

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.01.2026 23:35:15
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d59e31c11eabb175e945d4248511da56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра программной инженерии



Математическая логика и теория алгоритмов

Методические указания к лабораторным работам для студентов
направления подготовки 02.03.03 «Математическое обеспечение
и администрирование информационных систем»

Курск 2024

УДК 004

Составители: Добрица В.П., Реутов Д.К.

Рецензент

к.т.н., доцент Халин Ю.А.

Математическая логика и теория алгоритмов:
методические указания к лабораторным работам/ Юго-Зап. гос. ун-
т; сост.: В.П. Добрица, Д.К. Реутов. – Курск, 2024. – 34 с.:
Библиогр.: с. 34.

Содержат сведения по вопросам математической логики и теории алгоритмов. Указывается порядок проведения лабораторных работ, правила оформления, содержание отчета.

Методические указания по проведению лабораторных работ по дисциплине «Математическая логика и теория алгоритмов» предназначены для студентов направления подготовки 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 13.12.2024 . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ.л. 2,1. Уч. –изд.л. 2,2. Тираж 50 экз. Заказ 1397 .

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Лабораторная работа № 1-2

Формулы алгебры высказываний. Дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы

Цель. Научиться анализировать логические предложения, структура которого основана на приоритете логических операций, строить таблицу истинности для этого выражения. Научиться преобразовывать произвольное логическое выражение к ДНФ.

Краткие теоретические положения.

При построении логических выражений используется следующий приоритет операций:

- 1) ();
- 2) \neg ;
- 3) \wedge ;
- 4) $\rightarrow, \leftarrow, \leftrightarrow$;
- 5) \oplus ;
- 6) \vee .

То есть в первую очередь выполняются операции в скобках. Далее, операция отрицания применяется ранее всех остальных, она обладает наивысшим приоритетом. В последнюю очередь выполняется операция дизъюнкции. Если две операции имеют одинаковый приоритет, то первой выполняется операция, записанная ранее. Знак конъюнкции в формулах можно опустить и вместо $x \wedge y$ написать xy . Операцию конъюнкции часто называют **логическим умножением**, а операцию дизъюнкции – **логическим сложением**. С учетом приведенных условий формулу $(x \wedge (y \wedge \bar{z})) \vee ((\overline{x \vee y}) \wedge z)$, например, можно более кратко записать в виде: $xy\bar{z} \vee (\overline{x \vee y})z$.

Пример: Решить логическое уравнение:

$$xy \vee z \rightarrow x \vee \bar{y} = 0.$$

Решение.

Для уточнения порядка выполняемых действий с учетом приоритета операций используем скобки:

Имеем:

$$f(x, y, z) = xy \vee (z \rightarrow x) \vee \bar{y} = 0.$$

Строим таблицу истинности:

x	y	z	xy	$(z \rightarrow x)$	$xy \vee (z \rightarrow x)$	\bar{y}	$(xy \vee (z \rightarrow x)) \vee \bar{y}$
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1

Решаем уравнение и получаем ответ:

$$x_1 = 0, y_1 = 1, z_1 = 1.$$

Формулы алгебры логики заданы в дизъюнктивной нормальной форме ДНФ, если они представлены в виде дизъюнкции конъюнкций элементарных высказываний и их отрицаний.

Пример. $f_1 = \bar{x}y \vee z \vee \bar{x}y \vee xyz$ - ДНФ.

Если формула f задана не в виде ДНФ, то тождественными преобразованиями её можно привести к ДНФ. Эти преобразования включают в себя:

- 1) исключение связок импликации, равносильности и исключающего 'или':

$$x \rightarrow y = \bar{x} \vee y,$$

- 2)

$$x \leftrightarrow y = \bar{x}y \vee xy,$$

$$x \leftarrow y = x \vee \bar{y},$$

$$x \oplus y = x\bar{y} \vee \bar{x}y.$$

- 3) перенос отрицания внутрь скобок к переменным по правилам Де-Моргана: $\overline{(x \vee y)} = \bar{x} \wedge \bar{y}$, $\overline{(x \wedge y)} = (\bar{x} \vee \bar{y})$;

- 4) раскрытие скобок по дистрибутивному закону:

$$x(y \vee z) = xy \vee xz \text{ - для приведения к ДНФ}$$

Пример. Привести к ДНФ формулу $f = (z \rightarrow t) \overline{(x \vee z)}$.

Решение:

$$\begin{aligned}
\text{а) (правило 1)} \quad f &= (\bar{z} \vee t) \cdot \overline{(x \vee z)} \stackrel{\text{(правило2)}}{=} (\bar{z} \vee t) \cdot (\bar{x} \wedge \bar{z}) \stackrel{\text{(правило3)}}{=} \bar{x} \bar{z} \bar{z} \vee \bar{x} t \bar{z} \stackrel{\text{(свойство } x \cdot x = x)}{=} \\
&\bar{x} \bar{z} \vee \bar{x} t \bar{z} = \\
&\bar{x} \bar{z} \vee \bar{x} t \bar{z} = \bar{x} \bar{z} \text{ (закон поглощения)} =
\end{aligned}$$

ДНФ для формулы f .

Замечание: В ДНФ после упрощения могут вообще отсутствовать дизъюнктивные члены, тогда $f \equiv 0$. ДНФ данной функции может после преобразований приобрести форму $f = x \vee \bar{x}$. Воспользовавшись далее законом дополненности $x \vee \bar{x} = 1$, получаем, что $f \equiv 1$, т.е. данная функция является тождественно истинной.

Дизъюнктивная нормальная форма может быть дальше упрощена. При этом мы используем формулы булевой алгебры.

Пример. Упростить формулу: $A = \bar{x}yz \vee x\bar{y}\bar{z} \vee xy\bar{z}$.

Решение: $A = \bar{x}yz \vee (x\bar{y}\bar{z} \vee xy\bar{z})$ (группировка второго и третьего слагаемого) $= \bar{x}yz \vee x\bar{z}(\bar{y} \vee y)$ (вынесение общего множителя за скобку) $= \bar{x}yz \vee xz \vee 1$ (свойство 5 отрицания) $= \bar{x}yz \vee x\bar{z}$ (свойство единицы). Дальнейшее упрощение невозможно.

Пример. Привести к ДНФ формулу $f = (z \rightarrow t) \oplus \overline{(x \vee z)}$.

1) Исключаем связку \oplus

$$\begin{aligned}
f &= \overline{(z \rightarrow t)(x \vee z)} \vee (z \rightarrow t)\overline{\overline{x \vee y}} \stackrel{\text{(закон двойного отрицания)}}{=} \\
&\overline{(z \rightarrow t)(x \vee z)} \vee (z \rightarrow t)(x \vee y) \stackrel{\text{(исключаем } \rightarrow)}{=} \\
&\overline{\bar{z} \vee t} (\overline{x \vee z}) \vee (\bar{z} \vee t)(x \vee y) \stackrel{\text{(закон Де Моргана)}}{=} \\
&(\bar{\bar{z}} \wedge \bar{t})(\bar{x} \wedge \bar{z}) + (\bar{z} + t)(x + y) \stackrel{\text{(закон двойного отрицания)}}{=} \\
&(zt)(\bar{x} \bar{z}) + (\bar{z} + t)(x + y) \stackrel{\text{(раскрываем скобки по дистрибутивному закону)}}{=} \\
&z\bar{x} \bar{z} + \bar{z}x + \bar{z}y + tx + ty \stackrel{\text{(правило } x\bar{x} = 0)}{=} \\
&\bar{z}x + \bar{z}y + tx + ty - \text{ДНФ.}
\end{aligned}$$

Индивидуальное задание.

1. Привести к ДНФ логическую формулу и максимально упростить и решить логическое уравнение (N-номер по списку).

