



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

5549 Методичні вказівки
для лабораторних робіт із дисципліни «**Керуючі системи**»
для студентів спеціальності *171 «Електроніка»*
усіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2023

Методичні вказівки для лабораторних робіт / укладачі:
Т. О. Протасова, О. В. Д'яченко, О. А. Борисенко. – Суми : Сум-
ський державний університет, 2023. – 44 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ЗМІСТ

С.

Лабораторна робота 1 Синтез схем керування технологічними об'єктами на комбінаційних схемах. Пристрій керування для сортування деталей	4
Лабораторна робота 2 Синтез схем керування технологічними об'єктами на комбінаційних схемах. Побудова пристрою керування за поданими таблицями рішень	10
Лабораторна робота 3 Синтез мікропрограмного автомата на лічильнику.....	24
Лабораторна робота 4 Синтез універсального мікропрограмного автомата Уїлкса	33
Список літератури	43

Лабораторна робота 1

Синтез схем керування технологічними об'єктами на комбінаційних схемах. Пристрій керування для сортування деталей

Мета роботи:

- вивчення методики синтезу керуючих систем на комбінаційних схемах;
- освоєння методики побудови ГСА функціонування керуючих пристроїв;
- набуття практичних навичок у побудові, налагодженні та експериментальному дослідженні керуючих автоматів на комбінаційних схемах із застосуванням Multisim.

Завдання:

- розробити пристрій керування для сортування деталей. Побудувати ГСА та таблицю рішень керуючого автомата сортування деталей. Побудувати функціональну схему пристрою. Побудувати принципову схему пристрою в базисі Шеффера, виконавши попередньо мінімізацію одержаних логічних функцій;
- створити та дослідити імітаційну модель керуючого пристрою в середовищі Multisim;
- написати висновки.

Теоретичний матеріал для лабораторної роботи 1 – Лекція 20 «Керуючі автомати на комбінаційних схемах» (Борисенко О. А. «Керуючі системи»). Пристрій, що потрібно реалізувати, розглянуто в прикладі 1.

Звіт із лабораторної роботи повинен містити: її назву, мету, докладне подання синтезу комбінаційної схеми, таблицю істинності, схемну реалізацію функцій. У висновку до лабораторної роботи навести результати аналізу правильності функціонування побудованої керуючої схеми.

Приклад виконання лабораторної роботи

Деталі розміром b , $2b$ та $3b$ розміщено поперек роликового транспортера. Пристрій керування має на основі сигналів датчиків d_1 , d_2 та d_3 , що також розміщені поперек транспортера, визначити розмір деталі та провести її сортування у відповідні нагромаджувачі деталей із заслінками B_1 , B_2 та B_3 , призначених для відбирання деталей кожного типу. Контроль розмірів деталей здійснюють датчики d_1 , d_2 та d_3 .

Пристрій для сортування деталей за розміром наведено на рисунку 1.

Можливі такі чотири ситуації:

а) на транспортері розміщено деталь найменшого розміру b – перекритий d_1 , d_2 або d_3 і відкривається бункер B_1 ;

б) на транспортері розміщено деталь середнього розміру $2b$ – перекриті два датчики d_1 , d_2 або d_2 , d_3 і, відповідно, відкривається бункер B_2 ;

в) на транспортері деталь розміру $3b$ – перекриті всі три датчики і відкритий бункер B_3 ;

г) у разі, коли спрацьовують датчики d_1 і d_3 та відсутній сигнал від датчика d_2 , виробляється сигнал – «несправність датчика d_2 ».

Після аналізу умов функціонування керуючого пристрою складають ГСА роботи керуючого автомата. На рисунку 2 наведена змістовна ГСА, а на рисунку 3 – відповідна символна ГСА.

За символною ГСА складемо таблицю рішень керуючого автомата – таблиця 1.

Для виконання завдання необхідно побудувати пристрій керування на базі комбінаційних схем із використанням синтезованих логічних функцій на підставі таблиці істинності, яка має вигляд як таблиця 1.

