

3 Лабораторна робота № 3. Комбінаційні схеми. Дешифратори.

3.1 Мета

Засвоїти принцип роботи шифраторів та дешифраторів та створення довільних комбінаційних пристроїв на логічних елементах.

3.2 Завдання

Цифрова схема містить три пристрої з заданими адресами. Спроектувати фрагмент схеми – дешифратор адрес з виходами заданого типу:

- 1) використовуючи стандартні мікросхеми дешифраторів;
- 2) на логічних елементах.

Таблиця 3.1 – Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Тип виходів дешифратора	Адреси		
1.	інверсні	0000	1001	1101
2.	прямі	0001	1010	1011
3.	інверсні	0010	1011	1110
4.	прямі	0011	1100	1111
5.	інверсні	0100	0111	1101
6.	прямі	0101	1001	1111
7.	інверсні	0110	1011	1101
8.	прямі	0001	0111	0110
9.	інверсні	0010	1001	1100
10.	прямі	0011	0111	1001
11.	інверсні	0100	1011	1100
12.	прямі	0101	1001	1101
13.	інверсні	0110	0100	0011
14.	прямі	0001	1101	1111
15.	інверсні	0111	1001	1011

3.3 Короткі теоретичні відомості

3.3.1 Шифратори та дешифратори

В комбінаційних схемах вихідний стан схеми залежить тільки від комбінації значень вхідних сигналів (на відміну від послідовнісних, або тригерних схем, у яких вихід залежить також від стану схеми в попередній момент часу). До комбінаційних схем належать шифратори, дешифратори, мультиплексори, демультимплексори, комбінаційні суматори, цифрові компаратори та деякі інші пристрої.

Дешифратор перетворює двійковий код на вході в активний сигнал на тому виході, номер якого дорівнює значенню двійкового коду на вході.

Наприклад, якщо на входи тривходового дешифратора подати комбінацію 110, активний сигнал з'явиться на 6-му виході, а решта виходів будуть неактивними (оскільки двійкове число 110 – це число 6).

В повному дешифраторі кількість виходів $m=2^n$, де n – це кількість входів. У неповного дешифратора кількість виходів $m < 2^n$.

Наприклад, чотиривходовий дешифратор з 16 виходами – повний, а з 10 виходами – неповний (оскільки $2^4=16$).

У дешифраторів та інших комбінаційних схем часто є вхід дозволу (може

позначатись OE, EO, G, V). При наявності активного сигналу на вході дозволу робота дешифратора дозволена (на одному з виходів є активний сигнал), інакше на всіх виходах дешифратора присутні неактивні сигнали.

Активним сигналом може бути 0 або 1 в залежності від типу входів чи виходів (відповідно інверсні або прямі). Інверсні виводи позначаються кружечком. Наприклад, на рис.3.1,А показано двовходовий дешифратор з прямим входом дозволу OE та інверсними виходами (тобто при наявності 1 на OE на одному з виходів буде "0", на всіх інших "1", інакше на всіх виходах буде "1"), на рис.3.1,Б вхід OE інверсний, виходи прямі (див. часові діаграми), на рис. 3.1,В вхід OE та виходи інверсні, на рис. 3.1,Г вхід OE і виходи прямі.

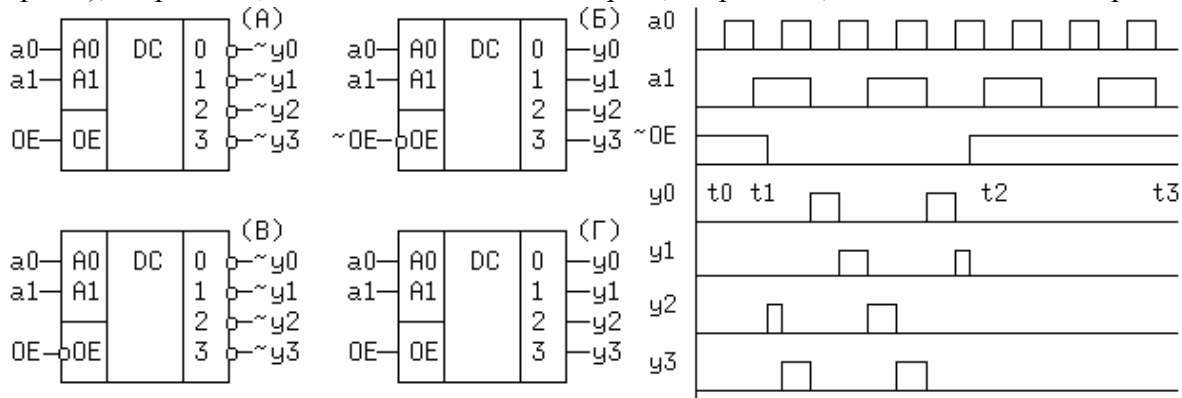


Рисунок 3.1 - Позначення дешифраторів та приклад часових діаграм для дешифратора (Б).

