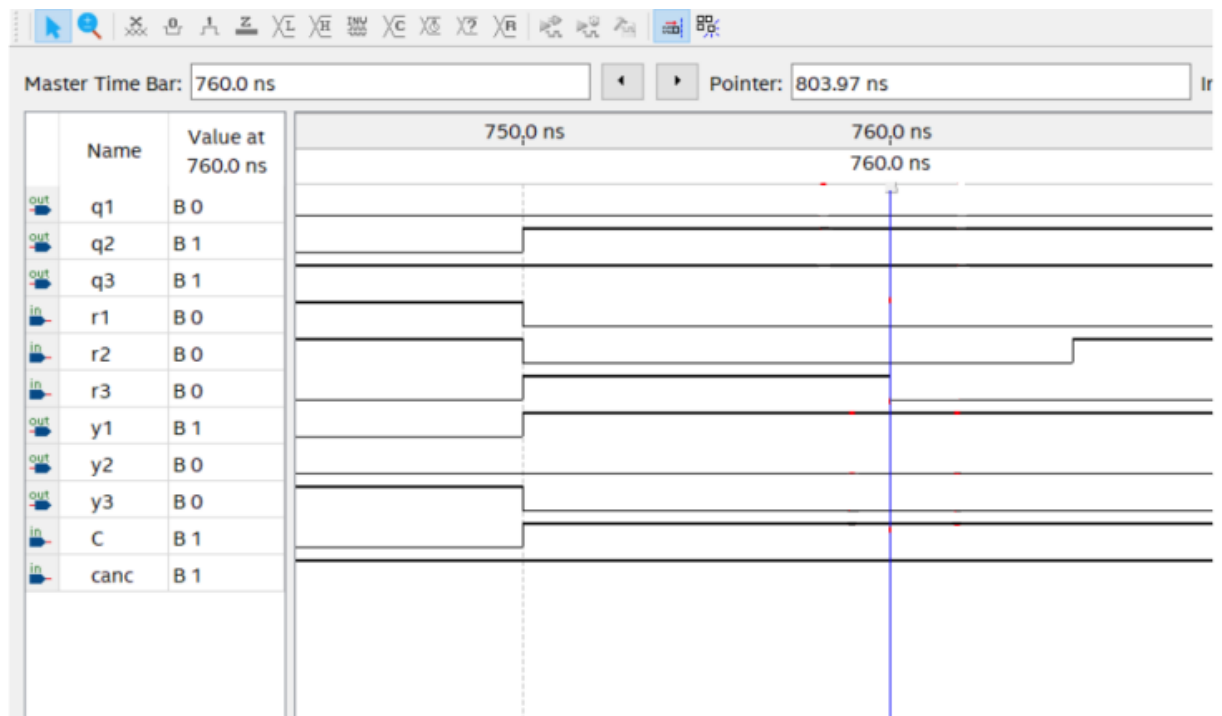


Рисунок 3.4 – VWF для автомата в діапазоні 750.0ns до 770ns

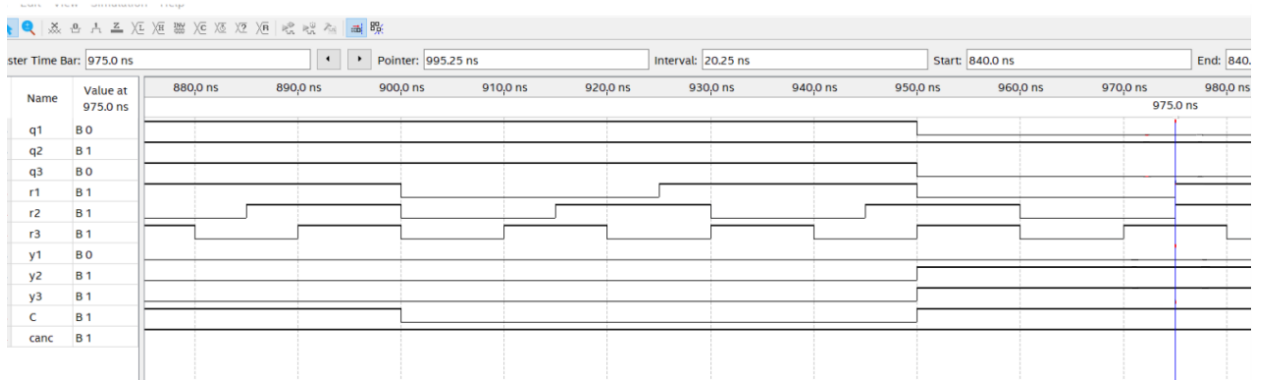


Рисунок 3.5 – VWF для автомата Мура на проміжку 975ns

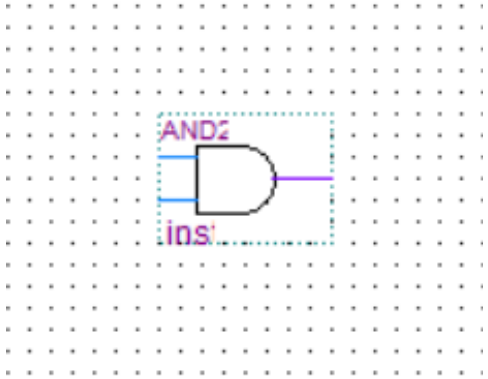
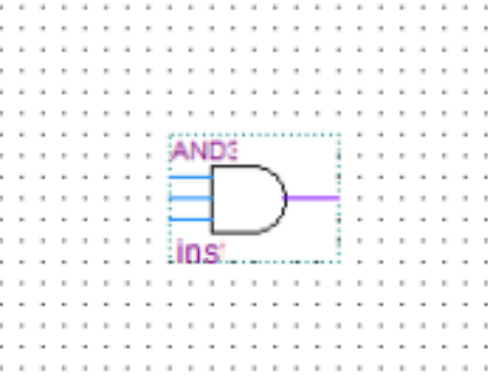
Розглянувши різні проміжки часу та зрівнявши їх з таблицями з другого розділу можна зробити висновок, що автомат працює правильно, адже всі результати сходяться.

3.3 Опис структури моделі для керуючого автомата

