

Типовые узлы комбинационного типа

- **Преобразователи кодов** служат для перевода одной формы числа в другую.
- Их входные и выходные переменные однозначно связаны между собой.
- Эту связь можно задать таблицами переключений или логическими функциями.

Двоично-десятичное кодирование

- Исторически процесс преобразования десятичных чисел:
 - в устройстве ввода информации происходило кодирование десятичных чисел цифрами 1 и 0 (двоично-десятичное кодирование);
 - затем десятичные числа, закодированные с помощью цифр 0 и 1, преобразовывались вычислительной машиной в двоичные числа, над которыми выполнялись различные машинные операции.

Двоичные коды для десятичных цифр

- В ряде случаев в вычислительной технике применяется не только двоичная, но и десятичная система счисления.
- Однако и в этом случае для представления десятичных цифр используется **оборудование, разработанное для представления двоичных цифр.**
- В этом случае говорят о **двоично-десятичных кодах десятичных цифр.**

Двоично-десятичный код

- **Двоично-десятичный код** (англ. *binary-coded decimal*), **BCD**, 8421-BCD — форма записи целых чисел, когда каждый десятичный разряд числа записывается в виде его четырёхбитного двоичного кода.
- Он используется для представления цифр от 0 до 9. Обозначение 8421 относится к двоичному весу 4 разрядов.

Двоично-десятичные коды

- Для представления информации в десятичной системе счисления и выполнения операций над десятичными числами в цифровых устройствах используется двоично-десятичное кодирование.
- В двоично-десятичном кодировании каждая цифра представляется группой двоичных цифр.
- Число битов в таких группах строго фиксируется (их должно быть не менее четырёх) с сохранением всех левых нулевых разрядов.

Кодирование

- В связи с этим для ускорения процесса обработки информации была предусмотрена возможность выполнения операций над числами, закодированными с использованием двоично-десятичного кода.
- При двоично-десятичном кодировании каждый разряд десятичного числа заменяется m двоичными разрядами.
- Если для записи десятичной цифры используются четыре разряда (тетрада), то процесс кодирования будет иметь вид
$$a_j = q_1 \cdot p_1 + q_2 \cdot p_2 + q_3 \cdot p_3 + q_4 \cdot p_4$$

где a_j – разряд десятичного числа; q_1, q_2, q_3, q_4 – разряды двоичного кода; p_1, p_2, p_3, p_4 – вес разрядов двоичного кода.

Двоично-десятичные коды

Десятичные цифры	Код 8421	Код 2421
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0010
3	0011	0011
4	0100	0100
5	0101	1011
6	0110	1100
7	0111	1101
8	1000	1110
9	1001	1111

Веса разрядов этих кодов равны: для кода 8421 – $p_1 = 1$, $p_2 = 2$, $p_3 = 4$, $p_4 = 8$; для кода 2421 – $p_1 = 2$, $p_2 = 4$, $p_3 = 2$, $p_4 = 1$. То есть, в соответствии с выражением (2.3) кодирование, например, десятичной цифры 7 различным двоично-десятичным кодом можно представить как:

- кодом 8421

$$7 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 8;$$

- кодом 2421

$$7 = 1 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2;$$

Двоично-десятичные коды

Наиболее распространены **двоично-десятичные коды**, в которых для представления десятичных цифр используются **позиционные методы кодирования**.

Так, если рассматривать четыре двоичных разряда тетрады как четырехразрядное двоичное число, то веса ее отдельных разрядов слева направо будут равны соответственно 8, 4, 2 и 1.

Код “8421” можно назвать кодом с естественными весами. В этом коде каждая десятичная цифра представляется ее двоичным эквивалентом : цифра 0 как 0000, цифра 1 как 0001, цифра 2 как 0010, цифра 5 как 0101, цифра 8 как 1000, цифра 9 как 1001.

- В то же время, имея четыре двоичных цифры, можно представить не 10, а 16 различных комбинаций.
- Таким образом, при использовании кода “8421” шесть комбинаций: 1010, 1011, ..., 1111 останутся неиспользованными, т.е. не будут изображать ни одной из десятичных цифр.
- Эти комбинации считаются запрещенными.

Код “2421”

- позиционный код, построенный с использованием тетрады двоичных цифр, веса которых слева направо равны соответственно : 2, 4, 2 и 1.

Представим коды цифр в таблице:

Цифр а	Код “2421”	Цифр а	Код “2421”
0	0000	5	0101 или 1011
1	0001	6	0110 или 1100
2	0010 или 1000	7	0111 или 1101
3	0011 или 1001	8	1110
4	0100 или 1010	9	1111

ряд десятичных цифр могут быть представлены двумя не совпадающими двоичными комбинациями

Код “2 из 5”

- Данный код принадлежит к непозиционным кодам. Как и все непозиционные коды он определяется табличным способом.
- Его название отражает принцип построения кода: любая десятичная цифра представляется комбинацией из 5 двоичных цифр, в которой точно две цифры 1 и, следовательно, три цифры 0. Представим таблицу одного из возможных вариантов для данного кода:

Цифра	Код	Цифра	Код
0	11000	5	01010
1	00011	6	01100
2	00101	7	10001
3	00110	8	10010
4	01001	9	10100

