

Лекція 28

“Перетворювачі кодів”

Мета лекції: Вивчення перетворювачів коду, принципів їх побудови та характеристик.

План лекції:

1. Загальна характеристика перетворювачів кодів.
2. Перетворювач прямого коду в обернений.
3. Перетворювач прямого коду в доповняльний.
4. Перетворювач двійкових чисел у код Грея.
5. Перетворювач двійково – десяткових чисел в код семисегментного індикатора.
6. Десятково – двійкові перетворювачі.

Контрольно – навчальний тест до лекції 28.

28.1. Загальна характеристика перетворювачів кодів.

Перетворювачем коду називається функціональний вузол, призначений для перетворення двійкового коду з однієї форми в іншу.

Для подання інформації використовують різноманітні двійкові та двійково – десяткові коди: прямий, обернений, доповняльний і їхні модифікації. Існує велика кількість кодів, які забезпечують:

- простоту виконання арифметико – логічних операцій;
- зручність переведення чисел з десяткової системи в двійковий код;
- надійність виконання заданих алгоритмів функціонування і ефективний контроль результатів обчислень;
- зменшення апаратних витрат при побудові цифрових пристроїв.

Найбільш поширеними є прямий, обернений і доповняльний коди, які забезпечують представлення знака числа і заміну операції віднімання додаванням (табл. 28.1). До перетворювачів коду відносяться шифратори і дешифратори, однак за традицією ці функціональні вузли виділені в окремі самостійні класи.

Таблиця 28.1

Коди для додатних чисел				Коди для від'ємних чисел			
Десятковий	Прямий	Обернений	Доповняльний	Десятковий	Прямий	Обернений	Доповняльний
+0	0,000	0,000	0,000	-0	1,000	1,111	0,000
+1	0,001	0,001	0,001	-1	1,001	1,110	1,111
+2	0,010	0,010	0,010	-2	1,010	1,101	1,110
+3	0,011	0,011	0,011	-3	1,011	1,100	1,101
+4	0,100	0,100	0,100	-4	1,100	1,011	1,100
+5	0,101	0,101	0,101	-5	1,101	1,010	1,011
+6	0,110	0,110	0,110	-6	1,110	1,001	1,010
+7	0,111	0,111	0,111	-7	1,111	1,000	1,001

Прямий, обернений і доповняльний коди використовуються для записування знака числа, заміни операції віднімання чисел додаванням їхніх кодів, а також для визначення переповнення розрядної сітки. Для представлення знака числа у них відводиться знаковий розряд, який розташовується зліва від числа і відділяється комою. У знаковий розряд записується нуль - для позитивного числа і одиниця - для негативного.

28.2. Перетворювач прямого коду в обернений

У прямому двійковому коді $X_{пр} = X_{3H} X_{n-1}, \dots, X_1$ один розряд, звичайно старший, відображає знак числа, інші - значення цифрових розрядів; при цьому для додатного числа $X_{3H} = 0$, а для від'ємного $X_{3H} = 1$. Обернений код додатного

двійкового числа збігається з прямим кодом, а для від'ємного числа цифрові розряди прямого коду інвертуються.

У процесі перетворення прямого коду в обернений значення знакового розряду X_{3H} використовується як керуючий сигнал, що забезпечує отримання такого виразу:

$$Y_i = \overline{X_{3H}} X_i + X_{3H} X_i = X_{3H} \oplus X_i \quad (28.1)$$

де Y_i - значення i -го розряду оберненого коду; X_i - значення i -го розряду додатного вхідного числа ($X_{3H} = 0$); $\overline{X_i}$ - значення i -го розряду від'ємного вхідного числа ($\overline{X_{3H}} = 1$).