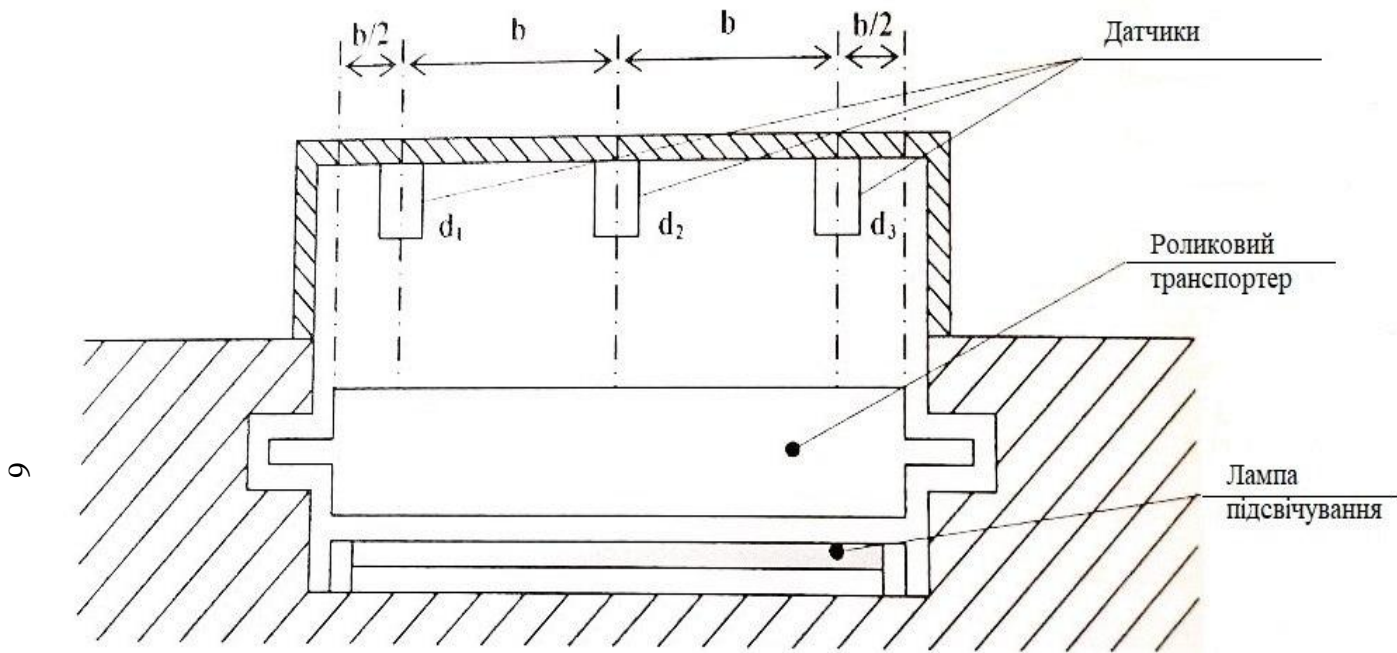


Рисунок 1 – Пристрій для сортування деталей за розміром

7

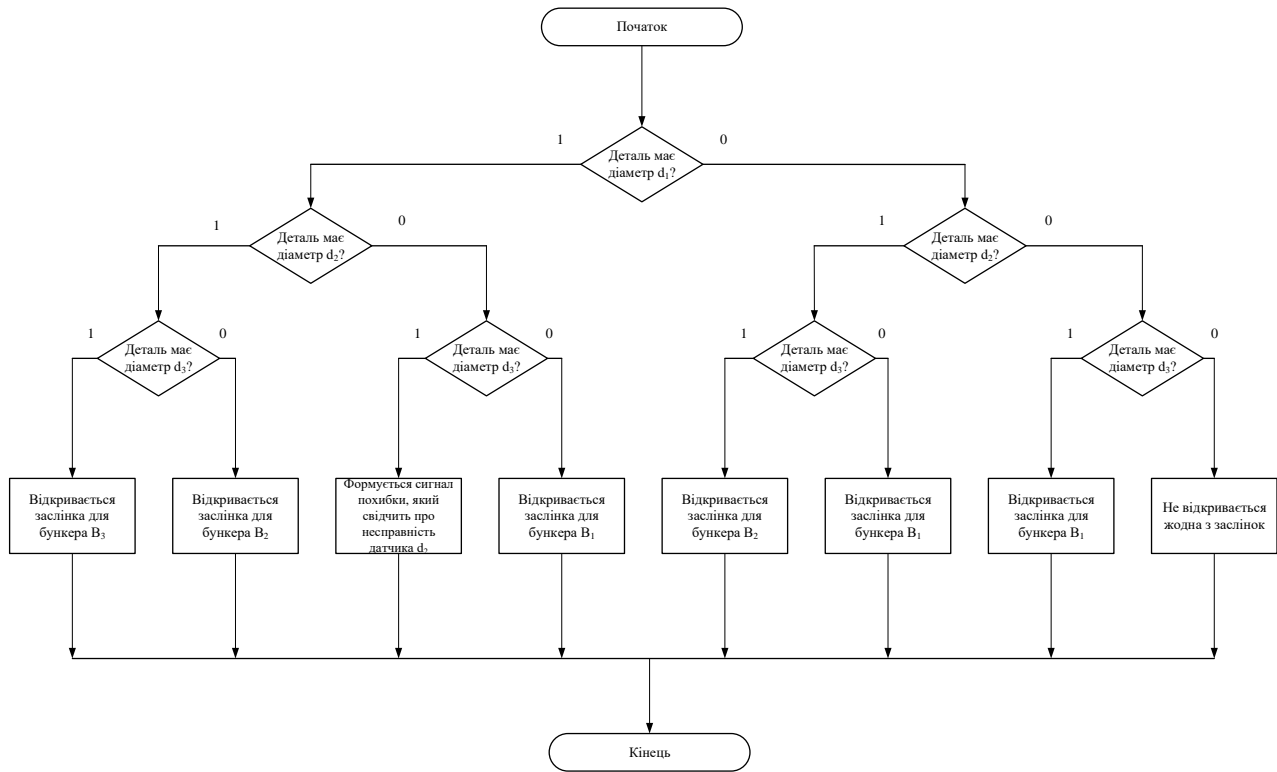


Рисунок 2 – Змістовна ГСА роботи керуючого автомата сортування деталей

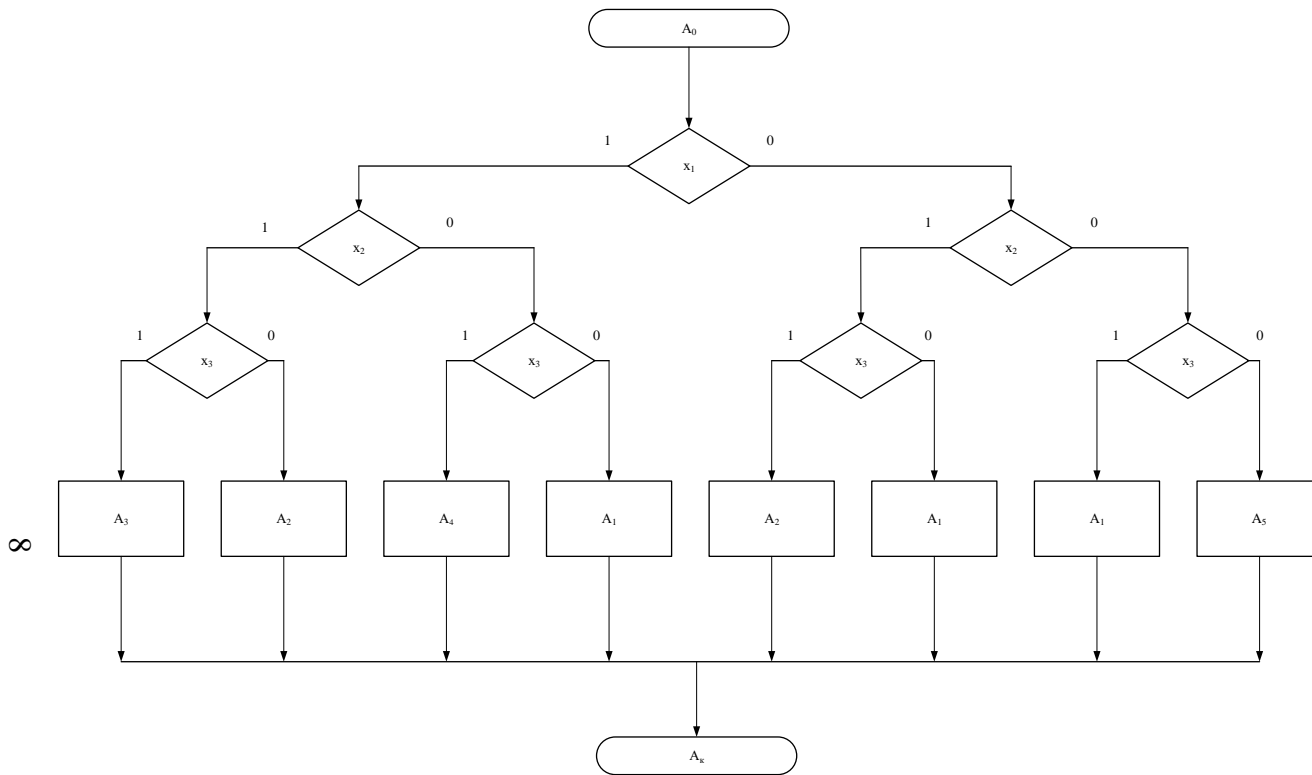


Рисунок 3 – Символьна ГСА керуючого автомата сортування деталей

Таблиця 1 – Таблиця рішень керуючого автомата сортування деталей

Номер набору умов	Умова			Вектор дій				
	x_1	x_2	x_3	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	1	0
6	1	1	0	0	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	1	0	0

За таблицею рішень запишемо ДДНФ:

$$A_1 = \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 \vee \overline{x_1} x_2 \overline{x_3} \vee x_1 \overline{x_2} \overline{x_3}.$$

$$A_2 = \overline{x_1} x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \overline{x_3}.$$

$$A_3 = x_2 x_3.$$

$$A_4 = x_1 \overline{x_2} x_3.$$

$$A_5 = \overline{x_1} x_2 \overline{x_3}.$$

На наступному кроці виконують мінімізацію одержаних формул, переходять до заданого функціонального базису, будують і досліджують схему.

Отже, виконано завдання синтезу керуючого автомата сортування деталей за розміром.

Лабораторна робота 2

Синтез схем керування технологічними об'єктами на комбінаційних схемах. Побудова пристрою керування за поданими таблицями рішень

Мета роботи:

- вивчення методики синтезу керуючих систем на комбінаційних схемах;
- набуття практичних навичок у побудові, налагодженні та експериментальному дослідженні керуючих автоматів на комбінаційних схемах із застосуванням Multisim.

Завдання:

- розробити пристрій керування технологічним процесом на основі заданої таблиці рішень. Побудувати функціональну схему пристрою. Побудувати принципову схему пристрою в базисах Шефера та Пірса, виконавши попередньо мінімізацію одержаних логічних функцій;
- побудувати та дослідити імітаційну модель керуючого пристрою в середовищі Multisim;
- побудувати пристрій керування технологічним процесом за таблицею рішень, застосувавши програмовані логічні матриці (ПЛМ). Порівняти з попереднім рішенням;
- сформулювати висновки.

Теоретичний матеріал для лабораторної роботи 2 – Лекція 20 «Керуючі автомати на комбінаційних схемах». (Борисенко О. А. «Керуючі системи»). Таблиці рішень для реалізації у вигляді пристроїв наведено в таблиці варіантів (табл. 1).

Звіт із лабораторної роботи повинен містити: її назву, мету, скорочену та повну таблиці істинності, докладне подання синтезу комбінаційної схеми, схемну реалізацію функцій. У висновку до лабораторної роботи навести результати аналізу правильності функціонування побудованих керуючих схем.

Таблиця 1 – Варіанти завдань

Номер рядка	Умова				Вектор дій																											
					1			2			3			4			5			6			7			8			9			
	x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	
1	0	0	-	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
3	-	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
4	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
5	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	
6	1	-	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	
7	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	
8	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	
9	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0

Продовження таблиці 1

Номер рядка	Умова				Вектор дій																											
					10			11			12			13			14			15			16			17			18			
	x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	
1	0	-	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	
2	-	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1
4	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	
5	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
6	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
7	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
8	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	
9	1	1	1	-	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	

Продовження таблиці 1

Номер рядка	Умова				Вектор дій																											
					19			20			21			22			23			24			25			26			27			
	x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3	
1	0	0	0	-	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
3	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	
4	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
5	-	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	
6	1	0	-	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
7	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	
8	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
9	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1

Пояснення щодо виконання лабораторної роботи

Умови функціонування керуючого пристрою, що необхідно синтезувати, задані в таблиці варіантів у скороченому вигляді.

На основі скороченого запису (табл. 2) необхідно зробити повну таблицю рішень керуючого пристрою відповідно до свого варіанта. Рядочки таблиці рішень, що мають тире в значенні набору змінних, необхідно записати двічі, один раз замість риски необхідно проставити нуль, другий раз – одиницю.

Таблиця 2 – Приклад таблиці рішень

Номер набору умов	Умова				Вектор дій		
	x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3
1	0	–	0	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1	0	1
3	–	0	1	1	1	1	0
4	0	1	0	0	0	0	1
5	0	1	1	0	0	1	1
6	1	0	0	0	0	0	0
7	1	0	1	0	1	0	0
8	1	1	–	0	1	1	1
9	1	1	0	1	0	1	0

Отримуємо повну таблицю функціонування керуючої схеми (табл. 3).

Функції, що утворюють вектор рішень, є не повністю визначеними логічними функціями. Доцільно їх мінімізувати, застосувавши табличний метод мінімізації, що отримав назву Діаграми Вейча.

Виконаємо мінімізацію логічних функцій за нулями та одиницями і здійснимо перехід до заданих функціональних базисів – базису Шеффера та базису Пірса. До отриманих мінімальних ДНФ та КНФ застосуємо послідовно закон подвійного заперечення та правило де Моргана.

