



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания по выполнению  
курсовой работы

по дисциплине

Проектирование аппаратно-программных  
средств информационно-измерительных систем

Для студентов всех форм обучения  
направления подготовки 12.03.01  
"Приборостроение"

Казань  
2025

УДК 004.896  
ББК 32.966в641  
Л74

**Козелков, Олег Владимирович**

Л74      Проектирование аппаратно программных средств информационно  
измерительных систем : курсовая работа / О. В. Козелков, – Казань  
: КГЭУ, 2025 . – 93 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.

УДК 004.896  
ББК 32.966в641

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания содержат варианты индивидуальных заданий к курсовой работе по дисциплине «Проектирование аппаратно-программных средств информационно-измерительных 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.

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины «Проектирование аппаратно-программных средств информационно-измерительных систем» является обеспечение теоретической и прикладной подготовки специалистов по методам проектирования аппаратно-программных средств в области основ информационно-измерительной техники для эффективной эксплуатации измерительных приборов и поверочного оборудования, а также разработки новых технических средств высокой точности.

К задачам изучения дисциплины относятся:

- овладение методикой построения устройств контроля и диагностики на основе теоретических знаний в области информационно-измерительной техники;
- обеспечение инженерной подготовки студентов в области информационно-управляющих устройств, средств автоматизации производственных процессов и систем управления при решении задач контроля и диагностики;
- создание аналоговых и дискретных компонентов электронных устройств с помощью математических методов и систем схемотехнического моделирования.

## **ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и их составляющих:

Способность применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1);

Способность использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной (ОПК-4);

Способность участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями (ОПК-5).

Процесс выполнения курсовой работы направлен на формирование следующих индикторов компетенций:

Способность применять общепрофессиональные знания, в инженерной деятельности (ОПК-1.3);

Знать способы использования современных информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-4.2);

Способность применять современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-4.3);

Разрабатывает текстовую документацию в соответствии с нормативными требованиями (ОПК-5.1);

Разрабатывает проектную и конструкторскую документацию в соответствии с нормативными требованиями (ОПК-5.2).

## МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Проектирование аппаратно-программных средств информационно-измерительных систем» является одной из базовых дисциплин при подготовке бакалавров по направлению 12.03.01 «Приборостроение» служит общетехнической подготовке студентов и создает теоретическую базу для изучения последующих специальных дисциплин.

Дисциплина "Проектирование аппаратно-программных средств информационно-измерительных систем" базируется на дисциплинах базовой части (Б1) – " Высшая математика", " Организация проектно-конструкторской деятельности" и "Анализ, синтез и моделирование электронных узлов", читаемых в 1 – 4 семестрах.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Проектирование аппаратно-программных средств информационно-измерительных систем», необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы и изучении дисциплин "Автоматизированное проектирование систем контроля", "Методы и средства обработки результатов измерений и исследований".

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

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 курсовой работы;

2) детально ознакомиться с описанием курсовой работы [1] и индивидуальным заданием;

3) получить у преподавателя допуск к курсовой работе, 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.

В целом оформление пояснительной записки курсовой работы 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 курсовой работе. 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 курсовой работы.

## **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Выполнение курсовой работы подводит итог работы над программным материалом дисциплины. Чем лучше усвоен материал дисциплины по учебной литературе, тем легче студент справится с выполнением курсовой работы. В методических указаниях раскрывается последовательность выполнения всех разделов курсовой работы, объем отдельных его частей, приводятся некоторые сведения, отсутствующие в учебной литературе. При выполнении курсовой работы студенты должны использовать учебную и справочную литературу, приобрести навыки работы с нормативно-технической документацией и типовыми проектами, выполняемыми проектными организациями.

Темы курсовой работы утверждаются на кафедре и выдаются студентам не позже чем в первую неделю семестра. Задание на курсовую работу приведено в методических указаниях, выдается каждому студенту индивидуально и не может быть изменено. Получив задание на курсовую работы, необходимо внимательно ознакомиться с его содержанием: темой, исходными данными, содержанием пояснительной записки, объемом графической части. При появлении вопросов необходимо проконсультироваться с преподавателем.

Курсовая работа является творческой работой, в которой студент самостоятельно принимает технические решения. Студент полностью отвечает за принятые решения, правильность выполнения расчетов в приведенной пояснительной записке. Выполненная курсовая работа после получения рецензии должен быть защищен студентом.

### **Содержание пояснительной записки**

- Титульный лист.
- Содержание (оглавление).
- Задание на курсовую работу.
- Текстовая часть.
- Заключение.

- Список использованных источников.
- Приложения (не обязательно).

В списке источников приводится нормативная, справочная и учебная литература и материалы из поисковых систем Интернета.

Текстовая часть пояснительной записки оформляется на листах формата А4. Поля для формата А4: левое – 25 мм; правое – 20 мм; верхнее и нижнее – по 20 мм.

Пояснительная записка должна быть написана грамотно, четко, техническим языком в соответствии с ГОСТ 2.105-95. Условные буквенные обозначения математических, физических и других величин должны соответствовать государственным стандартам. Расчеты и данные к ним должны сопровождаться краткими пояснениями и ссылками на литературу. Результаты вычислений указываются с размерностями полученных величин. Многократно повторяющиеся расчеты могут быть приведены только один раз, а результаты сведены в таблицы.

Для защиты курсовой работы назначается комиссия из преподавателей кафедры. Проверку и рецензирование курсовой работы проводит руководитель. Все замечания по работе приводятся в пояснительной записке и исправлению не подлежат. Курсовая работа защищается один раз. В случае получения неудовлетворительной оценки курсовая работа выполняется заново по новому заданию.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ 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)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,2,3,4,5,13)$ ;
- 2)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,2,3,5,7,15)$ ;
- 3)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,2,3,6,7,14)$ ;
- 4)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,2,3,4,6,12)$ ;
- 5)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(4,5,6,7,9,12,13)$ ;
- 6)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(4,5,6,7,11,13,15)$ ;
- 7)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(4,5,6,7,10,14,15)$ ;
- 8)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(4,5,6,7,8,12,14)$ ;
- 9)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,8,9,12,13,14,15)$ ;
- 10)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(3,9,11,12,13,14,15)$ ;
- 11)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(2,10,11,12,13,14,15)$ ;
- 12)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,8,10,12,13,14,15)$ ;
- 13)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,5,8,9,10,11)$ ;
- 14)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,3,7,8,9,10,11)$ ;
- 15)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(2,3,6,8,9,10,11)$ ;
- 16)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,2,4,8,9,10,11)$ ;
- 17)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,4,5,7,8,12,13)$ ;
- 18)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,4,5,7,8,12,13)$ ;
- 19)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,4,8,9,12,13,15)$ ;
- 20)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(0,1,4,8,9,11,12)$ ;
- 21)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,5,6,7,9,13,15)$ ;
- 22)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,2,3,5,7,9,13)$ ;
- 23)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,3,5,9,11,13)$ ;
- 24)  $F \square_{x_1x_2x_3x_4} \bullet \clubsuit f(1,5,9,11,13,14,15)$ ;

б) начертите контактные схемы, реализующие СДНФ и СКНФ.

Решение. Логическая функция, заданная в числовой форме:

$F(x_1x_2x_3x_4)$  ● \_\_\_\_\_

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:

$F =$  \_\_\_\_\_



### 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			





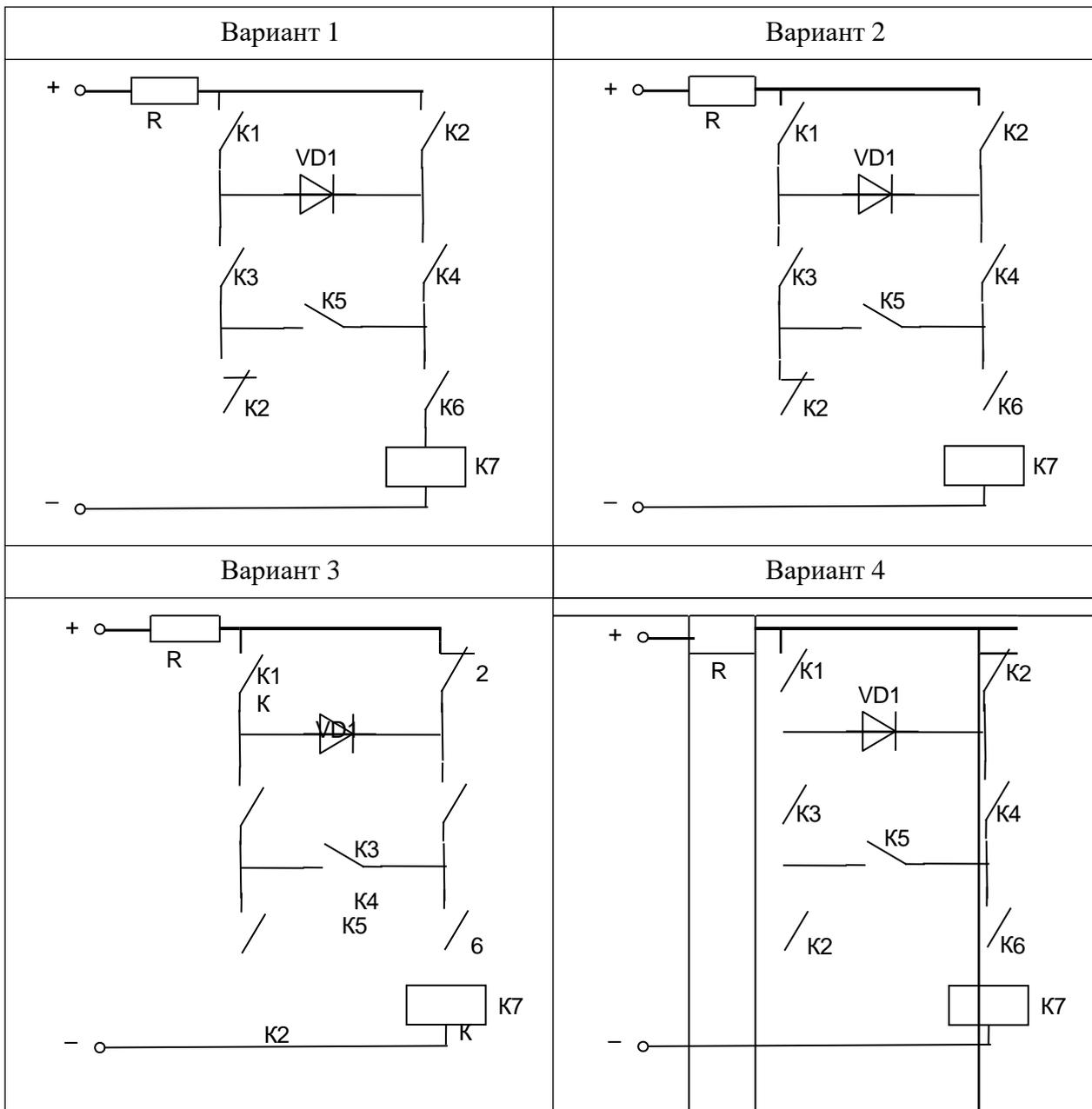


**4. Анализ комбинационного дискретного устройства**

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



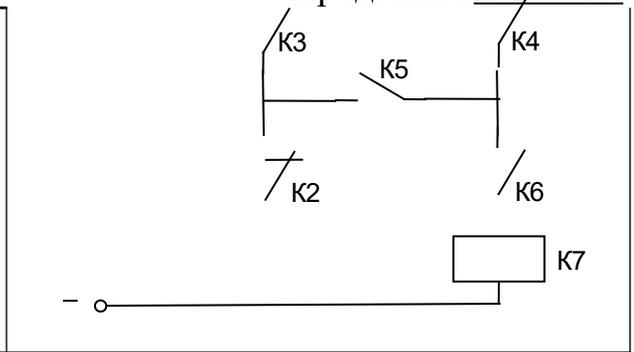
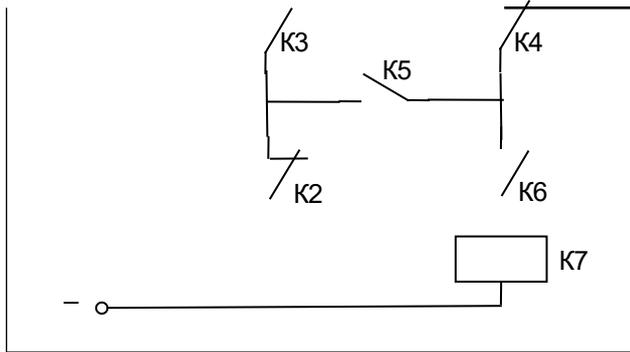
Вариант 5	Вариант 6
Вариант 7	Вариант 8
Вариант 9	Вариант 10

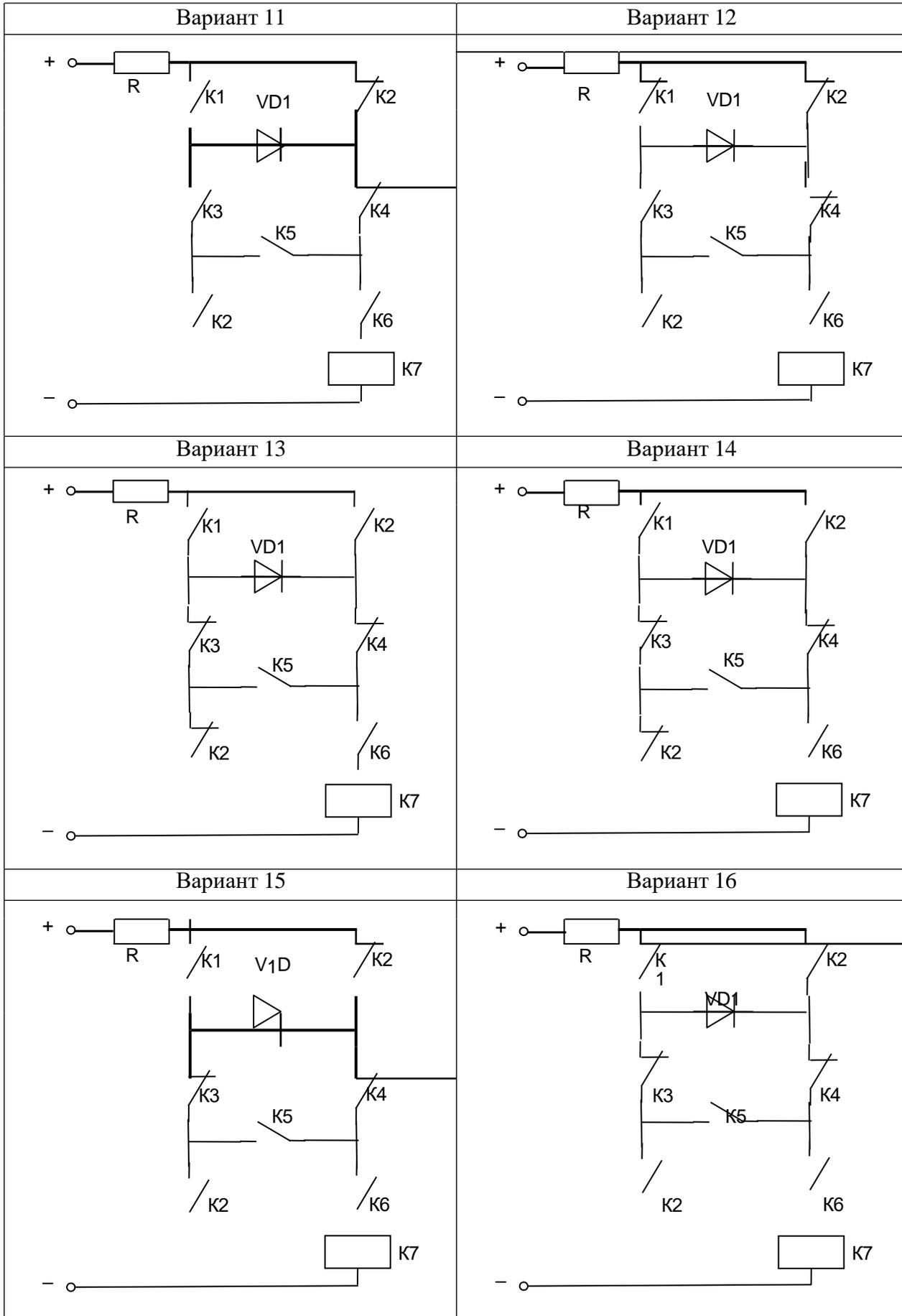
Фамилия И.О.

Номер группы

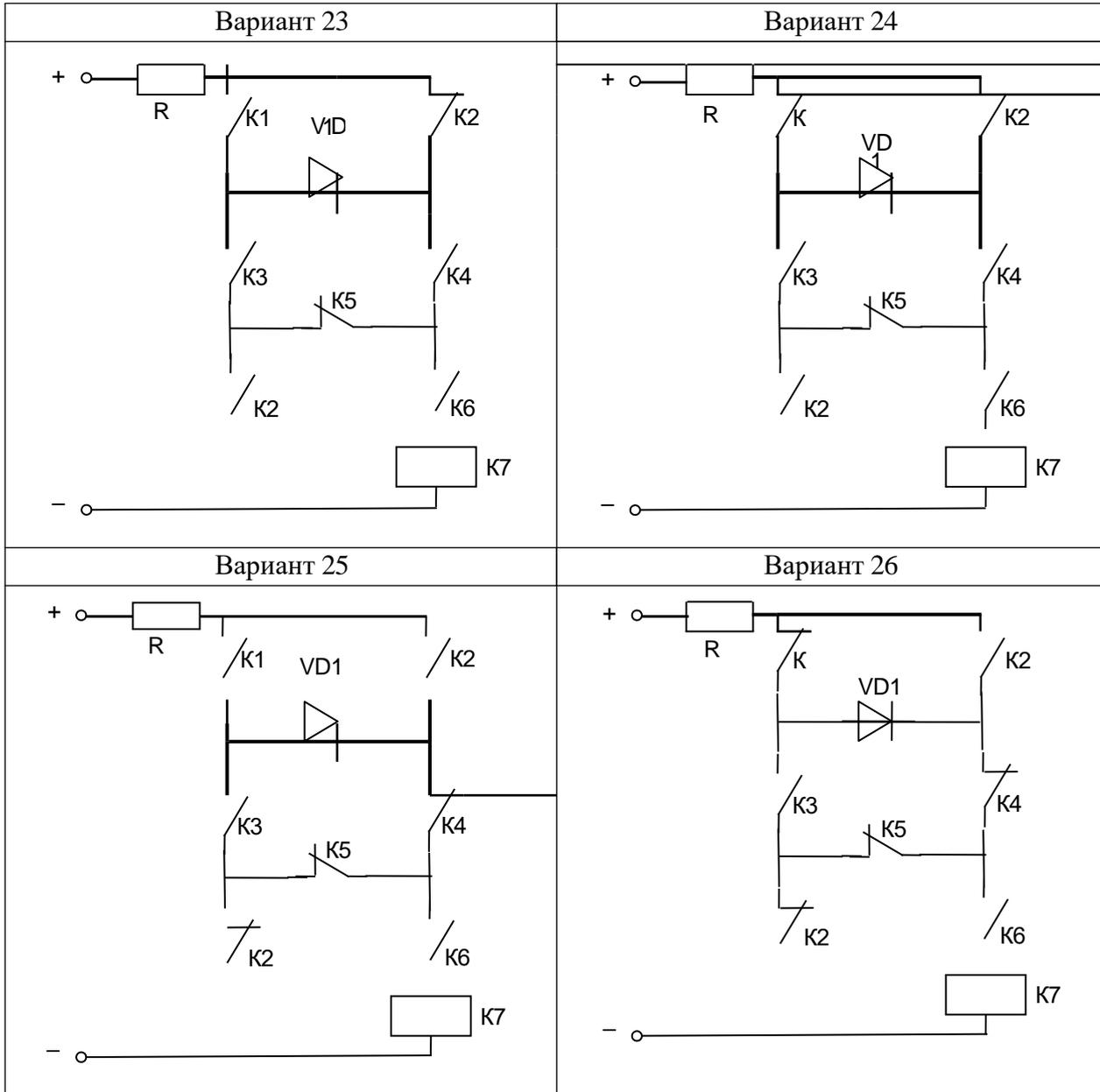
Вариант

Продолжение табл. 3





<p style="text-align: center;">Вариант 17</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 18</p>
<p style="text-align: center;">Вариант 19</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 20</p>
<p style="text-align: center;">Вариант 21</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 22</p>



Решение.

