

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. В. ЛОМАКИН, А. И. МУХАМЕТШИН, Н. А. МАЛЁВ

Проектирование аппаратно-программных средств
информационно-измерительных систем

Курсовая работа

Казань
2023

УДК 004.896
ББК 32.966в641
Л74

Ломакин, Игорь Владимирович.

Л74 Проектирование аппаратно-программных средств
информационно-измерительных систем : курсовая работа / И. В.
Ломакин, А. И. Мухаметшин, Н. А. Малёв. – Казань : КГЭУ, 2023. – 88
с.

Содержит материал, направленный на закрепление теоретических знаний и способствующий формированию практических навыков по анализу и синтезу алгоритмов работы, структур и схем микропрограммных автоматов мехатронных и робототехнических систем, автоматизированных промышленных установок, а также технологических и электротехнических комплексов.

Предназначена для обучающихся по образовательной программе направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, 15.03.06 Мехатроника и робототехника.

УДК 004.896
ББК 32.966в641

ВВЕДЕНИЕ

Рабочая тетрадь содержит варианты индивидуальных заданий к практическим занятиям по дисциплине «Математические и алгоритмические основы синтеза микропрограммных модулей мехатронных систем», а весь необходимый для решения поставленных задач справочный материал приведен в приложении. Последний включает в себя описание основных законов алгебры логики, а также их интерпретацию относительно релейно-контактных схем. Помимо этого, приведены используемые в теории релейных схем системы счисления, способы представления логических функций и некоторые дополняющие их сведения.

Таким образом, выполнение заданий направлено на формирование у обучающихся способности представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЫ И ВЕДЕНИЮ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ

Прежде чем приступить непосредственно к выполнению заданий обучающийся должен:

1) используя лекционный материал или воспользовавшись учебными изданиями [1–3] из расположенного в конце рабочей тетради списка литературы, изучить тему занятия;

2) детально ознакомиться с описанием практического занятия [1] и индивидуальным заданием;

3) получить у преподавателя допуск к практическому занятию, ответив на вопросы по соответствующей теме;

4) при использовании справочных электронных ресурсов соблюдать правила информационной безопасности: включать компьютеры только с разрешения преподавателя и не использовать не проверенные антивирусом внешние носители информации.

Записи в рабочей тетради ведутся шариковой (гелевой) ручкой, схемы вычерчиваются карандашом. Ряды значений, а также формулы заносятся в предусмотренные для этого в рабочей тетради таблицы и специально отведенные поля. В целом оформление рабочей тетради должно отвечать требованиям стандартов, входящих в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД):

– ГОСТ 2.702 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем;

– ГОСТ 2.710 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

– ГОСТ 2.725 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие;

– ГОСТ 2.728 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

– ГОСТ 2.743 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники;

– ГОСТ 2.755 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения;

– ГОСТ 2.756 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств;

– ГОСТ 19.701 ЕСКД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.

Оформленное надлежащим образом с учетом приведенных выше требований индивидуальное задание сдается преподавателю на проверку для получения зачета по практическому занятию. При этом все пометки и замечания, сделанные преподавателем в ходе проверки, должны быть в обязательном порядке приняты к исполнению и устранены. Кроме того, обучающийся должен дать исчерпывающие ответы на вопросы преподавателя по всему материалу практической работы.

1. Логические функции одной и двух переменных и их реализация

Выполните реализацию контактными элементами и функциональными блоками следующие логические функции (табл. 1):

- а) константы 0 и 1;
- б) повторение;
- в) инверсию (НЕ);
- г) конъюнкцию (И);
- д) дизъюнкцию (ИЛИ).

Таблица 1

Реализация логической функции	
контактными элементами	функциональными блоками
Константа 0	
$F =$	
Константа 1	
$F =$	
Повторение	
$F =$	
Инверсия (НЕ)	
$F =$	

Реализация логической функции	
контактными элементами	функциональными блоками
Конъюнкция (И)	
$F =$	
Дизъюнкция (ИЛИ)	
$F =$	

2. Формы представления логических функций

В соответствии со своим вариантом:

а) представьте в табличной, совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) и совершенной конъюнктивной нормальной форме (СКНФ) функции, заданные в цифровой форме:

- 1) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,2,3,4,5,13);$
- 2) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,2,3,5,7,15);$
- 3) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,2,3,6,7,14);$
- 4) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,2,3,4,6,12);$
- 5) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(4,5,6,7,9,12,13);$
- 6) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(4,5,6,7,11,13,15);$
- 7) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(4,5,6,7,10,14,15);$
- 8) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(4,5,6,7,8,12,14);$
- 9) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,8,9,12,13,14,15);$
- 10) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(3,9,11,12,13,14,15);$
- 11) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(2,10,11,12,13,14,15);$
- 12) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,8,10,12,13,14,15);$
- 13) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,5,8,9,10,11);$
- 14) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,3,7,8,9,10,11);$
- 15) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(2,3,6,8,9,10,11);$
- 16) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,2,4,8,9,10,11);$
- 17) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,4,5,7,8,12,13);$
- 18) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,4,5,7,8,12,13);$
- 19) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,4,8,9,12,13,15);$
- 20) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(0,1,4,8,9,11,12);$
- 21) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,5,6,7,9,13,15);$
- 22) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,2,3,5,7,9,13);$
- 23) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,3,5,9,19,11,13);$
- 24) $F(x_1x_2x_3x_4) = \vee f(1,5,9,11,13,14,15);$

б) начертите контактные схемы, реализующие СДНФ и СКНФ.

Решение. Логическая функция, заданная в числовой форме:

$$F(x_1x_2x_3x_4) = \underline{\hspace{10cm}}$$

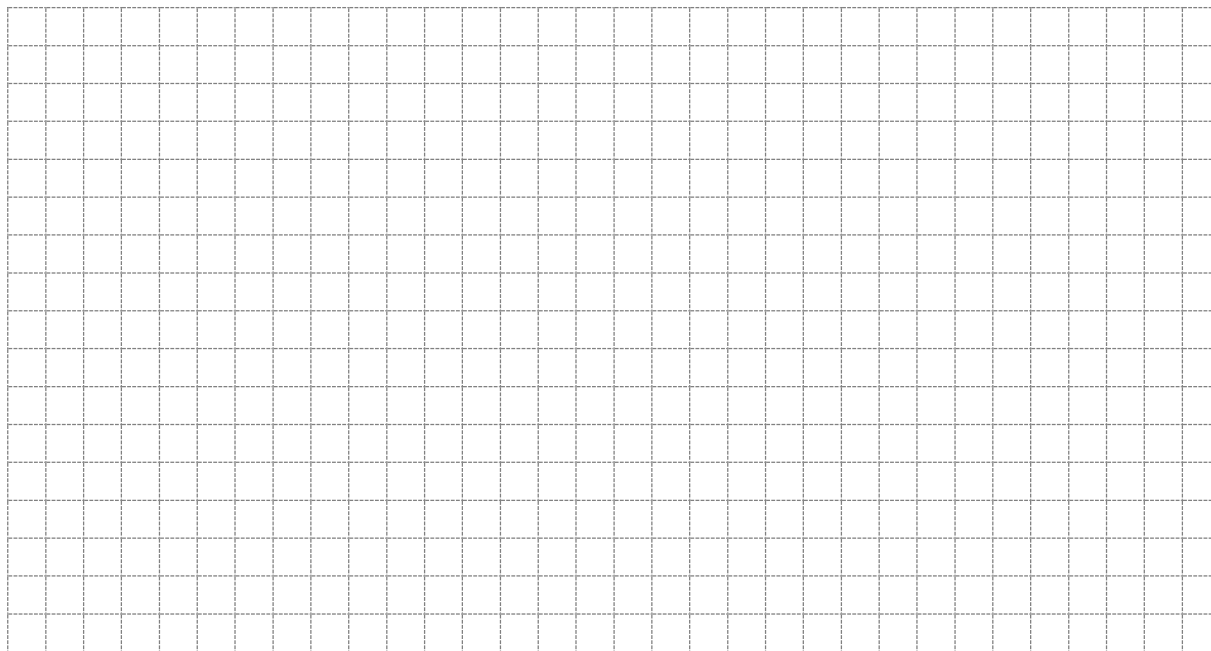
Табличная форма функции:

Q	2^3 x_1	2^2 x_2	2^1 x_3	2^0 x_4	F
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

СДНФ логической функции – сумма конstituентов единицы:

$$F = \underline{\hspace{10cm}}$$

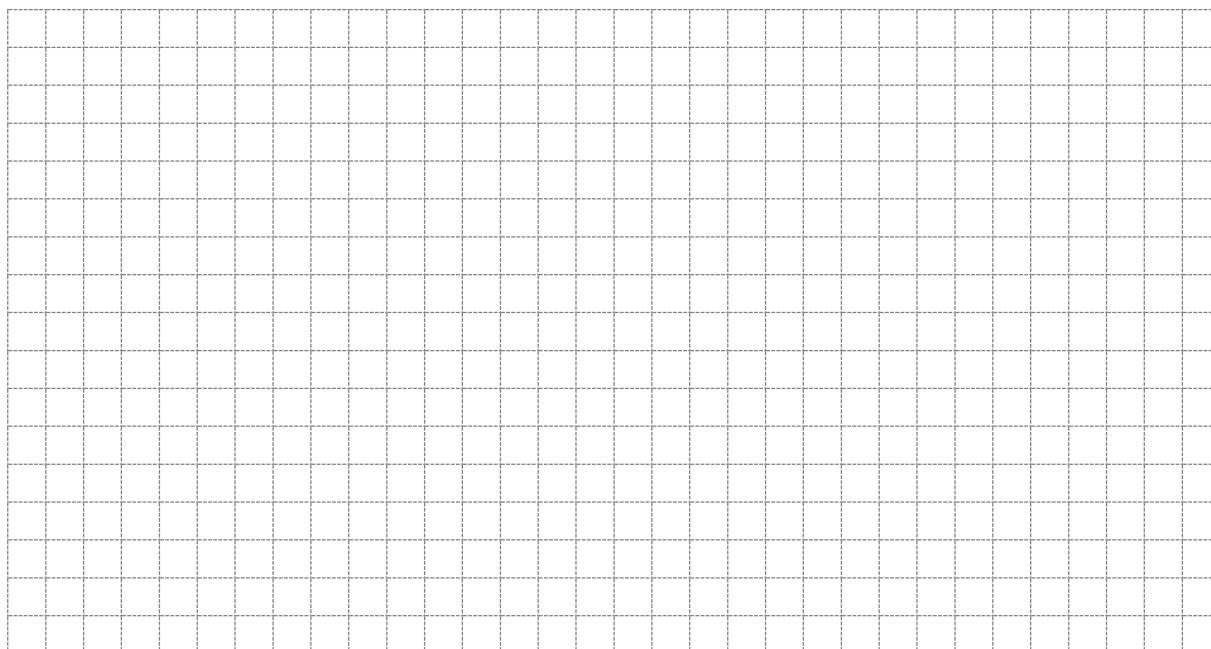
Реализация полученной в СДНФ функции контактной схемой:



СКНФ логической функции – логическое произведение конstituентов нуля:

$F =$ _____

Реализация полученной в СКНФ функции контактной схемой:

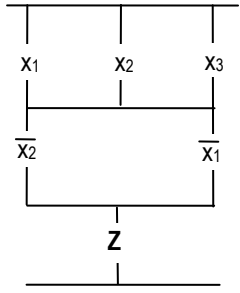
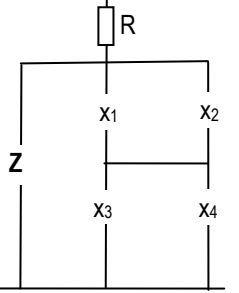
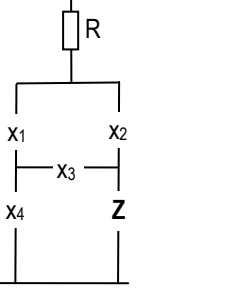
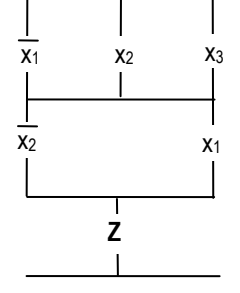
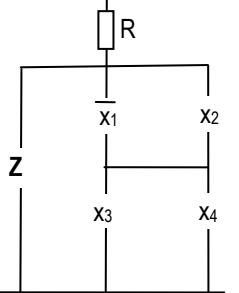
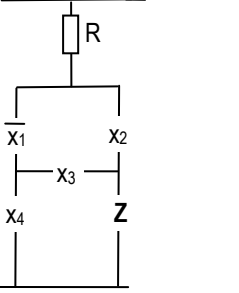
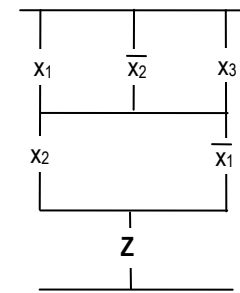
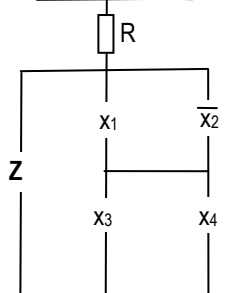
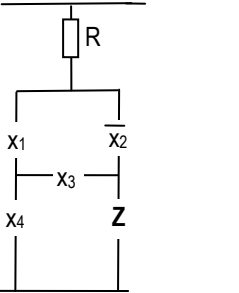


3. Аналитическая запись структур

В соответствии со своим вариантом (табл. 2):

- 1) определите класс и тип заданных схем;
- 2) запишите для них структурные формулы;
- 3) получите условия работы выходных элементов в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ), обобщенных кодах (ОК) и числовой форме (ЧФ).

Таблица 2

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
1			
2			
3			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
4			
5			
6			
7			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
8			
9			
10			
11			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
12			
13			
14			
15			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
16			
17			
18			
19			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
20			
21			
22			
23			

Вариант	Схемы		
	Структура 1	Структура 2	Структура 3
24			

Решение.