Таблиця 3 – Повна таблиця функціонування керуючої схеми

Номер набору умов	Умова				Вектор дій		
	x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3
0	0	0	0	0	*	*	*
1	0	0	0	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	0
4	0	1	0	0	0	0	1
5	0	1	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	1	1
7	0	1	1	1	*	*	*
8	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	*	*	*
10	1	0	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	1	1
13	1	1	0	1	0	1	0
14	1	1	1	0	1	1	1
15	1	1	1	1	*	*	*

Діаграма Вейча для 1 має таку нумерацію клітинок.

		x_2		\bar{x}_2		
		12	13	9	8	\bar{x}_3
x_1		14	15	11	10	x_3
\bar{x}_1		6	7	3	2	
		4	5	1	0	\bar{x}_3
	\bar{x}_4	x_4		\bar{x}_4		

Діаграма Вейча для 0 має інший порядок розміщення номерів наборів.

		x_2		\bar{x}_2	
		3	2	6	7
x_1		1	0	4	5
\bar{x}_1		9	8	12	13
		11	10	14	15
		\bar{x}_4	x_4	\bar{x}_4	
					\bar{x}_3
					x_3
					\bar{x}_3

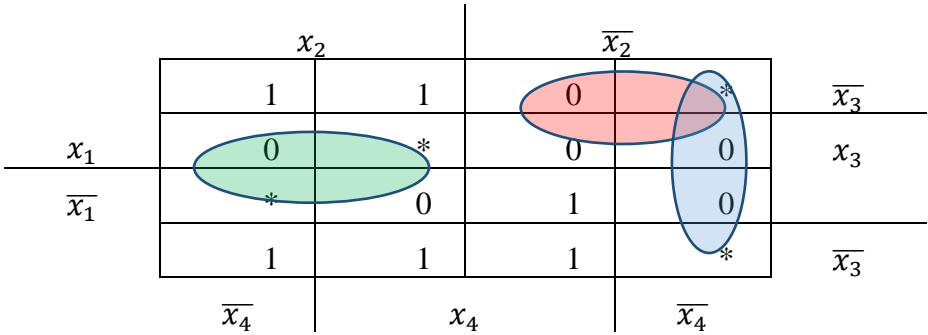
Діаграма Вейча для 1 (y_1).

		x_2		\bar{x}_2	
		1	0	*(0)	0
x_1		1	*(0)	1	1
\bar{x}_1		0	*(0)	1	1
		0	0	0	*(0)
		\bar{x}_4	x_4	\bar{x}_4	
					\bar{x}_3
					x_3
					\bar{x}_3

$$y_1 = x_1 x_2 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_2 x_3.$$

$$y_1 = \overline{\overline{x_1 x_2 \bar{x}_4}} \vee \overline{\overline{\bar{x}_2 x_3}} = \overline{\overline{x_1 x_2 \bar{x}_4}} \wedge \overline{\overline{\bar{x}_2 x_3}}.$$

Діаграма Вейча для 0 (y_1).

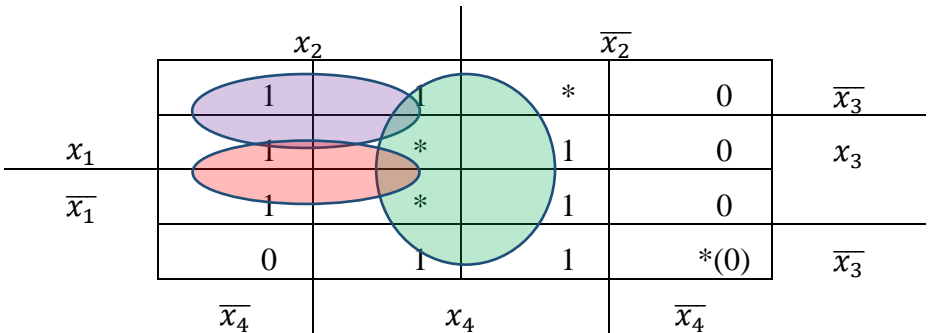


$$y_1 = (x_2 \vee x_3) * (x_1 \vee \bar{x}_2) * (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4).$$

$$y_1 = \overline{\overline{(x_2 \vee x_3) * (x_1 \vee \bar{x}_2) * (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)}} =$$

$$= \overline{\overline{(x_2 \vee x_3)} \vee \overline{\overline{(x_1 \vee \bar{x}_2)}} \vee \overline{\overline{(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)}}}.$$

Діаграма Вейча для 1 (y_2).



$$y_2 = x_1 x_2 \vee x_2 x_3 \vee x_4.$$

$$y_2 = \overline{\overline{x_1 x_2} \vee \overline{\overline{x_2 x_3}} \vee \overline{\overline{x_4}}} = \overline{\overline{x_1 x_2} \wedge \overline{\overline{x_2 x_3}} \wedge \overline{\overline{x_4}}}.$$

Діаграма Вейча для 0 (y_2).

		x_2	\bar{x}_2		
x_1	1	0	1	*	\bar{x}_3
	1	*	0	1	x_3
\bar{x}_1	*	0	1	1	
	1	0	1	*	\bar{x}_3
		\bar{x}_4	x_4	\bar{x}_4	

$$y_2 = (x_2 \vee x_4) * (x_1 \vee x_3 \vee x_4).$$

$$y_2 = \overline{\overline{(x_2 \vee x_4) * (x_1 \vee x_3 \vee x_4)}} = \overline{\overline{(x_2 \vee x_4)} \vee \overline{\overline{(x_1 \vee x_3 \vee x_4)}}}.$$

Діаграма Вейча для 1 (y_3).

		x_2	\bar{x}_2		
x_1	1	0	*	0	\bar{x}_3
	1	*	0	0	x_3
\bar{x}_1	1	*	0	0	
	1	1	1	*	\bar{x}_3
		\bar{x}_4	x_4	\bar{x}_4	

$$y_3 = x_2 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4.$$

$$y_3 = \overline{\overline{x_2 \bar{x}_4} \vee \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_3}} \vee \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_4}}} = \overline{\overline{x_2 \bar{x}_4} \wedge \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_3}} \wedge \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_4}}}.$$

Діаграма Вейча для 0 (y_3).

	x_2		\bar{x}_2	
	0	1	1	*
x_1	1	*	1	1
\bar{x}_1	*	0	1	0
	0	0	1	*
	\bar{x}_4	x_4	\bar{x}_4	
				\bar{x}_3
				x_3
				\bar{x}_3

$$y_3 = (\bar{x}_1 \vee x_2) * (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_4) * (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4).$$

$$\begin{aligned} y_3 &= \overline{\overline{(\bar{x}_1 \vee x_2)} * \overline{(\bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)} * \overline{(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)}} = \\ &= \overline{\overline{(\bar{x}_1 \vee x_2)} \vee \overline{(\bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)} \vee \overline{(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)}}. \end{aligned}$$

На наступному кроці будують схеми в заданих функціональних базисах (рис. 1 та 2). Перевіряють правильність функціонування схем.

Існує другий спосіб побудови керуючих пристроїв на основі таблиці рішень. За цього підходу керуючу схему можна реалізувати на програмованих постійних запам'ятовувальних пристроях (ППЗП) або програмованих логічних матрицях (ПЛМ). ПЛМ, як і ППЗП, належать до програмованих інтегральних схем двоступеневої структури, що складається із двох послідовних матриць «матриця І» – «матриця АБО». ПЛМ відрізняється від ППЗП тим, що в ППЗП матриця І жорстка, а матриця АБО – програмована, а в ПЛМ обидві матриці І та АБО – програмовані. Друга відмінність полягає в тому, що на ПЛМ можна реалізувати не будь-яку систему перемикальних функцій, як на ППЗП, а лише таку, що задовольняє додаткове обмеження: довжина диз'юнктивних нормальних форм відтворюваних функцій не повинна перевищувати кількості перехідних ланцюгів між матрицями І та АБО. Структура матриць І та АБО складається з горизонтальних і вертикальних шин, у вузлах перетину яких розміщені елементи зв'язку, які під час програмування вводяться або усуваються (рис. 2).