Класс устройства – \_\_\_\_\_

Тип устройства – \_\_\_\_\_

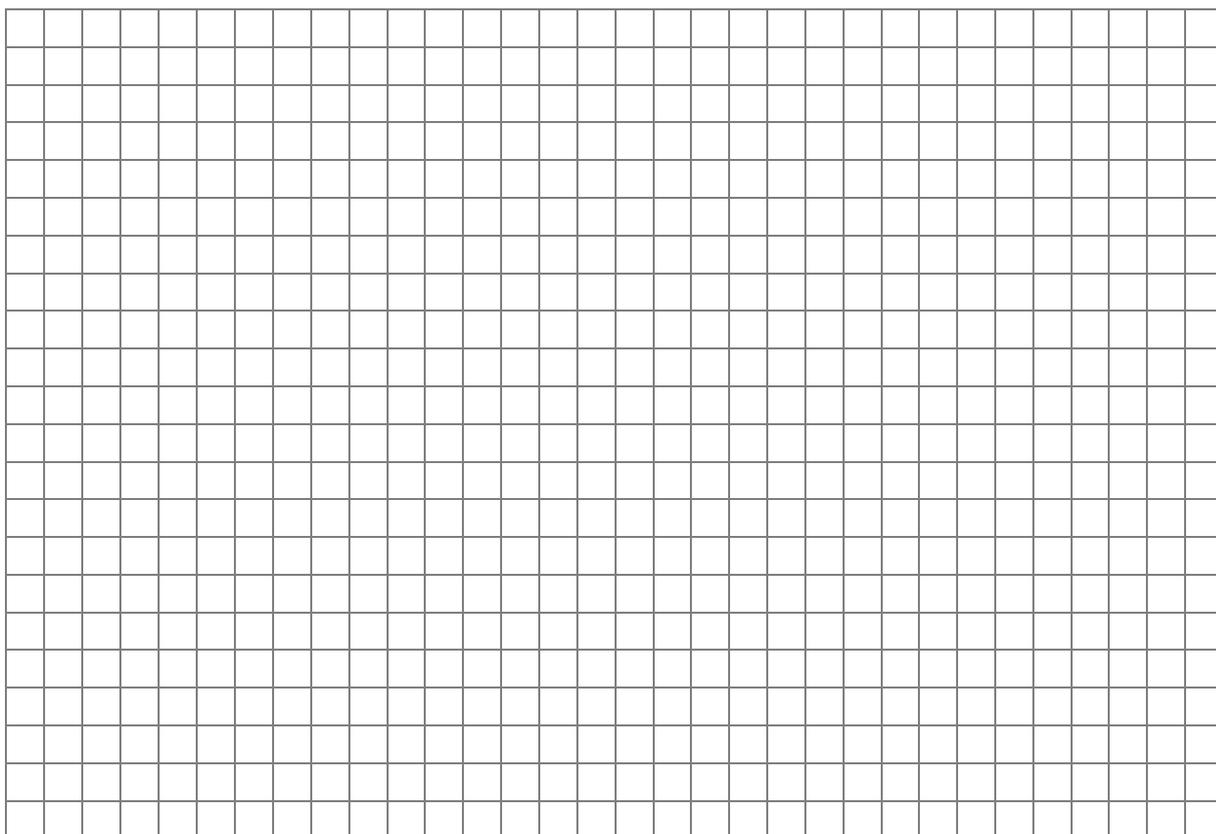
Разрядность устройства – \_\_\_\_\_

Входные элементы: \_\_\_\_\_

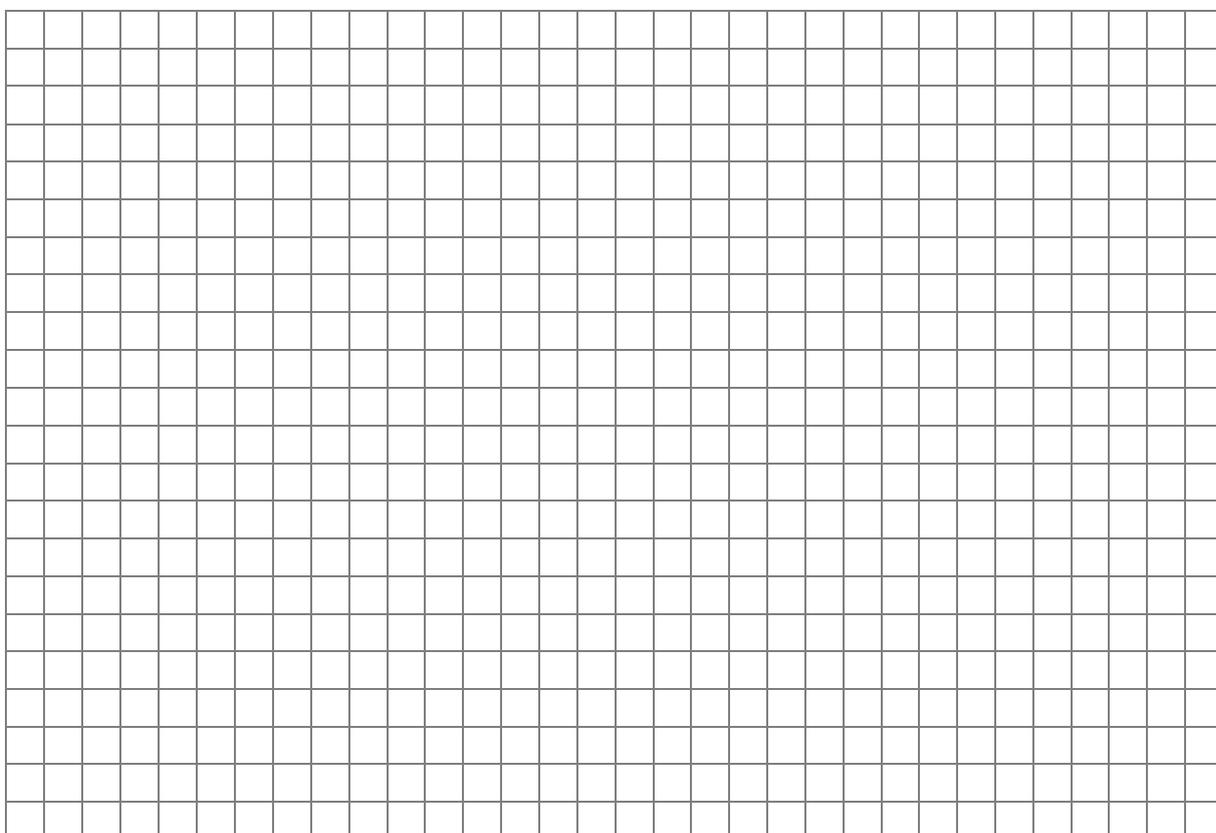
Выходные элементы: \_\_\_\_\_



Исходная структура:



Эквивалентная структура класса II:



Структурная формула:

F ●

\_\_\_\_\_

●

\_\_\_\_\_

● Z

\_\_\_\_\_

Условия работы:

Z ●

\_\_\_\_\_

●

\_\_\_\_\_

База разрядности:

\_\_\_\_\_

Условия работы в ДНФ в окончательной форме:

Z =

\_\_\_\_\_

Условия работы в ОК в форме оператора свертывания:

Z ●

\_\_\_\_\_

●

$\square_2$

$\square_4$

$\square_2$

\_\_\_\_\_

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

Z ●

$\square_2$

\_\_\_\_\_

☁

$\square_2$

\_\_\_\_\_

☁

$\square_2$

\_\_\_\_\_

☁

$\square_2$

\_\_\_\_\_

Таблица срабатываний реле Z:

$Q$	$x_{\underline{\quad}}$	$x_{\underline{\quad}}$	$x_{\underline{\quad}}$				$Z$
	$2^5$	4	3	2	$2^1$	0	
$\lfloor_2 \quad \rfloor_4$							1
$\lfloor_2 \quad \rfloor_4$							1
$\lfloor_2 \quad \rfloor_4$							
$\lfloor_2$							
(							