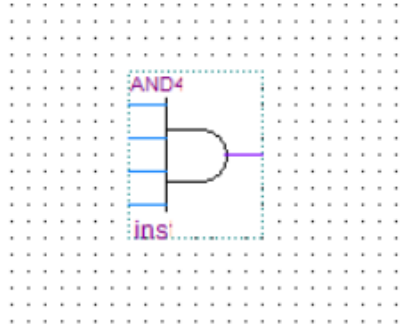
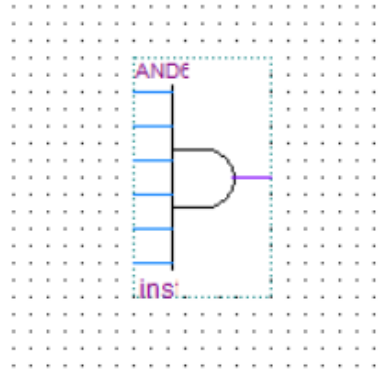
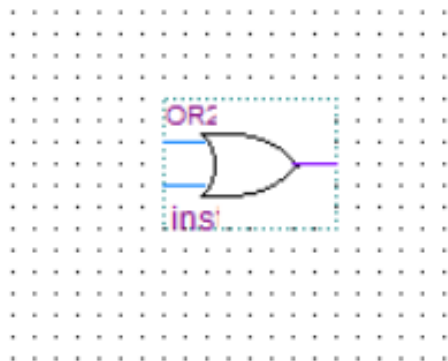
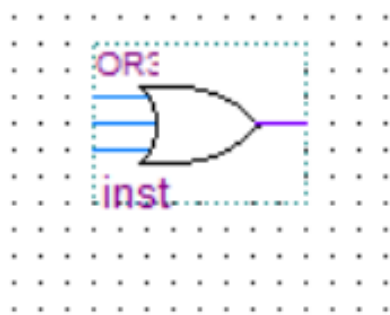
Для того щоб виконати побудову схеми, потрібно обрати спочатку всі компоненти, які нам потребуються. Загалом схема складається з D-тригерів, логічних елементів АБО, ТА, шинами і дешифраторами.

Загальний вигляд елементів, які були використанні у середовищі Quartus II зображено в таблиці 3.1.