Структура 1

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

Класс структуры 1 – _____

Тип структуры 1 – _____

Разрядность структуры 1 – _____

Структурная формула:

$$F =$$

Условие включения в ДНФ:

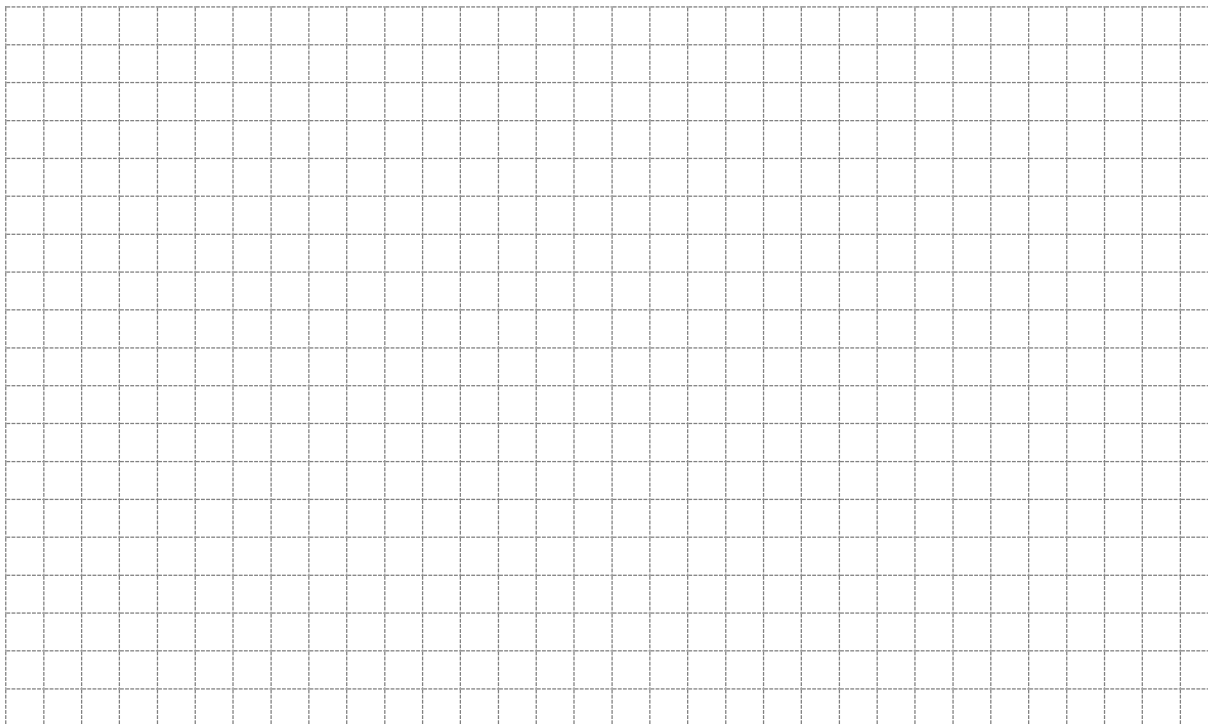
$Z_{\text{ДНФ}} =$ _____

База разрядности:

$Z_{\text{ОК}} =$ _____

$Z_{\text{ЧФ}} =$ _____

Структура 2



Класс структуры 2 – _____

Тип структуры 2 – _____

Разрядность структуры 2 – _____

Структурная формула:

$F =$ _____

Условие включения в ДНФ:

$Z_{\text{ДНФ}} =$ _____

База разрядности:

$Z_{\text{ОК}} =$ _____

$Z_{\text{ЧФ}} =$ _____

Структура 3

[illegible]

Класс структуры 3 – _____

Тип структуры 3 – _____

Разрядность структуры 3 – _____

Структурная формула для эквивалентной структуры класса П:

$$F = \underline{\hspace{10cm}}$$

Условие включения в ДНФ:

$$Z_{\text{ДНФ}} =$$

База разрядности:

$$Z_{OK} =$$
$$Z_{\Psi\Phi} =$$

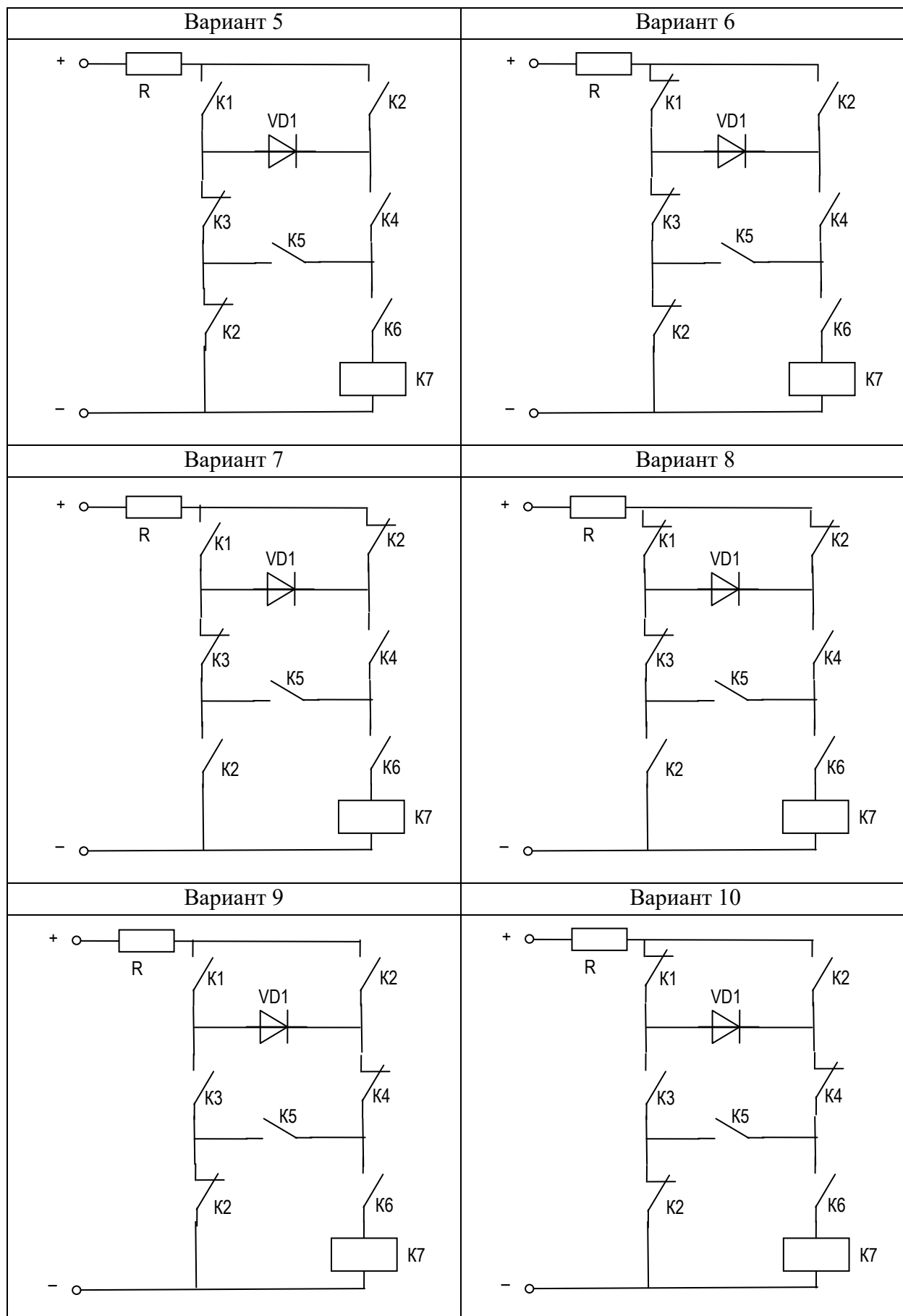
4. Анализ комбинационного дискретного устройства

В соответствии со своим вариантом (табл. 3):

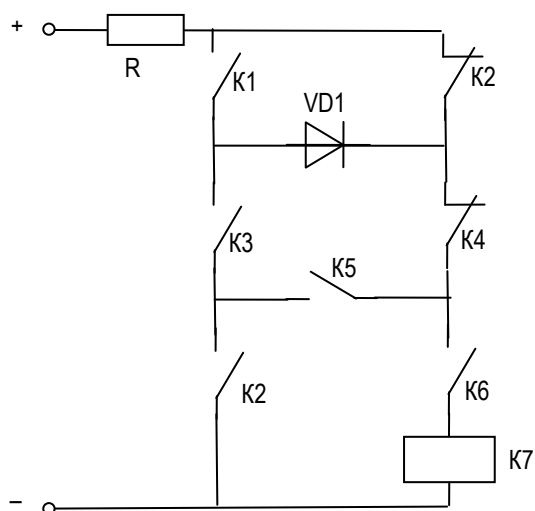
- 1) определите класс и тип заданной схемы;
- 2) при необходимости выполните преобразование схемы в эквивалентную структуру класса П;
- 3) запишите структурную формулу преобразованной схемы;
- 4) получите условия работы выходных элементов в ДНФ, в обобщенных кодах (ОК), числовой форме (ЧФ) и в виде таблицы срабатываний.

Таблица 3

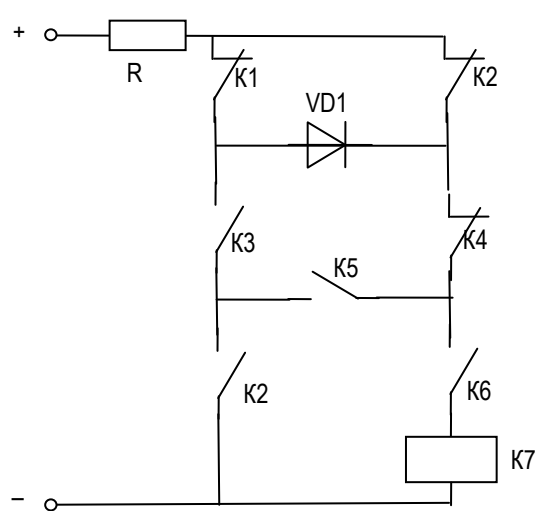
Вариант 1	Вариант 2
Вариант 3	Вариант 4



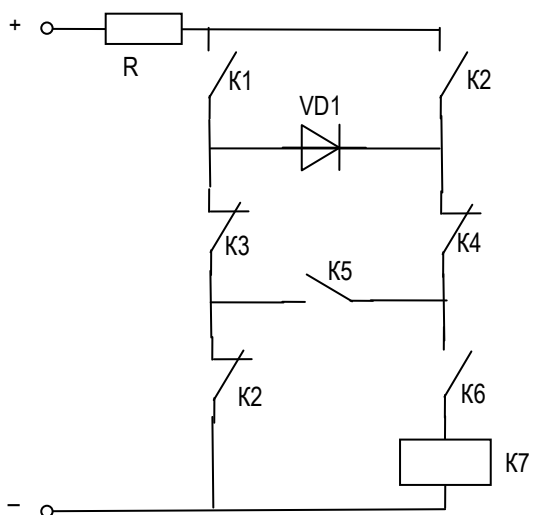
Вариант 11



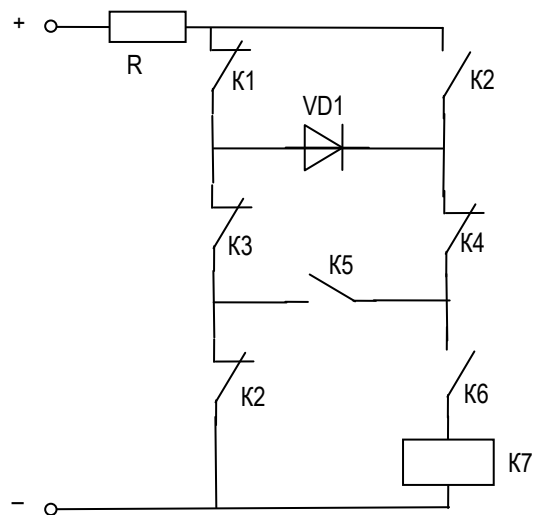
Вариант 12



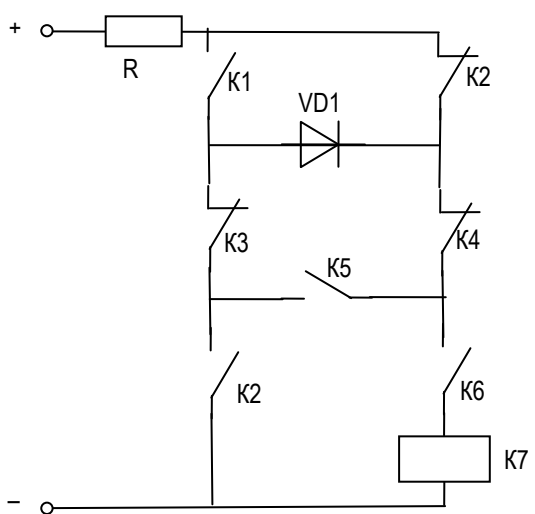
Вариант 13



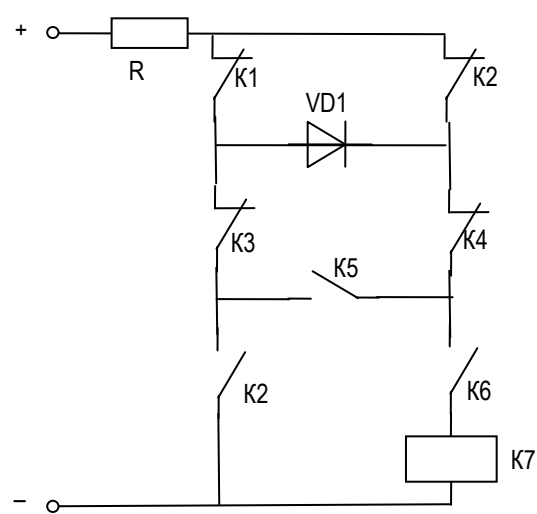
Вариант 14



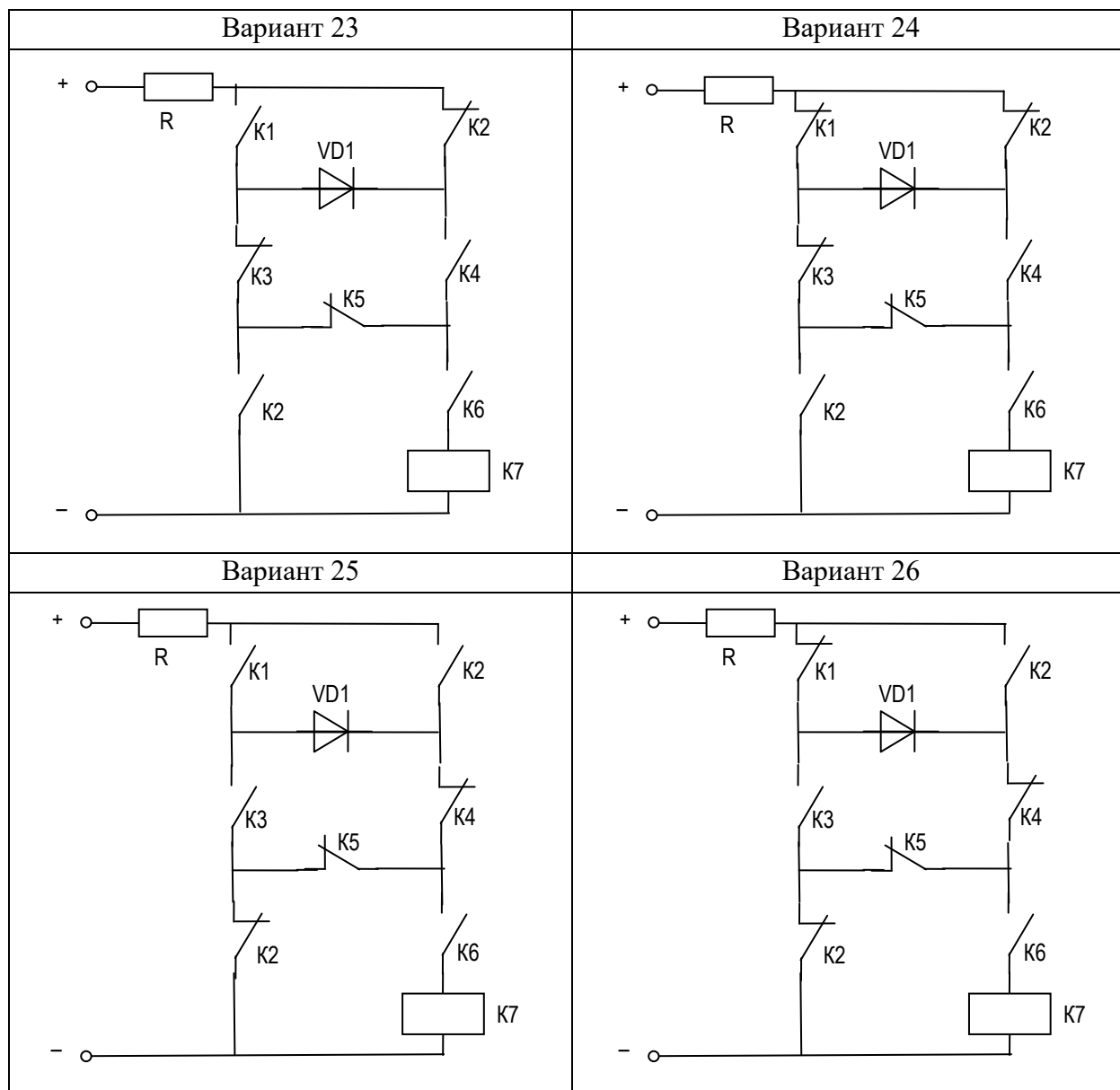
Вариант 15



Вариант 16



Вариант 17	Вариант 18
Вариант 19	Вариант 20
Вариант 21	Вариант 22



Решение.