На рис. 3.2 приведена таблиця істинності для дешифраторів з прямими (ліва частина стовпчика «виходи») та інверсними (права частина) виходами.

DEC число	Входи				Виходи							
	a1	a0	OE	\overline{OE}	y0	y1	y2	y3	$\overline{y0}$	$\overline{y1}$	$\overline{y2}$	$\overline{y3}$
0	0	0			1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
2	1	0			0	0	1	0	1	1	0	1
3	1	1			0	0	0	1	1	1	1	0
x	x	x	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1

Рисунок 3.2 - Таблиця істинності дешифратора

Коли потрібно побудувати дешифратор на велику кількість виходів на базі дешифраторів з меншим числом виходів, застосовують принцип каскадування. Він полягає у тому, що входи дешифраторів розбивають довільним чином на групи, кожна з яких реалізує свою групу логічних функцій. При цьому всі дешифратори повинні бути керованими, тобто мати входи дозволу або вільний вхід старшого розряду.

Шифратор виконує функцію, обернену до функції дешифратора, і може бути неперіоритетним, якщо допускається подача тільки одного активного сигналу, або періоритетним, якщо допускається подача одночасно декількох активних сигналів на входи. Неперіоритетний шифратор здійснює перетворення номера активного входу у двійковий код. В періоритетному шифраторі відбувається перетворення максимального номера активного входу в двійковий код. Кількість входів n і виходів m пов'язана співвідношенням $m=2^n$. Для неперіоритетного шифратора "4 в 2" таблиця істинності має вигляд рис. 3.3А, для періоритетного – рис. 3.3Б.

Для періоритетного шифратора вхідні сигнали, що знаходяться під одиничною діагоналлю, за визначенням можуть бути довільні ("х" – 0 або 1). При комбінації 0000 на входах стани виходів невизначені.

номер входа	входи				виходи	
	x0	x1	x2	x3	y1	y0
0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	0	1	1	1

А

номер входа	входи				виходи	
	x0	x1	x2	x3	y1	y0
0	1	0	0	0	0	0
1	x	1	0	0	0	1
2	x	x	1	0	1	0
3	x	x	x	1	1	1

Б

Рисунок 3.3 - Таблиця істинності неперіоритетного (А) та пріоритетного (Б) шифратора

На рис. 3.4 наведено приклад використання 4-входового шифратора для кодування номеру натиснутої клавіші (кл). Якщо, наприклад, буде натиснута клавіша 2 ("1" на вході x2), то на виходах буде комбінація 10 (1 на y1, 0 на y0).

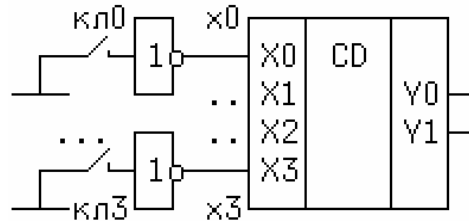


Рисунок 3.4 - Використання шифратора

3.3.2 Проектування комбінаційних схем на логічних елементах

Принцип функціонування комбінаційної схеми може задаватися словесним описом, таблицею істинності або сукупністю логічних функцій, що пов'язують стан виходів із станом входів схеми. Як правило, послідовність синтезу комбінаційних схем включає перехід від словесного опису до таблиці істинності, а від неї – до логічних функцій. Маючи логічні функції, можна скласти схему комбінаційного пристрою на логічних елементах.

Наприклад, необхідно спроектувати пристрій з трьома входами, вихідний сигнал якого співпадає з більшістю вхідних сигналів (мажоритарний елемент). На основі даного словесного опису можна скласти таблицю істинності:

Номер набору	Входи			Вихід
	x ₂	x ₁	x ₀	
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Для запису логічних функцій по таблиці істинності використовується досконала кон'юнктивна нормальна форма (ДКНФ) або досконала диз'юнктивна нормальна форма (ДДНФ).

ДДНФ від N аргументів – це диз'юнкція 2^N членів, кожен з яких є кон'юнкцією всіх N аргументів, частина яких входить в нього з інверсією, а частина – без інверсії. Для її утворення необхідно записати диз'юнкцію стільки членів у вигляді кон'юнкцій всіх аргументів, скільки одиниць міститься у стовпчику, що відповідає вихідній змінній. Якщо у наборі значення вхідної змінної 1, вона входить в кон'юнкцію без інверсії, якщо 0 – з інверсією.

ДКНФ від N аргументів – це кон'юнкція 2^N членів, кожен з яких є диз'юнкцією всіх N аргументів, частина яких входить в нього з інверсією, а частина – без інверсії. Для її утворення необхідно записати кон'юнкцію стільки членів у вигляді кон'юнкцій всіх аргументів, скільки нулів міститься у стовпчику, що відповідає вихідній змінній. Якщо у наборі значення вхідної змінної 0, вона входить в диз'юнкцію без інверсії, якщо 1 – з інверсією.