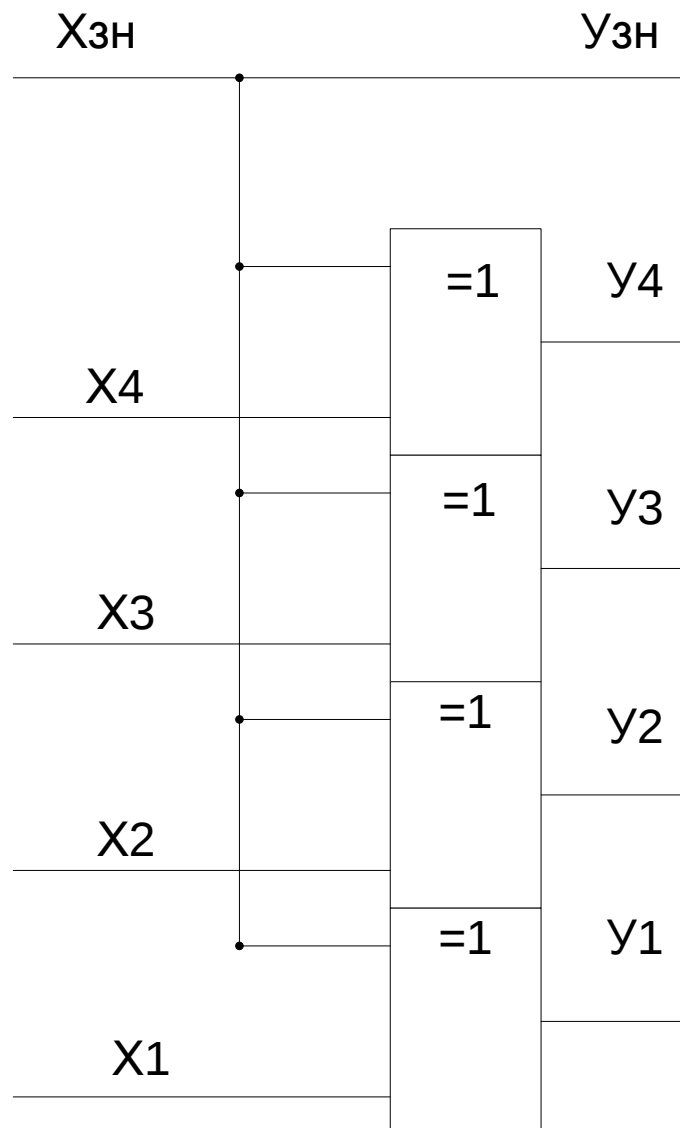


Рис. 28.1. Схема перетворювача прямого коду в обернений

Схема п'ятирозрядного перетворювача прямого коду в обернений, побудована на елементах «виключальне АБО» відповідно до виразу (28.1), показана на рис. 28.1.

Сам типовий елемент «виключальне АБО» реалізує бульову функцію (28.1) за схемою рис. 28.2.

X_{3H}	X_i	Y_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

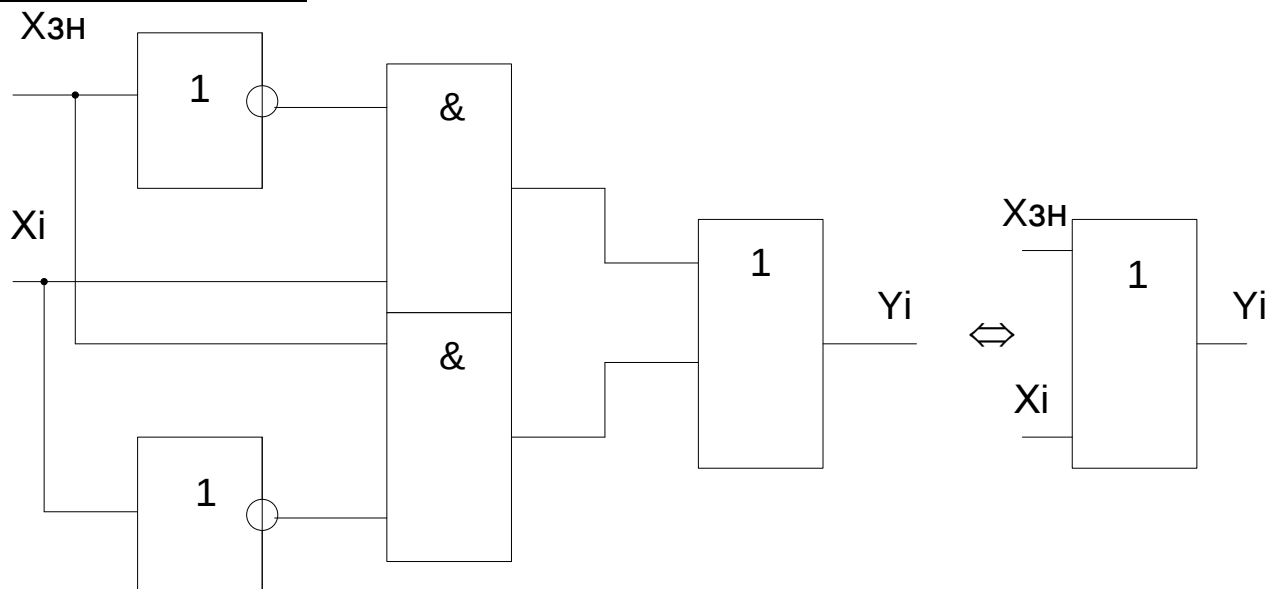


Рис. 28.2 Схема «виключальне АБО» та її позначення

28.3. Перетворювач прямого коду в доповняльний

Доповняльний код додатного двійкового числа збігається з його прямим і оберненим кодами. Доповняльний код від'ємного двійкового числа утворюється з його оберненого коду додаванням до молодшого розряду одиниці. Таким чином, операція перетворення прямого коду в доповняльний не є порозрядною і виконується значно складніше, ніж отримання оберненого коду.

