

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»

Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Высшая школа технологий искусственного интеллекта  
Направление: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Теория алгоритмов

**Курсовая работа**

*«Синтез функциональной схемы электронных часов»*

Вариант 11

Студент,  
группы 5130201/20102

\_\_\_\_\_ Гаар В.С.

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Востров А.В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Санкт-Петербург, 2024

# Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Введение</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1 Постановка задачи</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2 Описание объекта управления</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>3 Математическое описание</b>                                       | <b>6</b>  |
| 3.1 Модель конечного автомата . . . . .                                | 6         |
| 3.2 Реализация графа управляющего автомата . . . . .                   | 6         |
| 3.3 Управляющие воздействия . . . . .                                  | 9         |
| 3.4 Общая структурная схема . . . . .                                  | 10        |
| 3.5 Кодирование входных и выходных воздействий, состояний автомата . . | 12        |
| 3.6 Минимизация функций . . . . .                                      | 13        |
| <b>Заключение</b>  | <b>19</b> |
| <b>Список источников</b>   | <b>20</b> |

# Введение

Данный отчёт содержит в себе информацию о курсовой работе, в ходе выполнения которой было необходимо разработать функциональную схему электронных часов с заданными дополнительными функциями.

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности процессов, иллюстрируемых схемой.

# 1 Постановка задачи

Построить функциональную схему электронных часов, которые кроме отображения и корректировки времени (минут и часов) выполняют следующие функции, определённые вариантом 2101100:

- A=2: отображают и позволяют корректировать день недели;
- B=1: режим работы часов 24-х часовой;
- C=0: отключение индикаторов с целью экономии электроэнергии отсутствует;
- D=1: останов часов по нажатию кнопки;
- E=1: присутствует простой секундомер (сброс - запуск - останов);
- F=0: звуковая сигнализация отсутствует;
- G=0: звуковой сигнал в устанавливаемое время (будильник) отсутствует.

Для построения управляющих воздействий было необходимо:

1. Построить конечный автомат с состояниями системы часов.
2. Построить и минимизировать функции импульсных и потенциальных команд.
3. Построить функциональную схему часов с данными командами.

## 2 Описание объекта управления

Реализуемые электронные часы содержат индикаторную панель, показывающую время (часы, минуты) и день недели, и внешние кнопки управления а и б.

Для отображения времени используются:

1. Шесть семисегментных дисплеев:
  - старший десятичный разряд часов;
  - младший десятичный разряд часов;
  - старший десятичный разряд минут;
  - младший десятичный разряд минут;
  - первая буква аббревиатуры дня недели;
  - вторая буква аббревиатуры дня недели.
2. Диод, отвечающий за режим работы часов: отображение времени часов/отображение времени секундомера.

Для управления часами используются кнопки внешнего управления – а и б. Входные воздействия на часы возможны нажатием одной из кнопок или их обеих одновременно.

## 3 Математическое описание

### 3.1 Модель конечного автомата

Конечный автомат — абстрактный автомат с конечным числом возможных внутренних состояний.

Конечный автомат возможно формализовать как упорядоченную шестёрку:  $M = (S, \Sigma, Y, s_0, \delta, \lambda)$ , где

- $S$  — множество состояний конечного автомата;
- $\Sigma$  — входной алфавит;
- $Y$  — множество выходных сигналов;
- $s_0$  — начальное состояние;
- $\delta : S \times \Sigma \rightarrow S$  — функция переходов;
- $\lambda : S \times \Sigma \rightarrow Y$  — функция выходов.

Конечный автомат начинает работу в состоянии  $s_0$ , считывает входные воздействия и переходит в соответствующие функции переходов состояния, выводя соответствующие выходные данные.

### 3.2 Реализация графа управляющего автомата

Было выделено 7 состояний  $S = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$ , где

- $S_0$  — состояние отображения времени и дня недели (*time*). В этом состоянии включены все индикаторы для отображения часов, минут и дня недели.
- $S_1$  — состояние коррекции минут (*minutes correction*). В этом состоянии горят только индикаторы минут.
- $S_2$  — состояние коррекции часов (*hours correction*). В этом состоянии горят только индикаторы часов.
- $S_3$  — состояние коррекции дня недели (*day of the week correction*). В этом состоянии горит только индикатор дня недели.
- $S_4$  — состояние отображения времени секундомера (*stopwatch*). На индикаторах — идущее время (минуты и секунды) секундомера.
- $S_5$  — состояние остановленного секундомера (*stopwatch pause*). На индикаторах — минуты и секунды секундомера. В этом состоянии секундомер не отсчитывает время.
- $S_6$  — состояние остановленных часов (*time stop*). На индикаторах — часы, минуты и день недели. В этом состоянии время зафиксировано и не изменяется.

