

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 автомату Мура»

Назва теми

КвРКІ.170151.17.01.19 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


Підпис

Сахнюк В.В.

Ініціали, прізвище

Керівник: д.т.н., проф.


Підпис, дата

Говорущенко Т.О.

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер:


Підпис, дата

Лисенко С.М.

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної інженерії
та системного програмування,


Підпис

Говорущенко Т.О.

Ініціали, прізвище

« 04 » 06 2021 р.

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**

Сахнюк Віталіні Валентинівні

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проєкту (роботи) Синтез та моделювання автомата Мура

Керівник проєкту (роботи) Говорущенко Т.О. 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 проєкту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Завдання на дипломне проєктування

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

Дослідження предметної області

Проєктування автомату Мура

Реалізація автомату Мура





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

Схема електрична функціональна автомату Мура

Схема електрична принципова автомату Мура

Проєктування автомату Мура в середовищі Quartus II

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання виконав
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)	Пр
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	ви
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2021	в
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2021	в
4	Робота над розділом 2 – проектування автомату Мура	01.04.2021	в
5	Робота над розділом 3 – Реалізація автомату Мура	30.04.2021	в
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2021	в
7	Попередній захист ВКР	02.06.2021	в
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2021 року	в

Студент


Підпис

Сахнюк В.В.
Ініціал, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Говорущенко Т.О.
Ініціал, прізвище

АНОТАЦІЯ

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

Автор роботи: Сахнюк Віталіна Валентинівна.

Керівник роботи: Говорущенко Тетяна Олександрівна.

Пояснювальна записка: 66 с., 27 рис., 11 табл., 3 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 8 презентаційних слайдів.

АВТОМАТ МУРА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА АВТОМАТУ МУРА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ФУНКЦІОНАЛЬНА АВТОМАТУ МУРА, ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ АВТОМАТУ МУРА В СЕРЕДОВИЩІ QUARTUS II, АВТОМАТ МУРА, СИНТЕЗ АВТОМАТУ МУРА, КІНЦЕВІ АВТОМАТИ, МІНІМІЗАЦІЯ АВТОМАТУ МУРА.

Метою роботи є синтез заданого автомату Мура.

У даній роботі було розглянуто наявні рішення реалізації автомату Мура, способи опису кінцевих автоматів, варіанти мінімізації автомату Мура, а також описано роль кінцевих автоматів в сучасному світі, сферу їх використання, також було синтезовано автомат Мура заданий таблицею переходів-виходів за варіантом, мінімізовано даний автомат, а також розроблено електричну структурну, електричну принципову і електричну функціональну схеми. Даний автомат Мура був також реалізований засобами програмного середовища Quartus II, після чого його було скомпільовано та перевірено на коректність за допомогою Simulation Waveforms.






Підпис студента

07.06.2021

Дата

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	7
1.1 Основні поняття про скінченні автомати та автомат Мура	7
1.1.1 Еквівалентність автоматів Мура та Мілі.....	15
1.2 Огляд наявних рішень.....	17
1.2.1 Навчання автомату Мура за шляхами введення-виведення	17
1.2.2 Синтез високошвидкісних контролерів ASM з виходами автомату Мура шляхом присднання додаткових станів	18
1.2.3 Фільтрація на основі автомату Мура для обмеженого і необмеженого часом узгодження шаблонів.....	18
1.2.4 Автомати і абстрактні скінченні квазігрупи	19
1.2.5 Модельний підхід символічного виконання з метою реалізації мережевих протоколів та виявлення вразливостей	20
1.2.6 Використання автоматів Мура для нагляду роботехнічним виробництвом ..	20
1.2.7 Дослідження моделі часових рядів прогнозу погоди побудованих на автоматі Мура.....	21
1.3 Висновки до першого розділу та постановка задачі	23
2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТУ МУРА	24
2.1 Завдання для проєктування автомату Мура	24
2.2 Послідовність виконання синтезу	24
2.3 Побудова функціональної схеми автомату Мура.....	36
2.4 Висновки до другого розділу.....	38

КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ					
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Салнон В.В.		07.06.21	
Перевір.		Говорущенко Т.О.		07.06.21	
Н.контр.		Лисенко С.М.		07.06.21	
Затвер.		Говорущенко Т.О.		07.06.21	
Синтез автомату Мура Пояснювальна записка			Літера	Аркуш	Аркушів
			у	2	66
ХНУ, КІ-17-1					

3 РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТУ МУРА	40
3.1 Побудова і компіляція схеми в Quartus II	40
3.2 Перевірка реалізації автомата Мура на відповідність таблиці переходів-виходів	43
3.3 Побудова схеми електричної принципової автомату Мура	51
3.4 Розрахунок вартості проєкту	55
3.5 Висновки до третього розділу	58
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	60
Додаток А Копія креслення "Схема електрична принципова автомату Мура"	64
Додаток Б Копія креслення "Схеми електрична функціональна автомату Мура"	65
Додаток В Копія креслення "Проєктування автомату Мура в Quartus II"	66

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
						3
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АА – абстрактний автомат

FSM – finite state machine (скінченний автомат)

КА – кінцевий автомат

ЦА – цифровий автомат

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

В умовах сьогоденних реалій та швидкого розвитку новітніх технологій, прикладне програмування іде в ногу з часом. Незважаючи на те, що функційне програмування на сьогодні є більш популярним, без прикладного програмування важко досягти великих результатів.

Абстрактні автомати являються основним напрямом в так званій «Теорії автоматів», де головним завданням їх вивчення не є особливості їх структури. Мета такого підходу – розглянути вхідні та вихідні сигнали абстрактних автоматів як абстрактні символи, що можуть утворювати три різні алфавіти – внутрішній, вхідний та вихідний.

Автомат Мура є керуючим автоматом, тобто однією з двох частин цифрового пристрою. Інша частина такого пристрою – операційний автомат.

Як можна здогадатись з назви, операційний автомат виконує такі дії як прийом, обробка, збереження інформації та формування результатів обчислень. Кожен такт роботи операційного автомата може функціонувати лише під впливом сигналів керуючого, яким може виступати автомат Мілі або автомат Мура.

Сфера застосування кінцевих автоматів досить широка. Насамперед, кінцеві автомати можуть бути застосовані для реалізації логіки штучного інтелекту в деяких комп'ютерних іграх.

Кінцеві автомати легко представити у вигляді графів, і саме тому майбутньому розробнику буде легко на основі таких даних спроектувати необхідну логіку і побачити всі можливі варіанти.

Окрім комп'ютерних ігор, кінцевий автомат також може бути застосований для реалізації всіх необхідних функцій користувацького інтерфейсу для різноманітних програм.

Аналогічно до комп'ютерних ігор, кінцевий автомат буде представлений у вигляді графа і таким чином, під час розробки буде використано всі можливі варіанти.

Кожного разу, коли користувач взаємодіятиме з будь-якою формою чи сторінкою, буде встановлюватись зв'язок з кінцевим автоматом, який в свою чергу

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

забезпечуватиме візуальну поведінку інтерфейсу. Саме для користувацьких інтерфейсів краще буде підходити автомат Мура, оскільки при взаємодії користувача ми повинні враховувати дані, які користувач має на даний момент часу.

Тема даної роботи актуальна насамперед з тієї причини, що застосування таких кінцевих автоматів суттєво може полегшити як розробку, так і подальших супровід програмного забезпечення та його логіки, що в результаті призведе до оптимізації всіх етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

Предметом дослідження даної роботи є керуючий автомат Мура.

Об'єктом дослідження даної роботи є модель керуючого автомату Мура заданого таблицею переходів-виходів.

Метою дипломного проекту є моделювання керуючого автомату Мура заданого таблицею переходів-виходів в програмному комплексі Quartus.

Для досягнення поставленої мети, необхідно:

1. Дослідити предметну область, зокрема теорію автоматів, автомат Мура, його відмінності від автомата Мілі та провести огляд вже наявних рішень.
2. Обрати найкращий з існуючих способів синтезу автомату Мура
3. Пригадати основні принципи роботи в середовищі Quartus
4. Провести синтез автомату Мура за заданим завданням (таблицею входів і виходів)
5. Виконати імітаційне моделювання створеного автомату.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Основні поняття про скінченні автомати та автомат Мура

Скінченним автоматом називається особливий різновид автомата (абстракції), який використовується з метою опису шляху зміни стану об'єкта на основі даних про поточний стан і даних, отриманих ззовні.

Головною особливістю скінченного автомата є скінченність множини його станів.

В сучасному світі, скінченні автомати можуть застосовуватись у різних сферах для вирішення різноманітних задач, починаючи від автоматизації проектування електронних приладів і комунікаційних протоколів, закінчуючи широким списком інженерних застосувань і штучним інтелектом.

Скінченні автомати поділяються на дві основні групи: акцептори та трансдуктори (інша назва - розпізнавачі і перетворювачі)

Перетворювачі або трансдуктори продукують вихід, який бере за базу даних вхід та/або стани. Такі автомати використовуються для керування і є два типи трансдукторів: автомат Мілі і автомат Мура.

Автомат Мура (інша назва - абстрактний автомат другого роду) в теорії обчислень — це скінченний автомат, вихідне значення якого залежить від його стану і не залежить напряду від його входу.

Автомат Мура може бути визначений як кортеж з 6 елементів, серед яких S , S_0 , Σ , Λ , T та G :

- множина внутрішніх станів S ;
- початковий стан S_0 (стан S_0 є елементом множини S);
- множина вхідних сигналів Σ ;
- множина вихідних сигналів Λ ;
- функція переходу $T: S \times \Sigma \rightarrow S$ (ця функція відображає поточний стан і вхідний алфавіт у наступний стан);
- вихідна функція $G: S \rightarrow \Lambda$ (ця функція відображає кожен стан у вихідний алфавіт).

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

Функція виходів автомата Мура зазвичай вважається одноаргументною. Її позначають літерою m і називають функцією відміток, оскільки для кожного стану така функція ставить однозначно у відповідність певну мітку – вихід). Вихід автомату Мура при графічному зображенні позначається біля вершини, а не на ребрах графа.

Є два основних способи задання автомату Мура: графічний і табличний

Графічне зображення автомату Мура – на площині зображений орієнтований граф, вершини якого взаємно однозначно відповідають станам автомата, а дуги - вхідним символам. Вона пов'язує вихідне значення з кожним станом. На рис.1.4 подано графічний спосіб задання автомату Мура.

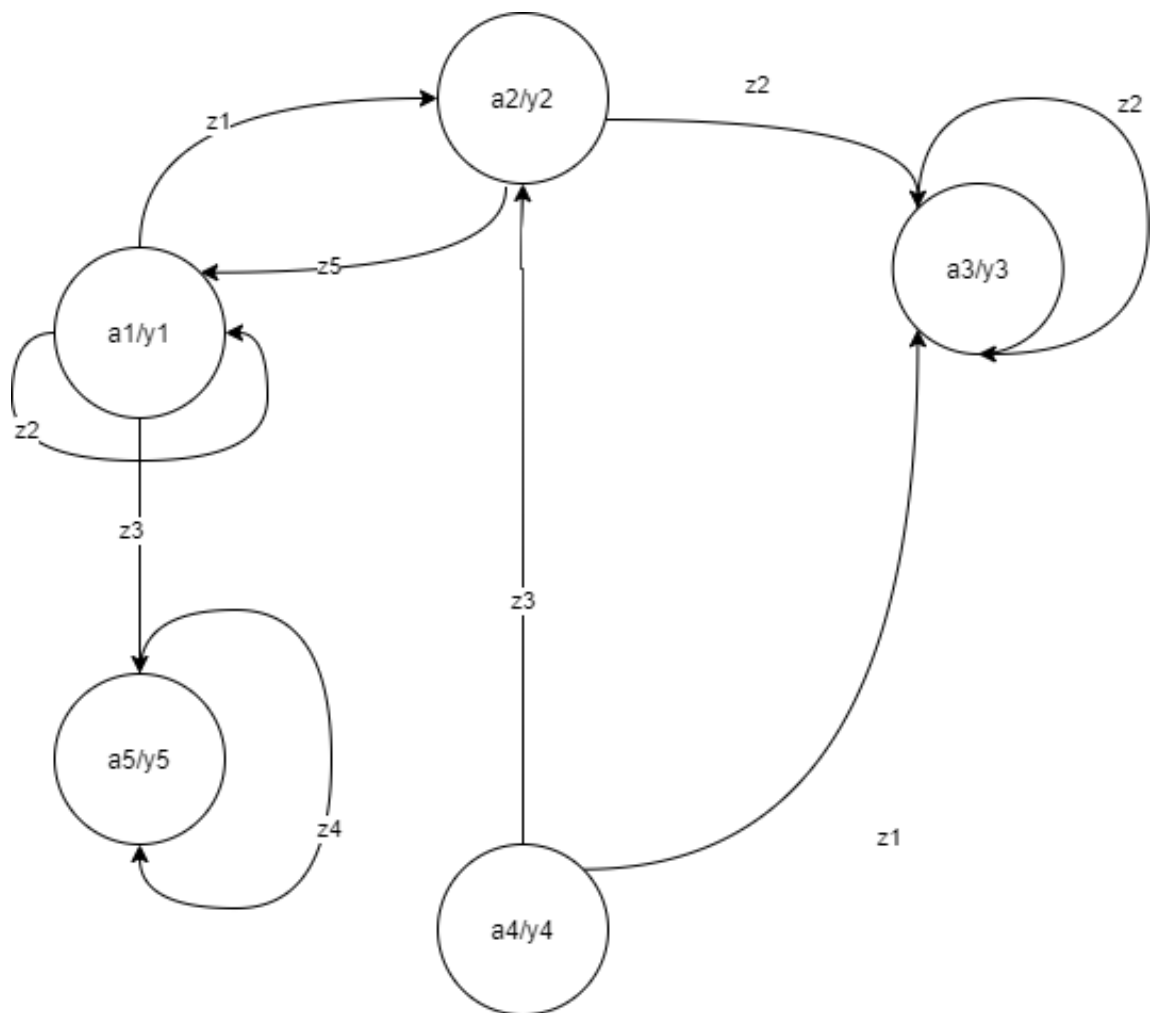


Рисунок 1.1 – Графічний спосіб задання автомату Мура

Табличне задання автомату Мура (рис.1.2) виглядає як таблиця переходів-виходів. В комірках такої таблиці для кожної пари значень аргументів $x(t)$, $s(t)$

проставляються майбутні внутрішні стани $s(t+1)$. Значення вихідних сигналів $y(t)$ представляються в окремому стовпці.

	w1	w2	w3	w4	w5
	a1	a2	a3	a4	a5
z1	a2	a3	-	a4	a3
z2	a1	a3	a3	-	a1
z3	a4	a2	-	-	a2
z4	-	a1	-	a4	-
z5	a2	a5	a3	-	-

Рисунок 1.2 – Таблиця переходів-виходів автомату Мура

Послідовні логічні схеми можуть бути зображені у вигляді, зображеному на рис. 1.3. Саме таке представлення і має назву кінцевого автомату.

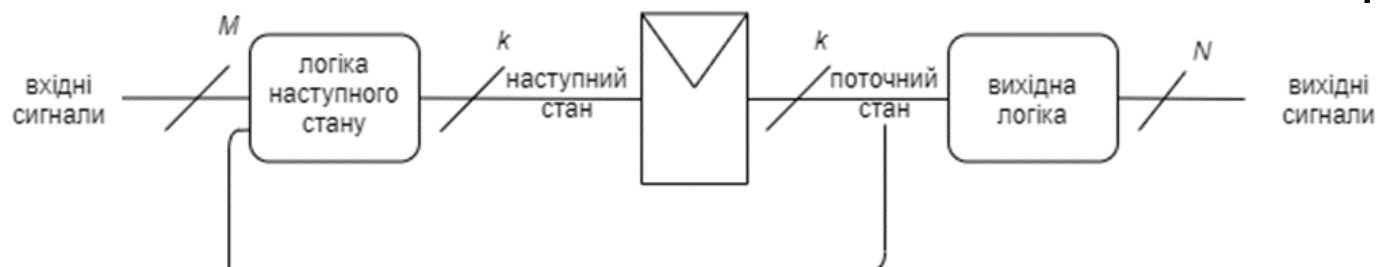


Рисунок 1.3 – Автомат Мура

Для будь-якого автомата Мура можна створити еквівалентний йому автомат Мілі та навпаки.

Еквівалентне перетворення автоматів полягає в тому, що з автомата А можна зробити автомат В, якщо ці два автомати мають однакові вхідні і вихідні алфавіти і на однакові вхідні слова випадають такі ж самі вихідні слова.

Існує єдиний універсальний алгоритм перетворення автоматів Мілі в автомати Мура, що дозволяє по довільному кінцевому автомату Мілі, що має m вхідних сигналів і n станів, побудувати еквівалентний йому автомат Мура, що має не більше $m \cdot n + 1$ станів.

У автоматі Мура вихідний сигнал формується як функція стану, а в автоматі Мілі - як функція переходу. Таким чином, стан еквівалентного автомата Мура відповідає групі дуг автомата Мілі, число яких дорівнює кількості різних вихідних сигналів, розташованих на дугах, що входять.

Розпізнавальний автомат – це автомат Мура, в якому передбачена фіксація початкового стану і підмножина станів $F \subseteq Q$, яка називається множиною кінцевих станів. Такий автомат припускає дане слово, якщо реакція на це слово – перехід автомата в одне з кінцевих станів.

Одним з широко використовуваних типів розпізнавальних автоматів є недетермінований.

Недетермінізм виявляється в тому, що з одного стану за одним і тим самим вхідним сигналом можливі переходи в різні стани автомата.