Відповідність між прямим і доповняльним кодами на прикладі чотирьох цифрових розрядів (беззнакових) наведена в табл. 28.2.

Знаковий розряд прямого коду використовується як керуючий сигнал: якщо $X_{3H} = 0$, то вихідний код повторює значення вхідного; при $X_{3H} = 1$ реалізується перетворення згідно з табл. 28.2.

Таблиця 28.2

Прямий код				Доповняльний код				Прямий код				Доповняльний код			
X_4	X_3	X_2	X_1	Y_4	Y_3	Y_2	Y_1	X_4	X_3	X_2	X_1	Y_4	Y_3	Y_2	Y_1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0

0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1

Карта Карно відповідно до табл. 28.2 для отримання мінімальних форм функцій перетворення прямого коду в доповняльний показана на рис. 28.3.

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

Рис. 28.3. Карта Карно для функцій перетворювача прямого коду в доповняльний: а – Y_1 ; б – Y_2 ; в – Y_3 ; г – Y_4

На основі карт Карно з врахуванням знакового розряду X_{3H} прямого коду для функцій Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 , що представляють виходи перетворювача, отримуємо:

$$\begin{aligned} Y_{3H} &= X_{3H}; Y_1 = X_1; Y_2 = X_2 \oplus X_1 X_{3H}; \\ Y_3 &= X_3 \oplus (X_2 + X_1) X_{3H}; Y_4 = X_4 \oplus (X_3 + X_2 + X_1) X_{3H}. \end{aligned} \quad (28.2)$$

У загальному вигляді для Y_i справедливе рівняння:

$$Y_i = X_i \oplus (X_{i-1} + X_{i-2} + \dots + X_1) X_{3H}. \quad (28.3)$$

Схема перетворювача прямого коду в доповняльний на основі виразів (28.2) і (28.3) показана на рис. 28.4 а. Даний перетворювач характеризується високою швидкістю. Час встановлення вихідного коду визначається трьома затримками поширення сигналу, однак в міру зростання номера розряду лінійно зростає й необхідне число входів використовуваних елементів АБО.