Множество выходных сигналов  $Y = \{z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6\}$ , где

- $z_0$  – нейтральный сигнал.
- $z_1$  – прибавление единицы к минутам при корректировке;
- $z_2$  – прибавление единицы к часам при корректировке;
- $z_3$  – смена дня недели на следующий при корректировке;
- $z_4$  – запуск секундомера;
- $z_5$  – остановка/запуск секундомера;
- $z_6$  – сброс текущего значения секундомера;
- $z_7$  – остановка/запуск часов.

Входной алфавит  $\Sigma = \{a, b, ab\}$ , где

- $a$  – нажатие кнопки  $a$ ;
- $b$  – нажатие кнопки  $b$ ;
- $ab$  – нажатие обеих кнопок.

Начальное состояние  $s_0$  автомата это состояние  $S_0$  – "Отображение времени и дня недели".

Функция переходов и выходов представлены в Табл. 1 и Табл. 2 соответственно.

Таблица 1. Функция переходов  $\delta$

|                      | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>ab</b> |
|----------------------|----------|----------|-----------|
| <b>S<sub>0</sub></b> | $S_1$    | $S_4$    | $S_6$     |
| <b>S<sub>1</sub></b> | $S_2$    | $S_1$    | $S_1$     |
| <b>S<sub>2</sub></b> | $S_3$    | $S_2$    | $S_2$     |
| <b>S<sub>3</sub></b> | $S_0$    | $S_3$    | $S_3$     |
| <b>S<sub>4</sub></b> | $S_4$    | $S_5$    | $S_0$     |
| <b>S<sub>5</sub></b> | $S_5$    | $S_4$    | $S_0$     |
| <b>S<sub>6</sub></b> | $S_6$    | $S_6$    | $S_0$     |

На Рис. 1 представлен реализованный конечный автомат.

Таблица 2. Функция выходов  $\lambda$

|       | a     | b     | ab    |
|-------|-------|-------|-------|
| $S_0$ | $z_0$ | $z_0$ | $z_7$ |
| $S_1$ | $z_0$ | $z_1$ | $z_0$ |
| $S_2$ | $z_0$ | $z_2$ | $z_0$ |
| $S_3$ | $z_0$ | $z_3$ | $z_0$ |
| $S_4$ | $z_4$ | $z_5$ | $z_0$ |
| $S_5$ | $z_6$ | $z_5$ | $z_0$ |
| $S_6$ | $z_0$ | $z_0$ | $z_7$ |

