


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры  
«Промышленная автоматика и робототех-  
ника»  
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о.заведующий кафедрой

 О.А. Ерзин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
«Математическая логика и конечные автоматы»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

с профилем  
**Мехатроника**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 150306-01-23

Тула 2023 год

**Разработчик:**

Ларкин Евгений Васильевич, профессор-консультант,  
доктор тех. наук, профессор

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## Занятие 1.

## Практическое применение теории множеств

1. Выразить с помощью порождающей процедуры.

1.1. Множество неотрицательных корней тригонометрического уравнения

$$\cos^2 x = 1.$$

$$1 - \sin^2 x = 1, \sin x = 0, x = \pi n, n = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

$$X = \{x \mid x = \pi n, n \in \mathbb{N}, 0 \in \mathbb{N}\}.$$

1.2. Множество значений сигнала  $u = \sum_{m=0}^M u_m \exp(im\omega t + \varphi_i)$ , взятых через период  $\tau = \frac{2\pi}{100\omega}$ .

$$t_n = \frac{2\pi n}{100\omega}, n = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

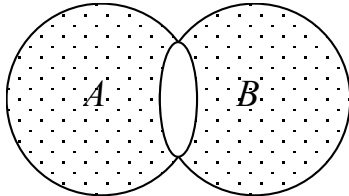
$$\begin{aligned} U &= \left\{ u \mid u = \sum_{m=0}^M u_m \exp\left(im\omega \frac{\pm 2\pi n}{100\omega}\right), n \in \mathbb{N}, 0 \in \mathbb{N} \right\} = \\ &= \left\{ u \mid u = \sum_{m=0}^M u_m \exp\left(\frac{\pm \pi m i}{50}\right), n \in \mathbb{N}, 0 \in \mathbb{N} \right\}. \end{aligned}$$

2. Определить с помощью диаграмм Эйлера-Венна следующие зависимости.

2.1. Выразить операцию  $C = A \setminus B$  через операции объединения  $A \cup B$  и дополнения  $\bar{A}$ .

2.2. Выразить операцию  $C = A \setminus B$  через операции пересечения  $A \cap B$  и дополнения  $\bar{A}$ .

2.3. С применением операций объединения  $A \cup B$ , пересечения  $A \cap B$  и дополнения  $\bar{A}$  найти выражение для множества, определяемого заштрихованной частью областей.



2.4. Найти выражение для правила Де-Моргана.

$$A \cap B = \overline{\bar{A} \cup \bar{B}} \text{ и } A \cup B = \overline{\bar{A} \cap \bar{B}}.$$

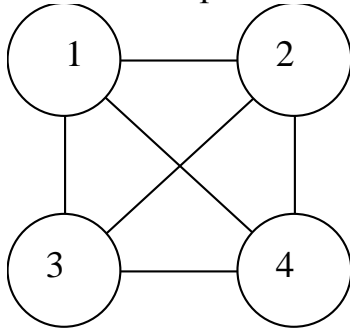
3. Определить мощность множества.

3.1. Объединяющего множество четных чисел, и множество чисел, кратных 3-м, лежащих в интервале от 1 до 100.

3.2. Объединяющих множество символов минимального алфавита, формирующего пословицу "Сколько волка не корми он в лес смотрит" и пословицу "Без труда не вытащишь рыбку из пруда".

4. Составить алгоритм, производящий упорядочение произвольного множества из  $N$  чисел по возрастанию.

5. На нижеприведенном графе найти

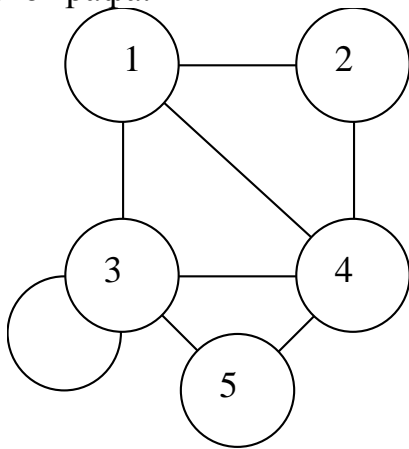


5.1. Все простые пути, ведущие из вершины 1 в вершину 4.