Класс устройства – _____

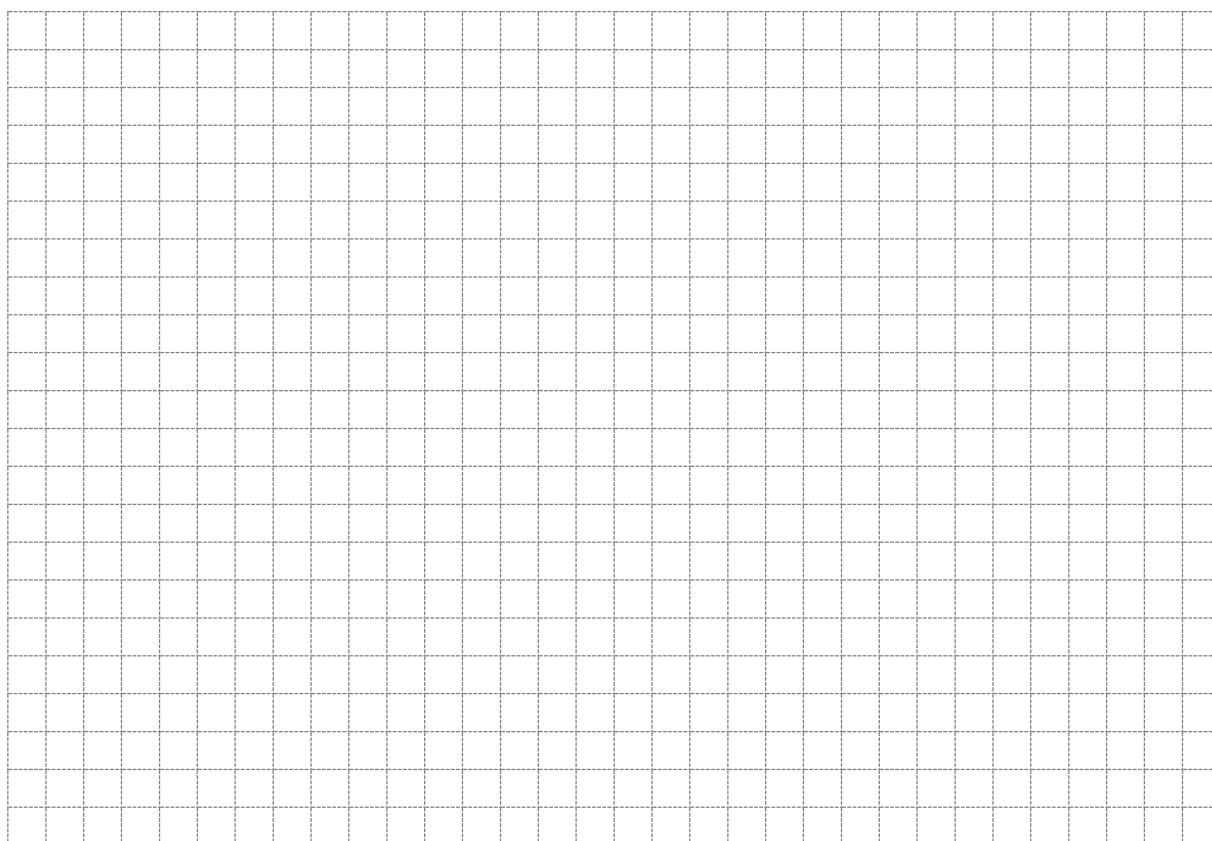
Тип устройства – _____

Разрядность устройства – _____

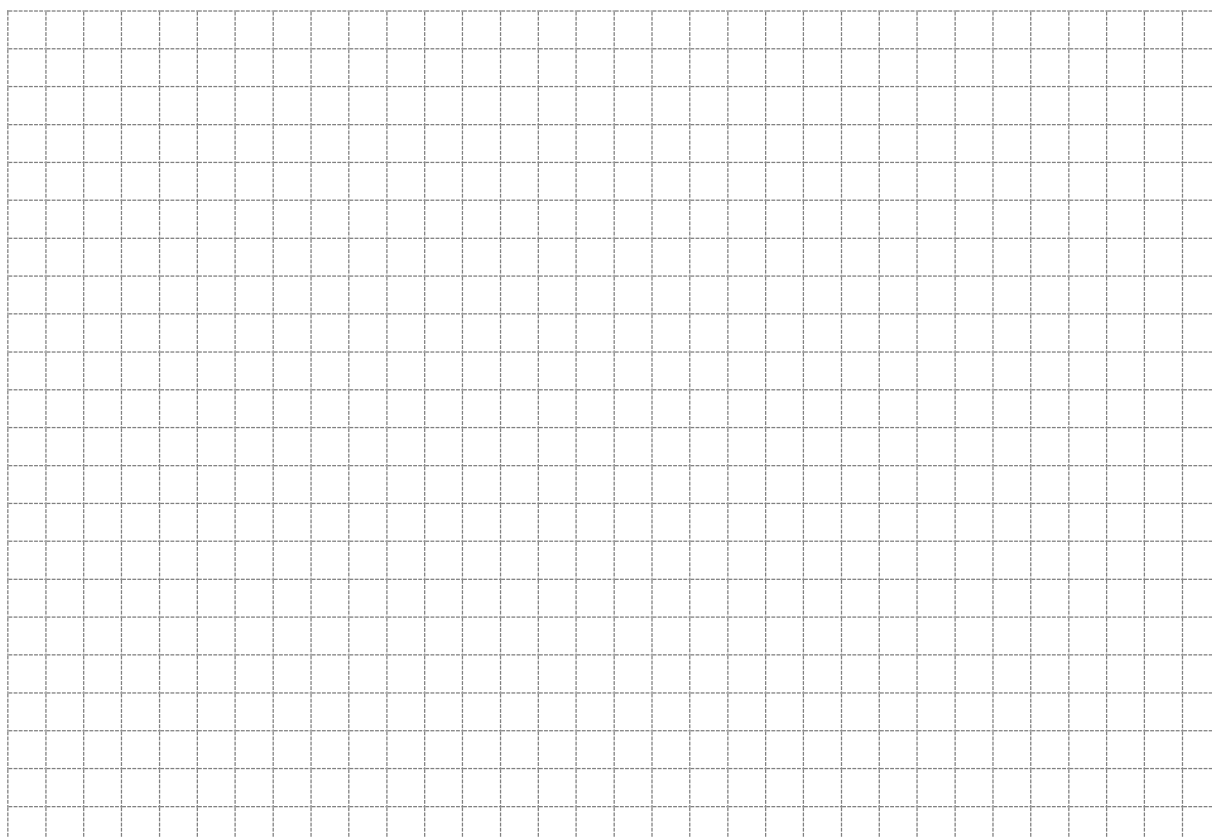
Входные элементы: _____

Выходные элементы: _____

Исходная структура:



Эквивалентная структура класса II:



Фамилия И.О.

Номер группы

Вариант

Структурная формула:

$F =$ _____

$=$ _____

$= Z \cdot [\quad] \vee \{ \quad \}$

Условия работы:

$Z = [\quad] \overline{\{ \quad \}} =$

$=$ _____

База разрядности: _____

Условия работы в ДНФ в окончательной форме:

$Z =$ _____

Условия работы в ОК в форме оператора свертывания:

$Z =$ _____

$= (\quad)_2 (\quad)_4 \vee (\quad)_2 ($

Условия работы в ОК, скомпонованные в удобном для построения таблицы срабатываний виде:

$Z = (\quad)_2 ($

$\vee (\quad)_2 ($

$\vee (\quad)_2 ($

$\vee (\quad)_2 ($

Таблица срабатываний реле Z:

[illegible]

5. Логический анализ многотактных дискретных устройств

В соответствии со своим вариантом (табл. 4):

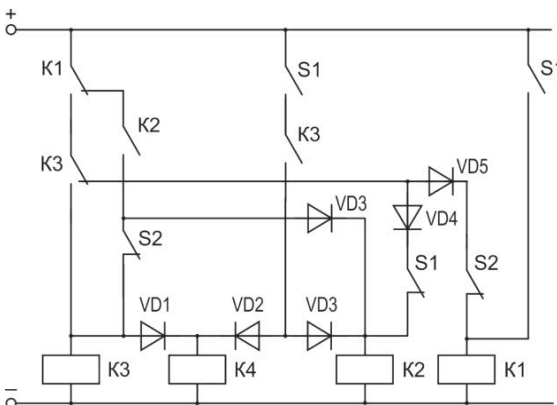
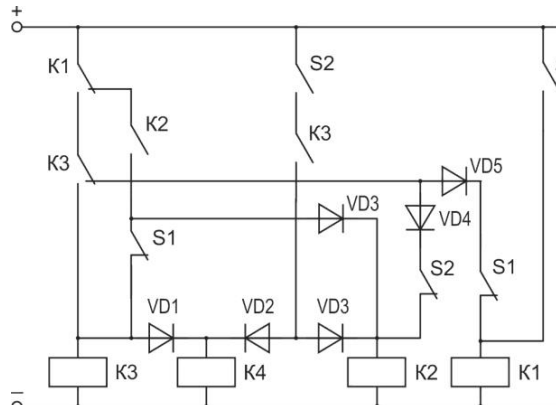
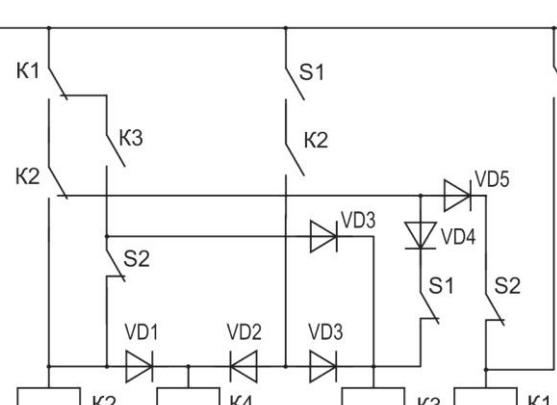
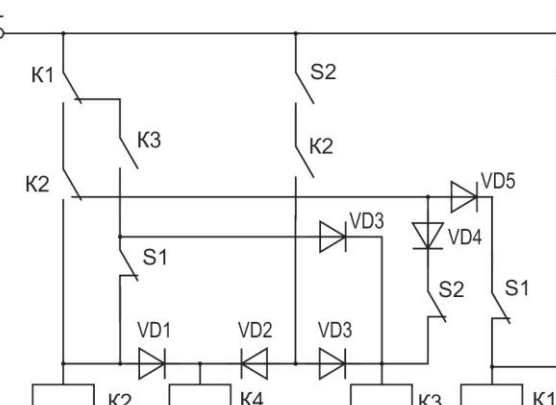
1) определите, какие элементы являются входными, выходными и промежуточными, а также класс и тип заданной схемы;

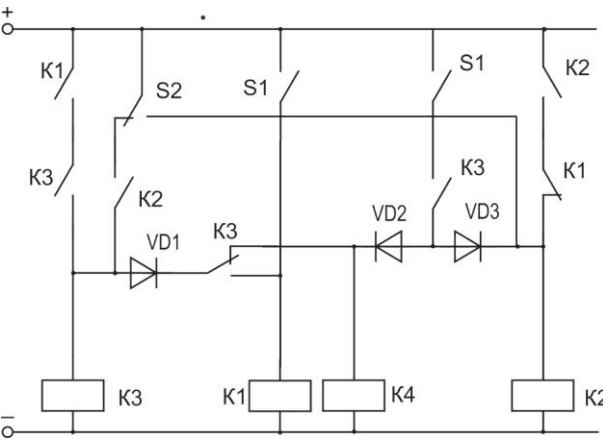
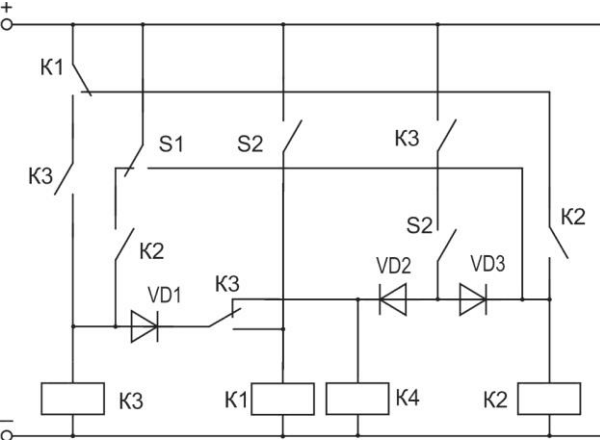
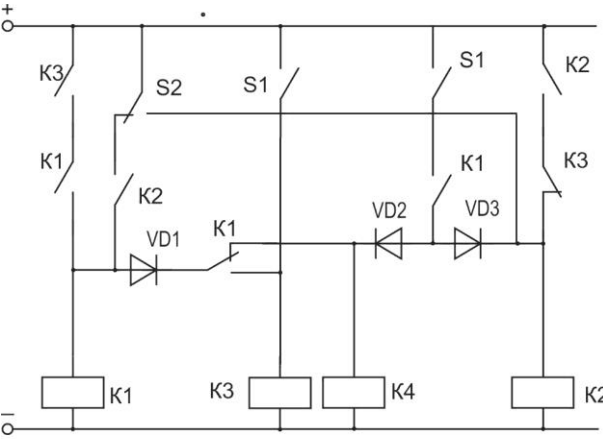
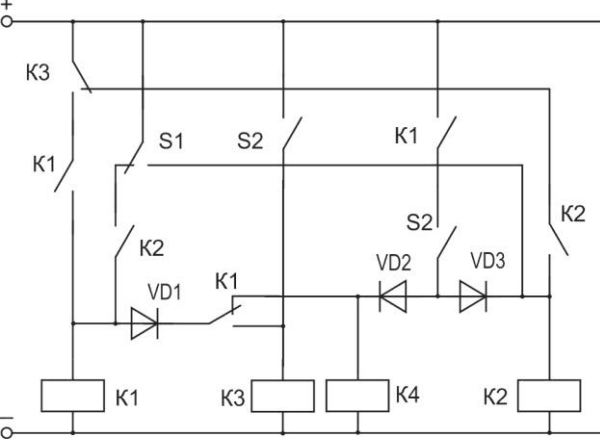
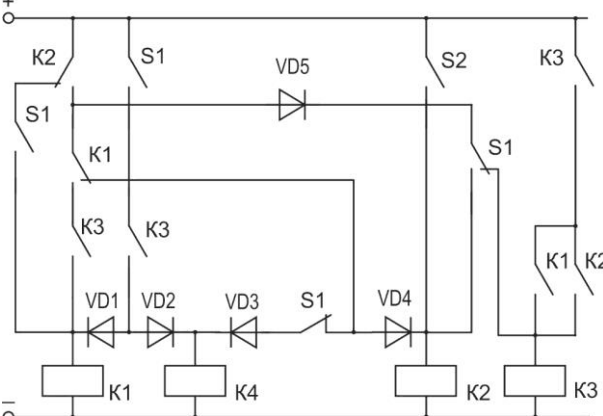
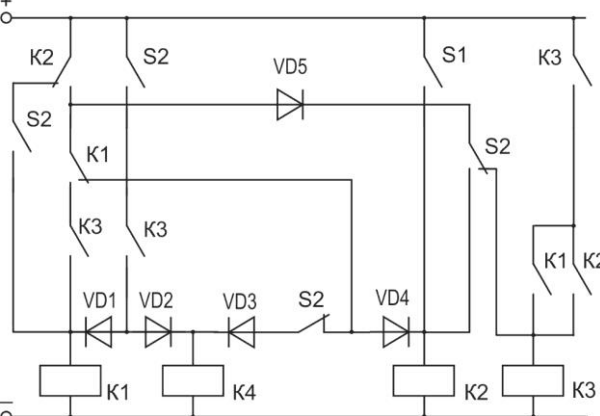
2) при необходимости выполните преобразование схемы в эквивалентную структуру класса П и запишите для нее структурную формулу, а затем получите условия работы выходных и промежуточных элементов в ДНФ, в ОК и ЧФ;