N	1	2
1	$\overline{x \vee z} \rightarrow \overline{x t z} = 1$	$\overline{x \vee z} \leftrightarrow \overline{x t z} = 1$
2	$\overline{x z} \rightarrow x \oplus \overline{t z} = 0$	$\overline{x z} \oplus x \rightarrow \overline{t z} = 0$
3	$\overline{x \wedge z} \vee x \rightarrow \overline{t z} = 1$	$\overline{x} \rightarrow z x \wedge \overline{t z} = 1$
4	$\overline{x + z} \rightarrow x \vee \overline{t z} = 0$	$\overline{x y + z} \leftarrow x + \overline{t z} = 0$
5	$\overline{x \wedge z} \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z) = 1$	$\overline{x \leftarrow z} x t \wedge (x \leftarrow z) = 1$
6	$\overline{x \vee z} \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\overline{x \vee z} \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$
7	$\overline{x \vee z} \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\overline{x \vee z} \rightarrow x t \oplus (x \leftarrow z) = 1$
8	$\overline{x \wedge z} \leftrightarrow x \vee \overline{t z} = 0$	$\overline{x \wedge z} \leftrightarrow (x \vee t) \overline{z} = 0$
9	$\overline{x z} \leftarrow x \rightarrow \overline{t z} = 1$	$\overline{x z} \leftarrow (x \rightarrow t) \overline{z} = 1$
10	$\overline{x \oplus \overline{z}} \rightarrow x \vee \overline{t z} = 0$	$\overline{x \wedge \overline{z}} \rightarrow (x \vee t) \overline{z} = 0$
11	$\overline{x \vee z} \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\overline{x \vee z} \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$
12	$\overline{x} \rightarrow \overline{t} \rightarrow \overline{x t z} = 1$	$\overline{x} \rightarrow (\overline{t} \rightarrow \overline{x}) \overline{t z} = 1$
13	$\overline{x z t} \oplus x \wedge z = 0$	$\overline{x z t} \oplus x + z = 0$
14	$\overline{x \oplus z} \rightarrow x \rightarrow \overline{t z} = 1$	$\overline{x \oplus z} \rightarrow (x \rightarrow t) \overline{z} = 1$
15	$\overline{x \wedge z} \rightarrow x t z = 0$	$\overline{x \wedge z} \rightarrow x + t z = 0$
16	$\overline{x \wedge z} \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$	$\overline{x \wedge z} + x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$
17	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\overline{x} \leftrightarrow z x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
18	$\overline{x \vee z} \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\overline{x \vee z} \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z) = 1$
19	$\overline{x \wedge z} \leftrightarrow x \leftrightarrow \overline{t z} = 0$	$\overline{x \wedge (z \leftrightarrow x)} \leftrightarrow \overline{t z} = 0$
20	$\overline{x z} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow \overline{t z} = 1$	$\overline{x z} \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t) \overline{z} = 1$
21	$\overline{x \wedge (\overline{z} \rightarrow x)} \vee \overline{t z} = 0$	$\overline{x \wedge (\overline{z} \rightarrow x)} \wedge \overline{t z} = 0$
22	$\overline{x \vee (z \rightarrow x \leftarrow t)} \wedge (x \leftarrow z) = 1$	$\overline{x \vee (z \rightarrow x t)} \wedge (x \leftarrow z) = 1$
23	$(\overline{x \vee z}) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$(\overline{x z}) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
24	$\overline{x} \rightarrow (\overline{t} \rightarrow \overline{x}) \overline{t z} = 1$	$\overline{x} \rightarrow (\overline{t} \rightarrow \overline{x}) \rightarrow \overline{t z} = 1$
25	$\overline{x z} \vee t \oplus x \rightarrow z = 0$	$\overline{x z} (t \oplus x) \rightarrow z = 0$
26	$\overline{x \oplus z} \rightarrow x \oplus \overline{t z} = 1$	$\overline{x \oplus z} \rightarrow x t z = 1$
27	$\overline{x \wedge z} \rightarrow x t z = 0$	$\overline{x \wedge z} \rightarrow x t z = 0$

28	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z) = 1$
29	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
30	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t (x \leftarrow z) = 1$
31	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow tz = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow xt z = 0$
32	$\bar{x} z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow tz = 1$	$\bar{x} z (x \vee t) \rightarrow tz = 1$
33	$\bar{x} + z \rightarrow x \vee tz = 0$	$\bar{x} y + z \leftarrow x + tz = 0$
34	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z) = 1$
35	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$
36	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z) = 1$
37	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee tz = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
38	$\bar{x} z \leftarrow x \rightarrow tz = 1$	$\bar{x} z \leftarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
39	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee tz = 0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
40	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$
41	$\bar{x} \rightarrow \bar{t} \rightarrow \bar{x} tz = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow \bar{x}) \bar{z} = 1$
42	$\bar{x} zt \oplus x \wedge z = 0$	$\bar{x} zt \oplus x + z = 0$
43	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow tz = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
44	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt z = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + tz = 0$
45	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$
46	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
47	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z) = 1$
48	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow tz = 0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow tz = 0$
49	$\bar{x} z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow tz = 1$	$\bar{x} z \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t) \bar{z} = 1$
50	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee tz = 0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge tz = 0$
51	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z) = 1$
52	$(x \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$(xz) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
53	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow \bar{x}) tz = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow \bar{x}) \rightarrow tz = 1$
54	$\bar{x} z \vee t \oplus x \rightarrow z = 0$	$\bar{x} z (t \oplus x) \rightarrow z = 0$
55	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \oplus tz = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow xt z = 1$
56	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt z = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt z = 0$
57	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z) = 1$
58	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$

59	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t (x \leftarrow z) = 1$
60	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z} = 0$
61	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z) = 1$
62	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
63	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t (x \leftarrow z) = 1$
64	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow xt\bar{z} = 0$
65	$\bar{x}z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z} = 1$	$\bar{x}z(x \vee t) \rightarrow t\bar{z} = 1$
66	$\bar{x} + z \rightarrow x \vee t\bar{z} = 0$	$\bar{x}y + z \leftarrow x + t\bar{z} = 0$
67	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z) = 1$
68	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$
69	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z) = 1$
70	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t)\bar{z} = 0$
71	$\bar{x}z \leftarrow x \rightarrow t\bar{z} = 1$	$\bar{x}z \leftarrow (x \rightarrow t)\bar{z} = 1$
72	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee t\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t)\bar{z} = 0$
73	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$
74	$\bar{x} \rightarrow \bar{t} \rightarrow xt\bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x)t\bar{z} = 1$
75	$\bar{x}z\bar{t} \oplus x \wedge z = 0$	$\bar{x}z\bar{t} \oplus x + z = 0$
76	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t\bar{z} = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t)\bar{z} = 1$
77	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + t\bar{z} = 0$
78	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$
79	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \wedge x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
80	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z) = 1$
81	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t\bar{z} = 0$
82	$\bar{x}z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z} = 1$	$\bar{x}z \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t)\bar{z} = 1$
83	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t\bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t\bar{z} = 0$
84	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z) = 1$
85	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$(\bar{x}z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
86	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x)t\bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t\bar{z} = 1$
87	$\bar{x}z \vee t \oplus x \rightarrow z = 0$	$\bar{x}z(t \oplus x) \rightarrow z = 0$
88	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z) = 1$
89	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$

90	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z) = 1$
91	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
92	$\bar{x} z \leftarrow x \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} z \leftarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
93	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
94	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$
95	$\bar{x} \rightarrow \bar{t} \rightarrow x t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t \bar{z} = 1$
96	$\bar{x} z t \oplus x \wedge z = 0$	$\bar{x} z t \oplus x + z = 0$
97	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
98	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + t \bar{z} = 0$
99	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$
100	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
101	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z) = 1$
102	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t \bar{z} = 0$
103	$\bar{x} z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} z \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t) \bar{z} = 1$
104	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t \bar{z} = 0$
105	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z) = 1$
106	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$(xz) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
107	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t \bar{z} = 1$
108	$\bar{x} z \vee t \oplus x \rightarrow z = 0$	$\bar{x} z (t \oplus x) \rightarrow z = 0$
109	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \oplus t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x t \bar{z} = 1$
110	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x t \bar{z} = 0$
111	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x t \leftarrow (x \oplus z) = 1$
112	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
113	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t (x \leftarrow z) = 1$
114	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x t \bar{z} = 0$
115	$\bar{x} z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} z (x \vee t) \rightarrow t \bar{z} = 1$
116	$\bar{x} + z \rightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} y + z \leftarrow x + t \bar{z} = 0$
117	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t) (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \leftarrow z x t \wedge (x \leftarrow z) = 1$
118	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$
119	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x t \oplus (x \leftarrow z) = 1$
120	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$

121	$\overline{xz} \leftarrow x \rightarrow t\overline{z}=1$	$\overline{xz} \leftarrow (x \rightarrow t)\overline{z}=1$
122	$\overline{x} \oplus \overline{z} \rightarrow x \vee t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge \overline{z} \rightarrow (x \vee t)\overline{z}=0$
123	$\overline{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=0$
124	$\overline{x} \rightarrow \overline{t} \rightarrow x t\overline{z}=1$	$\overline{x} \rightarrow (\overline{t} \rightarrow x) t\overline{z}=1$
126	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t\overline{z}=0$
127	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z)=1$	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t \leftarrow (x \oplus z)=1$
128	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
129	$\overline{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\overline{x} \oplus z \rightarrow x \vee t(x \leftarrow z)=1$
130	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t\overline{z}=0$
131	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z)=1$	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t \leftarrow (x \oplus z)=1$
132	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
133	$\overline{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\overline{x} \oplus z \rightarrow x \vee t(x \leftarrow z)=1$
134	$\overline{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge z \leftrightarrow x t\overline{z}=0$
135	$\overline{xz} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\overline{z}=1$	$\overline{xz}(x \vee t) \rightarrow t\overline{z}=1$
136	$\overline{x} + z \rightarrow x \vee t\overline{z}=0$	$\overline{xy} + z \leftarrow x + t\overline{z}=0$
137	$\overline{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z)=1$	$\overline{x} \leftarrow z x t \wedge (x \leftarrow z)=1$
138	$\overline{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z)=0$
139	$\overline{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\overline{x} \vee z \rightarrow x t \oplus (x \leftarrow z)=1$
140	$\overline{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t)\overline{z}=0$
141	$\overline{xz} \leftarrow x \rightarrow t\overline{z}=1$	$\overline{xz} \leftarrow (x \rightarrow t)\overline{z}=1$
142	$\overline{x} \oplus \overline{z} \rightarrow x \vee t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge \overline{z} \rightarrow (x \vee t)\overline{z}=0$
143	$\overline{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=0$
144	$\overline{x} \rightarrow \overline{t} \rightarrow x t\overline{z}=1$	$\overline{x} \rightarrow (\overline{t} \rightarrow x) t\overline{z}=1$
145	$\overline{xzt} \oplus x \wedge z=0$	$\overline{xzt} \oplus x + z=0$
146	$\overline{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t\overline{z}=1$	$\overline{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t)\overline{z}=1$
147	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x + t\overline{z}=0$
148	$\overline{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$	$\overline{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$
149	$\overline{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\overline{x} \leftrightarrow z x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
150	$\overline{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\overline{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z)=1$
151	$\overline{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\overline{z}=0$	$\overline{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t\overline{z}=0$
152	$\overline{xz} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\overline{z}=1$	$\overline{xz} \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t)\overline{z}=1$