### 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;

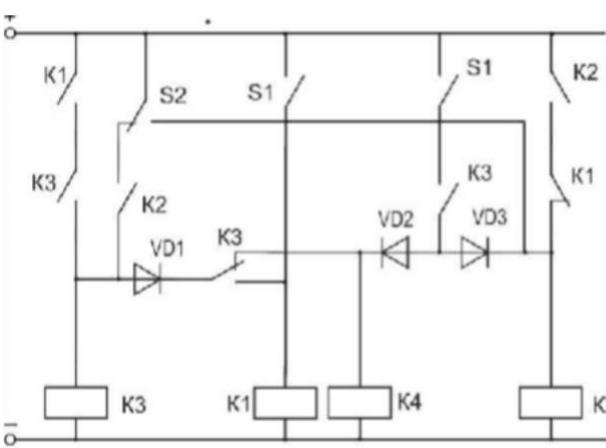
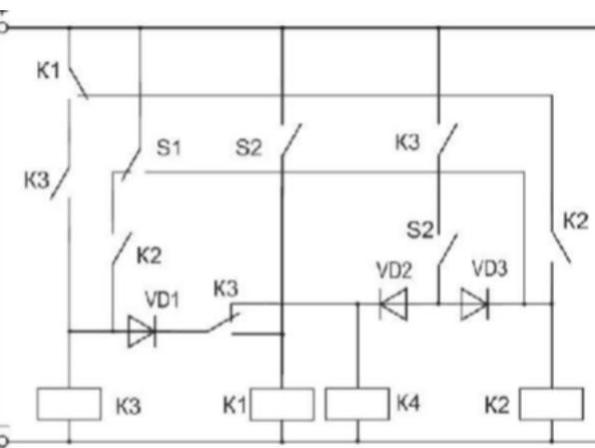
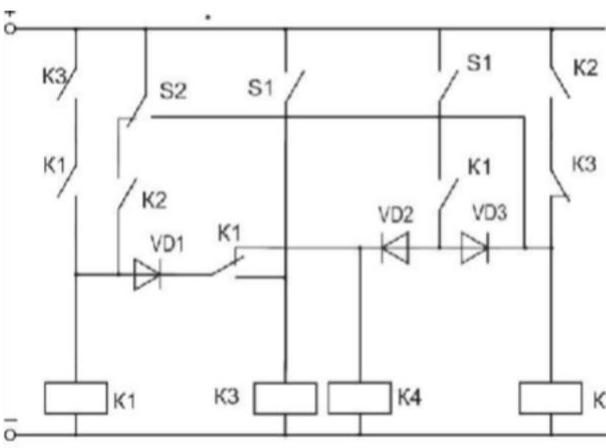
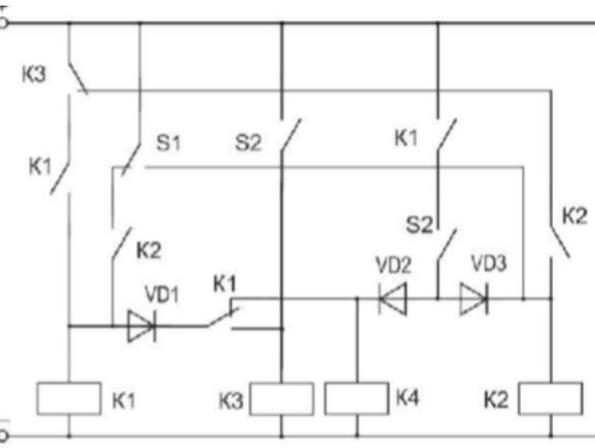
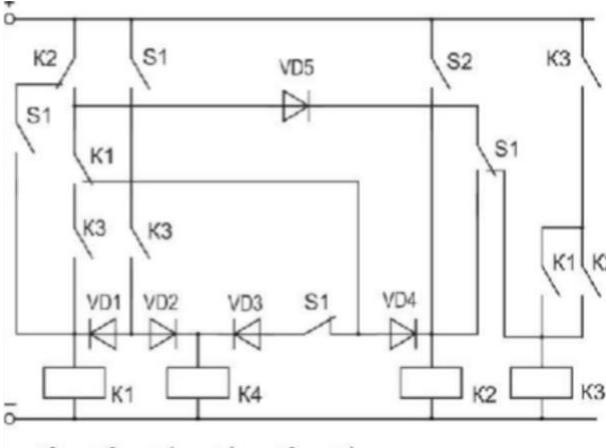
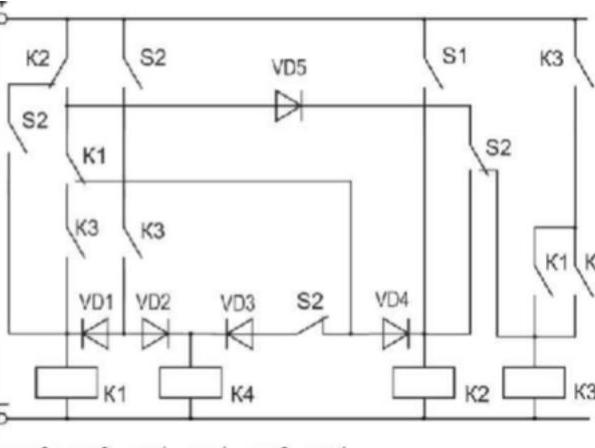
2) при необходимости выполните преобразование схемы в эквивалентную структуру класса II и запишите для нее структурную формулу, а затем получите условия работы выходных и промежуточных элементов в ДНФ, в ОК и ЧФ;

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

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

Таблица 4

Вариант 1	Вариант 2
<p style="text-align: center;">x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p style="text-align: center;">x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓</p>
Вариант 3	Вариант 4
<p style="text-align: center;">x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p style="text-align: center;">x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓</p>

<p style="text-align: center;"><b>Вариант 5</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x1\uparrow, x2\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Вариант 6</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x2\uparrow, x1\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Вариант 7</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x1\uparrow, x2\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Вариант 8</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x2\uparrow, x1\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Вариант 9</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x1\uparrow, x2\uparrow, x2\downarrow, x1\downarrow, x1\uparrow, x1\downarrow</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Вариант 10</b></p>  <p style="text-align: center;"><math>x2\uparrow, x1\uparrow, x1\downarrow, x2\downarrow, x2\uparrow, x2\downarrow</math></p>

<p style="text-align: center;">Вариант 11</p> <p style="text-align: center;">x1↑, x2↑, x2↓, x1↓, x1↑, x1↓</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 12</p> <p style="text-align: center;">x2↑, x1↑, x1↓, x2↓, x2↑, x2↓</p>
<p style="text-align: center;">Вариант 13</p> <p style="text-align: center;">x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 14</p> <p style="text-align: center;">x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓</p>
<p style="text-align: center;">Вариант 15</p> <p style="text-align: center;">x1↑, x1↓, x2↑, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p style="text-align: center;">Вариант 16</p> <p style="text-align: center;">x2↑, x2↓, x1↑, x1↓, x2↑, x2↓</p>

Вариант 17	Вариант 18
<p>x1↑, x2↑, x1↓, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p>x2↑, x1↑, x2↓, x1↓, x2↑, x2↓</p>
Вариант 19	Вариант 20
<p>x1↑, x2↑, x1↓, x2↓, x1↑, x1↓</p>	<p>x2↑, x1↑, x2↓, x1↓, x2↑, x2↓</p>
Вариант 21	Вариант 22
<p>x1↑, x2↑, x2↓, x1↓, x1↑, x1↓</p>	<p>x2↑, x1↑, x1↓, x2↓, x2↑, x2↓</p>





---

Фамилия И.О.	Номер группы	Вариант
<i>Z</i>		
●		
База разрядности – _____		

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

$x_1x_2$	$y_1y_2y_3$							
	000	001						
00	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	(0)(0)	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )
01	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	(0)( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )

10	Фамилия И.О. (0)( )	( )( )	( )( )	номер группы ( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	Вариант ( )( )
11	(0)( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )	( )( )

Таблица включений

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

Однотактный эквивалент:

Q	Входы					Выходы				Последовательность тактов				
	2 <sup>4</sup> x <sub>1</sub>	2 <sup>3</sup> x <sub>2</sub>	2 <sup>2</sup> y <sub>1</sub>	2 <sup>1</sup> y <sub>2</sub>	2 <sup>0</sup> y <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	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:

$x_1$  – \_\_\_\_\_  $x_3$  – \_\_\_\_\_  
 $x_2$  – \_\_\_\_\_  $x_4$  – \_\_\_\_\_

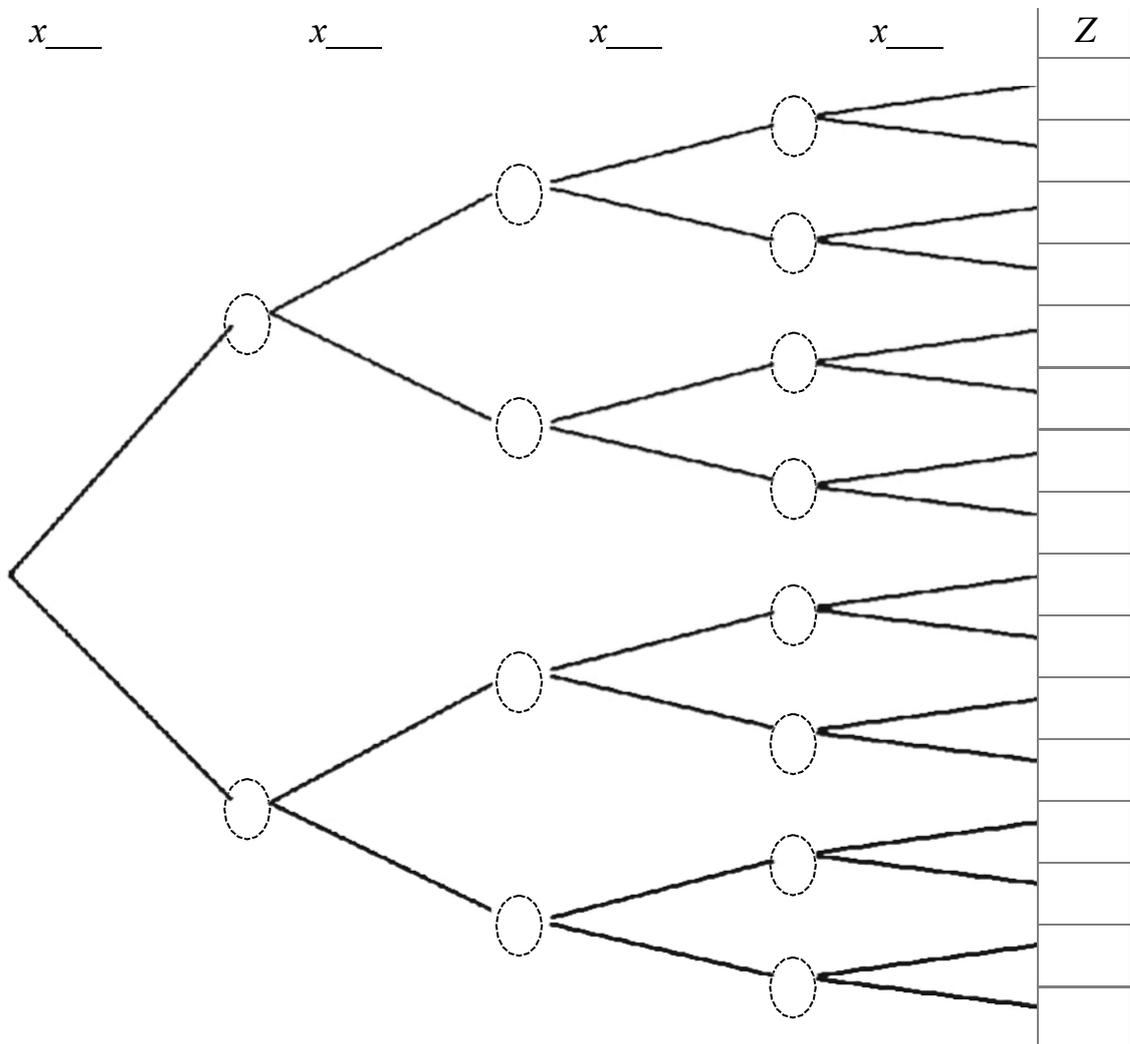
Выходной сигнал один –  $Z$ . Выходному сигналу высокого уровня ставится в соответствие 1, а низкому – 0.

