



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Название кафедры»

**Методические указания к
курсовой работе**
по дисциплинам

**«Схемотехника цифровых
измерительных устройств»
«Схемотехника цифровых
устройств»**

Авторы
Вяликов И. Л.,
Сыроватка В. Н.

Ростов-на-Дону, 2019



Аннотация

Методические указания к курсовой работе предназначены для студентов всех форм обучения направления 12.03.01 Приборостроение.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры
«Приборостроение и
биомедицинская инженерия»
Вяликов И.Л.,
старший преподаватель
кафедры «Приборостроение
и биомедицинская
инженерия»
Сыроватка В.Н.





Оглавление

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИН	4
Индивидуальные задания к курсовой работе.....	5
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	7
Порядок выполнения синтеза преобразователя кодов. ...	20
Список литературы	21

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИН

«Схемотехника измерительных устройств»,
«Схемотехника цифровых измерительных устройств»

1. Введение

Предмет и задачи курса. Обобщенная структурная схема измерительного устройства для сбора, переработки и использования информации.

2. Измерительные схемы включения преобразователей.

Непосредственная, дифференциальная, мостовая схема включения преобразователей.

Основные расчетные соотношения.

3. Измерительные усилители.

Классификация. Требования к измерительным усилителям. Входные усилительные каскады. Основные типы. Входные усилительные каскады на ОУ.

Промежуточные и выходные усилительные каскады. Основные расчетные соотношения.

4. Активные фильтры.

Назначение. Основные виды фильтров. Характеристики активных фильтров.

5. Нормализаторы сигналов.

Назначение. Критерии выбора схемы нормализаторов аналоговых сигналов на ОУ. Основные расчетные соотношения.

6. Мультиплексоры аналоговых сигналов.

Назначение. Обобщенная структурная схема. Основные характеристики. Принцип работы. Интегральные микросхемы мультиплексоров аналоговых сигналов.

Назначение. Обобщенная структурная схема. Основные характеристики. Принцип работы. Интегральные микросхемы мультиплексоров аналоговых сигналов.

7. Аналоговая обработка сигналов.

Аппроксимация и линеаризация характеристик преобразователей. Обобщенная структурная схема линеаризатора. Некоторые практические схемы. Схема сжатия и экспандирования динамического диапазона сигналов. Вычислительные схемы.

8. Схемы выборки-хранения

Назначение. Основные характеристики. Основные принципы работы.

Некоторые практические схемы.

9. Схемотехника цифровых логических устройств.

Комбинационные логические устройства. Преобразователи

кодов. Цифровые компараторы. Мультиплексоры и демультимплексоры.

Последовательные логические устройства. Регистры. Счетчики. Запоминающие устройства. Основы анализа и синтеза цифровых логических устройств.

10. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Назначение.

Квантование и дискретизация. Принципы построения АЦП и ЦАП. Некоторые практические схемы

11. Приборы и системы отображения информации.

Дисплеи на светодиодах и жидких кристаллов. Принципы действия. Некоторые практические схемы. Проекционные дисплеи. Особенности применения дисплеев в измерительных устройствах при воспроизведении аналоговой и цифровой информации.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

«Схемотехника измерительных устройств»,
«Схемотехника цифровых измерительных устройств»

- 1.1 Закрепить полученные теоретические знания по дисциплине «Схемотехника измерительных устройств», раздел «Цифровая техника», по дисциплине «Схемотехника цифровых измерительных устройств».
- 1.2 Приобретение необходимых навыков синтеза цифровых комбинационных логических устройств.
 - 2 Содержание работы
 - 2.1 Курсовая работа содержит графическую часть и пояснительную записку.
 - 2.2 В графической части проводятся схема электрическая принципиальная синтезированного преобразователя кода, сборочный чертеж и печатная плата преобразователя кода.
 - 2.3 Пояснительная записка
В пояснительной записке приводятся:
 - задание на курсовое проектирование;
 - все выполненные расчеты при синтезе преобразователя кода;
 - описание работы синтезированного преобразователя кода;
 - перечень использованной литературы.

3 Варианты заданий для синтеза преобразователей кодов.

