

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

Введение	3
1 Постановка задачи	4
2 Описание объекта управления	5
3 Математическое описание	6
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
4 Схемотехническая реализация	18
4.1 Анализ схемотехнических элементов	18
Заключение	19
Список источников	20

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;
- Σ — 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 а;
- 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 δ

	a	b	ab
S₀	S_1	S_4	S_6
S₁	S_2	S_1	S_1
S₂	S_3	S_2	S_2
S₃	S_0	S_3	S_3
S₄	S_4	S_5	S_0
S₅	S_5	S_4	S_0
S₆	S_6	S_6	S_0

Таблица 2. Функция выходов λ

	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

На Рис. 1 представлен реализованный конечный автомат.

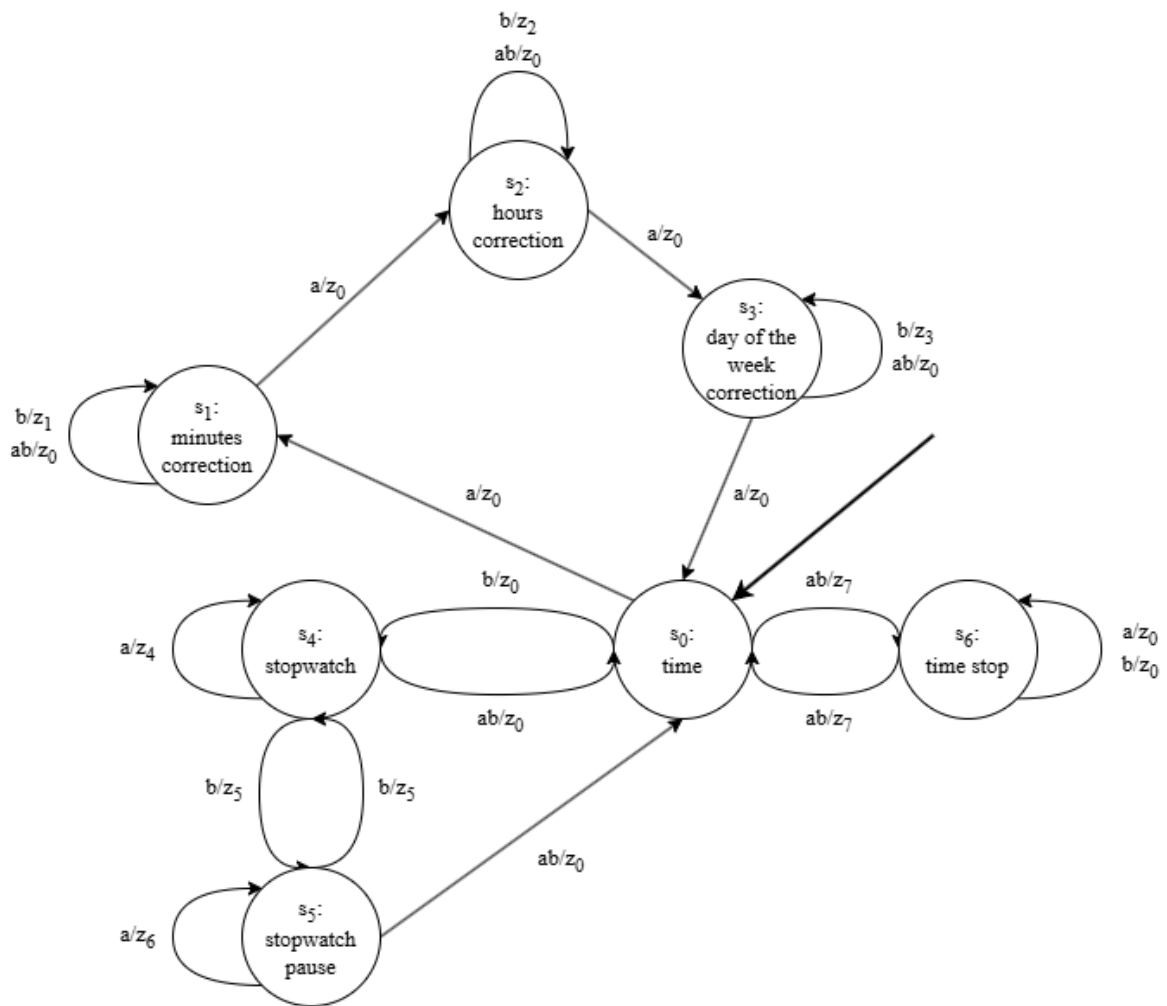


Рис. 1. Конечный автомат

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.