Условия работы  $Z$  в виде совокупностей рабочих и запрещенных весов:

$Z$  ● ☀  $f_{\text{раб}}$  , , \_\_\_\_\_  $f_{\text{запр}}$  , , \_\_\_\_\_



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  $\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$  не равен номеру пары  $\begin{matrix} b \\ a \end{matrix}$ . Это разные пары. Если есть

условные наборы, то они доопределяются таким образом, чтобы в таблице получилось как можно меньше различных номеров. Другими словами,





### 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
$x_1$		■				■		
$x_2$				■				
0								
Z					■	■	■	

*Вариант 2*

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

*Вариант 3*

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

*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:

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

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

б) выходной сигнал – один:

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

Первичная таблица переходов и выходов:

Входы	Внутренние состояния $S_{it}$						
	$S_0$	$S_1$	$S_2$				
$x_1x_2$							
00	$\frac{S_0}{0}$						
01							
10							
11							

$\frac{S_i(t \square 1)}{Z_t}$

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 $S_{it}$						
	$S_0$	$S_1$	$S_2$				
$x_1x_2$							
00	$\frac{S_0}{0}$						
01							
10							
11							

$S_{i(t \square y)} / Z_t$

Требуемое количество элементов памяти  $m \bullet \log_2 \dots$

Обозначения элементов памяти: \_\_\_\_\_

Кодирование состояний комбинациями состояний элементов памяти:

$S_i$	$y_1, y_2, y_3$
$S_0$	

Матрица переходов и выходов:

Входы	$y_1, y_2, y_3$					
	000					
$x_1x_2$						
00	$\frac{00}{0}$ (0)(0)	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )
01	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )
10	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )
11	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )	( ) ( )

$S_{i(t \square y)} / Z_t$



---

Фамилия И.О.

8	9	11	10	8
0	1	3	2	0

Номер группы

8	9	11	10	8
0	1	3	2	0

Вариант

Фамилия И.О.

Номер группы

Вариант

	(	)		
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

$Y_3 =$

	(	)		
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

$Z =$

*2-й способ*

	(	)			
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	

$Y_1 =$

	(	)			
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	

$Y_2 =$

Фамилия И.О.

Номер группы

Вариант

	(	)			
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	

$Y_3 =$

	(	)			
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	

$Z =$

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

$Y_1$  ● \_\_\_\_\_

$Y_2$  ● \_\_\_\_\_

$Y_3$  ● \_\_\_\_\_

$Z$  ● \_\_\_\_\_

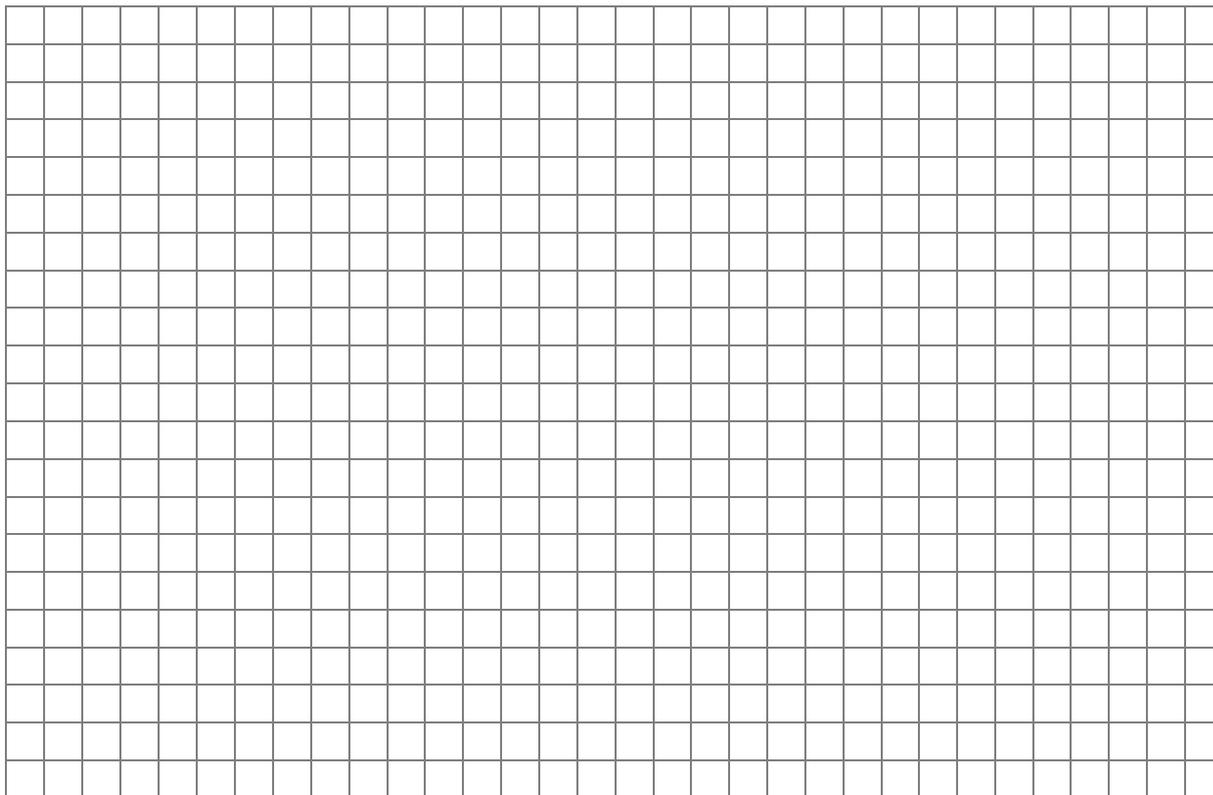
Структурная формула, по возможности упрощенная:

$F =$  \_\_\_\_\_

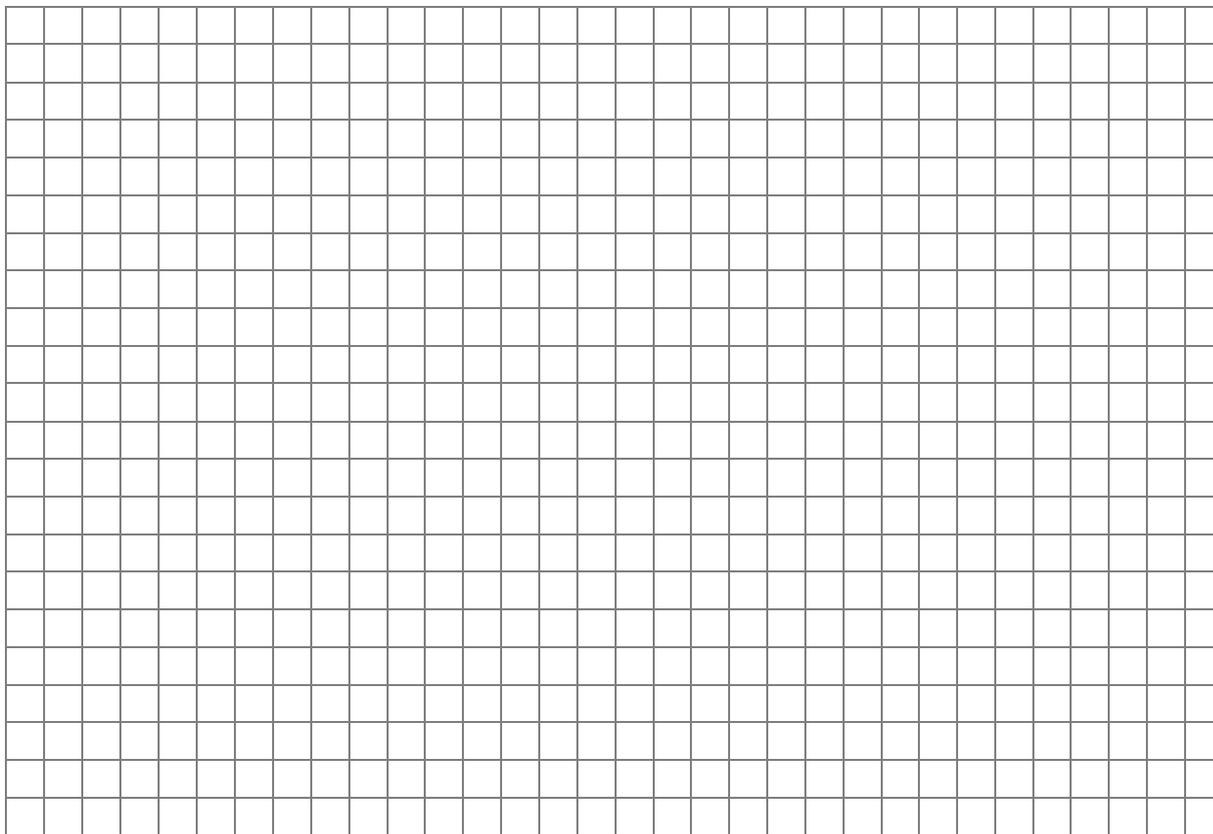
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