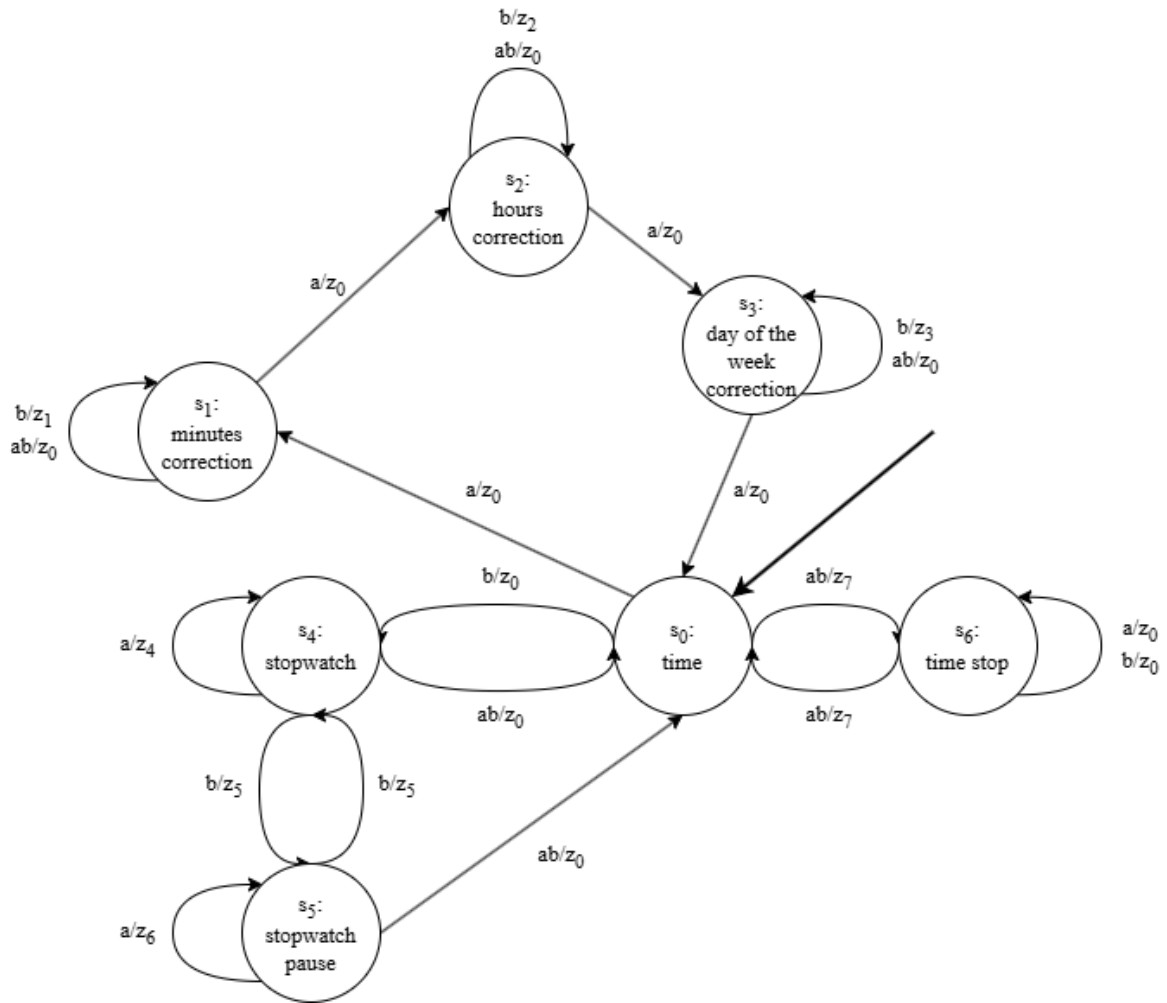


Рис. 1. Конечный автомат

Этому графу переходов соответствует следующая таблица переходов (Табл. 3).



Таблица 3. Таблица переходов

| Вход | Текущее состояние                  | Следующее состояние                | Выход |
|------|------------------------------------|------------------------------------|-------|
| a    | $s_0$ : time                       | $s_1$ : minutes correction         | $z_0$ |
| b    | $s_0$ : time                       | $s_4$ : stopwatch                  | $z_0$ |
| ab   | $s_0$ : time                       | $s_6$ : time stop                  | $z_7$ |
| a    | $s_1$ : minutes correction         | $s_2$ : hours correction           | $z_0$ |
| b    | $s_1$ : minutes correction         | $s_1$ : minutes correction         | $z_1$ |
| ab   | $s_1$ : minutes correction         | $s_1$ : minutes correction         | $z_0$ |
| a    | $s_2$ : hours correction           | $s_3$ : day of the week correction | $z_0$ |
| b    | $s_2$ : hours correction           | $s_2$ : hours correction           | $z_2$ |
| ab   | $s_2$ : hours correction           | $s_2$ : hours correction           | $z_0$ |
| a    | $s_3$ : day of the week correction | $s_0$ : time                       | $z_0$ |
| b    | $s_3$ : day of the week correction | $s_3$ : day of the week correction | $z_3$ |
| ab   | $s_3$ : day of the week correction | $s_3$ : day of the week correction | $z_0$ |
| a    | $s_4$ : stopwatch                  | $s_4$ : stopwatch                  | $z_4$ |
| b    | $s_4$ : stopwatch                  | $s_5$ : stopwatch pause            | $z_5$ |
| ab   | $s_4$ : stopwatch                  | $s_0$ : time                       | $z_0$ |
| a    | $s_5$ : stopwatch pause            | $s_5$ : stopwatch pause            | $z_6$ |
| b    | $s_5$ : stopwatch pause            | $s_4$ : stopwatch                  | $z_5$ |
| ab   | $s_5$ : stopwatch pause            | $s_0$ : time                       | $z_0$ |
| a    | $s_6$ : time stop                  | $s_6$ : time stop                  | $z_0$ |
| b    | $s_6$ : time stop                  | $s_6$ : time stop                  | $z_0$ |
| ab   | $s_6$ : time stop                  | $s_0$ : time                       | $z_7$ |

### 3.3 Управляющие воздействия

Входом в управляющий автомат являются преобразованные внешние воздействия, выходы – это два типа управляющих воздействий: импульсные и потенциальные. Импульсные команды — это кратковременные воздействия, которые подаются в момент нажатия внешних кнопок владельцем часов. Потенциальные команды — это продолжительное воздействие, которое действует в период нахождения автомата в определенном состоянии и может измениться только при переключении автомата в другое состояние.

