

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»

Отчет о выполнении лабораторной работы №2
«Синтез функциональной схемы простейших часов»
по дисциплине «Теория алгоритмов»
Вариант 11

Студент,
группы 5130201/30101 _____ Мелещенко С.И.

Преподаватель _____ Востров А.В.

«____ » _____ 2025г.

Санкт-Петербург, 2025

Содержание

Введение	3
1 Математическое описание	5
2 Описание реализации	17
2.1 Общая структурная схема	17
2.2 Индикаторы и кнопки	17
2.3 Реализация часов	18
2.4 Реализация дней недели	19
2.5 Реализация звукового сигнала	20
2.6 Реализация секундомера	20
2.7 Реализация потенциальных микрокоманд	21
2.8 Реализация переходов состояний	22
2.9 Реализация импульсных микрокоманд	23
3 Результаты работы	24
3.1 Демонстрация работы схемы	24
3.2 Расчет площади схемы	25
Заключение	27
Список использованной литературы	29

Введение

Целью данной лабораторной работы является реализация функциональной схемы электронных часов с дополнительными функциями.

Дополнительный функционал в соответствии с вариантом №11: (201111120).

А - отображение и корректировка: дня недели.

В - дополнительные счетчики времени в разных часовых поясах (например, один для Владивостока, а второй для Москвы): отсутствует.

С - корректировка десятков и единиц: раздельная.

Д - режим работы часов: 24-х часовой.

Е - отключение индикаторов с целью экономии электроэнергии: присутствует.

F - останов часов: по нажатию кнопки. Запуск часов - по нажатию кнопки.

G - секундомер: простой (брос - запуск - останов).

Н - звуковая сигнализация: каждые четверть часа в течение секунды.

I - звуковой сигнал в устанавливаемое время (будильник): отсутствует.

Задачи:

1. Построить граф управляющего автомата часов и дать пояснения к нему. Пояснения предполагают описание логического смысла каждого состояния, перечень визуальной информации, выводимой на индикаторы, а также порядок использования всех тех возможностей часов, которые перечислены в задании.

2. Изобразить общую структурную схему электронных часов с указанием всех необходимых управляющих микрокоманд (импульсных и потенциальных). Функции каждого блока структурной схемы должны быть пояснены. Должны быть даны также пояснения функции всех управляющих микрокоманд.

3. Провести кодирование входных и выходных воздействий и состояний автомата.

4. Построить минимизацию функций блоков F и Fi.

5. Построить общую функциональную схему. При этом необходимо четко описать алгоритм работы и уметь объяснить принцип проектирования.

вания всех блоков.

6. Определить (приблизительно) площадь микросхемы, реализующей построенную функциональную схему при современной плотности компоновки транзисторов. После выполнения первых трех этапов задания, до этапа кодирования, студент должен представить результат преподавателю.

1 Математическое описание

Конечный автомат – это математическая абстракция, модель устройства, представляющая систему, которая может находиться в одном из конечного числа состояний в каждый момент времени из множества возможных.

$A = (S, \Sigma, Y, s_0, \delta, \lambda)$, где:

- 1) $S = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9\}$ - конечное множество состояний;
- 2) $\Sigma = \{S, M, P, SM\}$ - конечное множество входных сигналов;
- 3) $Y = \{z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}\}$ - конечное множество выходных сигналов;
- 4) S_0 - начальное состояние ($s_0 \in S$);
- 5) $\delta : S \times \Sigma \rightarrow S$ – функция переходов;
- 6) $\lambda : S \times \Sigma \rightarrow Y$ – функция выходов.

Конечный автомат подразделяется на детерминированный и недетерминированный.

Детерминированным называется конечный автомат, в котором из любого состояния по любому входному сигналу возможен переход не более чем в одно состояние.

Недетерминированным называется тот, в котором из любого состояния по любому входному сигналу возможен переход более чем в одно состояние, либо могут существовать переходы из состояния в состояние, вызываемые пустой цепочкой символов, то есть самопроизвольные переходы без внешних воздействий.

Ниже приведен мой конечный автомат управления часами [Рис. 1].

Автомат состоит из 10-и состояний, 4-х входных сигналов и 11-и выходных сигналов.

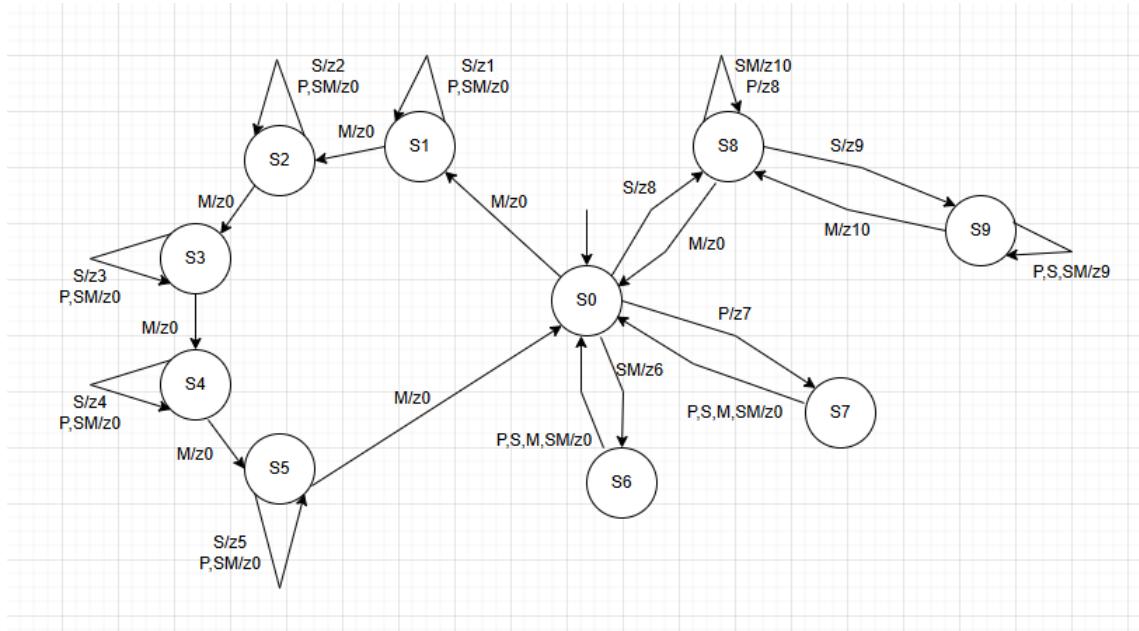


Рис. 1. Конечный автомат управления часами

Ниже приведена таблица состояний [Таб. 1].