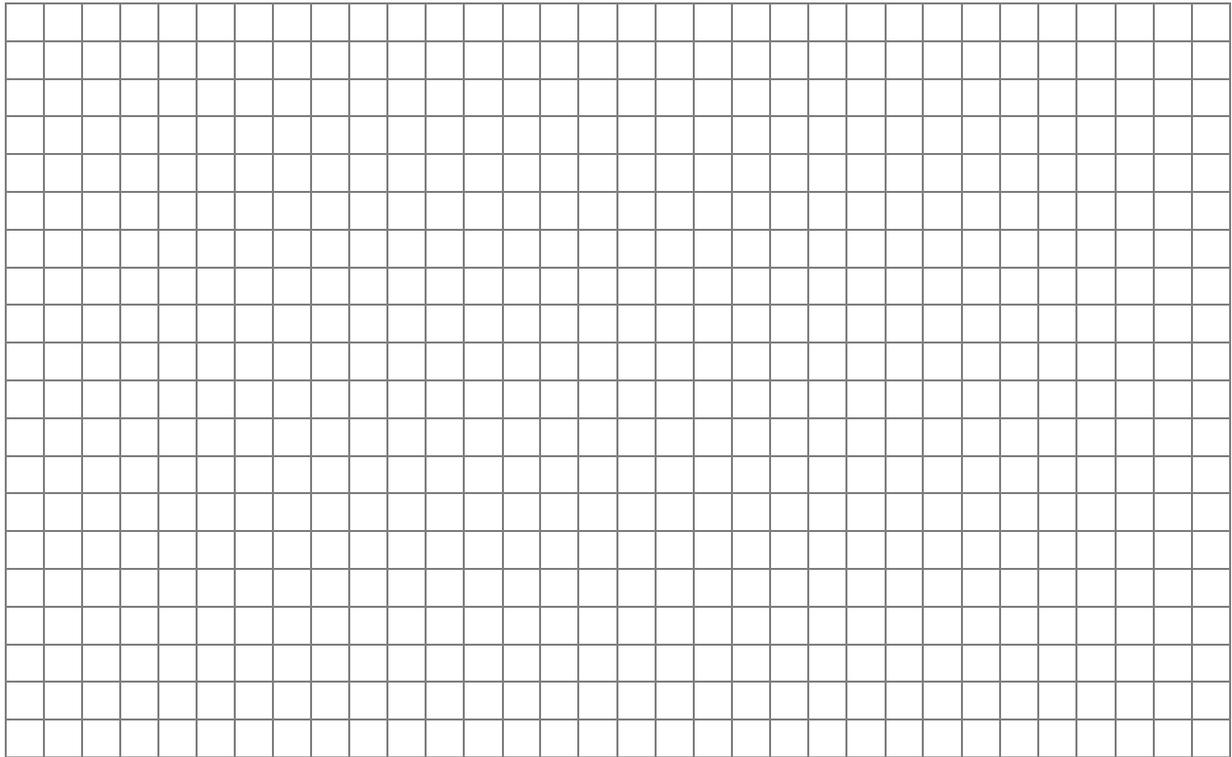
Контактная структура, построенная по структурной формуле:



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:

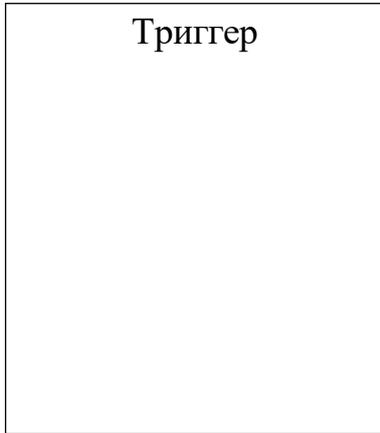


Таблица переходов			
$Q_t$	$J$	$K$	$Q_{t+1}$

Матрица функций возбуждения:

Входы $x_1x_2$	$y_1y_2y_3$					
	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:

$J_1$  ● ☹ , ) ☹  $f_{запр}($  \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ )  
 $f_{раб}($  \_\_\_\_\_ )

$K_1$  ● ☹ , ) ☹  $f_{запр}($  \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ )

$f_{раб}($  \_\_\_\_\_ )  
 $f_{запр}($  \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ )

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

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

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

$J_1 \bullet$

	(	)		
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

$K_1 \bullet$

	(	)		
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

$J_2 \bullet$

	(	)		
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

$K_2$



	(	)		
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

$K_3$



*2-й способ*

	(	)		
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

$J_1$



	(	)		
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

$K_1$  ●

$J_2$  ●

	(	)		
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
	(	)		
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:

$J_1$  ● \_\_\_\_\_

$K_1$  ● \_\_\_\_\_

$J_2$  ● \_\_\_\_\_

$K_2$  ● \_\_\_\_\_

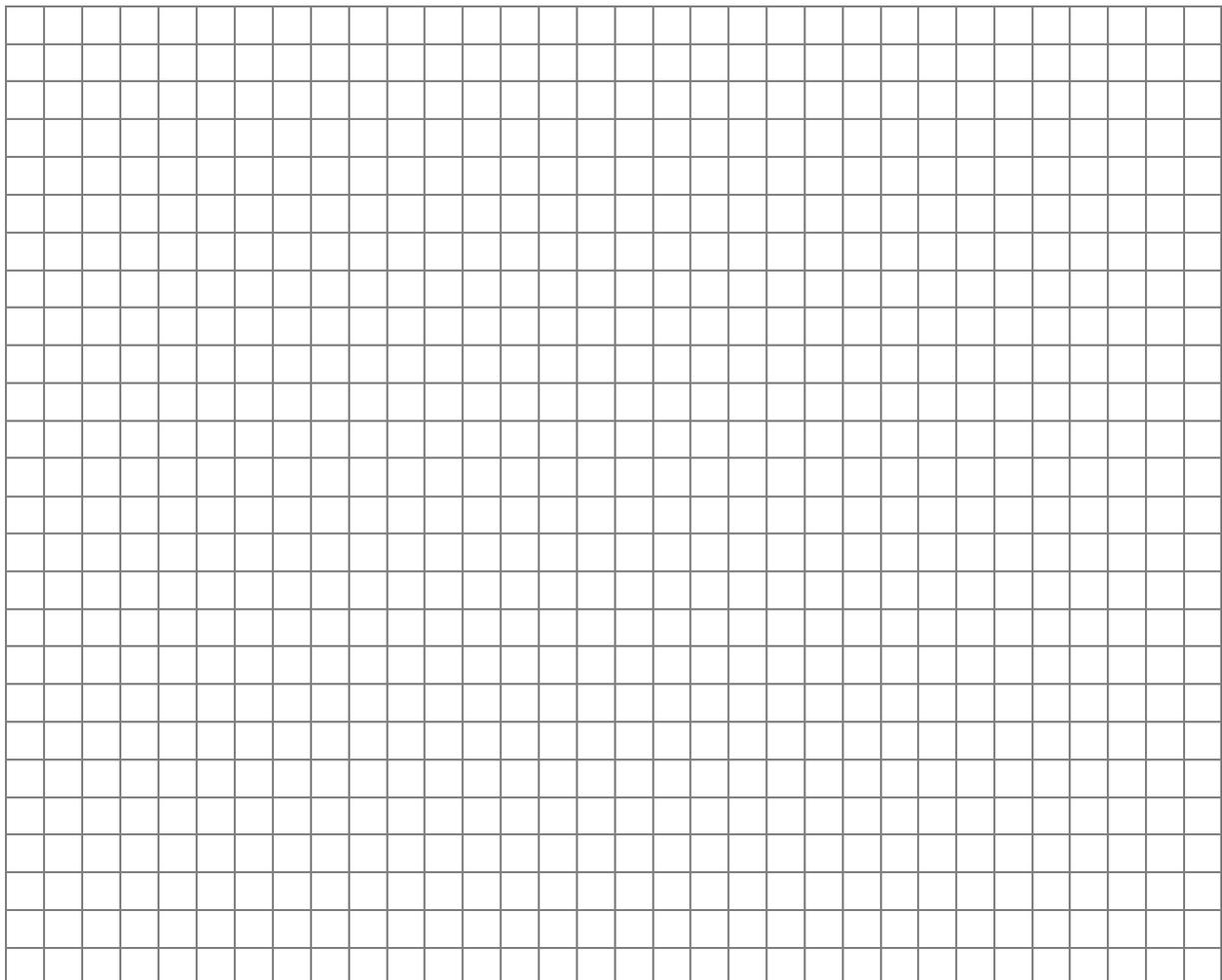
$J_3$  ● \_\_\_\_\_

$K_3$  ● \_\_\_\_\_

Функция выходов (осталась неизменной):

$Z$  ● \_\_\_\_\_ .

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

Р е ш е н и е .