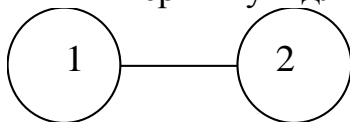
5.2. Все цепи, ведущие из вершины 1 в вершину 4.

5.3. Все циклы, включающие вершину 1.

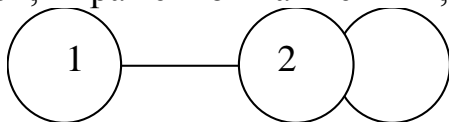
6. Составить таблицы смежности и инцидентности для нижеприведенного графа.



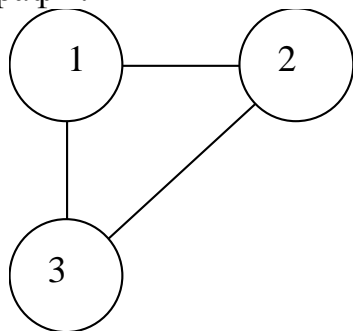
7. Доказать, что путей с длиной, выражающейся четным числом, из вершины 1 в вершину 2 для нижеприведенного графа не существует.



8. Доказать, что для нижеприведенного графа существуют пути с длиной, выраженной как четным, так и нечетным числом.



9. Для нижеприведенного графа построить все возможные подграфы и суграфы.



Какие подграфы являются истинными?

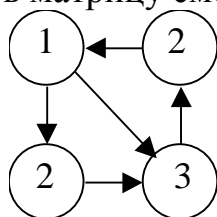
10. Для  $n$ -арного дерева найти формулу, определяющую количество вершин и количество ребер.

## Занятие 2.

### Использование теории графов при проектировании автоматов

#### 1. Орграфы

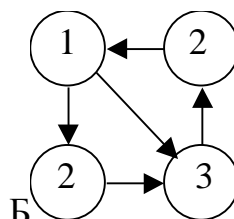
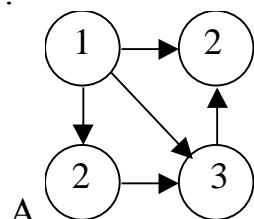
1.1. Для ориентированного графа, приведенного на рисунке, сформировать матрицу смежности.



1.2. Имеются ли на данном графе контуры длиной 7? Если имеются, то сколько?

1.3. Достижима ли вершина 1 из вершины 2 по пути четной длины?

1.4. Является ли граф, приведенный на рис. а сильносвязным? А на рис.б?



1.5. Построить таблицу инцидентности графа. Составить таблицу полустепеней исхода и захода вершин.

1.6. Для  $n$ -арного дерева с  $k$  иерархическими уровнями определить количество вершин и дуг. Пусть в некоторой вершине 1-го уровня полустепень исхода  $m < n$ . Сколько вершин и дуг имеется в этом дереве?

1.7. Пусть имеется двудольный граф с  $m$  вершинами, принадлежащими подмножеству А и  $n$  вершинами, принадлежащими подмножеству В. Пусть связи вершин подмножества А с вершинами подмножества В определяются матрицей  $n \times m$ , а связи вершин подмножества В с вершинами

подмножества  $A$  - матрицей  $m \times n$ . Найти матрицу смежности и матрицу инцидентности двудольного графа. Определить свойства матрицы смежности и матрицы инцидентности. Могут ли в двудольном графе иметься петли? Могут ли в двудольном графе иметься циклы?

## 2. Отношения.

2.1. Пусть имеется отношение  $\neq$ . Составить таблицу отношений для множества целых чисел.