3.1 Типы кодов

Таблица 1. – Типы кодов

8-4-2-1	Код Грея	«+3»	2-4-2-1	обратный	«+1»	5-4-2-1
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
0 0 1 0	0 0 1 1	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
0 0 1 1	0 0 1 0	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
0 1 0 0	0 1 1 0	0 0 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0
0 1 0 1	0 1 1 1	0 0 1 0	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
0 1 1 0	0 1 0 1	0 0 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0
0 1 1 1	0 1 0 0	0 0 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
1 0 0 0	1 1 0 0	0 1 1 1	1 0 0 0	1 0 0 0	1 1 1 1	1 0 1 1
1 0 0 1	1 1 0 1	0 1 1 0	1 0 0 1	1 0 0 1	1 1 1 0	1 1 0 0
1 0 1 0	1 1 1 1	0 1 1 0	1 0 1 0	1 1 1 0	1 1 1 0	1 1 0 1
1 0 1 1	1 1 1 0	0 1 1 1	1 0 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0
1 1 0 0	1 0 1 0	0 1 1 1	1 1 0 0	1 1 0 0	1 0 1 1	1 1 1 1
1 1 0 1	1 0 1 1	0 0 0 0	1 1 0 1	1 1 0 1	1 0 1 0	1 1 1 0
1 1 1 0	1 0 0 1	0 0 0 1	1 1 1 0	1 0 1 0	1 0 0 1	1 1 1 0
1 1 1 1	1 0 0 0	0 0 0 1	1 1 1 1	1 0 0 1	1 0 0 0	1 1 0 0

3.2. Вариант заданий на выполнение курсовой работы

Вариант задания выдается преподавателем во время установочной сессии или практических занятий.

Таблица 2 – Варианты заданий

Вариант	Входной код	Выходной код	Вариант	Входной код	Выходной код
1	8-4-2-1	Код Грея	22	2-4-2-1	«+1»
2	8-4-2-1	«+3»	23	2-4-2-1	5-4-2-1
3	8-4-2-1	2-4-2-1	24	обратный	8-4-2-1
4	8-4-2-1	обратный	25	обратный	Код Грея
5	8-4-2-1	«+1»	26	обратный	«+3»
6	8-4-2-1	5-4-2-1	27	обратный	2-4-2-1
7	Код Грея	«+3»	28	обратный	«+1»
8	Код Грея	2-4-2-1	29	обратный	5-4-2-1

9	Код Грея	обратный	30	«+1»	8-4-2-1
10	Код Грея	«+1»	31	«+1»	Код Грея
11	Код Грея	5-4-2-1	32	«+1»	«+3»
12	«+3»	8-4-2-1	33	«+1»	2-4-2-1
13	«+3»	Код Грея	34	«+1»	обратный
14	«+3»	2-4-2-1	35	«+1»	5-4-2-1
15	«+3»	обратный	36	5-4-2-1	8-4-2-1
16	«+3»	«+1»	37	5-4-2-1	Код Грея
17	«+3»	5-4-2-1	38	5-4-2-1	«+3»
18	2-4-2-1	8-4-2-1	39	5-4-2-1	2-4-2-1
19	2-4-2-1	Код Грея	40	5-4-2-1	обратный
20	2-4-2-1	«+3»	41	5-4-2-1	«+1»
21	2-4-2-1	обратный			

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

1. Общие сведения из теории:

Преобразователь кодов – это разновидность дешифратора/шифратора, комбинационная логическая схема, предназначенная для преобразования n -разрядного входного кода в m -разрядный выходной, построенный по иному закону.

Дешифратор или *декодер* - комбинационная логическая схема, предназначенная для преобразования двоичного кода в унарный. Из всех m выходов дешифратора активный уровень имеется только на одном, а именно на том, номер которого равен поданному на вход двоичному числу.

Шифратор или *кодер* выполняет функцию, обратную дешифратору.

Дешифраторы/Шифраторы очень хорошо реализованы на элементной базе и на сегодняшний день имеется широчайшая номенклатура микросхем, способных реализовать практически весь спектр задач, решаемых на устройствах именно этого типа

Имеются также и микросхемы преобразователей кодов, но они реализованы только для наиболее распространённых операций и предоставляют проектировщику далеко не все возможности. Преобразователи кодов, выполняющих нестандартные преобразования кодов и их схемы, приходится разрабатывать каждый раз с помощью алгебры логики. К построению преобразователя кода

можно подойти с двух позиций.

При первом подходе преобразователь реализуется как система булевых функций группы аргументов.