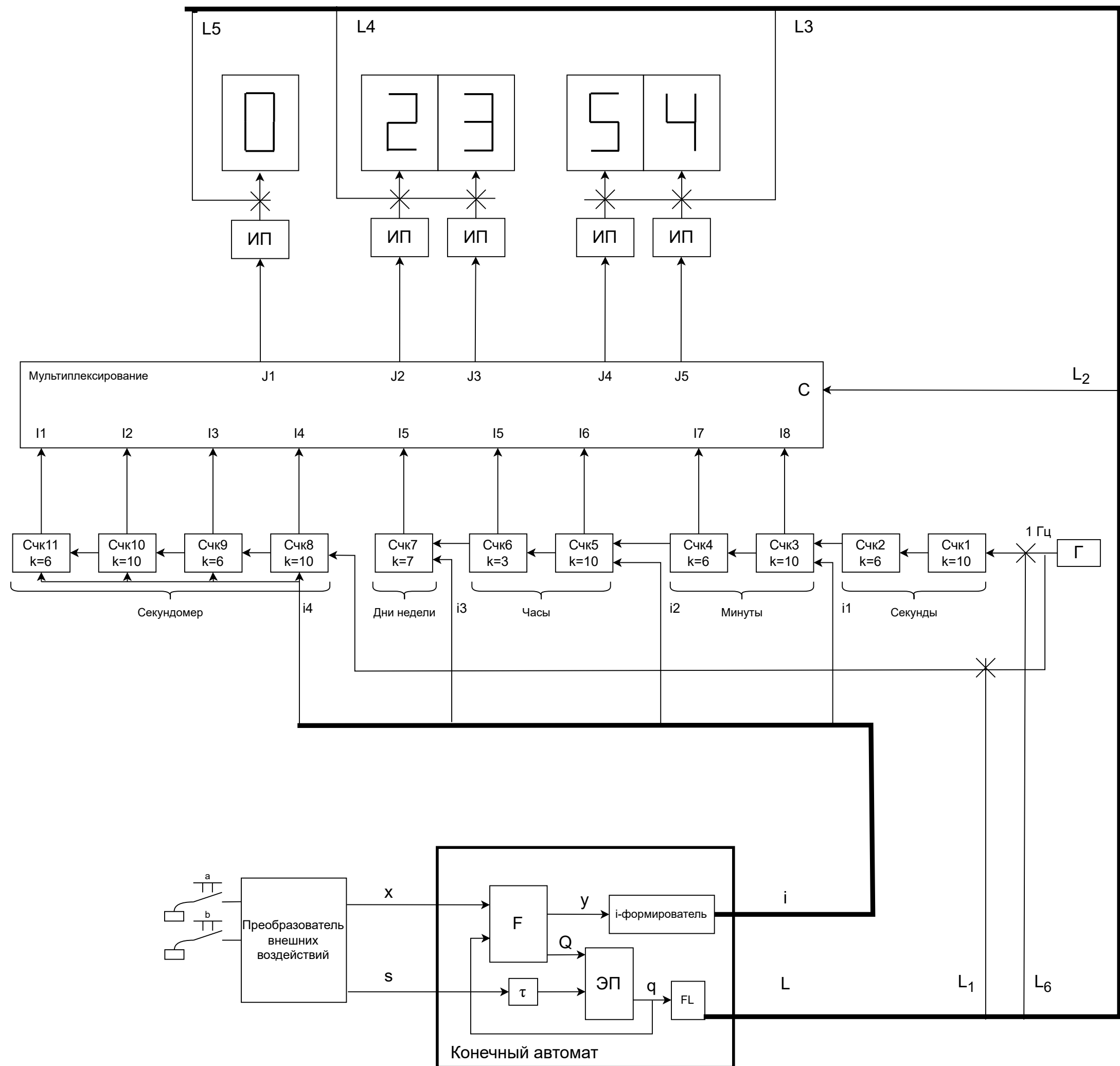


Рис. 2. Общая структурная схема

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

	x_1	x_2
a	0	0
b	0	1
ab	1	1

Таблица 5. Кодирование выходных сигналов

	y_1	y_2	y_3
z₀	0	0	0
z₁	0	0	1
z₂	0	1	0
z₃	0	1	1
z₄	1	0	0
z₅	1	0	1
z₆	1	1	0
z₇	1	1	1

Таблица 6. Кодирование состояний

	q_1	q_2	q_3
S₀	0	0	0
S₁	0	0	1
S₂	0	1	0
S₃	0	1	1
S₄	1	0	0
S₅	1	0	1
S₆	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	i ₁	i ₂	i ₃	i ₄
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0

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

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 приведены карты Карно для минимизации Q_1, Q_2, Q_3 соответственно.

q1q2q3 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

(a)

q1q2q3 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

(b)

q1q2q3 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

(c)

Рис. 3. Карты карно для (a) Q_1 ; (b) Q_2 ; (c) 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. 4 приведены карты Карно для минимизации y_1, y_2, y_3 соответственно.

q1q2q3 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

(a)

q1q2q3 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

(b)

q1q2q3 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

(c)

Рис. 4. Карты карно для (a) y_1 ; (b) y_2 ; (c) 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 i_1 - i_4

По Табл. 7 были построены формулы для i_1, i_2, i_3, i_4 . На Рис. 5 приведены карты Карно для минимизации i_1, i_2, i_3, i_4 соответственно.

q1q2q3 ab	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	x	x	x	x	x	x	x	x

(a)

q1q2q3 ab	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	0	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	x	x	x	x	x	x	x	x

(b)