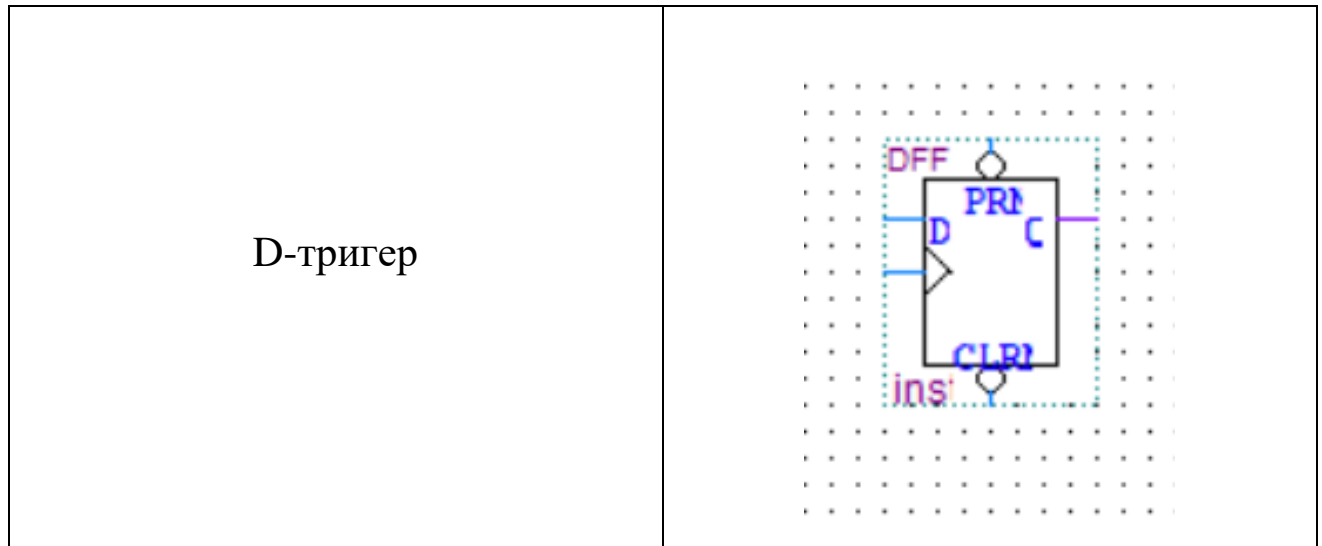
Таблиця 3.1 – Список використаних елементів для побудови автомата в Quartus II

Назва елемента	Умовне зображення
2ГА	
3ГА	

Продовження таблиці 3.1 - Список використаних елементів для побудови автомата в Quartus II

<p>4ТА</p>	
<p>6ТА</p>	
<p>2АБО</p>	
<p>3АБО</p>	

Закінчення таблиці 3.1 - Список використаних елементів для побудови автомата в Quartus II



Тригером типу D називається запам'ятовуючий елемент з двома стійкими станами, що має один інформаційний вихід та один вхід синхронізації. Логіка функціонування D-тригера описується логічним рівнянням:

$$Q_{t+1} = C_t \cdot D_t$$

Це рівняння показує, що після перемикання стану D-тригера, значення сигналу повторюється на вході D в тактові моменти часу. Тому в літературі D-тригери часто називають тригерами затримки.

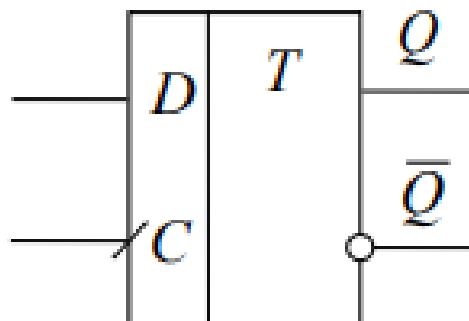


Рисунок 3.6 – Умовне позначення D-тригера

Далі представлено дві таблиці 3.1 та 3.2 в яких відображено переходи та функції збудження D-тригера.

Таблиця 3.1 – Таблиця переходів тактового D-тригера

D	Q^t	Q^{t+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Таблиця 3.2 – Таблиця функцій входів D-тригера

D	Q^{t+1}	D^t
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

У такого тригера спрацьовує затримка сигналу на виході відносно сигналу поданого на вхід, під час паузи між синхросигналами. Для стабільної роботи тригера необхідно, щоб інформація на вході залишалася незмінною під час такту.

Щоб схему було легко читати, при її зображенні використовують «шини». Шина зображується більш товстою лінією на схемі, в яку входять і з якої виходять тонкі лінії, що відображають зв'язку між елементами. Для ідентифікації цих зв'язків безпосередньо у шини ставляться або позначення відповідних змінних, або номери цих зв'язків.

Дешифратор - це комбінаційна схема, яка перетворює двійкову інформацію з n вхідних рядків у максимум 2^n унікальних вихідних рядків. Таким чином, декодер зазвичай декодує двійкове значення в небанальне, встановлюючи точно один з його n виходів в логічну "1".