При втором подходе - к построению преобразователя кода он трактуется как пара дешифратор-шифратор. Число входов дешифратора равно числу входов преобразователя, число выходов шифратора - числу выходов преобразователя. Соединения дешифратора и шифратора выполняются в соответствии с таблицей истинности. Эффективно стыкуются друг с другом дешифратор и шифратор, построенные на, элементах И-НЕ.

При проектировании схемы из готовых микросхем более выгодным и по числу корпусов, и по быстродействию обычно оказывается структура дешифратор-шифратор. Однако потребляемая мощность в этом случае может быть больше, чем у схемы из отдельных логических элементов.

Исключительная простота синтеза произвольных преобразователей кодов по принципу дешифратор-шифратор обусловила выпуск микросхем средней и даже большой интеграции, специально предназначенных для реализации преобразователей кодов. Это микросхемы *программируемых логических матриц* – ПЛМ. Функциональная схема ПЛМ показана на рисунке 1. Программируемая логическая матрица имеет n входов, k элементов И, выходы которых образуют k вертикальных шин, m элементов ИЛИ, выходы которых подключены к элементам ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (сумма по модулю 2), см.(24)), выполняющим роль управляемых инверторов. Выходы этих m инверторов являются выходами самой ПЛМ. В линии связей включены специальные переключки из определённого материала так, чтобы их можно было выборочно «выжигать», оставляя лишь те связи, которые нужны для реализации функций. Сложность реализуемой функции может превышать возможности одной микросхемы ПЛМ. В этом случае используют несколько ПЛМ, при необходимости объединяя некоторые их выходы на дополнительных логических элементах.

По входу возможны два случая реализации преобразователей кодов:

- 1). Полный преобразователь кодов, реагирующий на

$$N=2^n, \quad (1)$$

где N - число всех возможных входных комбинаций;

- 2). Неполный преобразователь кодов, реагирующий на

$$N < 2^n \quad (2)$$

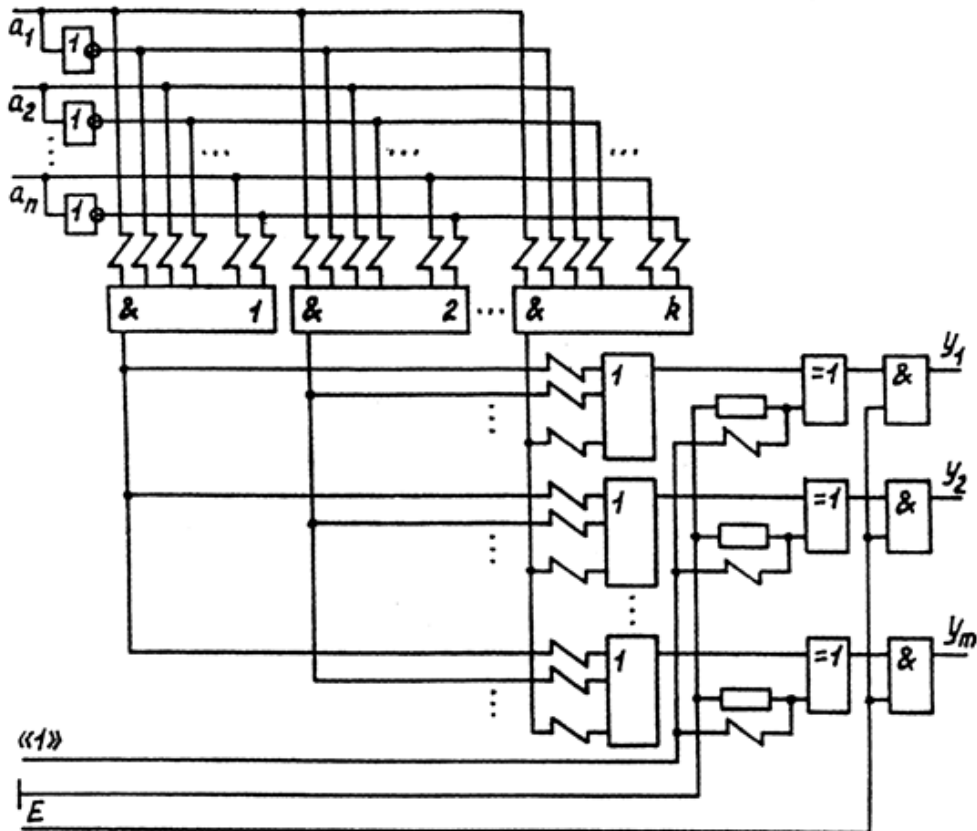


Рис. 1 - Функциональная схема программируемой логической матрицы (зигзагами обозначены разрушаемые перемычки)

В обоих случаях по выходу в свою очередь возможны три варианта реализации:

1). Преобразователь разрядности:
 $1 < m < n$; (3)

2). Преобразователь разрядности:
 $m = n$; (4)

1. Преобразователь разрядности:
 $m > n$; (5)

При этом соотношение $M = 2^m$ может не соблюдаться.