153	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t\bar{z}=0$
154	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z)=1$
155	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$(\bar{x}z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$
156	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t\bar{z}=1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t\bar{z}=1$
157	$\bar{x}z \vee t \oplus x \rightarrow z=0$	$\bar{x}z(t \oplus x) \rightarrow z=0$
158	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z)=1$
159	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z)=0$
160	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z)=1$
161	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t)\bar{z}=0$
162	$\bar{x}z \leftarrow x \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x}z \leftarrow (x \rightarrow t)\bar{z}=1$
163	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t)\bar{z}=0$
164	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=0$
165	$\bar{x} \rightarrow \bar{t} \rightarrow x t\bar{z}=1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t\bar{z}=1$
166	$\bar{x}z\bar{t} \oplus x \wedge z=0$	$\bar{x}z\bar{t} \oplus x + z=0$
167	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t)\bar{z}=1$
168	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + t\bar{z}=0$
169	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$
170	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \wedge x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
171	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z)=1$
172	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t\bar{z}=0$
173	$\bar{x}z \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x}z \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t)\bar{z}=1$
174	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t\bar{z}=0$
175	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z)=1$
176	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$(\bar{x}z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$
177	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t\bar{z}=1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t\bar{z}=1$
188	$\bar{x}z \vee t \oplus x \rightarrow z=0$	$\bar{x}z(t \oplus x) \rightarrow z=0$
189	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \oplus t\bar{z}=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow xt\bar{z}=1$
190	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$
191	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z)=1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z)=1$
192	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
193	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t(x \leftarrow z)=1$

194	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow xt\bar{z}=0$
195	$\bar{x}\bar{z} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x}\bar{z}(x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$
196	$\bar{x} + z \rightarrow x \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x}y + z \leftarrow x + t\bar{z}=0$
197	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z)=1$
198	$\bar{x}\bar{z}t \oplus x \wedge z=0$	$\bar{x}\bar{z}t \oplus x + z=0$
199	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t)\bar{z}=1$
200	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + t\bar{z}=0$
201	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z)=1$
202	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \wedge x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
203	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z)=1$
204	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t\bar{z}=0$
205	$\bar{x}\bar{z} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x}\bar{z} \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t)\bar{z}=1$
206	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t\bar{z}=0$
207	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z)=1$
208	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$(\bar{x}z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z)=0$
209	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t\bar{z}=1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t\bar{z}=1$
210	$\bar{x}\bar{z} \vee t \oplus x \rightarrow z=0$	$\bar{x}\bar{z}(t \oplus x) \rightarrow z=0$
211	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \oplus t\bar{z}=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow xt\bar{z}=1$
212	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$
213	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z)=1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z)=1$
214	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
215	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t(x \leftarrow z)=1$
216	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt\bar{z}=0$
217	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \leftarrow (x \oplus z)=1$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow xt \leftarrow (x \oplus z)=1$
218	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$
219	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \vee t(x \leftarrow z)=1$
220	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t\bar{z}=0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow xt\bar{z}=0$
221	$\bar{x}\bar{z} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$	$\bar{x}\bar{z}(x \vee t) \rightarrow t\bar{z}=1$
222	$\bar{x} + z \rightarrow x \vee t\bar{z}=0$	$\bar{x}y + z \leftarrow x + t\bar{z}=0$
223	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t)(x \leftarrow z)=1$	$\bar{x} \leftarrow zxt \wedge (x \leftarrow z)=1$
224	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z)=0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z)=0$

225	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z) = 1$
226	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
227	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow x \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
228	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
229	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$
230	$\bar{x} \rightarrow \bar{t} \rightarrow x t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t \bar{z} = 1$
231	$\bar{x} \bar{z} t \oplus x \wedge z = 0$	$\bar{x} \bar{z} t \oplus x + z = 0$
232	$\bar{x} \oplus z \rightarrow x \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \oplus z \rightarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
233	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x + t \bar{z} = 0$
234	$\bar{x} \wedge z \rightarrow x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$	$\bar{x} \wedge z + x \vee t \wedge (x \oplus z) = 1$
235	$\bar{x} \leftrightarrow z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \leftrightarrow z x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
236	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \vee t) \oplus (x \leftarrow z) = 1$
237	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \leftrightarrow t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (z \leftrightarrow x) \leftrightarrow t \bar{z} = 0$
238	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow (x \vee t) \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow ((x \vee t) \rightarrow t) \bar{z} = 1$
239	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge (\bar{z} \rightarrow x) \wedge t \bar{z} = 0$
240	$\bar{x} \vee (z \rightarrow x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee (z \rightarrow xt) \wedge (x \leftarrow z) = 1$
241	$(\bar{x} \vee z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$(\bar{x} z) \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$
242	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \rightarrow (\bar{t} \rightarrow x) \rightarrow t \bar{z} = 1$
243	$\bar{x} \bar{z} \vee t \oplus x \rightarrow z = 0$	$\bar{x} \bar{z} (t \oplus x) \rightarrow z = 0$
244	$\bar{x} \wedge z \rightarrow (x \vee t) (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \leftarrow z x t \wedge (x \leftarrow z) = 1$
245	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow x + t \wedge (x \rightarrow z) = 0$
246	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \vee t \oplus (x \leftarrow z) = 1$	$\bar{x} \vee z \rightarrow xt \oplus (x \leftarrow z) = 1$
247	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge z \leftrightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
248	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow x \rightarrow t \bar{z} = 1$	$\bar{x} \bar{z} \leftarrow (x \rightarrow t) \bar{z} = 1$
249	$\bar{x} \oplus \bar{z} \rightarrow x \vee t \bar{z} = 0$	$\bar{x} \wedge \bar{z} \rightarrow (x \vee t) \bar{z} = 0$
250	$\bar{x} \vee z \rightarrow x \leftarrow t \wedge (x \leftarrow z) = 0$	$\bar{x} \vee z \rightarrow (x \leftarrow t) \wedge (x \leftarrow z) = 0$

Лабораторная работа № 3-4: Детерминированные автоматы.

Эквивалентные состояния и автоматы

Цель работы: научиться находить эквивалентный детерминированный автомат, составлять определяющие таблицы и программы.

Детерминированный конечный автомат — набор из пяти элементов: $(\Sigma, Q, s \in Q, T \subset Q, \delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q)$, где Σ — алфавит, Q — множество состояний, s — начальное (стартовое) состояние, T — множество допускающих состояний, δ — функция переходов.

Детерминированный конечный автомат является специальным случаем недетерминированного конечного автомата, в котором:

- отсутствуют состояния, имеющие ϵ -переходы;
- для каждого состояния s и входного символа a существует не более одной дуги, исходящей из s и помеченной как a .

Детерминированный конечный автомат имеет для любого входного символа не более одного перехода из каждого состояния. Если для представления функции переходов ДКА используется таблица, то каждая запись в ней представляет собой единственное состояние. Следовательно, очень просто проверить, допускает ли данный ДКА некоторую строку, поскольку имеется не более одного пути от стартового состояния, помеченного этой строкой. Следующий алгоритм имитирует поведение ДКА при обработке входной строки.

Состояния q автомата M и q' автомата M' считаются эквивалентными, если оба автомата, получив одну и ту же (любую) входную последовательность символов, перерабатывают ее в одинаковую выходную последовательность.

Автоматы M и M' называются эквивалентными, если для каждого состояния автомата M существует эквивалентное ему состояние автомата M' и наоборот.

Другими словами, эквивалентные автоматы реализуют одинаковые преобразования, но могут иметь различное число внутренних состояний.

Понятие эквивалентности состояний применимо и к одному автомату (формально можно считать, что M и M' совпадают). Для одного автомата эквивалентными будут различные состояния, через которые одна и та же входная последовательность символов преобразуется в одинаковую выходную.