Синтез мікропрограмного автомату Мура зводиться до таких кроків (рис.1.4):

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

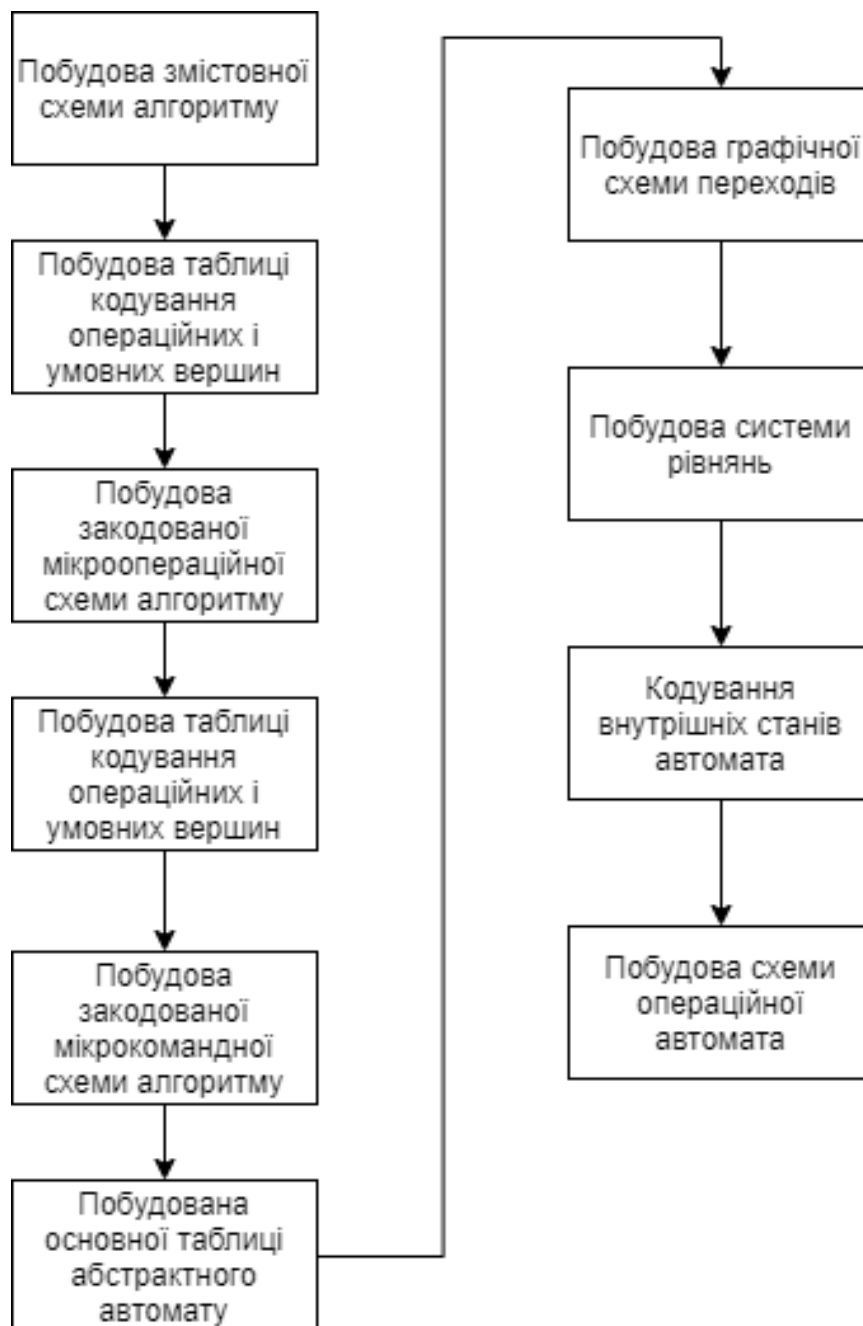


Рисунок 1.4 – Послідовність синтезу автомату Мура

Головною метою синтезу цифрового автомата є визначення всіх можливих станів та переходів цифрового автомата, відповідно до заданого алгоритму функціонування, а також отримання функцій збудження всіх входів тригерів, з яких складається автомат.

Вищевказане цілком задовольняє всі умови, які дозволяють скласти логічну схему цифрового автомата з пам'яттю.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Є два послідовних методи синтезу мікропрограмних автоматів за ГСА (граф-схемою алгоритму):

- абстрактний синтез;
- структурний синтез.

Проблема як абстрактного, так і структурного синтезу кінцевих автоматів полягає саме в процесі пошуку та побудови автомату, залежно від умов, які накладаються до реалізованого ним оператора або до множини, яка ним представляється.

Для абстрактного синтезу цифрового автомату слід пройти такі етапи, як:

- А) отримання ГСА з усіма необхідними позначеннями та відмітками;
- Б) побудова графа автомата Мура або ж таблиці переходів-виходів.

Закінчення етапу абстрактного синтезу закінчується побудовою графа або таблиці переходів-виходів.

На цьому етапі також можна виконати мінімізацію кількості внутрішніх станів автомата Мура.

Важливим етапом синтезу та проектування автоматів, є їх мінімізація.

Мінімальний автомат – це такий автомат, який має найменшу можливі кількість станів і який реалізує задану функцію виходів.

Два стани автомату можуть називатись одноквівалентними, якщо знаходячись в будь-якому з можливих станів, автомат на один і той самий вхідний сигнал видає в результаті один вихідний сигнал.

Два стани автомата можуть бути к-еквівалентними у випадку, якщо на будь-які однакові слова довжини K автомат видає однакові слова довжини K .

Мінімізацію кінцевих автоматів можна робити з двох причин:

- аби скоротити кількість внутрішніх станів автомату;
- задля отримання оптимальніших рішень та їх застосування під час технічної реалізації.

Звісно, слід зазначити, що ці обидві причини взаємопов'язані, адже якщо ми скорочуємо кількість внутрішніх станів автомату, ми автоматично скорочуємо кількість змінних, які будуть використані при реалізації, відповідно потім буде

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

обрано елемент, з меншою кількістю входів, а при покупці мікросхеми такий елемент матиме меншу собівартість.

В результаті це все приводить нас до того, що загальна вартість проєкту зменшується.

Саме тому дуже важливо проводити мінімізацію автомату.

Процес мінімізації автомата полягає в наступному:

За допомогою першого рядка таблиці переходів автомату Мура знаходяться ті стани, які відмічені однаковими сигналами. Їх ще можна назвати одноеквівалентними станами.

Далі, всі стани які входять до класу одноеквівалентним, які під дією першого сигналу перейшли в стани, які належать до одноеквівалентних, належать до двоеквівалентного класу станів.

Процедура буде продовжуватись до тих пір, поки на якомусь кроці k -еквівалентні класи не поснуть співпадати з $(k-1)$ -еквівалентними.

Всі стани, які знаходяться в одному класі еквівалентності можна замінити одним станом.

Для наочності, алгоритм мінімізації автомату Мура можна переглянути на рис.1.5.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
						13
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Алгоритм мінімізації автомату Мура

Наступний етап – структурний синтез мікропрограмних автоматів. Після отримання графа автомата або ж його таблиці переходів-виходів, послідовність роботи така ж сама, як і для канонічного методі синтезу цифрових автоматів, суть якого полягає в зведенні завдання структурного синтезу довільних автоматів до структурного синтезу автоматів без пам'яті.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1.1.1 Еквівалентність автоматів Мура та Мілі

Існує теорема еквівалентності автоматів Мура та Мілі:

Для кожного автомату Мілі може бути побудований еквівалентний автомат Мура, і навпаки – для кожного автомату Мура може бути побудований еквівалентний автомат Мілі.

Насправді, перехід від автомату Мура до еквівалентного йому автомату Мілі легко може бути виконаний через графічний спосіб задання автомата.

Головне правило, яким слід керуватись при цьому – вихідні сигнали слід перенести на дуги, що входять у окрему вершину. Таким чином можна отримати еквівалентний автомат Мілі для заданого автомату Мура.

Наприклад, на рис. 1.6 зображено граф автомату Мура, який після перетворення стає автоматом Мілі (рис. 1.7).

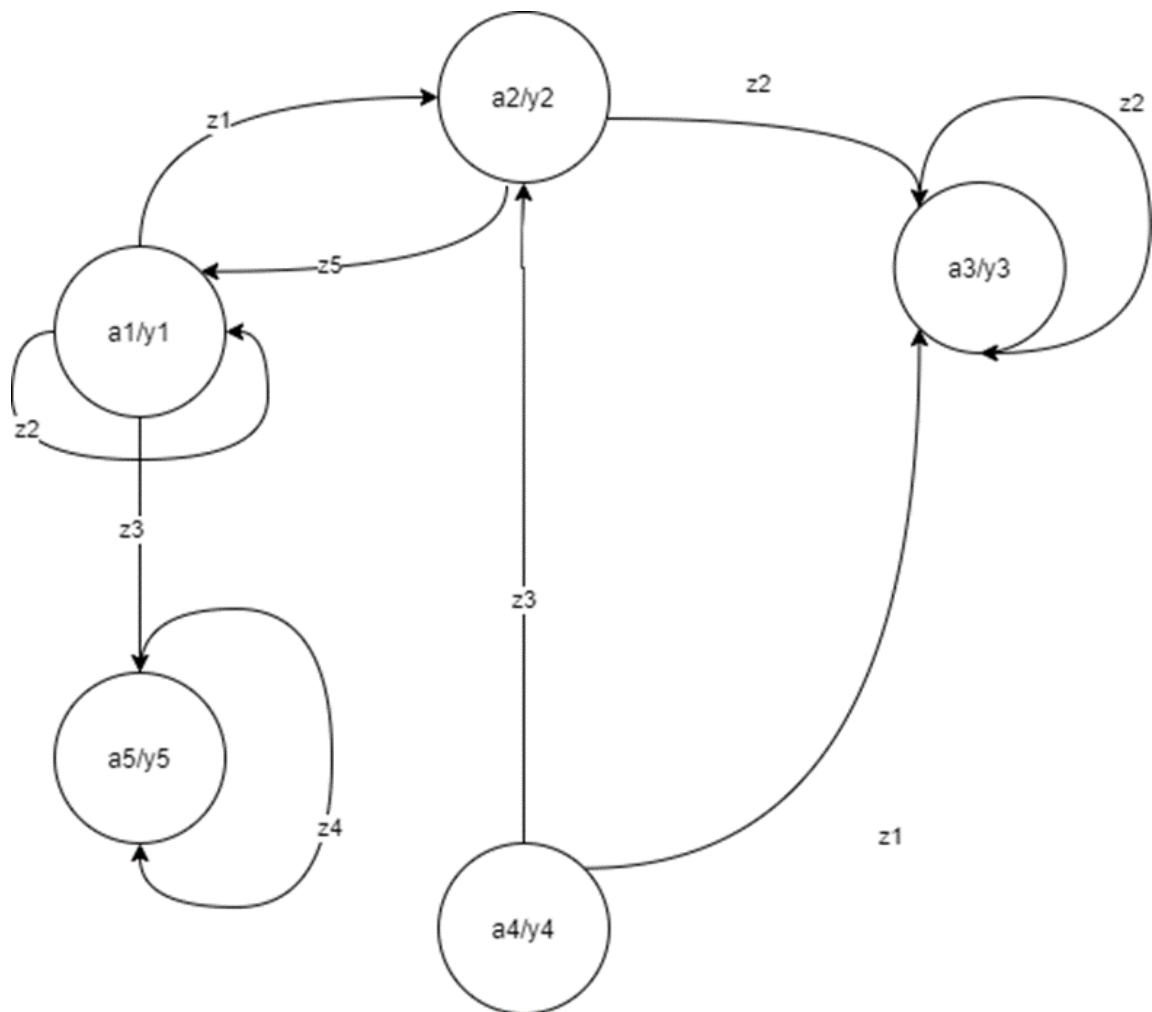


Рисунок 1.6 – Граф автомату Мура

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

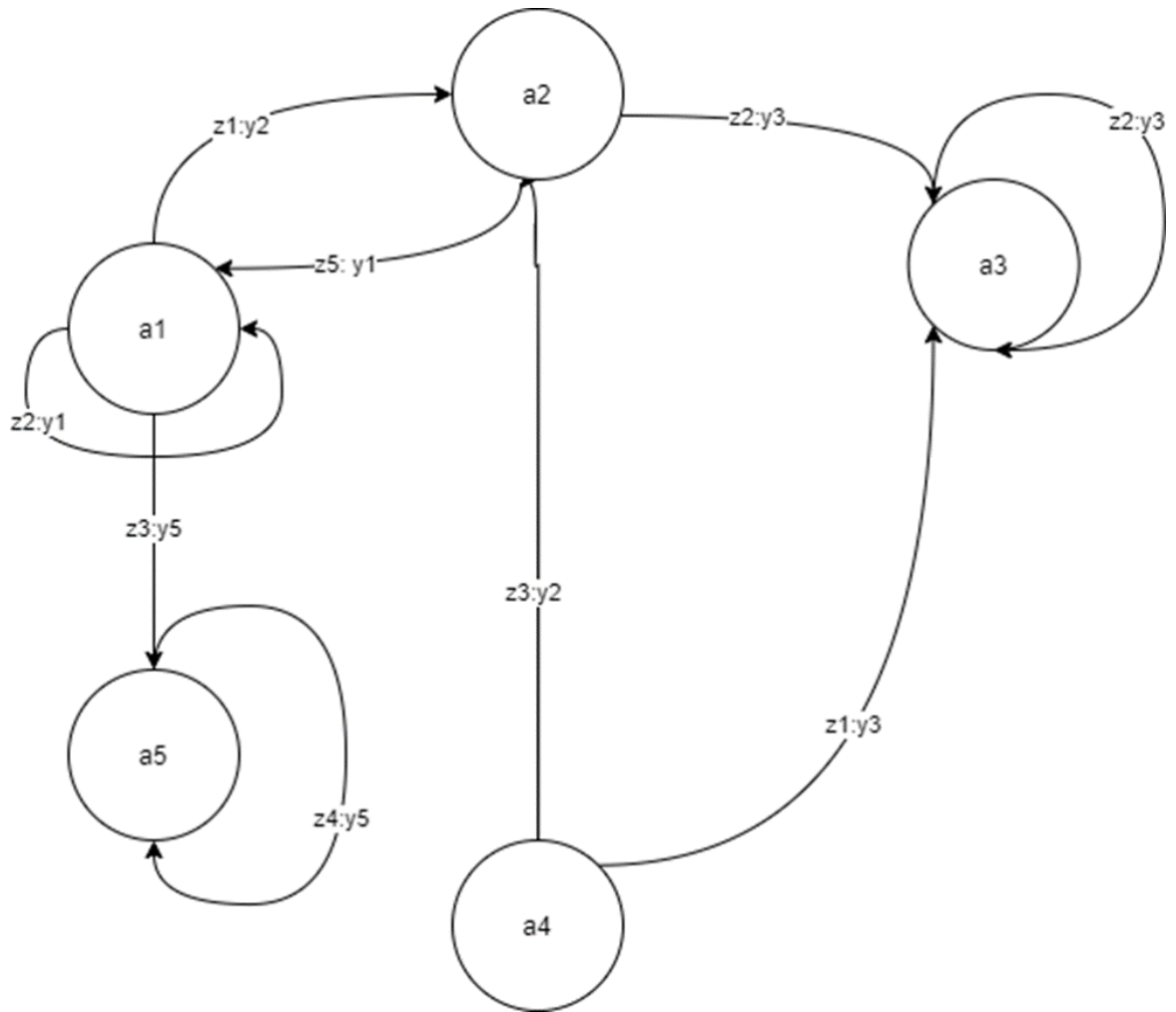


Рисунок 1.7 – Еквівалентний автомат Мура автомат Мілі

Автомат Мілі, у свою чергу, є кінцевим автоматом, який має одну суттєву відмінність від автомату Мура. Виходи автомату Мілі залежать від стану автоматів і вхідного сигналів в поточний або попередній момент часу, в той час як виходи автомату Мура залежать лише від стану автомату в поточний момент часу.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1.2 Огляд наявних рішень

1.2.1 Навчання автомату Мура за шляхами введення-виведення

Однією з фундаментальних проблем в теорії та практиці навчання автоматів є саме проблема навчання автоматів за шляхам введення-виведення, без врахування еквівалентності. В статті [1] проводиться дослідження вищевказаної проблеми та проводиться розробка трьох алгоритмів.

Розроблені у ході дослідження [1] алгоритми вирішують дану проблему. Серед цих алгоритмів:

- 1) алгоритм під назвою РТАР, який перетворює набір вхідно-вихідних слідів у неповну машину Мура, а потім доповнює машину самопетельними циклами;
- 2) алгоритм під назвою PRPNI, який використовує відомий алгоритм RPNI для навчання автоматів для вивчення продукту автоматів, що кодують машину Мура;
- 3) алгоритм під назвою MooreMI, який безпосередньо вивчає машину Мура за допомогою РТАР, розширеного зі злиттям стану.

Для наукової роботи [2] обрав досить актуальну тему, яка звучить як «Метод мінімізації автомату Мура шляхом злиття двох станів».

Проблема мінімізації кінцевих автоматів Мура часто може виникнути під час проектування цифрових пристроїв на основі програмованих логічних. Запропонований в [2] підхід використовує операцію злиття двох станів FSM і представлення FSM у вигляді списку переходів.

Дана стаття також описує деякі випадки, коли є можливість виникнення станів очікування. У [2] також описано можливі алгоритми мінімізації кількості внутрішніх станів автомата, його шляхи переходу а також вхідні числові змінні.

Результати застосування такого методу у ході експерименту показали, що запропонований підхід може зменшити кількість внутрішніх станів приблизно на 6%, а іноді навіть більше ніж у 1,5 рази; кількість переходів при цьому зменшується майже на 1/5.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

1.2.2 Синтез високошвидкісних контролерів ASM з виходами автомату Мура шляхом приєднання додаткових станів

У статті [3] було запропоновано абсолютно новий метод для проєктування високошвидкісних контролерів алгоритмічного автомата на основі FPGA. Вказаний метод насправді має в своїй основі введення додаткових станів автомату з метою реалізації усіх можливих перехідних функцій в однорівневих структурах.