2. Система аксиом алгебры логики

$$\left. \begin{array}{l} x = 0, \text{ если } x \neq 1, \\ x = 1, \text{ если } x \neq 0. \end{array} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 + 1 = 1 \\ 0 \wedge 0 = 0 \end{array} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 1 \wedge 1 = 1 \end{array} \right\} \quad (8)$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 + 1 = 1 + 0 = 1, \\ 1 \wedge 0 = 0 \wedge 1 = 0. \end{array} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{0} = 1 \\ \bar{1} = 0 \end{array} \right\} \quad (10)$$

3. Теоремы и тождества алгебры логики:

$$\left. \begin{array}{l} x + x = x \\ x \& x = x \end{array} \right\} \quad \text{законы идентичности} \quad (11)$$

$$\left. \begin{array}{l} x + y = y + x \\ x \wedge y = y \wedge x \end{array} \right\} \quad \text{законы коммутативности} \quad (12)$$

$$\left. \begin{array}{l} (x + y) + z = x + (y + z) \\ (x \wedge y) \wedge z = x \wedge (y \wedge z) \end{array} \right\} \quad \text{законы ассоциативности} \quad (13)$$

$$\left. \begin{array}{l} x \wedge (y + z) = x \wedge y + x \wedge z \\ x + y \wedge z = (x + y) \wedge (x + z) \end{array} \right\} \quad \text{законы дистрибутивности} \quad (14)$$

$$\left. \begin{array}{l} x + \bar{x} = 1 \\ x \wedge \bar{x} = 0 \end{array} \right\} \quad \text{законы отрицания} \quad (15)$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 + x = x \\ 1 \wedge x = x \\ 1 + x = 1, \\ 0 \& x = 0 \end{array} \right\} \quad (2.16)$$

(17)

$$\left. \begin{aligned} \overline{x + y} &= \bar{x} \wedge \bar{y} \\ \overline{x \wedge y} &= \bar{x} + \bar{y} \end{aligned} \right\} \text{законы де Моргана} \quad (18)$$

$$\overline{(\bar{x})} = \bar{\bar{x}} = x \quad \text{закон двойного отрицания} \quad (19)$$

$$\left. \begin{aligned} x + x \wedge y &= x \\ x \wedge (x + y) &= x \end{aligned} \right\} \text{законы поглощения} \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} x \wedge y + x \wedge \bar{y} &= x \\ (x + y) \wedge (x + \bar{y}) &= x \end{aligned} \right\} \text{законы склеивания} \quad (21)$$

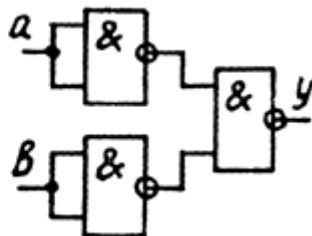
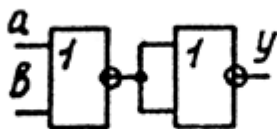
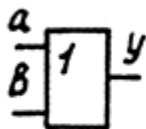
$$\left. \begin{aligned} x \wedge y + \bar{x} \wedge z + y \wedge z &= x \wedge y + \bar{x} \wedge z \\ (x + y) \wedge (\bar{x} + z) \wedge (y + z) &= (x + y) \wedge (\bar{x} + z) \end{aligned} \right\} \text{законы обобщенного склеивания} \quad (22)$$

$$\left. \begin{aligned} x + \bar{x} \wedge y &= x + y \\ x \wedge (\bar{x} + y) &= x \wedge y \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

$$x \oplus y = \bar{x} \wedge y + x \wedge \bar{y} = (\bar{x} + \bar{y}) \wedge (x + y) \quad \text{сумма по модулю 2} \quad (24)$$