#### Потенциальные команды:

- $L_1$  – разрешение подачи тактового импульса на счётчики секундомера. При наличии этого сигнала секундомер запускается, при отсутствии – останавливается.
- $L_2$  – управление МС, которое позволяет выводить на индикаторы текущее время или время секундомера.
- $L_3$  – управление подачей сигнала на индикатор минут.

- $L_4$  – управление подачей сигнала на индикатор часов.
- $L_5$  – управление подачей сигнала на индикатор дней недели.
- $L_6$  – разрешение подачи тактового импульса на счётчики часов. При наличии этого сигнала часы идут, при отсутствии – останавливаются.

#### **Импульсные команды:**

- $i_1$  – прибавление единицы к минутам при корректировке;
- $i_2$  – прибавление единицы к часам при корректировке;
- $i_3$  – прибавление единицы к порядковому номеру дня недели;
- $i_4$  – обнулить счетчики секундомера.

### **3.4 Общая структурная схема**

Общая структурная схема представлена на Рис. 2.

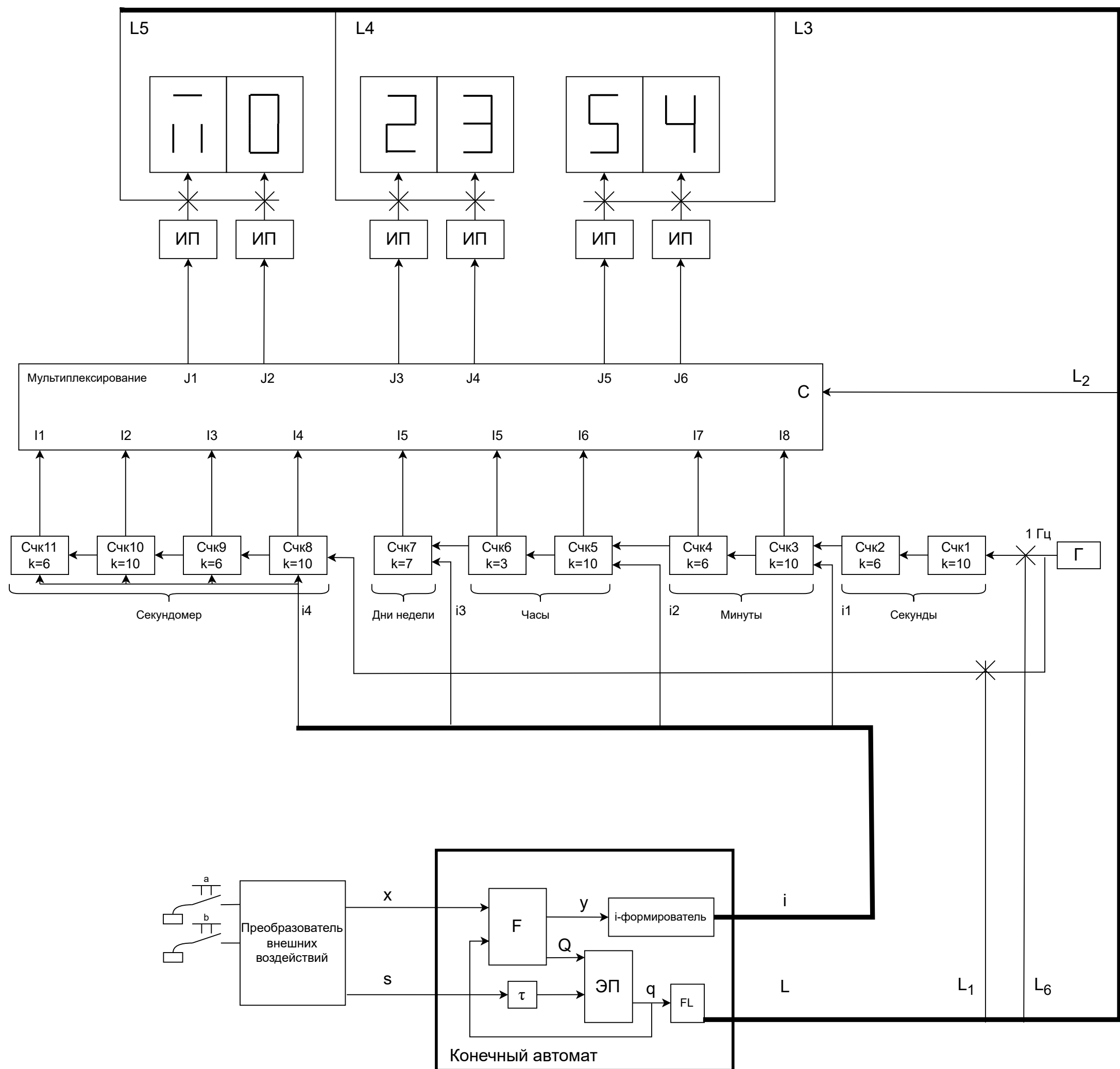


Рис. 2. Общая структурная схема

### 3.5 Кодирование входных и выходных воздействий, состояний автомата

Кодирование входных сигналов, выходных сигналов и состояний автомата представлены в Табл. 4, Табл. 5 и Табл. 6 соответственно.

Таблица 4. Кодирование входных сигналов

|           | <b>x<sub>1</sub></b> | <b>x<sub>2</sub></b> |
|-----------|----------------------|----------------------|
| <b>a</b>  | 0                    | 0                    |
| <b>b</b>  | 0                    | 1                    |
| <b>ab</b> | 1                    | 1                    |

Таблица 5. Кодирование выходных сигналов

|                      | <b>y<sub>1</sub></b> | <b>y<sub>2</sub></b> | <b>y<sub>3</sub></b> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>z<sub>0</sub></b> | 0                    | 0                    | 0                    |
| <b>z<sub>1</sub></b> | 0                    | 0                    | 1                    |
| <b>z<sub>2</sub></b> | 0                    | 1                    | 0                    |
| <b>z<sub>3</sub></b> | 0                    | 1                    | 1                    |
| <b>z<sub>4</sub></b> | 1                    | 0                    | 0                    |
| <b>z<sub>5</sub></b> | 1                    | 0                    | 1                    |
| <b>z<sub>6</sub></b> | 1                    | 1                    | 0                    |
| <b>z<sub>7</sub></b> | 1                    | 1                    | 1                    |

Таблица 6. Кодирование состояний

|                      | <b>q<sub>1</sub></b> | <b>q<sub>2</sub></b> | <b>q<sub>3</sub></b> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>s<sub>0</sub></b> | 0                    | 0                    | 0                    |
| <b>s<sub>1</sub></b> | 0                    | 0                    | 1                    |
| <b>s<sub>2</sub></b> | 0                    | 1                    | 0                    |
| <b>s<sub>3</sub></b> | 0                    | 1                    | 1                    |
| <b>s<sub>4</sub></b> | 1                    | 0                    | 0                    |
| <b>s<sub>5</sub></b> | 1                    | 0                    | 1                    |