У запропоновану методі затримка критичного шляху як критерій оптимізації, застосовується насамперед на етапі перетворення діаграми ASM в опис HDL стану машини.

Описаний метод складається з двох основних етапів, серед яких :

- 1) визначення місця додаткових станів на діаграмі ASM;
- 2) введення додаткових станів FSM.

Універсальна програмована машина станів була розглянута в статті [4]. FSM наразі широко використовуються в цифрових та апаратних розробках. Наукова робота [4] досліджує універсальний програмований FSM, який зможе повністю замінити наявні рішення.

В даній роботі, FSM має певний набір станів, певну к-сть входів та виходів, а також - функцію переходу стану і вихідну функцію. Функція переходу обчислює і знаходить наступний стан на основі поточного стану FSM та вхідних сигналів, при цьому автомат Мура задіяний в обчисленні значення виходу поточного стану.

1.2.3 Фільтрація на основі автомату Мура для обмеженого і необмеженого часом узгодження шаблонів.

Враховуючи те, що моніторинг є досить необхідною і важливою сукупністю методів перевірки в режимі реального часу, проблема моніторингу може бути названа проблемою узгодження шаблонів проти шаблону автоматів.

Використання синхронізації шаблонів на даний момент в галузі є досить обмеженою практикою.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

Автори наводять у підтвердження своїх слів такий приклад: існування алгоритмів, які можуть бути поставлені у відповідність специфікаціями не є загальновідомими на даний момент.

Саме тому, в дослідженні для заданого шаблону автомату було презентовано конструкцію з автомату Мура, який використовується в якості так званого «фільтра».

У ході проведення експериментів над створеним «фільтром» автори дали відповідь на деякі питання, серед яких: «Чи маскує автомат Мура багато подій?», «Чи точний фільтр у роботі?», «Чи не викликає він затримок?» тощо.

Фільтр, побудований на основі автомату Мура має досить велику гнучкість і може бути застосований для різних апаратних засобів.

Загалом, аналізуючи роботу [30], можна зробити такі висновки:

1. У встановленому часовому режимі автори доводять деякі теоретичні результати фільтрів розроблених на основі автомату Мура.

2. Впровадження такого фільтра на обмежений час, а також проведені в результаті цього експерименти свідчать про переваги розробленого фільтру.

1.2.4 Автомати і абстрактні скінченні квазігрупи

У даній роботі [5] була проаналізована повністю вся структура сімейства автоматів без вихідних даних. Була визначена доцільність використання абстрактних кінцевих квазігруп для проєктування ітеративних хеш-функцій тощо.

Що варто виділити, з цієї роботи, так це те, що також убло показано як деякі сімейства автоматів Мілі і Мура можуть бути побудовані на основі сімейств автоматів без вихідних даних, а також обґрунтовано доцільність використання такого підходу для побудови математичних моделей потокових шифрів.

Темою наступної роботи є «Недетерміновані автомати Мура та алгоритм мінімізації Бжозовського».

Оскільки автомати Мура представляють собою модель, яка має багато сфер застосування, в роботі [6] було визначено поняття когерентного недетермінованого

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

автомата Мура і було показано, що така модель нічим не поступається в обчислювальній потужності класичному детермінованому автомату Мура.

В роботі [6] було розглянуто також проблему побудови мінімального детермінованого автомату Мура еквівалентного недетермінованому.

Таким чином, було запропоновано алгоритм, який є одним з варіантів алгоритму мінімізації Бжозовського.

1.2.5 Модельний підхід символічного виконання з метою реалізації мережевих протоколів та виявлення вразливостей

Робота [8] пропонує новий підхід символічного виконання, який керується моделлю задля виявлення вразливостей під час реалізації мережевих протоколів. Цей метод, насамперед, передбачає абстрагування моделі кінцевого автомата (FSM – finite state machine), а згодом використовує дану модель для керівництва символічним виконанням.

Підхід, застосований у роботі [8] забезпечує високий рівень охоплення коду та стану протоколу. Такий метод є реалізованим і на даний момент може застосовуватись для тестування численних реалізацій мережевих протоколів.

Як висновок, можна сказати, що експерименти з цим методом показали хороші результати, які суттєво відрізняються від результатів традиційних нечітких методів для виявлення вразливостей.

1.2.6 Використання автоматів Мура для нагляду робототехнічним виробництвом

У роботі [10] мова йдеться про те, що потенціал гнучких виробничих робочих комірок (FMC) для виробництва деталей в робототехніці є досить вигідним.

Автор зазначає, що навіть незважаючи на велику кількість досліджень в сфері теоретичного управління системами дискретних подій (DES), сучасні методи ще досі мають застосування лише для наглядного контролю простих комірок.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

У даній роботі [10] була представлена нова методика моделювання та синтезу управління для FMS, що забезпечує гнучкість маршрутизації частин. Запропонована нами методологія поєднує теорії розширених автоматів Мура (ЕМА) та теорій контрольованих автоматів для синтезу керівників таких FMS.

Цікавою є тема і наступної роботи – «Зважені скінченні автомати з виходами».

Насправді, кінцеві автомати з виходами це прості математичні моделі обчислення з численними варіантами їх застосування в різних сферах діяльності людини. Зважені версії кінцевих автоматів використовуються в текстах, промовах, обробці зображень, тощо.

У статті [16] автори намагаються довести еквівалентність послідовність зважених кінцевих автоматів Мура та Мілі, які мають вихідні показники різної семантики.

1.2.7 Дослідження моделі часових рядів прогнозу погоди побудованих на автоматі Мура

Для видобування даних часових рядів (TSDM - time series data mining) проблема прогнозування часових рядів привертає велику увагу суспільства. Вирішення цієї проблеми дасть можливість відкрити шлях до екстраполяції минулої поведінки в майбутнє.

У роботі [17] було досліджено використання автоматів Мура для моделювання прогнозних рядів та було продемонстровано, яким чином автомати Мура можна перетворити задля вирішення вищевказаної проблеми методами регресії. Ефективність запропонованого в статті [17] підходу була перевірена в ході експериментальних досліджень.

Науковці зазначили, що в ході дослідження автомати були використані з метою відображення процесу формування часових рядів.

Автори зазначають у своїй роботі, що не так давно, для прогнозування часових рядів було запропоновано різноманітні технології.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

Хоча, завжди є місце для вдосконалення таких технологій, оскільки вони не є ідеальними і часто показують свої слабкі сторони.

Автори наводять такий приклад, що для методів нейронної мережі важко уникнути перетренованості або недостатньої підготовки, яка призведе до локального оптимуму без надійної моделі.

Інший приклад пов'язаний зі статистичними методами моделювання складних проблем прогнозування часових рядів.

Автори зазначають, що це досить важка праця і саме з цієї причини відкриття нового методу моделювання було визнано важливим питанням для прогнозування часових рядів.

Останнє з розглянутих рішень, які існують в сучасному світі це «Впровадження кінцевих автоматів на основі програмованих логічних ІС за допомогою об'єднаної моделі автоматів Мілі та Мура».

Розглядаючи наукову працю [20] можна помітити, що автор розглянув таку проблему як синтез кінцевих автоматів на основі програмованих логічних мікросхем, а саме тих, в яких вихідні змінні FSM служать кодом (або частиною коду) внутрішніх станів.

Шляхи вирішення описаної проблеми можна отримати за допомогою так званої об'єднаної моделі автоматів Мілі та Мура. Принципова відмінність запропонованих методів і вже відомих полягає в тому, що початкова finite state machine не зазнає перетворень, пов'язаних зі збільшенням кількості внутрішніх станів та їх переходів.

Також у роботі були представлені усі необхідні умови, за яких вихідні змінні можуть бути використані як код внутрішніх станів для FSM. Окрім вище вказаного, було описано метод синтезу об'єднаної моделі автоматів Мура та Мілі за допомогою змінного струму автоматів Мілі та Мура, були обговорені найбільш помітні результати досліджень та експериментів, напрямки майбутніх досліджень у сфері, пов'язаних з розробкою нових структурних моделей FSM.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

1.3 Висновки до першого розділу та постановка задачі

У ході першому розділі було розглянуто такі поняття, як:

- 1) детермінований і недетермінований автомат;
- 2) кінцевий автомат;
- 3) автомат Мура та його особливості;
- 4) еквівалентність автоматів Мура та Мілі, основні принципи переходу від одного до іншого;
- 5) сучасні варіанти застосування кінцевих автоматів.

Варто також зазначити, що у ході аналізу вище вказаної інформації, було виділено основні тези, які допоможуть в подальшій роботі по реалізації автомату Мура. Серед них:

- вихід автомату Мура залежить від стану автомату в поточний момент часу;
- найкращий варіант мінімізації автомату – карти Карно;
- автомат Мура може бути широко застосований у різних сферах, починаючи від прогнозів, закінчуючи розробкою ігор;
- якісне представлення автомату Мура допоможе вирішити задачу швидше і якісніше (табличне задання і граф автомату).

Таким чином, було виділено декілька завдань для другого розділу, під назвою «Проектування автомату Мура».

- 1) виконати синтез автомату за заданою таблицею переходів-виходів;
- 2) закодувати таблицю переходів-виходів;
- 3) представити автомат у вигляді графа та у вигляді системи рівнянь;
- 4) мінімізувати отриману систему рівнянь;
- 5) побудувати схему функціональну електричну для автомату Мура.

2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТУ МУРА

2.1 Завдання для проєктування автомату Мура

Виконати синтез автомату Мура, заданого таблицею переходів і виходів (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця переходів-виходів автомату Мура.

	w1	w2	w3	w4	w5
	a1	a2	a3	a4	a5
z1	a2	a3	-	a4	a3
z2	a1	a3	a3	-	a1
z3	a4	a2	-	-	a2
z4	-	a1	-	a4	-
z5	a2	a5	a3	-	-

2.2 Послідовність виконання синтезу

На даний момент маємо задану таблицю переходів-виходів автомату Мура. Перший крок, який слід виконати – це намалювати граф автомата Мура.

Оскільки станів у нас є 5 (a1, a2, a3, a4, a5), слід внести на граф автомата 5 вершин, де кожна вершина є станом. Поки автомат знаходиться у стані a0, на виході матимемо w1, аналогічно для a2 – w2, a3/w3, a4/w4, a5/w5.

Для побудови графа автомата необхідно дивитись на колонку станів. В першій колонці у нас знаходиться стан a1, який може переходити в стани a2, a1, a4

та а2. Стан а1 переходить у стан а2 за умови z1, а1 переходить в стан а1 за умови z2, а1 в а4 за умови z3, а а1 в а2 лише за умови а2.

Для другої колонки:

- 1) стан а2 переходить в стан а3 за умови z1;
- 2) стан а2 переходить в стан а3 за умови z2;
- 3) стан а2 переходить в стан а2 за умови z3;
- 4) стан а2 переходить в стан а1 за умови z4;
- 5) стан а2 переходить в стан а5 за умови z5.

Аналогічний аналіз проводимо для всіх інших колонок.

В третій колонці у нас знаходиться стан а3, який може переходити лише сам в себе за умови або z2 або z5.

В результаті маємо для третьої колонки:

- 1) стан а3 переходить в стан а3 за умови z2;
- 2) стан а3 переходить в стан а3 за умови z5.

Четверта колонка:

- 1) стан а4 переходить в стан а4 за умови z1;
- 2) стан а4 переходить в стан а4 за умови z4.

П'ята колонка:

- 1) стан а5 переходить в стан а3 за умови z1;
- 2) стан а5 переходить в стан а1 за умови z2;
- 3) стан а5 переходить в стан а2 за умови z3.

Таким чином, проаналізувавши таблицю переходів-виходів автомата Мура можна приступати до побудови графа автомата (рис.2.1).

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

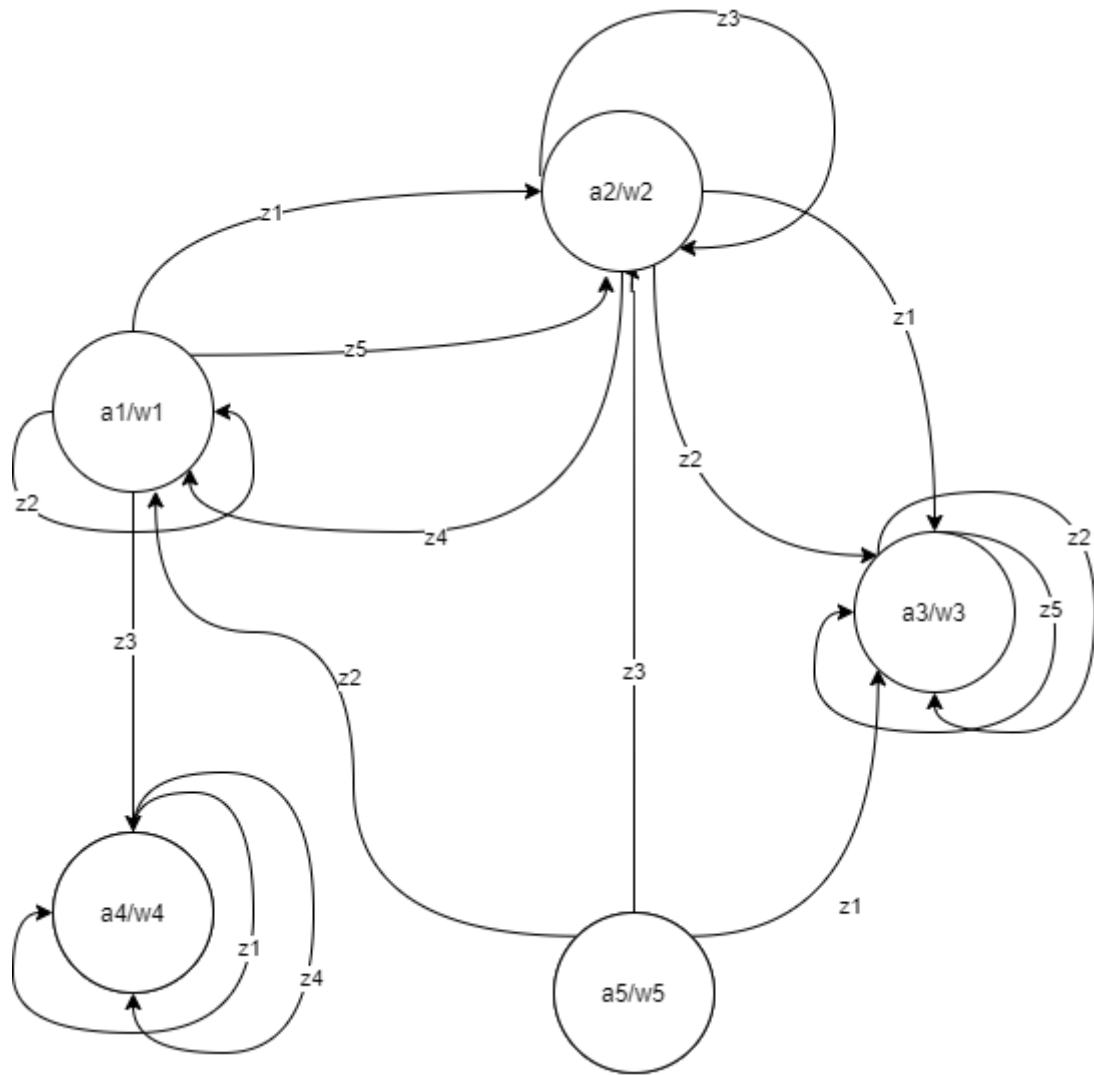


Рисунок 2.1 – Граф автомата Мура

Далі переходимо до аналізу графа. У вихідному автоматі кількість станів $M=5$, $m = \lceil \log_2 M \rceil = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$

Проаналізувавши таблицю переходів-виходів повністю, отримуємо наступні дані:

- кількість вхідних абстрактних сигналів: $F = 5$;
- кількість вхідних структурних сигналів: $L = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$;
- кількість вихідних абстрактних сигналів: $G = 5$;
- кількість вихідних структурних сигналів: $N = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$;
- кількість внутрішніх станів абстрактного автомата: $M = 5$.

Для синтезу автомату Мура були обрані D-тригери (рис.2.2).

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

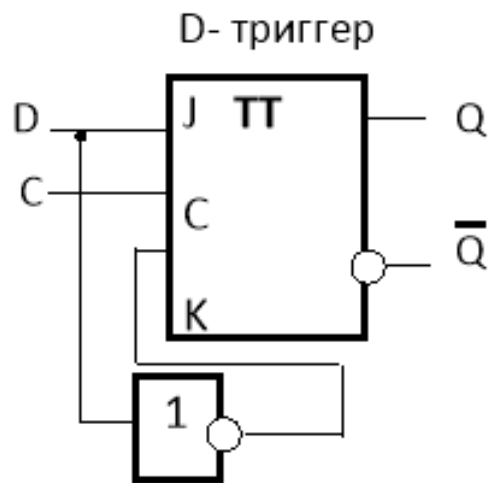


Рисунок 2.2 – Схема D-тригера

Тригер – це електронна логічна схема, яка має лише два постійні стани, які керуються сигналами керування.

D-тригер також має назву тригер затримки. Він запам'ятовує стан входу по подає цей стан на вихід. Зазвичай, такий тригер має мінімум два входи – D і C, де перший вхід називається інформаційним, а вхід C – входом синхронізації.