Таблица 1
Состояния автомата

	Состояние	Кодирование
S0	Отображение времени	0000
S1	Корректировка минут (единицы)	0001
S2	Корректировка минут (десятки)	0010
S3	Корректировка часов (единицы)	0011
S4	Корректировка часов (десятки)	0100
S5	Корректировка дня недели	0101
S6	Останов часов	0110
S7	Режим экономии энергии	0111
S8	Секундомер пауза	1000
S9	Секундомер старт	1001

S0 - начальное состояние отображения времени. При нажатии на кнопку «М» мы переходим в состояние коррекции минут (единицы) **S1**.

Отсюда при нажатии кнопок «P», «SM» ничего не произойдет. Кнопка «S» корректирует минуты, кнопка «M» служит для перехода в состояние корректировки минут (десятки) **S2**. Отсюда при нажатии кнопок «P», «SM» ничего не произойдет. Кнопка «S» корректирует минуты, кнопка «M» служит для перехода в состояние корректировки часов (единицы) **S3**. Отсюда при нажатии кнопок «P», «SM» ничего не произойдет. Кнопка «S» корректирует часы, кнопка «M» служит для перехода в состояние корректировки часов (десятки) **S4**. Отсюда при нажатии кнопок «P», «SM» ничего не произойдет. Кнопка «S» корректирует часы, кнопка «M» служит для перехода в состояние корректировки дня недели **S5**. Отсюда при нажатии кнопок «P», «SM» ничего не произойдет. Кнопка «S» корректирует день недели, кнопка «M» служит для перехода в состояние отображения времени.

При нажатии «SM» произойдет останов часов, состояние **S6**. Для возвращения в состояние отображения времени нужно нажать на любую кнопку.

При нажатии «P» произойдет переход в режим экономии энергии, состояние **S7**. Для возвращения в состояние отображения времени нужно нажать на любую кнопку.

Для перехода в секундомер необходимо нажать на кнопку «S». Секундомер будет в состоянии паузы **S8**. При нажатии на «S» секундомер запустится, перейдет в состояние **S9**. При нажатии в нем на «P», «S», «SM» - ничего не произойдет, состояние останется прежним. При нажатии на «M» секундомер поставится на паузу, т.е. перейдет в состояние **S8**. Для сброса необходимо нажать «SM». При нажатии на «P» ничего не произойдет. Для возвращения в режим отображения времени необходимо нажать на «M».

Ниже приведена таблица входных сигналов [Таб. 2].

Таблица 2
Входные сигналы

	Описание	Кодирование
S	Кнопка S	00
P	Кнопка P	01
M	Кнопка M	10
SM	Кнопка SM	11

Далее приведена таблица выходных сигналов [Таб. 3].

Таблица 3
Выходные сигналы

	Описание	Кодирование
z0	Отображение времени	0000
z1	Корректировка минут (единицы)	0001
z2	Корректировка минут (десятки)	0010
z3	Корректировка часов (единицы)	0011
z4	Корректировка часов (десятки)	0100
z5	День недели изменен	0101
z6	Часы остановлены	0110
z7	Часы в режиме экономии энергии	0111
z8	Секундомер остановлен (нулевое состояние: 00:00)	1000
z9	Секундомер запущен	1001
z10	Секундомер остановлен (ненулевое состояние)	1010

Также была построена таблица переходов [Таб. 4].

Таблица переходов — В ней хранятся переходы для текущего состояния и входного символа. Простейшая реализация может быть как двумерный массив. По горизонтали вверху находятся возможные входные символы. По вертикали слева находятся текущие возможные состояния.

Таблица 4
Таблица переходов и выходов

	δ				λ			
	S	P	M	SM	S	P	M	SM
S0	S8	S7	S1	S6	z8	z7	z0	z6
S1	S1	S1	S2	S1	z1	z0	z0	z0

S2	S2	S2	S3	S2	z2	z0	z0	z0
S3	S3	S3	S4	S3	z3	z0	z0	z0
S4	S4	S4	S5	S4	z4	z0	z0	z0
S5	S5	S5	S0	S5	z5	z0	z0	z0
S6	S0	S0	S0	S0	z0	z0	z0	z0
S7	S0	S0	S0	S0	z0	z0	z0	z0
S8	S9	S8	S0	S8	z9	z8	z0	z10
S9	S9	S9	S8	S9	z9	z9	z10	z9

Также по ней была построена двоично-кодированная таблица переходов [Таб. 5].

Таблица 5
Кодированная таблица переходов

	Вход		Текущ. сост.				Следующ. сост.				Выход			
	x1	x2	q1	q2	q3	q4	Q1	Q2	Q3	Q4	y1	y2	y3	y4
S0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
S1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1

	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
S4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S5	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
S6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
S9	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1

Минимизируем формулы для Q1 с помощью карт Карно [Рис. 2]. В

данном случае «+» является операцией дизъюнкции.