4. Техническая интерпретация аппарата алгебры логики

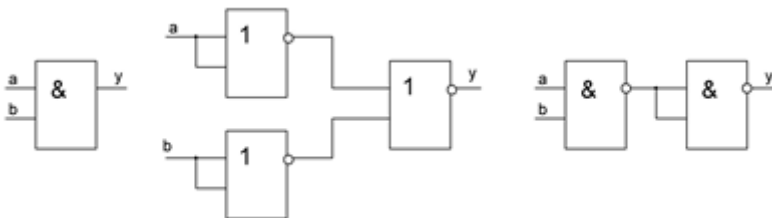
$$y = a + b = \overline{\overline{a + b}} = \overline{\overline{a} \wedge \overline{b}}$$



а) классический базис б) базис 2ИЛИ-НЕ в) базис 2И-НЕ

Рис.2. реализация ФАЛ $y = a + b$ в различных базисах

$$y = a \wedge b = \overline{\overline{a \wedge b}} = \overline{\overline{a} + \overline{b}}$$



а) классический базис б) базис 2ИЛИ-НЕ в) базис 2И-НЕ

Рис.3. реализация ФАЛ $F = a \cdot b$ в различных базисах

5. Методика синтеза структурной схемы преобразователя
 кода

Таблица 5.

	Код Грея				8-4-2-1				
	X3	X2	X1	X0	Y3	Y2	Y1	Y0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0	2
2	0	0	1	0	0	0	1	1	3
6	0	1	1	0	0	1	0	0	4
7	0	1	1	1	0	1	0	1	5
5	0	1	0	1	0	1	1	0	6
4	0	1	0	0	0	1	1	1	7
12	1	1	0	0	1	0	0	0	8
13	1	1	0	1	1	0	0	1	9
15	1	1	1	1	1	0	1	0	10
14	1	1	1	0	1	0	1	1	11
10	1	0	1	0	1	1	0	0	12
11	1	0	1	1	1	1	0	1	13
9	1	0	0	1	1	1	1	0	14
8	1	0	0	0	1	1	1	1	15

Рассмотрим конкретный пример синтеза преобразователя кода Грея в позиционный код 8-4-2-1

Составим таблицы истинности (табл.5), на основании которой заполним диаграммы Вейча (рис.4), выделим минтермы и составим ДНФ (25).

X1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
X0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
0 1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
1 1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
1 0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
X3 X2	Y3				Y2				Y1				Y0			

Рис.4 – Диаграммы Вейча 4-х разрядного преобразователя кода

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= X_3, \\
 Y_2 &= \bar{X}_3 X_2 + X_3 \bar{X}_2, \\
 Y_1 &= \bar{X}_3 X_2 X_1 + X_3 \bar{X}_2 X_1 + \bar{X}_3 X_2 \bar{X}_1 + X_3 \bar{X}_2 \bar{X}_1, \\
 Y_0 &= \bar{X}_3 \bar{X}_2 X_1 X_0 + X_3 X_2 \bar{X}_1 X_0 + \bar{X}_3 X_2 X_1 \bar{X}_0 + X_3 \bar{X}_2 X_1 X_0 + \\
 &\quad + \bar{X}_3 X_2 \bar{X}_1 X_0 + X_3 X_2 X_1 \bar{X}_0 + \bar{X}_3 X_2 X_1 X_0 + X_3 \bar{X}_2 X_1 X_0.
 \end{aligned}$$

(25)

Из этой системы уравнений самая простая функция - y_3 . Функция y_2 вполне обозрима и не представляет трудностей в преобразовании её для реализации в базисе 2И-НЕ, что мы рассмотрим позднее. Сложнее обстоит дело с функциями y_1 и y_0 нуждающимися в предварительном непосредственном композиционном преобразовании, так как использование диаграмм Вейча в этом случае не дало желательной оптимизации функций. Вариант преобразования функции y_1 может иметь вид (26) :

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \bar{X}_3 \bar{X}_2 X_1 + X_3 X_2 X_1 + \bar{X}_3 X_2 \bar{X}_1 + X_3 \bar{X}_2 \bar{X}_1 = \\
 &= (\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3 X_2) X_1 + (\bar{X}_3 X_2 + X_3 \bar{X}_2) \bar{X}_1 = \\
 &= (\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3 X_2) X_1 + Y_2 \bar{X}_1,
 \end{aligned}$$

(26)

в которой вторая часть, слагаемой:

$$Y_2 \bar{X}_1$$

получилась компактной, чего нельзя сказать о первой части:

$$\left(\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3 X_2 \right) X_1$$

