

Синтез цифрових схем методом карт Карно

Мета: закріплення теоретичних знань і придбання студентами практичних навиків логічного синтезу цифрових схем методом карт Карно та аналізу їх характеристик.

Теоретичні відомості

Карта Карно є прямокутною таблицею, розділеною горизонтальними і вертикальними лініями на комірки (клітки), загальне число яких збігається з числом мінтермів даного числа аргументів.

Кількість кліток карти Карно $k = 2^n$, де n число змінних.

У кожену комірку таблиці заносяться значення одного мінтерма. Їх розміщення здійснюється так, щоб два суміжні мінтерми знаходилися в сусідніх комірках (суміжні – розрізняються формою входження не більш, ніж одного аргументу).

Карта Карно (рис. 1) для чотирьох змінних $A(x_0)$, $B(x_1)$, $C(x_2)$, $D(x_3)$ (число мінтермів дорівнює $k = 2^n = 2^4 = 16$):

<u>A</u>			
0	1	3	2
4	5	7	6
12	13	15	14
8	9	11	10
<u>B</u>			

C | D

Рис.1

Правила групування мінтермів.

1. Грукуються дві клітки, що стоять поруч, в стовпці, або ряду. Кожна з групованих кліток відрізняється від будь-якої сусідньої лише одною змінною, яка при цьому і виключається; число групованих кліток має бути парним; можна групувати крайні клітки між собою, оскільки карта – по суті тор.
2. Грукуються клітки, що є повними квадратами з 4, 16 кліток.
3. Грукуються клітки, що є повними горизонтальними рядами, або вертикальними стовпцями.
4. Грукуються клітки, що представляють два поруч розташованих стовпця,

або рядка.

5. Клітка може входити в декілька об'єднань.

Порядок логічного синтезу

Вихідні вимоги до пристрою, що розробляється, мають бути задані у вигляді словесного опису.

Визначення структури логічного пристрою, яка задовольняє заданому опису, виконується шляхом абстрактного і структурного синтезу.

Абстрактний синтез полягає в переході від словесного опису пристрою до завдання його оператора у вигляді графів, таблиць або матриць. Незалежно від форми оператора він повинен визначати перелік вхідних та вихідних змінних і встановлювати зв'язок між ними.

Структурний синтез полягає у визначенні структурної схеми логічного пристрою за допомогою алгебри логіки, яка дозволяє перейти до завдання оператора у вигляді формул і спростити їх.

Типовий порядок логічного проектування:

- кодування вхідних та вихідних змінних і перехід від словесного завдання оператора до табличного;
- перехід від табличної форми оператора до алгебраїчного у вигляді диз'юнктивної нормальної форми (ДНФ);
- спрощення ДНФ функції (оператора) і здобуття мінімальної ДНФ;
- перехід від мінімальної ДНФ до мінімальної форми в базисі вибраного - функціонального повного набору, що реалізовується логічними елементами;
- складання структурної схеми логічного пристрою відповідно до результуючої мінімальною формою алгебри.

Приклад логічного синтезу

Потрібно синтезувати пристрій з трьох датчиків з двійковими вихідними сигналами. Використовуючи логічні елементи забезпечити індикацію станів, коли одиничні значення приймають щонайменше два з трьох сигналів.

1. Кодування вихідних і вхідних змінних:

A, B, C – вхідні змінні, F – вихідна змінна.

Значення $F = 1$ відповідають наборам A, B, C, в яких дві або три вхідні

змінні дорівнюють 1; при останніх наборах $F = 0$. Складаємо таблицю істинності:

C	B	A	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

2. По таблиці здійснюємо перехід до алгебраїчної форми функції

$$F = \bar{C}BA + C\bar{B}A + CB\bar{A} + CBA$$

3. Спрощення ДНФ. Складаємо таблицю Карно (рис. 2):

<u>A</u>			
0	1	3	2
4	5	7	6
<u>B</u>			

C

<u>A</u>			
0	0	1	0
0	1	1	1
<u>B</u>			

Рис. 2

Виконаємо попарне групування і отримуємо мінімізовану ДНФ

$$F = AB + AC + BC$$

4. Використовуючи як функціональний набір основний функціонально повний набір вибираємо необхідні логічні елементи:

- три двох входових елемента І;
- один трьох входовий елемент АБО.

5. Побудова структурної схеми логічного пристрою, що включає вибрані елементи (рис. 3).