$\begin{array}{c} q_2 q_3 q_4 \\ \diagdown \\ x_1 x_2 q_1 \end{array}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	1	0	0	0	0	0	0	0
001	1	1	X	X	X	X	X	X
011	1	1	X	X	X	X	X	X
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	1	1	X	X	X	X	X	X
101	0	1	X	X	X	X	X	X
100	0	0	0	0	0	0	0	0

Результат

$$F = x_2 q_1 + q_1 q_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{q_2} \overline{q_3} \overline{q_4}$$

Рис. 2. Минимизация для Q1

Минимизируем формулы для Q2 с помощью карт Карно [Рис. 3].

$\begin{array}{c} q_2 q_3 q_4 \\ \diagdown \\ x_1 x_2 q_1 \end{array}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	1	1
001	0	0	X	X	X	X	X	X
011	0	0	X	X	X	X	X	X
010	1	0	0	0	0	0	1	1
110	1	0	0	0	0	0	1	1
111	0	0	X	X	X	X	X	X
101	0	0	X	X	X	X	X	X
100	0	0	1	0	0	0	0	1

Результат

$$F = x_2 q_2 \overline{q_3} + q_2 \overline{q_3} \overline{q_4} + \overline{x_1} q_2 \overline{q_3} + x_2 \overline{q_1} \overline{q_3} \overline{q_4} + x_1 \overline{x_2} \overline{q_2} q_3 q_4$$

Рис. 3. Минимизация для Q2

Минимизируем формулы для Q3 с помощью карт Карно [Рис. 4].

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ \diagdown x_1 x_2 q_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	1	1	0	0	0	0
001	0	0	X	X	X	X	X	X
011	0	0	X	X	X	X	X	X
010	1	0	1	1	0	0	0	0
110	1	0	1	1	0	0	0	0
111	0	0	X	X	X	X	X	X
101	0	0	X	X	X	X	X	X
100	0	1	0	1	0	0	0	0

Результат

$$F = x_2 \bar{q}_2 q_3 + \bar{q}_2 q_3 \bar{q}_4 + \bar{x}_1 \bar{q}_2 q_3 + x_2 \bar{q}_1 \bar{q}_2 \bar{q}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{q}_1 \bar{q}_2 \bar{q}_3 q_4$$

Рис. 4. Минимизация для Q3

Минимизируем формулы для Q4 с помощью карт Карно [Рис. 5].

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ \diagdown x_1 x_2 q_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	1	1	0	0	0	1	0
001	1	1	X	X	X	X	X	X
011	0	1	X	X	X	X	X	X
010	1	1	1	0	0	0	1	0
110	0	1	1	0	0	0	1	0
111	0	1	X	X	X	X	X	X
101	0	0	X	X	X	X	X	X
100	1	0	0	1	0	0	0	1

Результат

$$F = x_2 \bar{q}_3 q_4 + x_2 \bar{q}_2 q_4 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 q_1 + \bar{x}_1 \bar{q}_3 q_4 + \bar{x}_1 \bar{q}_2 q_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{q}_1 \bar{q}_3 \bar{q}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{q}_1 \bar{q}_3 \bar{q}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{q}_1 \bar{q}_2 \bar{q}_3$$

Рис. 5. Минимизация для Q4

Выходами управляющего автомата являются два типа сигналов: импульсные и потенциальные микрокоманды.

Импульсные микрокоманды (i) - это кратковременные воздействия, которые подаются в момент нажатия внешних кнопок владельцем часов. Значение импульсной микрокоманды (кратковременное воздействие) может быть отлично от нуля лишь во время перехода из одного состояния в другое [Таб. 6].

Потенциальная микрокоманда (L) (продолжительное воздействие) действует в период нахождения автомата в определенном состоянии (или в группе состояний) и может измениться только при переключении автомата в другое состояние. Потенциальные сигналы являются функцией состояния автомата, в то время как импульсные появляются лишь в момент перехода [Таб. 8].

Таблица 6

Импульсные микрокоманды

Микрокоманда	Расшифровка
i1	Увеличить на 1 единицы минут
i2	Увеличить на 1 десятки минут
i3	Увеличить на 1 единицы часов
i4	Увеличить на 1 десятки часов
i5	Увеличить на 1 день недели
i7	Остановка секундомера
i8	Сброс секундомера

Ниже приведена таблица кодирования переходов состояний и импульсных микрокоманд [Таб. 7].

Таблица 7

Таблица кодирования переходов состояний и импульсных микрокоманд

Вход	Текущ. сост.	Микрокоманды
------	--------------	--------------

x1	x2	q1	q2	q3	q4	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	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	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	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
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$i1 = \bar{x}1\bar{x}2\bar{q}1\bar{q}2\bar{q}3q4$

$i2 = \bar{x}1\bar{x}2\bar{q}1\bar{q}2q3\bar{q}4$

$i3 = \bar{x}1\bar{x}2\bar{q}1\bar{q}2q3q4$

$i4 = \bar{x}1\bar{x}2\bar{q}1q2\bar{q}3\bar{q}4$

$i5 = \bar{x}1\bar{x}2\bar{q}1q2\bar{q}3q4$

$i7 = x1\bar{x}2q1\bar{q}2\bar{q}3q4$

$i8 = \bar{x}1x2q1\bar{q}2\bar{q}3\bar{q}4$

Таблица 8

Потенциальные микрокоманды

Микрокоманда	Расшифровка
L1	Останов тактового генератора у часов при корректировке
L2	Режим экономии энергии
L4	Отображение секундомера

L5	Старт секундомера
L6	Отображение дня недели
L7	Отображение минут
L8	Отображение часов

Ниже приведена таблица кодирования переходов состояний и потенциальных микрокоманд [Таб. 9].