Функциональные операторы:

$A_0$  — \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Логические операторы:

$p_1$  ●  $\begin{matrix} \xrightarrow{\neq 1,} \\ \xrightarrow{''} \\ \xrightarrow{=} \end{matrix}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$p_2$  ●  $\begin{matrix} \xrightarrow{\neq 1,} \\ \xrightarrow{''} 0, \\ \xrightarrow{''} \\ \xrightarrow{=} \end{matrix}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$p_3$  ●  $\begin{matrix} \xrightarrow{\neq 1,} \\ \xrightarrow{''} 0, \\ \xrightarrow{''} \\ \xrightarrow{=} \end{matrix}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$p_4$  ●  $\begin{matrix} \xrightarrow{\neq 1,} \\ \xrightarrow{''} 0, \\ \xrightarrow{''} \\ \xrightarrow{=} \end{matrix}$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Частные алгоритмы:

$L_1$  ● \_\_\_\_\_

● \_\_\_\_\_

$L_2$  \_\_\_\_\_

● \_\_\_\_\_

$L_3$  \_\_\_\_\_

● \_\_\_\_\_

$L_4$  \_\_\_\_\_

Дополнительное логическое  
условие

$r_1, r_2, r_3,$

$r_4 :$



Показатель стереотипности

$k$

$$Z \bullet \prod_{n=1}^k n p^{(0)n} X^{(0)} \bullet \underline{\hspace{10cm}}$$

Показатель логической сложности

$m$

$$L \bullet \prod_{n=1}^m n p^{(l)n} X^{(l)} \bullet \underline{\hspace{10cm}}$$

Вывод: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Нормированные показатели стереотипности и логической сложности могут быть использованы и для определения места человека-оператора в системе «человек – машина». Если  $0,25 \leq Z_{н.с} \leq 0,85$  и  $Z_{н.л} \leq 0,2$ , то функции управления можно оставить человеку. При  $Z_{н.с} \leq 0,2$  или  $Z_{н.л} \geq 0,2$  функции оператора следует передать машине (автоматическому устройству управления).

*Оценка сложности и стереотипности при помощи нормированных коэффициентов алгоритма*

Разбиение алгоритма на комплексные группы при вычислении  $Z_{н.с}$  проводится, начиная с первой группы операторов, а при вычислении  $Z_{н.л}$  – с первой группы логических условий, т. е. предшествующая ей группа элементарных операторов не учитывается, поэтому в выражении вместо  $N$  записано  $N^*$ .

Алгоритм (1) содержит \_\_\_\_\_ операторов и \_\_\_\_\_ логических условий ( $N=$ \_\_\_\_\_), которые разбиваются на \_\_\_\_\_ комплексных групп со следующими характеристиками:

$m_1 \bullet$	$m_2 \bullet$				
$m_{01} \bullet$					

$m_{Л1}$ ●	Фамилия	И.О.	Номер	группы		Вариант
------------	---------	------	-------	--------	--	---------

Нормированный коэффициент стереотипности

$$Z_{нс} = \frac{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n_0} m_i^2}{N}}{1 - \frac{\sum_{i=1}^{m_0} m_i^2}{N^*}}$$

Для оценки нормированного коэффициента логической сложности  $N^* =$  \_\_\_\_\_ групп получается \_\_\_\_\_ :

$m_1$	$m_2$					
$m_{01}$						
$m$						

Нормированный коэффициент логической сложности

$$Z_{нл} = \frac{1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_l} m_j^2}{N^*}}{1 - \frac{\sum_{j=1}^{m_l} m_j^2}{N^*}}$$

Вывод: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Разработка структурной схемы для объединенной ЛСА (1)*

Для реализации операторов \_\_\_\_\_ необходимо \_\_\_\_\_.

Для реализации операторов \_\_\_\_\_ необходимо \_\_\_\_\_.

Оператор \_\_\_\_\_ реализуется \_\_\_\_\_.

Оператор \_\_\_\_\_ реализуется \_\_\_\_\_.

Операторы \_\_\_\_\_ реализуются \_\_\_\_\_.

Для обеспечения выполнения операторов в заданной последовательности необходимо \_\_\_\_\_.





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:

=

---

=

---

=

---

=

---

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:

---

$$=$$

---

---

$$=$$

---

---

$$=$$

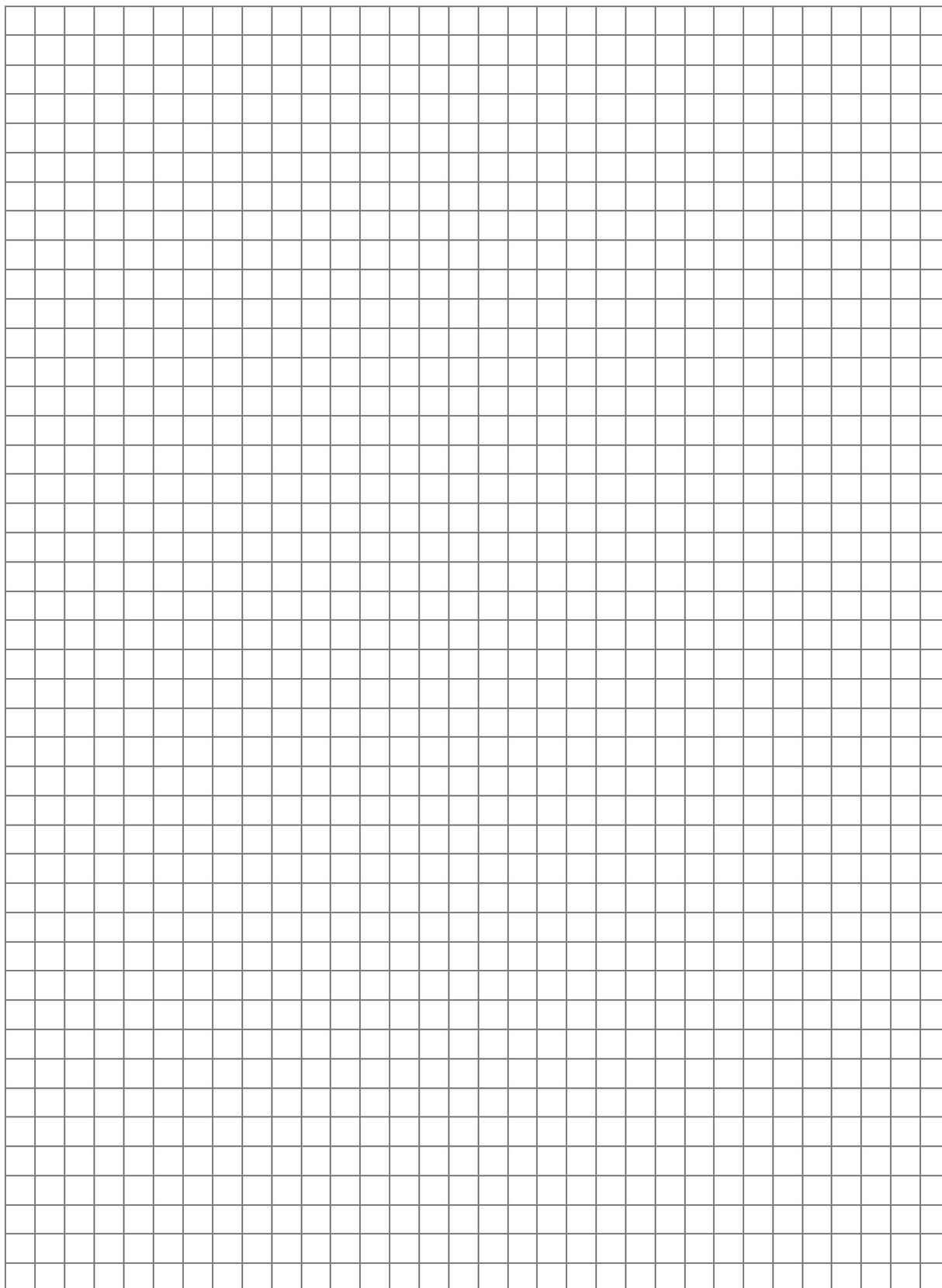
---

---

$$=$$

---

*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:

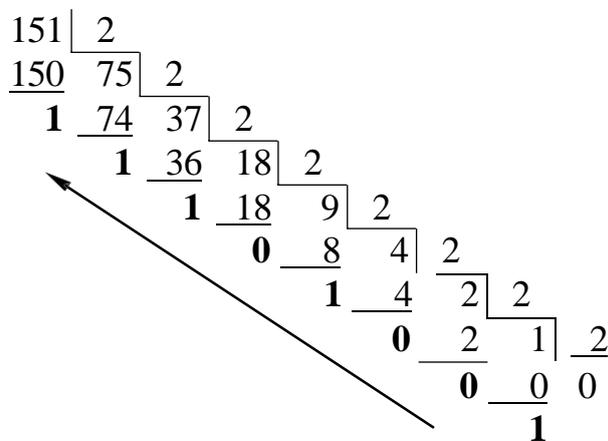
$$10010111_2 = 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 128 + 16 + 4 + 2 + 1 = 151.$$

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:



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

## Логические функции одной и двух переменных

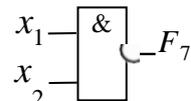
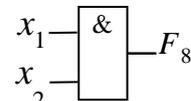
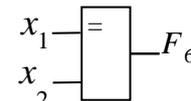
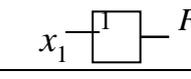
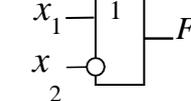
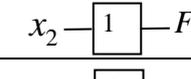
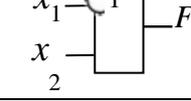
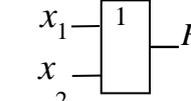
В табл. А.2 приведены логические функции одной переменной  $x$ , а в табл. 3 – логические функции двух переменных  $x_1$  и  $x_2$  и функциональные обозначения соответствующих им элементов. Таблицы истинности в них расположены вертикально.