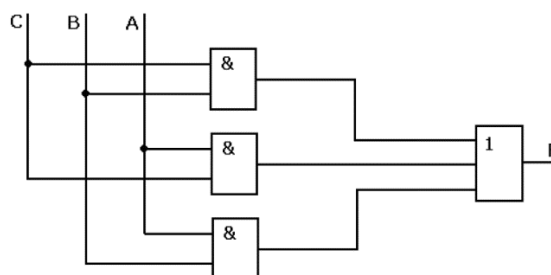


Рис. 3

Обладнання.

1. Персональний комп'ютер.
2. Система автоматизованого проектування Proteus VSM
3. Бібліотека електронних елементів.

Порядок виконання роботи

1. За структурною схемою (рис. 4) провести аналіз та встановити функціональну залежність у вигляді формул алгебри логіки та таблиці істинності. Для цього скласти схему (за своїм варіантом) у середовищі Proteus VSM та експериментально визначити таблицю істинності роботи схеми.
2. За таблицею істинності скласти карти Карно, мінімізувати логічну функцію.
3. Синтезувати схему цифрового пристрою у базисі І-НЕ.

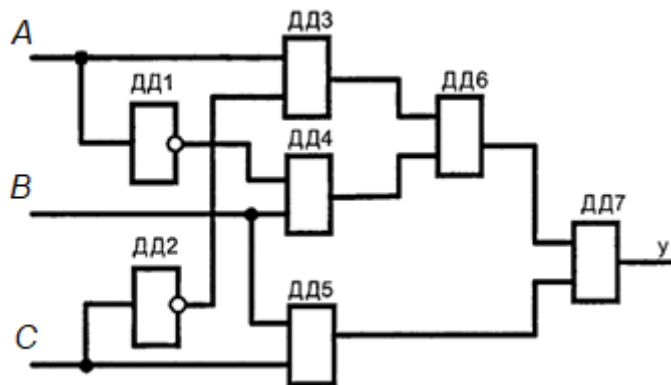


Рис. 4

ДД1, ДД2 – інвертори, знак «-» в таблиці 1 означає, що елемент відсутній, знак «+» відповідає наявності інвертора в схемі.

Таблиця 1 – Варіанти завдань

№	ДД1	ДД2	ДД3	ДД4	ДД5	ДД6	ДД7
1	+	-	I	АБО	I-НЕ	АБО	I
2	-	+	АБО-НЕ	I-НЕ	АБО-НЕ	I	АБО
3	-	+	I	АБО	АБО-НЕ	I	АБО-НЕ
4	-	+	I-НЕ	АБО-НЕ	I-НЕ	АБО	I-НЕ
5	+	-	АБО	I	I-НЕ	АБО	I-НЕ
6	+	-	I-НЕ	I	АБО-НЕ	I	АБО-НЕ

7	-	+	АБО-НЕ	АБО	АБО	І-НЕ	І
8	+	-	І	І-НЕ	АБО-НЕ	І	АБО-НЕ
9	-	+	І-НЕ	І	І-НЕ	АБО	І-НЕ
10	+	-	АБО	І	АБО-НЕ	І	АБО-НЕ
11	+	-	АБО-НЕ	АБО	І-НЕ	АБО	І-НЕ
12	-	+	АБО НЕ	АБО	І	АБО-НЕ	АБО
13	-	+	АБО	І-НЕ	АБО	І-НЕ	І
14	-	+	АБО-НЕ	І-НЕ	АБО-НЕ	І	АБО-НЕ
15	+	-	І-НЕ	АБО	І	АБО-НЕ	АБО-НЕ
16	+	-	АБО-НЕ	І	АБО	І-НЕ	І
17	+	-	І	АБО	І-НЕ	АБО	І-НЕ
18	+	-	І-НЕ	І	АБО-НЕ	І	АБО
19	-	+	АБО-НЕ	І-НЕ	І	І	АБО
20	-	+	АБО-НЕ	АБО	АБО	І-НЕ	І-НЕ
21	+	-	І	І-НЕ	АБО	І-НЕ	І-НЕ
22	+	-	І-НЕ	АБО	І	АБО-НЕ	АБО-НЕ
23	-	+	АБО-НЕ	АБО	АБО	І-НЕ	І
24	-	+	І-НЕ	І	І-НЕ	АБО	І-НЕ
25	+	-	АБО	І-НЕ	І	АБО-НЕ	АБО
26	+	-	АБО-НЕ	АБО	АБО	І-НЕ	І-НЕ
27	-	+	І-НЕ	І	І	АБО-НЕ	АБО
28	+	-	АБО	АБО-НЕ	АБО-НЕ	І	АБО
29	-	+	І	АБО	І	АБО-НЕ	АБО-НЕ

Контрольні питання

1. Назвіть основні логічні функції.
2. Приведіть тотожності булевої алгебри
3. Розкрийте сенс основних законів булевої алгебри.
4. Що таке нормальна форма представлення двійковій функції ?
5. Приведіть послідовність мінімізації логічних функцій методом карт Карно.
6. Назвіть значення логічних рівнянь сигналів (0 і 1) для різних типів логіки.