Таблица 9

Таблица кодирования переходов состояний и потенциальных микрокоманд

Текущ. сост.				Микрокоманды							
q1	q2	q3	q4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0

$$L1 = \bar{q}1\bar{q}2\bar{q}3q4 \vee \bar{q}1\bar{q}2q3\bar{q}4 \vee \bar{q}1\bar{q}2q3q4 \vee \bar{q}1q2\bar{q}3\bar{q}4 \vee \bar{q}1q2\bar{q}3q4$$

$$L2 = \bar{q}1q2q3q4$$

$$L4 = q1\bar{q}2\bar{q}3\bar{q}4 \vee q1\bar{q}2q\bar{q}3q4$$

$$L5 = q1\bar{q}2\bar{q}3q4$$

$$L6 = \bar{q}1\bar{q}2\bar{q}3\bar{q}4$$

$$L7 = \bar{q}1\bar{q}2\bar{q}3\bar{q}4$$

$$L8 = \bar{q}1\bar{q}2\bar{q}3\bar{q}4$$

2 Описание реализации

2.1 Общая структурная схема

Ниже приведена реализация общей структурной схемы [Рис. 6].

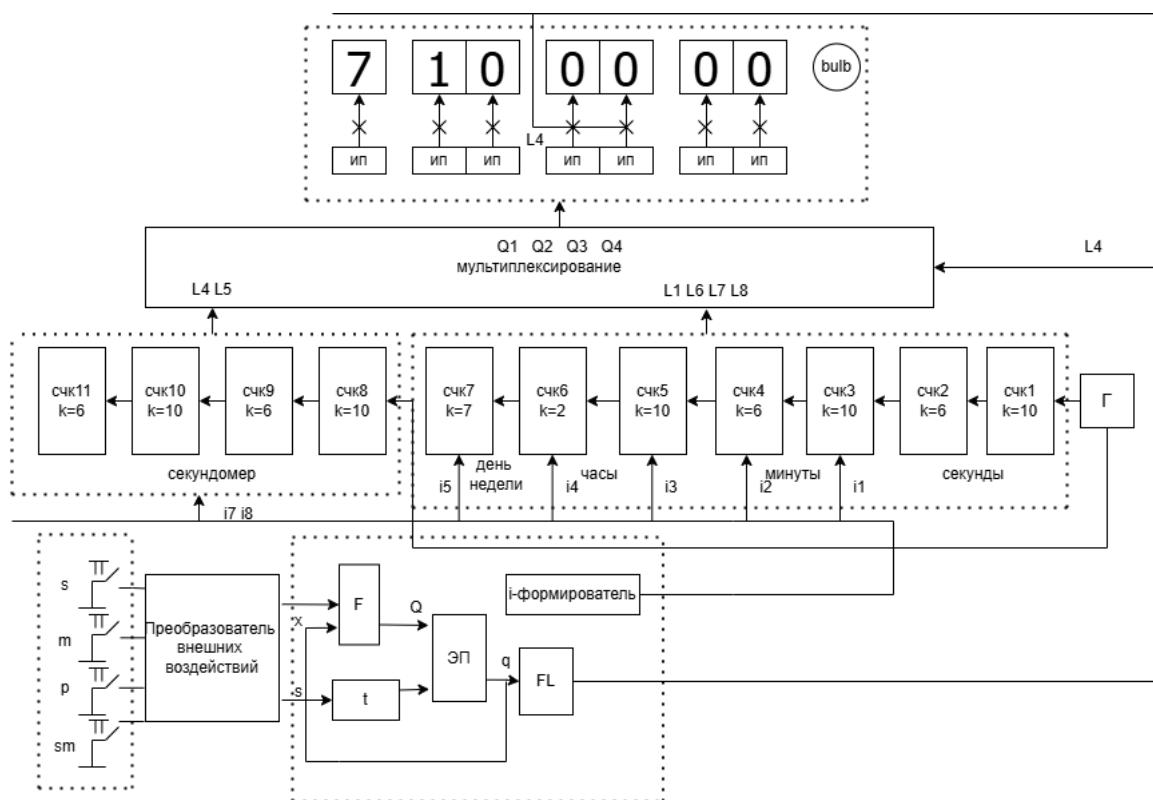


Рис. 6. Общая структурная схема

2.2 Индикаторы и кнопки

Ниже приведена реализация отображения часов и кнопок, с помощью которых мы меняем состояния [Рис. 7].

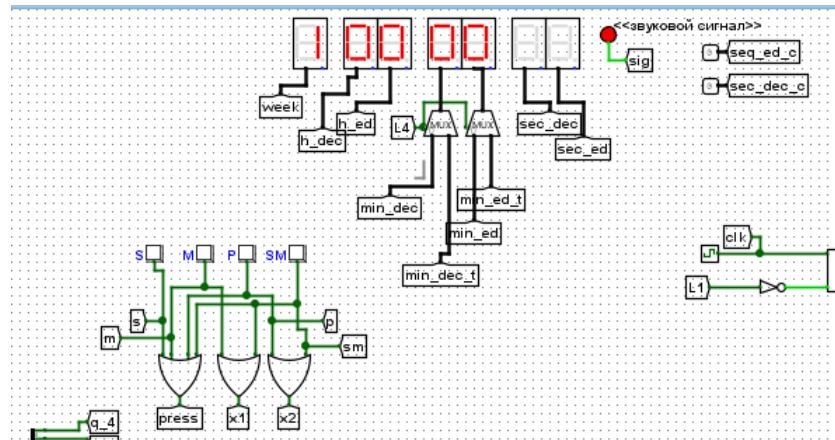


Рис. 7. Схемотехническая реализация индикаторов и кнопок

Справа находится лампочка сигнализирующая о звуковом сигнале, ее реализация будет описана далее.