Представим числа D и C в двоично-десятичной форме

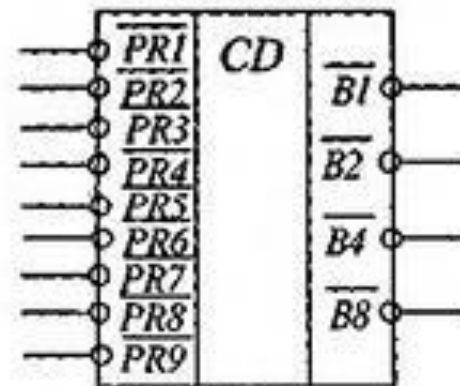
$$D = 3927_{10} = 0011\ 1001\ 0010\ 0111_{\text{BCD}}$$

$$C = 4856_{10} = 0100\ 1000\ 0101\ 0110_{\text{BCD}}$$

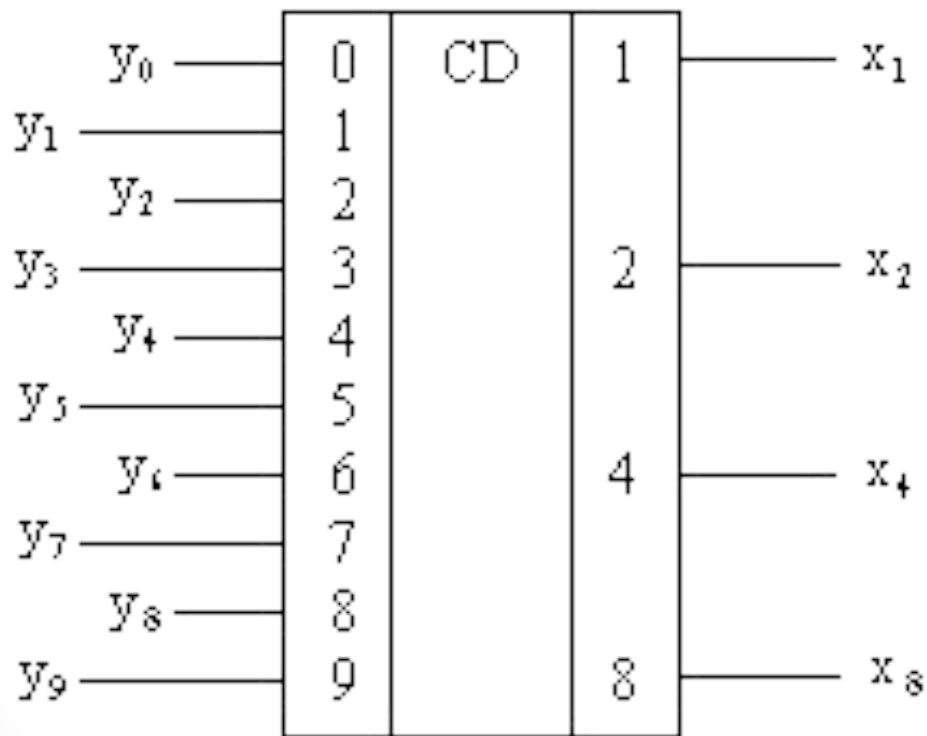
ШИФРАТОРЫ/ ДЕШИФРАТОРЫ

Шифратор, (называемый так же кодером)

- Устройство, осуществляющее преобразование десятичных чисел в двоичную систему счисления.
- **Шифратор** - это логическое устройство, выполняющее преобразование позиционного кода в n разрядный двоичный код.



Пусть в шифраторе имеется m входов, последовательно пронумерованных десятичными числами $(0, 1, 2, 3, \dots, m - 1)$, и n выходов. Подача сигнала на один из входов приводит к появлению на выходах n -разрядного двоичного числа, соответствующего номеру возбужденного входа.



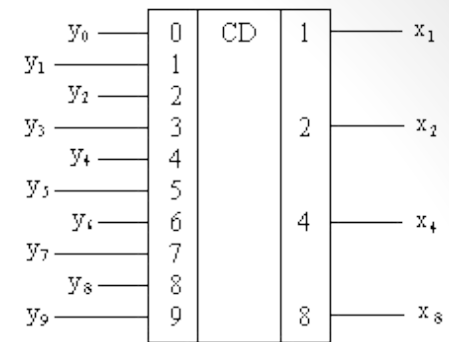
На рисунке приведено символическое изображение шифратора, преобразующего десятичные числа 0, 1, 2, ..., 9 в двоичное представление в коде **8421**.

Типовые узлы комбинационного типа

- **Шифратор** преобразует одиночный сигнал в n -разрядный двоичный код.
- Наибольшее применение он находит в устройствах ввода информации (пультах управления) для преобразования десятичных чисел двоичную систему счисления.

Символ CD образован из букв, входящих в английское слово CODER.

Десятичное число	Двоичный код 8421			
	x_8	x_4	x_2	x_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