20

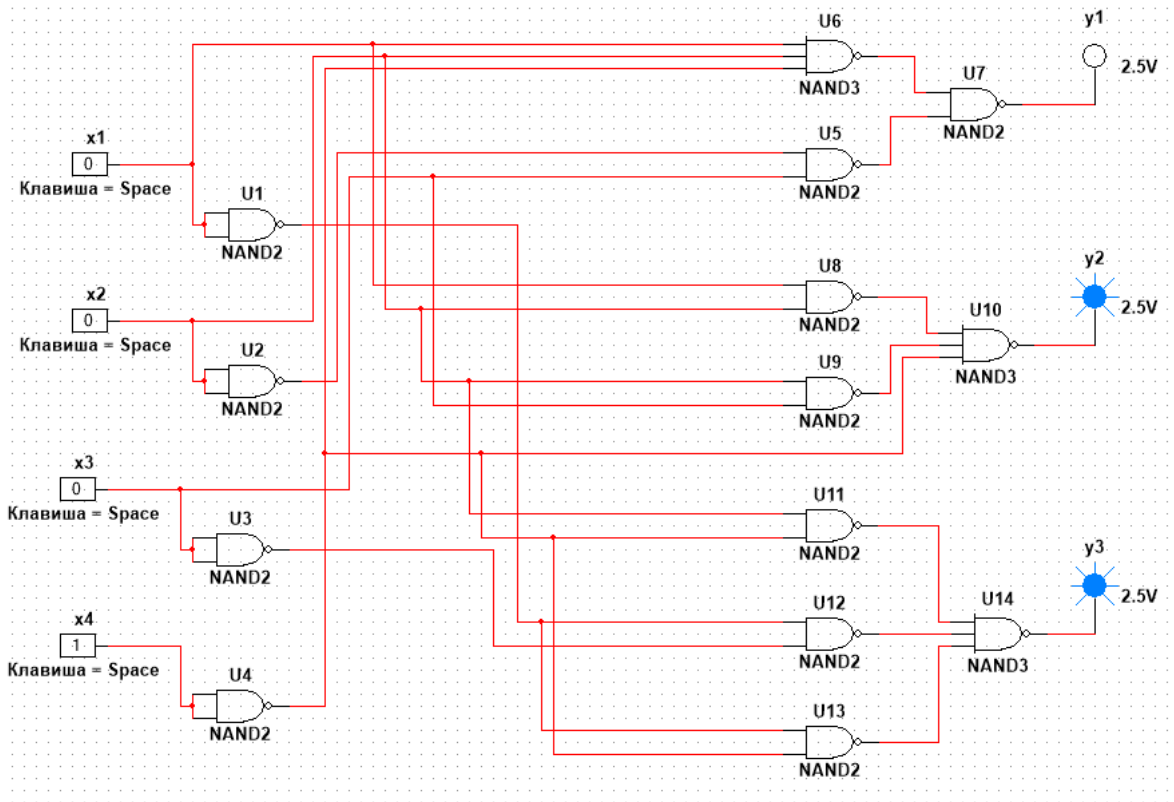


Рисунок 1 – Реалізація керуючого пристрою в базисі Шеффера

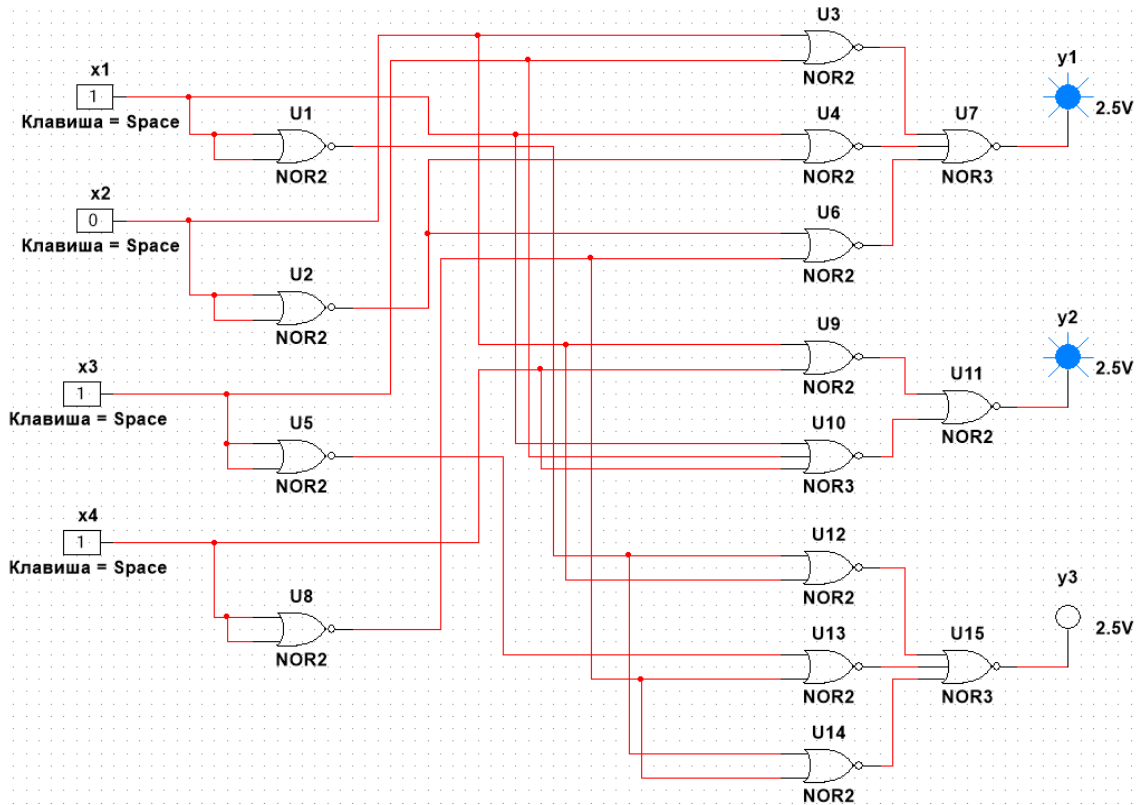


Рисунок 2 – Реалізація керуючого пристрою в базисі Пірса

Елементами зв'язку можуть служити, наприклад, діоди в матриці І та транзистори в матриці АБО чи плавкі перемички, які під час програмування перепалюються за допомогою подачі високої напруги. Варто зазначити, що як ПЗП, так і ПЛМ реалізує найбільш розгорнуті форми подання функцій (ДДНФ), і для них не використовують мінімізацію функцій.

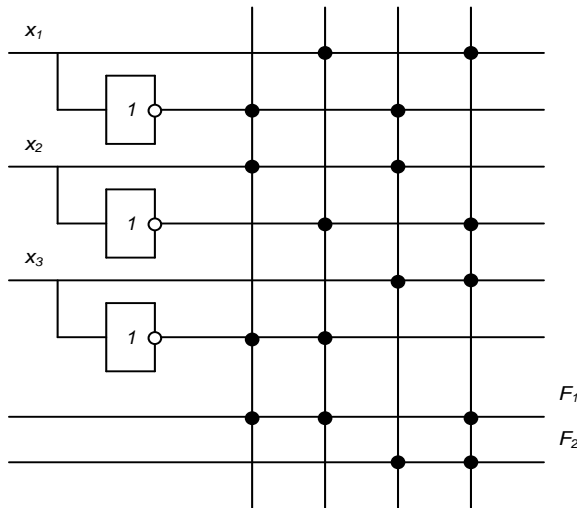


Рисунок 3 – Кодовий перетворювач, реалізований із використанням ПЛМ

Використовувати ПЗП для побудови керуючих схем потрібно тоді, коли перетворенню підлягають всі або майже всі комбінації вхідних змінних, а загальна кількість змінних більше ніж 6–8. Якщо в заданих для реалізації функціях використовують лише порівняно мала частку всіх можливих вхідних комбінацій, то більш раціонально застосувати ПЛМ. Через значно меншу кількість елементів у корпусі ПЛМ вони зазвичай дешевші, мають меншу затримку та споживають меншу потужність, ніж ПЗП.

Що стосується вибору між ПЛМ та набором окремих логічних мікросхем для побудови керуючих схем, то, починаючи

вже з вельми простих перетворювачів, ПЛМ виявляються вигіднішими і за часом, і за витратами апаратури. Потрібно, однак, пам'ятати, що ПЛМ має явну перевагу перед розсипом перед реалізацією саме систем функцій, а в разі одновихідних функцій, лише коли джерела аргументів і споживачів функцій розташовані компактно. Якщо ж однією логічною матрицею замінюють безліч розкиданих по платі окремих логічних елементів, то результуючий вигреш за габаритними характеристиками стає вже сумнівним. Річ у тім, що в більшості технологій монтажу площа, зайнята зв'язками, перевищує площу, зайняту власне логічними елементами. Тому тенденція концентрувати логічні операції в одному великому елементі, а не виконувати їх на місцях у середньому збільшує зайняту площу плати. Програшною за кількістю мікросхем (щоправда, вигрешною з погляду уніфікації) є спроба заміни програмованими матрицями спеціалізованих мікросхем типу декодерів, мультиплексорів тощо. У спеціалізованій мікросхемі раціонально використовують усі виходи корпусу, а в разі вкладення в ПЛМ різних схем конкретних вузлів практично завжди частина виводів буде не використана. ПЛМ призначена для спрощення реалізації довільних нестандартних функцій і як будь-який універсальний інструмент вона програє спеціалізованим мікросхемам, кожна з яких спеціально спроектована для економної реалізації саме її функцій.

Згідно з таблицею рішень необхідно подати реалізацію керуючого пристрою в графічному вигляді для програмованої логічної схеми (ПЛМ) і постійного запам'ятовувального пристрою (ПЗП).

Порівняти рішення та сформулювати висновки.

Лабораторна робота 3

Синтез мікропрограмного автомата на лічильнику

Мета роботи:

- вивчення методики синтезу мікропрограмного автомата на лічильнику;
- синтез найпростішого мікропрограмного автомата та побудова його в базисі Шеффера;
- набуття практичних навичок налагодження цифрових схем управління в імітаційному середовищі Multisim або EWB.

Завдання:

- вивчити опис лабораторної роботи;
- вивчити матеріал лекції «Найпростіші мікропрограмні автомати» (лекція 24, навчальний посібник Борисенка О. А. «Керуючі системи»);
- розробити функціональну і принципову схеми мікропрограмного автомата для заданої ЛСА, наведеної в таблиці варіантів (табл. 1). Виконати синтез неповного дешифратора. Синтезувати лічильник із заданим коефіцієнтом перерахунку;
- реалізувати принципову схему МПА в середовищі Multisim або EWB та проаналізувати імітаційну модель;
- сформулювати висновки.

Звіт із лабораторної роботи повинен містити: назву лабораторної роботи, мету, ГСА автомата, що необхідно побудувати згідно із заданою ЛСА, синтез неповного дешифратора та лічильника з довільним коефіцієнтом перерахунку, схемну реалізацію та імітаційну модель.

Схему необхідно побудувати в базисі Шеффера.

У висновках до лабораторної роботи потрібно навести результати аналізу правильності функціонування побудованого мікропрограмного автомата.