| <b>s<sub>6</sub></b> | 1                    | 1                    | 0                    |

## 3.6 Минимизация функций

В соответствии с закодированными состояниями были построены таблицы истинности для преобразований F и FL (Табл. 7 и Табл. 8).

Таблица 7. Преобразование F

| Входы |       | Текущее состояние |       |       | Следующее состояние |       |       | Выход |       |       |
|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x_1$ | $x_2$ | $q_1$             | $q_2$ | $q_3$ | $Q_1$               | $Q_2$ | $Q_3$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ |
| 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0                   | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 0                 | 0     | 0     | 1                   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 0                 | 0     | 0     | 1                   | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     |
| 0     | 0     | 0                 | 0     | 1     | 0                   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 0                 | 0     | 1     | 0                   | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 1     | 1     | 0                 | 0     | 1     | 0                   | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 0                 | 1     | 0     | 0                   | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 0                 | 1     | 0     | 0                   | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 1     | 1     | 0                 | 1     | 0     | 0                   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 0                 | 1     | 1     | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 0                 | 1     | 1     | 0                   | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     |
| 1     | 1     | 0                 | 1     | 1     | 0                   | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 1                   | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 1                 | 0     | 0     | 1                   | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     |
| 1     | 1     | 1                 | 0     | 0     | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 1                 | 0     | 1     | 1                   | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     |
| 0     | 1     | 1                 | 0     | 1     | 1                   | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 1     | 1     | 1                 | 0     | 1     | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 0     | 1                 | 1     | 0     | 1                   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0     | 1     | 1                 | 1     | 0     | 1                   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1     | 1     | 1                 | 1     | 0     | 0                   | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     |

### 3.6.1 Минимизация для $Q_1$ - $Q_3$

По Табл. 7 были построены формулы для  $Q_1, Q_2, Q_3$ . На Рис. 3-5 приведены карты Карно для минимизации  $Q_1, Q_2, Q_3$  соответственно.