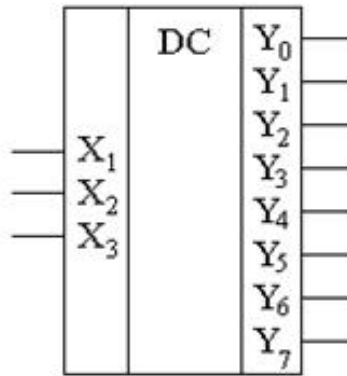


Рисунок 3.7 – Умовне позначення дешифратора

Таблиця 3.3 – Таблиця істинності двобітного дешифратора

x_1	x_2	y_0	y_1	y_2	y_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Логічна диз'юнкція (АБО), яку також називають логічним чергуванням, - це операція над двома логічними значеннями, як правило, значеннями двох пропозицій, яка створює значення 0 тоді і лише тоді, коли обидва його операнди є 0.

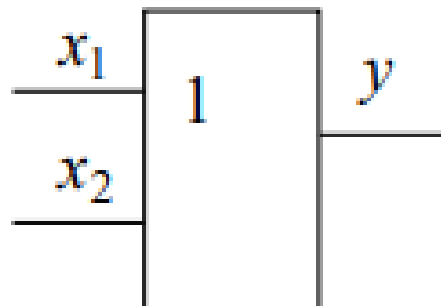


Рисунок 3.8 – Умовне позначення елемента АБО

Таблиця 3.4 – Таблиця істинності елемента АБО

x_1	x_2	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Елемент І (кон'юнкція) - це операція над двома логічними значеннями, як правило, значеннями двох пропозицій, яка створює значення 1 тоді і лише тоді, коли обидва його операнди є 1.

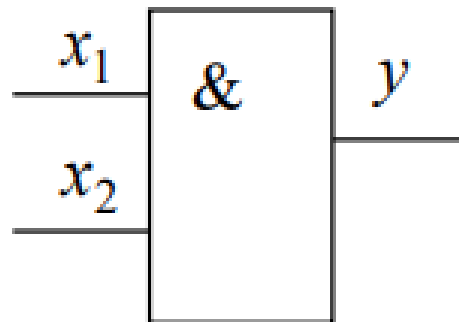


Рисунок 3.9 - Умовне позначення елемента ТА

Таблиця 3.4 – Таблиця істинності елемента ТА

x_1	x_2	y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Кількість вхідних даних у логічних елементах для різних цілей може відрізнятися, але вхідні дані кожного елемента еквівалентні. Деякі з них можуть не використовуватися при роботі в певних схемах. Входи, які не

використовуються в схемах I, I-НІ, з'єднуються з напругою живлення, а в колах АБО, АБО-НІ складача суматора за модулем 2 – із 0В.

3.4 Висновки

Під час роботи над даним розділом дипломного проекту була створена модель керуючого автомату як автомата Мура у середовищі Quartus II. Була сформульована задача та були описані всі етапи моделювання автомату.

Одним з основних кроків була побудова моделі керуючого автомату на базі автомата Мура у середовищі Quartus II. Мною була створена модель автомату за допомогою інструменту Block Diagram/Schematic File.

Наступним і ключовим етапом було саме тестування моделі за допомогою вбудованих функцій Quartus II, а саме Simulation Waveform Editor. Після успішного тестування можна дійти висновку, що автомат працює без проблем.

Результатом роботи є працююча модель керуючого автомата на основі автомата Мура.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

Під час написання дипломної роботи було з'ясовано, що існуючі сьогодні вимоги до програмного забезпечення та швидкі темпи розвитку технічних систем спричиняють зростання інтересу до теорії автоматів та до дискретних автоматів у цілому. Завдяки цьому з'являється можливість вирішувати все складніші задачі і, одночасно, досягати все більшої ефективності.

У першому розділі розглядалась теорія автоматів, вивчає математичні моделі перетворювачів дискретної інформації – автоматів. Також ми розглянули основні моделі автоматів такі, як автомат Мура та Мілі, їхні відмінності та переваги. Як наслідок було описано способи задання автоматів різними варіантами такими як: таблиці переходів-виходів автомата, граф схеми алгоритмів. Також однією з головних задач було проаналізувати завдання та визначити план дій для реалізації задачі.

У другому розділі виконувалась моделювання та опис керуючого автомата на основі автомата Мура, а саме абстрактний та структурний синтез автомата. Було виконано наступні завдання:

- 1) постановка задачі для розробки автомата Мура за власним варіантом;
- 2) розроблено граф-схему автомата, а також виходячи з ГСА було створено граф переходів для автомата;
- 3) побудовано пряму та зворотну таблицю переходів для автомата Мура;
- 4) визначено кількість елементів пам'яті
- 5) закодовано внутрішні стани та описали коди станів;
- 6) відтворили структурну таблицю переходів-виходів для автомата Мура та отримали вирази для функцій збудження і вирази вихідних сигналів;
- 7) побудовано функціональну схему автомата.