Після потрапляння на вхід активного фронту імпульсу синхронізації на вхід C (вхід синхронізації) D-тригер відкривається. Збереження інформації в D-тригерах відбувається лише після спаду імпульсу входу синхронізації C.

$$Q_{t+1} = C_t D_t . \quad (2.1)$$

Вище вказана формула показує, що після зміни стану D-тригера повторюється значення сигналу на D-вході в тактові моменти часу. Це і є причиною, чому D-тригер часто називають тригером затримки.

Наступним кроком є кодування внутрішніх станів автомата. Для цього буде використовуватись алгоритм кодування для D-тригера, який полягає в наступному:

- 1) кожному стану q_i автомату Мура слід співставити ціле число N_i , значення якого дорівнює кількості переходів в цей стан (якщо робити цей крок по графу, то число буде дорівнювати кількості дуг, які входять у відповідну вершину графа);
- 2) множину чисел N треба відсортувати за спаданням (від більшого до меншого);

- 3) стану q_j з найбільшим значенням N_j слід приствоїти значення $00\dots 0$;
- 4) для кодування наступних станів автомату спочатку треба використати всі коди, які містять в собі одну одиницю, потім ті, які містять дві одиниці, три одиниці тощо.

Кількість переходів у кожен стан:

- в стан $a_1 = 3$;
- в стан $a_2 = 4$;
- в стан $a_3 = 5$;
- в стан $a_4 = 3$;
- в стан $a_5 = 1$.

Сортований список кількості переходів у певний стан за спаданням:

- $a_3=5$;
- $a_2=4$;
- $a_4=3$;
- $a_1=3$;
- $a_5=1$.

Закодовані стани матимуть такий вигляд:

- $a_3= 000$;
- $a_2= 001$;
- $a_4= 010$;
- $a_1= 100$;
- $a_5= 011$.

В таблиці 2.2 можна знайти кодування внутрішніх станів автомату Мура.

Таблиця 2.2 – Кодування внутрішніх станів автомату Мура

	q ₁	q ₂	q ₃
a ₁	1	0	0
a ₂	0	0	1
a ₃	0	0	0
a ₄	0	1	0
a ₅	0	1	1

Кодування вхідних та вихідних сигналів автомата Мура буде здійснюватись довільним чином. Для цього кожен сигнал запишемо у порядку зростання і присвоїмо порядковий номер від нуля до п'яти, записуючи його у двійковій системі числення.

В таблиці 2.3 можна знайти кодування вхідних сигналів автомату Мура.

Таблиця 2.3 – Кодування вхідних сигналів автомату Мура

	r ₁	r ₂	r ₃
z ₁	0	0	0
z ₂	0	0	1
z ₃	0	1	0
z ₄	0	1	1
z ₅	1	0	0

В таблиці 2.4 можна знайти кодування вихідних сигналів автомату Мура.

Таблиця 2.4 – Кодування вихідних сигналів автомату Мура

	y_1	y_2	y_3
w_1	0	0	0
w_2	0	0	1
w_3	0	1	0
w_4	0	1	1
w_5	1	0	0

Наступним кроком буде запис таблиці переходів-виходів у кодованому вигляді (таблиця 2.5). Для цього візьмемо двійкові значення сигналів та станів з таблиць 2.2, 2.3 та 2.4 і замінимо відповідні сигнали та стани в таблиці на їх двійкові значення.

Таблиця 2.5 – Кодована таблиця переходів-виходів автомата Мура

$y_1y_2y_3$	000	001	010	011	100
$q_1q_2q_3/r_1r_2r_3$	100	001	000	010	011
000	001	000	-	010	000
001	100	000	000	-	100
010	010	001	-	-	001
011	-	100	-	010	-
100	001	011	000	-	-

Для того, аби отримати функції збудження слід дотримуватись такого алгоритму: вираз для кожної функції збудження слід записувати у вигляді логічної суми добутоків виду $a_i z$, де a_i - початковий стан, Z - умова переходу. Для спрощення отриманих функцій збудження, слід виконати усі можливі в даному випадку операції склеювання і поглинання.

Інший варіант отримання функцій збудження для тригерів – за допомогою карт Карно. Таким чином, отримані функції уже будуть мінімізованими.

Для цього способу слід виписати таблицю переходів автомата Мура у закодованому вигляді. Перше число стану (q_1) візьмемо для D_1 , друге число для другої функції збудження, і аналогічно вчинимо з третьою змінною (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Кодована таблиця переходів автомата Мура

		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
	$q_1 \ q_2 \ q_3$ $r_1 \ r_2 \ r_3$	100	001	000	010	011
Z_1	000	001	000	-	010	000
Z_2	001	100	000	000	-	100
Z_3	010	010	001	-	-	001
Z_4	011	-	100	-	010	-
Z_5	100	001	011	000	-	-

Найкращий і найбільш відомий метод мінімізації виразів булевої алгебри це карта Карно.

Головний принцип карт Карно це те, що булеві змінні переносяться до карти (в переважній більшості випадків з таблиці істинності) і впорядковуються згідно з

принципами коду Грея (в кодi Грея лише одна змінна змінюється при переходi на наступний чи попередній квадрат).

Після того, як таблиця повністю описана, а також коли у відповідні комірки карти Карно записані вихідні значення, можна починати організацію даних в найбільші можливі групи, які містять 2^n комірок.

Таким чином, можна об'єднувати комірки по дві, чотири, вісім, шістнадцять і т.д., залежно від розміру карти Карно.

Після таких нескладних скорочень отримують мінімізований булевий вираз – ДНФ.

Для отримання карти Карно для D1 (рис.2.3), D2 (рис.2.4) та D3 (рис.2.5) додамо ще три стовпчики і три рядки та запишемо відповідні значення до таблиці.

$q_1 q_2 q_3$	000	001	011	010	110	111	101	100
$g_1 g_2 g_3$								
000	-	0	0	0	-	-	-	0
001	0	0	1	-	-	-	-	1
011	-	1	-	0	-	-	-	-
010	-	0	0	-	-	-	-	010
110	-	-	-	-	-	-	-	-
111	-	-	-	-	-	-	-	-
101	-	-	-	-	-	-	-	-
100	0	0	-	-	-	-	-	0

Рисунок 2.3 – Карти Карно для D1

Судячи з рисунку 2.3 можливе склеювання лише по 2 та 8 комірок. Хоча не так багато змінних буде скорочено, але мінімізація завжди вносить свою користь.

Після склеювання змінних по комірках отримаємо функцію збудження для D1.

$$D_1 = \bar{r}_1 r_2 r_3 \bar{q}_1 q_2 + \bar{r}_3 q_1 q_2 q_3 + q_1 \bar{r}_1 r_3 . \quad (2.2)$$

В даному випадку, можливе склеювання по 8 та 16 комірок. Завдяки такій мінімізації, необхідність використання деяких змінних відпаде, оскільки вони будуть скорочені завдяки такому склеюванню.

q ₁ q ₂ q ₃	000	001	011	010	110	111	101	100
r ₁ r ₂ r ₃								
000	-	0	0	1	-	-	-	0
001	0	0	0	-	-	-	-	0
011	-	0	-	1	-	-	-	-
010	-	0	0	-	-	-	-	1
110	-	-	-	-	-	-	-	-
111	-	-	-	-	-	-	-	-
101	-	-	-	-	-	-	-	-
100	0	1	-	-	-	-	-	0

Рисунок 2.4 – Карти Карно для D2

Після склеювання деяких змінних з r1, r2, r3, q1, q2, q3 для певних комірок отримаємо функцію збудження для D2:

$$D_2 = r_1 \bar{q}_1 q_3 + q_2 \bar{q}_3 r_1 + q_1 r_2 . \quad (2.3)$$

Для даної карти Карно, враховуючи правила склеювання, можливе скорочення лише по 8 комірок. Завдяки такій мінімізації, необхідність використання деяких змінних знову ж таки, частково відпаде, оскільки вони будуть скорочені (рис. 2.5).

$q_1 q_2 q_3$ \ $r_1 r_2 r_3$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	-	0	0	0	-	-	-	1
001	0	0	0	-	-	-	-	0
011	-	0	-	0	-	-	-	-
010	-	1	1	-	-	-	-	0
110	-	-	-	-	-	-	-	-
111	-	-	-	-	-	-	-	-
101	-	-	-	-	-	-	-	-
100	0	1	-	-	-	-	-	1

Рисунок 2.5 – Карти Карно для D3

Після склеювання деяких змінних з $r_1, r_2, r_3, q_1, q_2, q_3$ для певних комірок отримаємо функцію збудження для D3:

$$D_3 = r_1 \bar{q}_1 q_3 + r_2 \bar{r}_3 q_1 + q_1 \bar{r}_2 \bar{r}_3 . \quad (2.4)$$

Таким чином, отримані ф-ї збудження матимуть наступний вигляд:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

$$\begin{cases} D1 = \overline{r1}r2r3\overline{q1}q2 + \overline{r3}q1q2q3 + q1\overline{r1}r3 \\ D2 = r1\overline{q1}q3 + q2\overline{q3}r1 + q1r2 \\ D3 = r1\overline{q1}q3 + r2\overline{r3}q1 + q1\overline{r2}r3. \end{cases} \quad (2.5)$$

Наступний крок – отриманні функцій виходів. Для цього перепишемо таблицю переходів-виходів у закодованому вигляді (табл.2.7).

Таблиця 2.7 – Кодована таблиця переходів-виходів автомата Мура

$y_1y_2y_3$	000	001	010	011	100
$q_1q_2q_3/r_1r_2r_3$	100	001	000	010	011
000	001	000	-	010	000
001	100	000	000	-	100
010	010	001	-	-	001
011	-	100	-	010	-
100	001	011	000	-	-

Для визначення того, від яких станів залежить функція виходу, слід шукати одиничне значення для кожного рівняння виходу. Дивимось по таблиці переходів виходів, де y_1 має значення 1. Приклад цього можна знайти у останньому стовпчику зі значенням 100, де $y_1 = 1, y_2 = 0, a y_3 = 0$

Перепишемо для рівняння значення стану a_5 :

$$y_1 = \overline{q1}q2q3. \quad (2.6)$$

Для визначення того, від яких станів залежить функція виходу y_2 , слід шукати одиничне значення для рівняння виходу y_2 . Таке значення ми можемо спостерігати в стані a_3 та стані a_4 .

$$y_2 = \overline{q_1}q_2q_3 + \overline{q_1}q_2\overline{q_3}. \quad (2.7)$$

Для визначення того, від яких станів залежить функція виходу y_3 , слід шукати одиничне значення для рівняння виходу y_3 . Таке значення ми можемо спостерігати в стані a_2 та стані a_4 .

Таким чином, рівняння для y_3 матиме наступний вигляд:

$$y_3 = \overline{q_1}q_2q_3 + \overline{q_1}q_2\overline{q_3}. \quad (2.8)$$

В результаті ми отримали систему рівнянь для автомату Мура.

$$\left\{ \begin{array}{l} D1 = \overline{r_1}r_2r_3 \overline{q_1}q_2 + \overline{r_3}q_1q_2q_3 + q_1\overline{r_1}r_3 \\ D2 = r_1\overline{q_1}q_3 + q_2\overline{q_3}r_1 + q_1r_2 \\ D3 = r_1\overline{q_1}q_3 + r_2r_3q_1 + q_1r_2r_3 \\ y_1 = \overline{q_1}q_2q_3 \\ y_2 = \overline{q_1}q_2q_3 + \overline{q_1}q_2\overline{q_3} \\ y_3 = \overline{q_1}q_2q_3 + \overline{q_1}q_2\overline{q_3}. \end{array} \right. \quad (2.9)$$

Наявна система функцій дозволяє побудувати схему автомату Мура.

2.3 Побудова функціональної схеми автомату Мура

Після отримання усіх необхідних функцій, які описують автомат Мура, можна переходити до наступного етапу - побудови схеми функціональної.

Важливо розуміти, які функціональні блоки повинна містити функціональна схема автомату Мура, саме тому, слід детальніше поглянути на структурну схему автомату Мура (рис.2.6).

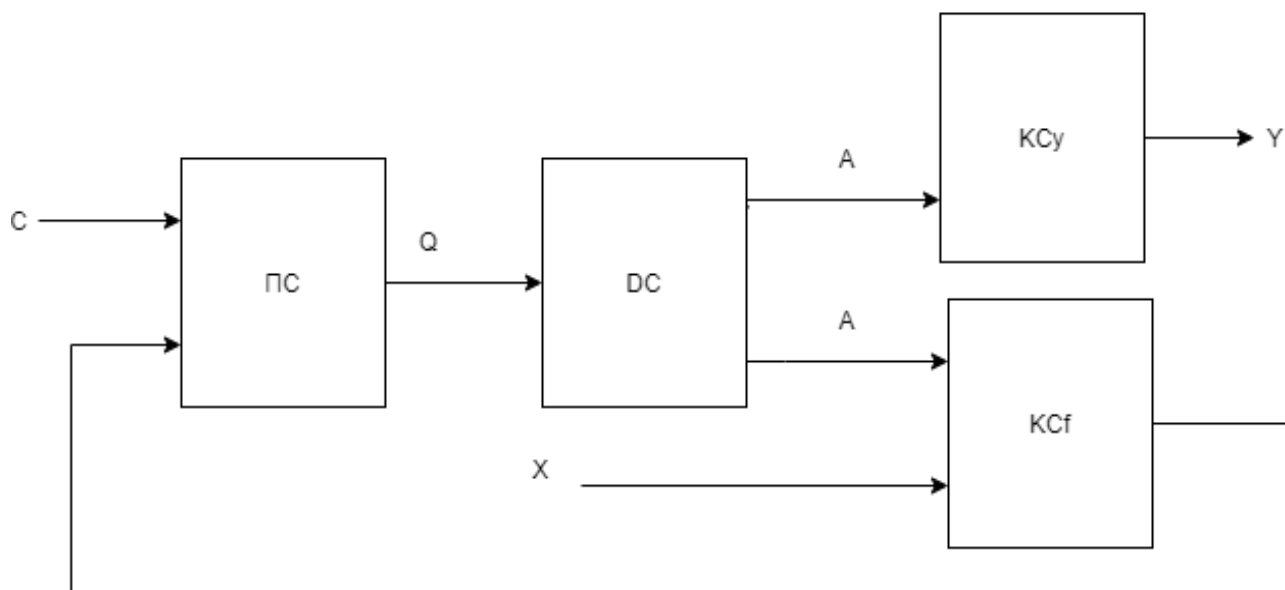


Рисунок 2.6 – Схема структурна автомату Мура

На рисунку 2.6 можна спостерігати такі блоки автомату Мура, як:

1. ПС – пам'ять станів автомату.
2. ДС – дешифратор станів.
3. КСf – комбінаційна схема, яка формує сигнали управління елементами пам'яті станів.
4. КСу – виходи схеми.

З функцій можемо побачити, що для реалізації схеми електричної функціональної (рис.2.7) необхідно мати такі елементи як 5І, 4І, 3І та 2І, а також D-тригери і елементи 2АБО і 3АБО.

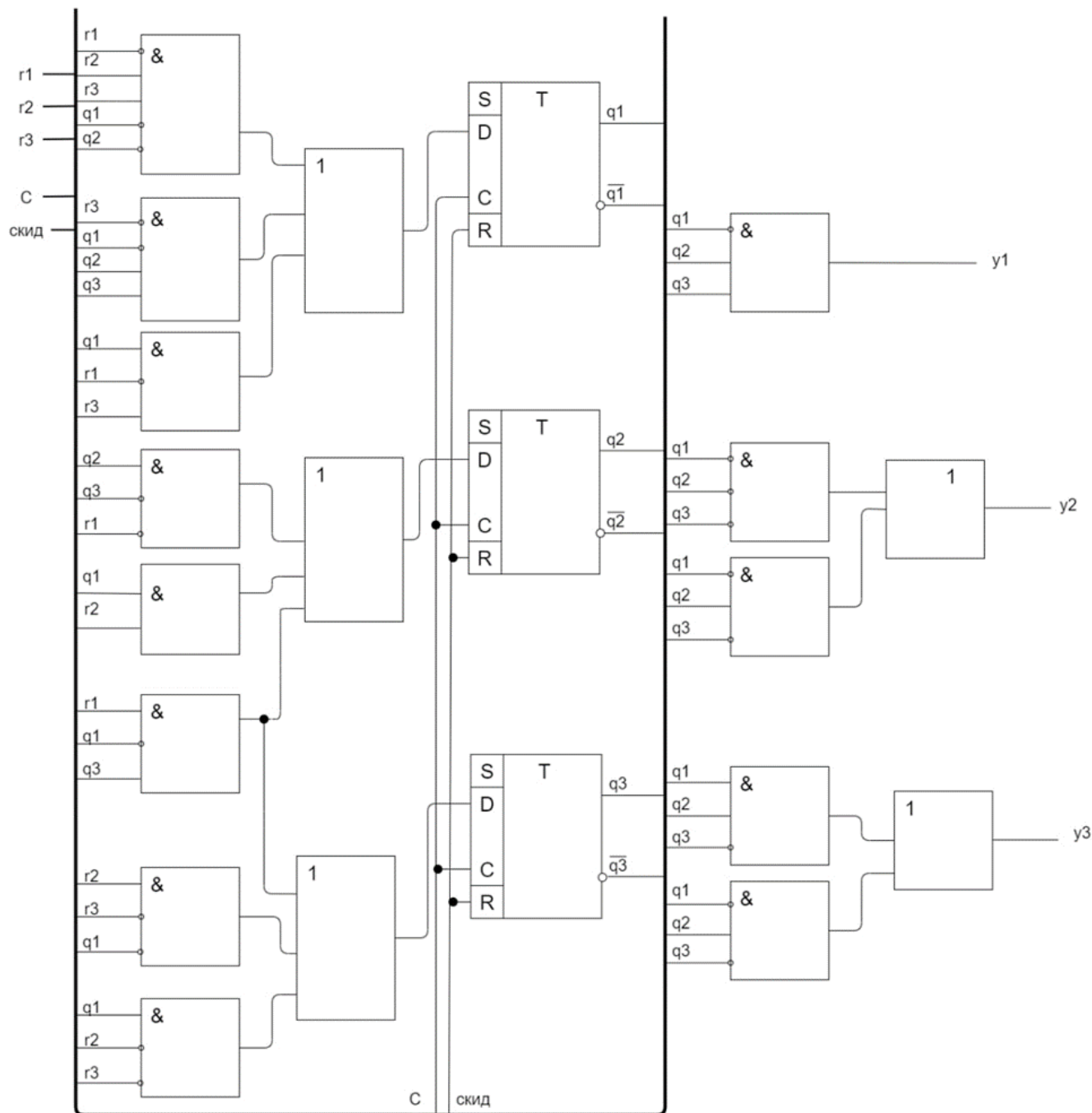


Рисунок 2.7 – Схема функціональна автомату Мура

2.4 Висновки до другого розділу

У ході виконання другої частини роботи було:

- 1) виконано синтез автомату за заданою таблицею переходів-виходів;
- 2) закодовано таблицю переходів-виходів;
- 3) представлено автомат у вигляді графа та у вигляді системи рівнянь;
- 4) мінімізовано отриману систему рівнянь;

5) побудовано схему функціональну електричну для автомату Мура.