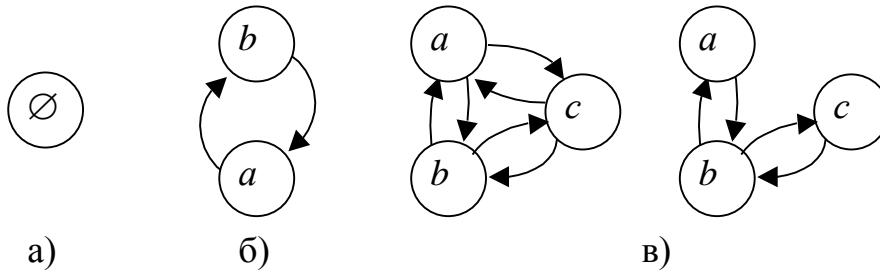
	1	2	3	4	5
1	0	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	1	1	0	1	1
4	1	1	1	0	1
5	0	1	1	1	0

2.2. Какими свойствами обладает отношение  $a \neq b$ ?

Отношение нереплексивно, т.е.  $a \neq a$  - неверно.

Отношение симметрично, т.е.  $\forall a, \forall b ((a \neq b) \rightarrow (b \neq a))$ .

Отношение нетранзитивно, т.е. из того, что  $a \neq b$  и  $b \neq c$  еще не следует, что  $a \neq c$ .



3. Множество всех подмножеств множества  $M$  называется булеаном и обозначается  $2^M$ ,  $2^M = \{A \mid A \subseteq M\}$ . Доказать, что для конечного множества  $M$   $|2^M| = 2^{|M|}$ .

Доказательство методом математической индукции.

База индукции. Пусть  $M = \{\emptyset\}$ . Тогда  $|M| = 0$ .  $2^M$ , где  $M = \emptyset$ , содержит один элемент, следовательно,  $|2^M| = |\{\emptyset\}| = 2^0 = 1$ .

Пусть для всех  $M = \{a_1, \dots, a_k\}$ , для которых  $|M| = k$   $|2^M| = 2^{|M|} = 2^k$ . Рассмотрим  $M = \{a_1, \dots, a_k\}$ . Обозначим подмножества множества  $2^M$ , которые можно сформировать из элементов множества  $M \supseteq A_i$ , по предположению  $1 \leq i \leq k$ . Добавим в множество  $M$  элемент  $a_{k+1}$ . Тогда в дополнение к множествам  $A_i \in 2^M$  могут быть сформированы множества  $B_i = A_i \cup a_{k+1} = \{b \mid b \in A_i, \text{ или } b = a_{k+1}\}$ , причем количество подмножеств также равно  $2^k$ . По определению  $B_i \neq A_j$ , следовательно

$$2^{M \cup a_{k+1}} = \{C \mid C \in 2^M, \text{ или } C \in B\}, \text{ а значит } |2^{M \cup a_{k+1}}| = 2 \cdot 2^k = 2^{k+1}.$$

#### 4. Понятие универсальных алгебр

##### 4.1. Пусть носитель алгебры представляет множество

$M = \{m \mid m = x^n, n \in \mathbb{N}\}$ . Сигнатура алгебры представляет операцию умножения. Определить тип алгебры  $(M; \times)$  типа  $\mu = (2)$

Алгебра является Абелевой полугруппой, т.к. в ней справедливы аксиомы коммутативности и ассоциативности.

##### 4.2. Пусть носитель алгебры представляет множество

$M = \{m \mid m = x^n, n \in \mathbb{N}, 0 \in \mathbb{N}\}$ . Сигнатура алгебры представляет операцию умножения. Определить тип алгебры  $(M; \times)$  типа  $\mu = (2)$

Алгебра является моноидом, или полугруппой с единицей, т.к. наряду с аксиомами коммутативности и ассоциативности справедлива аксиома о существовании нейтрального элемента.