Простіше висловлюючись (застосовуючи поняття «множення» і «додавання» замість «кон'юнкція» та «диз'юнкція»), можна сказати, що ДДНФ – це сума добутків, а ДКНФ – добуток сум логічних змінних.

Якщо вихідна змінна частіше приймає значення 0, ніж 1, доцільно використовувати ДКНФ, інакше – ДДНФ. В нашому випадку кількість 0 і 1 рівна, тому для прикладу запишемо обидві форми:

$$\text{ДКНФ: } y = (x_2 \vee x_1 \vee x_0) \wedge (x_2 \vee x_1 \vee x_0) \wedge (x_2 \vee x_1 \vee x_0) \wedge (x_2 \vee x_1 \vee x_0)$$

$$\text{ДДНФ: } y = (\bar{x}_2 \wedge x_1 \wedge x_0) \vee (x_2 \wedge \bar{x}_1 \wedge x_0) \vee (x_2 \wedge x_1 \wedge \bar{x}_0) \vee (x_2 \wedge x_1 \wedge x_0)$$

Обидві функції після мінімізації перетворюються до $y = (x_2 \wedge x_1) \vee (x_2 \wedge x_0) \vee (x_1 \wedge x_0)$.

Схема пристрою приведена на рис.3.5.

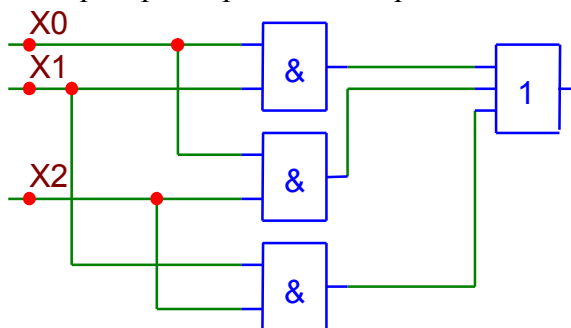


Рисунок 3.5 – Схема пристрою на логічних елементах

Таблиця 3.2 - Мікросхеми дешифраторів

Найменування	Вітчизняний аналог	Функціональний опис
7442	ИД6	4-входовий дешифратор, 10 інверсних виходів
74138	ИД7	3-входовий дешифратор, 8 інверсних виходів
74139	ИД14	два 2-входових дешифратора з інверсними виходами
74141	ИД1	4-входовий дешифратор, 10 інверсних виходів
74145	ИД10	4-входовий дешифратор, 10 інверсних виходів
74154	ИД3	4-входовий дешифратор, 16 інверсних виходів
74155	ИД4	два 2-входових дешифратора з інверсними виходами

3.4 Порядок виконання роботи

1. Вибрати з табл. 3.2 мікросхему дешифратора з необхідною кількістю входів і виходів. Вставити відповідний компонент з меню **Компоненты / Russian Digital / Дешифраторы**.
2. У випадку наявності входів дозволу у мікросхеми дешифратора подати на них необхідні логічні рівні (на прямі – 1, на інверсні - 0), щоб дозволити роботу дешифратора.
3. Якщо у вибраного дешифратора тип виходів не відповідає заданому в завданні (наприклад, інверсні замість прямих), поставити інвертори на виходи, що відповідають заданим адресам.
4. Подати на входи схеми сигнали з виходів компонента Stim4. Компонент запрограмувати таким чином, щоб на його виходах 1°, 2, 3, 4 послідовно з'являлись всі комбінації від 0000 до 1111 (див. вказівки до попередньої лабораторної роботи).

5. Вивести часові діаграми сигналів на виходах Stim4 та на трьох виходах схеми.
6. Скласти таблицю істинності дешифратора.
7. Записати логічні функції для всіх виходів схеми. Мінімізувати їх, якщо це можливо.
8. Скласти схему дешифратора на логічних елементах (застосовувати позначення елементів згідно ДСТУ). Подати на її входи ті самі сигнали з виходів компонента Stim4.
9. Переконатись в правильності та ідентичності роботи обох схем.

3.5 Звіт повинен містити:

1. Завдання (з вказанням номеру варіанта).
2. Таблицю істинності дешифратора.
3. Логічні вирази для трьох виходів дешифратора.
4. Схеми у позначеннях згідно ДСТУ.
5. Часові діаграми сигналів на входах і виходах схем.
6. Висновки.

3.6 Контрольні питання

1. Чим відрізняються комбінаційні схеми від послідовнісних?
2. Яку функцію виконують шифратор, дешифратор?
3. Намалювати умовне графічне позначення шифратора або дешифратора з довільною кількістю входів/виходів.
4. Яке призначення сигналу «дозвіл виходів»?
5. Визначити стан виходів шифратора або дешифратора при довільній комбінації сигналів на входах.
6. Пояснити послідовність створення схеми довільного комбінаційного пристрою на логічних елементах.
7. Що таке ДДНФ, ДКНФ?
8. Як утворити ДДНФ за таблицею істинності?