С помощью выражений (14), (15) и (18) произведём преобразования (см.(27)) над сомножителем в скобках: из (26), в результате которого выражение можно переписать в виде (28) и функция y_1 , приобретёт такой же компактный вид, что и функция y_2 :

$$\left. \begin{aligned} \bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3 X_2 &= (\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3) (\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_2) = \\ &= (\bar{X}_3 + X_3) (\bar{X}_2 + X_3) (\bar{X}_3 + X_2) (\bar{X}_2 + X_2) = (\bar{X}_2 + X_3) (\bar{X}_3 + X_2) = \\ &= \underline{(\bar{X}_2 + X_3) (\bar{X}_3 + X_2)} = \underline{\underline{X_2 + X_3 + X_3 + X_2}} = \underline{\underline{X_3 X_2 + X_3 X_2}} = \bar{Y}_2. \end{aligned} \right\}$$

$$y_1 = (\bar{X}_3 \bar{X}_2 + X_3 X_2) X_1 + Y_2 \bar{X}_1 = \bar{Y}_2 X_1 + Y_2 \bar{X}_1.$$

(27)

Попробуем подобный же результат получить преобразованием функции y_0 , которая в системе уравнений (25) по существу СДНФ. Используем выражения (14) и выводы на основании (28) (см.(29)):

$$\begin{aligned}
 Y_0 &= \bar{x}_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0 + x_3 x_2 \bar{x}_1 x_0 + \bar{x}_3 x_2 x_1 x_0 + x_3 \bar{x}_2 x_1 x_0 + \\
 &+ x_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 + x_3 x_2 x_1 \bar{x}_0 + \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 + x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 = \\
 &= (\bar{x}_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 + x_3 x_2 \bar{x}_1 + \bar{x}_3 x_2 x_1 + x_3 \bar{x}_2 x_1) x_0 + \\
 &+ (\bar{x}_3 \bar{x}_2 x_1 + x_3 x_2 x_1 + \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 + x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1) \bar{x}_0 = \\
 &= ((\bar{x}_3 \bar{x}_2 + x_3 x_2) \bar{x}_1 + [x_3 x_2 + \bar{x}_3 \bar{x}_2] x_1) x_0 + \\
 &+ ((\bar{x}_3 \bar{x}_2 + x_3 x_2) x_1 + [x_3 x_2 + \bar{x}_3 \bar{x}_2] \bar{x}_1) \bar{x}_0 = \\
 &= (Y_2 \bar{x}_1 + Y_2 x_1) x_0 + (Y_2 x_1 + Y_2 \bar{x}_1) \bar{x}_0 = Y_1 x_0 + Y_1 \bar{x}_0.
 \end{aligned} \tag{29}$$

Таким образом, имеем новую систему функций преобразователя (30):

$$\left. \begin{aligned}
 Y_3 &= x_3, \\
 Y_2 &= \bar{y}_3 x_2 + y_3 \bar{x}_2, \\
 Y_1 &= \bar{y}_2 x_1 + y_2 \bar{x}_1, \\
 Y_0 &= \bar{y}_1 x_0 + y_1 \bar{x}_0.
 \end{aligned} \right\} \tag{30}$$

Дальнейшие пути преобразования функций зависят от конкретной поставленной задачи. Так перед нами стоит задача реализации преобразователя в базисе 2И-НЕ так, как это показано в п. 4 и с наименьшим числом логических элементов. Преобразования для решения первой части задачи (31) выполняется с помощью выражений (18):

$$\left. \begin{aligned}
 Y_3 &= X_3, \\
 Y_2 &= \overline{Y_3}X_2 + Y_3\overline{X_2} = \overline{Y_3}X_2 + Y_3\overline{X_2} = \overline{Y_3}X_2 Y_3\overline{X_2}, \\
 Y_1 &= \overline{Y_2}X_1 Y_2\overline{X_1}, \\
 Y_0 &= \overline{Y_1}X_0 Y_1\overline{X_0}.
 \end{aligned} \right\} (31)$$