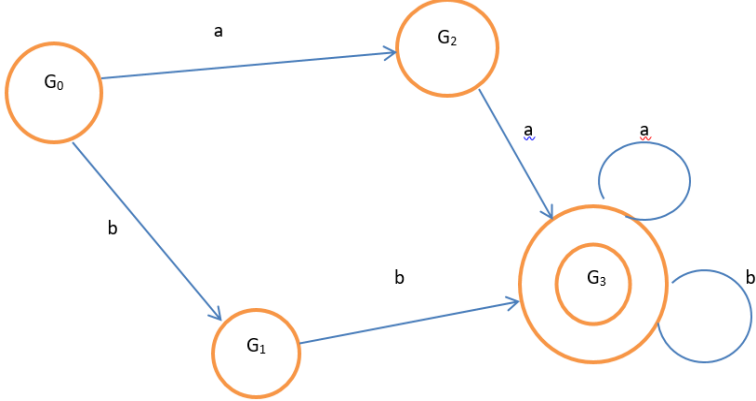
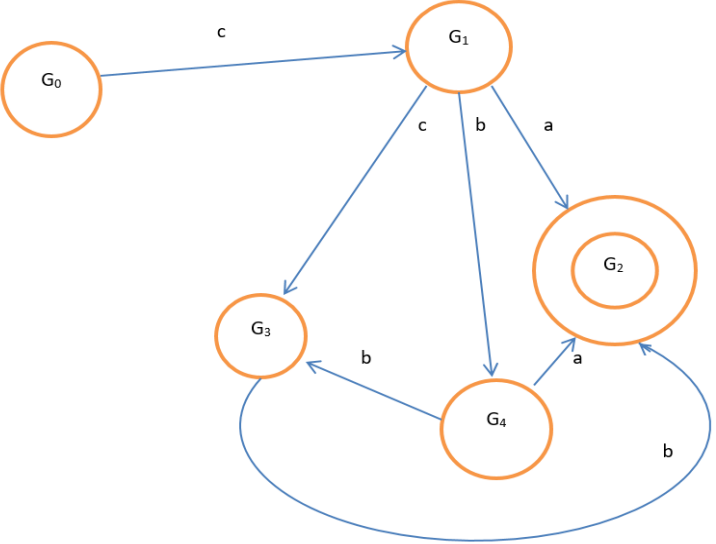
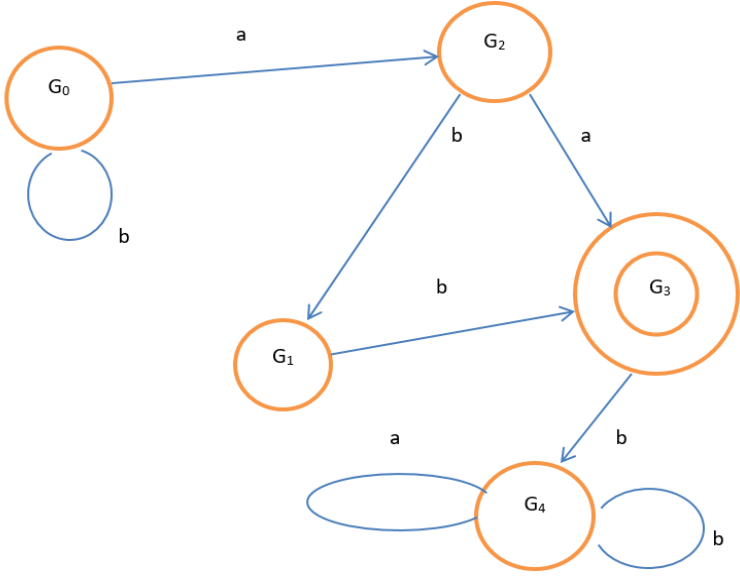
Вопросы для самоконтроля:

- 1) Дайте определение детерминированного конечного автомата.
- 2) В каких случаях автомат становится детерминированным?

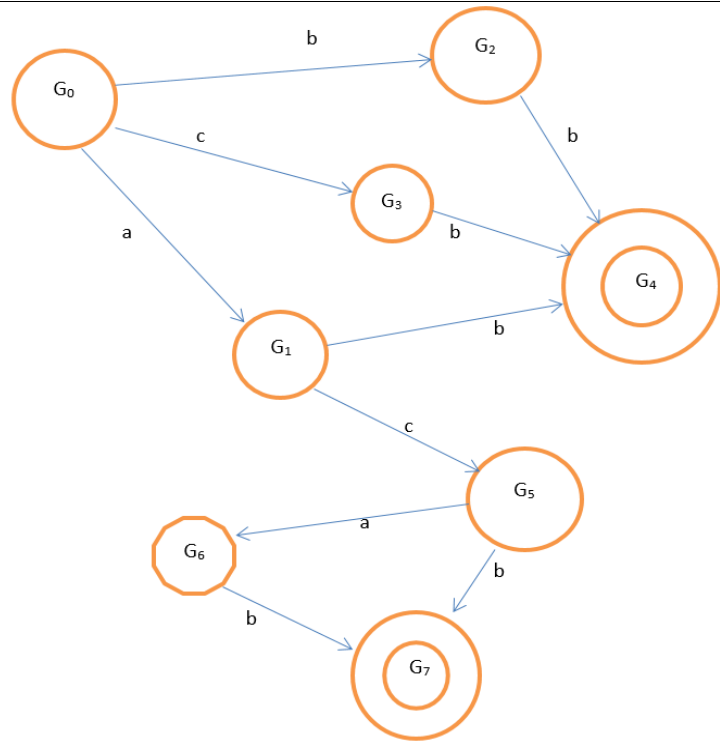
- 3) Какие автоматы являются эквивалентными?
- 4) Какие состояния автомата являются эквивалентными?

Задания:

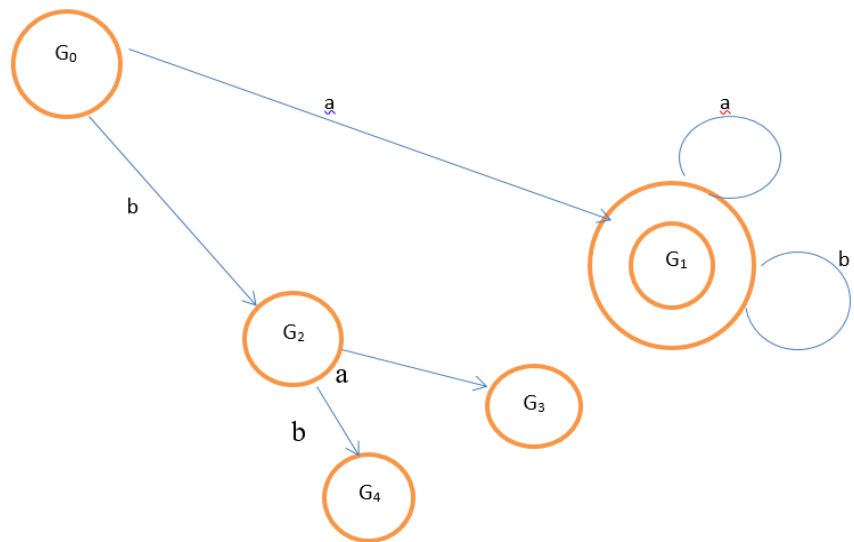
1. Для данного недетерминированного автомата найти эквивалентный ему детерминированный автомат:

№Варианта	Задание
1.	
2.	
3.	

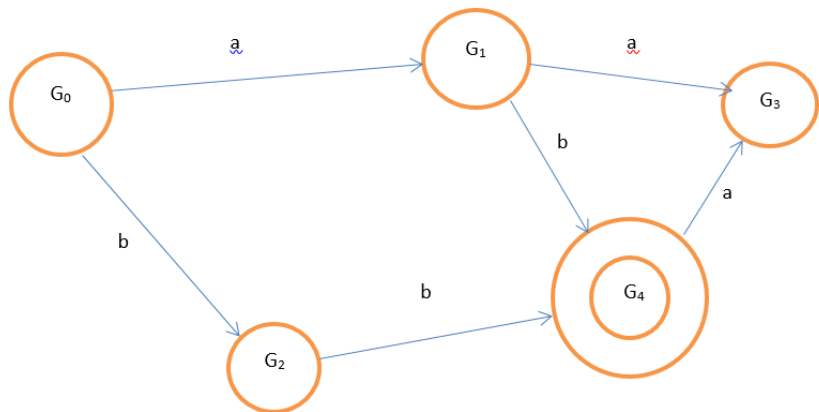
4.



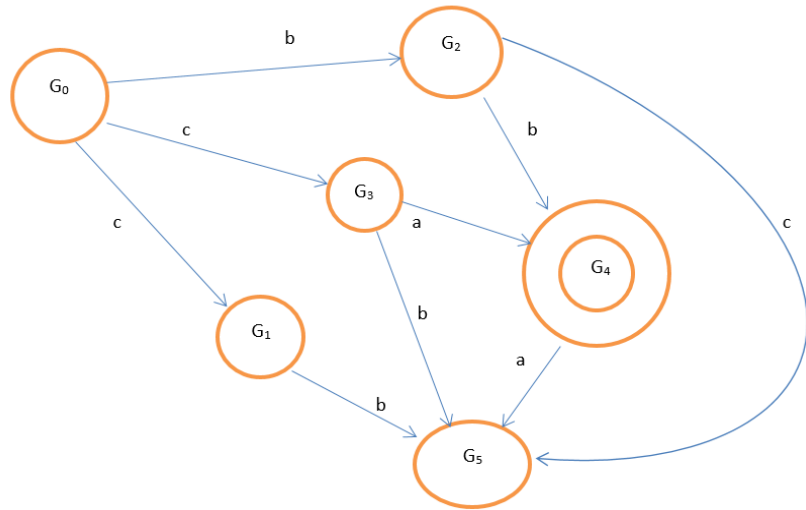
5.