Виконавши всю теоретичну та розрахункову частини дипломної роботи та взявши з них результати було виконано третю частину роботи. В останньому розділі було спроектовано модель керуючий автомат за допомогою середовища Quartus II. Також було розглянуто основні етапи роботи автомата та описано всі компоненти, які були використанні для його реалізації. Головним завданням було

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

тестування моделі керуючого автомата для того щоб переконатись у коректності роботи автомата з яким він успішно впорався.

Метою дипломної роботи була розробка операційного пристрою, що розв'язує наступну задачу: обчислення суми додатних елементів двовимірного масиву $A[n, m]$, що належать інтервалу $[-3; 7]$. Скласти мікропрограму операційного пристрою, до складу якого входить керуючий автомат, у вигляді змістовної та кодованої ГСА. Виконати абстрактний та структурний синтез керуючого автомату як автомату Мура. Підводячи підсумок можна констатувати, що виконання поставленої задачі було успішно виконано.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гуренко В.В. Введение в теорию автоматов. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 62 с.
2. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. СПб.: "Питер", 2003. 96с.
3. Кудрявцев В.Б. Теория автоматов: учебник для бакалавриата и магистратуры. Москва: ВАМ, 2018. 698 с.
4. Лехин С.Н. Схемотехника ЭВМ. СПб.: БХВ Петербург, 2010. 652 с
5. Роцин А.Г. Теория автоматов. Часть I. Учебное пособие. Москва: МГТУ ГА, 2015. 28 с
6. Слинкин Д.И., Анализ современных методов тестирования и верификации проектов сверхбольших интегральных схем. Программные продукты и системы (Software & Systems). 2017. С.401-408
7. Czerwinski R. Finite State Machine Logic Synthesis for Complex Programmable Logic Devices R. Czerwinski, D. Kania. Berlin: Springer, 2013. 172p
8. Белоусов А. И., Ткачев С. Б. Дискретная математика: навчю посіб. Москва: МГТУ, 2006. 587 с.
9. Жабін В. І., Жуков І. А. Прикладна теорія цифрових автоматів. Київ: НАУ Друк, 2009. 76с
10. Иванов Н.М., Соловьева Т.Н. Конечные автоматы. Санкт-Петербург: ГУАП, 2015. 76 с.
11. Акчурин А.Д., Юсупов К.М. Программирование на языке Verilog: Учебное пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2016. 90 с.
12. Mirosznyk, M. A. Model of automated hardware diagnostics of remote energy systems management points / M. A. Mirosznyk, Y. V. Pakhomov Світлотехніка та електроенергетика: міжнар. наук.- техн. журнал. 2017. 9
13. Грушко С.С., І.Я. Зеленцова Аналіз методів зменшення апаратних витрат при реалізації схем суміщених мікропрограмних автоматів на CPLD / Електротехнічні та комп'ютерні системи : наук.-техн. журнал. 2018. С. 169

					КВРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

14. T. N. Grzes, V. V. Solov'ev Minimization of power consumption of finite-state machines by splitting their internal states : Journal of Computer and Systems Sciences International. 2015. P. 367.

15. А. С. Шкіль, М. А. Мірошник, Ю. В. Пахомов, Д. Г. Караман Проведення діагностичних експериментів в керуючих автоматах з використанням синхронізуючих послідовностей : *Радіотехніка та інформатика: наук.-техн. журнал*. 2018. С. 43-52.

16. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. : Elsevier. inc : Изд-во Morgan Kaufman, 2013. 1662 с.

17. Klimovich A.S., Solov'ev V.V. Transformation of a Mealy finite-state machine into a Moore finite-state machine by splitting internal states. *J. Comput. Syst. Sci. Int.* 2010. P. 908.

18. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. / пер. с англ. *Imagination Technologies*. М.: ДМК Пресс, 2017. 792 с.

19. Микушин А. В. Сажнев А. М. Сединин В. И. Цифровые устройства и микропроцессоры. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. 640 с.

20. Tanimoto N., Imai K. A Construction Method of Moore Neighborhood Number-Conserving Cellular Automata. *Computer Science*. 2008. Vol. 5191.

21. Экспериментальное исследование методов оптимизации аппаратных затрат при реализации управляющего автомата Мура на CPLD / И. Я. Зеленева, С. С. Грушко, Д. В. Арапин 2017. С. 34.