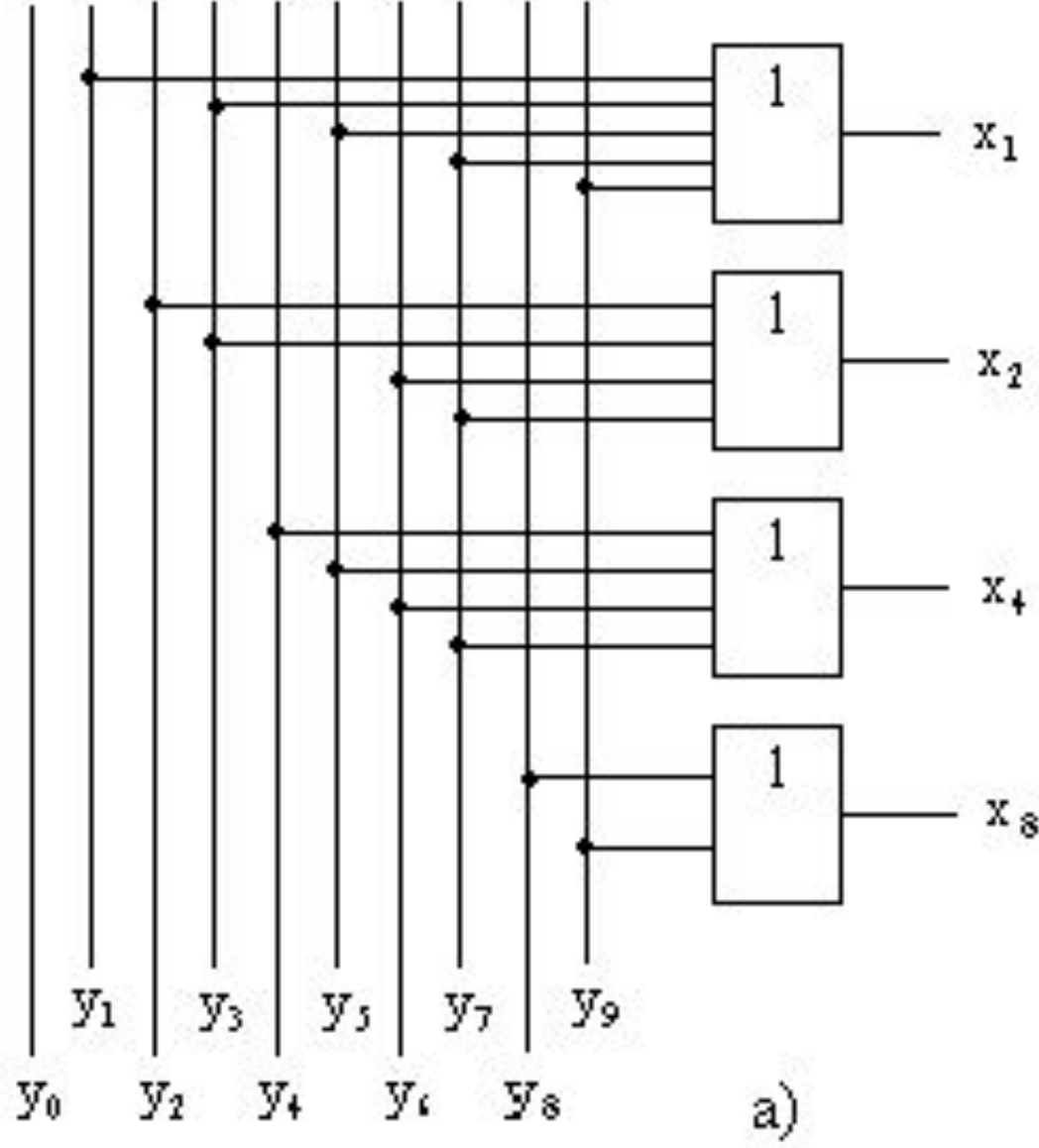
- На рисунке приведено символическое изображение шифратора, преобразующего десятичные числа 0, 1, 2, ..., 9 в двоичное представление в коде 8421
- Слева показано 10 входов, обозначенных десятичными цифрами 0, 1, ..., 9. Справа показаны выходы шифратора: цифрами 1, 2, 4, 8 обозначены весовые коэффициенты двоичных разрядов, соответствующих отдельным выходам.

СДНФ шифратора 8421

Из приведенного в табл. выше соответствия десятичного и двоичного кодов следует, что переменная x_1 на выходной шине 1 имеет уровень лог. 1, если имеет этот уровень одна из входных переменных y_1, y_3, y_5, y_7, y_9 .

- Следовательно, $x_1 = y_1 \vee y_3 \vee y_5 \vee y_7 \vee y_9$.
- Для остальных выходов $x_2 = y_2 \vee y_3 \vee y_6 \vee y_7$;
 $x_4 = y_4 \vee y_5 \vee y_6 \vee y_7$;
 $x_8 = y_8 \vee y_9$.

Этой системе логических
выражений соответствует схема на
рис. а



Построение схемы шифратора на элементах ИЛИ-НЕ

$$\overline{x_1} = \overline{y_1 \vee y_3 \vee y_5 \vee y_7 \vee y_9} = y_1 \downarrow y_3 \downarrow y_5 \downarrow y_7 \downarrow y_9;$$

$$\overline{x_2} = y_2 \downarrow y_3 \downarrow y_6 \downarrow y_7;$$

$$\overline{x_4} = y_4 \downarrow y_5 \downarrow y_6 \downarrow y_7;$$

$$\overline{x_8} = y_8 \downarrow y_9.$$

При выполнении шифратора на элементах И-НЕ следует пользоваться следующей системой логических выражений:

$$x_1 = \overline{\overline{y_1 \vee y_3 \vee y_5 \vee y_7 \vee y_9}} = \overline{\overline{y_1} \cdot \overline{y_3} \cdot \overline{y_5} \cdot \overline{y_7} \cdot \overline{y_9}} = \overline{y_1} \mid \overline{y_3} \mid \overline{y_7} \mid \overline{y_9};$$

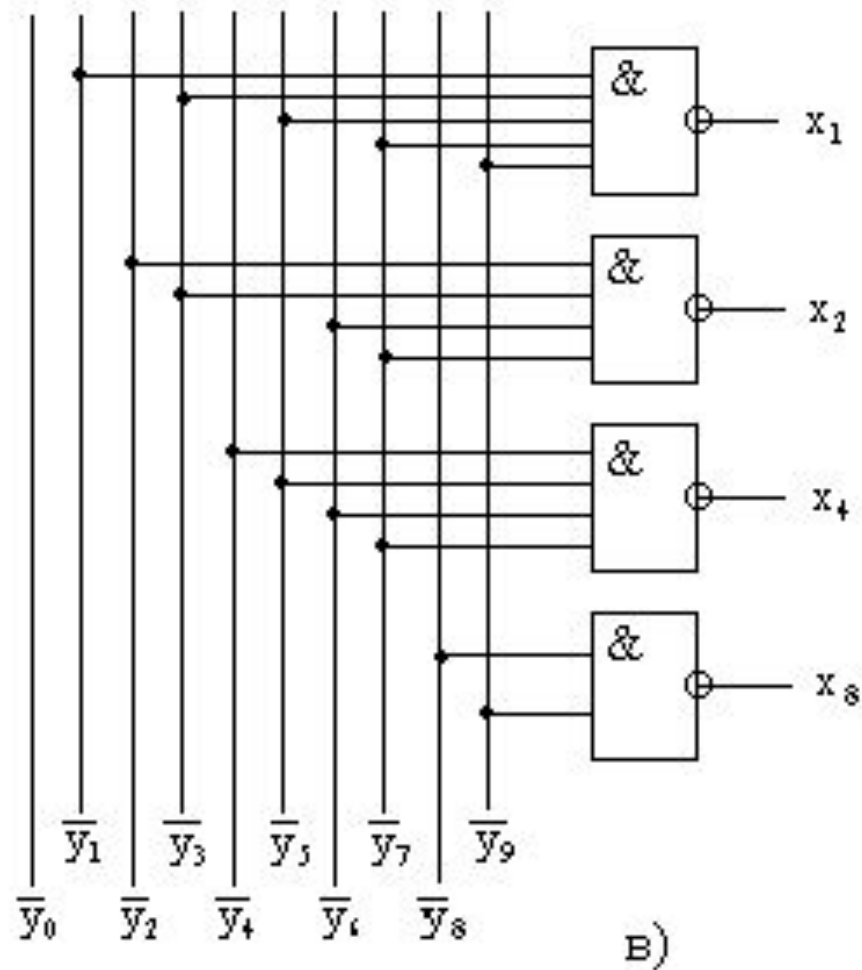
$$x_2 = \overline{y_2} \mid \overline{y_3} \mid \overline{y_6} \mid \overline{y_7};$$