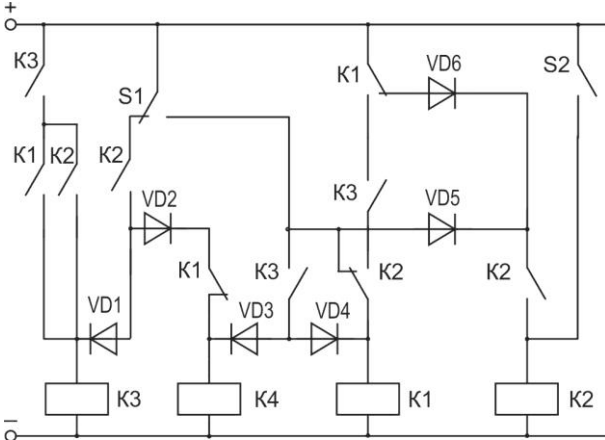
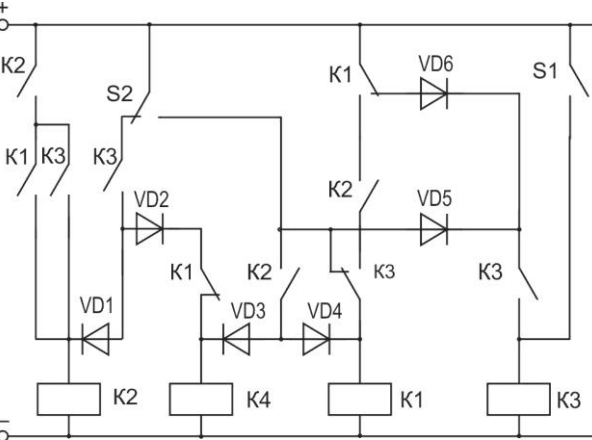
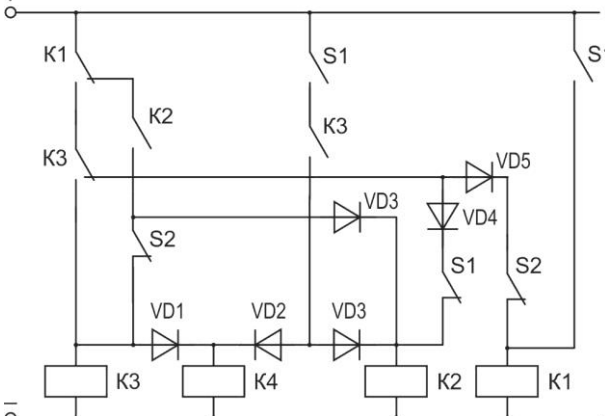
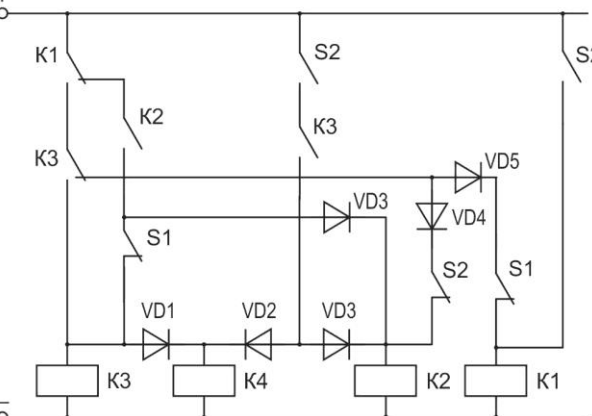
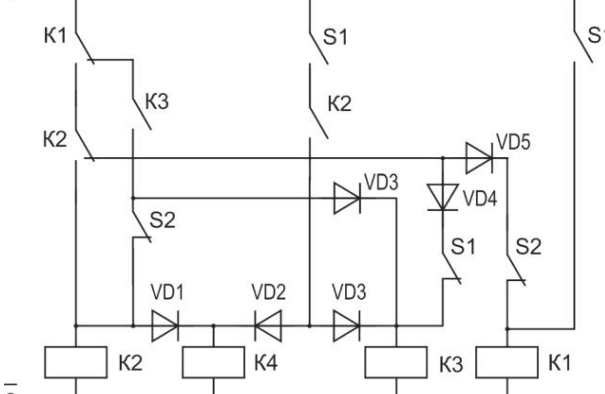
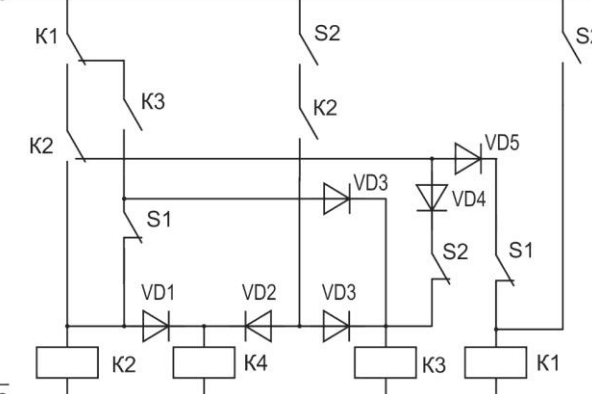
3) постройте таблицу включений для заданной последовательности изменения входных сигналов;

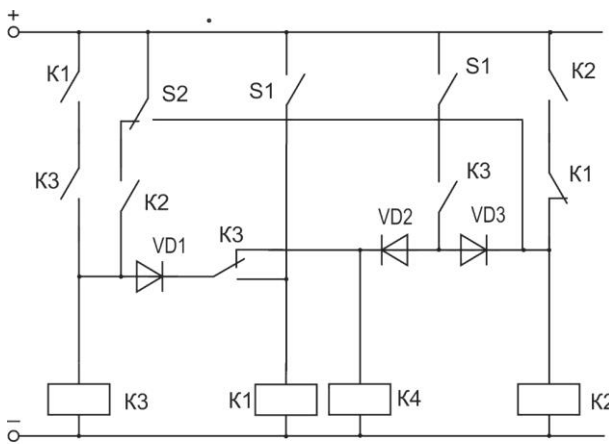
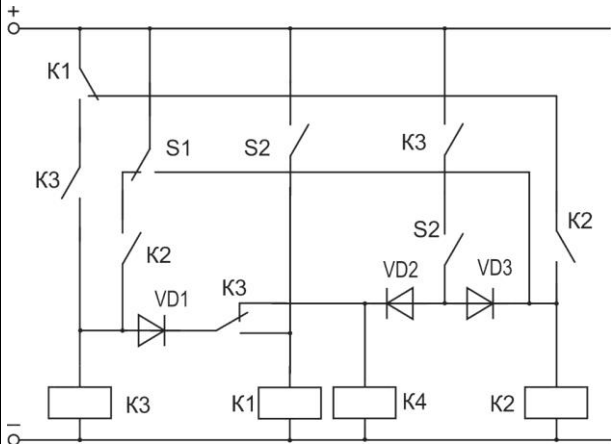
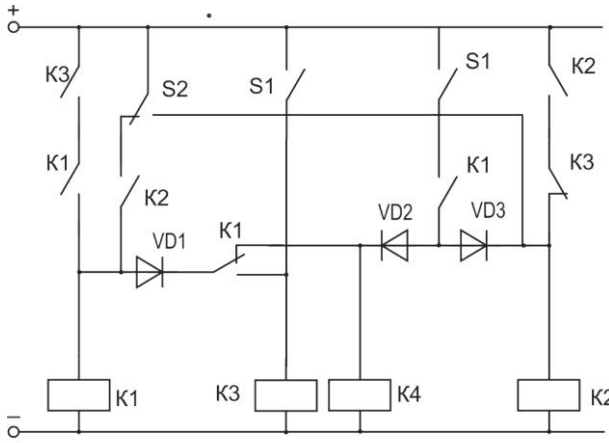
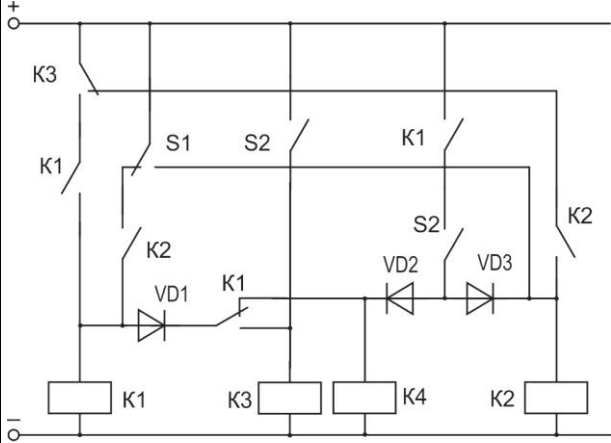
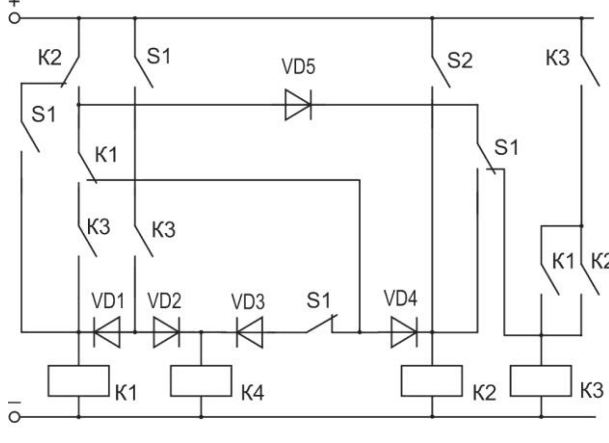
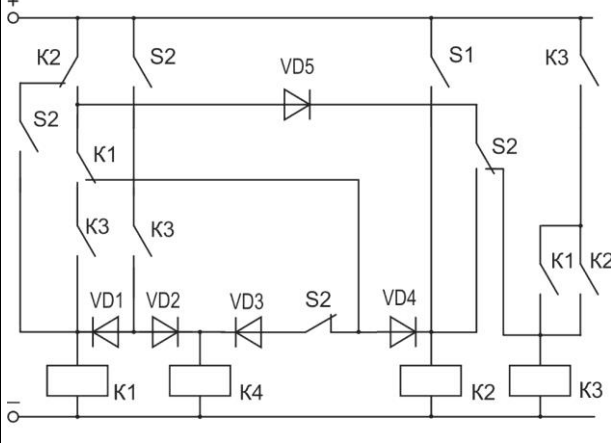
4) выполните анализ схемы методом однотокового эквивалента и путем построения матриц внутренних состояний и выходов.

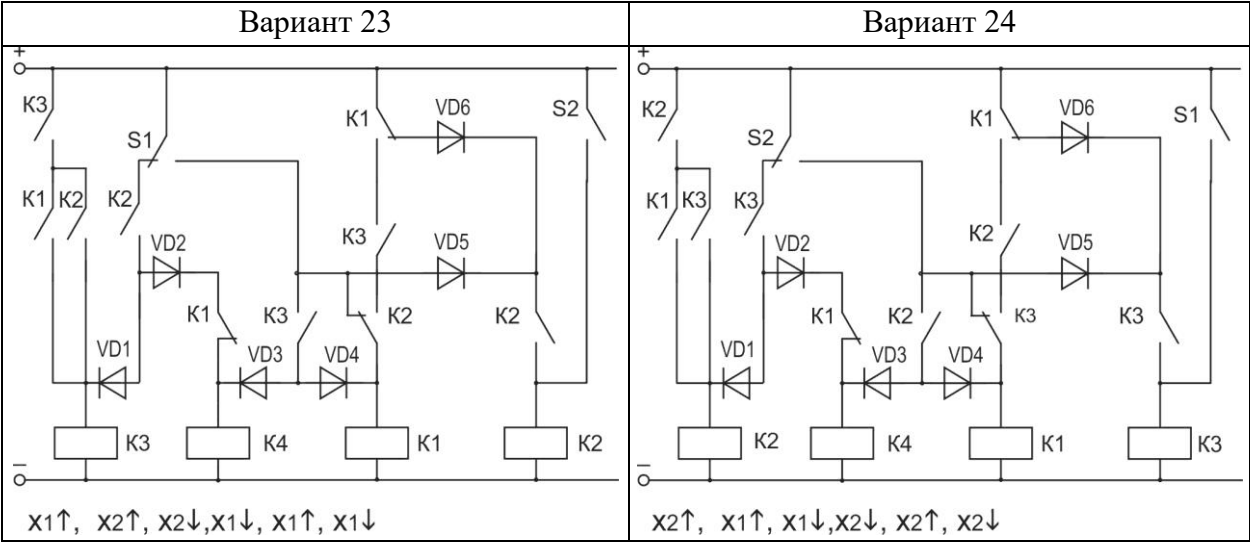
Таблица 4

Вариант 1	Вариант 2
 $x1\uparrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow$	 $x2\uparrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow$
Вариант 3	Вариант 4
 $x1\uparrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow$	 $x2\uparrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow$