Таблиця 1 – Таблиця варіантів

№ варіанта	ЛСА	Тип тригера
1	$A_0A_1A_2A_3A_4A_k$	<i>JK</i>
2	$A_0A_1A_2A_3A_4A_k$	<i>D</i>
3	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_k$	<i>JK</i>
4	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_k$	<i>D</i>
5	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_k$	<i>JK</i>
6	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_k$	<i>D</i>
7	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_k$	<i>JK</i>
8	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_k$	<i>D</i>
9	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_k$	<i>JK</i>
10	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_k$	<i>D</i>
11	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_k$	<i>JK</i>
12	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_k$	<i>D</i>
13	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_k$	<i>JK</i>
14	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_k$	<i>D</i>
15	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_k$	<i>JK</i>
16	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_k$	<i>D</i>
17	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_{12}A_k$	<i>JK</i>
18	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_{12}A_k$	<i>D</i>
19	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_{12}A_{13}A_k$	<i>JK</i>
20	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_{12}A_{13}A_k$	<i>D</i>
21	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_k$	<i>JK</i>
22	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_k$	<i>D</i>
23	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_{10}A_{11}A_{12}A_k$	<i>JK</i>
24	$A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7A_8A_9A_k$	<i>D</i>

Приклад виконання лабораторної роботи

Виконаємо синтез найпростішого мікропрограмного автомата для такої ЛСА: $A_0A_1A_2A_3A_4A_5A_k$.

Побудуємо відповідну ГСА.

Граф-схема алгоритму є лінійною (рис. 1), являючи собою тільки послідовність керуючих команд, і не має ні розгалужень, ні циклів. Найпростіша структура мікропрограмного автомата, що реалізує лінійну ГСА має структуру, наведену на рисунку 2.

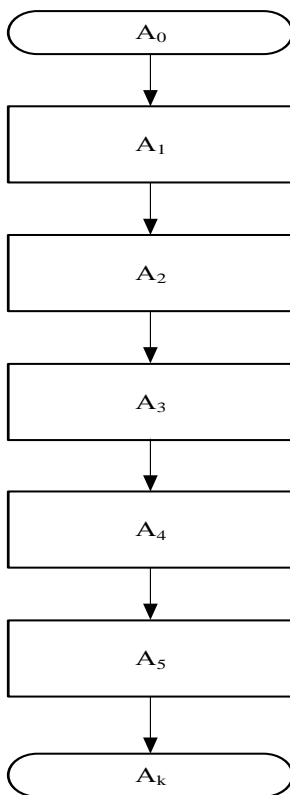


Рисунок 1 – Лінійна ГСА

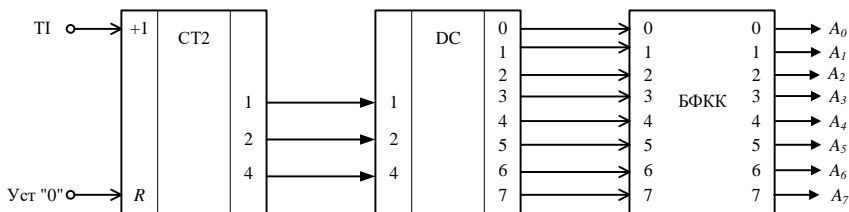


Рисунок 2 – Найпростіший керуючий МПА на лічильнику

Оскільки цей МПА виконує послідовно задані операції, то його схема буде складатися із джерела тактування, що подає імпульси на вхід лічильника, самого лічильника, який буде перебирати коди керуючих команд, виходи лічильника під'єднані до дешифратора, сигнали з якого надходять на відповідний вхід БФКК, де відбувається формування сигналу і його підсилення.

Як пристрій, який перебирає керуючі сигнали, доцільно застосовувати двійковий лічильник прямого рахунку. Оскільки кількість керуючих дій може не збігатися з числом 2^n , то будемо будувати лічильник за методом дешифрації станів, структурна схема якого наведена на рисунку 3.

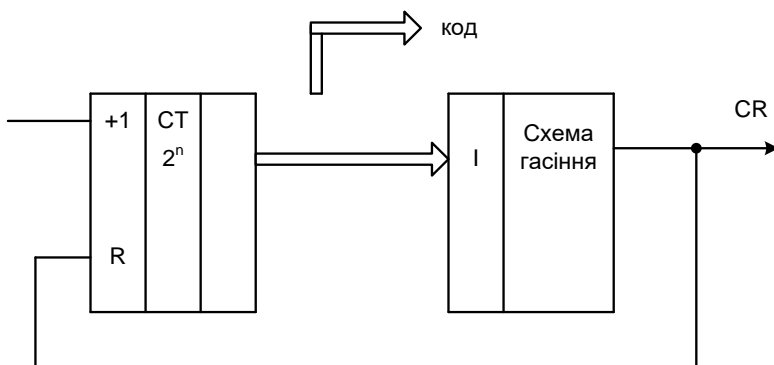


Рисунок 3 – Структурна схема лічильника із заданим коефіцієнтом і природним порядком рахунку

Дешифратор буде неповним, виконаємо його синтез. Складемо таблицю істинності (табл. 2). Вхідними сигналами будуть виходи тригерів лічильника.

Таблиця 2 – Таблиця істинності неповного дешифратора

№ пор.	Q_1	Q_2	Q_3	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	1	0
5	1	0	1	0	0	0	0	0	1
6	1	1	0	*	*	*	*	*	*

Кількість виходів дешифратора визначається кількістю команд. Функції $F_0 \div F_5$ є не повністю визначеними логічними функціями, мінімізацію яких більш доцільно провести, застосувавши табличний метод мінімізації – метод діаграм Вейча.

Діаграма Вейча для трьох змінних матиме такий вигляд.

		Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_1	6	7	5	4
$\overline{Q_1}$	2	3	1	0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

Виконаємо синтез неповного дешифратора.

		Q_2	$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	5	4
$\overline{Q_1}$	2	3	1	1 0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

$$F_0 = \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{Q_3}$$

		Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	5	4	
$\overline{Q_1}$	2	3	1 1	0	
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$	

$$F_1 = \overline{Q_1} \overline{Q_2} Q_3$$

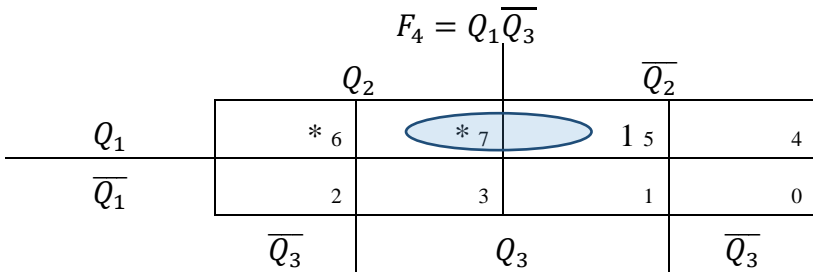
		Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	5	4	
$\overline{Q_1}$	1 2	3	1	0	
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$	

$$F_2 = Q_2 \overline{Q_3}$$

		Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	5	4	
$\overline{Q_1}$	2	1 3	1	0	
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$	

$$F_3 = Q_2 Q_3$$

		Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	5	1 4	
$\overline{Q_1}$	2	3	1	0	
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$	



$F_5 = Q_1 Q_3.$

За отриманими рівняннями будемо схему неповного дешифратора в базисі Шеффера (рис. 4).