22. С. Альмадхоун, Е. Е. Сыревич, А. С. Шкиль Поиск ошибок проектирования в HDL-моделях цифровых автоматов. *Вестник Херсонского государственного технического университета*. 2013. С. 377.

23. Акчурин А.Д., Юсупов К.М., Колчев А.А. ОСНОВЫ РАБОТЫ В СРЕДЕ QUARTUS II, Казань: КФУ, 2017. 49 с.

24. А. С. Шкіль, М. А. Мірошник, Ю. В. Пахомов, Д. Г. Караман Проведення діагностичних експериментів в керуючих автоматах з використанням синхронізуючих послідовностей. *Радіотехніка та інформатика: наук.-техн. журнал*. 2018. С. 43.

					КВРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

25. Вельдер С.Э., Лукин М.А., Шалыто А.А., Яминов Б.Р. Верификация автоматных программ. Санкт-Петербург: Наука, 2011. 244 с.
26. Chen Y., Wu Z., Li Z., Zhang Y. Research on Time Series Forecasting Model Based on Moore Automata : Computer Science. 2010. Vol. 6440.
27. M. A. Miroshnik, A. S. Shkil, A. S. Grebenyuk, E. N. Kulak Synchronizing Sequences For Verification Of Finite State Machines. *9th IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies*. 2018. P. 226.
28. Теория автоматов : учебник для бакалавриата и магистратуры / В.Б. Кудрявцев, С.В. Алешин, А.С. Подколзин, 2-е изд., испр. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2017. 31с.
29. М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко Сучасна компонентна база електронних систем: навч. посібник для студентів ЗВО. / І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко. Харків: ХНУРЕ, 2020. 268 с.
30. Цифрова схемотехніка електронних систем: підручник. / В.І. Бойко, В.Я Жуйков А.А. Зорі. та інші К.: Освіта України, 2010. 322 с
31. Теорія цифрових автоматів та формальних мов. Вступний курс : навч. посібник / С. Ю. Гавриленко, А. М. Клименко, Н. Ю. Любченко та ін. Харків : НТУ ХПІ, 2011. 176 с.
32. Лахно В.А., Гусев Б.С., Касаткін Д.Ю. Комп'ютерна логіка : навчальний посібник Київ : КОМПРІНТ, 2018. 422.
33. Введение в систему автоматизированного проектирования Quartus II: учебное пособие. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2011. 147 с
34. Masaki W. Moore-Machine Filtering for Timed and Untimed Pattern Matching.
35. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрові автомати» освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальностей 171 «Електроніка»/ укл. Багрій В.В. ,Кам'янське; ДДТУ, 2018, 168с.
36. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 816 с.

					КВРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

37. А.А. Баркалов, Л.А. Титаренко, И.Я. Зеленева Реализация совмещенного микропрограммного автомата в базисе FPGA : Наукові праці ДонНТУ. Красноармійськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2015. С. 84-88.

38. Бабаков Р. М. Синтез микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов методом полного перебора. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Київ, 2018. С. 70–74.

39. Акчурин А.Д., Шерстюков О.Н. Практикум по цифровой электронике. Издание второе, исправленное. Учебно-методическое пособие для студентов по специальности “радиофизика и электроника” Института физики. Казань, 2016. 100 с.

40. Кононюк А.Е. Дискретно-непрерывная математика. Книга 11. Автоматы. Часть 2. Детерминированные автоматы. Киев: Освіта України, 2017. 578 с.

41. Бабаков Р. М. Операционное преобразование кодов состояний в микропрограммном автомате: монография. Винница: «ТВОРИ», 2019. 208 с.

					КвРКІ. 170163.17.01.06 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

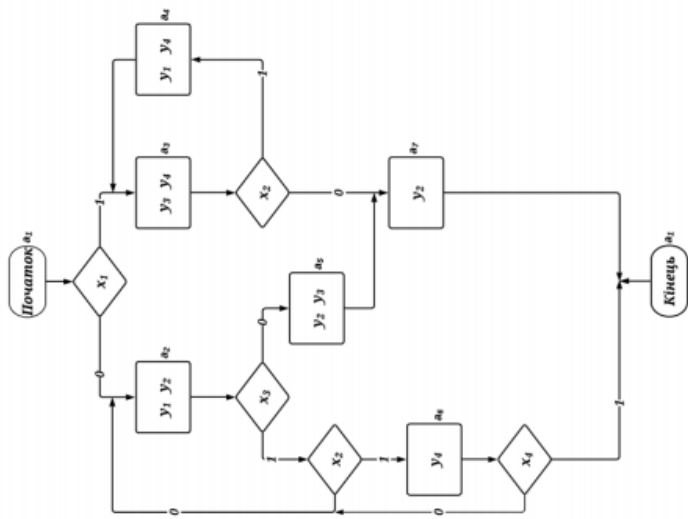
Додаток А

(Обов'язковий)