	00	01	11	10
00		1	1	
01		1	1	
11		1	1	
10		1	1	

	00	01	11	10
00		1		1
01		1		1
11		1		1
10		1		1

	00	01	11	10
00		1	1	1
01	1			
11	1			
10		1	1	1

	00	01	11	10
00		1	1	1
01	1	1	1	1
11				
10	1			

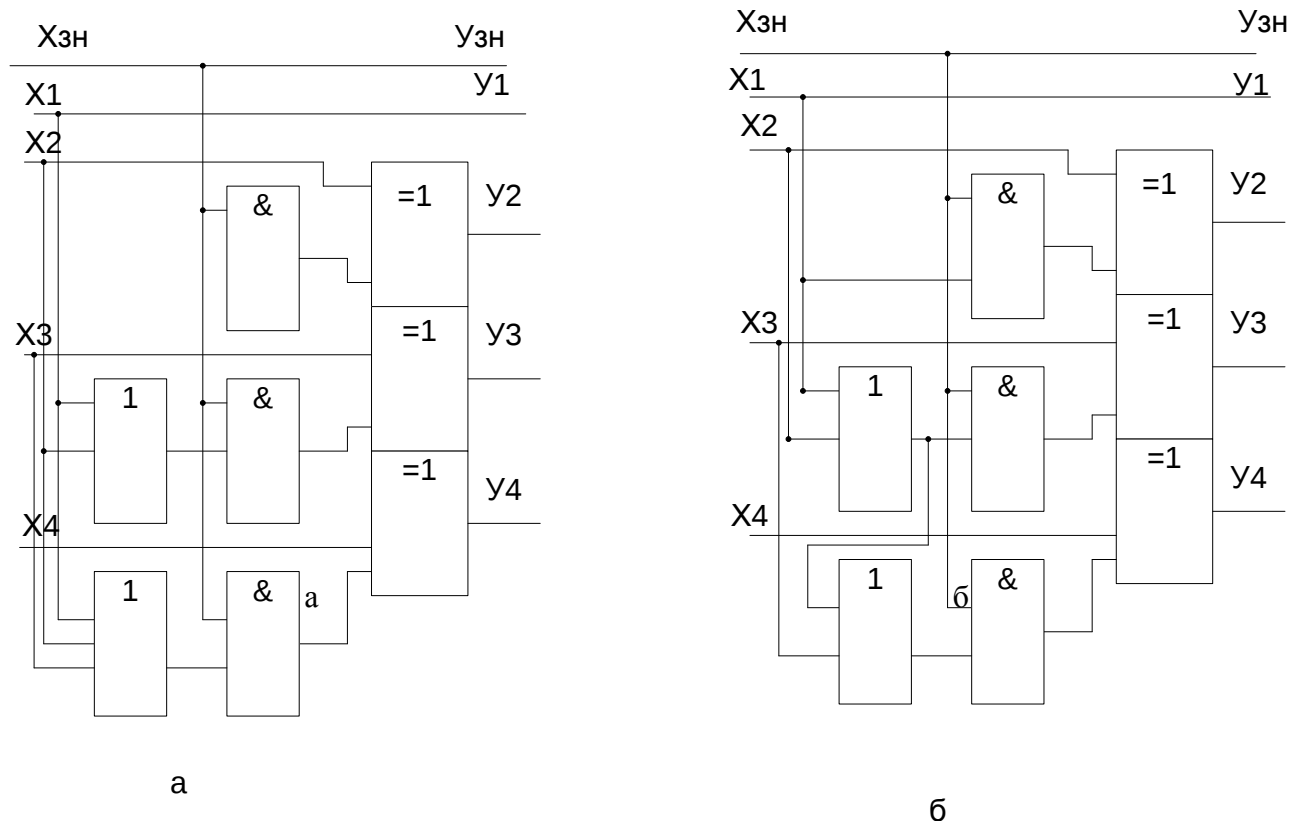


Рис. 28.4. Схеми перетворювачів прямого коду в доповняльний

Другий варіант схеми перетворювача (рис. 28.4 б) використовує тільки двовходові елементи АБО, при цьому диз'юнктивна сума змінних утворюється послідовним способом. У такій реалізації схема перетворювача спрощується, однак час встановлення вихідного коду істотно збільшується.

Практичне правило отримання доповняльного коду полягає в тому, що праворуч від першої одиниці (враховуючи і саму одиницю) в прямому коді числа значення розрядів - незмінні, а зліва від одиниці (крім знакового) - інвертуються. Наприклад, для прямого коду 10100100 доповняльним буде код 11011100.

Для перетворення в доповняльний код багаторозрядних двійкових чисел часто використовують переведення числа в обернений код і подальшого додавання одиниці до його молодшого розряду за допомогою суматора.

28.4. Перетворювач двійкових чисел у код Грея

Код Грея утворений послідовністю двійкових чисел, в яких два будь-яких сусідніх числа відрізняються тільки одним розрядом (табл. 28.3). Перше і останнє числа вважаються сусідніми. Код Грея, який називають циклічним, відноситься до незважених двійкових кодів. Достоїнствами коду Грея є: зручність кодування кутових переміщень; простота кодууючої логіки; скорочення

часу перетворення у зв'язку зі зміною значення тільки одного розряду; висока ефективність захисту від збоїв.

Недоліками коду Грея є ускладнення при виконанні арифметичних операцій і цифро-аналогових перетворень. Тому при необхідності код Грея перетворюють у двійковий код.

Таблиця 28.3

X ₄	X ₃	X ₂	X ₁	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	X ₄	X ₃	X ₂	X ₁	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0

За даними табл. 28.3 в клітинки карт Карно (рис. 28.5) внесено значення розрядів I_1, I_2, I_3, I_4 коду Грея.

За допомогою карт Карно отримуємо такі вирази для розрядів коду Грея:

$$\begin{aligned} I_1 &= \overline{X_2}X_1 + X_2\overline{X_1} = X_1 \oplus X_2; I_2 = \overline{X_3}X_2 + X_3\overline{X_2} = X_2 \oplus X_3; \\ I_3 &= \overline{X_4}X_3 + X_4\overline{X_3} = X_3 \oplus X_4; I_4 = X_4. \end{aligned} \quad (28.4)$$

Схема перетворювача прямого коду в код Грея на основі співвідношень (28.4) показана на рис. 28.6

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

$X_4X_3 \setminus X_2X_1$

Рис. 28.5. Карта Карно для коду Грея: а – I_1 , б – I_2 , в – I_3 , г – I_4

За аналогічною методикою, використовуючи табл. 28.3 і нові заповнення карт Карно, отримуємо обернене перетворення коду Грея в прямий код:

а

б

в

г

$$X_1 = I_1 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4; X_2 = I_2 \oplus I_3 \oplus I_4; X_3 = I_3 \oplus I_4; X_4 = I_4. \quad (28.5)$$

Схема перетворювача коду Грея в прямий код на основі співвідношень (28.5) показана на рис. 28.7.