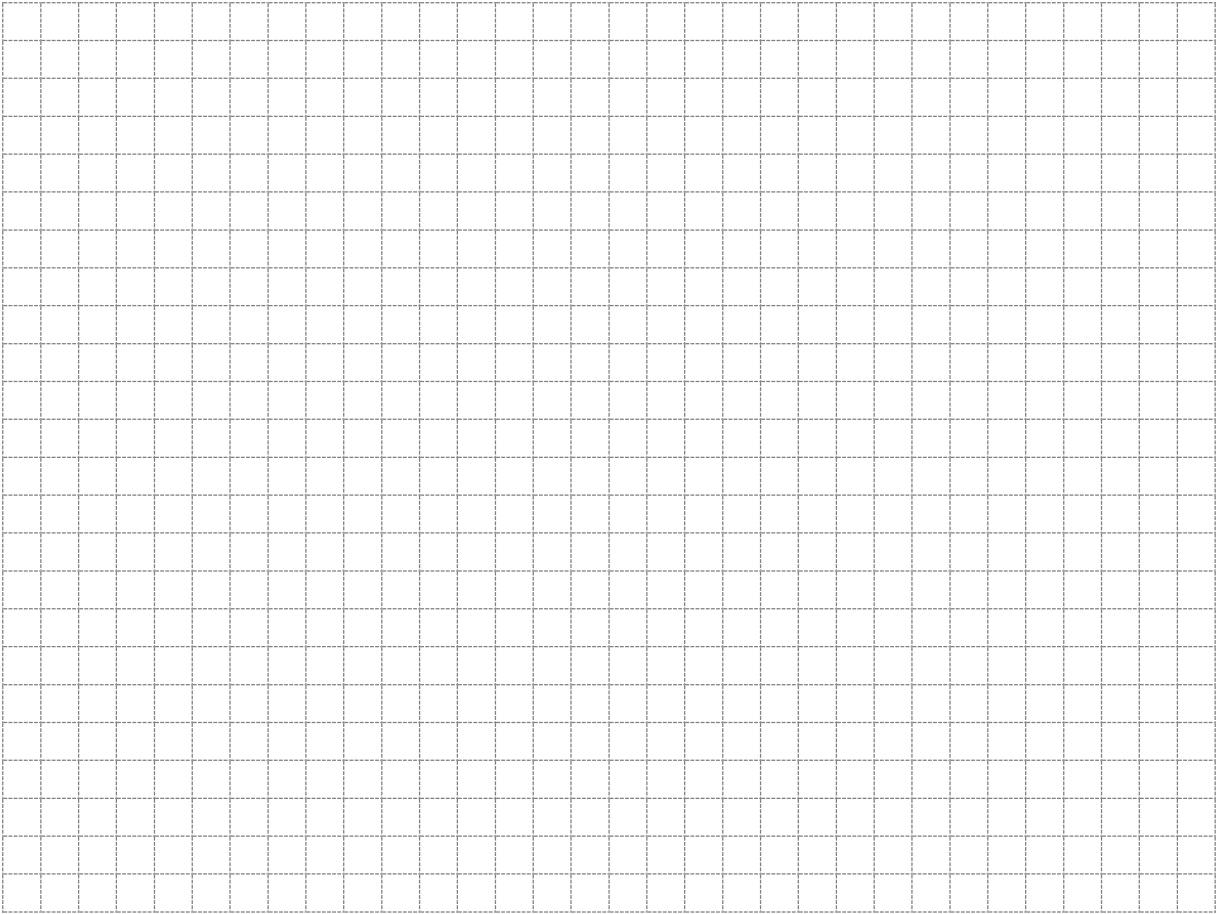
Вариант 5	Вариант 6
 x1↑, x2↑, x1↓, x2↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x1↑, x2↓, x1↓, x2↑, x2↓
Вариант 7	Вариант 8
 x1↑, x2↑, x1↓, x2↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x1↑, x2↓, x1↓, x2↑, x2↓
Вариант 9	Вариант 10
 x1↑, x2↑, x2↓, x1↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x1↑, x1↓, x2↓, x2↑, x2↓

Вариант 11	Вариант 12
 x1↑, x2↑, x2↓, x1↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x1↑, x1↓, x2↓, x2↑, x2↓
Вариант 13	Вариант 14
 x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓
Вариант 15	Вариант 16
 x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓	 x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓

Вариант 17	Вариант 18
 $x1\uparrow, x2\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow$	 $x2\uparrow, x1\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow$
Вариант 19	Вариант 20
 $x1\uparrow, x2\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow$	 $x2\uparrow, x1\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow$
Вариант 21	Вариант 22
 $x1\uparrow, x2\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow$	 $x2\uparrow, x1\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow$



Решение. Анализируемая схема:



Обозначение	Элементы							
	входные		промежуточные				выходные	
Исходное								
Новое								

Цепи, воздействующие на выходные и промежуточные элементы:

Разложение по конечным элементам с учетом принятых обозначений

Классификация полученной структуры:

Вид – _____ Тип – _____

Класс – _____ Разрядность – _____

Структурная формула:

$F =$ _____

Условия работы элементов:

$$Y_1 =$$
$$Y_2 =$$
$$Y_3 =$$
$$Z =$$

База разрядности – _____

Фамилия И.О.

Номер группы

Вариант

Условия работы элементов в обобщенных кодах:

$Y_1 =$

$Y_2 =$

$Y_3 =$

$Y_4 =$

$Z =$

Значения весов, связанных полученными обобщенными кодами (определяются по РСЧ):

$Y_1 =$

$Y_2 =$

$Y_3 =$

$Y_4 =$

$Z =$

Условия работы дискретного устройства:

Матрица переходов и выходов

x_1x_2	$y_1y_2y_3$							
	0 0 0	0 0 1						
0 0	_____ (0)(0)	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()
0 1	_____ (0)()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()
1 0	_____ (0)()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()
1 1	_____ (0)()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()	_____ () ()

Таблица вclusions

Такт		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Проводимости	Y_1									
	Y_2									
	Y_3									
Состояния	$2^4 x_1$	–								
	$2^3 x_2$	–								
	$2^2 y_1$	–								
	$2^1 y_2$	–								
Q	$2^0 y_3$	–								
		(0)() () () () () () ()								
Z		0								

Однотактный эквивалент:

Q	Входы					Выходы				Последовательность тактов			
	2^4 x_1	2^3 x_2	2^2 y_1	2^1 y_2	2^0 y_3	Y_1	Y_2	Y_3	Z				
(0)(0)	0	0	0	0	0					° 0			
(0)(1)	0	0	0	0	1								
(0)(2)	0	0	0	1	0								
(0)(3)	0	0	0	1	1								
()()	0	0	1	0	0								
()()	0	0	1	0	1								
()()	0	0	1	1	0								
()()	0	0	1	1	1								
()()	0	1	0	0	0								
()()	0	1	0	0	1								
()()	0	1	0	1	0								
()()	0	1	0	1	1								
()()	0	1	1	0	0								
()()	0	1	1	0	1								
()()	0	1	1	1	0								
()()	0	1	1	1	1								
()()	1	0	0	0	0								
()()	1	0	0	0	1								
()()	1	0	0	1	0								
()()	1	0	0	1	1								
()()	1	0	1	0	0								
()()	1	0	1	0	1								
()()	1	0	1	1	0								
()()	1	0	1	1	1								
()()	1	1	0	0	0								
()()	1	1	0	0	1								
()()	1	1	0	1	0								
()()	1	1	0	1	1								
()()	1	1	1	0	0								
()()	1	1	1	0	1								
()()	1	1	1	1	0								
()()	1	1	1	1	1								
()()	1	1	1	1	1								

6. Логический синтез комбинационных автоматов

В соответствии со своим вариантом выполните синтез схемы дискретного устройства на релейных элементах с использованием решетки соседних чисел (РСЧ) и канонического метода построения мостиковых структур с учетом следующего: все двоичные числа, оканчивающиеся на 0, – четные, а на 1 – нечетные.

Вариант 1

Синтезировать устройство контроля нормального течения технологического процесса на четырех датчиках заданного уровня рабочего тела.

Устройство должно формировать выходной сигнал «Норма», равный единице, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 2

Синтезировать устройство контроля отклонения технологического процесса от нормального течения на четырех датчиках уровня рабочего тела.

Устройство должно формировать выходной сигнал «Тревога», равный нулю, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 3

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа A будет больше, чем у числа B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа A будет меньше, чем у числа B .

Вариант 4

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа B будет больше, чем у числа A .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа B будет меньше, чем у числа A .

Вариант 5

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел A и B будет нечетным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел A и B будет четным.

Вариант 6

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел A и B будет четным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел A и B будет нечетным.

Вариант 7

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если числа A и B будут нечетными.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если числа A и B будут четными.

Вариант 8

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если числа A и B будут четными.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если числа A и B будут нечетными.

Вариант 9

Синтезировать устройство контроля отклонения технологического процесса от нормального течения на четырех датчиках температуры рабочего тела.

Устройство должно формировать выходной сигнал «Тревога», равный единице, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 10

Синтезировать устройство контроля нормального течения технологического процесса на четырех датчиках температуры рабочего тела.

Устройство должно формировать выходной сигнал «Норма», равный нулю, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 11

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел M и N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа M будет больше, чем у числа N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа M будет меньше, чем у числа N .

Вариант 12

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел M и N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа N будет больше, чем у числа M .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа N будет меньше, чем у числа M .

Вариант 13

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел M и N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел M и N будет нечетным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел M и N будет четным.

Вариант 14

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел M и N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел M и N будет четным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел M и N будет нечетным.

Вариант 15

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел M и N .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если числа M и N будут нечетными.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если числа M и N будут четными.

Вариант 17

Синтезировать устройство мажоритарного голосования на четырех датчиках контролируемого напряжения.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 18

Синтезировать устройство мажоритарного голосования на четырех датчиках контролируемого тока.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество сработавших датчиков будет больше, чем не сработавших.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество сработавших датчиков будет меньше, чем не сработавших.

Вариант 19

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа A будет больше, чем у числа B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа A будет меньше, чем у числа B .

Вариант 20

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у числа B будет больше, чем у числа A .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у числа B будет меньше, чем у числа A .

Вариант 21

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел A и B будет нечетным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел A и B будет четным.

Вариант 22

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если количество единиц у чисел A и B будет четным.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если количество единиц у чисел A и B будет нечетным.

Вариант 23

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если числа A и B будут нечетными.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если числа A и B будут четными.

Вариант 24

Синтезировать устройство сравнения двухразрядных двоичных чисел A и B .

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный единице, если числа A и B будут четными.

Устройство должно формировать выходной сигнал, равный нулю, если числа A и B будут нечетными.

Решение.

Синтез комбинационного автомата с использованием РСЧ

Таблица выходов:

Q	2^3 $x_{_}$	2^2 $x_{_}$	2^1 $x_{_}$	2^0 $x_{_}$	Z
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	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	

Устройство должно иметь _____ входов:

x_1 — _____ x_3 — _____
 x_2 — _____ x_4 — _____

Выходной сигнал один – Z. Выходному сигналу высокого уровня ставится в соответствие 1, а низкому – 0.

Условия работы Z в виде совокупностей рабочих и запрещенных весов:

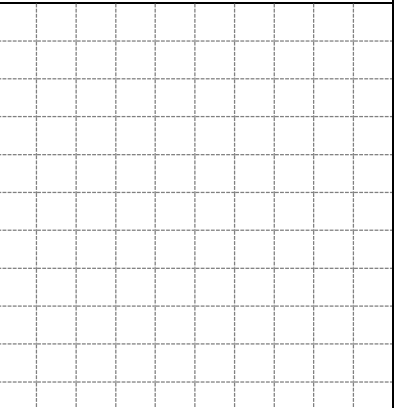
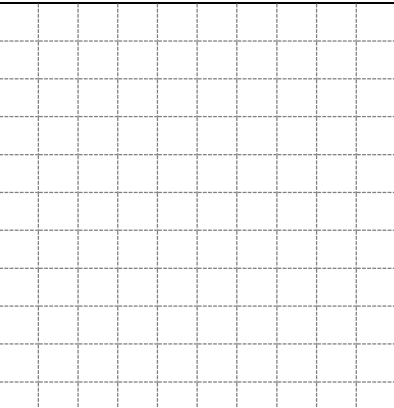
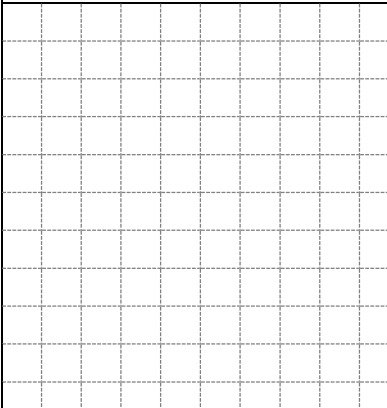
$$Z = \vee f_{\text{раб}}(_, _, _) f_{\text{запр}}(_, _, _).$$

Рабочие и запрещенные веса в РСЧ:

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

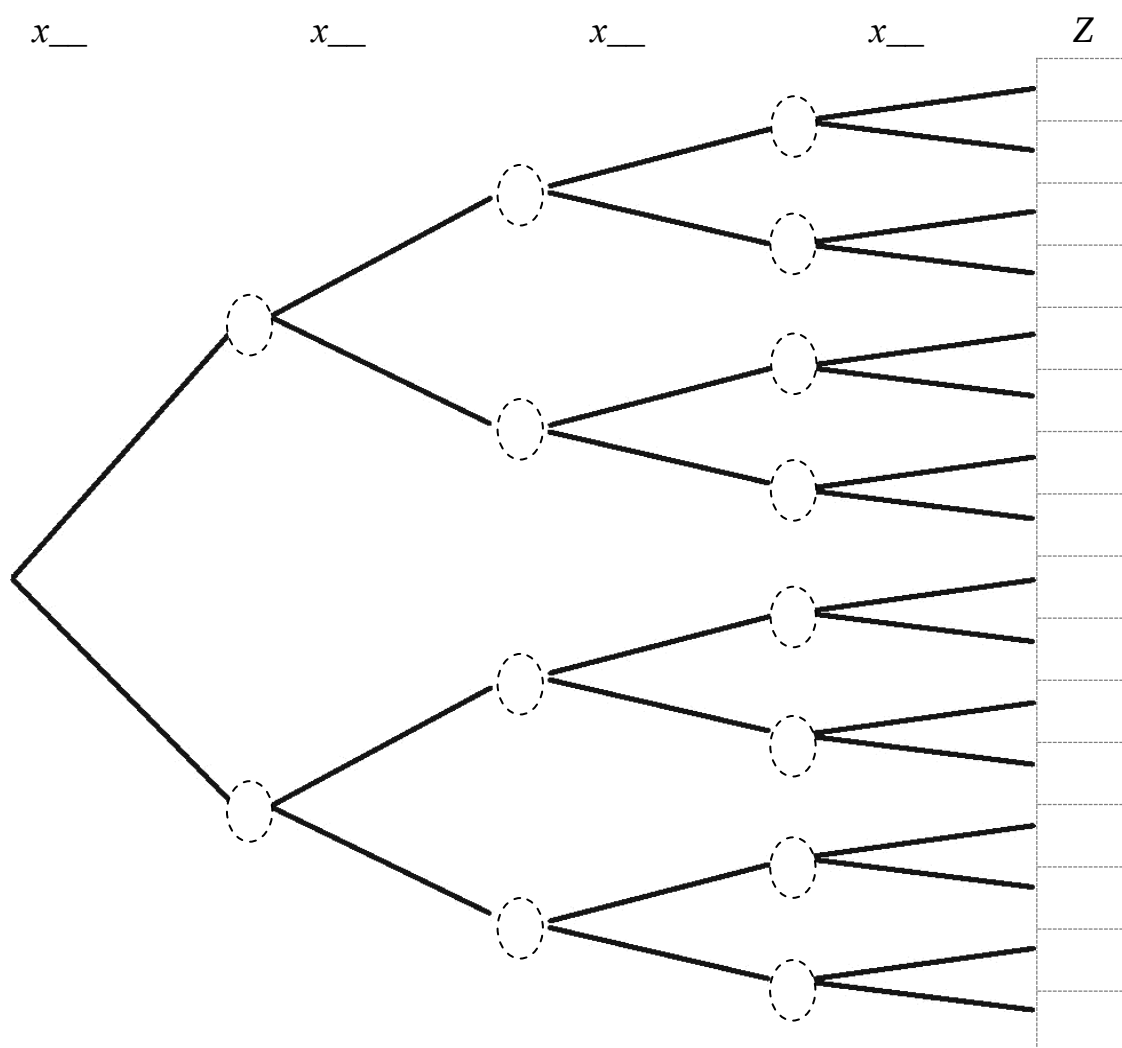
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
12	13	15	14	12
8	9	11	10	8
0	1	3	2	0

$$Z = \vee f_{\text{pa}\delta}(\quad, \quad,$$
$$\mathbf{Z} =$$
$$\mathbf{Z} =$$

Контактная структура	Принципиальная схема	Функциональная схема на бесконтактных элементах
		

Канонический метод синтеза комбинационного дискретного устройства

Каноническая таблица:



Составление канонической таблицы начинается с n -го столбца, т. е. справа налево. Правый столбец таблицы содержит значения проводимостей цепей исполнительного элемента Z (см. таблицу выходов, расположенную на с. 48).