##### 4.2. Пусть носитель алгебры представляет множество

$M = \{m \mid m = x^{\pm n}, n \in \mathbb{N}, 0 \in \mathbb{N}\}$ . Сигнатура алгебры представляет операцию умножения. Определить тип алгебры  $(M; \times)$  типа  $\mu = (2)$

Алгебра является Абелевой группой, т.к. наряду с аксиомами ассоциативности и о существовании нейтрального элемента справедлива аксиома коммутативности и о существовании обратного элемента.

##### 4.3. Построить таблицу Кэли для операции суммирования по модулю

4.

$\oplus_4$	0	1	2	3
0	0	1	2	3
1	1	2	3	0
2	2	3	0	1
3	3	0	1	2

По таблице определить, является ли операция коммутативной? (да), имеется ли обратный элемент? (да) Имеется ли нейтральный элемент? (да)

4.4. Рассмотрим алгебру  $(M; +, \times)$ , где носитель образован из квадратных матриц размера  $2 \times 2$ , элементами которых являются положительные и отрицательные чётные числа. Сложение матриц ассоциативно и коммутативно. Существует нейтральный для сложения элемент (нулевая матрица). Для каждой из матриц можно подобрать противоположную, например

$$\begin{vmatrix} 2 & -4 \\ -2 & 6 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -2 & 4 \\ 2 & -6 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Следовательно, аддитивная группа имеется. Нейтральный элемент для умножения отсутствует, так как для построения единичной матрицы

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

требуется нечетное число 1, отсутствующее по определению данной алгебры. Если нет нейтрального элемента, не может быть и обратного.

Кроме того, умножение матриц, вообще говоря, не коммутативно:

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 4 & 2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 24 & 20 \end{vmatrix}, \text{ но } \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 4 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 16 & 4 \\ 32 & 12 \end{vmatrix}.$$

Следовательно, в данном примере мы получили кольцо общего вида.

4.5. Берем такое же множество матриц, но теперь элементами матриц будут целые числа, положительные и отрицательные. Теперь для умножения будет иметься нейтральный элемент: единичная матрица, которая является и левой и правой единицей мультипликативной полугруппы кольца. Обратные элементы могут иногда найтись, например:

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} -1 & 2 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

но в общем случае их существование не гарантировано. Это можно доказать так. Возьмем равенство

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

в котором первый сомножитель выбран произвольно, а во втором элементы имеют буквенные обозначения. Чтобы узнать, существует ли такое равенство при целых значениях всех чисел, составим и решим систему уравнений, вытекающую из данного равенства.

$$\left. \begin{aligned} 3a + 2c &= 1, \\ 4a + 5c &= 0, \\ 3b + 2d &= 0, \\ 4b + 5d &= 1. \end{aligned} \right\}$$

$$a = \frac{1-2c}{3}; 4\frac{1-2c}{3} + 5c = 0; 4 - 8c + 15c = 0; c = \frac{7}{4}.$$

Равенство удовлетворяется только при дробном значении  $c$ . Следовательно, аксиома о существовании обратного элемента здесь не имеет места. Кроме того, умножение остается некоммутативным, вследствие чего в этом примере получается тело.

4.6. Возьмем множество чисел  $M = \{0, 1, 2, 3\}$  и определим на нем операции  $\otimes_4, \oplus_4$ , т.е. умножение и сложение по модулю 4. Составим таблицы Кэли для обеих операций (табл. 4.2 и 4.3).

Табл. 4.2

Таблица Кэли для операции сложения по модулю 4

$\oplus$	0	1	2	3
0	0	1	2	3



1	1	2	3	0
2	2	3	0	1
3	3	0	1	2

Табл. 4.3

Таблица Кэли для операции умножения по модулю 4

$\otimes$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	1	2	3
2	0	2	0	2
3	0	3	2	1

Табл. 4.2 показывает все необходимые для аддитивной группы свойства: ассоциативность и коммутативность операции, наличие нуля и противоположного элемента. Последнее видно из наличия нуля в каждой строке.