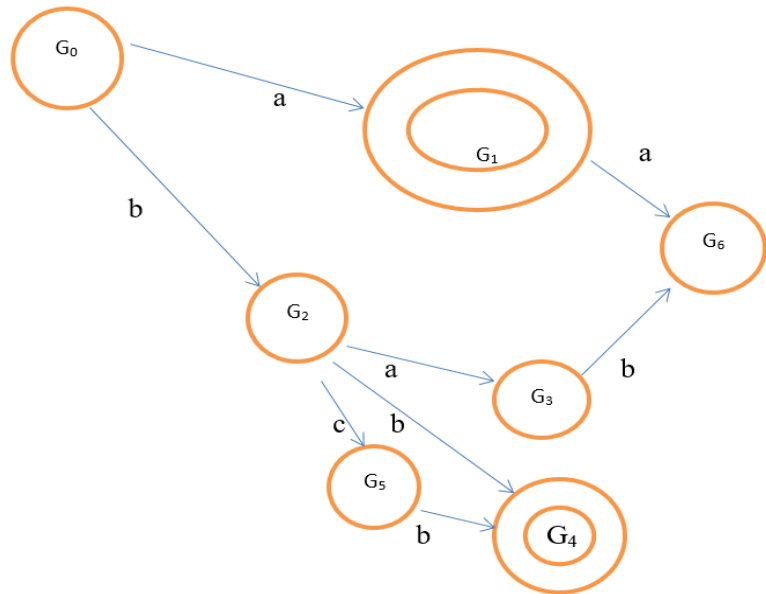
6.



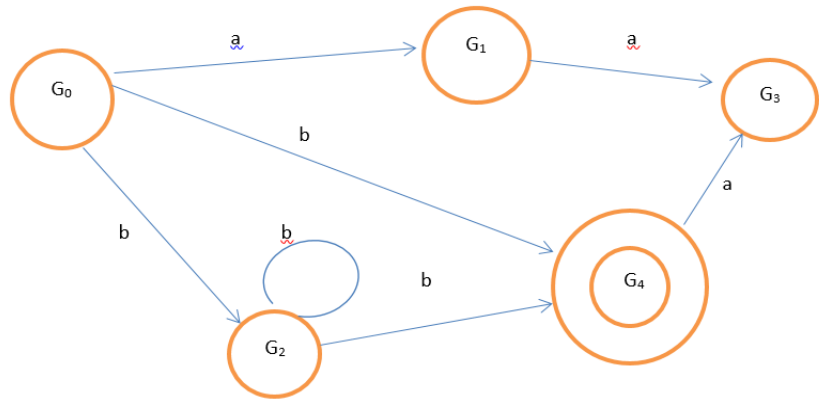
7.

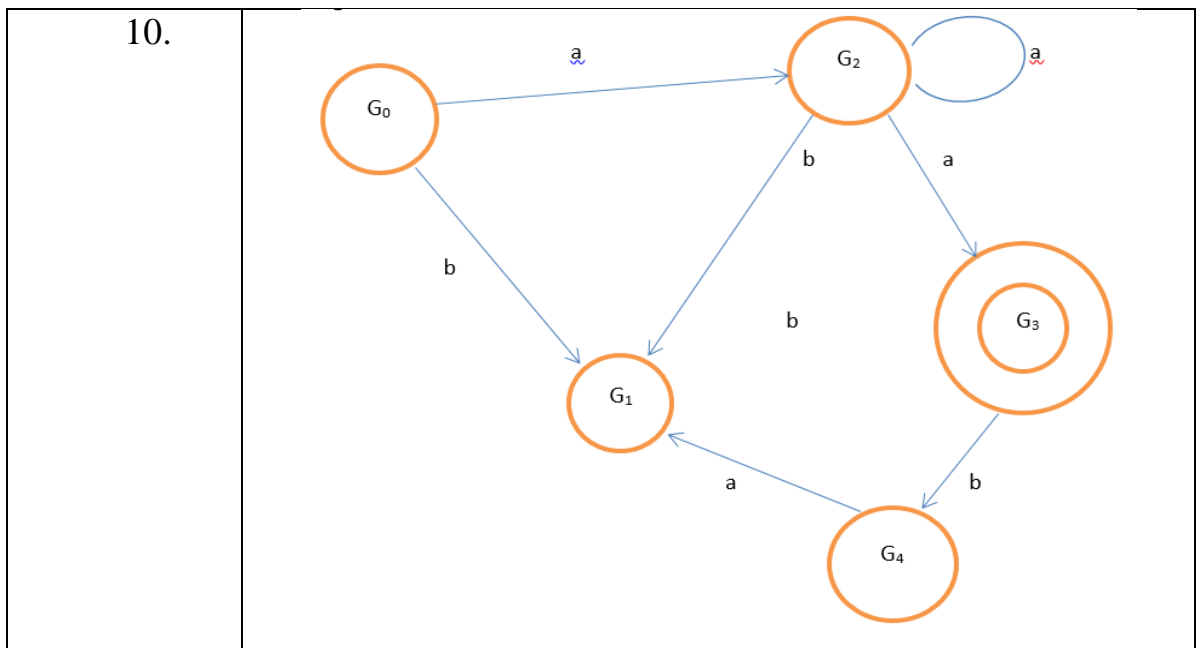


8.



9.





2. Какой язык допускает детерминированный автомат, полученный в задании 1.

3. Постройте детерминированный автомат, для которого указанный язык является допустимым (в алфавите $\{a,b,c\}$):

№Варианта	Задание
1.	Множество слов, начинающихся с подслов aba или bab
2.	Множество слов, в которых встречаются последовательности aba или bab
3.	Множество слов, в которых встречаются последовательности aa или bb, или cc
4.	Множество слов, в которых имеется подслово abc
5.	Множество слов, начинающихся с последовательности abc
6.	Множество слов, оканчивающихся буквой a
7.	Множество слов, оканчивающихся сочетанием ba
8.	Множество слов, оканчивающихся сочетанием bac
9.	Множество слов, оканчивающихся сочетанием cba
10.	Множество слов, оканчивающихся буквой b

4. Для автомата задания 3 составить определяющие таблицы.

5. Для автоматов (недетерминированного и детерминированного) задания 1 записать определяющие таблицы и программы.

Лабораторная работа № 5: Вычисление функций с помощью машины Тьюринга.

Цель работы: научиться вычислять функции с помощью машины Тьюринга, составлять блок-схемы работы машины Тьюринга.

Машина Тьюринга – абстрактная вычислительная машина, предложенная Аланом Тьюрингом в 1936 году для формализации понятия алгоритма.

Машина Тьюринга состоит из ленты, управляющего устройства и считывающей головки.

Лента разбита на ячейки. Во всякой ячейке в каждый момент времени находится в точности один символ из внешнего алфавита $A = \{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}, n \geq 2$. Некоторый символ алфавита A называется пустым, любая ячейка, содержащая в данный момент пустой символ, называется пустой ячейкой.

В дальнейшем в качестве внешнего алфавита будем использовать $A = \{0, 1\}$, где в качестве пустого символа будем использовать 0 (ноль). В каждый момент времени лента содержит конечное число ячеек, но в процессе работы машины можно пристраивать новые ячейки в пустом состоянии.

Управляющее устройство в каждый момент времени находит в некотором состоянии q_i , принадлежащее множеству $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_{r-1}\}, r \geq 1$. Множество Q называется внутренним алфавитом. В дальнейшем начальное состояние будем обозначать символом q_1 , а заключительное символом q_0 .

Считывающая головка перемещается вдоль ленты так, что в каждый момент времени она обзревает ровно одну ячейку ленты. Головка может считывать содержимое обзреваемой ячейки и записывать в нее вместо обзреваемого символа некоторый новый символ из внешнего алфавита.

Работа машины Тьюринга определяется программой. Программа состоит из команд. Каждая команда представляет собой выражение одного из следующего вида:

- 1) $q_i a_j \rightarrow q_k a_e$;
- 2) $q_i a_j \rightarrow q_k a_e R$;
- 3) $q_i a_j \rightarrow q_k a_e L$.

Команда 1 заключается в том, что содержимое a_j обозреваемой на ленте ячейки стирается, а на его место дописывается символ a_e (который может совпадать с a_j), машина переходит в новое состояние q_k (оно может совпадать с предыдущим состоянием q_i).

Команда 2 работает аналогично команде 1, и дополнительно сдвигает считывающую головку в соседнюю справа ячейку.

Команда 3 работает аналогично команде 1, и дополнительно сдвигает считывающую головку в соседнюю слева ячейку.