Дни недели кодируются числами: 1 - понедельник, 2 - вторник и так далее. В индикатору ведет туннель week. К десяткам часов ведет туннель h_dec, к единицам h_ed. К минутам ведут 2 тоннеля от часов и секундомера, они проходят через мультиплексор, к которому подключен туннель L4 отвечающий за режим секундомера. Таким образом мы на одном индикаторе меняем режимы отображения.

Реализованы 4 кнопки. При нажатии на любую мы отправляем сигнал press. Через логические элементы «или» реализован двоичный вход по таблице.

Звуковой сигнал - лампочка, подключенная к тоннелю sig.

Слева находится тактовый генератор, он отвечает за работу всей схемы и подает сигнал на счетчик, отвечающий за часы. В состоянии секундомера он подает сигнал на счетчик секундомера. В Logisim Можно выбрать «Моделирование включено», «Такты включены» и «Тактовая частота». Чем больше будет тактовая частота, тем быстрее будет идти время.

2.3 Реализация часов

Ниже приведена реализация часов [Рис. 8].

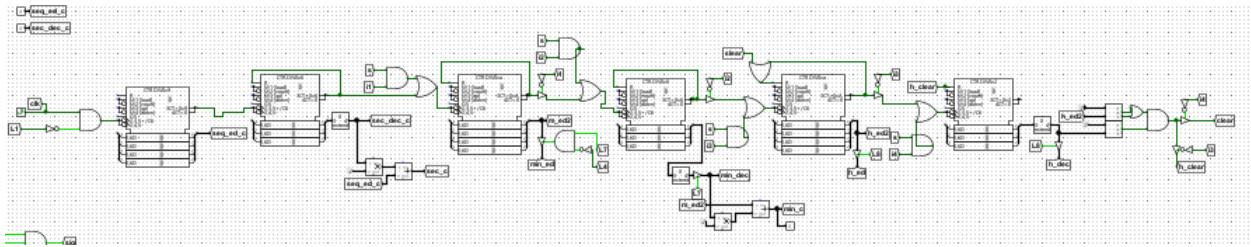


Рис. 8. Реализация часов

На вход часам поступает тактовый сигнал clk и отрицание $L1$ (останов тактового генератора). Каждый из счетчиков отвечает за свою часть: единицы секунд, десятки секунд, единицы минут, десятки минут, единицы часов, десятки часов. Для счетчиков с разрядностью 3 - дополняем 0 до разрядности 4. На вход счетчиков минут и десятков поступает через логическое «или» вход левого счетчика или тик от кнопки s и $i1/2/3/4$ - ручная корректировка минут.

Так же подключены потенциальные микрокоманды отвечающие за отображение индикаторов. При превышении значений в счетчиках, они отчищаются, а единица переносится в правый.

2.4 Реализация дней недели

Ниже приведена реализация дней недели [Рис. 9].

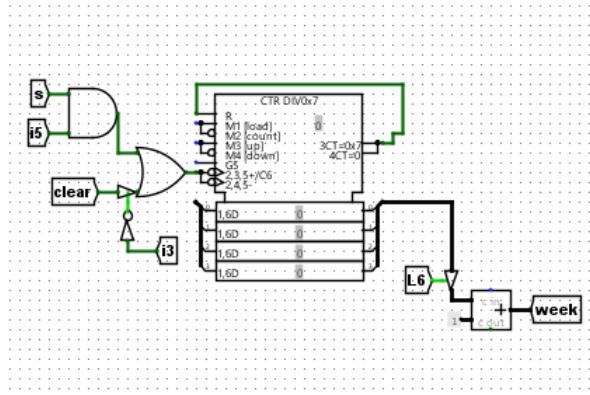


Рис. 9. Реализация дней недели

Реализовано аналогично часам. Так как дни недели начинаются с первого, то на выходе стоит сумматор с константой 1.

На вход через логическое «И» микрокоманда увеличивающая день недели на 1 и s по которой это происходит. $clear$ сигнализирует о переполнении счетчиков часов, следовательно надо менять день недели.

2.5 Реализация звукового сигнала

Реализация звукового сигнала каждую четверть часа по 4 секунды приведена ниже [Рис. 10].

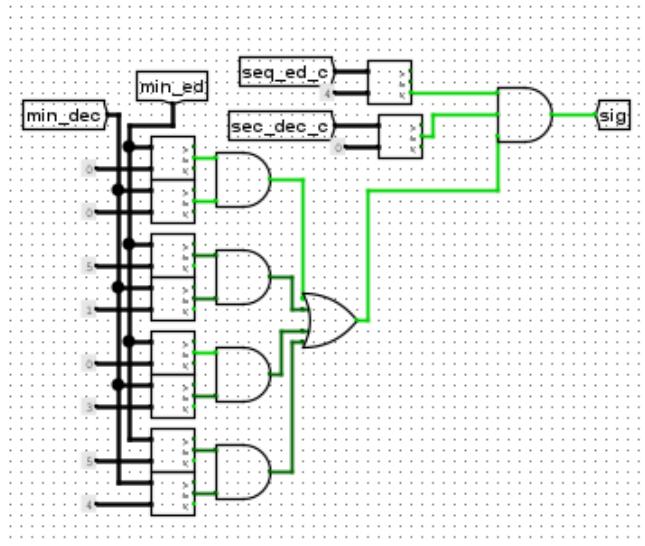


Рис. 10. Реализация звукового сигнала каждую четверть часа по 4 секунды

Через компараторы смотрим, что минуты либо 00, либо 15, либо 30, либо 45. Одновременно следим за секундами. «И» проходит только если десятки секунд = 0, единицы секунд < 4. Тогда лампочка горит [Рис. 11].



Рис. 11. Звуковой сигнал

2.6 Реализация секундомера

Аналогично с часами создан секундомер [Рис. 12].