Табл. 4.3 показывает все свойства умножения, кроме наличия обратного элемента. Таким образом, в этом примере получилось коммутативное кольцо с единицей.

4.7. Построим алгебру, аналогичную предыдущей, но сложение и умножение теперь будем выполнять по модулю 5. Построим таблицы Кэли (табл. 4.4 и табл. 4.5).

Табл. 4.3

Таблица Кэли для операции сложения по модулю 5

$\oplus$	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	1	2	3	4	0
2	2	3	4	0	1
3	3	4	0	1	2
4	4	0	1	2	3

Табл. 4.4

Таблица Кэли для операции умножения по модулю 5

$\otimes$	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4
2	0	2	4	1	3
3	0	3	1	4	2
4	0	4	3	2	1

Таблица сложения показывает наличие аддитивной коммутативной группы. Таблица умножения показывает ассоциативность и коммутатив-

ность операции. Кроме того, в каждой строке или столбце содержится единица, что указывает на аксиомы о существовании единицы и обратного элемента. В данном примере мы получили поле.

4.8. Построить таблицу Кэли для операций сложения и умножения по модулю 2.

Табл. 4.6.

Таблица Кэли для операции сложения по модулю 2

$\oplus$	0	1
0	0	1
1	1	0

Табл. 4.7.

Таблица Кэли для операции умножения по модулю 2

$\otimes$	0	1
0	0	0
1	0	1

Оно играет важную роль в теории кодирования цифровой информации, с его помощью образуются более сложные алгебраические системы.

### Занятие 3.

Основные правила преобразования логических выражений

1. С использованием аксиом:

ассоциативность дизъюнкции и конъюнкции

$$a \vee (b \vee c) = a \vee b \vee c = (a \vee b) \vee c, \quad a \wedge (b \wedge c) = a \wedge b \wedge c = (a \wedge b) \wedge c;$$

коммутативность дизъюнкции и конъюнкции

$$a \vee b = b \vee a, \quad a \wedge b = b \wedge a;$$

существование нейтральных элементов для дизъюнкции и конъюнкции

$$a \vee 0 = 0 \vee a = a; \quad a \wedge 1 = 1 \wedge a = a;$$

дистрибутивность конъюнкции относительно дизъюнкции

$$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c).$$

закона исключенного третьего  $a \vee \bar{a} = 1$ ;

закон противоречия  $a \wedge \bar{a} = 0$ ;

дистрибутивности дизъюнкции относительно конъюнкции

$$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c);$$

замкнутости множества  $\{0, 1\}$  относительно инверсии

$$\bar{0} = 1; \quad \bar{1} = 0$$

Исходя из указанных аксиом, можно доказать как теоремы следующие правила.

- 1.1. Конъюнкция любой переменной с нулем равна нулю  $0x = 0$ .  
 $0 \wedge x = (0 \wedge x) \vee 0$  (существование нейтрального элемента)  
 $(0 \wedge x) \vee 0 = (0 \wedge x) \vee (x \wedge \bar{x})$  (противоречие);  
 $(0 \wedge x) \vee (x \wedge \bar{x}) = x \wedge (0 \vee \bar{x})$  (дистрибутивность конъюнкции относительно дизъюнкции);  
 $x \wedge (0 \vee \bar{x}) = x \wedge \bar{x}$  (нейтральность нуля для дизъюнкции).  
 $x \wedge \bar{x} = 0$  (противоречие).
- 1.2. Идемпотентность дизъюнкции и конъюнкции  
 $a \wedge a = a$ ;  $a \vee a = a$ .  
(Нейтральный элемент, дистрибутивность, нейтральный элемент).
- 1.3. Правила поглощения  
 $a \vee (a \wedge b) = a$ ;  $a \wedge (a \vee b) = a$ .
- 1.4. Правила склеивания  
 $(a \wedge b) \vee (a \wedge \bar{b}) = a$ ;  $(a \vee b) \wedge (a \vee \bar{b}) = a$ .
- 1.5. Правила Де-Моргана (двойственная связь между дизъюнкцией и конъюнкцией)  
 $\overline{a \wedge b} = \bar{a} \vee \bar{b}$ ;  
 $\overline{a \vee b} = \bar{a} \wedge \bar{b}$ .
2. Сформировать таблицу истинности для следующих типовых комбинационных схем:
- 2.1. Четырехразрядный мультиплексор.  
2.2. Двухразрядная схема сравнения кодов для реализации отношений  $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $\neq$ .  
2.3. Схема сдвига разрядов.  
2.4. Преобразователь унарного двоичного кода в натуральный.  
2.5. Преобразователь кода Грея в натуральный двоичный код.
3. По таблицам истинности записать булеву формулу для приведенных в п. 2 комбинационных схем.
4. По булевым формулам составить карту Карно для приведенных в п. 2 комбинационных схем.
5. Минимизировать булевы выражения и привести к штриху Шеффера для приведенных в п. 2 комбинационных схем.
6. Минимизировать булевы выражения и привести к стрелке Пирса для приведенных в п. 2 комбинационных схем.
7. Сформировать сумматор, который на управляющий сигнал  $x = 0$  проводил бы операцию суммирования, а на  $x = 1$  - операцию вычитания.