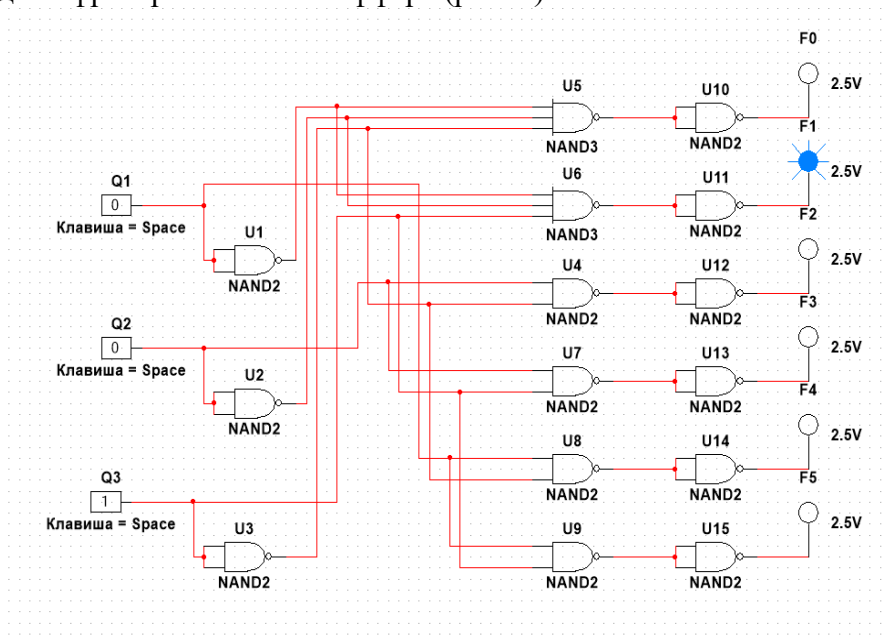


Рисунок 4 – Реалізація синтезованого неповного дешифратора в базисі Шеффера

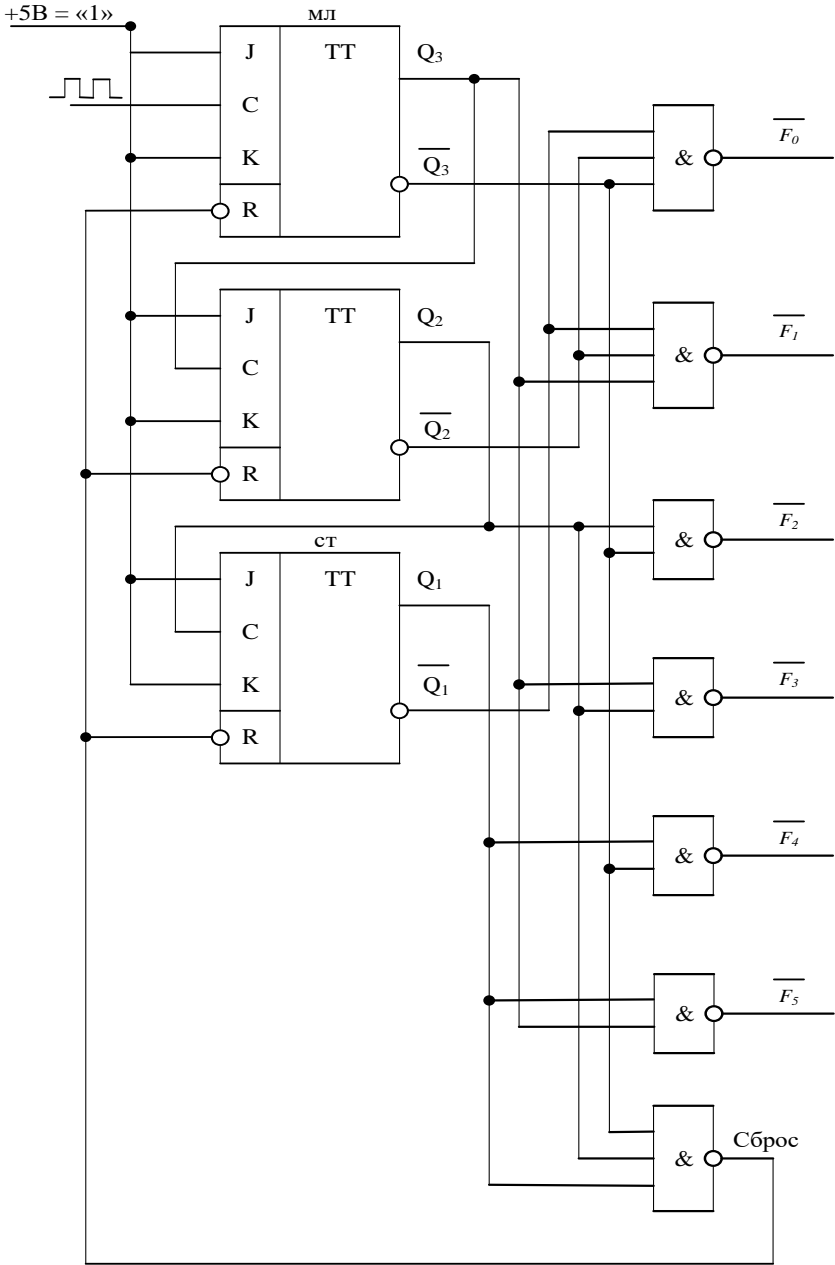


Рисунок 5 – Функціональна схема синтезованого МПА

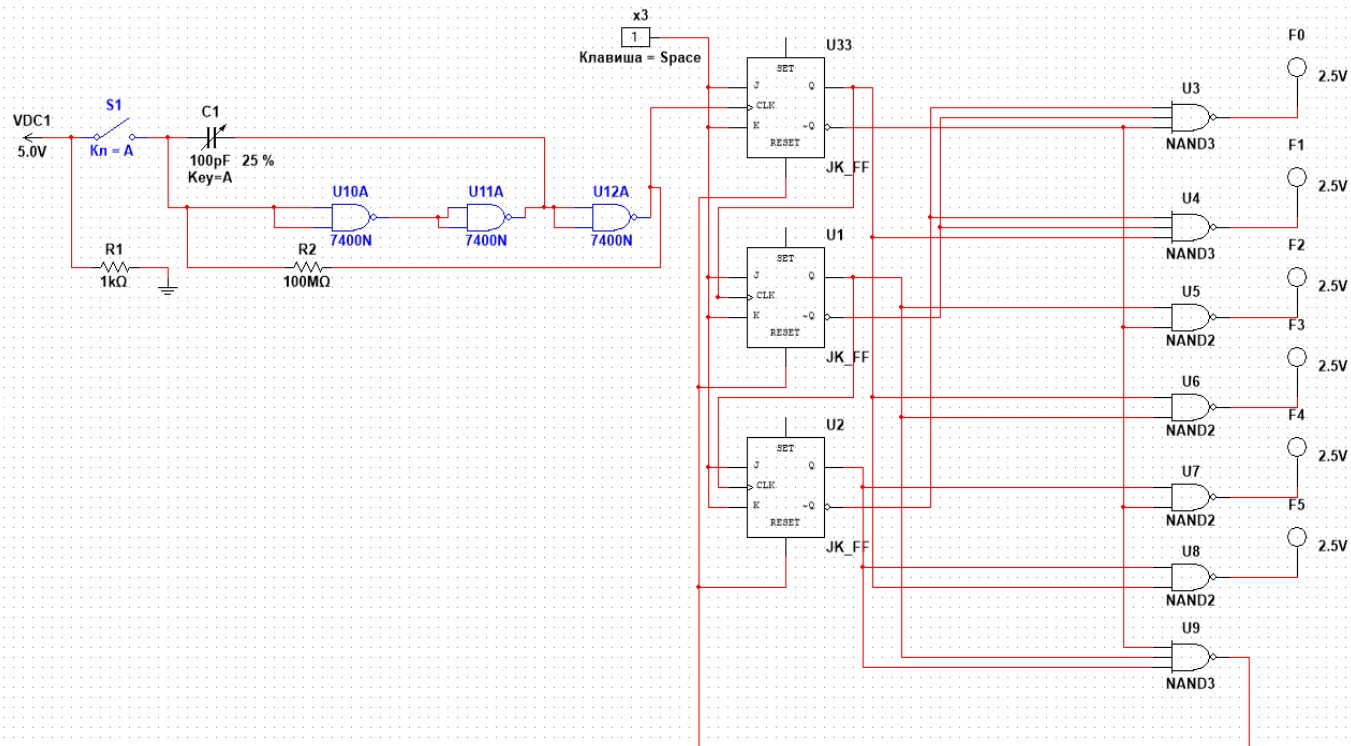


Рисунок 6 – Реалізація принципової схеми мікропрограмного автомата в середовищі Multisim

Лабораторна робота 4

Синтез універсального мікропрограмного автомата Уїлкса

Мета роботи:

- вивчення методики синтезу універсального мікропрограмного автомата Уїлкса;
- синтез мікропрограмного автомата Уїлкса та побудова його в базисі Шефера;
- набуття практичних навичок налагодження цифрових схем управління в імітаційному середовищі Multisim або EWB.

Завдання:

- вивчити опис лабораторної роботи;
- вивчити матеріал лекції «Універсальні мікропрограмні автомати Уїлкса» (лекція 25, навчальний посібник Борисенка О. А. «Керуючі системи»);
- розробити функціональну і принципову схеми мікропрограмного автомата для заданої ЛСА;
- реалізувати принципову схему МПА в середовищі Multisim або EWB та проаналізувати імітаційну модель;
- сформулювати висновки.

Звіт із лабораторної роботи повинен містити: її назву, мету, ГСА автомата, що необхідно побудувати згідно із заданою ЛСА, докладний синтез БПЛУ, неповного дешифратора та БФМК, схемну реалізацію в базисі Шеффера та імітаційну модель. У висновку до лабораторної роботи навести результати аналізу правильності функціонування побудованого універсального мікропрограмного автомата Уїлкса.

Приклад виконання лабораторної роботи

За умовою задана така ЛСА:

$A_0 A_1 x_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_2 \downarrow^1 A_3 \overline{x_2} \uparrow^2 A_4 A_k$. За заданою ЛСА будуємо відповідну ГСА. Вона має такий вигляд (рис. 1).

Наведемо кодування мікрокоманд $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_k$ в таблиці 2.

Таблиця 1 – Таблиця варіантів

№ варіанта	ЛСА	Тип тригера
1	$A_0 A_1 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_2 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>D</i>
2	$A_0 A_1 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_2 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>JK</i>
3	$A_0 A_1 \downarrow^1 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>D</i>
4	$A_0 A_1 \downarrow^1 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>JK</i>
5	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 x_2 \uparrow^2 A_2 \downarrow^1 A_3 \downarrow^2 A_4 A_k$	<i>D</i>
6	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 x_2 \uparrow^2 A_2 \downarrow^1 A_3 \downarrow^2 A_4 A_k$	<i>JK</i>
7	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 x_2 \uparrow^2 A_3 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>D</i>
8	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 x_2 \uparrow^2 A_3 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>JK</i>
9	$A_0 A_1 \downarrow^1 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>D</i>
10	$A_0 A_1 \downarrow^1 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>JK</i>
11	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>D</i>
12	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>JK</i>
13	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>D</i>
14	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_k$	<i>JK</i>
15	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 x_2 \uparrow^2 A_3 A_4 \downarrow^1 A_k$	<i>D</i>
16	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 x_2 \uparrow^2 A_3 A_4 \downarrow^1 A_k$	<i>JK</i>
17	$A_0 \downarrow^2 A_1 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 \downarrow^1 A_4 x_2 \uparrow^2 A_5 A_k$	<i>D</i>
18	$A_0 \downarrow^2 A_1 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 \downarrow^1 A_4 x_2 \uparrow^2 A_5 A_k$	<i>JK</i>
19	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>D</i>
20	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>JK</i>
21	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 \downarrow^1 A_4 x_2 \uparrow^2 A_5 A_k$	<i>D</i>
22	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 \downarrow^1 A_4 x_2 \uparrow^2 A_5 A_k$	<i>JK</i>
23	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>D</i>
24	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>JK</i>
25	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_5 A_k$	<i>D</i>
26	$A_0 A_1 \downarrow^2 A_2 x_1 \uparrow^1 A_3 x_2 \uparrow^2 \downarrow^1 A_4 A_5 A_k$	<i>JK</i>
27	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>D</i>
28	$A_0 \bar{x}_1 \uparrow^1 A_1 \downarrow^2 A_2 A_3 x_2 \uparrow^2 A_4 \downarrow^1 A_5 A_k$	<i>JK</i>
29	$A_0 A_1 x_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_2 \downarrow^1 A_3 \bar{x}_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>D</i>
30	$A_0 A_1 x_1 \uparrow^1 \downarrow^2 A_2 \downarrow^1 A_3 \bar{x}_2 \uparrow^2 A_4 A_k$	<i>JK</i>