$$x_4 = \overline{y_4} \mid \overline{y_5} \mid \overline{y_6} \mid \overline{y_7};$$

$$x_8 = \overline{y_8} \mid \overline{y_9}.$$

- В этом случае предусмотрена подача на входы инверсных значений, т. е. для получения на выходе двоичного представления некоторой десятичной цифры необходимо на соответствующий вход подать лог. 0, а на остальные входы - лог.1.

Схема шифратора, выполненная
на элементах И-НЕ, приведена
на рис. в



Применение шифраторов

- Шифраторы используются для преобразования в двоичную систему счисления относительно небольших десятичных чисел.
- Шифраторы широко используются в разнообразных устройствах ввода информации в цифровые системы.
- Такие устройства могут снабжаться клавиатурой, каждая клавиша которой связана с определенным входом шифратора. При нажатии выбранной клавиши подается сигнал на определенный вход шифратора, и на его выходе возникает двоичное число, соответствующее выгравированному на клавише символу.

Дешифраторы

- Или **декодеры** – это устройства для обратного преобразования двоичных чисел в небольшие по значению десятичные числа.

Типовые узлы комбинационного типа

- **Дешифраторы**
- Дешифраторы ДС имеют несколько входов (n) и несколько выходов (N) и предназначены для преобразования входного кода в сигнал только на одном из выходов.
- Обычно $N = 2^n$. Такие дешифраторы называются *полными*.

Типовые узлы комбинационного типа

- **Дешифраторы**
- Входной сигнал рассматривается как двоичное число.
- При поступлении числа на входы дешифратора только на одном его выходе, номер которого равен числу на входе, выдается сигнал «1», а на остальных выходах — сигнал «0».

Типовые узлы комбинационного типа

- **Дешифраторы**
- Нумерация выходов начинается с «0».
- Например, если дешифратор имеет три входа и на него поступает сигнал «101», то на пятом выходе возникнет сигнал «1», а на остальных выходах – «0».
- Дешифраторы используются, например, в устройствах памяти для выбора заданной ячейки по ее адресу.

Дешифраторы (ДШ) —

это комбинационные схемы

с n входами и $m = 2^n$ выходами.

Единичный сигнал, формирующийся на одном из m выходов, однозначно соответствует комбинации входных сигналов

Таблица истинности дешифратора

Входы			Выходы					
x_1	x_2	x_3	y_0	y_1	...	y_5	...	y_7
0	0	0	1	0		0		0
0	0	1	0	1		0		0
0	1	0	0	0		0		0
0	1	1	0	0		0		0
1	0	0	0	0	...	0	...	0
1	0	1	0	0		1		0
1	1	0	0	0		0		0
1	1	1	0	0		0		1

Логические зависимости дешифратора

$$y_0 = \overline{\overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3}}$$

$$y_1 = \overline{x_1} \overline{x_2} x_3$$

$$y_2 = \overline{x_1} x_2 x_3$$

$$y_3 = x_1 x_2 x_3$$

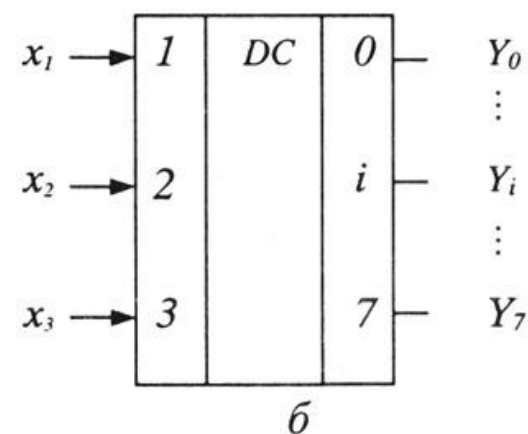
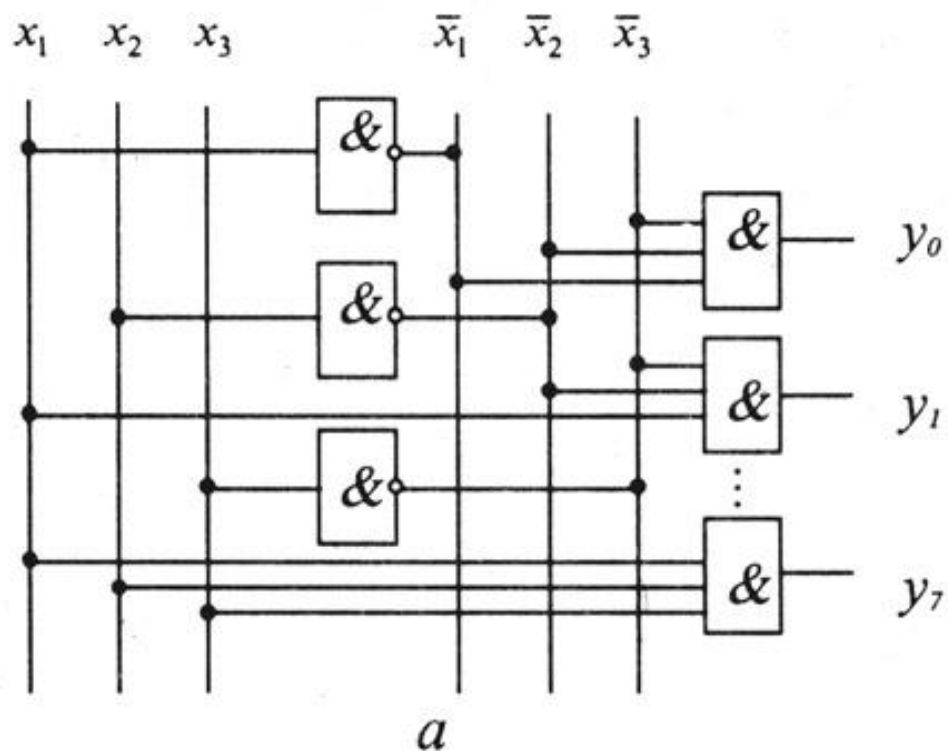
$$y_4 = x_1 \overline{x_2} \overline{x_3}$$