Тепер, маючи готову систему рівнянь, схему функціональну електричну а також таблицю переходів-виходів, можна поставити завдання для третього розділу:

- побудувати схему автомату Мура в середовищі Quartus II;
- скопіювати схему та перевірити наявність помилок;
- перевірити відповідність отриманих значень на VWF двома способами (через таблицю переходів-виходів автомату та за допомогою системи рівнянь);
- побудувати схему електричну принципову автомату Мура;
- розрахувати приблизну вартість реалізації проекту.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

3 РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТУ МУРА

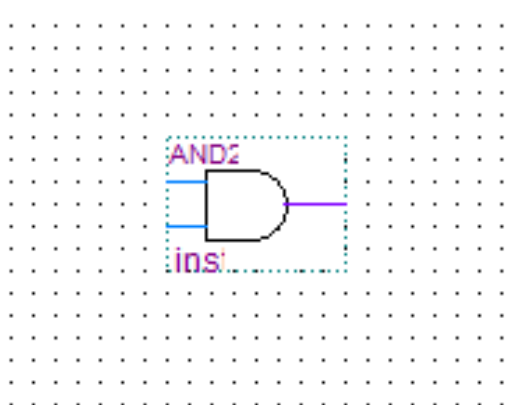
3.1 Побудова і компіляція схеми в Quartus II

Quartus II - це програмне середовище, створене з метою програмування та розробки під ПЛІС. Quartus допомагає розробнику прослідкувати за реакцією схем на певні подразники, дослідити результати за наявності різних вхідних сигналів. Вище перераховані функції чудово підходять для даної роботи, саме тому для реалізації автомата Мура було обрано програмне середовище Quartus II.

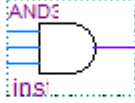
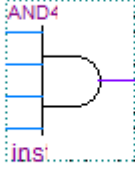
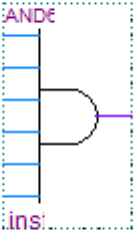
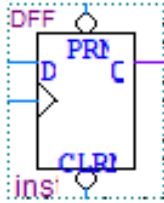
Нижче можна побачити реалізацію автомата Мура в Quartus за допомогою Block Diagram/Schematic File. В подальшому схему було скомпільовано для перевірки на наявність помилок. Етап компіляції схема пройшла успішно, тому наступним кроком під час реалізації автомата Мура стала перевірка станів і виходів автомата на VWF.

Для реалізації автомата Мура були використані нижче зазначені елементи (табл.3.1).

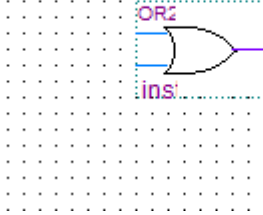
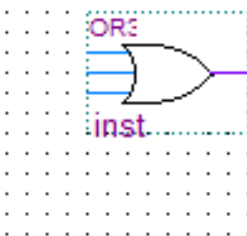
Таблиця 3.1 – Елементи, використані для реалізації автомата Мура в середовищі Quartus

Назва елемента	Зображення в Quartus
2ТА	

Продовження таблиці 3.1 – Елементи, використані для реалізації автомату Мура в середовищі Quartus

<p>3ТА</p>	 <p>The diagram shows a 3-input AND gate symbol on a grid background. The symbol is labeled 'AND3' at the top and 'ins!' at the bottom. It has three input lines on the left and one output line on the right.</p>
<p>4ТА</p>	 <p>The diagram shows a 4-input AND gate symbol on a grid background. The symbol is labeled 'AND4' at the top and 'ins!' at the bottom. It has four input lines on the left and one output line on the right.</p>
<p>6ТА</p>	 <p>The diagram shows a 6-input AND gate symbol on a grid background. The symbol is labeled 'AND6' at the top and 'ins!' at the bottom. It has six input lines on the left and one output line on the right.</p>
<p>D-тригер</p>	 <p>The diagram shows a D flip-flop symbol on a grid background. The symbol is labeled 'DFF' at the top. It has a 'D' input on the left, a 'PRN' (preset) input at the top, a 'CLR' (clear) input at the bottom, and a 'C' (clock) input on the right. The output is labeled 'ins!' at the bottom.</p>

Кінець таблиці 3.1 – Елементи, використані для реалізації автомату Мура в середовищі Quartus

<p>2АБО</p>	
<p>3АБО</p>	

Кількість елементів регулювалась потребами, а також була обрана з урахуванням системи рівнянь, яка описувала кінцевий автомат. На рис.3.1 можна побачити готову схему автомату.

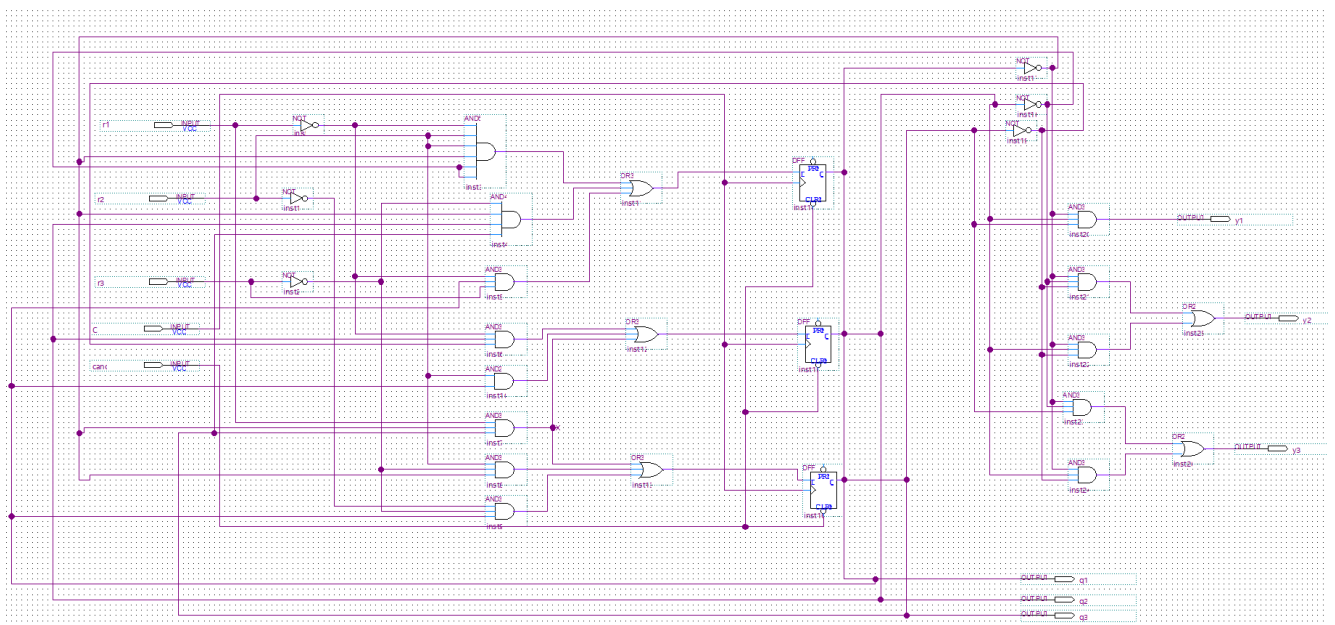


Рисунок 3.1 – Реалізація автомату Мура в програмному середовищі Quartus

3.2 Перевірка реалізації автомата Мура на відповідність таблиці переходів-виходів

Важливим етапом кожного проекту є його тестування. Саме тому після успішної компіляції отриманої схеми, слід перевірити реакцію вихідних сигналів на вхідні, а також на стани.

Є два способи перевірки результатів через VWF – за допомогою рівнянь, або за допомогою таблиці переходів-виходів. Для початку перевіримо результати за допомогою кодованої таблиці переходів-виходів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Кодована таблиця переходів-виходів автомату Мура

$y_1y_2y_3$	000	001	010	011	100
$q_1q_2q_3/r_1r_2r_3$	100	001	000	010	011
000	001	000	-	010	000
001	100	000	000	-	100
010	010	001	-	-	001
011	-	100	-	010	-
100	001	011	000	-	-

Оскільки з визначення автомата Мура знаємо, що його вихідний сигнал залежить лише від стану автомата в поточний час, то будемо перевіряти правильність реалізації лише по сигналам $q_1q_2q_3$ та $y_1y_2y_3$ (рис.3.2).

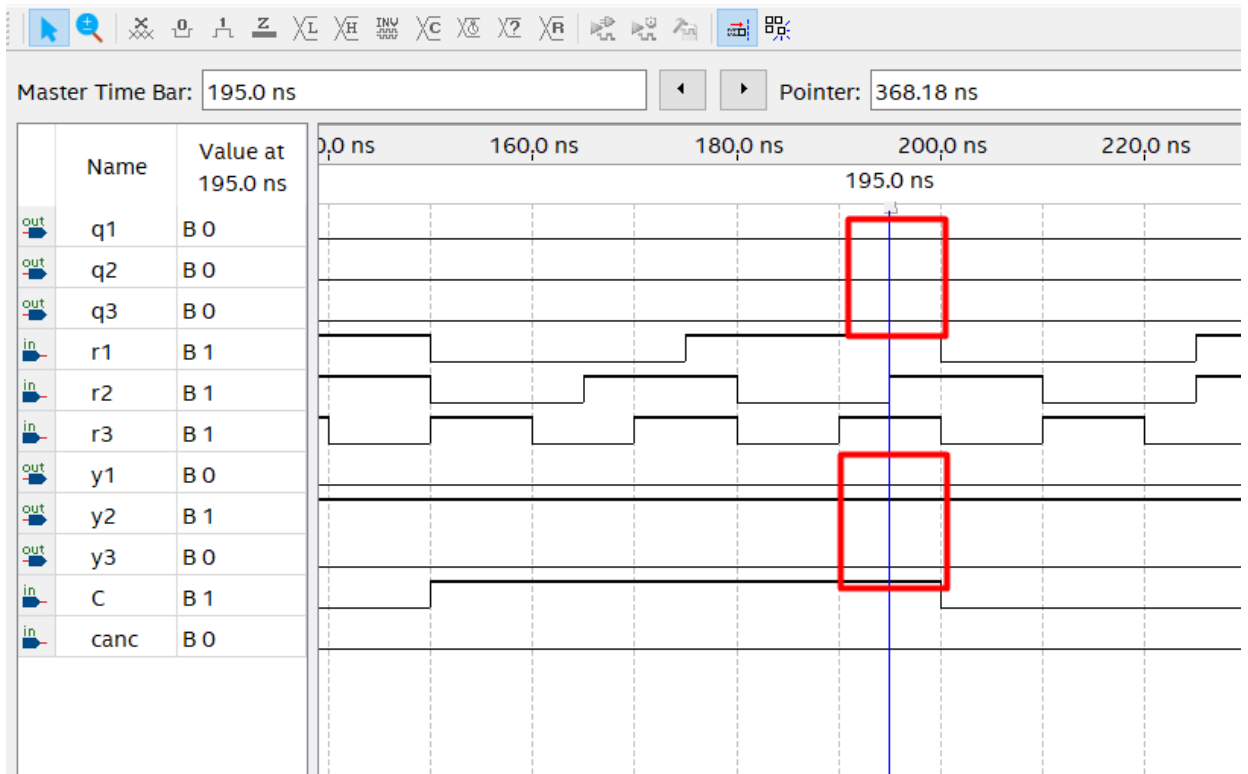


Рисунок 3.2 – VWF для автомату Мура в проміжку часу від 195.0 ns до 200ns

З рисунку 3.2 можемо побачити, що в проміжку часу від 195.0 ns до 200ns маємо $q1q2q3 = 000$ та $y1y2y3 = 010$.

Для того, аби дізнатись чи результати збігаються, звернемося до таблиці 9 і помітимо, що для стану $a3$, який закодований як 000 вихід $w3$ повинен дорівнювати 010.

Оскільки результати збігаються, можемо зробити висновок, що автомат працює правильно.

Для підтвердження вище сказаного перевіримо результати для інших станів, серед яких $a1 = 100$, $a2 = 001$, $a4 = 010$, $a5 = 011$.

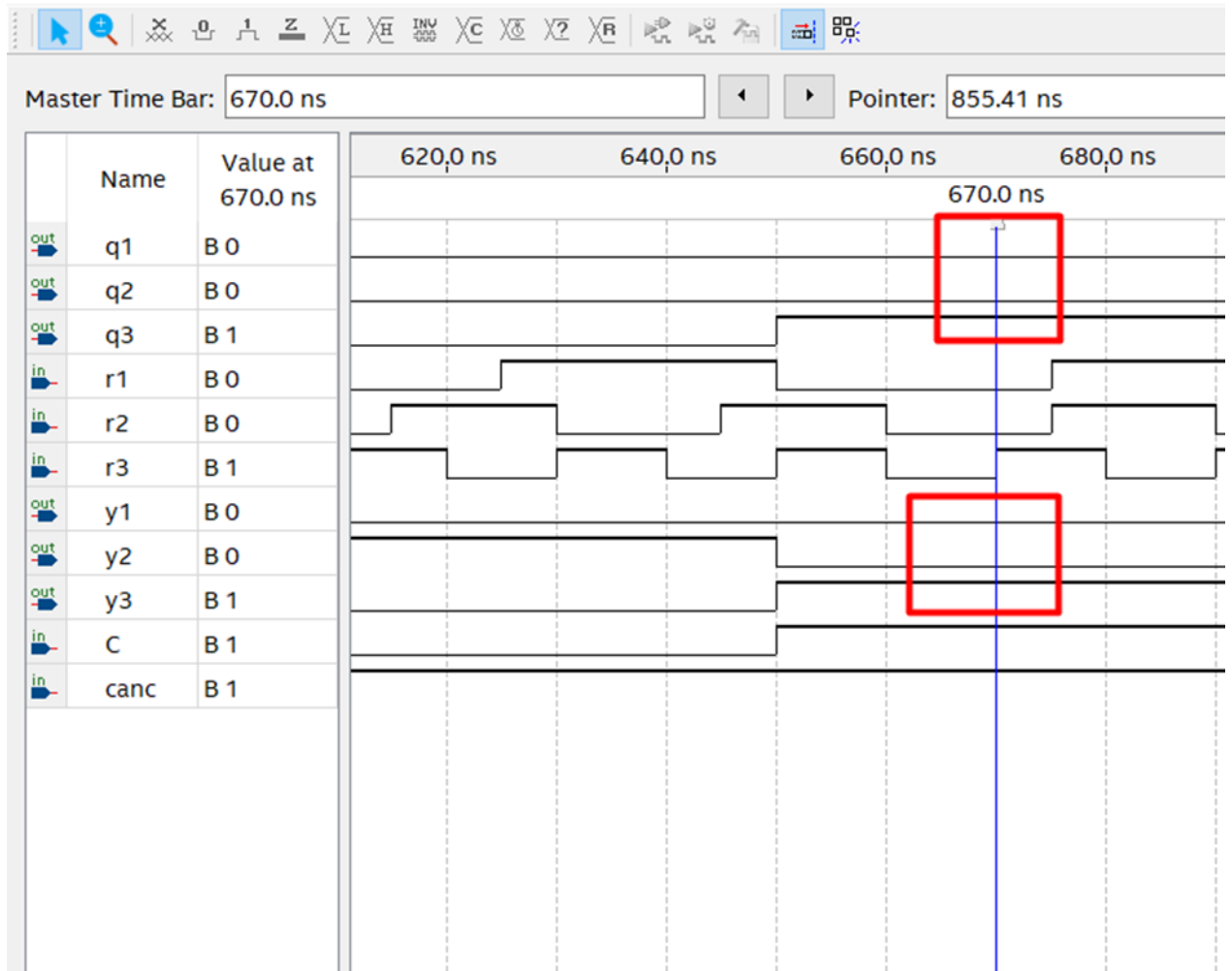


Рисунок 3.3 – VWF для автомату Мура в 670.0 ns

З рисунку 3.3 бачимо, що в момент часу 670 ns маємо $q_1q_2q_3 = 001$ та $y_1y_2y_3 = 001$. Для того, аби дізнатись чи результати збігаються, звернемося до таблиці 9. Оскільки результати збігаються з кодованою таблицею переходів-виходів, можемо перейти до перевірки наступного стану.

Аналогічну ситуацію можемо спостерігати також на проміжку 650 ns. В даному випадку, змінні $q_1q_2q_3$ матимуть таке ж саме значення, як і в момент часу 670 ns.