Таблица А.2

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

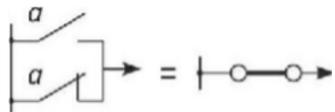
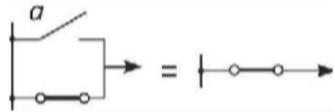
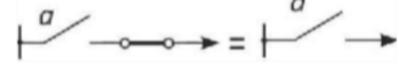
Таблица А.3

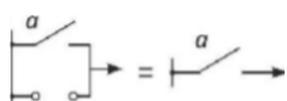
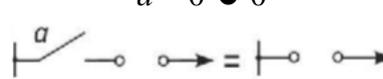
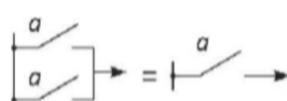
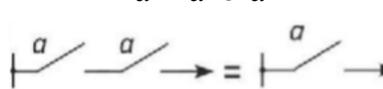
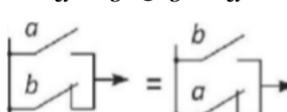
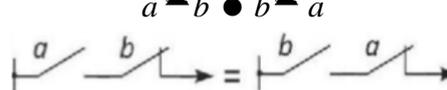
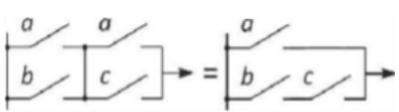
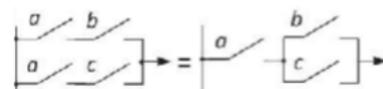
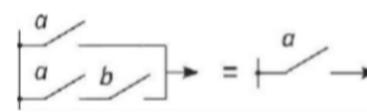
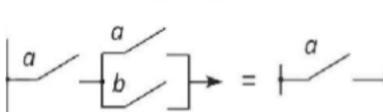
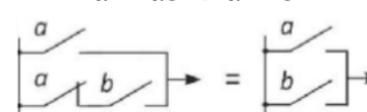
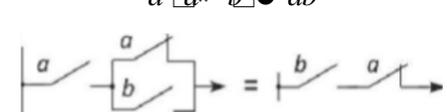
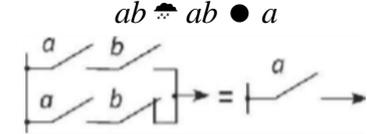
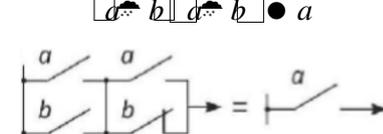
Таблица истинности					Название функции	Формула	Обозначение логического элемента
$x_1$	0	1	0	1			
$x_2$	0	0	1	1			
$l$	2	3	4	5	6	7	8
$F_0$	0	0	0	0	Константа нуль	$F_0 \bullet 0$	–
$F_1$	1	0	0	0	Отрицание дизъюнкции (стрелка Пирса)	$F_1 \bullet \overline{x_1 \vee x_2}$	$x_1 \text{---} \boxed{1} \text{---}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

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

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

Таблица А.4

$\overline{\overline{a}} \bullet a$	Двойная инверсия
$a \overline{\overline{a}} \bullet 1$ 	$a \overline{\overline{a}} \bullet 0$ 
$a \overline{1} \bullet 1$ 	$a \overline{1} \bullet a$ 

$a \uparrow 0 \bullet a$ 	$a \uparrow 0 \bullet 0$ 
$a \uparrow a \bullet a$ 	$a \uparrow a \bullet a$ 
$a \uparrow b \bullet b \uparrow a$ 	$a \uparrow b \bullet b \uparrow a$ 
$a \uparrow b \uparrow c \bullet a \uparrow bc$ 	$ab \uparrow ac \bullet a \uparrow \overline{b} \overline{c}$ 
$a \uparrow ab \bullet a$ 	$a \uparrow \overline{a} \overline{b} \bullet a$ 
$a \uparrow \overline{ab} \bullet a \uparrow b$ 	$a \uparrow \overline{a} \overline{b} \bullet ab$ 
$ab \uparrow \overline{ab} \bullet a$ 	$\overline{a} \overline{b} \uparrow \overline{a} \overline{b} \bullet a$ 
<p>Законы де Моргана</p>	
$a \uparrow \overline{\overline{b}} \bullet \overline{\overline{a}} \uparrow \overline{b}$	$a \uparrow \overline{b} \bullet \overline{a} \uparrow \overline{b}$

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);

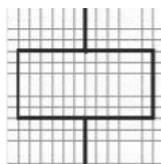


Рис. Б.4

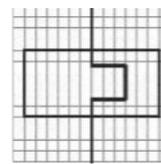


Рис. Б.5

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

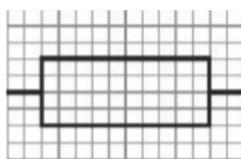


Рис. Б.6

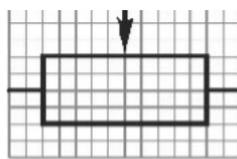


Рис. Б.7

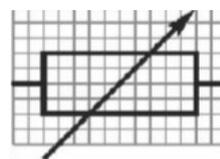


Рис. Б.8

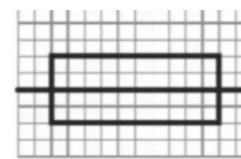


Рис. Б.9

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

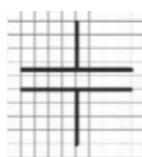


Рис. Б.10

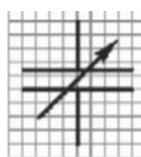


Рис. Б.11

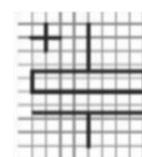


Рис. Б.12

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

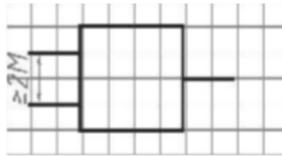


Рис. Б.13

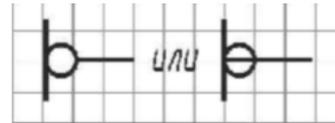


Рис. Б.14

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).

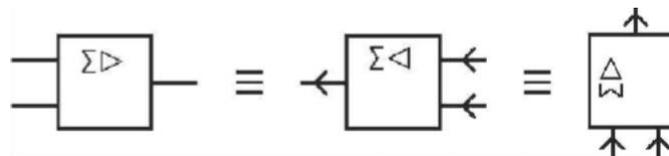


Рис. Б.16

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

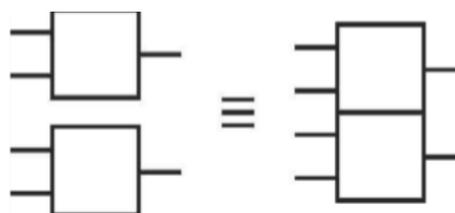


Рис. Б.17

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).

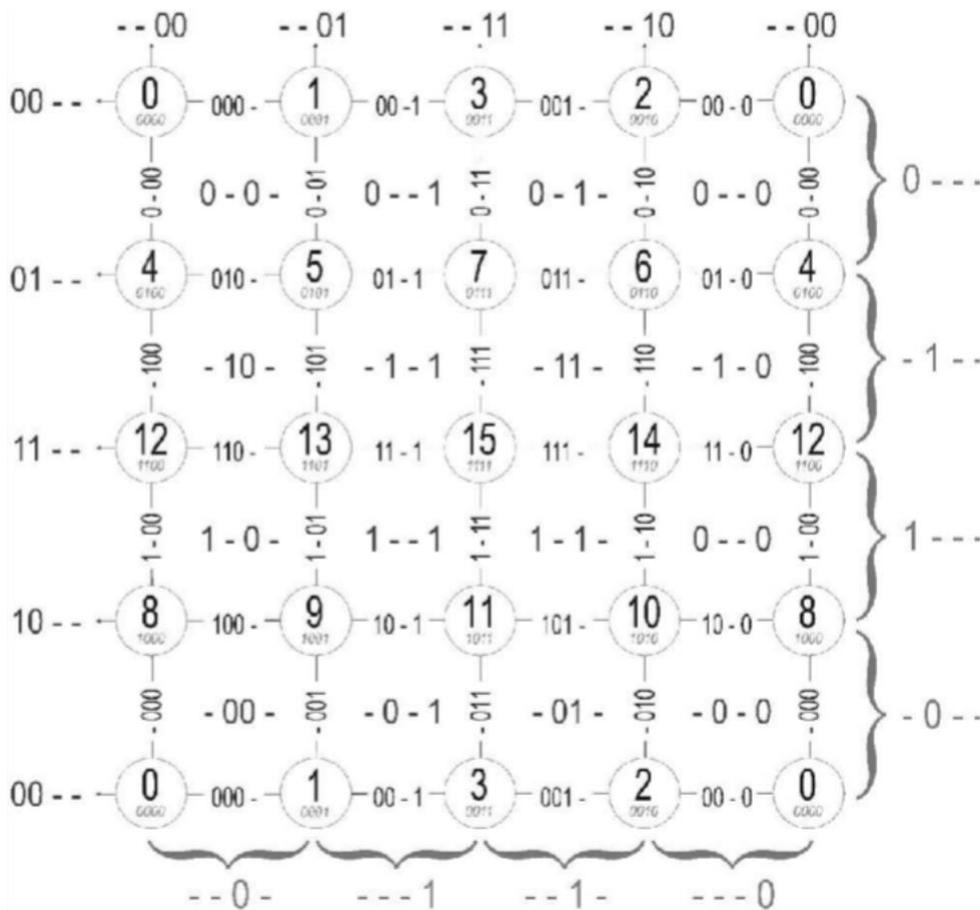


Рис. В.1

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 конstituентов, имеют по три тире.

Наконец, вся РСЧ образует гиперкуб и ее код четыре тире (- - - -), что соответствует логической сумме всех конstituентов 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 .....	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*

**Козелков Олег Владимирович, Мухаметшин Азат Ильдусович,  
Малёв Николай Анатольевич**

Л74 Проектирование аппаратно-программных средств  
информационно-измерительных систем : курсовая работа / О. В.  
Козелков, А. И. Мухаметшин, Н. А. Малёв. – Казань : КГЭУ, 2025. – 93  
с.

Кафедра приборостроения и мехатроники КГЭУ

УДК 004.896  
ББК 32.966в641

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

Подписано в печать 30.04.2025.  
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