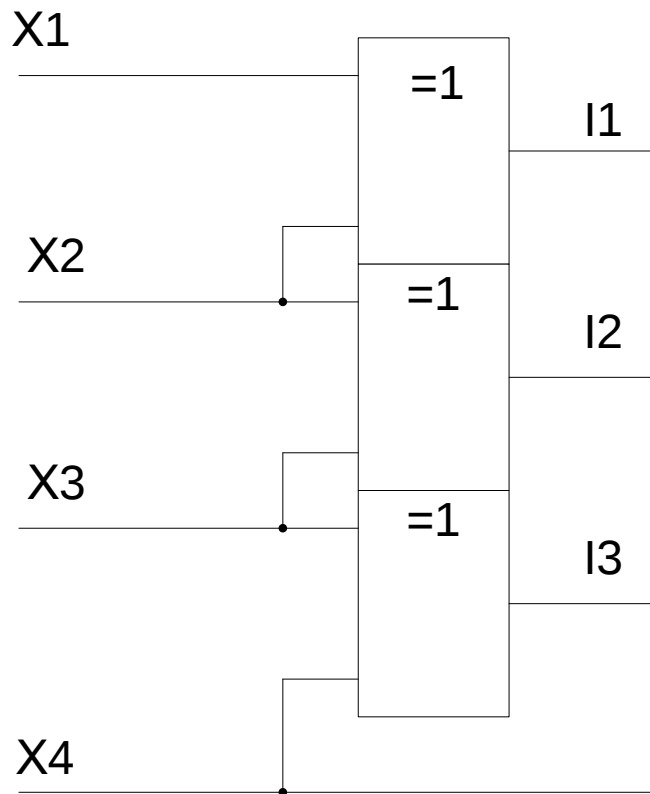


Рис. 28.6. Перетворювач прямого коду в код Грея

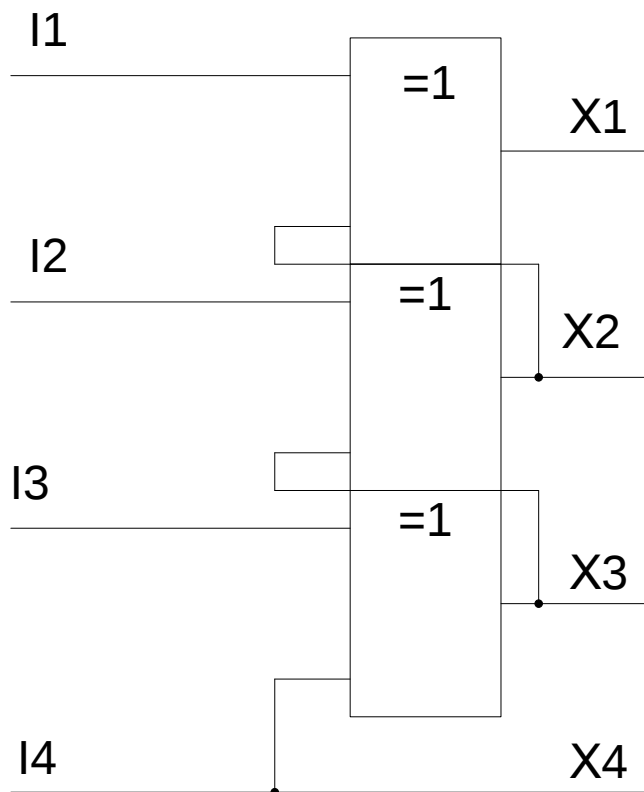
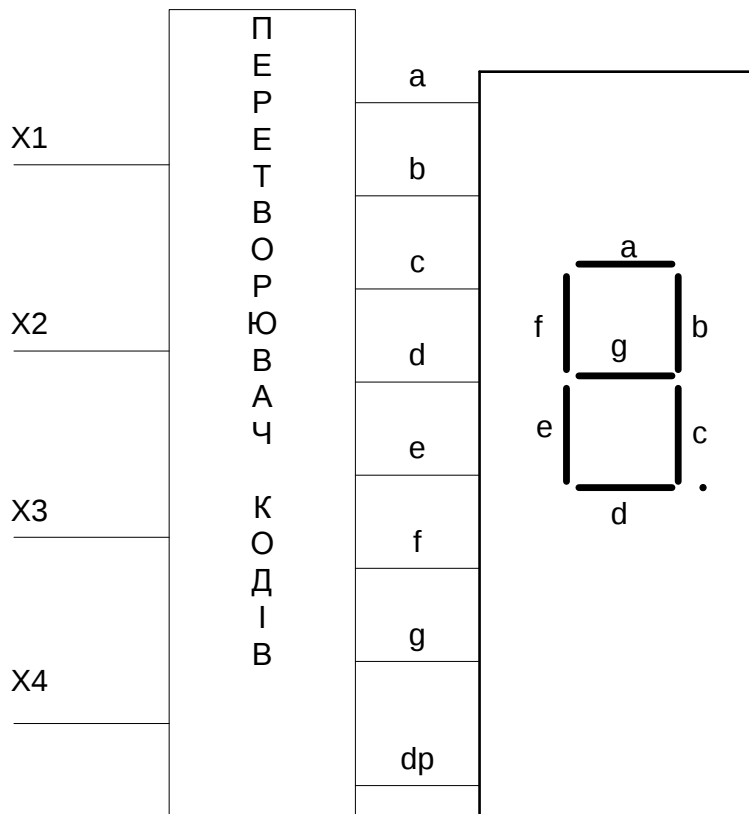