#### Занятие 4.

##### Дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы

1. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу дешифратора 4-хбитного двоичного кода на элементах И, ИЛИ, штрих Шеффера (стрелка Пирса) и выяснить отличия при опознавании одинаковых кодов.

2. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу мультиплексора двух однобитных кодов на элементах И, ИЛИ, штрих Шеффера (стрелка Пирса) и выяснить отличия при одинаковых состояниях входов.

3. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу сумматора двух однобитных кодов без входного переноса на элементах И, ИЛИ, штрих Шеффера (стрелка Пирса) и выяснить отличия при одинаковых состояниях входов.

4. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу компаратора двух однобитных кодов без входных условий на элементах И, ИЛИ, штрих Шеффера (стрелка Пирса) и выяснить отличия при одинаковых состояниях входов.

#### Занятие 5.

##### Основные комбинационные схемы управляющих автоматов

1. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу мультиплексора четырёх однобитных кодов на элементах И, ИЛИ, штрих Шеффера (стрелка Пирса) и выяснить отличия при одинаковых состояниях входов.

2. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу демультиплексора четырёх однобитных кодов без входного переноса на элементах И, ИЛИ.

3. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу сумматора двух однобитных кодов со входом и выходом переноса условий на элементах И, ИЛИ.

4. Составить таблицу истинности, комбинационную схему и булеву формулу компаратора двух однобитных кодов со входом и выходом переноса условий на элементах И, ИЛИ.

#### Занятие 6.

### Типы триггеров. Преобразование триггеров

1. Составить таблицу истинности и комбинационную схему RS-триггера.
2. Составить таблицу истинности и комбинационную схему RSE-триггера.
3. Составить таблицу истинности и комбинационную схему DE-триггера.
4. Составить таблицу истинности и комбинационную схему RSC-триггера.
5. Составить таблицу истинности и комбинационную схему JCK-триггера.
6. Составить таблицу истинности и комбинационную схему RSDC-триггера.
7. Составить таблицу истинности и комбинационную схему DC-триггера.
8. Преобразовать RS-триггер в R-триггер
9. Преобразовать RS-триггер в S-триггер/
10. Преобразовать RS-триггер в JK-триггер.
11. Преобразовать JK-триггер в DE-триггер.
12. Преобразовать JK-триггер в D-триггер.
13. Преобразовать D-триггер в JK-триггер

### Занятие 7.

#### Алгоритмы управления выполнением арифметических операций

1. Разработать алгоритм работы одноразрядного сумматора при суммировании слов длиной 16 бит.
2. Разработать алгоритм умножения чисел.
3. Разработать алгоритм деления чисел.