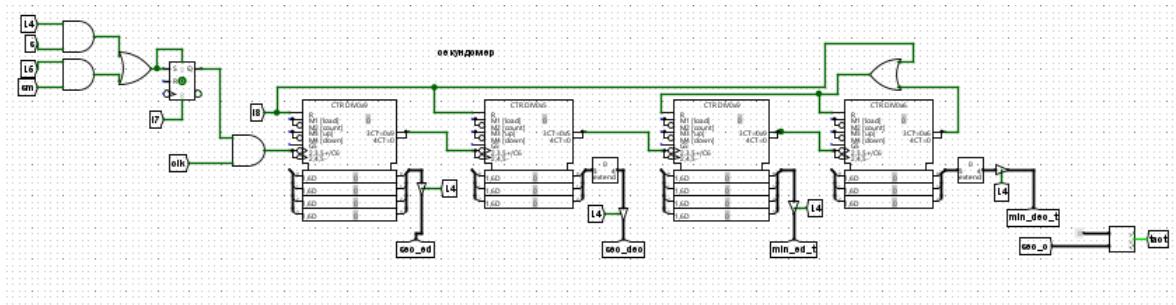


Рис. 12. Схемотехническая реализация секундомера

$s + L4$ (отображение секундомера) дает сигнал на S-R триггер и начинается работа секундомера. $i8$ подключенное к входу R сбрасывае секундомер.

2.7 Реализация потенциальных микрокоманд

Ниже приведена реализация потенциальных микрокоманд [Рис. 13].

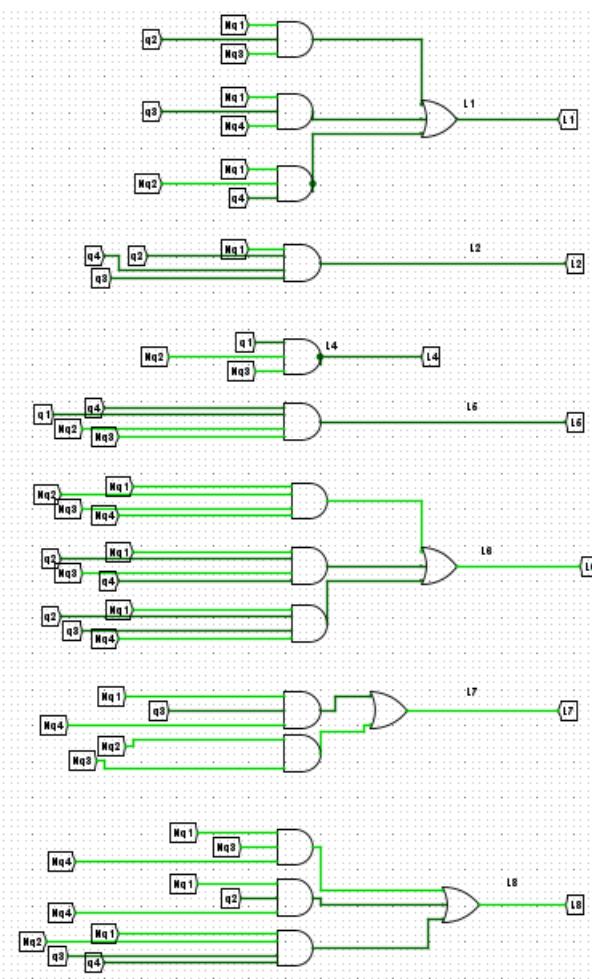


Рис. 13. Реализация потенциальных микрокоманд

Они реализованы по таблице с помощью логических операций. Используется 14 элементов логического «И» и 4 элемента логического «ИЛИ».

2.8 Реализация переходов состояний

Реализация Q [Рис. 14].

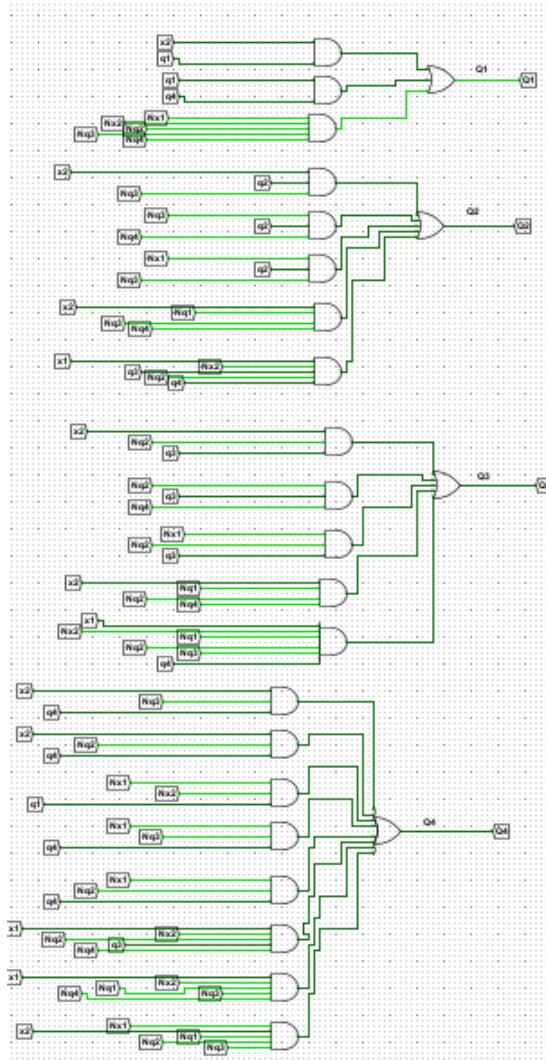


Рис. 14. Схемотехническая реализация Q

Строится с помощью логических элементов по картам Карно, отражает следующее состояние. Для реализации используются логические элементы «ИЛИ» и «И».

Чтобы циклически передавать состояния используем регистр на вход q передаем Q [Рис. 15].