Рис. 28.7. Перетворювач коду Грея в прямий код

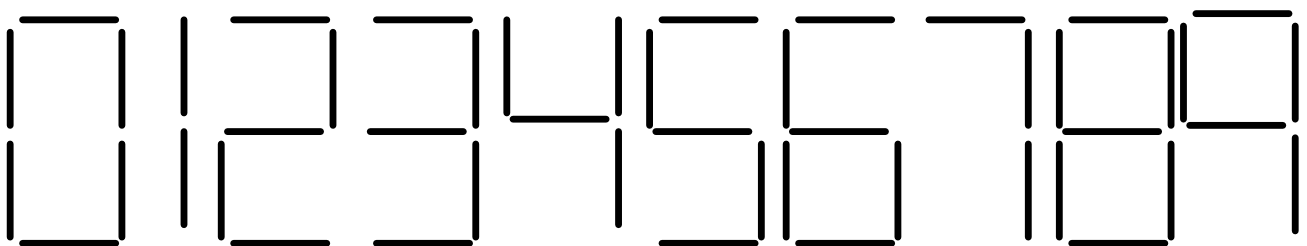
28.5. Перетворювач двійково – десяткових чисел в код семисегментного індикатора

Візуальне відображення двійково – десяткових чисел часто виконується за допомогою семисегментних індикаторів на основі електролюмінісцентних приладів, рідких кристалів або світлодіодних матриць. Кількість семисегментних індикаторів визначається розрядністю чисел, що відображаються на світловому табло - звичайно шість і більше десяткових цифр.

Десятковий код відображуваної цифри, що виводиться з обчислювального пристрою, поступає на вхід двійково - десяткового перетворювача, виходи якого $a, b, c, \dots, g$ підключаються до відповідних сегментів індикатора (рис. 28.8 *a*).



a



б

Рис. 28.8. Підключення перетворювача до індикатора (а) і відображення цифр (б)

Одиничне значення вихідного сигналу перетворювача викликає світіння сегмента, підключеного до цього виходу. Комбінації одиничних сигналів на виходах перетворювача утворюють зображення десяткової цифри в своєму розряді (рис. 28.8 б).

Відповідність між двійково-десятковим числом і необхідними для відображення десяткової цифри наборами сегментів наведена в табл. 28.4.

Таблиця 28.4

X ₄	X ₃	X ₂	X ₁	a	b	c	d	e	f	g	X ₄	X ₃	X ₂	X ₁	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

На основі даних табл. 28.4 і після їхньої мінімізації за допомогою карт Карно отримуємо систему логічних рівнянь для видів перетворювачів кодів:

$$\begin{aligned}
 a &= X_2 + X_4 + X_1 X_3 + \overline{X_1} \overline{X_3}; \\
 b &= X_1 X_2 + \overline{X_1} \overline{X_2} + \overline{X_3} + X_4; \\
 c &= X_1 + \overline{X_2} + X_3 + X_4; \\
 d &= \overline{X_1} X_2 + X_2 \overline{X_3} + \overline{X_1} \overline{X_3} + X_1 \overline{X_2} X_3 + X_4; \\
 e &= \overline{X_1} X_2 + \overline{X_1} \overline{X_3}; \\
 f &= \overline{X_1} \overline{X_2} + \overline{X_1} X_3 + \overline{X_2} X_3 + X_4; \\
 g &= \overline{X_1} X_2 + X_2 \overline{X_3} + \overline{X_2} X_3 + X_4;
 \end{aligned}
 \tag{28.6}$$

Схема перетворювача двійково – десяткового коду в керуючі сигнали семисегментного індикатора наведена на рис. 28.9.

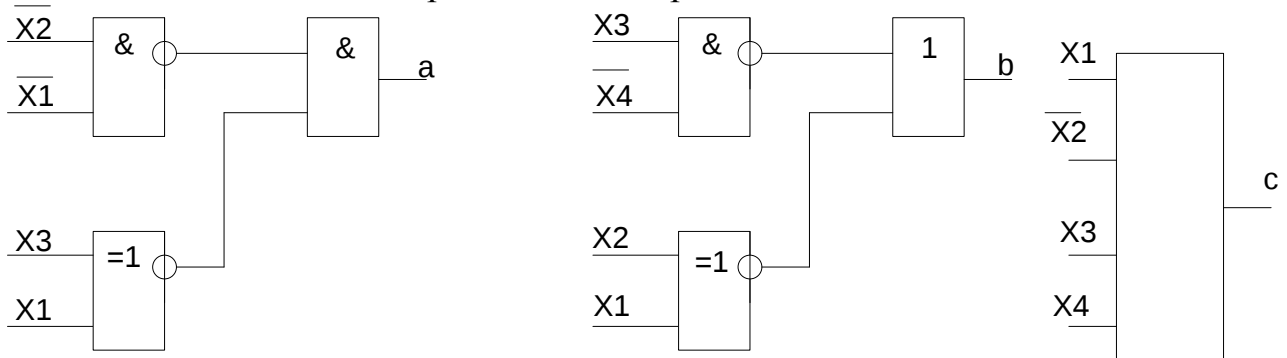


Рис.28.9. Схема перетворювача коду «8421» в код семисегментного індикатора (для виходів a, b, c)