$$y_5 = x_1 x_2 \overline{x_3}$$

$$y_6 = x_1 x_2 x_3$$

$$y_7 = x_1 x_2 x_3$$

Структурная схема дешифратора (а) и обозначение дешифратора на принципиальных электрических схемах (б)



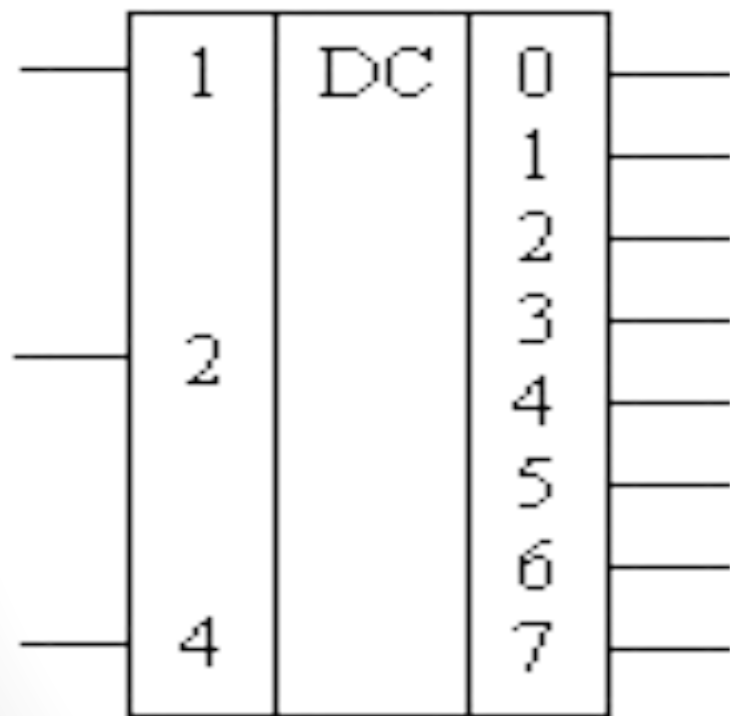
Входы и выходы дешифратора

- Входы дешифратора предназначены для подачи двоичных чисел, выходы последовательно нумеруются десятичными числами.
- При подаче на входы двоичного числа появляется сигнал на определенном выходе, номер которого соответствует входному числу.

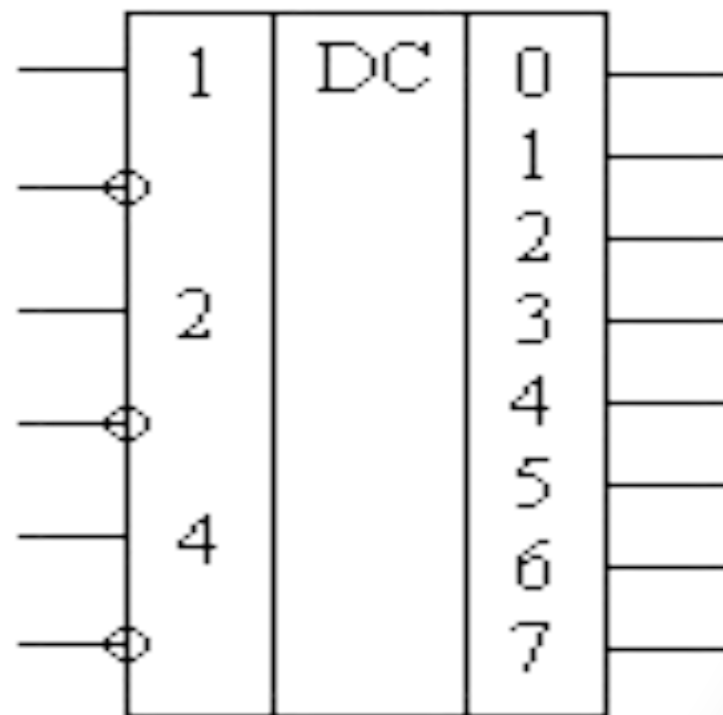
Применение дешифраторов

- Используются в устройствах, печатающих на бумаге выводимые из цифрового устройства числа или текст.
- В таких устройствах двоичное число, поступая на вход дешифратора, вызывает появление сигнала на определенном его выходе.
- С помощью этого сигнала производится печать символа, соответствующего входному двоичному числу.

Символическое изображение дешифратора



а)



б)

Обозначение дешифратора

- Символ **DC** образован из букв английского слова **DECODER**.
- Слева показаны входы, на которых отмечены весовые коэффициенты двоичного кода.
- Справа - выходы, пронумерованные десятичными числами, соответствующими отдельным комбинациям входного двоичного кода.
- На каждом выходе образуется уровень лог. 1 при строго определенной комбинации входного кода.