Каждой паре присваивается номер и затем пары соединяются друг с другом отрезками. Как правило, номер располагается в $(n - 1)$ столбце посередине пары в овале. Разные пары нумеруются разными номерами, пары из одинаковых номеров обозначаются тем же номером. Следует отметить, что номер пары $\frac{a}{b}$ не равен номеру пары $\frac{b}{a}$. Это разные пары. Если есть условные наборы, то они доопределяются таким образом, чтобы в таблице получилось как можно меньше различных номеров. Другими словами,

Точки с одинаковыми номерами совмещаются (объединяются одинаковые цепи). Точке 1 соответствует подключение к входной шине, а к точке максимальным номером подключается выходной элемент Z.

Контактная структура	Принципиальная схема

При использовании канонического метода построения мостиковых структур следует помнить, что перестановка местами переменных в исходной стандартной таблице состояний иногда приводит к упрощению или усложнению структуры.

7. Синтез многотактных дискретных устройств

1. На релейных элементах произведите синтез схемы дискретного устройства, обеспечивающего формирование выходного сигнала при поступлении входных сигналов в заданной в соответствии со своим вариантом последовательности.

Синтез контактных структур выполните:

- 1) методом таблиц включений с использованием условных весов;
- 2) с использованием графа состояний;
- 3) посредством автоматных таблиц.

Синтез функциональной схемы устройства на бесконтактных логических элементах (микросхемах) и триггерах – с помощью функций возбуждения.

Вариант 1

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1		1				1		
x_2				1				
Z					1	1	1	

Вариант 2

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1		1	1			1		
x_2			1	1				
Z					1	1	1	

Вариант 3

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1		1	1	1		1		
x_2			1					
Z					1	1	1	

Вариант 4

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 5

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 6

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 7

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 8

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1		■	■					
x_2			■	■		■		
Z					■	■	■	

Вариант 9

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1		■	■	■				
x_2			■			■		
Z					■	■	■	

Вариант 10

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1				■				
x_2		■				■		
Z					■	■	■	

Вариант 11

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1			■	■				
x_2		■	■			■		
Z					■	■	■	

Вариант 12

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 13

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 14

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 15

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 16

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 17

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 18

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 19

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Вариант 20

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1				■	■			
x_2		■			■	■		
Z			■	■	■	■	■	

Вариант 21

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1				■	■	■		
x_2		■			■			
Z			■	■	■	■	■	

Вариант 22

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1						■		
x_2		■		■				
Z			■	■	■	■	■	

Вариант 23

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1					■	■		
x_2		■		■	■			
Z			■	■	■	■	■	

Вариант 24

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1					■			
x_2		■		■	■	■		
Z			■	■	■	■	■	

Вариант 25

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1					■			
x_2		■		■	■	■		
Z				■	■	■	■	

Вариант 26

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1					■	■		
x_2		■		■	■			
Z				■	■	■	■	

Вариант 27

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1						■		
x_2		■		■				
Z				■	■	■	■	■

Вариант 28

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1				■	■	■		
x_2		■			■			
Z				■	■	■	■	

Вариант 29

	0	1	2	3	4	5	6
x_1				■	■		
x_2		■			■	■	
Z			■	■	■	■	■

Вариант 30

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1				■				
x_2		■				■		
Z				■	■	■	■	

Решение.

	0	1	2	3	4	5	6	7
x_1								
x_2								
Z								

Словесное описание работы дискретного устройства:

а) количество входных элементов – два:

$$x_1 = \begin{cases} 0, \text{ сигнал } x_1 \text{ низкого уровня;} \\ 1, \text{ сигнал } x_1 \text{ высокого уровня;} \end{cases}$$

$$x_2 = \begin{cases} 0, \text{ сигнал } x_2 \text{ низкого уровня;} \\ 1, \text{ сигнал } x_2 \text{ высокого уровня;} \end{cases}$$

б) выходной сигнал – один:

$$Z = \begin{cases} 0, \text{ сигнал } Z \text{ низкого уровня;} \\ 1, \text{ сигнал } Z \text{ высокого уровня.} \end{cases}$$

Первичная таблица переходов и выходов:

Входы	Внутренние состояния S_{it}						
x_1x_2	S0	S1	S2				
00	<u>S0</u> 0						
01							
10							
11							

$\frac{S_{i(t+1)}}{Z_t}$

Правила объединения столбцов:

а) два идентичных по своему содержанию столбца могут быть объединены даже при наличии в одном из них пустой клетки. Столбцы, имеющие отличия хотя бы в одной строке, объединять нельзя;

б) в клетках результирующего столбца проставляются совпадающие из объединяемых столбцов символы. Если одна из клеток пустая, то в результирующем столбце проставляются символы из расположенной в той же строке заполненной клетки;

в) символ состояния, соответствующий сокращаемому столбцу, во всех клетках таблицы заменяется на символ состояния столбца, с которым было проведено объединение.

Минимизированная таблица переходов и выходов:

Входы	Внутренние состояния S_{it}						
x_1x_2	S0	S1	S2				
00	<u>S0</u> 0						
01							
10							
11							

$S_{i(t+1)}/Z_t$

Требуемое количество элементов памяти $m = \lceil \log_2 \text{_____} \rceil = \text{_____}$

Обозначения элементов памяти: _____

Кодирование состояний комбинациями состояний элементов памяти:

S_i	y_1, y_2, y_3
S0	

Матрица переходов и выходов:

Входы	y_1, y_2, y_3					
x_1x_2	000					
00	<u>00</u> 0 (0)(0)	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
01	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
10	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
11	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()

$S_{i(t+1)}/Z_t$

База разрядности _____.

Рабочие и запрещенные веса для выходных элементов и элементов памяти:

$$Y_1 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad})$$

$$Y_2 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad})$$

$$Y_3 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad})$$

$$Y_4 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\quad}, \underline{\quad}, \underline{\quad})$$

Графическое определение покрытий рабочих весов: рабочие веса отмечены кружочками, запрещенные веса – крестиками.

1-й способ

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

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

$Y_1 =$

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

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

$Y_2 =$

Фамилия И.О.					Номер группы					Вариант
	(	)				(	)			$Y_3 =$
0	1	3	2	0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	4	5	7	6	4	
12	13	15	14	12	12	13	15	14	12	
8	9	11	10	8	8	9	11	10	8	
0	1	3	2	0	0	1	3	2	0	

	(	)				(	)			$Z =$
0	1	3	2	0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	4	5	7	6	4	
12	13	15	14	12	12	13	15	14	12	
8	9	11	10	8	8	9	11	10	8	
0	1	3	2	0	0	1	3	2	0	

2-й способ

	(	)					(	)			$Y_1 =$
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	
	(	)					(	)			
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	

	(	)					(	)			$Y_2 =$
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	
	(	)					(	)			
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	

Фамилия И.О.						Номер группы					Вариант
	(	)					(	)			$Y_3 =$
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	
	(	)					(	)			
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	

	(	)					(	)			$Z =$
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	
	(	)					(	)			
0	1	3	2		0	0	1	3	2	0	
4	5	7	6		4	4	5	7	6	4	

Аналитические выражения для цепей, воздействующих на промежуточные и выходные элементы:

$Y_1 =$ _____

$Y_2 =$ _____

$Y_3 =$ _____

$Z =$ _____

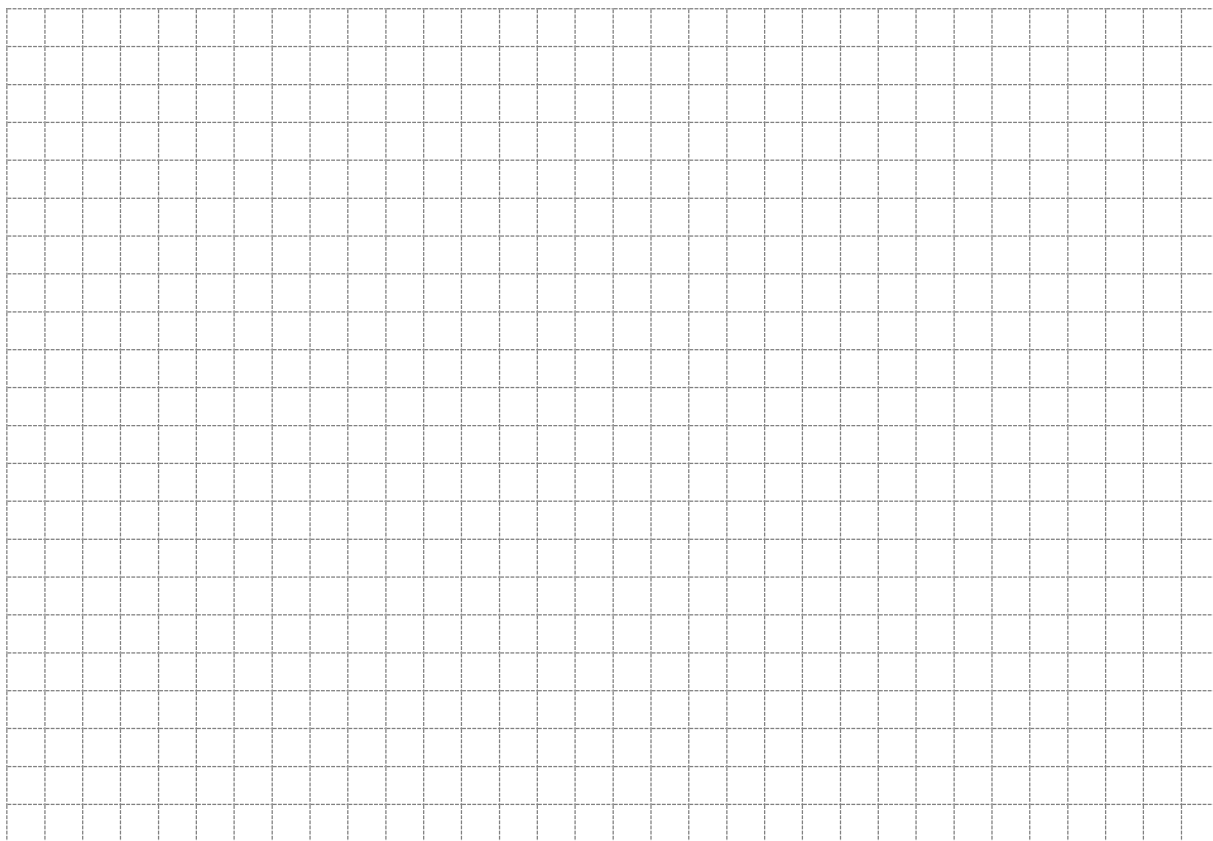
Структурная формула, по возможности упрощенная:

$F =$ _____

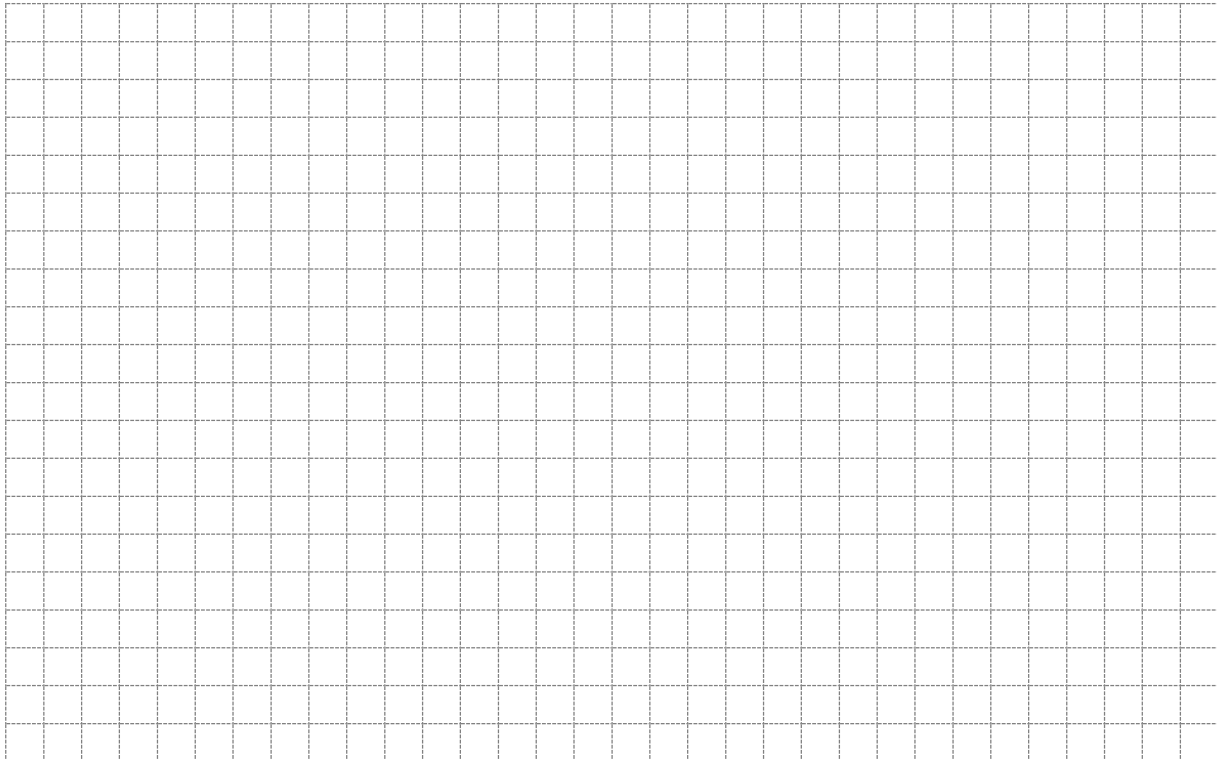
Контактная структура, построенная по структурной формуле:



Контактная структура после сокращения:



15. Схема электрическая принципиальная:



8. Синтез бесконтактных дискретных устройств

Синтезируйте устройство управления на бесконтактных элементах, используя матрицу переходов и выходов из предыдущего задания.

Решение.