Для реализации структурной схемы преобразователя по системе уравнений (31) требуется 15 логических элементов 2И-НЕ. (см. рис. 5). С помощью выражений (14) и (18) попробуем уменьшить число требуемых логических уравнений без ущерба для реализации заданных функций на примере y_2 (см.(32)):

$$\left. \begin{aligned}
 y_2 &= \overline{Y_3}X_2 + Y_3\overline{X_2} = (\overline{Y_3}X_2 + Y_3)(\overline{Y_3}X_2 + \overline{X_2}) = \\
 &= ((\overline{Y_3} + Y_3)[X_2 + Y_3])([\overline{Y_3} + \overline{X_2}][X_2 + \overline{X_2}]) = \\
 &= (X_2 + Y_3)(\overline{Y_3} + \overline{X_2}) = (X_2 + Y_3)\overline{Y_3X_2} = \\
 &= \overline{Y_3Y_3X_2} + \overline{X_2Y_3X_2} = \overline{Y_3Y_3X_2} + \overline{X_2Y_3X_2} = \\
 &= \overline{Y_3Y_3X_2} \overline{X_2Y_3X_2}.
 \end{aligned} \right\} (32)$$

Полученная форма удобна тем, что позволяет избавиться от инверсий предыдущей функции для каждой последующей. Окончательно имеем систему функций преобразователя (33), по которой и реализуем структурную схему. Для неё требуется всего 12 логических элементов 2И-НЕ (см.рис. 6).

$$\left. \begin{aligned} Y_3 &= X_3 \\ Y_2 &= \overline{Y_3 X_3 X_2} \cdot X_2 Y_3 X_2 \\ Y_1 &= \overline{Y_2 Y_2 X_1} \cdot X_1 Y_2 X_1 \\ Y_0 &= \overline{Y_1 Y_1 X_0} \cdot X_0 Y_1 X_0 \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

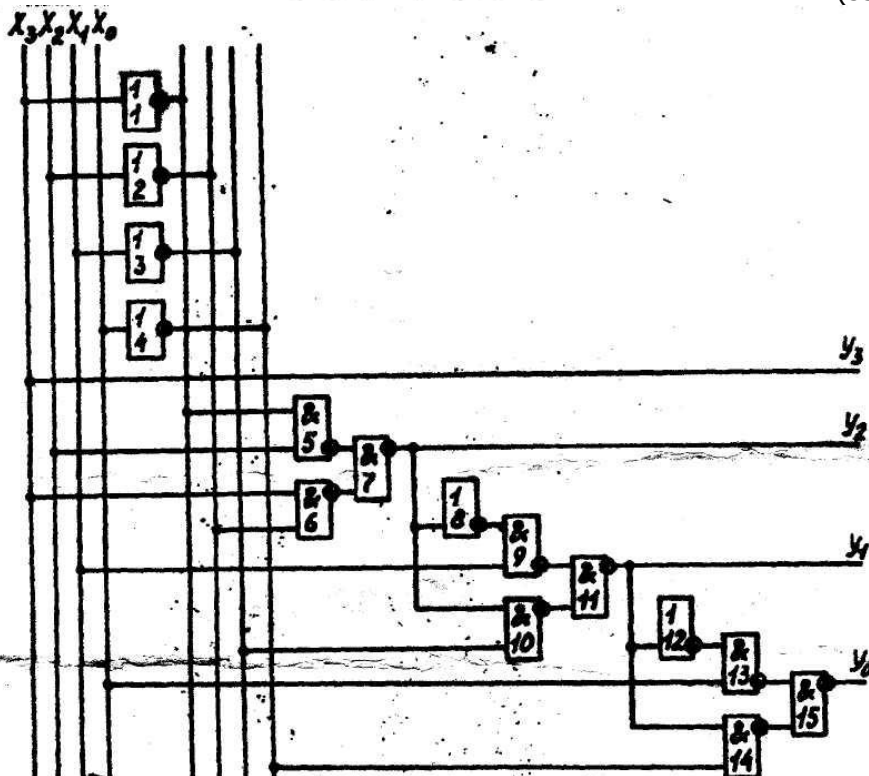


Рис. 5 – Структурная схема преобразователя по системе уравнений (31)