Таблица 8. Преобразование FL

|   | $q_1$ | $q_2$ | $q_3$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 1 | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 2 | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 3 | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     |
| 4 | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     |
| 5 | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     |
| 6 | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     |

| $q_1q_2q_3$<br>$ab$ | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00                  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   |
| 01                  | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   |
| 11                  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 10                  | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 3. Карта Карно для  $Q_1$

| $q_1q_2q_3$<br>$ab$ | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00                  | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 01                  | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 11                  | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 10                  | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 4. Карта Карно для  $Q_2$

| q1q2q3<br>ab | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00           | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| 01           | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 11           | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 10           | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 5. Карта Карно для  $Q_3$

$$Q_1 = \neg x_1 q_1 \neg q_2 + \neg x_1 q_1 \neg q_3 + x_2 \neg q_1 \neg q_2 \neg q_3$$

$$Q_2 = x_1 \neg q_1 \neg q_3 + x_2 \neg q_1 q_2 + \neg x_1 q_2 \neg q_3 + \neg x_2 \neg q_1 \neg q_2 q_3$$

$$Q_3 = x_2 \neg q_1 q_3 + \neg x_2 \neg q_1 \neg q_3 + \neg x_2 q_1 \neg q_2 q_3 + \neg x_1 x_2 q_1 \neg q_2 \neg q_3$$

### 3.6.2 Минимизация для $y_1$ - $y_3$

По Табл. 7 были построены формулы для  $y_1, y_2, y_3$ . На Рис. 6-8 приведены карты Карно для минимизации  $y_1, y_2, y_3$  соответственно.

| q1q2q3<br>ab | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |
| 01           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |
| 11           | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 10           | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 6. Карта Карно для  $y_1$

| q1q2q3<br>ab | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| 01           | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 11           | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 10           | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 7. Карта Карно для  $y_2$

| q1q2q3<br>ab | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 01           | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   |
| 11           | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 10           | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |

Рис. 8. Карта Карно для  $y_3$

$$y_1 = \neg x_1 q_1 \neg q_2 + x_1 q_1 q_2 \neg q_3 + x_1 \neg q_1 \neg q_2 \neg q_3$$

$$y_2 = x_1 q_1 q_2 \neg q_3 + x_1 \neg q_1 \neg q_2 \neg q_3 + \neg x_1 x_2 \neg q_1 q_2 + \neg x_2 q_1 \neg q_2 q_3$$

$$y_3 = x_1 q_1 q_2 \neg q_3 + x_1 \neg q_1 \neg q_2 \neg q_3 + \neg x_1 x_2 q_1 \neg q_2 + \neg x_1 x_2 \neg q_1 q_3$$

### 3.6.3 Минимизация для $L_1$ - $L_6$

По Табл. 8 были построены формулы для  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ . На Рис. 9-14 приведены карты Карно для минимизации  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$  соответственно.



| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                  | 1  | 0  | X  | 0  |

Рис. 9. Карта Карно для  $L_1$

| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                  | 1  | 1  | X  | 0  |

Рис. 10. Карта Карно для  $L_2$

| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 1                  | 1  | 1  | X  | 1  |

Рис. 11. Карта Карно для  $L_3$

| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 1                  | 1  | 1  | X  | 1  |

Рис. 12. Карта Карно для  $L_4$

| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                  | 0  | 0  | X  | 1  |

Рис. 13. Карта Карно для  $L_5$

| $q_2 q_3$<br>$q_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--------------------|----|----|----|----|
| 0                  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1                  | 1  | 1  | X  | 0  |

Рис. 14. Карта Карно для  $L_6$

$$L_1 = q_1 \neg q_2 \neg q_3$$

$$L_2 = q_1 \neg q_2$$

$$L_3 = q_1 + \neg q_2$$

$$L_4 = q_1 + \neg q_3$$

$$L_5 = q_1 q_2 + q_2 q_3 + \neg q_1 \neg q_2 \neg q_3$$

$$L_6 = \neg q_1 + \neg q_2$$

## Заключение

## Список источников

- [1] Теория алгоритмов [Электронный ресурс] URL: <https://tema.spbstu.ru/algorithm/> (дата обращения 10.12.2024).