УГО элемента памяти и соответствующая ему таблица переходов:

Триггер

Таблица переходов			
Q_t	J	K	Q_{t+1}

Матрица функций возбуждения:

Входы	$y_1 y_2 y_3$					
$x_1 x_2$	000					
00	(0)(0)	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
01	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
10	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
11	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()

$J_1, K_1, J_2, K_2, J_3, K_3$

Рабочие и запрещенные веса для всех выходных элементов и элементов памяти:

$$J_1 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}})$$

$$K_1 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}})$$

$$J_2 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}})$$

$$K_2 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}})$$

$$J_3 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}})$$

$$K_3 = \vee f_{\text{раб}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}) \vee f_{\text{запр}}(\underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}}, \underline{\hspace{2cm}})$$

Определение покрытий рабочих весов для функций возбуждения

1-й способ

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

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

$J_1 =$

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

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

$K_1 =$

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

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

$J_2 =$

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

		()			$K_2 =$
0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	
12	13	15	14	12	
8	9	11	10	8	
0	1	3	2	0	

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

		()			$J_3 =$
0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	
12	13	15	14	12	
8	9	11	10	8	
0	1	3	2	0	

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

		()			$K_3 =$
0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	
12	13	15	14	12	
8	9	11	10	8	
0	1	3	2	0	

2-й способ

		()		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
		()		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

		()			$J_1 =$
0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	
		()			
0	1	3	2	0	
4	5	7	6	4	

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

$K_1 =$

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

$J_2 =$

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

$K_2 =$

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

$J_3 =$

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4
	(	)		
0	1	3	2	0
4	5	7	6	4

$K_3 =$

Обобщенные коды и аналитические выражения для функций возбуждения элементов памяти:

$$J_1 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$K_1 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$J_2 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$K_2 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$J_3 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$K_3 = \underline{\hspace{10cm}}$$

Функция выходов (осталась неизменной):

$$Z = \underline{\hspace{10cm}}.$$

Функциональная схема устройства (дальнейшее изменение схемы возможно после выбора базовых логических элементов):



9. Синтез микропрограммных автоматов

Выполните синтез схемы дискретного устройства на бесконтактных логических элементах (микросхемах) и триггерах, обеспечивающего формирование выходного сигнала при наборе заданного в соответствии со своим вариантом кода (табл. 5). Для этого:

- 1) составьте и запишите в виде логических схем (ЛСА) и граф-схем (ГСА) четыре частных алгоритма (один алгоритм – одно нажатие) и объедините их в каждой из этих форм;
- 2) оцените сложность и стереотипность полученных алгоритмов;
- 3) разработайте структурную и функциональные схемы устройства.

Таблица 5

Вариант	Код (комбинация клавиш на клавиатуре)	Вариант	Код (комбинация клавиш на клавиатуре)
1	0120	16	1167
2	0232	17	1779
3	0344	18	1819
4	0045	19	1901
5	0556	20	2030
6	0607	21	2100
7	0780	22	2253
8	0818	23	2337
9	0911	24	2425
10	1102	25	9629
11	1223	26	9535
12	1213	27	8322
13	1341	28	7745
14	1454	29	8556
15	1566	30	2627

Фамилия И.О.	Номер группы	Вариант
--------------	--------------	---------

Решение.

Функциональные операторы:

A_0 – _____

Логические операторы:

$$p_1 = \begin{cases} 1, & \text{_____} \\ 0, & \text{_____} \end{cases}$$

$$p_2 = \begin{cases} 1, & \text{_____} \\ 0, & \text{_____} \end{cases}$$

$$p_3 = \begin{cases} 1, & \text{_____} \\ 0, & \text{_____} \end{cases}$$

$$p_4 = \begin{cases} 1, & \text{_____} \\ 0, & \text{_____} \end{cases}$$

Частные алгоритмы:

$$L_1 = \text{_____}$$

$$L_2 = \text{_____}$$

$$L_3 = \text{_____}$$

$$L_4 = \text{_____}$$

Дополнительное логическое условие r_1, r_2, r_3, r_4 :

Сводная таблица переходов

	r_1	r_2	r_3	r_4
A_0				

Объединенная ЛСА, где в качестве индексов верхних и нижних стрелок использованы:

– обозначения операторов:

$$L_{\Sigma} = A_0 \downarrow_R R \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\underline{\hspace{10cm}}$$

– цифры:

$$L_{\Sigma} = A_0 \downarrow_{\underline{\hspace{1cm}}} R \underline{\hspace{10cm}} (1)$$

$$\underline{\hspace{10cm}}$$

*Оценка сложности и стереотипности при помощи
ненормированных коэффициентов алгоритма*

Алгоритм (1) в упрощенном виде (без стрелок):

$$L = A_0 \underline{\hspace{10cm}}$$

Нормированный коэффициент стереотипности

$$Z_{нс} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i} = \frac{1}{\underline{\hspace{1cm}}} (\underline{\hspace{1cm}})$$

Для оценки нормированного коэффициента логической сложности $N^* = \underline{\hspace{1cm}}$ групп получается $\underline{\hspace{1cm}}$:

$m_1 =$	$m_2 =$					
$m_{01} =$						
$m_{л1} =$						

Нормированный коэффициент логической сложности

$$Z_{нл} = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{n_{л}} \frac{m_{лj}^2}{m_j} = \frac{1}{\underline{\hspace{1cm}}} (\underline{\hspace{1cm}})$$

Вывод: $\underline{\hspace{1cm}}$

Разработка структурной схемы для объединенной ЛСА (1)

Для реализации операторов $\underline{\hspace{1cm}}$ необходимо $\underline{\hspace{1cm}}$.

Для реализации операторов $\underline{\hspace{1cm}}$ необходимо $\underline{\hspace{1cm}}$.

Оператор $\underline{\hspace{1cm}}$ реализуется $\underline{\hspace{1cm}}$.

Оператор $\underline{\hspace{1cm}}$ реализуется $\underline{\hspace{1cm}}$.

Операторы $\underline{\hspace{1cm}}$ реализуются $\underline{\hspace{1cm}}$.

Для обеспечения выполнения операторов в заданной последовательности необходимо $\underline{\hspace{1cm}}$.

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

1.	2.
3.	

[illegible]

Система формул перехода, построенная по объединенной ЛСА (1):

[illegible]

Результат группировки сложных логических выражений с одинаковыми операторами:

→	
→	

Матричная форма объединенного алгоритма:

	R	A				A_k
A_0						
R						
A						

В матричной форме объединенного алгоритма выделите столбцы, соответствующие командам, формируемым устройством управления (_____) и строки, соответствующие командам, принимаемым устройством управления (_____).

Матричная форма алгоритма работы устройства управления:

	R			
A				

Система логических функций, описывающая условия работы устройства управления:

=

=

=

=

Фамилия И.О.

Номер группы

Вариант

Система выражений, приведенная к виду, удобному для реализации на логических элементах:

=

=

=

=

Уравнения после исключения переменной H путем подстановки 2-го выражения в 1-е, 3-е и 4-е выражения системы и выполнения возможных сокращений:

=

=

=

=

Система уравнений после применения равносильных преобразований:

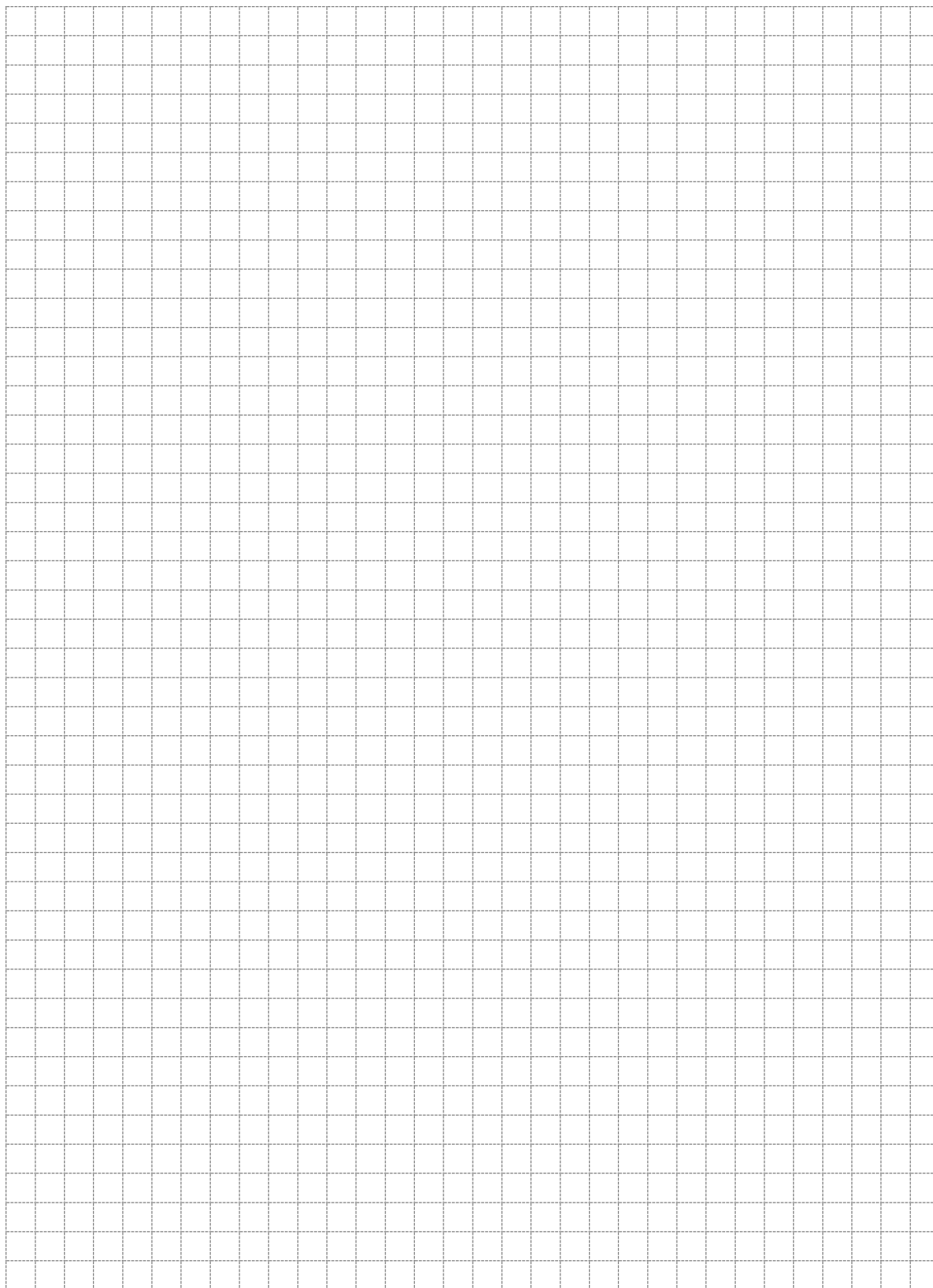
=

=

=

=

Функциональная схема устройства включения аппаратуры



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломакин, И. В. Математические и алгоритмические основы синтеза микропрограммных модулей мехатронных систем и электротехнических комплексов : практикум : в 3 частях / И. В. Ломакин, А. И. Мухаметшин, Н. А. Малёв. – Казань : КГЭУ, 2023. – 3 ч.

2. Шевелев, Ю. П. Прикладные вопросы дискретной математики : учебное пособие / Ю. П. Шевелев. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 356 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/101846> (дата обращения: 19.09.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ожиганов, А. А. Теория автоматов : учебное пособие / А. А. Ожиганов. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 84 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/40714> (дата обращения: 19.09.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Мясникова, Н. А. Алгоритмы и структуры данных : учебное пособие / Н. А. Мясникова. – Москва : КноРус, 2023. – 185 с. – URL: <https://book.ru/book/946265> (дата обращения: 19.09.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

Двоичная система счисления

Для перевода двоичного числа в десятичное необходимо сложить двойки в степенях, соответствующих позициям, где в двоичном числе стоят единицы, например:

$$10010111_2 = 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\ = 128 + 16 + 4 + 2 + 1 = 151.$$

В табл. А.1 дано соответствие десятичных и двоичных чисел от 0 до 16.

Таблица А.1

Десятичная система	Двоичная система	Десятичная система	Двоичная система
0	0000	9	1001
1	0001	10	1010
2	0010	11	1011
3	0011	12	1100
4	0100	13	1101
5	0101	14	1110
6	0110	15	1111
7	0111	16	10000
8	1000	—	—

Для перевода десятичного числа в двоичное можно разделить его на два, записывая остатки справа налево:

$$\begin{array}{r}
 151 \overline{) 2} \\
 \underline{150} \quad 75 \overline{) 2} \\
 \underline{1} \quad 74 \quad 37 \overline{) 2} \\
 \underline{1} \quad 36 \quad 18 \overline{) 2} \\
 \underline{1} \quad 18 \quad 9 \overline{) 2} \\
 \underline{0} \quad 8 \quad 4 \overline{) 2} \\
 \underline{1} \quad 4 \quad 2 \overline{) 2} \\
 \underline{0} \quad 2 \quad 1 \overline{) 2} \\
 \underline{0} \quad 0 \quad 0 \\
 \underline{1}
 \end{array}$$

$$151_{10} = 10010111_2$$

Логические функции одной и двух переменных

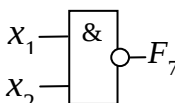
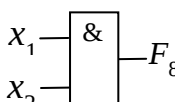
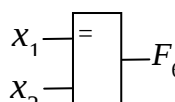
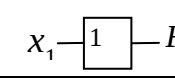
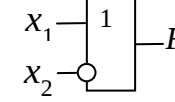
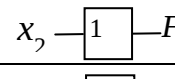
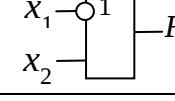
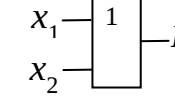
В табл. А.2 приведены логические функции одной переменной x , а в табл. 3 – логические функции двух переменных x_1 и x_2 и функциональные обозначения соответствующих им элементов. Таблицы истинности в них расположены вертикально.