Если считывающая головка находится в крайней справа (слева) ячейки ленты и происходит ее сдвиг вправо (влево), то к ленте пристраивается новая ячейка в пустом состоянии.

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Дайте определение машины Тьюринга.
- 2) Из чего состоит машина Тьюринга?
- 3) Какими командами определяется программа машины Тьюринга?

Задания:

1. Какую функцию вычисляет данная программа машины Тьюринга? Составить блок-схему работы этой машины, считая ее одноместной:

№ варианта.	Программа машины Тьюринга.
1	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_0 1L, q_1 0 q_2 1R\}$
2	$\{q_0 1 q_0 0R, q_1 0 q_1 1R, q_1 1 q_1 0R\}$
3	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_1 1L, q_1 0 q_1 0R, q_1 1 q_1 1L\}$
4	$\{q_0 1 q_0 1L, q_0 0 q_1 1L, q_1 0 q_1 1E\}$
5	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_1 0L, q_1 0 q_1 0L\}$
6	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_1 0L, q_1 0 q_2 0L\}$
7	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_1 1R, q_1 0 q_2 1R, q_2 0 q_3 1L, q_3 1 q_3 1L, q_3 0 q_4 0R\}$
8	$\{q_0 1 q_0 1R, q_0 0 q_1 0R, q_1 1 q_2 0L, q_2 1 q_2 1L, q_2 0 q_3 0R\}$
9	$\{q_0 1 q_0 1R, q_0 0 q_0 0L\}$
10	$\{q_0 1 q_0 0R, q_0 0 q_0 1L, q_0 1 q_{\text{н\ddot{a}}} 1E\}$

2. Написать программу машины Тьюринга для вычисления указанной функции. Составить блок-схему ее работы:

№ варианта.	Функция.
1	$f(x, y) = x + 2$
2	$f(x, y) = x - y$
3	$f(x, y) = x - y + 2$
4	$f(x, y) = x + y + 4$
5	$f(x, y) = y + 3$
6	$f(x, y) = y - x$
7	$f(x, y) = y - x - 2$
8	$f(x, y) = x + y - 4$
9	$f(x) = 5$
10	$f(x, y) = 3$

Лабораторная работа № 6: Рекурсивные функций на примере машины Тьюринга.

Цель работы: научиться доказывать рекурсивные функции с помощью машины Тьюринга.

Систему, эквивалентную машине Тьюринга, можно построить на основе математических функций. Для этого, нам требуется ввести следующие классы функций: примитивно рекурсивные функции, общерекурсивные функции, частично рекурсивные функции.

Последний класс будет совпадать с классом вычислимых по Тьюрингу функций (то есть функций, для вычисления которых можно построить алгоритм для машины Тьюринга).

Определение алгоритма через рекурсивные функции по сути лежит в основе лямбда-исчисления, и на его основе строится подход функционального программирования.

Класс примитивно рекурсивных функций содержит базовые функции и все функции, получающиеся из базовых посредством операторов подстановки и примитивной рекурсии.

К базовым функциям относятся:

- Нулевая функция $O() = 0$ – функция без аргументов, которая всегда возвращает 0;

- Функция следования $S(x) = x + 1$ – функция, которая любому натуральному числу x ставит в соответствие следующее число $x + 1$;

- Функции $I_n^m(x_1, \dots, x_n) = x_m$, где $0 < m \leq n$ – функции от n переменных, которые любому набору натуральных чисел x_1, \dots, x_n ставят в соответствие число x_m из этого набора.

Для конструирования остальных функций класса используются операторы:

1) Подстановки. Для функции f от m переменных и m функций g_1, \dots, g_m от n переменных каждая, результатом подстановки g_k в f является функция $h(x_1, \dots, x_n) = f(g_1(x_1, \dots, x_n), \dots, g_m(x_1, \dots, x_n))$ от n переменных;

2) Примитивной рекурсии. Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ – функция от n переменных, а $g(x_1, \dots, x_{n+2})$ – функция от $n + 2$ переменных. Тогда результатом применения оператора примитивной рекурсии к функциям f и g является функция h от $n + 1$ переменной вида:

$$h(x_1, \dots, x_n, 0) = f(x_1, \dots, x_n)$$
$$h(x_1, \dots, x_n, y + 1) = g(x_1, \dots, x_n, y, h(x_1, \dots, x_n, y))$$

Класс частично рекурсивных функций включает примитивно рекурсивные функции, и, плюс к этому, все функции, которые получаются из примитивно рекурсивных с помощью оператора минимизации аргумента:

Пусть f – функция от n переменных $x_i \in N$. Тогда результатом применения оператора минимизации аргумента к функции f является функция h от $n - 1$ аргумента, определяемая как:

$$h(x_1, \dots, x_{n-1}) = \min_y,$$

где

$$f(x_1, \dots, x_{n-1}, y) = 0.$$

То есть, h возвращает минимальное значение последнего аргумента функции f при котором значение f равно нулю.

В то время как примитивно рекурсивные функции всегда вычислимы, частично рекурсивные функции при некоторых значениях аргументов могут быть не определены.

Более строго частично рекурсивные функции следовало бы называть «частично определенные рекурсивные функции», поскольку они определены только на части возможных значений аргументов.

Общерекурсивные функции – это подкласс всех частично рекурсивных функций, которые определены для любых значений аргументов. Задача определения того, является ли данная частично рекурсивная функция общерекурсивной является алгоритмически неразрешимой.

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Дайте определение примитивно рекурсивной функции.
- 2) Дайте определение частично рекурсивной функции.
- 3) Что такое оператор минимизации аргумента?
- 4) Дайте определение общерекурсивной функции.

Задания:

1. Описать блок-схему машины Тьюринга, вычисляющую данную функцию:

№ варианта.	Функция.
1	$f(x, y) = x! - y + 2$
2	$f(x, y) = x \times y + 2$
3	$f(x, y) = x^y + 2$
4	$f(x, y) = y^x + 4$
5	$f(x, y) = y + 3^x$
6	$f(x, y) = y - x^2$
7	$f(x) = 5 + x!$
8	$f(x, y) = x + [\log_2 y]$
9	$f(x, y) = [\log_2 y] + 2$
10	$f(x, y) = 4! + x \times y^2$

2. Доказать рекурсивность функции:

№ варианта.	Множество
1	$x + y \div k$
2	$x \cdot y + 1$
3	$x \cdot y \div x$
4	$x^y + k$
5	$x \cdot y + [\log_x y]$
6	$x \div [\log_x y]$
7	$(x + y)^2 + 3 \cdot x + y$
8	$(x + y)^2 \div y$
9	$[\log_x y] + [\log_y x]$
10	$e^x + y$

3. Доказать общую рекурсивность функции:

№ варианта.	Множество
1	$\left[\frac{x}{y}\right]$ – целая часть от деления, причем $\left[\frac{x}{0}\right] = x$.
2	$res(x, y)$ – остаток от деления x на y , причем $res(x, 0) = x$.
3	$\tau(x)$ – число делителей числа x , причем $\tau(0) = 0$.
4	$\sigma(x)$ – сумма делителей числа x , причем $\sigma(0) = 0$.
5	$Ih(x)$ – число простых делителей числа x , причем $Ih(0) = 0$.
6	$\pi(x)$ – число простых чисел, не превосходящих числа x .
7	$P(x)$ – x -е простое число, причем $P(0) = 2, P(1) = 3$ и т.д.
8	$long(x)$ – номер наибольшего простого делителя числа x .
9	$ex(x, y)$ – показатель x -го простого числа в каноническом разложении на простые множители числа y , причем $ex(x, 0) = 0$.
10	$[\sqrt{x}]$ – целая часть квадратного корня из числа x .

Лабораторная работа № 7: Характеристики сложности алгоритма для машины Тьюринга.

Цель работы: научиться определять различные характеристики сложности алгоритма для машины Тьюринга.

Различные подходы к уточнению понятия «алгоритм» позволяли изучать принципиальную возможность решения некоторой математической задачи. Однако теоретическая возможность алгоритмического решения задачи еще не гарантирует практическую реализуемость алгоритма. Поэтому необходимо ввести характеристики алгоритмов, которые бы показывали степень практической реализуемости алгоритмов. Другая причина, по

которой необходимы такие характеристики, – необходимость сравнения эффективности различных алгоритмов, которые решают одну и ту же задачу.

При решении некоторой задачи P алгоритмом A обычно рассматривают такие характеристики:

1) количество шагов $T_a(x)$, которое необходимо сделать алгоритму A для получения результата при использовании входных данных x . Величина $T(A, n) = \max_{|x|=n} T_a(x)$ (максимум берется по всем входным данным объема n) называется *временной сложностью* алгоритма A .

2) объем памяти $M_a(x)$, необходимый для хранения всех входных и промежуточных данных в процессе выполнения алгоритма при использовании входных данных x . Величина $M(A, n) = \max_{|x|=n} M_a(x)$ (максимум берется по всем входным данным объема n) называется *емкостной сложностью* алгоритма A .