28.6. Десятково – двійкові перетворювачі

У комп'ютерах широко використовується десятково – двійкове кодування, в якому кожна десяткова цифра зображується чотири-розрядним двійковим кодом,

тобто тетрадою двійкових символів. Число різних двійково - десяткових кодів визначається числом можливих комбінацій по десять із 16 комбінацій, які допускаються тетрадою.

Найбільш поширеним є код прямого заміщення «8421», в якому кожна десяткова цифра 0, 1, ..., 9 замінюється її двійковим еквівалентом 0000, 0001, ..., 1001. Такий код називають також зваженим Д-кодом. Наприклад, число 729_{10} у двійково-десятковому коді записується у вигляді трьох тетрад: 011100101001_{2-10} .

Для Д-кодів розроблені машинні алгоритми операцій додавання, віднімання, множення, ділення та інші. Операції над десятковими числами (десяткова арифметика) входять до складу команд комп'ютерів різних класів.

Особливістю Д-кодів є наявність десяти дозволених і шести заборонених комбінацій двійкових символів в тетраді. Поява забороненої комбінації при виконанні операцій над числами свідчить про виникнення помилки або ж про необхідність корекції результату.

Розглянемо побудову десятково – двійкового перетворювача в пристроях вводу інформації. Представимо, що на пульті є десять клавіш з гравіровкою від 0 до 9. При натисканні будь – якої з них на вхід перетворювача подається одиничний сигнал ($X_0 - X_9$). На виході перетворювача повинен з'явитися двійковий код ($Y_1, Y_2, \dots$) цього десятичного числа. Як видно з таблиці 28.5, в такому випадку необхідно мати перетворювач з десятьма входами і чотирьма виходами.

Таблиця 28.5

Десятичні числа	Двійковий код			
	Y_4	Y_3	Y_2	Y_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

На виході Y_1 одиниця з'явиться при натисканні будь – якої непарної клавіші X_1, X_3, X_5, X_7, X_9 , тобто маємо:

$$Y_1 = X_1 + X_3 + X_5 + X_7 + X_9 \quad (28.7)$$

Для інших виходів маємо бульові функції (табл. 28.5):

$$Y_2 = X_2 + X_3 + X_6 + X_7;$$

$$Y_3 = X_4 + X_5 + X_6 + X_7;$$

$$Y_4 = X_8 + X_9.$$

(28.8)

Відповідно, для перетворювача коду знадобиться чотири елементи АБО: п'ятивходовий, два чотиривходові і двовходовий (Рис. 28.10).