З рисунку 3.4 бачимо, що в момент часу 760.0 ns маємо $q1q2q3 = 011$ та $y1y2y3 = 100$. Ці значення співпадають з таблицею 9 для відповідних стану $a5$ та виходу $w5$.

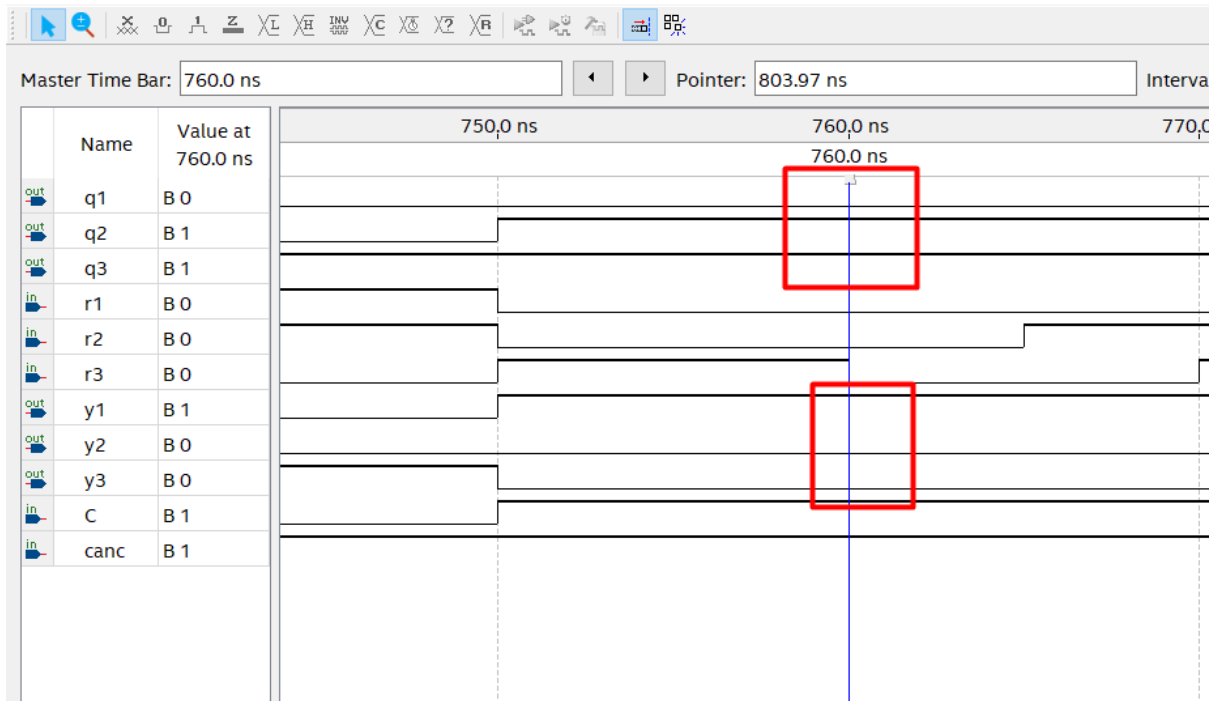


Рисунок 3.4 – VWF для автомату Мура в 760.0 ns

З рисунку 3.5 бачимо, що в момент часу 975.0 ns маємо $q1q2q3 = 010$ та $y1y2y3 = 011$. Ці значення співпадають з таблицею 9 для відповідних стану $a4$ та виходу $w4$.

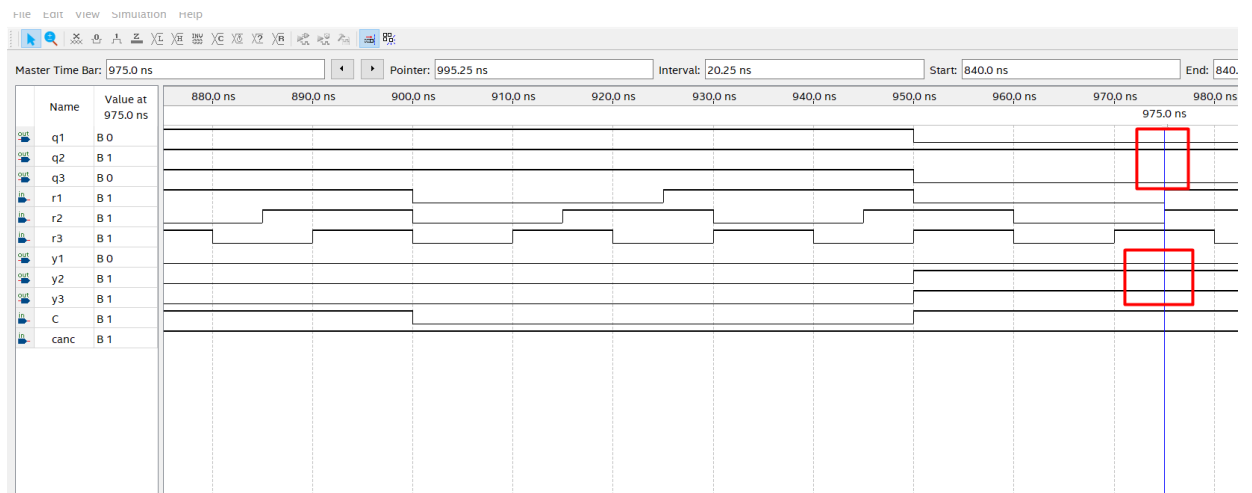


Рисунок 3.5 – VWF для автомату Мура в 975.0 ns

Наступний спосіб перевірки правильності функціонування автомата – за допомогою отриманих рівнянь, які описують роботу автомату Мура.

$$\left\{ \begin{array}{l} D1 = \overline{r1}r2r3 \overline{q1}q2 + \overline{r3}q1q2q3 + q1\overline{r1}r3 \\ D2 = r1\overline{q1}q3 + q2\overline{q3}r1 + q1r2 \\ D3 = r1\overline{q1}q3 + r2r3q1 + q1\overline{r2}r3 \\ y1 = \overline{q1}q2q3 \\ y2 = \overline{q1}q2q3 + \overline{q1}q2\overline{q3} \\ y3 = \overline{q1}q2q3 + \overline{q1}q2\overline{q3}. \end{array} \right. \quad (3.1)$$

Для перевірки візьмемо функцію y_3 . Рівняння виглядає наступним чином $y_3 = \overline{q1}q2q3 + \overline{q1}q2\overline{q3}$. З даної функції можна зробити наступний висновок – при значеннях $\overline{q1}q2q3$ або $\overline{q1}q2\overline{q3}$ вихід y_3 повинен дорівнювати одиниці, тобто бути в стані «логічна одиниця» (рис.3.6).

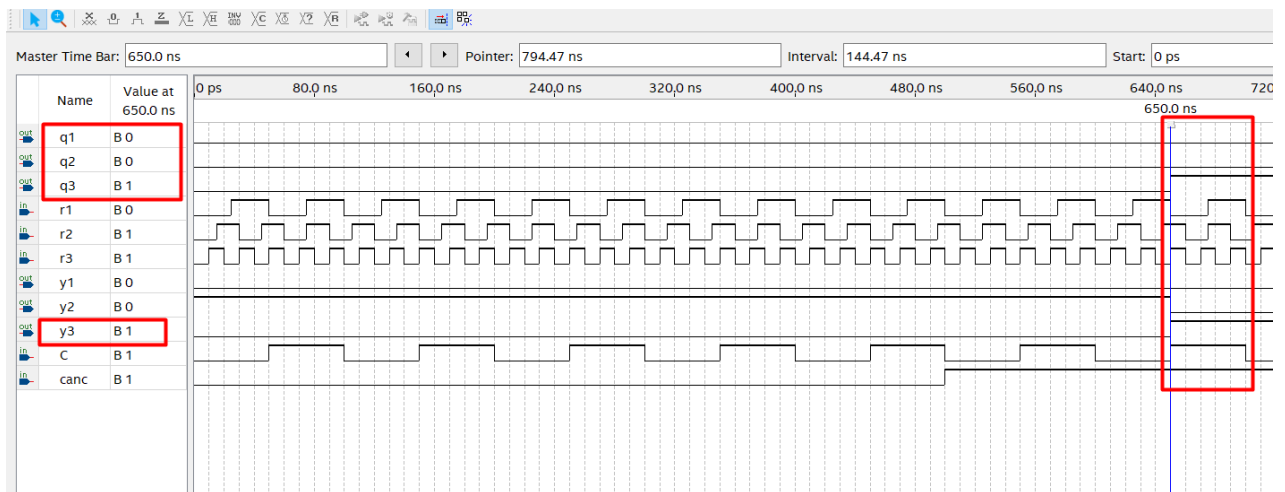


Рисунок 3.6 – VWF для автомату Мура в 650.0 ns

На рисунку 3.6 можемо спостерігати, що при $q1=0$, $q2=0$ та $q3=1$, на виході y_3 будемо мати логічну одиницю, що повністю підтверджує вище сказане і доводить, що функціональна схема була створена відповідним чином.

На рисунку 3.7 можемо спостерігати, що при $q1=0$, $q2=1$ та $q3=0$, на виході $y3$ будемо мати логічну одиницю.

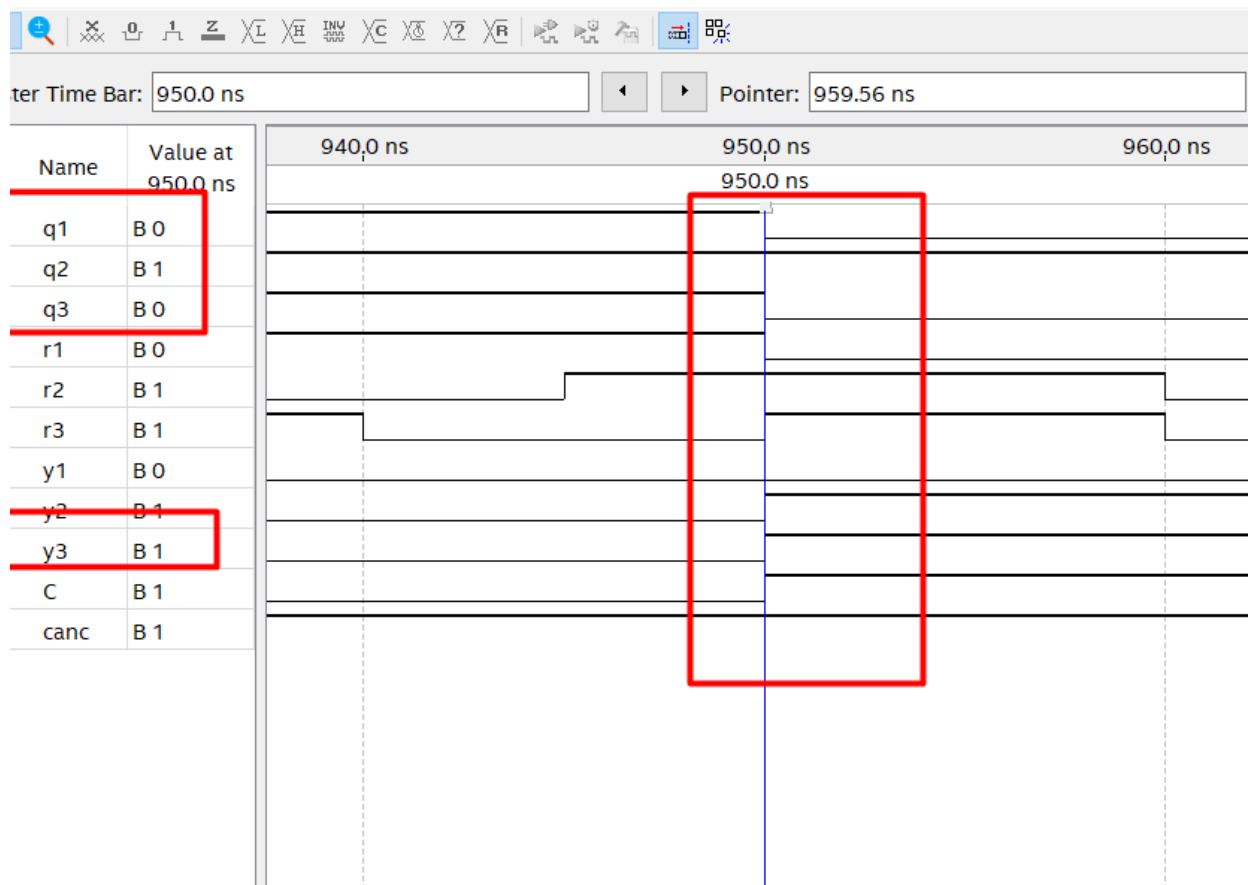


Рисунок 3.7 – VWF для автомату Мура в 950.0 ns

Також, з рисунку 3.7 можемо побачити, що аналогічну ситуацію можемо спостерігати на проміжку 950 ns – 970 ns.

Таким чином, враховуючи рисунок 3.6 і 3.7 та дані, взяті з них, можна сказати, що функція $y3$ була реалізована правильно.

Аналогічну перевірку продемо для функцій $y2$ та $y1$.

Рівняння $y2$ виглядає наступним чином $y2 = \overline{q1}q2q3 + q1q2q3$. З даної функції можна зробити короткий висновок – при значення $\overline{q1}q2q3$ або $q1q2q3$ вихід $y2$ повинен бути в стані «логічної одиниці». Перевіримо це за допомогою VWF.

З рисунку 3.8 бачимо, що при $q1=0$, $q2=0$ та $q3=0$, на виході $y2$ маємо логічну одиницю.

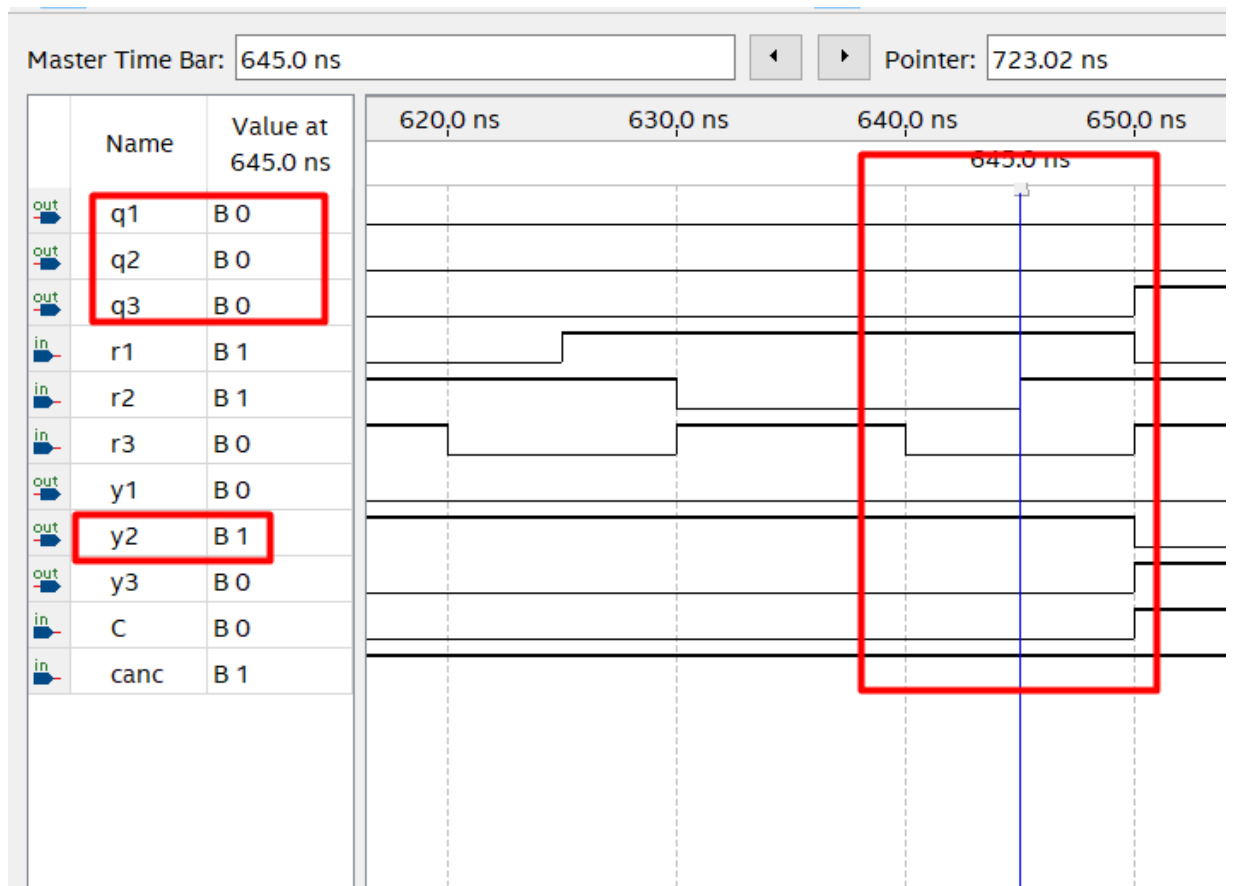


Рисунок 3.8 – VWF для автомату Мура в 645.0 ns

Все вище зазначене підтверджує те, що реалізація частини рівняння для $y2$ виконана відповідно до вимог та за правилами.

З рисунку 3.9 бачимо, що наявності таких значень в змінних, як $q1=0$, $q2=1$ та $q3=0$, на виході $y2$ маємо логічну одиницю, що підтверджує правильність реалізації іншої рівняння для $y2$.

З рисунку 3.9 бачимо, що наявності таких значень в змінних, як $q1=0$, $q2=1$ та $q3=0$, на виході $y2$ маємо логічну одиницю, що підтверджує правильність реалізації іншої рівняння для $y2$.