## Занятие 8.

### Операционные и управляющие автоматы для выполнения арифметических операций

1. Разработать операционного и управляющего автоматов для суммирования слов длиной 16 бит.
2. Разработать операционного и управляющего автоматов для умножения чисел.
3. Разработать операционного и управляющего автоматов для деления чисел.
1. Составить таблицу истинности выполнения операции суммирования/вычитания двух однобитных операндов со входами и выходами переноса

### Основная литература

1. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Хаггарти Р.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12723.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Баранова Е. М. Практикум по дискретной математике : учеб. пособие / Е. М. Баранова, А. Н. Баранов, Л. А. Булатов ; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2009 .— 227 с.
3. Белоусов А.И. Дискретная математика : учебник для втузов / А. И. Белоусов, С. Б. Ткачев ; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко .— 4-е изд., испр. — М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2006 .— 744 с.
4. Поздняков С. Н. Дискретная математика : учебник для вузов / С. Н. Поздняков, С. В. Рыбин .— М. : Академия, 2008 .— 448 с.
5. Яблонский С. В. Введение в дискретную математику : учеб. пособие для вузов / С. В. Яблонский .— 5-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2008 .— 384 с.

### Дополнительная литература

1. Айгнер М. Комбинаторная теория; Математические основы программирования .— М. : РХД, 2004 .— 1опт.диск.(CD ROM) .— (Электронная библиотека) .— формат pdf.
2. Аляев Ю.А. Дискретная математика и математическая логика : учебник для вузов / Ю.А.Аляев,С.Ф.Тюрин .— М. : Финансы и статистика, 2006 .— 368с.

3. Гаврилов Г.П. Задачи и упражнения по дискретной математике : учеб.пособие / Г.П.Гаврилов, А.А.Сапоженко .— 3-е изд.,перераб. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005 .— 416с.

4. Галкина В.А. Дискретная математика: комбинаторная оптимизация на графах : учеб.пособие / В.А.Галкина .— М. : Гелиос АРВ, 2003 .— 232с.

5. Глаголев В.В. Методы дискретной математики : учеб.пособие / В.В.Глаголев; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2005 .— 230с.

6. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера / О. П. Кузнецов .— 3-е изд., перераб. и доп. — СПб. [и др.] : Лань, 2004 .— 400 с.

7. Редькин Н.П. Дискретная математика : курс лекций для вузов / Н.П.Редькин .— 2-е изд.,стер. — СПб.и др. : Лань, 2006 .— 96с.

8. Информационные технологии : теоретический и прикладной научно-технический журнал .— 2013- .— М. : Новые технологии, 2013 - .— ISSN 1684-6400.

9. Информационные технологии и вычислительные системы : [журнал] / учредитель РАН, Ин-т системного анализа.—М., 2013-. Основан в 1995 г. – Выходит ежеквартально. – ISSN 2071-8632

10. Открытые системы. СУБД [электронный ресурс] : [журнал].- М.:Открытые системы, 2013- . – ISSN 1028-7493. – Режим доступа : [http://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp) .- eLibrary.ru, со всех компьютеров библиотеки ТулГУ, по паролю

11. Прикладная информатика [электронный ресурс] : научно-практический журнал .— М. : Маркет ДС, 2013 - .— Выходит 6 раз в год .— ISSN 1993-8314.- Режим доступа : [http://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp).-eLibrary.ru, со всех компьютеров библиотеки ТулГУ, по паролю

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <https://tsutula.bibliotech.ru/> - Электронный читальный зал “БИБЛИО-ТЕХ”: учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам. Режим доступа: по паролю.- Загл. с экрана

2. <http://elibrary.ru/> - Научная Электронная Библиотека eLibrary – библиотека электронной периодики. Режим доступа: по паролю.- Загл. с экрана.

3. <http://cyberleninka.ru/> - НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа. Режим доступа: свободный.- Загл. с экрана.

4. <http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный.- Загл. с экрана.