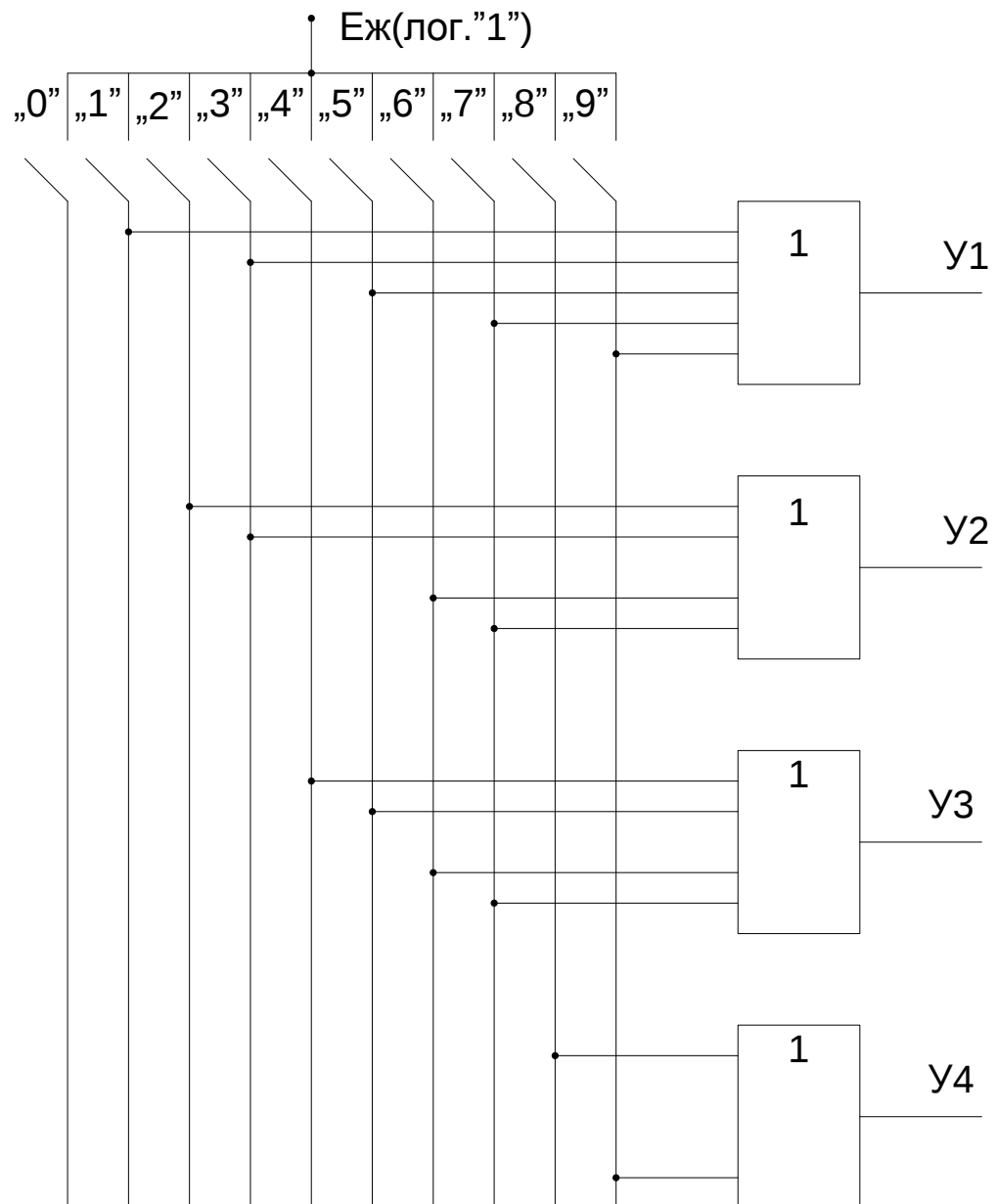


Рис. 28.10. Перетворювач одиничного десяткового коду в двійковий

Контрольно-навчальний тест до лекції №28.

Питання №28.1

Які логічні елементи необхідно застосувати для перетворення тільки прямого від'ємного числа в обернений?

Питання №28.2

Як створюється доповняльний код від'ємного двійкового числа?

Питання №28.3

Як створюється доповняльний код додатнього двійкового числа?

Питання №28.4

Яка найбільш суттєва відмінність коду Грея від інших кодів?

Питання №28.5

Якщо порівняти логічні функції „f” і „g” (28.6), то можна

Питання №28.6

Що таке зважений Д – код?

Питання №28.7

При натисненні клавіші „6” (рис. 28.10) які логічні сигнали з'являються на виходах $Y_4 \dots Y_1$?

Питання №28.8

Як перебудувати схему рис. 28.10 для перетворення від'ємних десяткових чисел в обернений двійковий код?

Вибір правильної відповіді:

- 1 - елементи „АБО”
- 2 - елемент „І”
- 3 - інвертори
- 4 - виключальне „АБО”

Вибір правильної відповіді:

- 1 - з його оберненого коду і додаванням до молодшого розряду одиниці
- 2 - інвертування коду і віднімання від нього одиниці

Вибір правильної відповіді:

- 1 - інвертуванням
- 2 - без змін
- 3 - додаванням одиниці

Вибір правильної відповіді:

- 1 - простота кодууючої логіки
- 2 - незваженість двійкових кодів
- 3 - сусідні числа відрізняються тільки одним розрядом
- 4 - циклічність

Вибір правильної відповіді:

- 1 - скористатись тільки однією функцією
- 2 - частково об'єднати ці функції і зменшити відповідно апаратурні витрати на їх реалізацію

Вибір правильної відповіді:

- 1 - код прямого заміщення двійкових чисел десятковими
- 2 - код прямого заміщення десяткових цифр 0, 1, ..., 9 двійковими еквівалентами 0000, 0001, ..., 1001

Вибір правильної відповіді:

- 1 - $Y_4 = 0$; $Y_3 = 1$;
 $Y_2 = 0$; $Y_1 = 1$
- 2 - $Y_4 = 0$; $Y_3 = 0$;
 $Y_2 = 1$; $Y_1 = 1$
- 3 - $Y_4 = 0$; $Y_3 = 1$;
 $Y_2 = 1$; $Y_1 = 0$

Вибір правильної відповіді:

- 1 - включити на виходах $Y_4 - Y_1$ інвертори
- 2 - на виходах $Y_4 - Y_1$ включити інвертори і сформувати $Y_5 = 1$
- 3 - замість елементів „АБО” включити „АБО - НЕ”