Копія креслення «Логічна схема переходів та граф-схема автомата Мура»

Логічна схема переходів та граф-схема автомата Мура

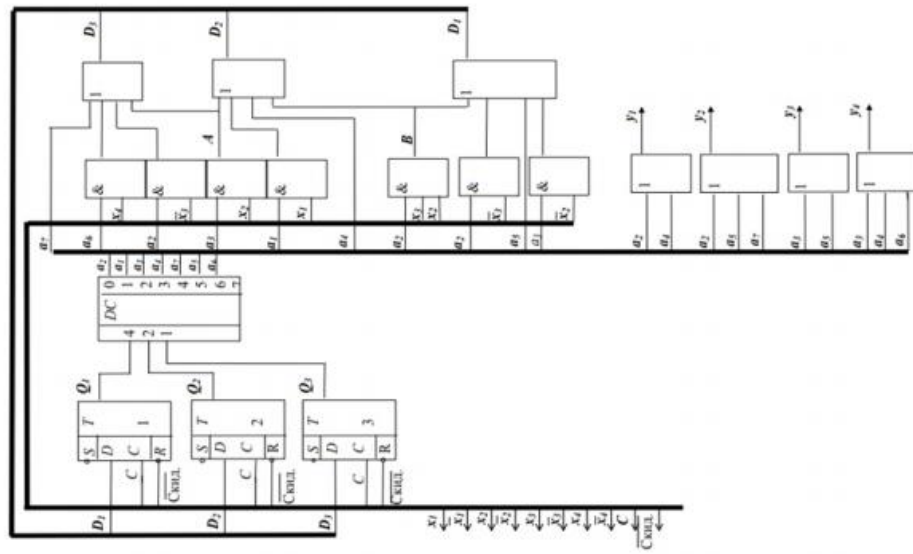
КерПК. 170163.17.01.06



Додаток Б
(Обов'язковий)

Копія креслення «Схема функціональна автомата Мура»

Схема функціональна автомата Мура



КерПК. 170163.17.01.06

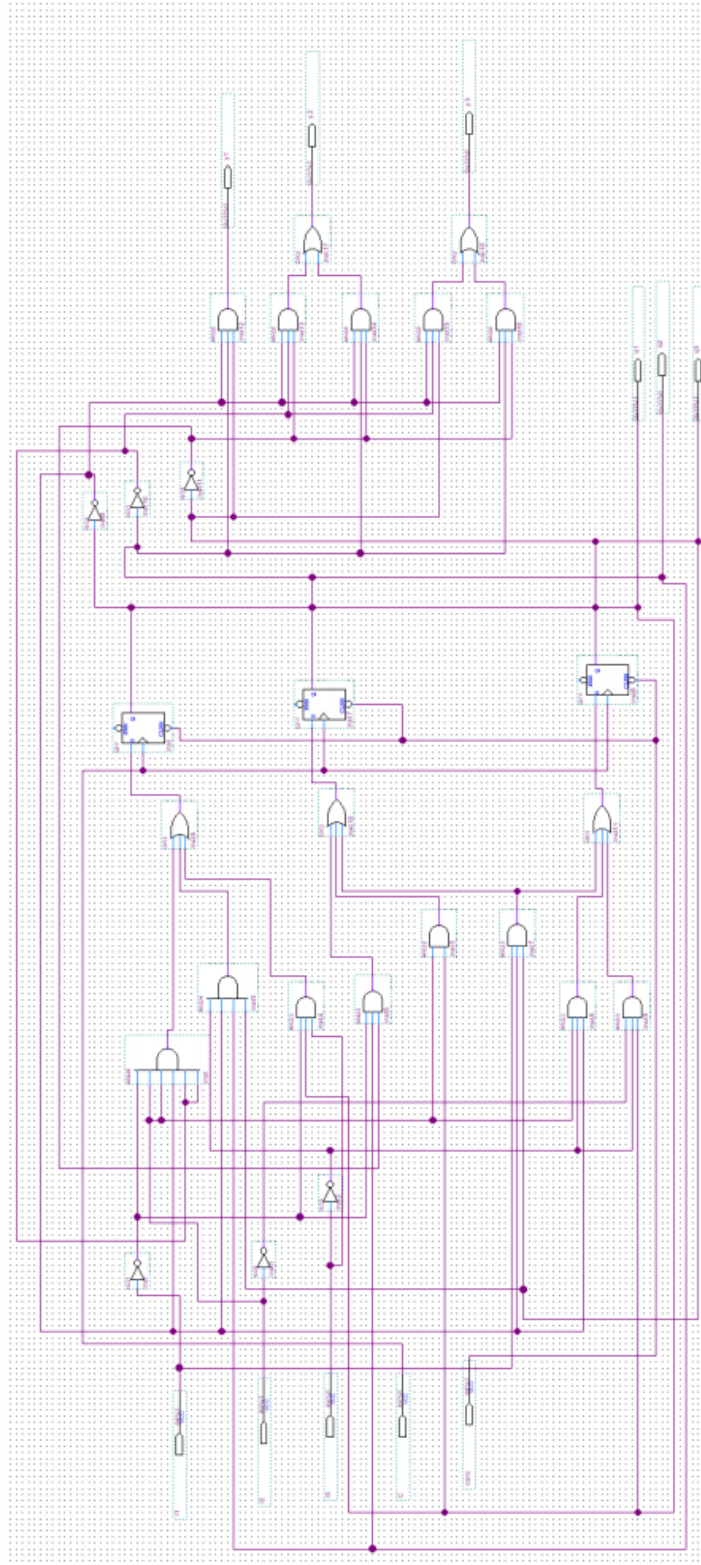
КерПК. 170163.17.01.06			
Літера	Маса	Масштаб	
Синтез автомату Мура			
Схема функціональна автомата Мура			
Архив 1	Архив 2	Архив 3	
ХНУ	ГР-КІ-17-1		
Ск. Авт.	№ зовн.	Підпис	Дата
Розроб.	Форм. В.О.		
Перевір.	Підписаний 10		
Н. Контр.			
Т. Контр.	Підпис С.М.		
Затв.	Відпущений 10		