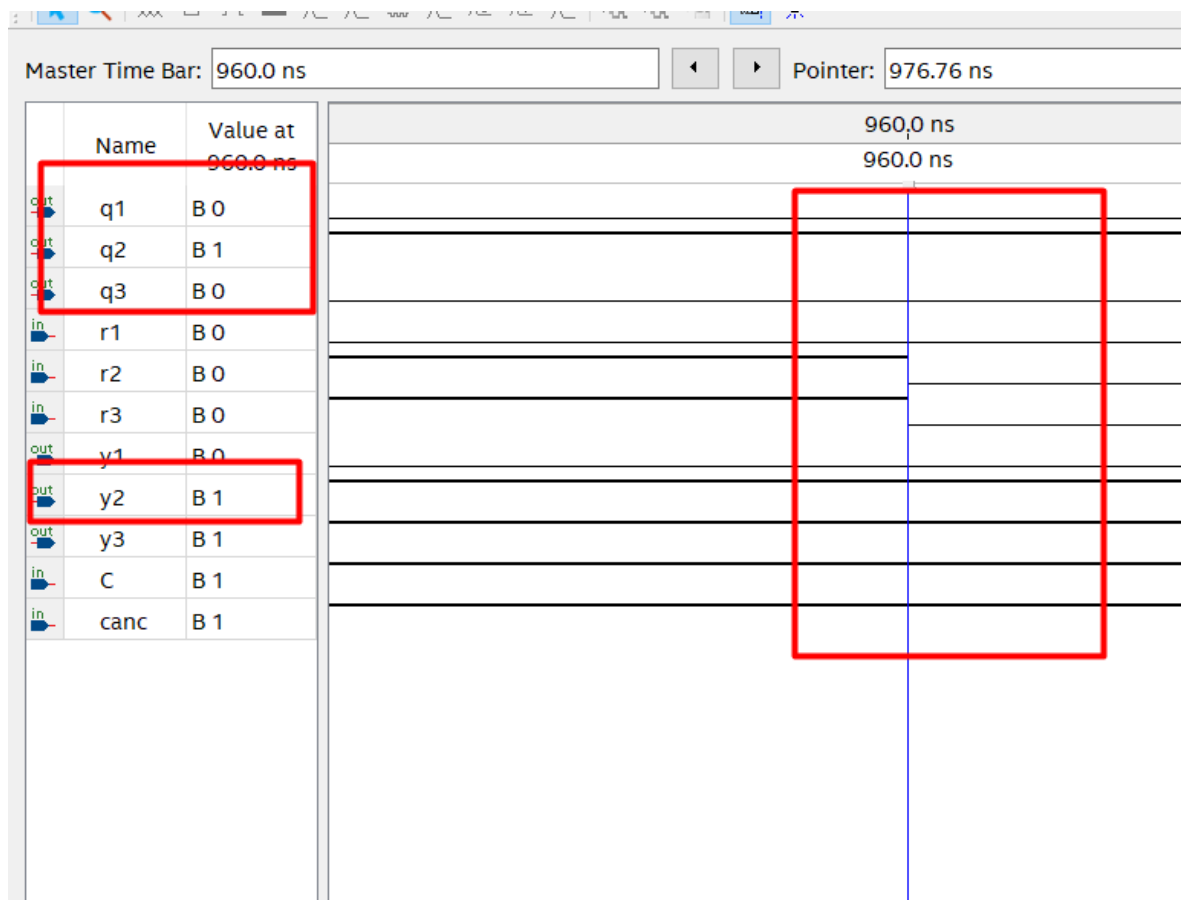


Рисунок 3.9 – VWF для автомату Мура в 960.0 ns

Маючи підтвердження правильності функціонування схеми для обох частин рівняння $y2$, зробимо висновок, що схема реалізована правильно, для даної частини.

Для абсолютної точності така ж перевірку була проведена і для функції $y1$.

Рівняння має наступний вигляд:

$$y1 = \overline{q1}q2q3 . \quad (3.2)$$

Це означає, що $y1$ повинен бути в стані логічної одиниці при таких значеннях як $q1 = 0$, $q2 = 1$, $q3 = 1$.

Підтвердження вище сказаного можна знайти на рисунку 3.10.

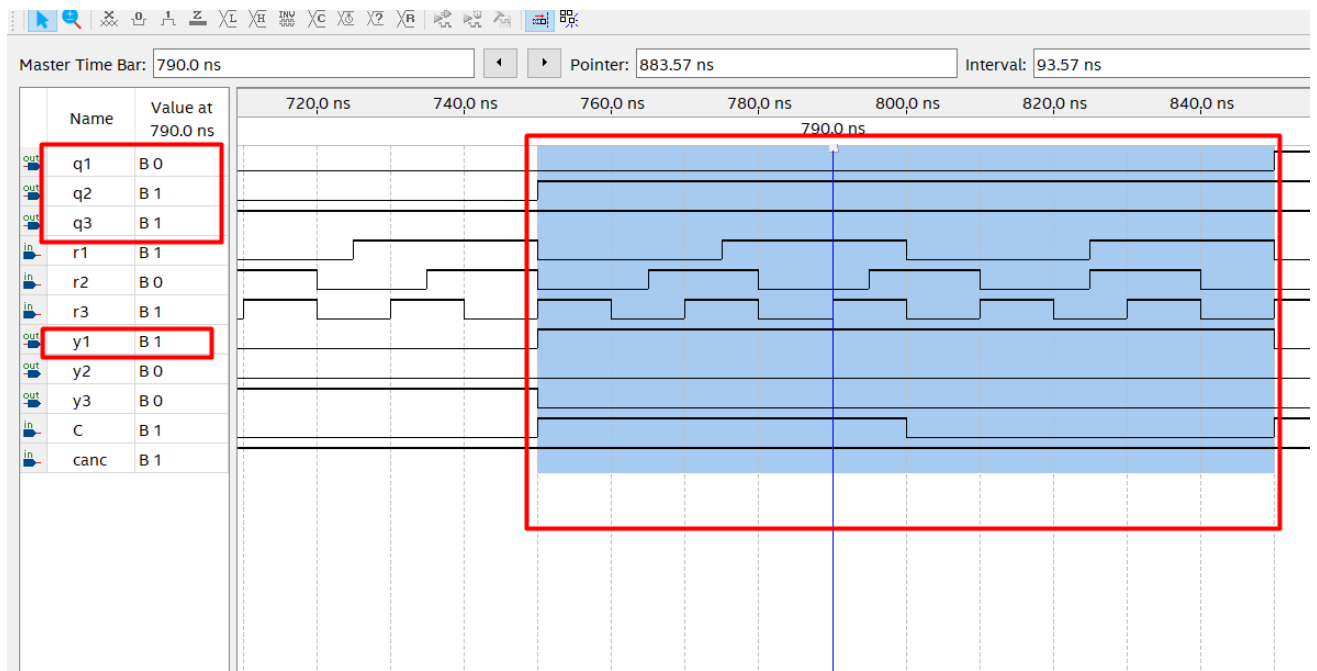


Рисунок 3.10 – VWF для автомату Мура в 790.0 ns

Можемо бачити, що на всьому проміжку від 750 ns включно до 850 ns, y_1 перебуває в стані логічної одиниці, оскільки на всьому цьому проміжку $q_1 = 0$, $q_2 = 1$, а $q_3 = 1$.

Таким чином, після детальної перевірки усіх можливих варіантів, можна зі сміливістю заявити, що схема працює вірно і всі необхідні для забезпечення правильної роботи елементи були додані.

3.3 Побудова схеми електричної принципової автомату Мура

Побудова схеми принципової електричної потребує вибору необхідних мікросхем. Для реалізації автомату Мура було обрані такі мікросхеми, як:

1. К531ЛА17 – 1 шт.
2. К155ЛИ6 – 1 шт.
3. К531ЛИЗ – 4 шт.
4. К155ЛИ5 -1 шт.
5. К155ЛЕ4 – 1 шт.

6. К155ЛЛ2 – 1 шт
7. К155ТМ2 – 2 шт.
8. К155ЛН1 – 2 шт.

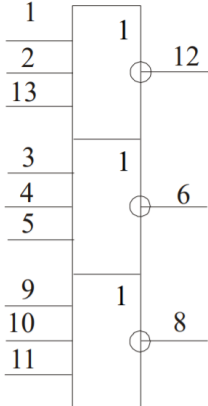
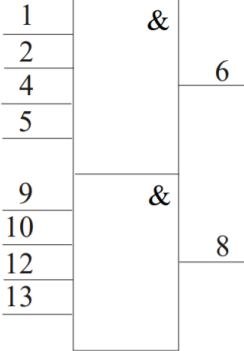
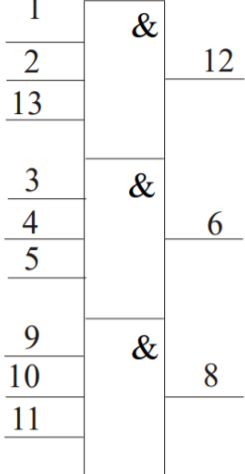
Кожна з вище вказаних мікросхем містить в собі необхідну кількість блоків логічних елементів, серед яких: 5ТА-НІ, 4ТА, 3ТА, 2ТА, 3АБО-НІ, 2АБО, НІ та D-тригери.

Повний список мікросхем та їх відповідність логічним елементам можна переглянути в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Список елементів для схеми електричної принципової

Мікросхема	Логічний елемент	УГЗ
К531ЛА17	5ТА-НІ	
К155ЛИ5	2ТА	

Продовження таблиці 3.2 – Список елементів для схеми електричної
принципової

<p>K155ЛЕ4</p>	<p>ЗАБО-НІ</p>	
<p>K155ЛИ6</p>	<p>4ТА</p>	
<p>K531ЛИЗ</p>	<p>3ТА</p>	

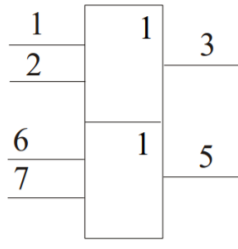
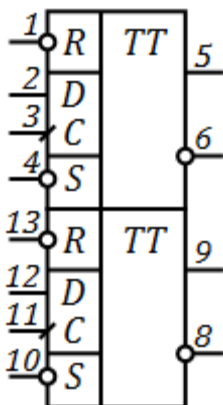
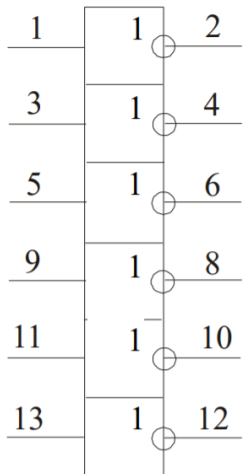
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ

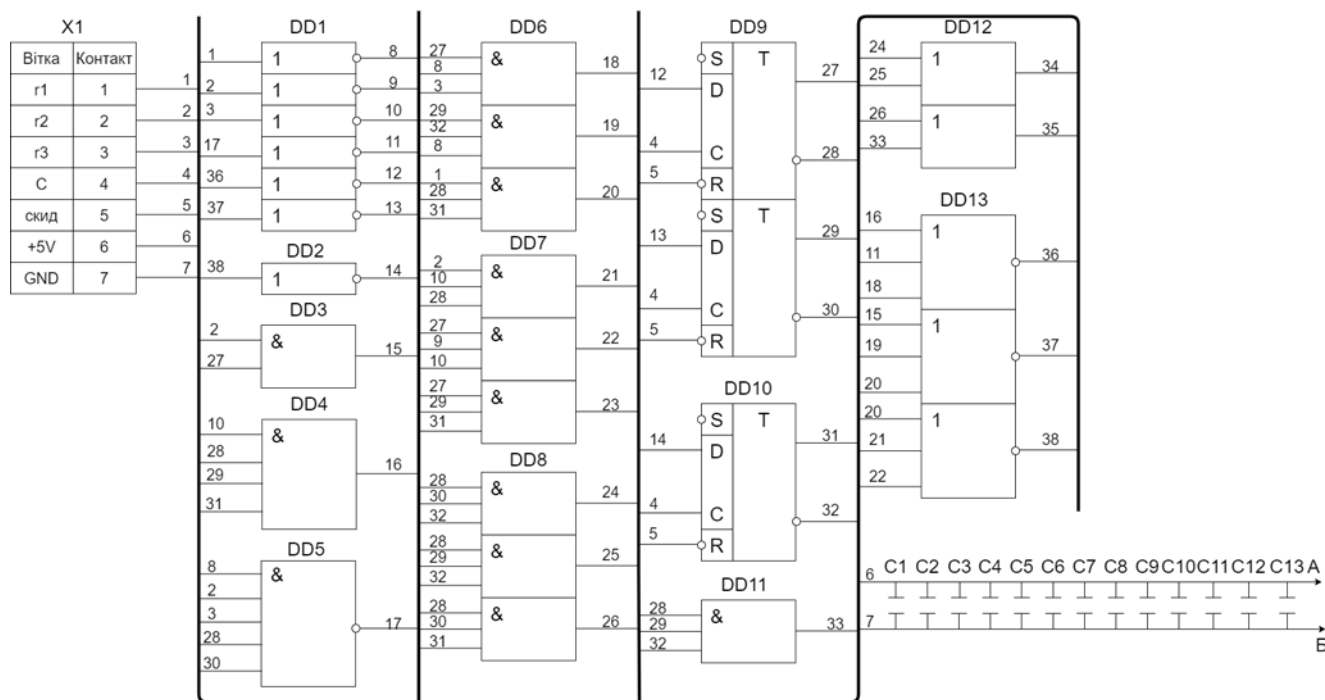
Арк.

53

Кінець таблиці 3.2 – Список елементів для схеми електричної принципової

<p>К155ЛЛ2</p>	<p>2АБО</p>	
<p>К155ТМ2</p>	<p>D-тригер</p>	
<p>К155ЛН1</p>	<p>НІ</p>	

Таким чином, маючи обрані мікросхеми, на їх основі було побудовано схему електричну принципову автомату Мура (рис.3.11).



*вітку А приєднати до контакту 14 мікросхем DD1-DD13

*вітку Б приєднати до контакту 7 мікросхем DD1-DD13

Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
	Мікросхеми		
DD1, DD2	К555ЛН1	2	
DD3	К155ЛИ5	1	
DD4	К155ЛИ6	1	
DD5	К531ЛА17	1	
DD6-DD8, DD11	К531ЛИ3	4	
DD9, DD10	К155ТМ2	2	
DD12	К155ЛЛ2	1	
DD13	К155ЛЕ4	1	
	Конденсатори		
C1 ... C13	К10-17В-Н10-0.01 мкФ + 10%	13	
	З'єднання		
X1	СНО51-30/56Х9В-23	1	

Рисунок 3.11 – Схема електрична принципова автомату Мура

3.4 Розрахунок вартості проєкту

Розрахунок вартості проєкту завжди є важливою частиною реалізації будь-якої ідеї, адже необхідно розуміти, скільки коштів доведеться витратити на створення чогось нового.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для реалізації автомату Мура необхідно придбати обрані мікросхеми, вартість яких зазвичай досить низька. В таблиці 11 можна побачити приблизну вартість проекту.

Таблиця 3.3 – Вартість мікросхем, необхідних для реалізації проекту

Мікросхема	Кількість	Вартість
K531ЛА17	1	2,5 грн
K155ЛИ6	1	2 грн
K531ЛИЗ	4	1 х4 шт = 4 грн
K155ЛИ5	1	10 грн
K155ЛЕ4	1	8,5 грн
K155ЛЛ2	1	10 грн
K155ТМ2	2	12 х2 = 24 грн
K155ЛН1	2	11 х2 = 22 грн
	Разом	83 грн

Дані ціни є актуальними станом на 03.06.2021 року. Нижче представлені рисунки 3.12 та 3.13 показують вартість для деяких мікросхем, вказаних у таблиці.

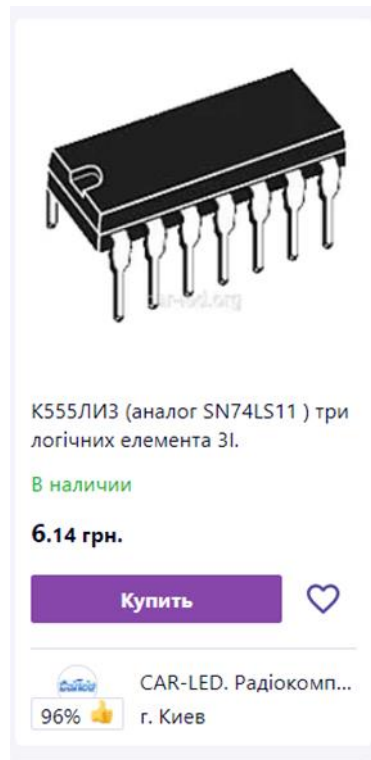


Рисунок 3.12 – Вартість мікросхеми К155ЛИЗ станом на 03.06.21



Рисунок 3.13 – Вартість мікросхеми К155ЛН1 станом на 03.06.21

Таким чином, приблизна вартість реалізації проекту складатиме: $2,5 + 2 + 4 + 10 + 8,5 + 10 + 24 + 22 = 83$ грн.

Вище вказана сума не є остаточною, оскільки при розрахунках не були враховані такі фактори, як – витрати на інші важливі матеріали, витрати на можливі

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ

Арк.

57

неполадки в системі, заробітна плата працівників, які займатимуться реалізацією даного проєкту.

Загальну вартість реалізації проєкту можна зменшити, якщо виробляти даний автомат великими партіями, оскільки закупка гуртом зазвичай передбачає меншу собівартість мікросхем.

3.5 Висновки до третього розділу

У ході виконання третьої частини даної кваліфікаційної роботи, було виконано такі завдання:

- побудовано схему автомату Мура в середовищі Quartus II;
- скомпільовано схему та перевірити наявність помилок;
- перевірено відповідність отриманих значень на VWF двома способами (через таблицю переходів-виходів автомату та за допомогою системи рівнянь);
- побудовано схему електричну принципову автомату Мура;
- розраховано приблизну вартість реалізації проєкту.