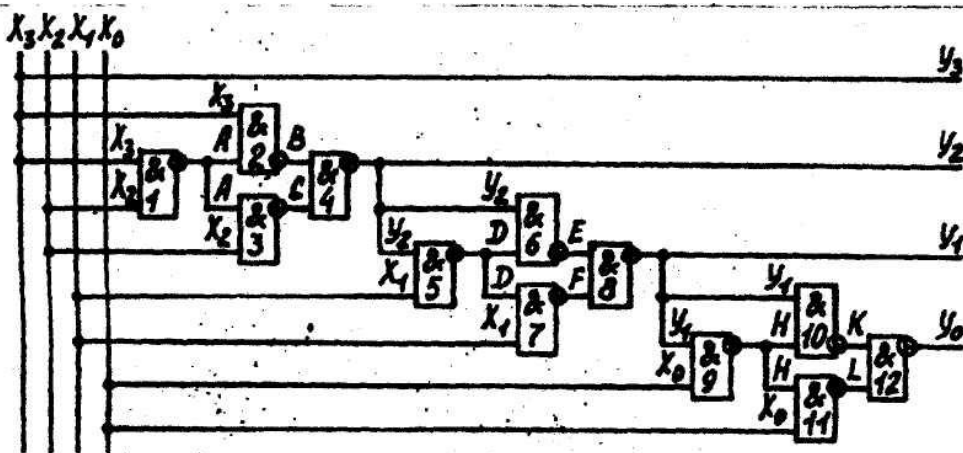


Рис 6 - Структурная схема преобразователя по системе уравнений (33)

6. Проверка логики работы синтезированного преобразователя кода.

В качестве примера проверку проведём по схеме на рисунке 6.

Предварительно на рисунке проставляются промежуточные буквенные обозначения. Затем составляется проверочная таблица (таблица 6). Заполнение её осуществляется по столбцам. Можно пользоваться вспомогательной таблицей истинности логического элемента 2И-НЕ (таблица 7) Внимание! Пренебрегать данным этапом работы не следует, так как он позволяет гарантированно выявить все ошибки, допущенные ранее и, соответственно принять меры к их исправлению. Это весьма экономит усилия и время.

Таблица 6 – Проверочная таблица

	Код Грея				a	b	c	d	e	f	h	k	l	8-4-2-1				
	X ₃	X ₂	X ₁	X ₀										Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₀	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	2

2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	3
6	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	4
7	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	5
5	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	6
4	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	7
12	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8
13	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	9
15	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	10
14	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	11
10	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	12
11	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	13
9	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	14
8	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	15

Таблица 7

			И	И-НЕ
0	0	0	0	1
1	0	1	0	1
2	1	0	0	1
3	1	1	1	0

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ СИНТЕЗА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ КОДОВ.

1. По указанному преподавателем варианту составить таблицу истинности преобразователя кода.
2. Составить и заполнить диаграммы Вейча. Сформировать термы.
3. Составить систему функций ДНФ преобразователя кодов в классическом базисе вида (25).
4. Провести композиционный анализ системы функций.
5. Провести непосредственное преобразование функций системы с целью её минимизации.
6. Составить систему функций ДНФ преобразователя кодов в классическом базисе вида (30).
7. Провести преобразования функций системы в соответствии с п.4 в указанном преподавателем базисе.
8. Составить систему функций преобразователя кодов в заданном базисе вида (31).
9. По заданию преподавателя провести минимизацию функций системы и составить систему функций преобразователя кодов в заданном базисе вида (33).
10. По окончательному варианту системы функций составить структурную схему преобразователя кодов так, как это показано на рисунках 5 или 6.
11. Проставить на рисунке 6 промежуточные буквенные обозначения, по которым шаг за шагом, заполнить столбцами проверочную таблицу (таблица 6). Убедиться, что полученный результат идентичен заданию. В случае ошибок, провести анализ и исправление окончательной системы функций, и соответственно схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П. Хоровиц, У.Хилл. Искусство схемотехники.-М.:Мир, 2003.
2. Алексеенко А.Г. Микросхемотехника.-М.: Радио и связь, 1990
3. Поспелов Ф.А. Логические методы анализа и синтеза схем.- М.: Энергия, 1998
4. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматике, -М.: Энергоатомиздат, 1988
5. Миловзоров О.В.Электроника: Учебник для вузов /О.В. Миловзоров, И.Г. Панков.- 2 издание, переработанное. –М.: Высшая школа, 2005.
6. Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства /Бойко В.И., Гуржий А.К., Жуйков В.Я., БХВ-Петербург,2004.
7. П. Хоровиц, У.Хилл. Искусство схемотехники.-М.:Мир, 2003.
8. П. Гарет. Аналоговые устройства для микропроцессоров и мини ЭВМ.-М.: Мир, 1981.
9. Чернов В.Г. Устройства ввода-вывода аналоговой информации для цифровых систем сбора и обработки данных.-М.: Машиностроение, 1988
10. Лебедев О.Н. применение микросхем памяти в электронных устройствах. - М.: Радио и связь,1994..
11. Пухальский Г.И. Цифровые устройства. - Спб.: Политехника, 1996.