Додаток В
(Обов'язковий)

Копія креслення «Проектування керуючого автомату Мура в Quartus II»

Проектування керуючого автомату Мура в Quartus II

КерКЛ. 170163.17.01.06



КерКЛ. 170163.17.01.06		Літера	Маса	Масштаб
Синтез автомату Мура				
Проектування керуючого автомату Мура в Quartus II				
Зм. Аук.	На замов.	Підпис	Дата	
Розроб.	Даль В.О.			
Перевір.	Соловйов І.О.			
Н. контро.				
Т. контро.	Левченко С.М.			
Затв.	Попович І.О.			
		Аркуш 3	Аркуш 3	ХНУ, ГР. КІ-17-1

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1008320479

Дата перевірки:
17.06.2021 13:29:25 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
17.06.2021 13:30:16 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: **Даць_Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура**

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 10793 Кількість символів: 81054 Розмір файлу: 922.32 KB ID файлу: 1008387261

17.7% Схожість

Найбільша схожість: 3.78% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008278827)

14.6% Джерела з Інтернету 545 Сторінка 65

4.86% Джерела з Бібліотеки 109 Сторінка 69

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 16

Anti-Plagiarism v-15.257**Максимальное совпадение с одним документом 3.0%**Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Ошибок в документах: 4%**

ID: 94515 Название: Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура Добавлено в БД: 2021-06-17 Авторы: В.О. Даць Руководители: Т.О. Говорущенко Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	68849	548	2371 (3%)	36 (7%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Даць Віталій Олександрович

Тема: Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень _____ Кількість сторінок записки _____

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено моделювання та проєктування керуючого автомату на основі автомату Мура. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратну реалізацію керуючого автомату на основі автомату Мура та змодельовано схеми автомату в середовищі Quartus II.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи: _____
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому науково-технічному рівні.
8. Інші зауваження: _____
9. Оцінка дипломної роботи: відмінно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Федула Микола Васильович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри АКТІТК

“ 2 ” червня 2021 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІСП
д-ру техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Даць В.О.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 4 курсу, групи КІ-17-1

ЗАЯВА

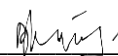
З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.2021

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Синтез та моделювання керуючого автомату на основі автомату Мура

Автор: Даць Віталій Олександрович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Березький Олег Миколайович, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні;
- 3) серед запозичень знаходяться загальновідомі терміни, скорочення та визначення.
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів з україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 17.7% і адресується до 545 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



О.М. Березький

Гарант ОП



С. М. Лисенко

Завідувач кафедри КІСП



Т. О. Говорущенко