Для определения временной сложности алгоритма вместо общего числа шагов алгоритма можно также использовать количество операций определенного вида. Аналогично можно определить средние величины временной и емкостной сложности алгоритма. Сложность задачи P – это сложность наилучшего алгоритма, известного для ее решения, т.е. $S(P, n) = \min_A T(A, n)$ (минимум берется по всем алгоритмам для задачи P).

Задача называется N -задача, если ее можно полиномиально преобразовать в любую данную NP -задачу. Если можно решить полную NP -задачу, то можно решить и все NP -задачи. Класс NP охватывает многие задачи: задача о выполнимости, задача коммивояжера, решение систем уравнений с целыми переменными, составление расписаний с определенными условиями, задача о рюкзаке, оптимальный раскрой и т.д. Все они решаются на детерминированных машинах Тьюринга экспоненциально. Они трудны, но не доказано, что их нельзя упростить. Если хотя бы одну из них можно решить полиномиально, то все другие также решаются полиномиально. Общие подзадачи N -задач могут быть легко разрешимыми.

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Какие существуют характеристики сложности алгоритмов?
- 2) Дайте определение временной сложности алгоритма.
- 3) Дайте определение емкостной сложности алгоритма.
- 4) Дайте определение N -задачи.

Задания:

1. Определить необходимую память (число ячеек на ленте) для машины Тьюринга, вычисляющую функцию:

№ варианта.	Множество
-------------	-----------

1	$x + k$
2	k
3	$x + y$
4	$x \cdot y$
5	$x \div y$
6	проверить равенство $x = y$
7	определить четность числа x
8	$\max(x, y)$
9	$\min(x, y)$
10	$x + y \div k$

2. Определить необходимую память (число ячеек на ленте) и временную сложность (число тактов работы) для машины Тьюринга, вычисляющую функцию:

№ варианта.	Множество
1	$q_0 1001^x 0 \rightarrow q_k 101^x 00$ (перенос 0 вправо)
2	$q_0 1001^x 0 \rightarrow 0q_k 101^x 0$ (перенос 0 влево)
3	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow q_k 1^x 01^y 0$ (поменять местами последовательности)
4	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } y \text{ больше } x; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
5	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } y \text{ меньше } x; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
6	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow \begin{cases} q_0 1^{y-x}, & \text{если } y \text{ больше } x; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
7	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow \begin{cases} q_0 1^{x-y}, & \text{если } y \text{ меньше } x; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
8	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow 0q_k 1^{x+y} 0$
9	$q_0 1^y 01^x 01^z 0 \rightarrow 0q_k 1^{x+y+z} 0$
10	$q_0 1^y 01^x 0 \rightarrow 0q_k 1^{x+y \div k} 0$, где k постоянное число.

3. Определить временную сложность (число тактов работы) машины Тьюринга, вычисляющую функцию:

№ варианта.	Функция.
1	$x + y \div k$
2	$\min(x, y)$
3	$\max(x, y)$
4	определить четность числа x
5	проверить равенство $x = y$
6	$x \div y$
7	x -четно
8	$x + y$

9	k
10	$x + k$

4. Привести пример NP-полной задачи.

Лабораторная работа № 8: Сети Петри

Задание на лабораторную работу:

Диспетчер управляет внутривозовским транспортом и имеет в своем распоряжении два грузовика. Заявки на перевозки поступают к диспетчеру каждые τ_1 мин. С вероятностью P_1 диспетчер запрашивает по радио один из грузовиков и передает ему заявку, если тот свободен. В противном случае он запрашивает другой грузовик и таким образом продолжает сеансы связи, пока один из грузовиков не освободится. Каждый сеанс связи длится ровно τ мин. Диспетчер допускает накопление у себя до пяти заявок, после чего вновь прибывшие заявки получают отказ. Грузовики выполняют заявки на перевозку за τ_2 мин.

Смоделировать работу внутривозовского транспорта в течение T часов. Подсчитать число обслуженных и отклоненных заявок. Определить коэффициенты загрузки грузовиков.

Постановка задачи:

Диспетчер управляет транспортом и имеет в распоряжении два грузовика, на которые поступают заявки. Интервал времени между двумя заявками - τ_1 распределен по равномерному закону в интервале $\tau_1 = a_1 \pm b_1$. Вероятность запроса диспетчером грузовика - P_1 , и, если тот свободен, то принимает заявку, в противном случае запрашивается другой грузовик. Это сеанс связи, который длится ровно τ мин.

Максимальное количество заявок $N_1 = 5$. Если $N_1 > 5$, то последующие заявки не рассматриваются.

Интервал времени выполнения заявки грузовиком τ_2 распределен по равномерному закону в интервале $\tau_2 = a_2 \pm b_2$.

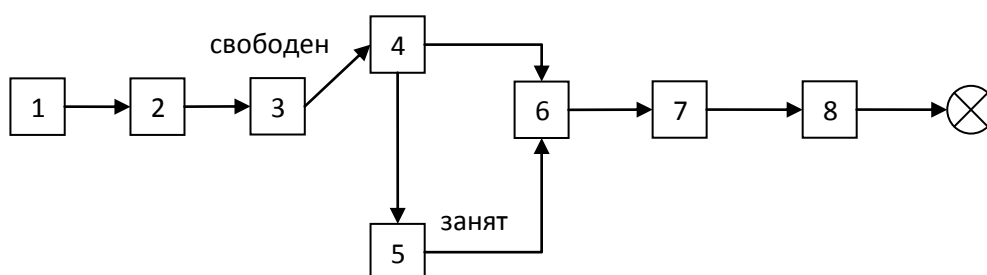
Требуется смоделировать работу грузовиков в течение T часов ($T \neq 0$), считая, что первая заявка поступает в момент времени равный 0.

В результате моделирования требуется определить следующие характеристики:

1. Количество и номера заявок, завершивших обслуживание;
2. Количество и номера заявок, получивших отказ;
3. Коэффициенты загрузки грузовиков k_1 и k_2 , которые

соответственно равны: $k_1 = \frac{t_{\text{раб.1}}}{t_{\text{общ}}}$ и $k_2 = \frac{t_{\text{раб.2}}}{t_{\text{общ}}}$.

Принципиальная схема работы внутризаводского транспорта:



- Блок 1 – формирование входного массива грузовиков на основе исходного массива моментов времени поступления заявок на грузики.
- Блок 2 – получение заявки.
- Блок 3 – обработка информации о количестве заявок.
- Блок 4 – запрос первого грузовика.
- Блок 5 – запрос второго грузовика.
- Блок 6 – установление связи с грузовиком.
- Блок 7 – выполнение заявки.
- Блок 8 – логический блок, определяющий переход к рассмотрению очередной заявки или завершение процесса анализа обработки заявок.

Вариант задания:

№	φ	a_1	b_1	a_2	b_2	P_1	T
1	3	5	3	60	10	0.3	10
2	3	6	3	70	20	0.4	
3	3	7	3	60	30	0.5	
4	3	8	3	70	10	0.3	
5	3	7	3	80	20	0.4	
6	3	6	3	90	30	0.5	
7	3	5	3	40	10	0.3	
8	3	6	3	50	20	0.4	
9	3	7	3	60	30	0.5	
10	3	9	3	50	10	0.3	