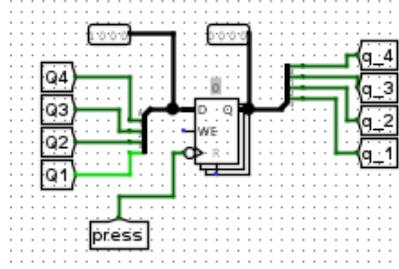


Рис. 15. Реализация состояний

2.9 Реализация импульсных микрокоманд

Импульсные микрокоманды реализованы по таблице истинности с помощь логических элементов [Рис. 16].

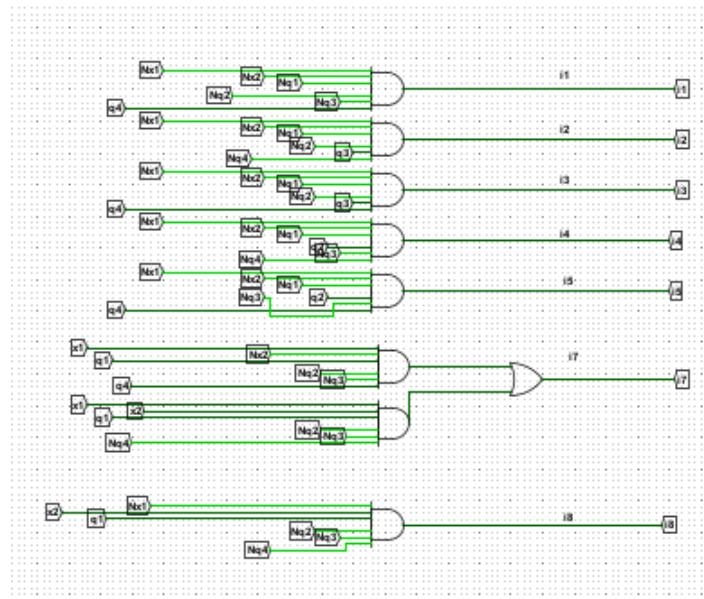


Рис. 16. Реализация импульсных микрокоманд

Используется 9 логических элементов («ИЛИ», «И»).

3 Результаты работы

3.1 Демонстрация работы схемы

Отображение часов (день недели, часы, минуты) [Рис. 17].

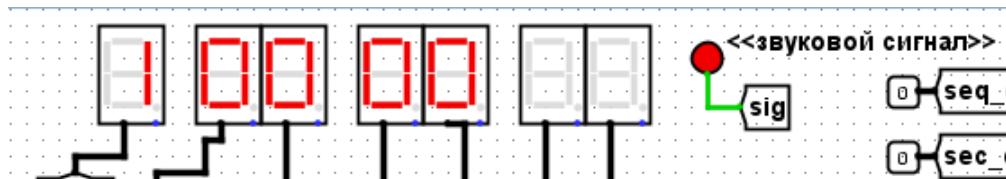


Рис. 17. Основное состояние

Режим секундомера [Рис. 18].

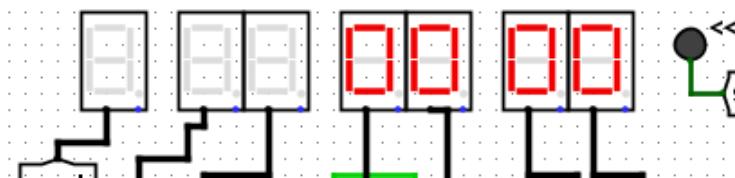


Рис. 18. Режим секундомера

По s запускаем секундомер [Рис. 19].

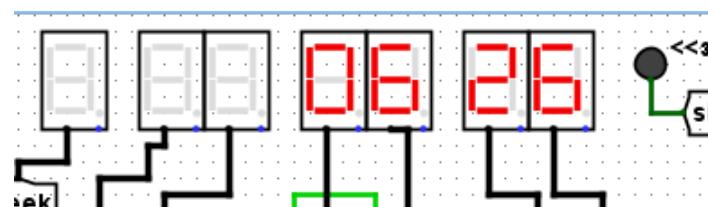


Рис. 19. Режим секундомера в действии

Отображение минут в режиме корректировки [Рис. 20].

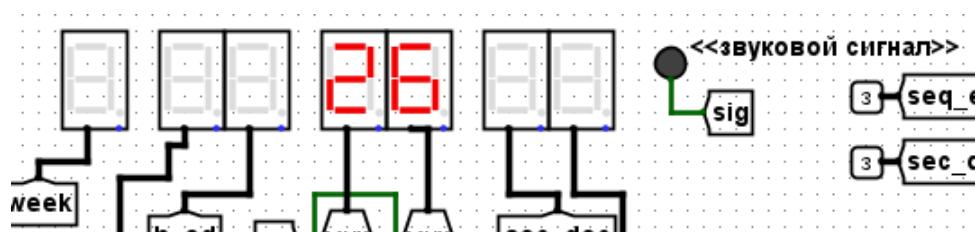


Рис. 20. Отображение минут

Отображение часов в режиме корректировки [Рис. 21].

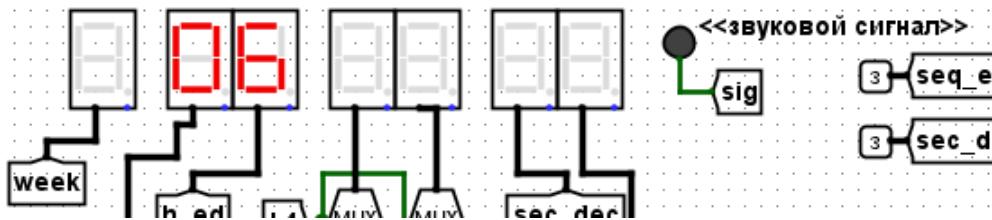


Рис. 21. Отображение часов

Отображение дня недели в режиме корректировки [Рис. 22].