Приклад виконання лабораторної роботи

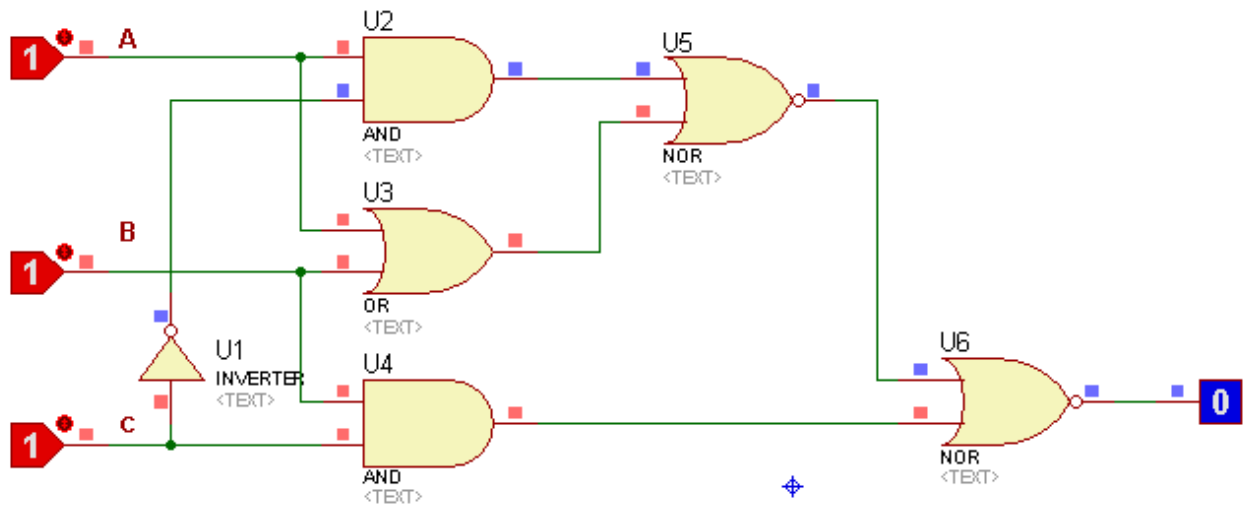


Рис. 5. Схема цифрового пристрою (варіант 29)

№	C	B	A	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

A			
0	1	3	2
4	5	7	6
B			

A			
0	1	1	1
0	1	0	0
B			

$$F = A\bar{B} + B\bar{C} = \overline{\overline{A}\bar{B}} \overline{\overline{B}\bar{C}}$$

Рис. 6 Карти Карно та мінімізована ДНФ

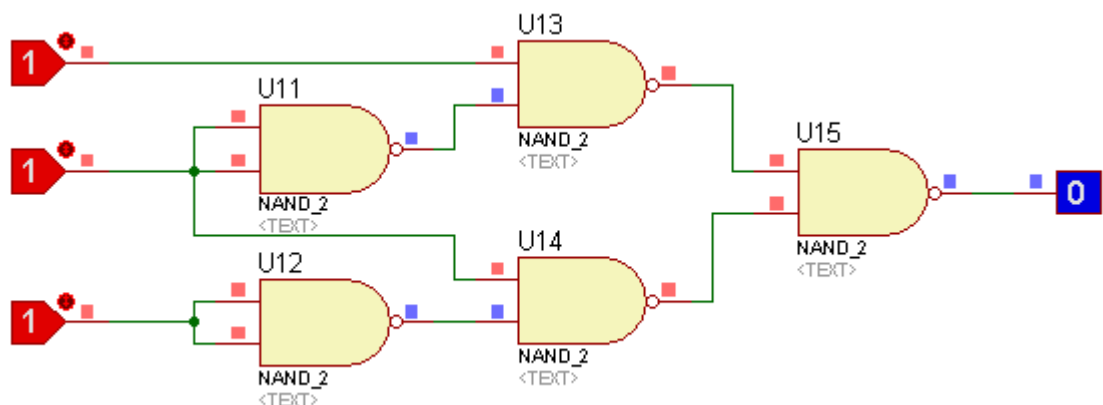


Рис. 7. Синтезована схема цифрового пристрою у базисі І-НЕ