q1q2q3 ab	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	x	x	x	x	x	x	x	x

(c)

q1q2q3 ab	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	1	0
01	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	x	x	x	x	x	x	x	x

(d)

Рис. 5. Карты карно для (a) i_1 ; (b) i_2 ; (c) i_3 ; (d) i_4 .

$$i_1 = \neg x_1 x_2 \neg q_1 \neg q_2 q_3$$

$$i_2 = \neg x_1 x_2 \neg q_1 q_2 \neg q_3$$

$$i_3 = \neg x_1 x_2 \neg q_1 q_2 q_3$$

$$i_4 = \neg x_2 q_1 \neg q_2 q_3$$

3.6.4 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. 6 приведены карты Карно для минимизации $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ соответственно.

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	0	X

(a)

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	1	X

(b)

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	1	1	0	0
1	1	1	X	1

(c)

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	1	1	X	1

(d)

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	1	0	1	0
1	0	0	X	1

(e)

$\begin{smallmatrix} q_2 q_3 \\ q_1 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	X	0

(f)

Рис. 6. Карты карно для (a) L_1 ; (b) L_2 ; (c) L_3 ; (d) L_4 ; (e) L_5 ; (f) L_6 .

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

$$L_2 = q_1 \neg q_2$$

$$L_3 = q_1 + \neg q_2$$

$$L_4 = q_1 + \neg q_3$$

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

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

4 Схемотехническая реализация

4.1 Анализ схемотехнических элементов

4.1.1 Индикаторный преобразователь (ИП)

Заключение

Список источников

- [1] Теория алгоритмов [Электронный ресурс] URL: <https://tema.spbstu.ru/algorithm/> (дата обращения 10.12.2024).
- [2] sublime.tools. Карта карно [Электронный ресурс] URL: <https://sublime.tools/ru/karta-karno> (дата обращения 10.12.2024).