Виды дешифраторов

- По способу построения различают линейные и прямоугольные дешифраторы

Линейный дешифратор

Входной код 8421				Номер выхода
x_8	x_4	x_2	x_1	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

СДНФ линейного дешифратора

* **

$$y_0 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1};$$

$$y_1 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot x_1;$$

$$y_2 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot x_2 \cdot \overline{x_1};$$

$$y_3 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot x_2 \cdot x_1;$$

$$y_4 = \overline{x_8} \cdot x_4 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1};$$

$$y_5 = \overline{x_8} \cdot x_4 \cdot \overline{x_2} \cdot x_1;$$

$$y_6 = \overline{x_8} \cdot x_4 \cdot x_2 \cdot \overline{x_1};$$

$$y_7 = \overline{x_8} \cdot x_4 \cdot x_2 \cdot x_1;$$

$$y_8 = x_8 \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1};$$

$$y_9 = x_8 \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot x_1;$$

(22)

$$\overline{y_0} = \overline{\overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1}} = \overline{x_8} \mid \overline{x_4} \mid \overline{x_2} \mid \overline{x_1};$$

$$\overline{y_1} = \overline{x_8} \mid \overline{x_4} \mid \overline{x_2} \mid x_1;$$

$$\overline{y_2} = \overline{x_8} \mid \overline{x_4} \mid x_2 \mid \overline{x_1};$$

$$\overline{y_3} = \overline{x_8} \mid \overline{x_4} \mid x_2 \mid x_1;$$

$$\overline{y_4} = \overline{x_8} \mid x_4 \mid \overline{x_2} \mid \overline{x_1};$$

$$\overline{y_5} = \overline{x_8} \mid x_4 \mid \overline{x_2} \mid x_1;$$

$$\overline{y_6} = \overline{x_8} \mid x_4 \mid x_2 \mid \overline{x_1};$$

$$\overline{y_7} = \overline{x_8} \mid x_4 \mid x_2 \mid x_1;$$

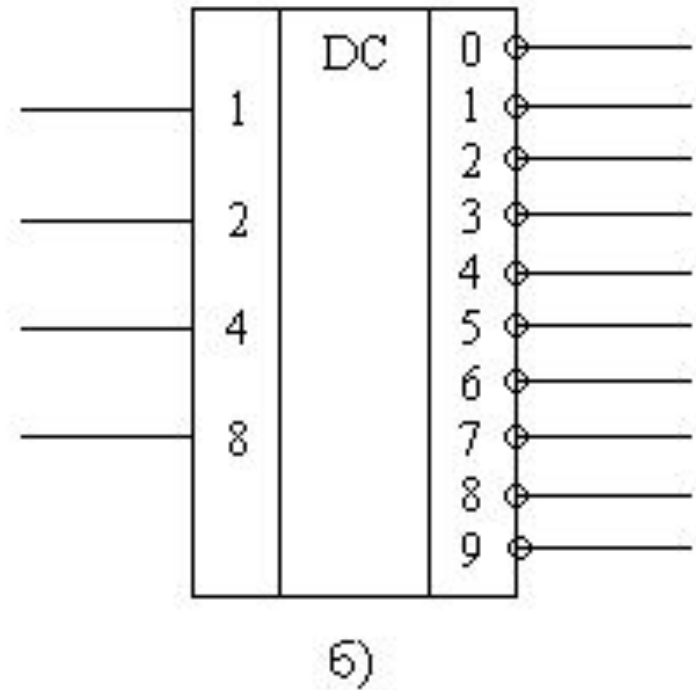
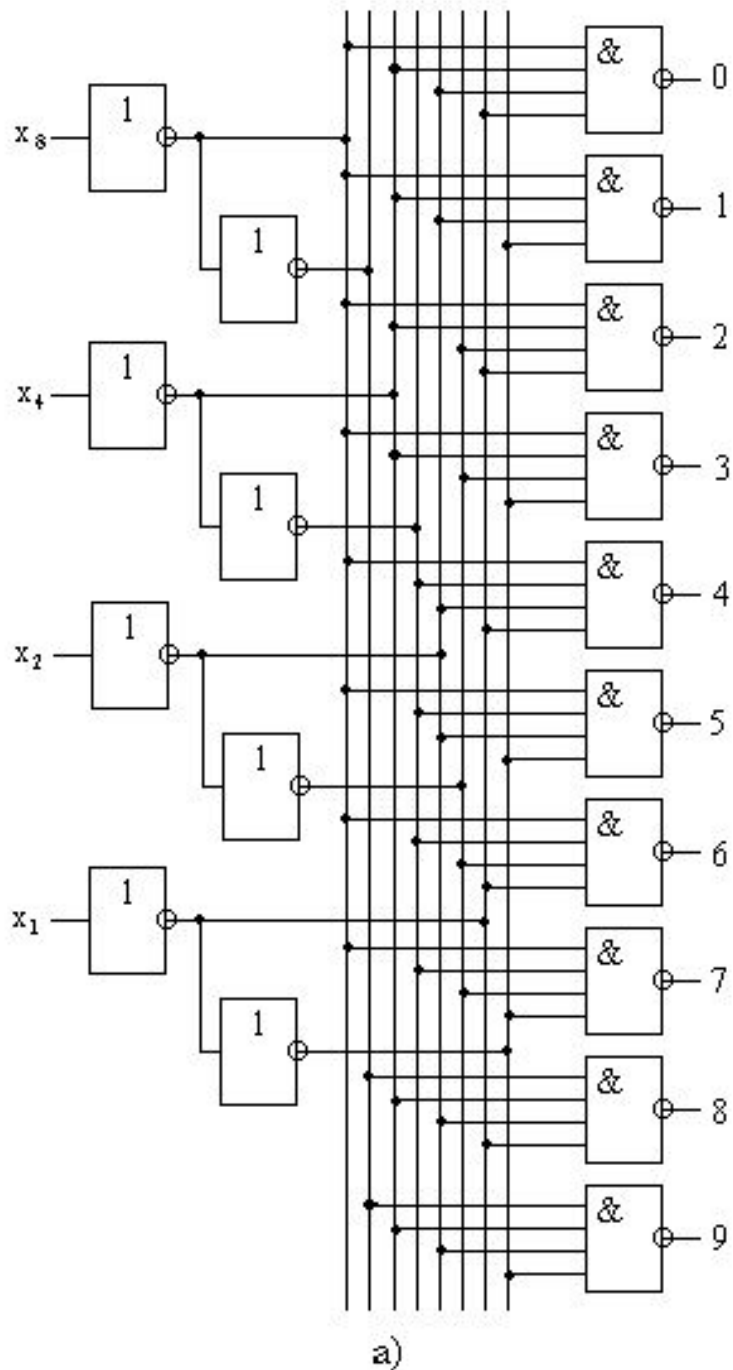
$$\overline{y_8} = x_8 \mid \overline{x_4} \mid \overline{x_2} \mid \overline{x_1};$$