Таблица А.2

Таблица истинности			Название функции	Формула	Обозначение элемента
x	0	1			
f_0	0	0	Константа нуль	$f_0 = 0$	–
f_1	0	1	Повторение	$f_1 = x_1$	$x \rightarrow \boxed{1} \rightarrow f_1$
f_2	1	0	Отрицание (инверсия)	$f_2 = \bar{x}$	$x \rightarrow \boxed{1} \bigcirc \rightarrow f_2$
f_3	1	1	Константа единица	$f_3 = 1$	–

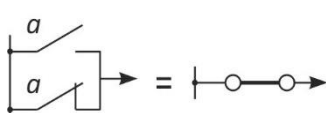
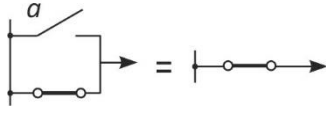
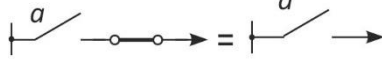
Таблица А.3

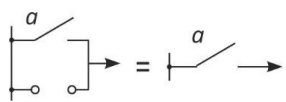
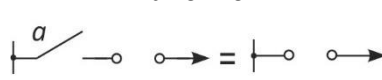
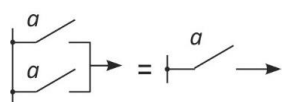
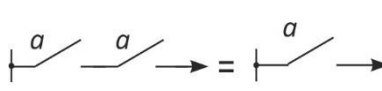
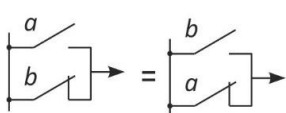
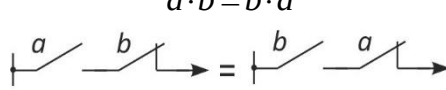
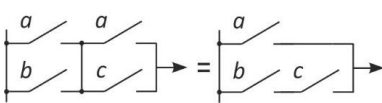
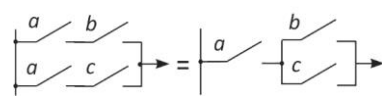
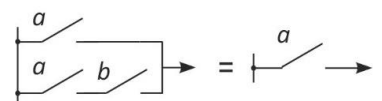
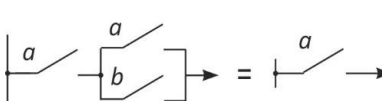
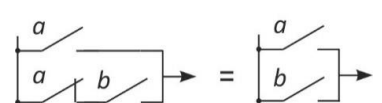
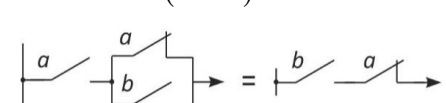
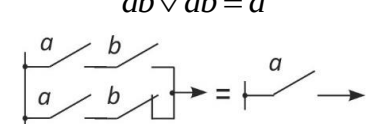
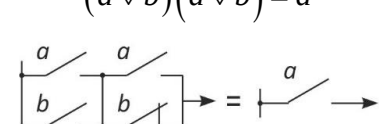
Таблица истинности					Название функции	Формула	Обозначение логического элемента
x_1	0	1	0	1			
x_2	0	0	1	1			
1	2	3	4	5	6	7	8
F_0	0	0	0	0	Константа нуль	$F_0 = 0$	–
F_1	1	0	0	0	Отрицание дизъюнкции (стрелка Пирса)	$F_1 = \overline{x_1 \vee x_2}$	$x_1 \rightarrow \boxed{1} \bigcirc \rightarrow F_1$ $x_2 \rightarrow$
F_2	0	1	0	0	Запрет (x_2)	$F_2 = x_1 \cdot \bar{x}_2$	$x_1 \rightarrow \boxed{\&} \rightarrow F_2$ $x_2 \rightarrow \bigcirc$
F_3	1	1	0	0	Отрицание (инверсия)	$F_3 = \bar{x}_2$	$x_2 \rightarrow \boxed{1} \bigcirc \rightarrow F_3$
F_4	0	0	1	0	Запрет (x_1)	$F_4 = \bar{x}_1 \cdot x_2$	$x_1 \rightarrow \bigcirc \rightarrow \boxed{\&} \rightarrow F_4$ $x_2 \rightarrow$
F_5	1	0	1	0	Отрицание (инверсия)	$F_5 = \bar{x}_1$	$x_1 \rightarrow \boxed{1} \bigcirc \rightarrow F_5$
F_6	0	1	1	0	Сложение по модулю 2	$F_6 = x_1 \oplus x_2$	$x_1 \rightarrow \boxed{m2} \rightarrow F_6$ $x_2 \rightarrow$

1	2	3	4	5	6	7	8
F_7	1	1	1	0	Отрицание конъюнкции (штрих Шеффера)	$F_7 = \overline{x_1 \cdot x_2}$	
F_8	0	0	0	1	Конъюнкция	$F_8 = x_1 \cdot x_2$	
F_9	1	0	0	1	Эквивалентность	$F_9 = x_1 \equiv x_2$	
F_{10}	0	1	0	1	Повторение	$F_{10} = x_1$	
F_{11}	1	1	0	1	Импликация	$F_{11} = x_2 \rightarrow x_1$	
F_{12}	0	0	1	1	Повторение	$F_{12} = x_2$	
F_{13}	1	0	1	1	Импликация	$F_{13} = x_1 \rightarrow x_2$	
F_{14}	0	1	1	1	Дизъюнкция	$F_{14} = x_1 \vee x_2$	
F_{15}	1	1	1	1	Константа единица	$F_{15} = 1$	—

Для упрощения логических функций используются равносильные преобразования, приведенные в табл. А.4.

Таблица А.4

$\overline{\overline{a}} = a$	Двойная инверсия
$a \vee \overline{a} = 1$ 	$a \cdot \overline{a} = 0$ 
$a \vee 1 = 1$ 	$a \cdot 1 = a$ 

$a \vee 0 = a$ 	$a \cdot 0 = 0$ 
$a \vee a = a$ 	$a \cdot a = a$ 
$a \vee b = b \vee a$ 	$a \cdot b = b \cdot a$ 
$(a \vee b)(a \vee c) = a \vee bc$ 	$ab \vee ac = a(b \vee c)$ 
$a \vee ab = a$ 	$a(a \vee b) = a$ 
$a \vee \bar{a}b = a \vee b$ 	$a(\bar{a} \vee b) = ab$ 
$ab \vee a\bar{b} = a$ 	$(a \vee b)(a \vee \bar{b}) = a$ 
Законы де Моргана	
$\overline{a \vee b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$	$\overline{a \cdot b} = \bar{a} \vee \bar{b}$

Законы де Моргана применяются, если необходимо инвертировать логическую функцию в целом или ее часть.

Следует обратить внимание, что инвертирование логической функции соответствует замене нормально разомкнутых контактов на нормально замкнутые, а последовательного соединения – на параллельное, и наоборот.

Условные графические обозначения в схемах

С целью соблюдения пропорций ниже на модульной сетке показаны условно-графические обозначения (УГО) контактов, устройств и их элементов, используемые при вычерчивании схем (минимальный шаг модульной сетки $M \geq 1$ мм) с применением различных технологий:

1) контакты коммутационного устройства: замыкающий (рис. Б.1), размыкающий (рис. Б.2) и переключающий (рис. Б.3);

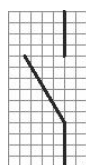


Рис. Б.1

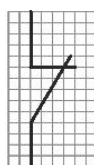


Рис. Б.2

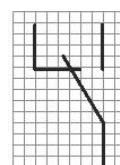


Рис. Б.3

2) воспринимающая часть электромеханических устройств: катушка электромеханического устройства (рис. Б.4) и воспринимающая часть электротеплового реле (рис. Б.5);

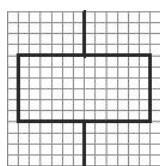


Рис. Б.4

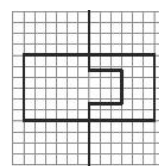


Рис. Б.5

3) резисторы: постоянный (рис. Б.6), переменный (рис. Б.7), переменный в реостатном включении (рис. Б.8) и предохранитель плавкий (рис. Б.9);

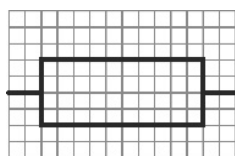


Рис. Б.6

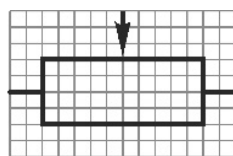


Рис. Б.7

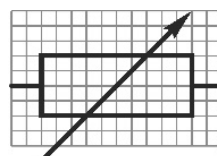


Рис. Б.8

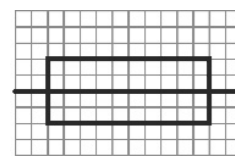


Рис. Б.9

4) конденсаторы: постоянной (рис. Б.10) и переменной (рис. Б.11) емкости, электролитический поляризованный (рис. Б.12);

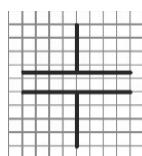


Рис. Б.10

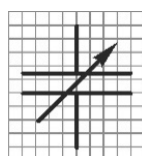


Рис. Б.11

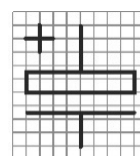


Рис. Б.12

5) минимальные размеры (рис. Б.13) и инверсный выход (рис. Б.14).

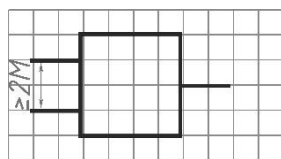


Рис. Б.13

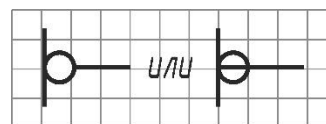


Рис. Б.14

Основа УГО элементов цифровой техники – прямоугольник, разделенный на три части: одно основное поле и два дополнительных (рис. Б.15).

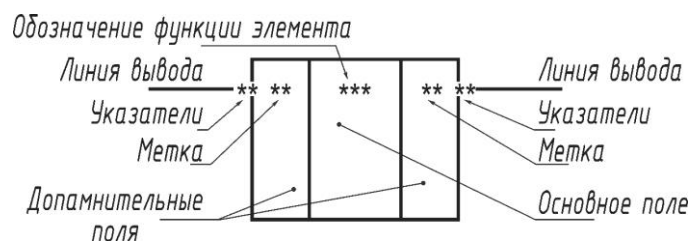


Рис. Б.15

Все выводы элементов цифровой техники делятся на входы и выходы. Входы элемента изображают слева или сверху УГО, выходы – справа или снизу. Если входы находятся справа или снизу УГО, а выходы – слева или сверху, необходимо на выводах проставлять стрелки по направлению распространения информации (рис. Б.16).

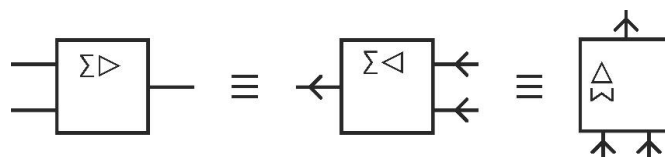


Рис. Б.16

Совмещение УГО элементов цифровой техники выполняют, как показано на рис. Б.17.

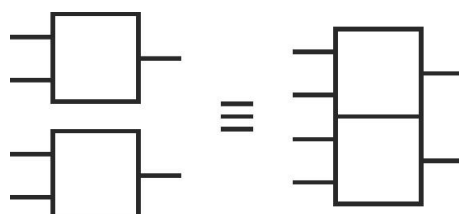


Рис. Б.17

Решетка соседних чисел

Решетка соседних чисел (РСЧ) является инструментом, позволяющим получать условия функционирования ДУ в числовой форме по аналитическому выражению или получать минимальное аналитическое выражение по условиям функционирования дискретного устройства, заданным в числовой форме.

Наиболее часто используемая четырехразрядная РСЧ (рис. В.1) имеет шестнадцать узлов (от 0 до 15), соответствующих весам шестнадцати четырехразрядных конституентов. Веса расположены так, что с четырех сторон они окружены соседними числами (четыре разряда – четыре соседних числа). Линии связи между ними соответствуют кодам пар (код с одним тире).

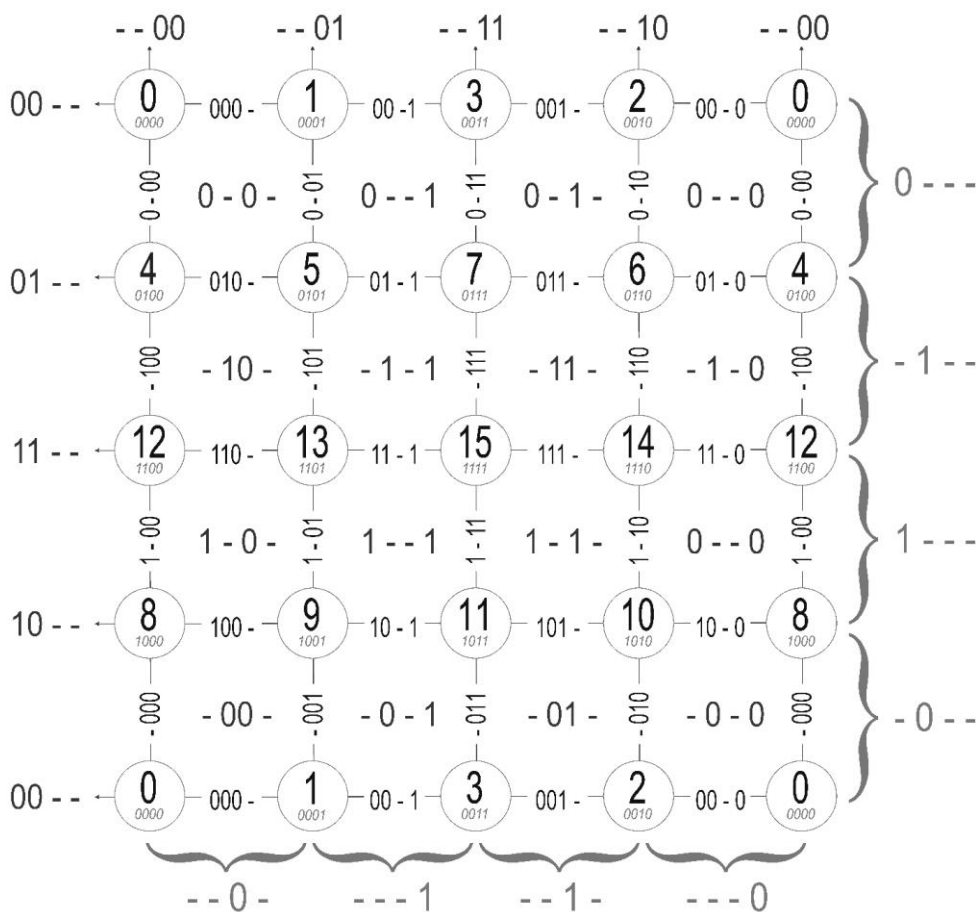


Рис. В.1

Две соседние пары (четыре числа) образуют квадрат, а их сумме соответствуют коды квадратов с двумя тире, размещенные в центрах квадратов или в концах линий из четырех чисел.

Два соседних квадрата (две соседние горизонтальные или вертикальные линии) образуют куб. Коды кубов, соответствующие логической сумме восьми конституентов, имеют по три тире.

Наконец, вся РСЧ образует гиперкуб и ее код четыре тире (- - - -), что соответствует логической сумме всех конституентов единицы и реализует логическую функцию «константа единица».

Четырехразрядная РСЧ содержит в себе одно-, двух- и трехразрядные РСЧ, составляемые числами 0 и 1, от 0 до 3, а также от 0 до 7 соответственно. Из четырехразрядных РСЧ можно составлять РСЧ большей разрядности, используя оператор свертывания.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Рекомендации по подготовке к курсовой работе и руководство по ведению рабочей тетради	4
1. Логические функции одной и двух переменных и их реализация.....	6
2. Формы представления логических функций.....	8
3. Аналитическая запись структур	11
4. Анализ комбинационного дискретного устройства	20
5. Логический анализ многотактных дискретных устройств	28
6. Логический синтез комбинационных автоматов	37
7. Синтез многотактных дискретных устройств.....	48
8. Синтез бесконтактных дискретных устройств.....	63
9. Синтез микропрограммных автоматов	68
Список литературы	78
Приложения	79

Учебное издание

Ломакин Игорь Владимирович, **Мухаметшин** Азат Ильдусович,
Малёв Николай Анатольевич

Л74 Проектирование аппаратно-программных средств
информационно-измерительных систем : курсовая работа / И. В.
Ломакин, А. И. Мухаметшин, Н. А. Малёв. – Казань : КГЭУ, 2023. – 88
с.

Кафедра приборостроения и мехатроники КГЭУ

УДК 004.896
ББК 32.966в641

Редактор *И. В. Краснова*
Компьютерная верстка *И. В. Красновой*

Подписано в печать 30.10.2023.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 1,03.
Заказ № 483/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ.
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51