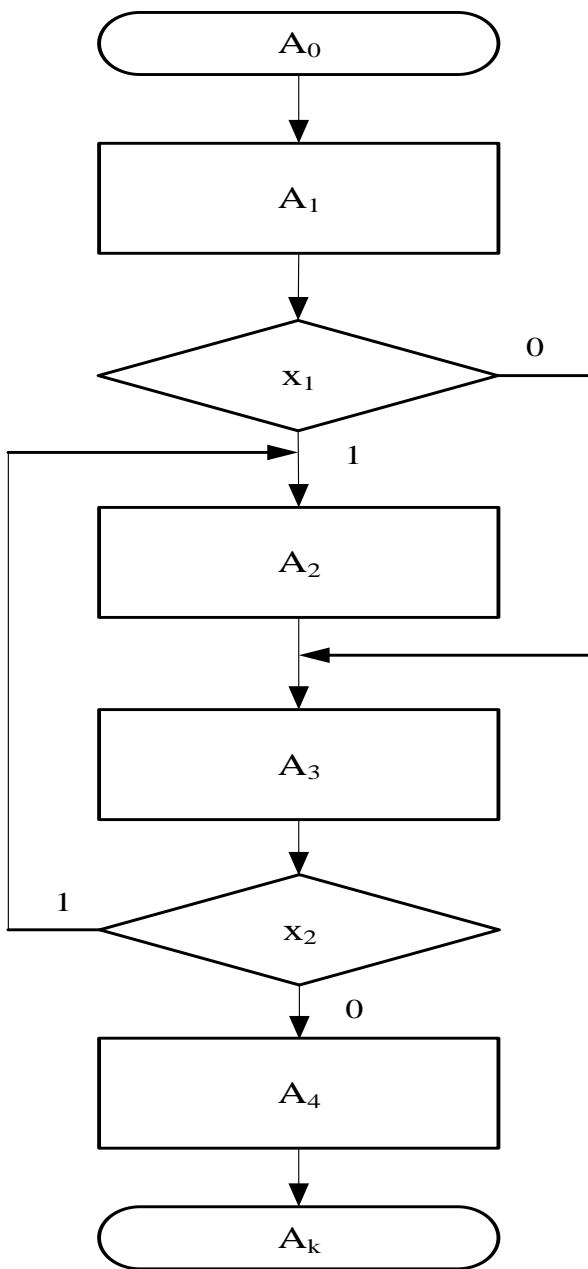


Рисунок 1 – ГСА, побудована за заданою ЛСА

Таблиця 2 – Кодування мікрокоманд

№ мікрокоманди	M_k	Код M_k
1	A_0	0 0 0
2	A_1	0 0 1
3	A_2	0 1 0
4	A_3	0 1 1
5	A_4	1 0 0

За граф-схемою складемо кодовану мікропрограму (табл. 3), за якою запишемо логічні рівняння для синтезу БПЛУ та БФМК (табл. 4).

Таблиця 3 – Кодована мікропрограма

№ мікрокоманди	t	$T + 1$	Код M_k
1	A_0	A_1	001
2	$A_1 x_1$	A_2	010
3	$A_1 \overline{x_1}$	A_3	011
4	A_2	A_3	011
5	$A_3 x_2$	A_2	010
6	$A_3 \overline{x_2}$	A_4	100
7	A_4	$A_0 = A_k$	000

Таблиця 4 – Логічні рівняння для синтезу БПЛУ та БФМК

№ пор.	Рівняння
1	$A_1^{t+1} = A_0^t$
2	$A_2^{t+1} = A_1^t x_1^t$
3	$A_3^{t+1} = A_1^t \overline{x_1^t}$
4	$A_3^{t+1} = A_2^t$
5	$A_2^{t+1} = A_3^t x_2^t$
6	$A_4^{t+1} = A_3^t \overline{x_2^t}$
7	$A_0^{t+1} = A_4^t$

Об'єднаємо логічні рівняння, що мають однакові індекси (табл. 5).

Таблиця 5 – Перетворені логічні рівняння для синтезу БПЛУ та БФМК

№ пор.	Рівняння
1	$A_1^{t+1} = A_0^t$
2	$A_2^{t+1} = A_1^t x_1^t \vee A_3^t x_2^t$
3	$A_3^{t+1} = A_1^t \overline{x_1^t} \vee A_2^t$
4	$A_4^{t+1} = A_3^t \overline{x_2^t}$
5	$A_0^{t+1} = A_4^t$

Кількість керуючих сигналів менша за 2^n , тому будемо застосовувати неповний дешифратор (табл. 6).

Таблиця 6 – Таблиця істинності неповного дешифратора

№ пор.	Q_1	Q_2	Q_3	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4
0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0
2	0	1	0	0	0	1	0	0
3	0	1	1	0	0	0	1	0
4	1	0	0	0	0	0	0	1
5	1	0	1	*	*	*	*	*
6	1	1	0	*	*	*	*	*
7	1	1	1	*	*	*	*	*

Кількість виходів дешифратора визначається кількістю команд. Функції $F_0 \div F_4$ є неповністю визначеними логічними функціями, мінімізацію яких більш доцільно провести, застосувавши табличний метод мінімізації, – метод діаграм Вейча.

Діаграма Вейча для трьох змінних матиме такий вигляд.

		Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	6	7	5	4	
$\overline{Q_1}$	2	3	1	0	
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$	

Виконаємо синтез неповного дешифратора.

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	* 5	4
$\overline{Q_1}$	2	3	1	1 0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

$$F_0 = \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{Q_3}$$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	* 5	4
$\overline{Q_1}$	2	3	1 1	0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

$$F_1 = \overline{Q_2} Q_3$$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	* 5	4
$\overline{Q_1}$	1 2	3	1	0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

$$F_2 = Q_2 \overline{Q_3}$$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	* 5	4
$\overline{Q_1}$	2	1 3	1	0
	$\overline{Q_3}$	Q_3	$\overline{Q_3}$	

$$F_3 = Q_2 Q_3$$

	Q_2		$\overline{Q_2}$	
Q_1	* 6	* 7	* 5	1 4
$\overline{Q_1}$	2	3	1	0
	$\overline{Q_3}$	Q_3		$\overline{Q_3}$

$$F_4 = Q_1$$

За отриманими рівняннями, наведеними в таблиці 5, та виразами для функцій $F_0 \div F_4$ побудуємо мікропрограмний автомат, який реалізує задану ЛСА. Оскільки принципова схема МПА побудована в базисі Шеффера, то неповний дешифратор, реалізований у схемі, є дешифратором з інверсним керуванням.

Для регістра застосовуємо схему паралельну на тригерах, що задані за завданням у таблиці варіантів.

На рисунку 2 наведено функціональну схему синтезованого МПА, на рисунку 3 – принципову схему МПА в базисі Шеффера, а на рисунку 4 – реалізацію принципової схеми мікропрограмного автомата в середовищі Multisim.

На наступному кроці потрібно сформулювати висновки.