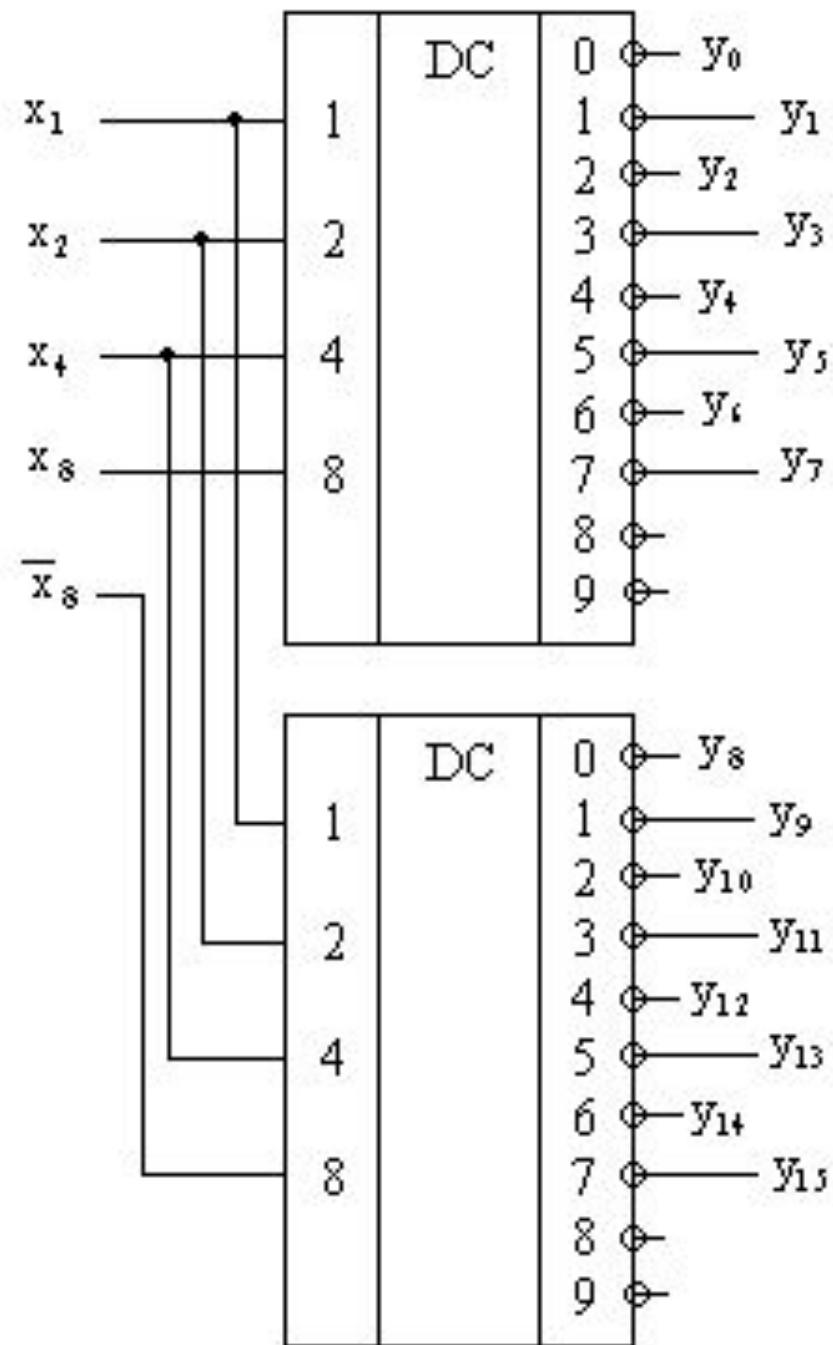
$$\overline{y_9} = x_8 \mid \overline{x_4} \mid \overline{x_2} \mid x_1.$$

(23)

- Значения выходных переменных определяются следующими логическими выражениями:
- В линейном дешифраторе выходные переменные формируются по (*) либо (**).
- При выполнении дешифратора на элементах И-НЕ пользуются (**), получая инверсии выходных функций. В этом случае каждой комбинации входного кода будет соответствовать уровень лог. 0 на строго определенном выходе, на остальных выходах устанавливается уровень лог. 1.

Структура дешифратора,
построенного на
элементах И-НЕ, и его
изображение в схемах





Дешифратор с 16 выходами для дешифрирования всех возможных комбинаций четырехразрядного двоичного кода 8421 можно построить из двух рассмотренных дешифраторов с 10 выходами.

В каждом из дешифраторов используется по 8 выходов, которые и образуют требуемые 16 выходов ($y_0, y_1, \dots, y_{15}$).