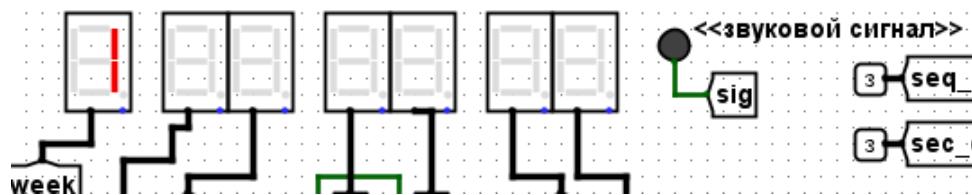


Рис. 22. Отображение дня недели

Отключение индикаторов (режим экономии энергии) [Рис. 23].

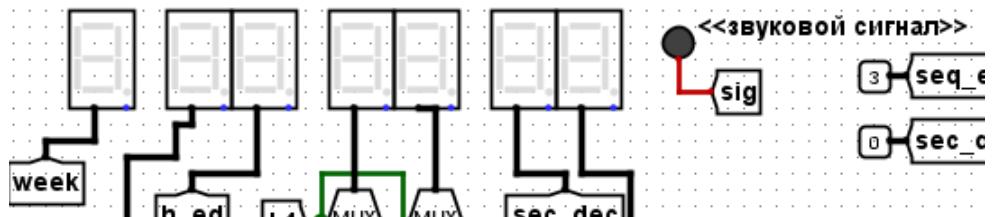


Рис. 23. Режим экономии энергии

Срабатывание звукового сигнала [Рис. 24].

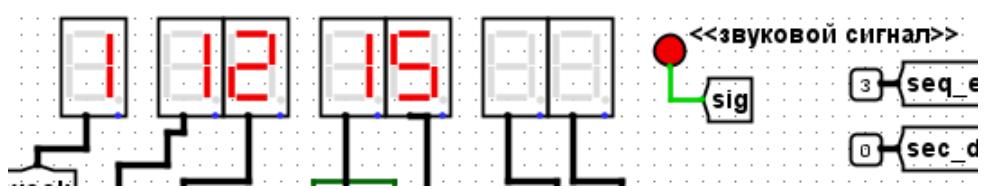


Рис. 24. Срабатывание звукового сигнала

3.2 Расчет площади схемы

Было посчитано количество транзисторов в моей схеме [Рис. 25].

Элемент	Количество транзисторов	Множитель	Произведение	Общая сумма
И	60	4	240	
ИЛИ	22	4	88	
И/ИЛИ	82	6	492	
счетчик	16	16	256	
инвентор	14	4	56	
индикаторный преобразователь	7	400	2800	3932

Рис. 25. Расчет площади

То есть потребуется примерно 3932 транзистора. При оценке 1000 транзисторов на одном квадратном миллиметре площадь составит примерно $3,932 \text{ mm}^2$.

Заключение

В результате работы была реализована функциональная схема электронных часов с дополнительными функциями.

1. Построен управляющий автомат часов и даны пояснения к нему.
2. Изображена общая структурная схема электронных часов с указанием всех необходимых управляющих микрокоманд (импульсных и потенциальных). Функции каждого блока структурной схемы должны быть пояснены. Даны также пояснения функции всех управляющих микрокоманд.
3. Проведено кодирование входных и выходных воздействий и состояний автомата.
4. Построена минимизация функций блоков F и F_i .
5. Построена общая функциональная схема. Описан алгоритм работы и объяснен принцип проектирования всех блоков.
6. Определена (приблизительно) площадь микросхемы, реализующей построенную функциональную схему при современной плотности компоновки транзисторов.

Реализованы: отображение и корректировка дня недели, раздельная корректировка десятков и единиц, 24-х часовой режим работы часов, отключение индикаторов с целью экономии электроэнергии, останов часов по нажатию кнопки, запуск часов - по нажатию кнопки, простой секундомер, звуковая сигнализация каждые четверть часа.

Работа выполнена в Logisim. Всего на работу было потрачено около 30-ти часов времени.

Недостатком данной схемы является реализация в одном файле, что затрудняет понимание реализации схемы, также в режиме раздельной корректировки единиц и десятков минут/часов подсвечиваются либо целиком минуты, либо целиком часы. Дни недели отображаются цифрами, а не в привычном формате. Также недостатком является невозможность сброса в режиме запущенного секундомера и выход из идущего секундомера.

Преимущество - логичный, интуитивно понятный функционал кнопок, четкое разделение, удобный переход из состояния в состояние: 4 разные кнопки - 4 разных режима. S - переход в режим секундомера, далее для запуска S . Соседняя кнопка M останавливает секундомер, а

соседняя ей сбрасывает. Из начального состояния кнопка M позволяет корректировать время/день недели. Для перехода к следующему редактируемому индикатору нужно повторно нажать M. За корректировку в каждом из этих состояний отвечает одна кнопка - S. Что удобно и понятно пользователю. Есть сбалансированность кнопок.

Дополнительно может быть реализован будильник, несколько часовых поясов, таймер и переключение из 24-х часового режима в 12-и часовой.

Список использованной литературы

- [1] Теория вычислений. Введение в конечные автоматы.
// URL: <https://habr.com/ru/articles/358304/>
(дата обращения: 07.11.2025)
- [2] Конечный автомат (FSM – finite state machine).
// URL: <https://habr.com/ru/articles/936138/>
(дата обращения: 07.11.2025)
- [3] Logisim
// URL: https://cburch.com/logisim/index_ru.html
(дата обращения: 20.11.2025)
- [4] Карта Карно
// URL: <https://sublime.tools/ru/karta-karno>
(дата обращения: 30.11.2025)