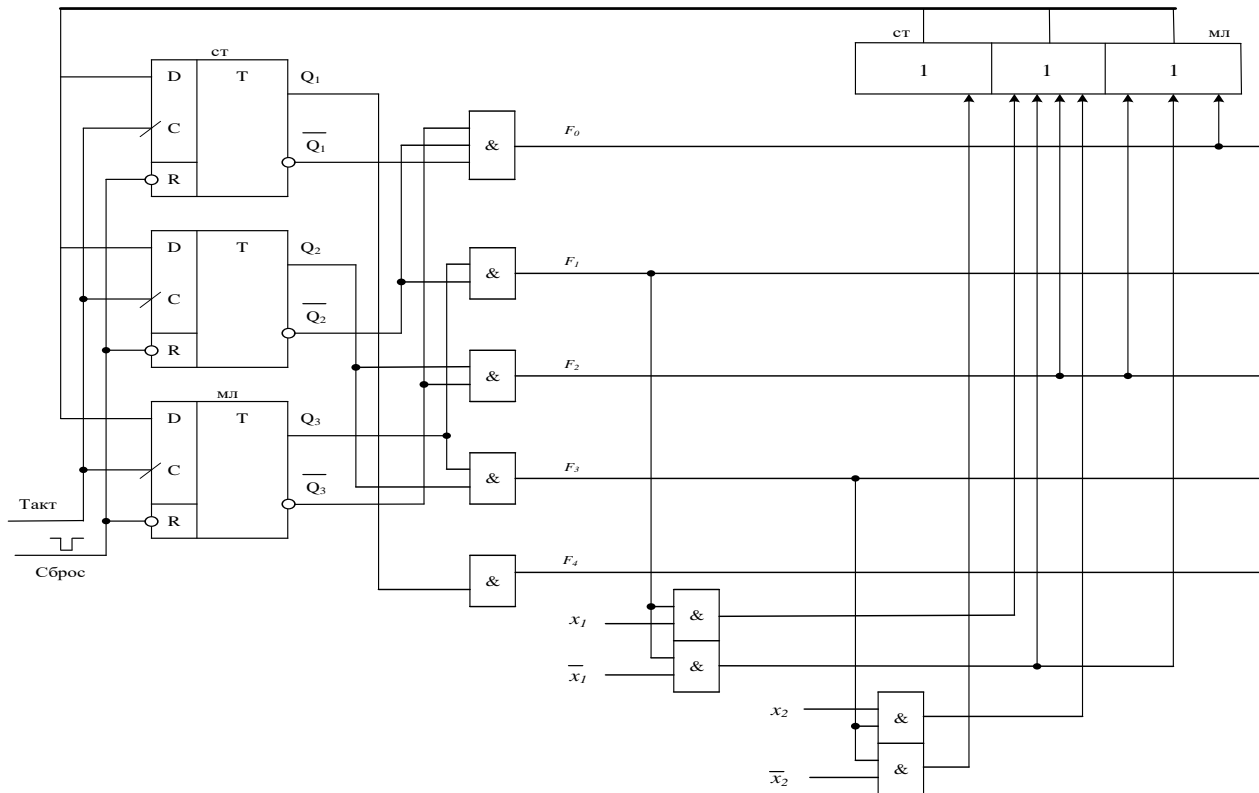


Рисунок 2 – Функціональна схема синтезованого МПА

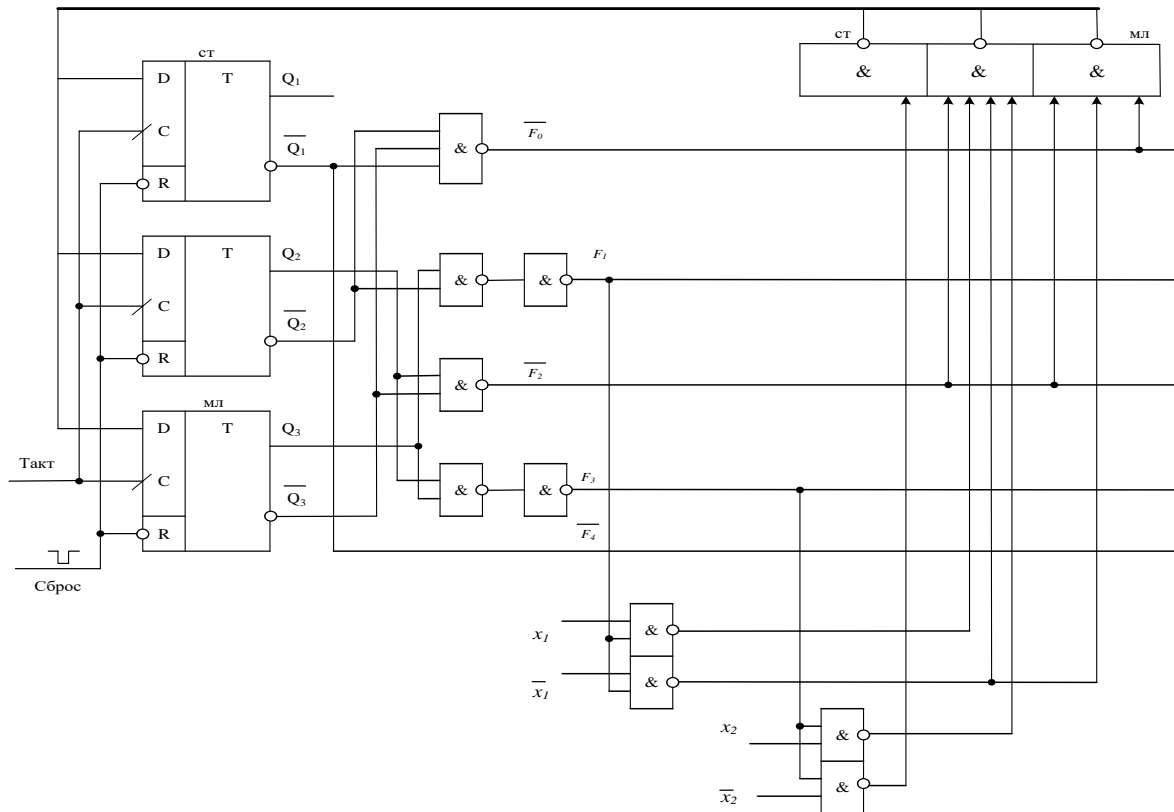


Рисунок 3 – Принципова схема МПА в базисі Шеффера

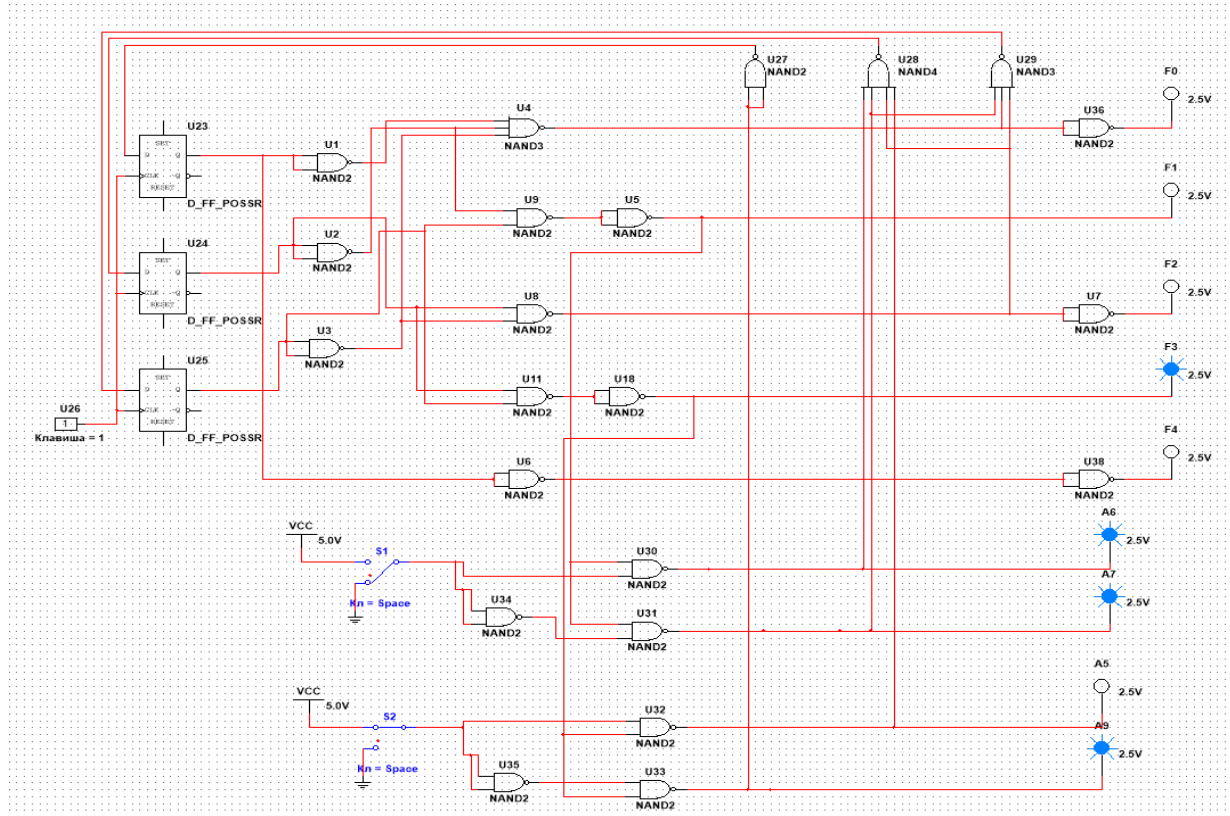


Рисунок 4 – Реалізація принципової схеми мікропрограмного автомата в середовищі Multisim

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисенко О. А. Керуючі системи : навчальний посібник / О. А. Борисенко. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
2. Кравець П. І. Інформаційно-керуючі системи. Лабораторний практикум : навчальний посібник / П. І. Кравець, В. М. Шимкович, Ю. М. Бердник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 142 с.
3. Подчашинський Ю. О. Проектування та конструювання пристроїв та систем управління : навчальний посібник / Ю. О. Подчашинський, Ю. О. Шавурський, О. О. Лугових. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 280 с.
4. Harris David Money. Digital Design and Computer Architecture / David Money Harris & Sarah L. Harris. – 2nd Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2013. – 712 p.
5. Борисенко О. А. Цифрова схемотехніка : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 200 с.
6. Борисенко О. А. Дискретна математика : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Університетська книга, 2019. – 255 с.

Електронне навчальне видання

Методичні вказівки
для лабораторних робіт із дисципліни «**Керуючі системи**»
для студентів спеціальності 171 «*Електроніка*»
усіх форм навчання

Відповідальний за випуск А. С. Опанасюк
Редактор І. О. Кругляк
Комп'ютерне верстання Т. О. Протасової

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 0,59.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.