Прямоугольный дешифратор

$$y'_0 = \overline{x}_8 \cdot \overline{x}_4;$$

$$y'_1 = \overline{x}_8 \cdot x_4;$$

$$y'_2 = x_8 \cdot \overline{x}_4;$$

$$y'_3 = x_8 \cdot x_4;$$

$$y''_0 = \overline{x}_2 \cdot \overline{x}_1;$$

$$y''_1 = \overline{x}_2 \cdot x_1;$$

$$y''_2 = x_2 \cdot \overline{x}_1;$$

$$y''_3 = x_2 \cdot x_1;$$

- Разобьем входные переменные x_8, x_4, x_2, x_1 на две группы по две переменные в каждой: x_8, x_4 , и x_2, x_1 . Каждую пару переменных используем в качестве входных переменных отдельного линейного дешифратора на четыре выхода

Выходные переменные линейных дешифраторов определяются следующими логическими выражениями:

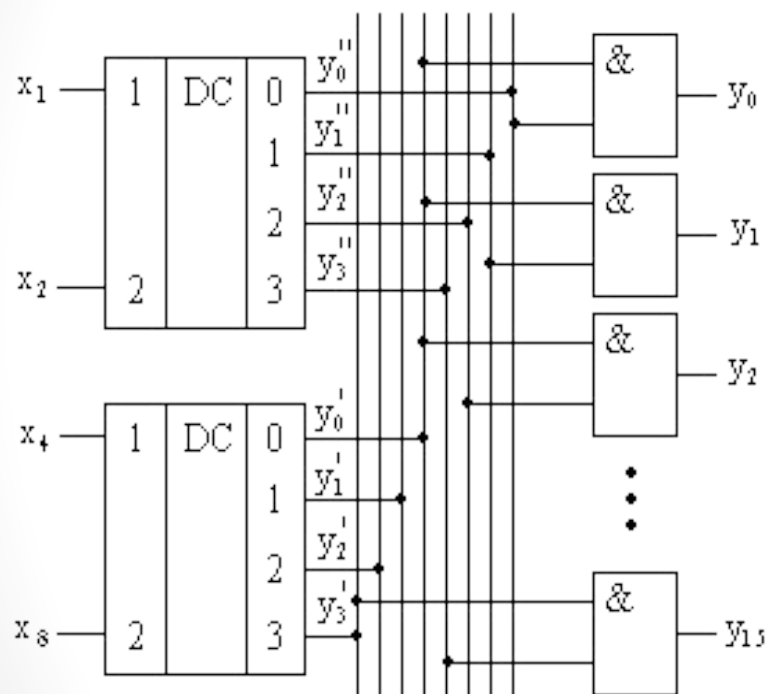
$$y_0 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_1} = y'_0 \cdot y''_0;$$

$$y_1 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot \overline{x_2} \cdot x_1 = y'_0 \cdot y''_1;$$

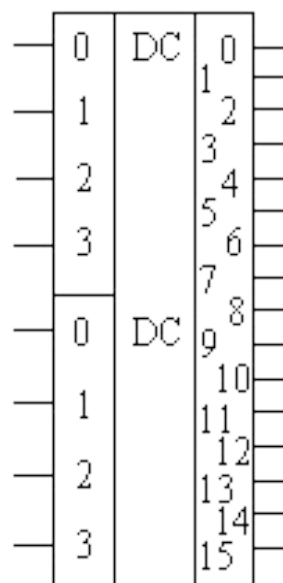
$$y_2 = \overline{x_8} \cdot \overline{x_4} \cdot x_2 \cdot \overline{x_1} = y'_0 \cdot y''_2;$$

.....

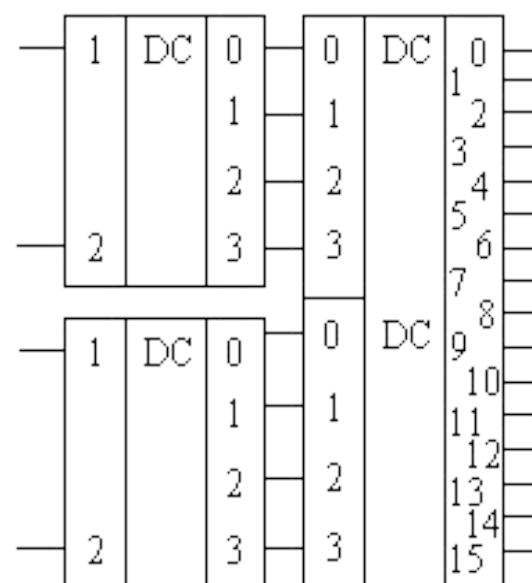
$$y_3 = x_8 \cdot x_4 \cdot x_2 \cdot x_1 = y'_3 \cdot y''_3.$$



a)



б)



в)

Преобразователи кодов

В цифровых устройствах часто возникает необходимость преобразования числовой информации из одной двоичной системы в другую (из одного двоичного кода в другой)

Примером такого преобразования может служить преобразование чисел из двоичного кода 8421, в котором выполняются арифметические операции, в двоичный код 2 из 5 для передачи по линии связи.

Эта задача выполняется устройствами, называемыми **преобразователями кодов**.

Для преобразования кодов МОЖНО ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ДВУМЯ МЕТОДАМИ

- основанным на преобразовании исходного двоичного кода в десятичный и последующем преобразовании десятичного представления в требуемый двоичный код;
- основанным на использовании логического устройства комбинационного типа, непосредственно реализующего данное преобразование.

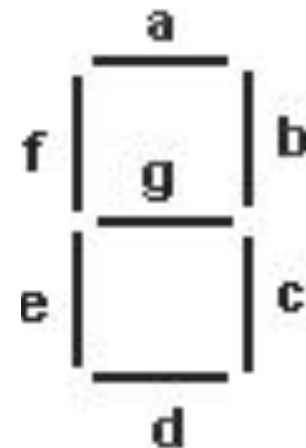
- Первый метод структурно реализуется соединением дешифратора и шифратора и удобен в случаях, когда можно использовать стандартные дешифраторы и шифраторы в интегральном исполнении

второй метод: Преобразование кода 8421 в код 2421

Код 8421				Код 2421			
x_4	x_3	x_2	x_1	y_4	y_3	y_2	y_1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1

Преобразователь двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора.

Цифра	8	4	2	1	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1



ДЗ

- Применение шифраторов и дешифраторов
- Привести примеры схем