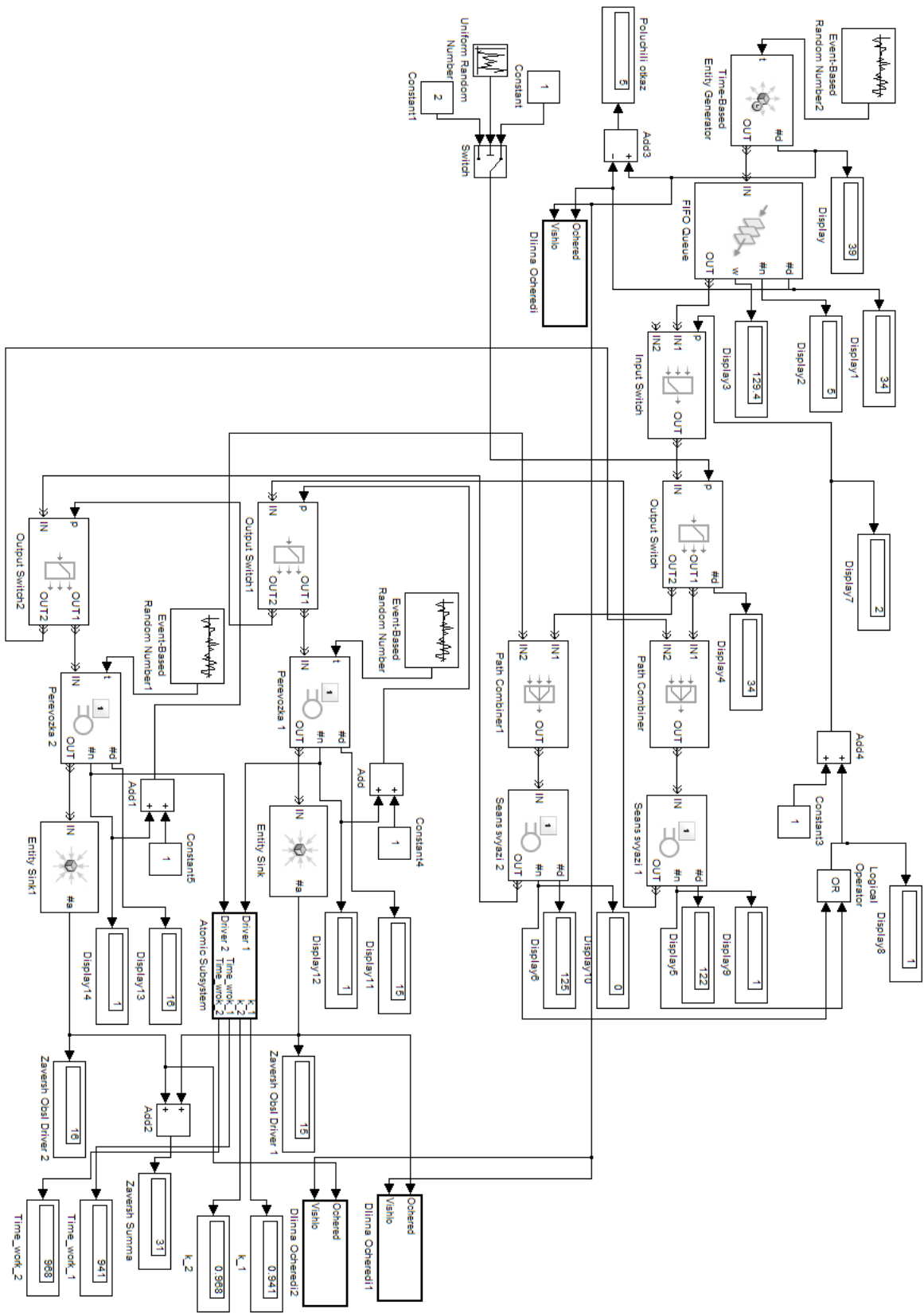
11	3	8	3	40	20	0.4
12	3	7	3	60	30	0.5
13	3	6	3	70	10	0.3
14	3	5	3	60	20	0.4
15	3	8	3	70	30	0.5
16	3	9	3	80	10	0.3
17	3	5	3	90	20	0.4
18	3	6	3	40	30	0.5
19	3	7	3	50	10	0.3
20	3	8	3	60	20	0.4
21	3	7	3	50	30	0.5
22	3	6	3	40	10	0.3
23	3	5	3	60	20	0.4
24	3	6	3	70	30	0.5
25	3	7	3	60	10	0.3

Пример реализации:

В процессе создания схемы были использованы следующие блоки библиотеки SimEvents:

- TimebasedEntityGenerator - блок формирования распределенных во времени сигналов, имитирующих последовательность поступающих на вход системы запросов на обслуживание
- Event-BasedrandomNumber - блок формирования временных интервалов, используемых в качестве времен обслуживания заявок
- PathCombiner – блок для объединения входных сигналов
- Input Switch – управляемый ключ
- Output Switch – управляемый ключ
- FIFOQueue - блок, реализующий очередь обслуживания заявок
- Single Server – обслуживающий блок
- EntitySink – приемник обслуженных заявок

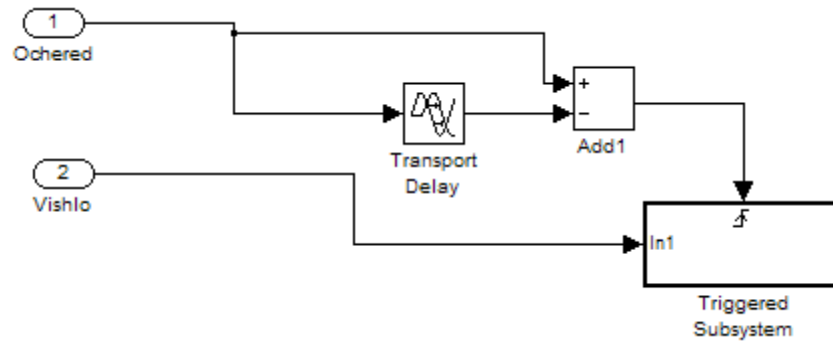
Сама схема выглядит следующим образом:



Пример реализации подсистем:

Подсистема DlinnaOcheredi:

Структура подсистемы:



Подсистемы осуществляют запись в рабочую область номеров заявок, завершивших обслуживание и получивших отказ. Для записи номеров заявок, получивших отказ, на вход 1 подается параметр статистики #d блока FIFOQueue (очередь заявок), а на вход 2 подается параметр статистики #d блока Time-BasedEntityGenerator (количество сгенерированных заявок).

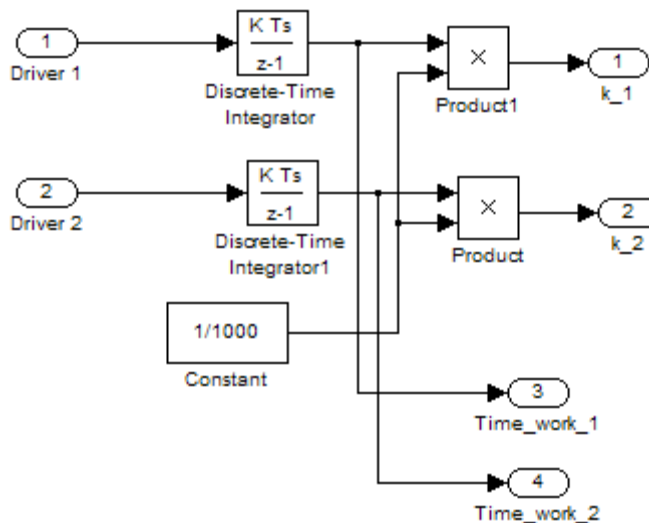
Для записи номеров заявок, завершивших обслуживание, на вход 1 подается параметр статистики #a блока EntitySink (количество выполненных заявок, отдельно для каждого грузовика), а на вход 2 подается параметр статистики #d блока Time-BasedEntityGenerator (количество сгенерированных заявок).

Триггерная подсистема осуществляет саму запись в рабочую область.

Параметры блока TransportDelay (необходим для получения прямоугольных импульсов для включения триггерной подсистемы):

Подсистема Work:

Структура подсистемы:



Подсистема осуществляет вычисление коэффициентов загрузки грузовиков k_1 и k_2 . На входа 1 и 2 подсистемы подаются соответственно значения параметров статистики #n блоков *Perevozka1* и *Perevozka2* (текущее состояние блока, 1 или 0). На выходах 1 и 2 получаем время работы первого и второго грузовиков, а на выходах 3 и 4 получаем значения коэффициентов k_1 и k_2 .

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Что такое СП и с помощью каких параметров она задается?
- 2) Как выглядит уравнение состояния СП?
- 3) В чем заключаются матричные методы исследования СП-моделей?
- 4) Что такое полная p -цепь и полная t -цепь?

Библиографический список

1. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. Хаггарти ; пер. англ. под ред. С.А. Кулешов ; пер. с англ. А.А. Ковалев, В.А. Головешкин, М.В. Ульянов. - Изд. 2-е, испр. - М. : Техносфера, 2012. - 400 с. - Режим доступа : biblioclub.ru
2. Судоплатов, С. В. Дискретная математика [Электронный ресурс]: учебник / С. В. Судоплатов, Е. В. Овчинникова. - 4-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 278 с. – Режим доступа : biblioclub.ru
3. Дискретная математика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ю. Громов [и др]. - Тамбов : ТГТУ, 2012. - 128 с. - Режим доступа: biblioclub.ru
4. Шевелев, Ю. П. Дискретная математика [Текст] : учебное пособие/ Ю.П. Шевелев. - СПб. : Лань, 2008. – 592 с.
5. Новиков, Федор Александрович. Дискретная математика для программистов [Текст] : учебник для магистров и бакалавров / Ф. А. Новиков. – СПб.[и др.] : Питер, 2011. – 384 с.
6. Лавров И. А. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов [Текст] / И. А. Лавров, Л. Л. Максимова. -2-е изд. - М. : Наука, 1984. – 223 с.
7. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов [Текст]: учеб.пособие/ Р. Хаггарти; пер. с англ. под ред. С. А. Кулешова. – М. : Техносфера, 2005. – 400 с.
8. Милых, В. А. Дискретная математика [Текст] : учебное пособие/ В. И. Милых, И. Г. Уразбахтин. – Курск: Курск ГТУ, 2006. – 139 с.
9. Палий, И. А. Дискретная математика [Текст] : курс лекций / И. А. Палий – М. : Эксмо, 2008. – 352с.
10. Аляев Ю. А. Дискретная математика и математическая логика [Текст] / Ю. А. Аляев, С.Ф. Тюрин– М. : Финансы и статистика, 2006. – 368 с.
11. Плотников А. Д. Дискретная математика [Текст] / А. Д. Плотников - М. : Новые знание, 2005.– 288 с.
12. Яблонский С. В. Введение в дискретную математику [Текст] : учебное пособие для вузов/ С. В. Яблонский. – 4-е изд., стер. - М. : Высш. школа. – 2003. - 384 с.