Аналізуючи вище вказане, можна сказати, що всі поставлені завдання на третій розділ були успішно виконані, отже ціль третього розділу була досягнута і на виході маємо реалізований автомат Мура.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної кваліфікаційної роботи було досягнуто основної мети та виконано такі завдання:

- досліджено предметну область, зокрема теорію автоматів, автомат Мура, його відмінності від автомата Мілі та провести огляд вже наявних рішень;
- обрано найкращий з існуючих способів синтезу автомату Мура;
- повторено основні принципи роботи в середовищі Quartus ;
- проведено синтез автомату Мура за заданим завданням (таблицею входів і виходів);
- виконано імітаційне моделювання створеного автомату.

Варто також зазначити, що під час виконання дипломної кваліфікаційної було розглянуто десятки сучасних розробок на дану тему та виконано їх короткий аналіз в частині першій.

Таким чином, оскільки виконання поставлених завдань було успішно завершено, можна стверджувати що була досягнута основна мета дипломного проєктування – проведення синтезу автомату Мура за заданою таблицею переходів-виходів.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Giantamidis, G., Tripakis, S., Basagiannis S. Learning Moore machines from input–output traces. *Int J Softw Tools Technol Transfer*, 2021. №23. Pp. 1–29.
2. Klimovich, A.S., Solov'ev, V.V. A method for minimizing Moore finite-state machines by merging two states. *J. Comput. Syst. Sci. Int.* 2021. №50. Pp. 907–920. <https://doi.org/10.1134/S1064230711040113>
3. Salauyou V., Bulatowa I. Synthesis of High-Speed ASM Controllers with Moore Outputs by Introducing Additional States. *Computer Information Systems and Industrial Management: CISIM 2018. Lecture Notes in Computer Science*, 2018. Vol 11127.
4. Asbjørn Steensland. Universal Programmable State Machine. *Electronic Systems Design and Innovation Supervisor*. 2019. Pp.6-76
5. Skobelev, V.V., Skobelev, V.G. Automata Over Abstract Finite Quasigroups. *Cybern Syst.* 2017. Anal 53, Pp. 669–674
<https://doi.org/10.1007/s10559-017-9968-9>
6. G. Castiglione, A. Restivo, M. Sciortino. Nondeterministic Moore automata and Brzozowski's minimization algorithm. *Theoretical Computer Science* 2012. Volume 450. Pp. 81-91.
7. Абстрактні цифрові автомати. URL: <https://studfile.net/preview/1588463/> (дата звернення: 01.06.2021).
8. Wen S, Meng Q, Feng C, Tang C. A model-guided symbolic execution approach for network protocol implementations and vulnerability detection. *PLoS ONE*. 2017. Vol.12. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188229>
9. Katsura, M. On the complexity of finite autonomous Moore automata. *Period Math Hung.* 1987. Vol. 18. С. 151–167.
10. Ramirez-Serrano A., Zhu S., Benhabib B. Moore Automata for the Supervisory Control of Robotic Manufacturing Workcells. *Autonomous Robots*. 2000. Vol. 9. С. 59–69.

					КВРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

11. Лобанов А.И. Модели клеточных автоматов. "Компьютерные исследования и моделирование". 2010. Т.2. №3. С. 273–293.
12. Микушин А. В. Сажнев А. М. Сединин В. И. Цифровые устройства и микропроцессоры. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. 640 с.
13. Вельдер С.Э., Лукин М.А., Шалыто А.А., Яминов Б.Р. Верификация автоматных программ. Санкт-Петербург: Наука, 2011. 244 с.
14. Титов И.И. Проектирование управляющих автоматов. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов направления 230100 - «Информатика и вычислительная техника» по профилю «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Нижний Новгород: НГТУ, 2012. 23 с.
15. Зацерковний В.І. Обчислювальна техніка: історія розвитку від найпростіших пристроїв для лічби до електромеханічних комп'ютерів: монографія. Ніжин: Аспект-Поліграф, 2012. 416 с.
16. Ignjatović, J., Ćirić, M., Jančić, Z. Weighted finite automata with output. *Soft Comput.* 2018. Vol. 22. Pp.1121–1138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2493-y>
17. Chen Y., Wu Z., Li Z., Zhang Y. Research on Time Series Forecasting Model Based on Moore Automata. *Computer Science.* 2010. Vol. 6440. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-17316-5_9
18. Автомати Мілі та Мура. URL: https://neerc.ifmo.by/wiki/index.php?title=Автоматы_Мура_и_Ми́ли (дата звернення: 01.06.2021).
19. Романов В. Ф. Структурний синтез автоматів. URL: <http://dspace.www1.vlsu.by/bitstream/123456789/1415/3/00300.pdf> (дата звернення: 01.06.2021).
20. Solov'ev V.V. Implementation of finite-state machines based on programmable logic ICs with the help of the merged model of Mealy and Moore machines. *Commun. Technol. Electron.* 2013. Vol. 58. Pp. 172–177.

					КвРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

21. Klimovich A.S., Solov'ev V.V. Transformation of a Mealy finite-state machine into a Moore finite-state machine by splitting internal states. *Comput. Syst. Sci. Int.* 2010. Vol. 49. Pp. 900–908.
22. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація).
23. Говорущенко Т. О. Комп'ютерна логіка: практикум: навчальний посібник. Хмельницький: Хмельницький національний університет, 2018. 294 с.
24. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка: Навчальний посібник. Київ: ТОВ "Центр навчальної літератури", 2012. 288 с.
25. Дж. Фон Нейман. Теория самовоспроизводящихся автоматов. Москва: ВАН, 2010. 673 с.
26. Xingli, B., Chengjian, Z. Research on Time Series Forecasting Model Based on Support Vector Machines. *Measuring Technology and Mechatronics Automation: international Conference*, 2010. Pp. 227–230.
27. Jirásková, G., Pighizzini, G. Optimal simulation of self-verifying automata by deterministic automata. *Inf. Comput.* 2011. Vol. 209(3). Pp. 528–535
28. Liu J, Moa ZW, Qiu D, Wang Y. Products of Mealy-type fuzzy finite state machines. *Fuzzy Sets Syst.* 2009. Vol. 160. Pp. 2401–2415
29. Wu LH, Qiu DW. Automata theory based on complete residuated lattice-valued logic: reduction and minimization. *Fuzzy Sets Syst.* 2010. Vol. 161. Pp. 1635–1656
30. Masaki W. Moore-Machine Filtering for Timed and Untimed Pattern Matching. URL: <https://arxiv.org/pdf/1810.09633.pdf> (дата звернення: 01.06.2021)
31. David J. The average complexity of Moore's state minimization algorithm. *Computer Science.* 2010. Vol. 6281. Pp. 318–329
32. Bassino F., David J., Nicaud C. On the average complexity of Moore's state minimization algorithm. *Computer Science.* 2009. Vol. 09001. Pp. 123–134
33. Tanimoto N., Imai K. A Construction Method of Moore Neighborhood Number-Conserving Cellular Automata. *Computer Science.* 2008. Vol. 5191. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-79992-4_31

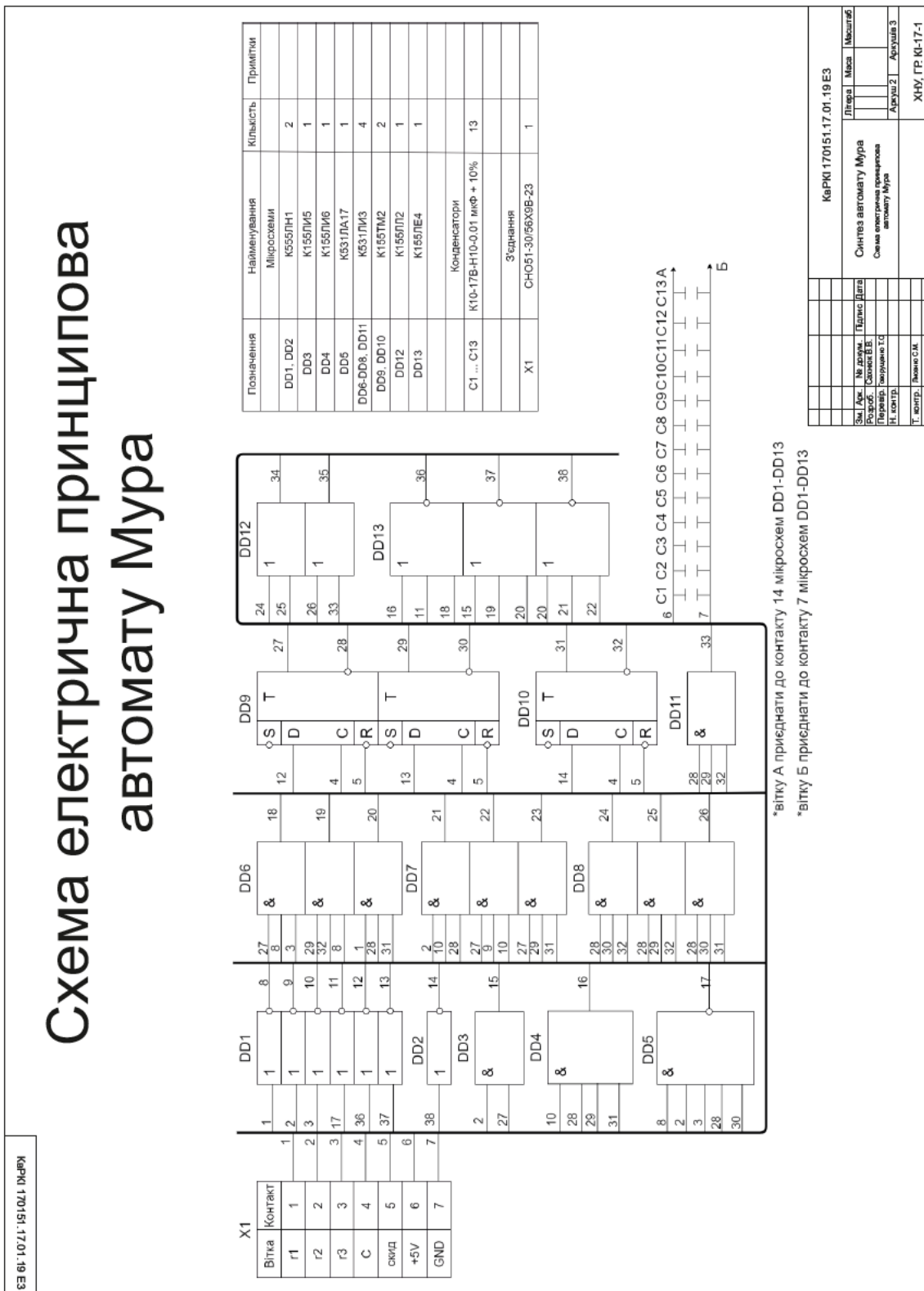
					КВРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

34. Chebotarev, A.N. Harmonization of Interacting Automata. *Cybern Syst* 2015. Anal 51. С.676–686
<https://doi.org/10.1007/s10559-015-9759-0>
35. Castiglione G., Nicaud C., Sciortino M. A Challenging Family of Automata for Classical Minimization Algorithms. *Computer Science*. 2011. Vol 6482. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-18098-9_27
36. Neider D., Smetsers R., Vaandrager F., Kuppens H. Benchmarks for Automata Learning and Conformance Testing. *Computer Science*. 2019. Vol 11200. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22348-9_23
37. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка: навчальний посібник. Київ: ТОВ "Центр навчальної літератури", 2012. 288 с.
38. Кудрявцев В.Б. Теория автоматов: учебник для бакалавриата и магистратуры. Москва: ВАМ, 2018. 698 с.
39. Aarts F., Kuppens H., Tretmans J. et al. Improving active Mealy machine learning for protocol conformance testing. *Mach Learn*. 2014. Vol. 96. Pp. 189–224.
40. Кононюк А.Е. Дискретно-непрерывная математика. Книга 11. Автоматы. Часть 2. Детерминированные автоматы. Киев: Освіта України, 2017. 578 с.

					КВРКІ. 170151.17.01.19 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

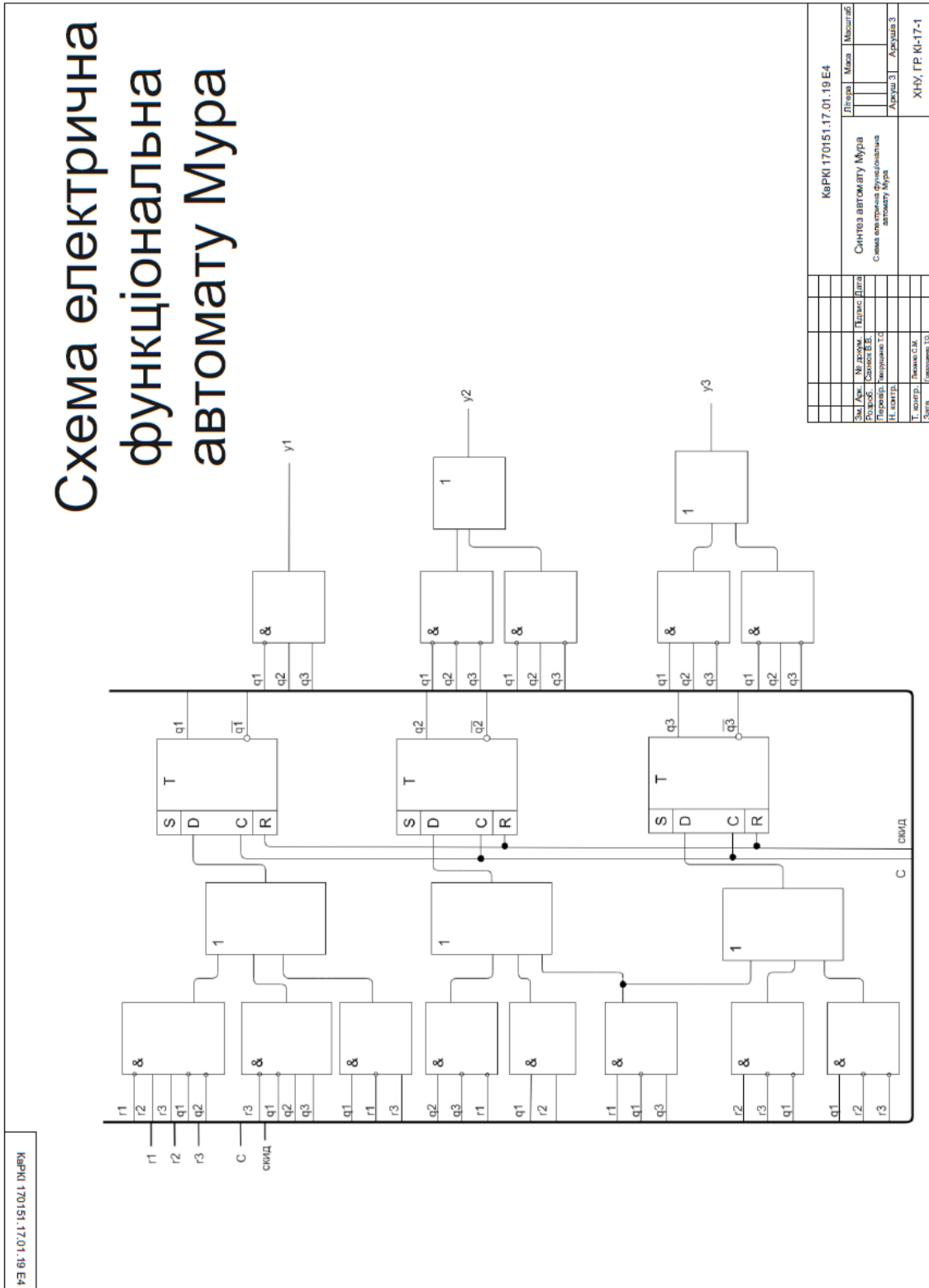
Додаток А (обов'язковий)

Копія креслення «Схема електрична принципова автомату Мура»



Додаток Б (обов'язковий)

Копія креслення «Схема електрична функціональна автомату Мура»



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1008203060

Дата перевірки:
07.06.2021 06:59:18 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.06.2021 07:02:13 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Сахнюк_Синтез та моделювання автомату Мура

Кількість сторінок: 72 Кількість слів: 10000 Кількість символів: 68936 Розмір файлу: 2.72 MB ID файлу: 1008278826

18.6% Схожість

Найбільша схожість: 9.44% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008278827)

11% Джерела з Інтернету

569

Сторінка 74

9.9% Джерела з Бібліотеки

103

Сторінка 78

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

4

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 2.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 13%

ID: 92382 Название: Синтез та моделювання автомату Мура Добавлено в БД: 2021-06-07 Авторы: Сахнюк В.В. Руководители: Говорущенко Т.О. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	46034	690	1511 (3%)	24 (3%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Сахнюк Віталіна Валентинівна

Тема: Синтез та моделювання автомату Мура

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 66

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є синтез та моделювання 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 проектування автомату Мура. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратну реалізацію 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.

ФН (підпис)

Завідувачу кафедри КІСП
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Сахнюк В.В.

ІІІБ 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 плагіатоповіщений (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.

07.06.2021

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 операційного автомату на основі автомату Мура

Автор: Сахнюк Віталіна Валентинівна

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Говорущенко Тетяна Олександрівна, д.т.н, 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:

Усі запозичення, які були виявлені в роботі, є цілком законними і не можуть вважатись плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих рішень і не можуть ніяк впливати на якість роботи;
- 2) усі запозичення мають вигляд фрагментів, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами, формулами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 20-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень системою було виявлено також рамку, яка є ідентичною для всіх дипломних робіт;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту є простим комбінуванням латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 18.6% і адресується до 569 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСП

Т. О. Говорущенко

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко