

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА
ВЕЛИКОГО»**

Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа технологий искусственного интеллекта

Отчёт по дисциплине «Теория Алгоритмов»

Курсовая работа «Синтез функциональной схемы
простейших часов.».

Вариант №17

Студент: _____

Салимли Айзек Мухтар Оглы

Преподаватель: _____

Востров Алексей Владимирович

«____» _____ 20__ г.

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	10
3.4 Минимизация функции	11
4 Схемотехническая реализация	29
4.1 Анализ схемотехнических элементов	29
5 Расчёт площади схемы	45
Заключение	46
Список используемой литературы	47

Введение

Целью данной курсовой работы является проектирование и синтез функциональной схемы простейших электронных часов, с учетом дополнительных функций, предусмотренных для конкретного варианта задания. В процессе разработки часов используется принцип построения системы на основе конечных автоматов, что позволяет наглядно продемонстрировать ключевые аспекты дискретной логики и управления. Создание таких часов представляет собой практическую задачу, которая не только требует применения теоретических знаний в области дискретных систем, но и дает возможность ознакомиться с реальными принципами проектирования устройств, работающих в реальном времени и взаимодействующих с внешними событиями.

Кроме того, проект простейших электронных часов с дополнительными функциями является важным этапом в понимании работы встроенных систем и их применения в повседневной жизни. В рамках курсовой работы будут рассмотрены такие аспекты, как выбор элементов для построения схемы, проектирование интерфейса для взаимодействия пользователя с системой, а также разработка алгоритмов работы устройства. Этот проект поможет углубить знания в области цифровых технологий и развить навыки практического применения теоретических концепций.

1 Постановка задачи

Построить функциональную схему простейших электронных часов с функциями, соответствующими варианту 2010101 (17 вариант):

- 2 – отображение и корректировка минут, часов, дня недели;
- 0 – режим работы часов 12-х часовой, с указанием am/pm;
- 1 – отключение индикатора с целью экономии электроэнергии;
- 0 – останов часов по нажатию кнопки;
- 1 – простой секундомер (сброс - запуск - останов);
- 0 – Звуковая сигнализация каждые четверть часа в течение секунды;
- 1 – Будильник в течение десяти секунд (с возможностью отключения режима).

Для построения управляющих воздействий было необходимо:

1. Построить граф управляющего автомата часов;
2. Провести кодирование входных и выходных воздействий и состояний автомата;
3. Построить минимизацию функций блоков F и F_i ;

2 Описание объекта управления

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

Для отображения времени используются:

1. 6 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 будильника (вкл/выкл).
3. диод, отвечающий за индикатор звука.
4. два диода, показывающие на какой странице в меню функций находится пользователь.

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 — математическая модель дискретного устройства, которая описывается набором $A = (S, \Sigma, Y, s_0, \delta, \lambda)$, где:

S — конечное множество состояний;

Σ — конечное множество входных сигналов;

Y — конечное множество выходных сигналов;

s_0 — начальное состояние ($s_0 \in S$);

$\delta : S \times \Sigma \rightarrow S$ — функция переходов;

$\lambda : S \times \Sigma \rightarrow Y$ — функция выходов.

Конечный автомат работает в дискретные моменты времени, и в момент времени $t = 0$ автомат всегда находится в состоянии s_0 .

3.2 Реализация графа управляющего автомата

3.2.1 Граф управляющего автомата

На рис.1 представлен граф управляющего конечного автомата электронных часов с заданными функциями.

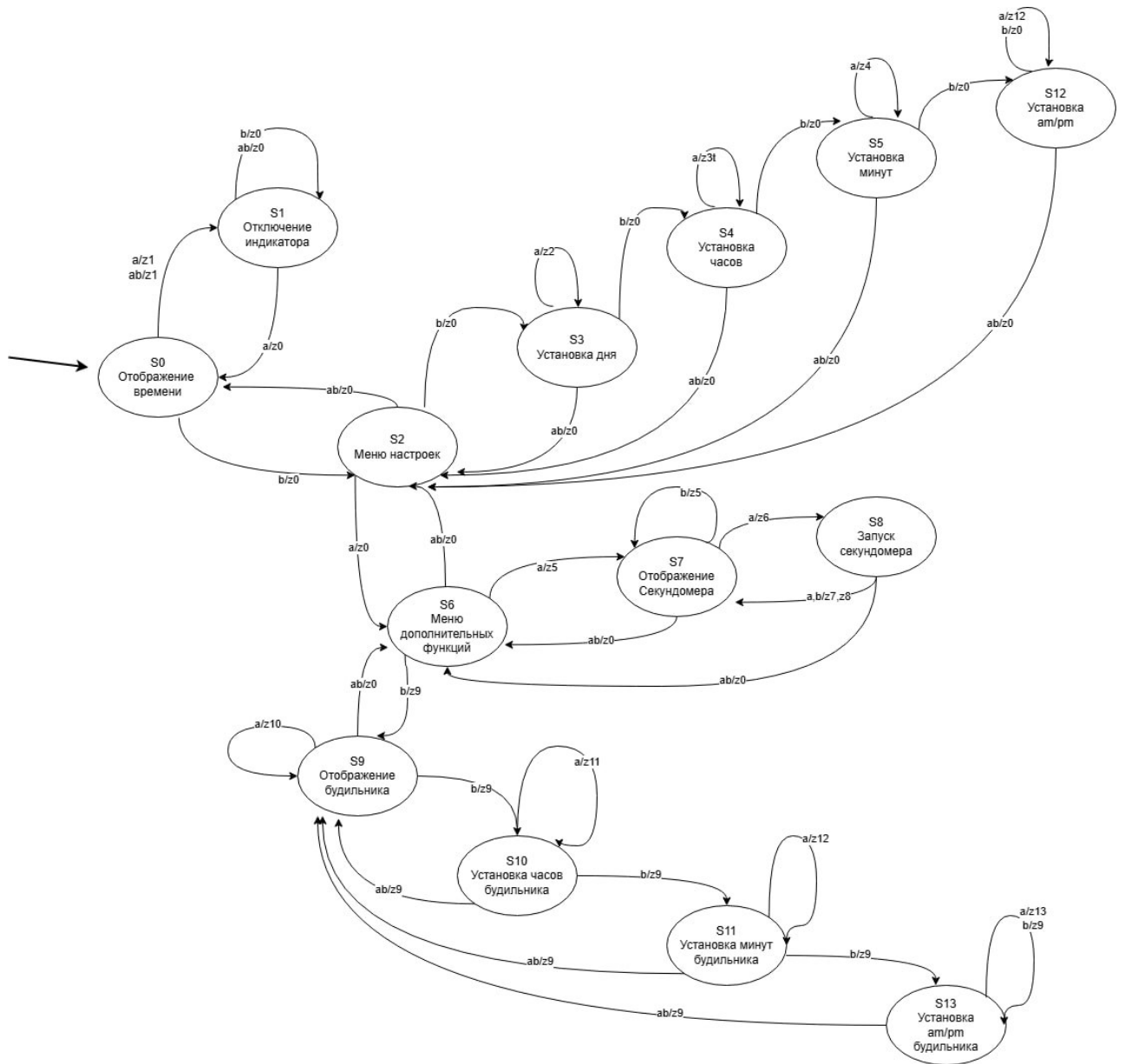


Рис. 1: Граф управляющего конечного автомата.

3.2.2 Состояния (множество S)

Было выделено 13 состояний $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}\}$.

S₀: Отображение времени – состояние отображения текущего времени. На индикаторах отображаются значения часов, минут, дня недели и текущей половины дня. При нажатии кнопки "b" происходит переход к "Меню настроек при нажатии кнопок "ab" и "a" происходит переход к "Отключение индикации".

S₁: Отключение индикатора. В этом состоянии индикаторы часов не горят для экономии энергии, при нажатии "ab" "b" индикаторы загораются или гаснут. При нажатии "a" происходит переход к состоянию "Отображение времени".

S₂: Меню настроек. В этом состоянии загорается первый диод, показывающий номер страницы в меню настроек. На индикаторах при этом ничего не выводится. По нажатии на "b" про-

исходит переход на следующую страницу меню, на "a" - переход к регулировке часов, "ab" - переход к отображению времени.

S3: Установка дней – состояние, когда отсчет времени приостановлен, по нажатии на "a" значение дня недели увеличивается на один, при этом отображаются значения дней, часов и минут с учетом корректировок. По нажатии на "b" происходит переход к установке часов, по "ab" - переход в меню настроек.

S4: Установка часов – состояние, когда отчет времени приостановлен, по нажатии на "a" значение часов увеличивается на один, при этом отображаются значения дней, часов и минут с учетом корректировок. По нажатии на "b" происходит переход к установке минут, по "ab" - переход в меню настроек.

S5: Установка минут – состояние, когда отчет времени приостановлен, по нажатии на "a" и "b" значение минут увеличивается на один, при этом отображаются значения дней, часов и минут с учетом корректировок. По нажатии на "ab" происходит переход в меню настроек.

S6: Меню дополнительных функций. В этом состоянии загорается второй диод, показывающий номер страницы в меню настроек. На индикаторах при этом выводится время: минуты, часы, дни недели и текущая половина дня. По нажатии на "a" происходит переход к секундомеру, на "b" - переход к будильнику, "ab" - переход к странице меню настроек.

S7: Отображение секундомера - состояние неактивного секундомера (стартовое - 00:00, либо отражающее засеченное время после остановки счета). В этом состоянии отображаются секунды и минуты секундомера. По нажатии на "a" происходит запуск секундомера, на "b" - переход к меню дополнительных функций, по "ab" - возвращает к меню дополнительных функций.

S8: Запуск секундомера - состояние активного секундомера. В этом состоянии происходит счет и отображаются секунды и минуты секундомера. По нажатии на "a" происходит остановка секундомера, на "b" сброс секундомера, по "ab" - выход в меню дополнительных функций.

S9: Отображения будильника - состояние, отображающее установленное время будильника. На индикаторах отображаются минуты и часы. По нажатии на "a" происходит переключение режима будильника (вкл/выкл), которое отображается на диоде (вкл - диод горит, выкл - диод гаснет), на "b" - переход к установке часов для будильника, "ab" - переход к меню дополнительных функций.

S10: Установка часов будильника - состояние, позволяющее редактировать часы для будильника. На индикаторах отображаются минуты и часы. По нажатии на "a" происходит увеличение часов на один, на "b" - переход к установке минут для будильника, "ab" - переход к отображению будильника.

S11: Установка минут будильника- состояние, позволяющее редактировать минуты для будильника. На индикаторах отображаются минуты и часы. По нажатии на "a" происходит увеличение минут на один, "ab" - переход к отображению будильника. По нажатии на "b" ничего не происходит.

S12: Установка am/pm- состояние, позволяющее редактировать желаемую половину дня на будильнике. При нажатии "a" или "b" происходит переключение текущего состояния между АМ и РМ на индикаторе. При нажатии на "ab" происходит переход в "Меню настроек".

S_{13} : **Установка am/pm будильника**- состояние, позволяющее выбирать желаемую половину дня для срабатывания будильника. На индикаторах отображаются выбранное половина дня. По нажатии на "a" и "b" происходит смена дня или ночи, "ab" - переход к "Отображению будильника".

В таблице 1 приведены коды необходимых для реализации состояний:

Таблица 1: Коды состояний

Расшифровка	Код
S_0 : Отображение времени	0000
S_1 : Отключение индикатора	0001
S_2 : Меню настроек	0010
S_3 : Установка дня недели	0011
S_4 : Установка часов	0100
S_5 : Установка минут	0101
S_6 : Меню дополнительных функций	0110
S_7 : Отображение секундомера	0111
S_8 : Запуск секундомера	1000
S_9 : Отображение будильника	1001
S_{10} : Установка часов будильника	1010
S_{11} : Установка минут будильника	1011
S_{12} : Установка am/pm	1100
S_{13} : Установка am/pm будильника	1101

3.2.3 Входы (множество Σ)

Входной алфавит был определен как $\Sigma = \{a, b, ab\}$ и закодирован следующим образом:

- Кнопка **a** - код: 10.
- Кнопка **b** - код: 01.
- Сочетание кнопок **ab** - код: 11.

3.2.4 Выходы (множество Y)

Было выделено множество выходных сигналов $Y = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}\}$.

В таблице 3.2.4 приведены коды выходов автомата.

Таблица 2: Коды выходов

Обозначение	Расшифровка
z_0	Отображение времени
z_1	Отключение индикаторов
z_2	Корректировка дня недели
z_3	Корректировка часов
z_4	Корректировка минут
z_5	Отображение секундомера
z_6	Запуск секундомера
z_7	Остановка секундомера
z_8	Сброс секундомера
z_9	Отображение времени будильника
z_{10}	Откл/вкл будильника
z_{11}	Корректировка часов будильника
z_{12}	Корректировка минут будильника

3.2.5 Функции переходов и выходов (δ и λ)

В таблицах 3.2.5 - 3.2.5 отображены функция переходов автомата (δ) и функция выходов автомата (λ) соответственно.

Таблица 3: Таблица переходов управляющего графа

δ	a	b	ab
s_0	s_1	s_2	s_1
s_1	s_0	s_1	s_1
s_2	s_6	s_3	s_0
s_3	s_3	s_4	s_2
s_4	s_4	s_5	s_2
s_5	s_5	s_{12}	s_2
s_6	s_7	s_9	s_2
s_7	s_8	s_7	s_6
s_8	s_7	s_7	s_6
s_9	s_9	s_{10}	s_6
s_{10}	s_{10}	s_{11}	s_9
s_{11}	s_{11}	s_{13}	s_9
s_{12}	s_{12}	s_{12}	s_2
s_{13}	s_{13}	s_{13}	s_9

Таблица 4: Таблица выходов управляющего графа

λ	a	b	ab
s_0	z_1	z_0	z_1
s_1	z_0	z_0	z_0
s_2	z_0	z_0	z_0
s_3	z_2	z_0	z_0
s_4	z_3	z_0	z_0
s_5	z_4	z_0	z_0
s_6	z_5	z_9	z_0
s_7	z_6	z_5	z_0
s_8	z_7	z_8	z_0
s_9	z_{10}	z_9	z_0
s_{10}	z_{11}	z_9	z_9
s_{11}	z_{12}	z_9	z_9
s_{12}	z_{12}	z_0	z_0
s_{13}	z_{13}	z_9	z_9

3.3 Управляющие воздействия

Входом в управляющий автомат являются преобразованные внешние воздействия, выходы – это два типа управляющих воздействий: импульсные и потенциальные.

Импульсные микрокоманды – 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. В Таблице 5 приведены импульсные микрокоманды.

Импульсные микрокоманды:

Таблица 5: Импульсные микрокоманды

Обозначение	Расшифровка
i_1	Откл/вкл индикатора
i_2	Увеличение дней на один
i_3	Увеличение часов на один
i_4	Увеличение минут на один
i_5	Вкл/выкл тактового сигнала секундомера
i_6	Сброс секундомера
i_7	Вкл/выкл режима будильник
i_8	Увеличение часов для будильника на один
i_9	Увеличение минут для будильника на один
i_{10}	Изменение am/pm
i_{11}	Изменение am/pm для будильника

Потенциальные микрокоманды – это продолжительное воздействие, которое действует в период нахождения автомата в определенном состоянии и может измениться только при переключении автомата в другое состояние.

Потенциальные микрокоманды:

- L1 – отображение дней;
- L2 – отображение часов;
- L3 – отображение минут;
- L4 – отображение минут у таймера;
- L5 – отображение секунд у таймера;
- L6 – отображение часов у будильника;
- L7 – отображение минут у будильника;
- L8 – зажигание диода меню настроек;
- L9 – зажигание диода дополнительных функций;
- L10 – отображение am/pm;
- L11 – отображение am/pm у будильника;

3.4 Минимизация функции

В соответствии с закодированными состояниями были построены таблицы истинности для преобразований FL и F. В Таблице 6 приведена таблица истинности кодирования переходов состояний и импульсных микрокоманд. В Таблице 7 приведена таблица истинности кодирования потенциальных микрокоманд.

Здесь a, b – вход с кнопок, q1, q2, q3, q4 – текущее состояние, Q1, Q2, Q3, Q4 – следующее состояние, i1 - i10 - импульсные управляющие микрокоманды, L1 – L9 – потенциальные управляющие микрокоманды.

a	b	q1	q2	q3	q4		Q1	Q2	Q3	Q4
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
a	b									
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
a	b									
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
a	b									
1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
a	b									
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
a	b									
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
a	b									
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
a	b									
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
a	b									
1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1
a	b									
1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
a	b									
1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1

Таблица 6: Таблица истинности кодирования переходов состояний.

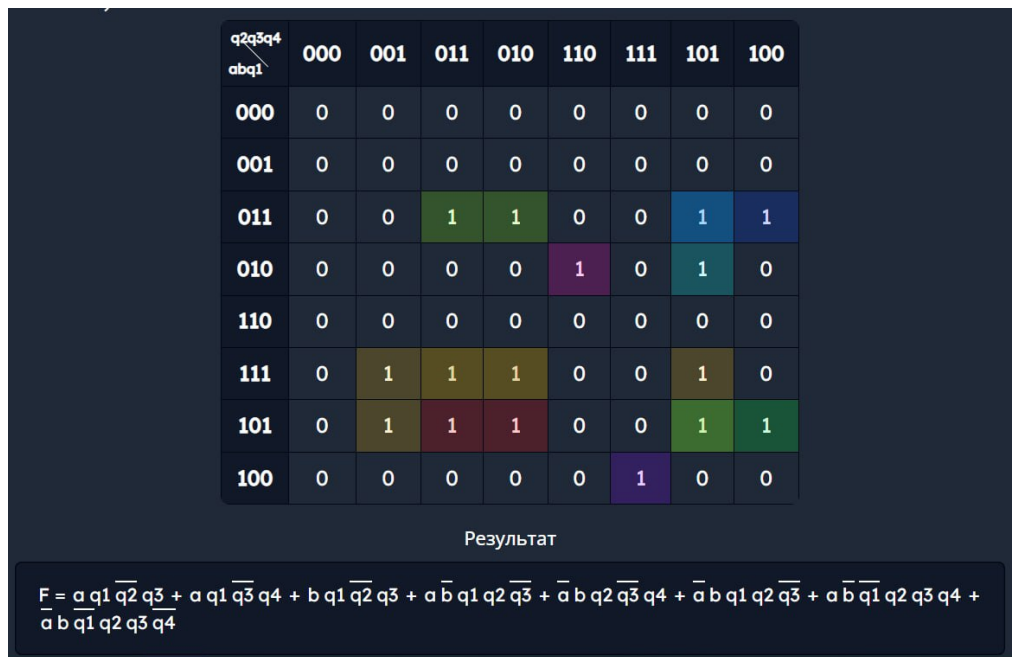


Рис. 2: Карта Карно и минимизация Q_1 .



Рис. 3: Карта Карно и минимизация Q_2 .



Рис. 4: Карта Карно и минимизация Q_3 .



Рис. 5: Карта Карно и минимизация Q_4 .

3.4.2 Минимизация для L1 - L9

На Рис. 6-16 приведены минимизация соответственно для L1 - L9 при помощи Карт Карно.

$\begin{matrix} q_3q_4 \\ \diagdown \\ q_1q_2 \end{matrix}$	00	01	11	10
00	1	0	1	1
01	0	0	0	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Результат

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

Рис. 6: Минимизация для L_1 .



Рис. 7: Минимизация для L_2 .

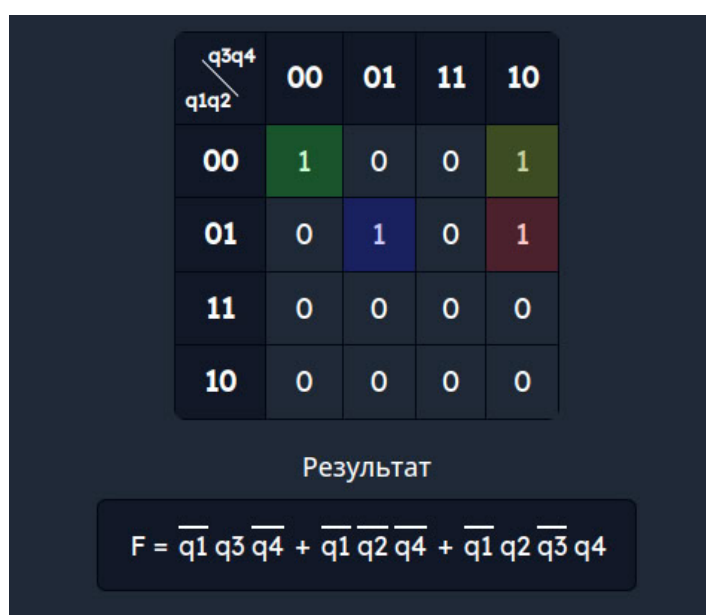


Рис. 8: Минимизация для L_3 .

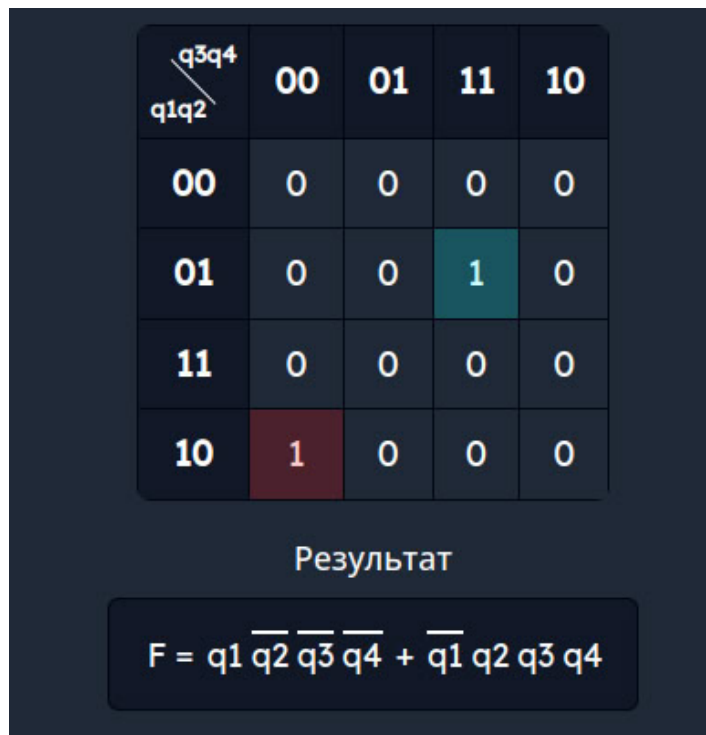


Рис. 9: Минимизация для $L_4 - L_5$.

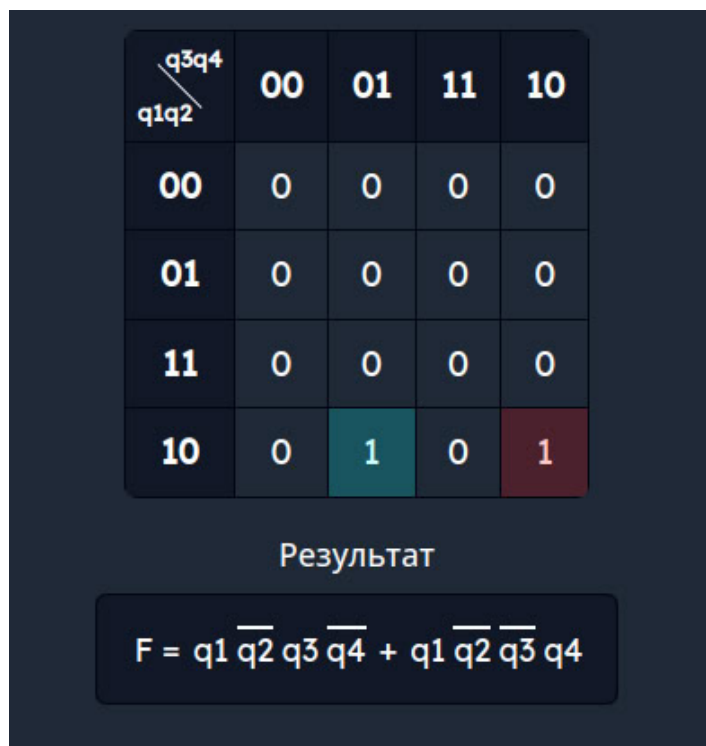


Рис. 10: Минимизация для L_6 .

$\begin{array}{c} q_3q_4 \\ \diagdown \\ q_1q_2 \end{array}$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	1	1	0

Результат

$F = q_1 \overline{q_2} q_4$

Рис. 11: Минимизация для L_7 .

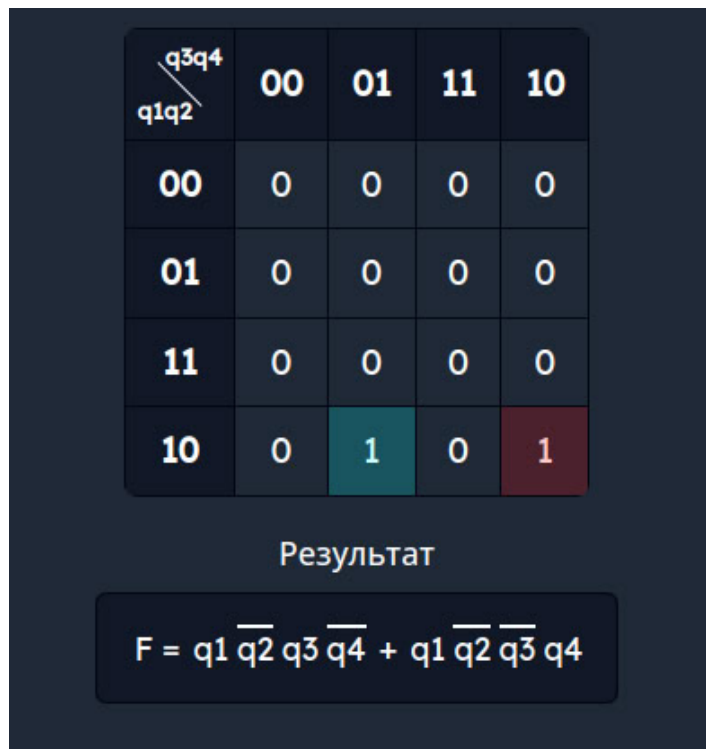


Рис. 12: Минимизация для L_6 .

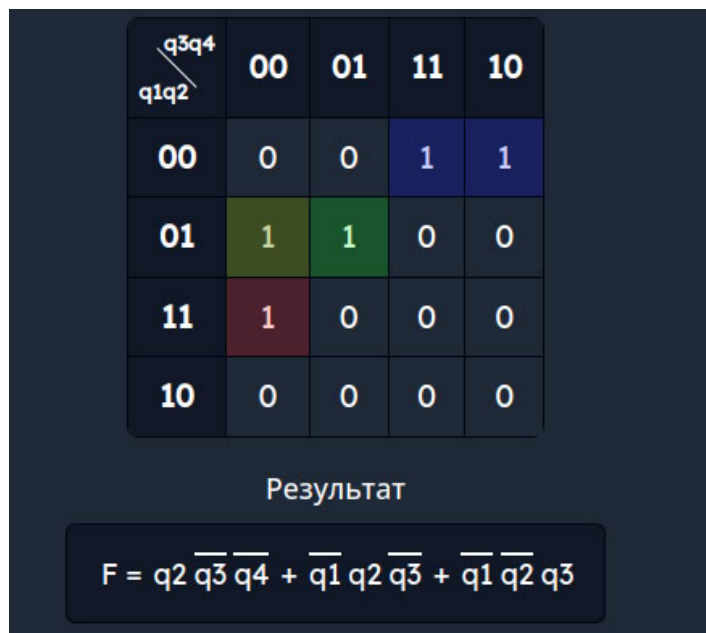


Рис. 13: Минимизация для L_8 .



Рис. 14: Минимизация для L_9 .

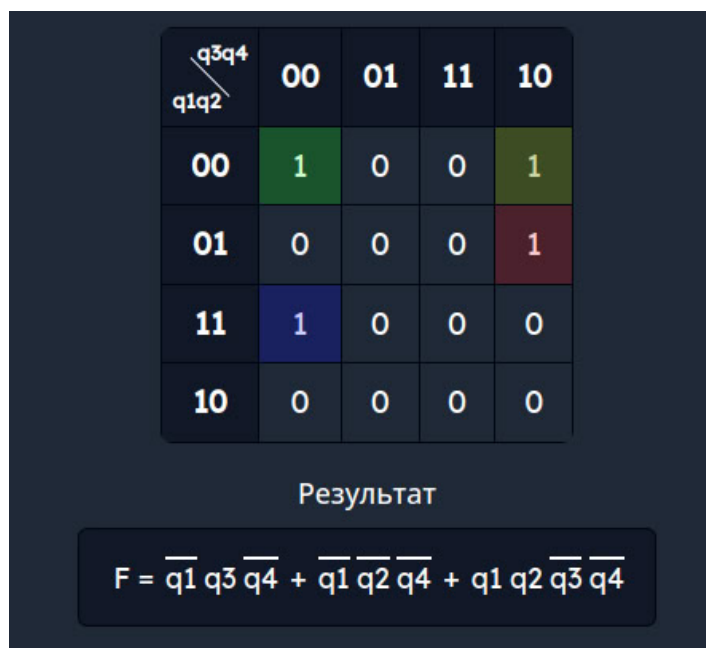


Рис. 15: Минимизация для L_{10} .

$\begin{array}{c} q_3q_4 \\ \hline q_1q_2 \end{array}$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	0	0
10	0	1	0	0

Результат

$$F = q_1 \overline{q_3} q_4$$

Рис. 16: Минимизация для L_{11} .

3.4.3 Минимизация для $i_1 - i_{10}$

На Рис.17-28 приведены минимизации соответственно для $i_1 - i_{11}$ при помощи карт Карно.

q2q3q4 abq1	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	1	0	0	0	0	0	0

Результат

$$F = a \bar{b} \bar{q1} \bar{q2} \bar{q3} q4$$

Рис. 17: Минимизация для i_1 .

q2q3q4 abq1	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	1	0	0	0	0	0

Результат

$$F = a \bar{b} \bar{q1} \bar{q2} \bar{q3} q4$$

Рис. 18: Минимизация для i_2 .

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ abq_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	1

Результат

$$F = a \bar{b} \bar{q_1} q_2 \bar{q_3} \bar{q_4}$$

Рис. 19: Минимизация для i_3 .

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ abq_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0

Результат

$$F = a \bar{b} \bar{q_1} q_2 \bar{q_3} q_4$$

Рис. 20: Минимизация для i_4 .

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ a b q_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	1	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	1	0	0

Результат

$$F = a \bar{b} \bar{q}_1 q_2 q_3 q_4 + a \bar{b} q_1 \bar{q}_2 \bar{q}_3 \bar{q}_4$$

Рис. 21: Минимизация для i_5 .

$\begin{matrix} q_2 q_3 q_4 \\ a b q_1 \end{matrix}$	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	1	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	1	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0

Результат

$$F = \bar{a} b \bar{q}_1 q_2 q_3 q_4 + \bar{a} b q_1 \bar{q}_2 \bar{q}_3 \bar{q}_4$$

Рис. 22: Минимизация для i_6 .

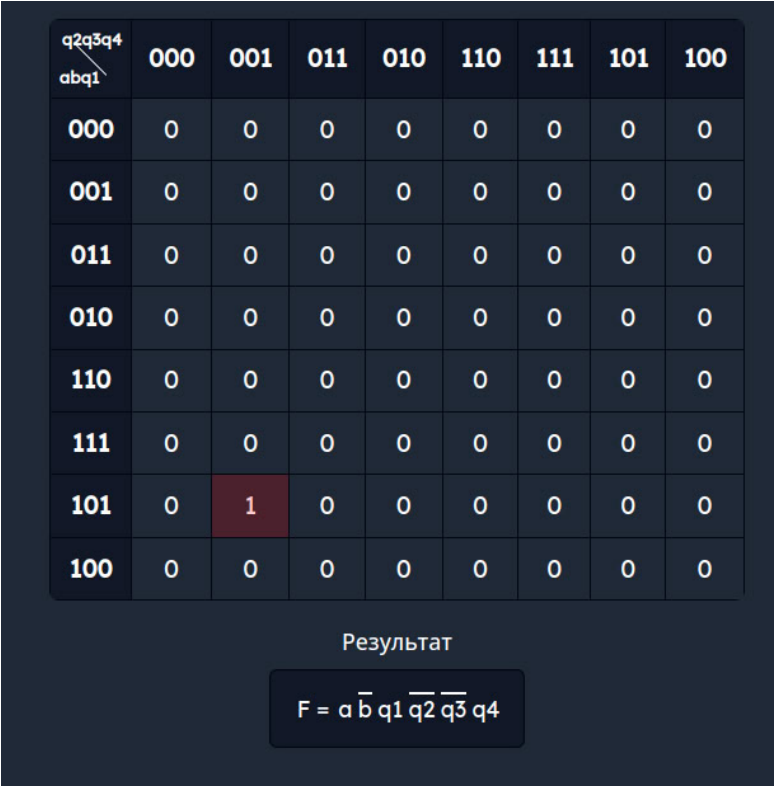


Рис. 23: Минимизация для i_7 .



Рис. 24: Минимизация для i_8 .

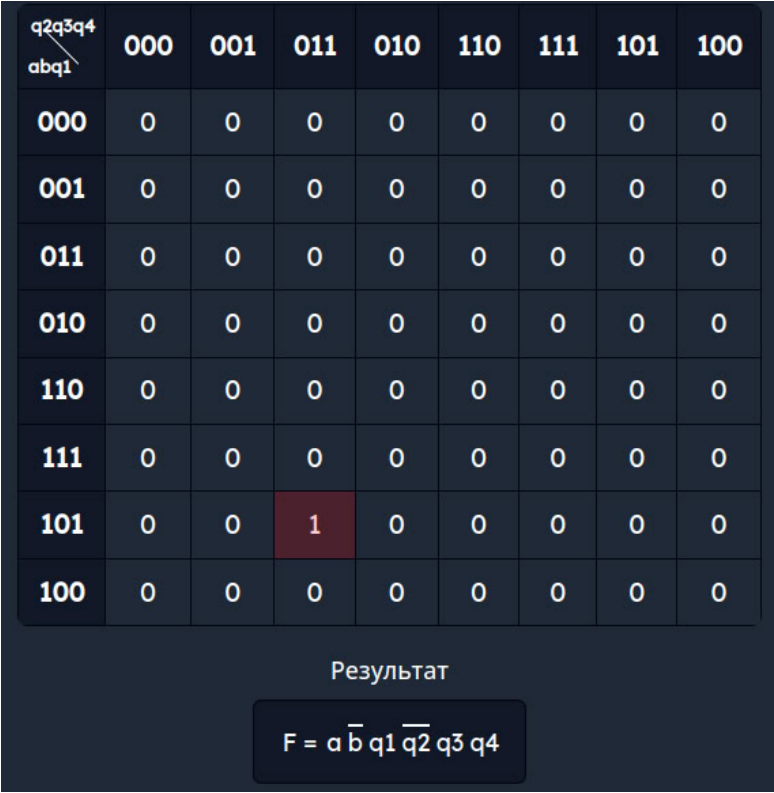


Рис. 25: Минимизация для i_9 .



Рис. 26: Минимизация для i_{10} .

q2q3q4 abq1	000	001	011	010	110	111	101	100
000	0	0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	0	0	0	0	0	0
011	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	1	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0

Результат

$$F = a \bar{b} q_1 q_2 \bar{q}_3 q_4$$

Рис. 27: Минимизация для i_{11} .

4 Схемотехническая реализация

4.1 Анализ схемотехнических элементов

4.1.1 Индикаторный преобразователь (ИП)

Индикаторный преобразователь (ИП) предназначен для преобразования двоичного кода отображаемого символа в сигналы, управляющие семисегментными индикаторами. Каждый индикатор состоит из семи сегментов, которые при определённой комбинации включения формируют изображение нужного символа. Для получения корректной индикации необходимо подать напряжение на соответствующие сегменты, чтобы каждый из них «загорелся» и отобразил правильную цифру или букву.

В ходе работы было создано три варианта ИП:

1. Для отображения цифр от 0 до 9.
2. Для отображения букв: п, н, в, т, с, р, ч, б.
3. Для отображения индикаторов «am» и «pm».

На Рисунках 28–30 показаны схемы данных преобразователей.

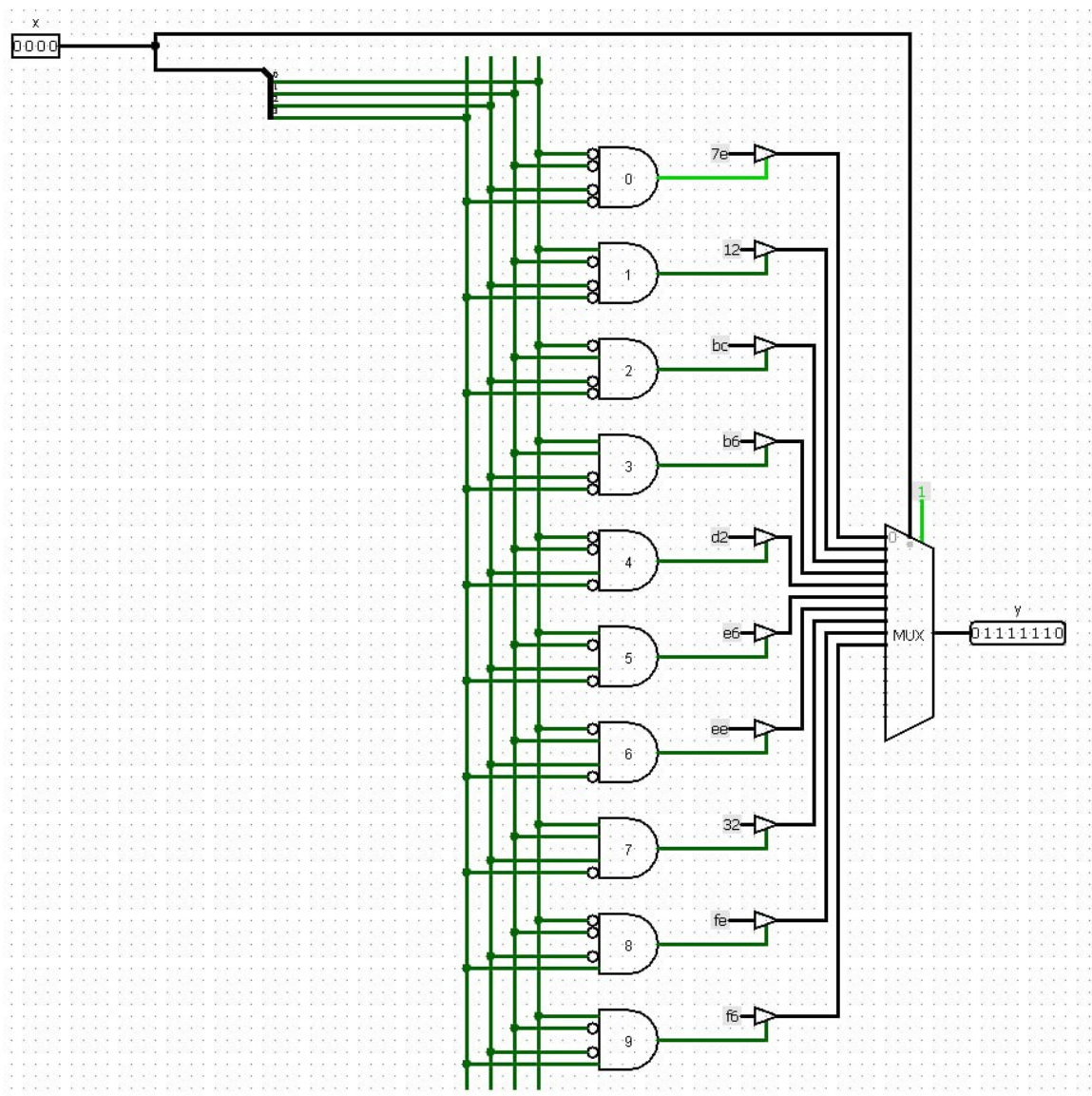


Рис. 28: Индикаторный преобразователь для числа

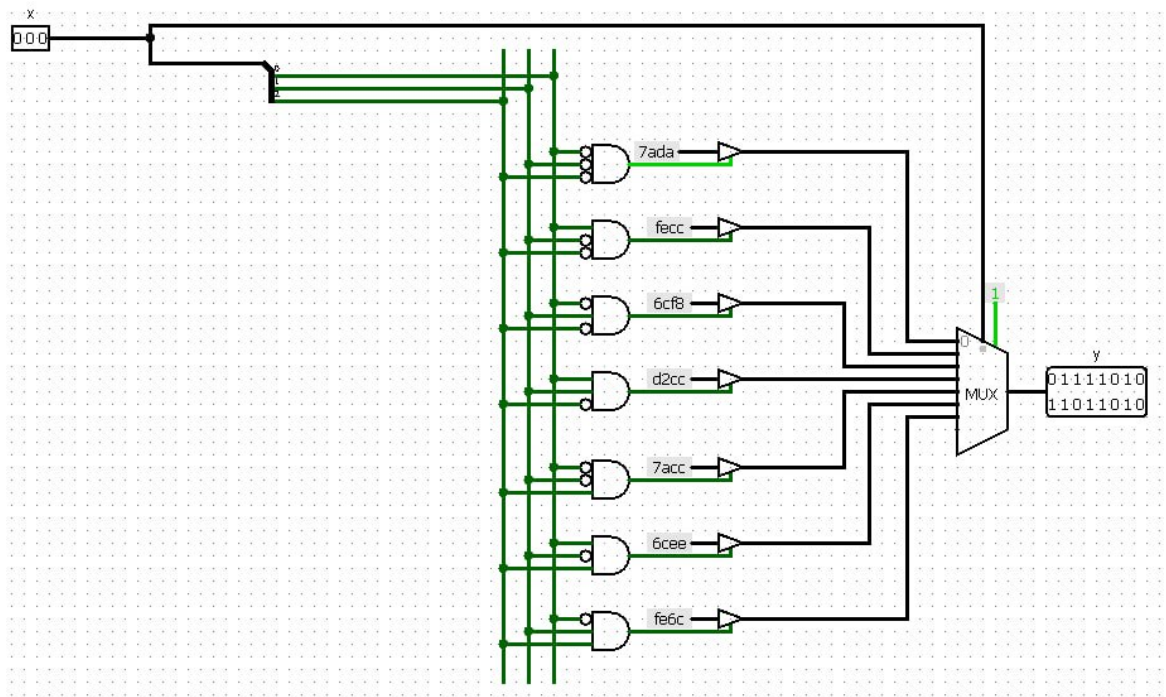


Рис. 29: Индикаторный преобразователь для дней

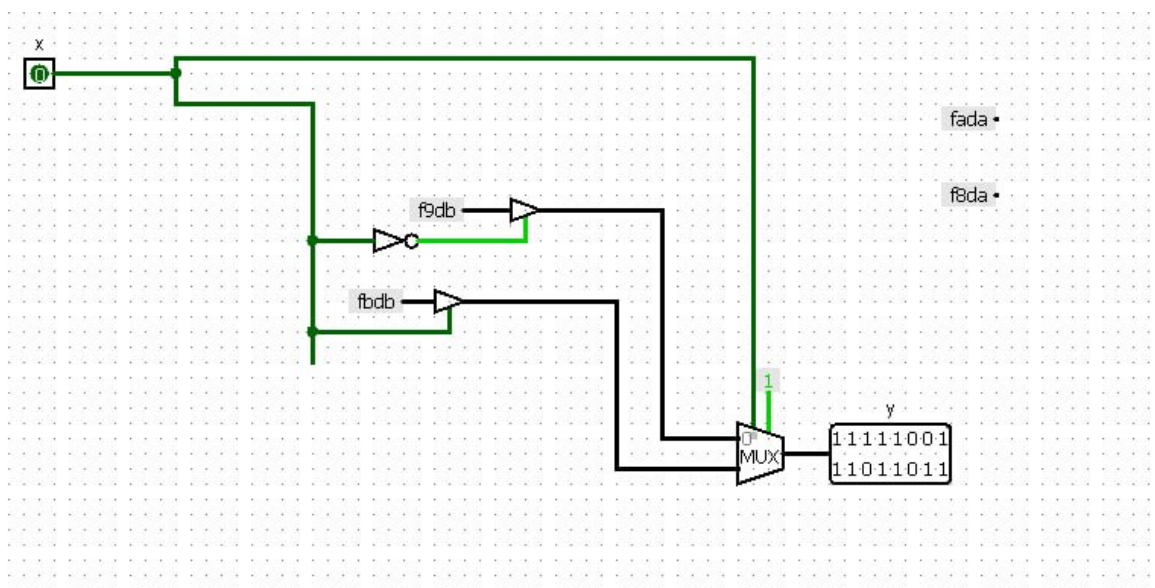


Рис. 30: Индикаторный преобразователь для am, pm

4.1.2 Тактовый генератор

Генератор тактовых импульсов, или генератор тактовой частоты, представляет собой устройство, формирующее периодические электрические сигналы заданной формы и частоты, служащие для синхронизации различных цифровых систем. Его применение чрезвычайно широко: от вычислительной техники (ЭВМ и микропроцессорных систем) до электронных часов, таймеров и прочих приборов, в которых важно обеспечить чёткий ритм выполнения операций.

Типичным выходным сигналом генератора тактовых импульсов является прямоугольная последовательность импульсов с заданным периодом. Эта последовательность выступает в роли эталонного временного стандарта: путём подсчёта количества импульсов можно напрямую опре-

делять временные интервалы, а также гарантировать слаженную работу всех модулей системы, которые должны выполнять операции в строго отведённые моменты времени.

В рамках выполняемой курсовой работы используется тактовый генератор с частотой 1 Гц. Данная частота означает, что за одну секунду генерируется один тактовый импульс. Такая низкая частота, как правило, упрощает процесс наблюдения и отладки системы, позволяя визуально отслеживать переключения состояний и оценивать корректность функционирования отдельных элементов.

4.1.3 Счётчик

Счётчик — это устройство, которое выполняет подсчёт поступающих на его тактовый вход импульсов и хранит двоичный код их количества. По мере прихода каждого нового импульса состояние счётчика изменяется: оно может увеличиваться на единицу (суммирующий счётчик), уменьшаться на единицу (вычитающий счётчик) или модифицироваться по заданному алгоритму.

Ключевым параметром счётчика является его коэффициент пересчёта K . Этот показатель определяет максимальное число подсчётных импульсов, которые может зарегистрировать счётчик. Рассматривая счётчик как конечный автомат, можно сказать, что коэффициент пересчёта K равен количеству различных состояний устройства. По достижении данного максимума (после K переключений) счётчик возвращается в исходное состояние.

Для удобства эксплуатации устройство имеет не только тактовый вход, но и вход «Уст.0» (сброс). При подаче на этот вход сигнала логической единицы состояние счётчика устанавливается в нулевой код.

4.1.4 Триггер

Триггер — это устройство, имеющее два устойчивых состояния и способное сохранять один бит информации неограниченно долго, до тех пор, пока не будет изменён сигналом на его входах. Различные типы триггеров определяются условиями, при которых происходит смена их состояния.

Рассмотрим работу D-триггера. Если на выходе Q установлен логический уровень «1», а на выходе \overline{Q} — «0», то считается, что триггер находится в единичном состоянии. Если же на Q — «0», а на \overline{Q} — «1», то говорят, что триггер сброшен в нулевое состояние. Выход \overline{Q} при этом всегда принимает значение, обратное уровню на выходе Q .

Непосредственная установка или сброс триггера осуществляется подачей низкого уровня напряжения на входы S (Set — установка) или R (Reset — сброс) соответственно. Недопустимо одновременно подавать логический ноль на оба этих входа. Если же низкий уровень присутствует на одном из входов S или R , то сигналы на входах D (данные) и C (тактовый сигнал) не влияют на состояние триггера.

Основную роль в работе триггера играют входы D и C . Триггер передаёт значение, подаваемое на вход D , на выход Q в момент положительного фронта (перепада) тактового сигнала C . В периоды постоянного уровня или при отрицательном перепаде на C состояние Q не меняется. Чтобы переключение произошло корректно, значение на входе D должно быть установлено заранее, до прихода тактового импульса на C . Минимальный промежуток времени между изменением сигнала на D и моментом срабатывания на C называется защитным интервалом. При нормальной работе триггера на входах R и S поддерживается высокий логический уровень.

4.1.5 Преобразователь внешних воздействий

В представленном решении конечный автомат (КА) получает входные сигналы от преобразователя внешних воздействий, который реагирует на нажатие одной или обеих кнопок, а также

сигнал s , определяющий переход системы часов из одного состояния в другое. Другими словами, набор внешних воздействий сводится к определённому логическому коду, который служит входом для КА.

На выходе конечный автомат формирует как импульсные, так и потенциальные (постоянные по уровню) управляющие команды. Эти выходные сигналы воздействуют на остальные элементы схемы электронных часов, задавая ритм их работы, инициируя переключение режимов отображения или запуск дополнительных функций.

Чтобы гарантировать надёжную работу системы, преобразователь внешних воздействий и КА должны быть синхронизированы с тактовыми импульсами. Это позволяет избежать нестабильных состояний и обеспечить корректное реагирование на нажатия кнопок и изменение логических сигналов.

4.1.6 Мультиплексор (MUX)

Мультиплексор (MUX) — это устройство, имеющее несколько входных каналов данных, один или несколько управляющих входов и единый выход. Управляющие сигналы определяют, какой из множества входных сигналов будет подключён к выходу в текущий момент времени. Таким образом, мультиплексор даёт возможность маршрутизировать и выбирать один необходимый сигнал из общего набора.

Благодаря подобному принципу работы, мультиплексоры широко применяются в цифровых системах. Они позволяют эффективно переключать данные между несколькими источниками, экономя на количестве линий связи. Кроме того, мультиплексоры используются для оптимизации логики выбора сигналов, маршрутизации информации в микропроцессорах, реализации различных режимов работы устройств и других задач, связанных с управлением потоками данных.

4.1.7 Компаратор

Компаратор — это устройство, выполняющее сравнение двух входных величин и формирующее выходной сигнал, указывающий на отношение этих величин друг к другу. В частности, компаратор определяет, какой из двух сигналов больше или меньше, либо фиксирует, что они равны. Таким образом, компаратор может служить основой для решения широкого спектра задач — от анализа аналоговых сигналов до сравнения цифровых значений, а также для измерения напряжения, времени, частоты и других параметров.

С помощью способности быстро и точно выявлять соотношения между входными сигналами, компараторы находят применение в цифровых системах управления, схемах обработки сигналов и в составе измерительных приборов, как аналоговых, так и цифровых.

4.1.8 Блок F

Следующее состояние часов определяется поразрядно в блоке F на основании текущих входных сигналов и значений предыдущего состояния. Этот блок анализирует входные данные, логику переключения и различные условия перехода, выдавая на свой выход разряды нового состояния. Эти выходные сигналы затем подаются на входы D -триггеров блока ЭП, обеспечивая обновление состояния часов при поступлении следующего тактового импульса.

На Рисунках 31–33 приведена реализация блока F .

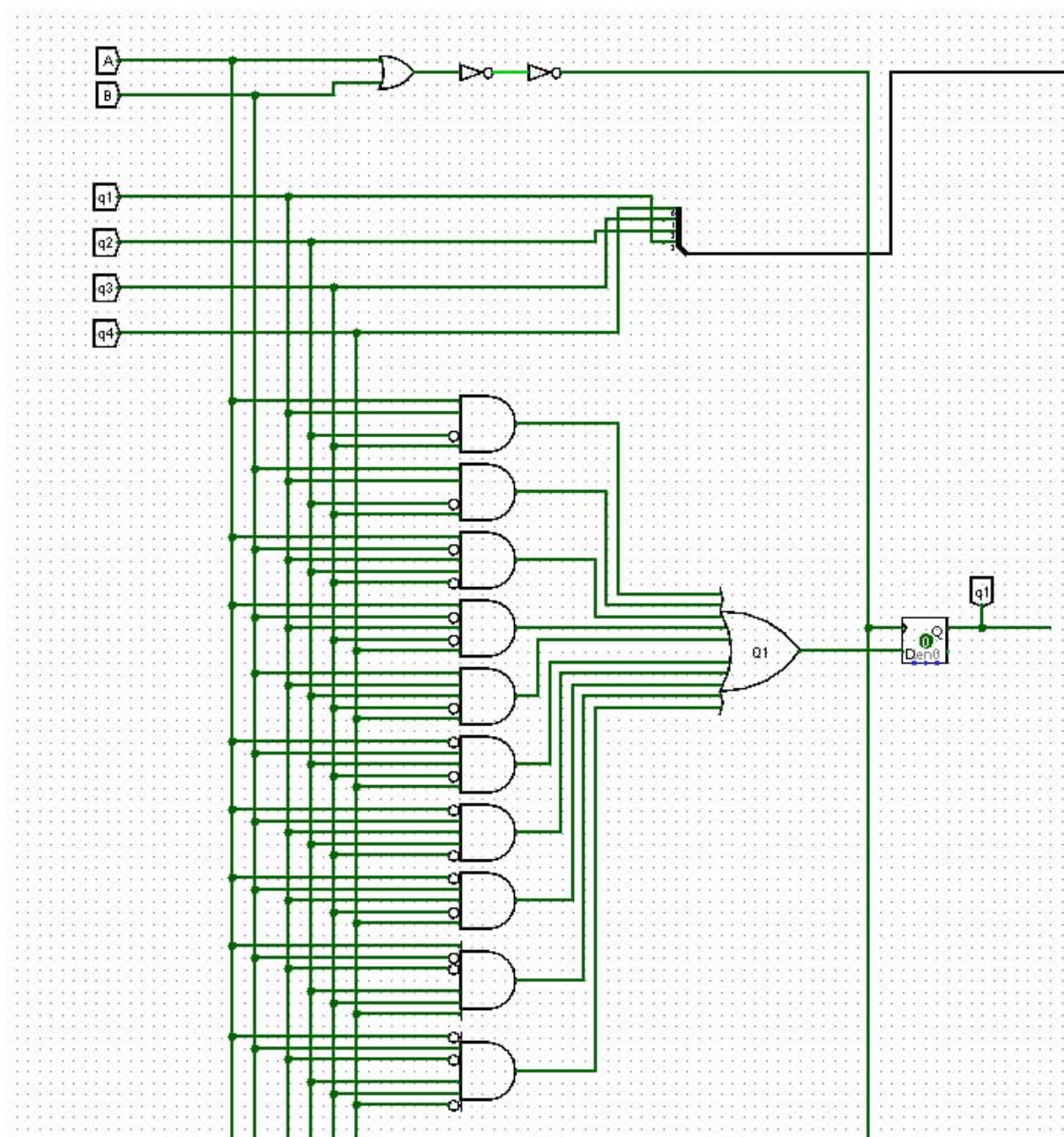


Рис. 31: Блок F часть 1

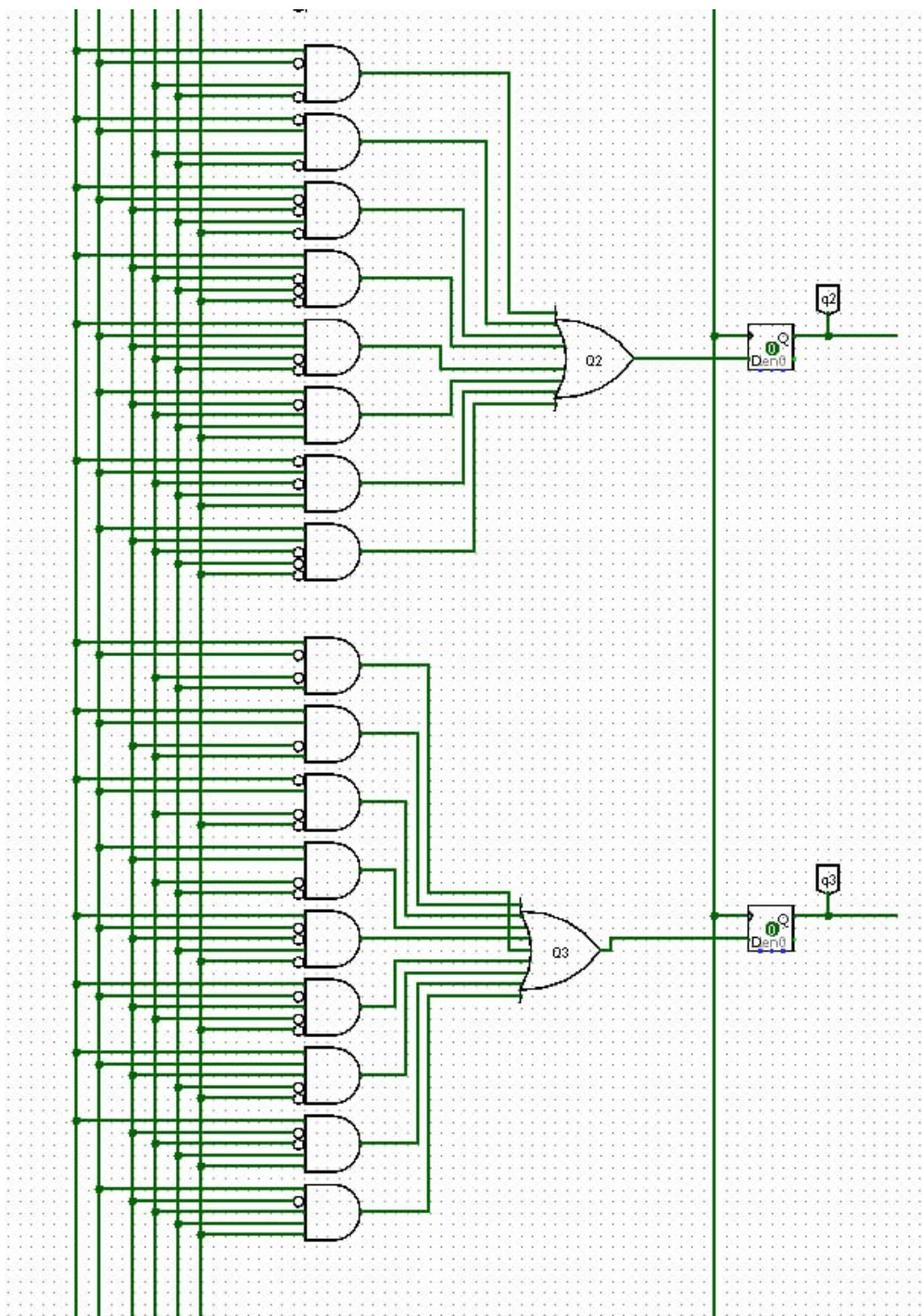


Рис. 32: Блок F часть 2

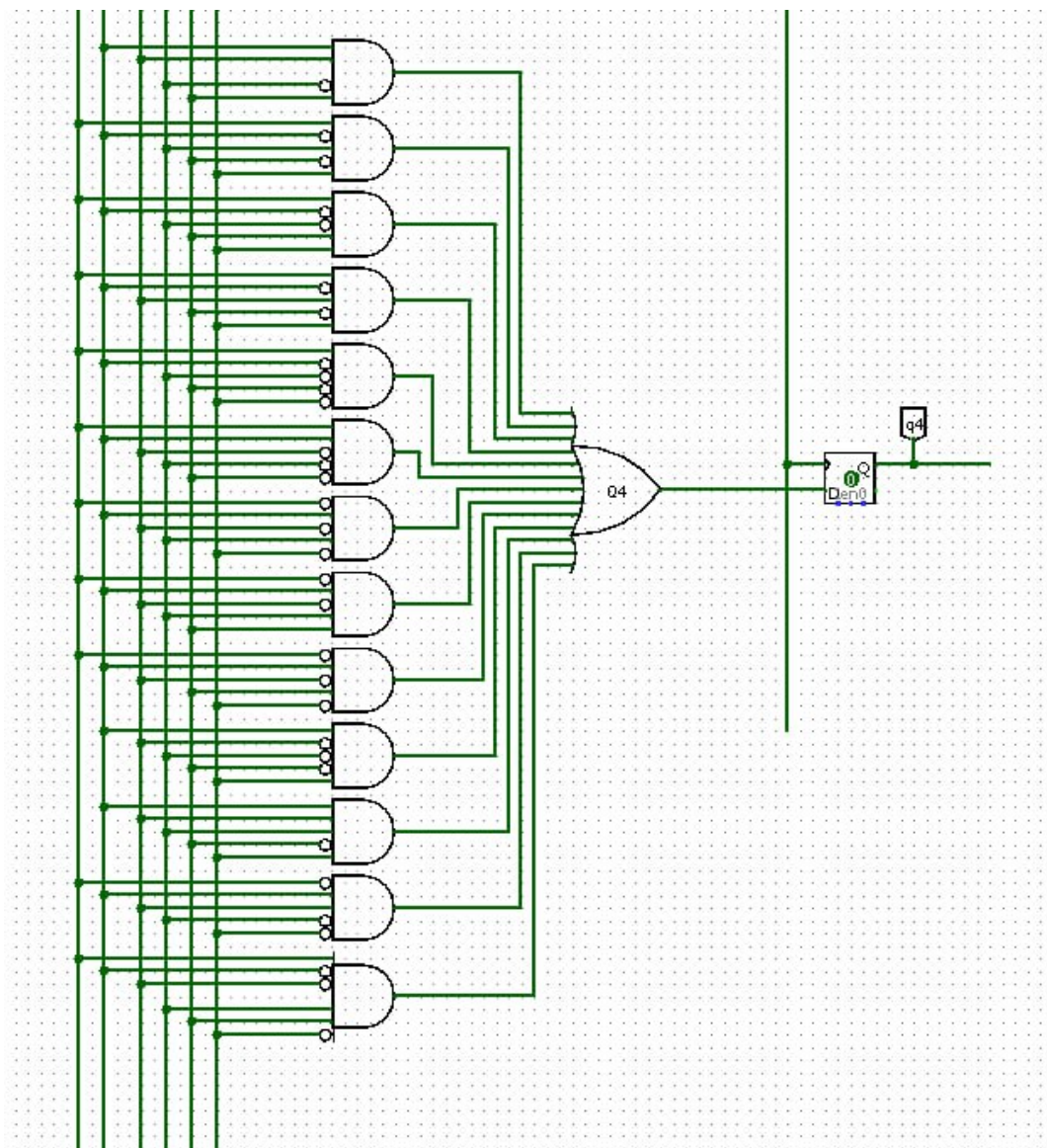


Рис. 33: Блок F часть 3

4.1.9 i -формирователь

Для выполнения различных операций, таких как добавление единицы к показаниям часов или минут при корректировке времени, смена режима a.m./p.m., включение или выключение тактового генератора, а также сброс секундомера, система использует специальные управляющие сигналы типа i . Данные сигналы генерируются блоком, называемым i -формирователь, который является частью конечного автомата управления состоянием электронных часов.

На Рисунке 34 представлена реализация i -формирователя. Данный блок анализирует текущие условия и формирует соответствующие команды i

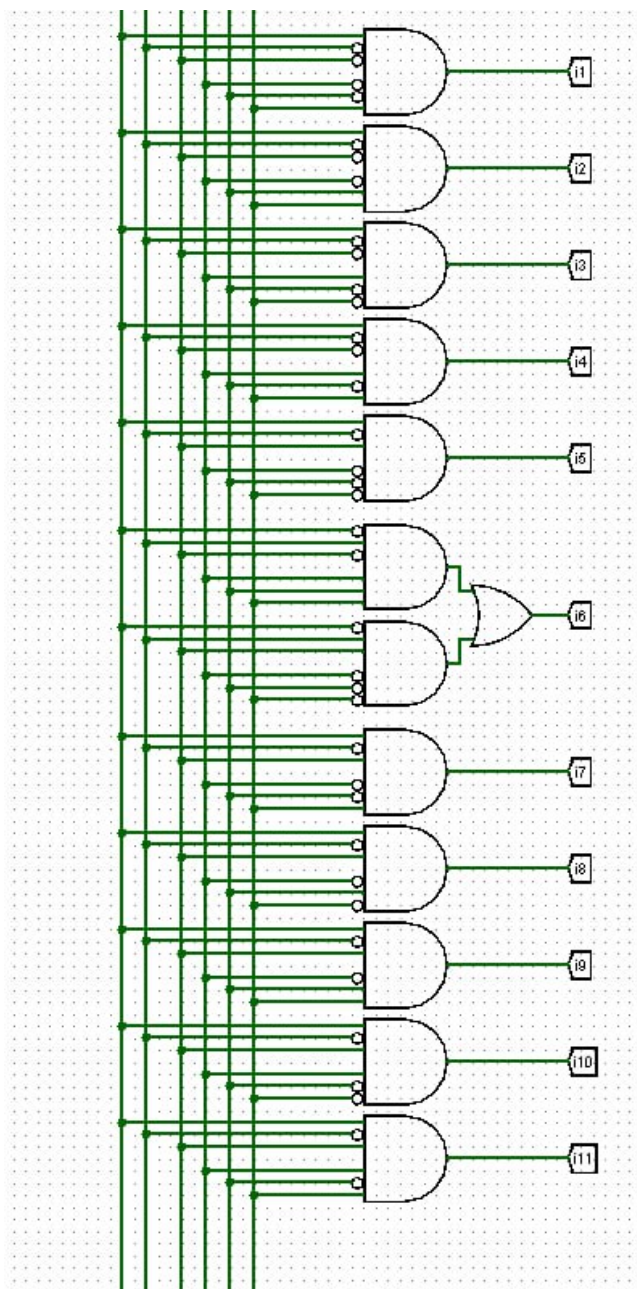


Рис. 34: i-формирователь

4.1.10 Блок FL

Для управления работой индикаторов, а также для подачи тактового сигнала к счётчику, выполняющему функции секундомера, в системе используются так называемые потенциальные команды типа L . Под потенциальными командами понимают сигналы, способные длительное время сохранять своё логическое состояние (уровень напряжения), тем самым оказывая постоянное воздействие на управляемые элементы схемы.

Данные команды формируются в блоке FL — одном из функциональных узлов конечного автомата, отвечающего за упорядоченный переход часов из одного состояния в другое. Этот автомат анализирует входные условия и генерирует соответствующие выходные сигналы, включая потенциальные команды L .

На Рисунке 35 приведена реализация блока FL , в котором последовательно обрабатываются входные сигналы, определяющие режим работы часов, и формируются управляющие действия, необходимые для корректной индикации и синхронизации подсчёта времени.

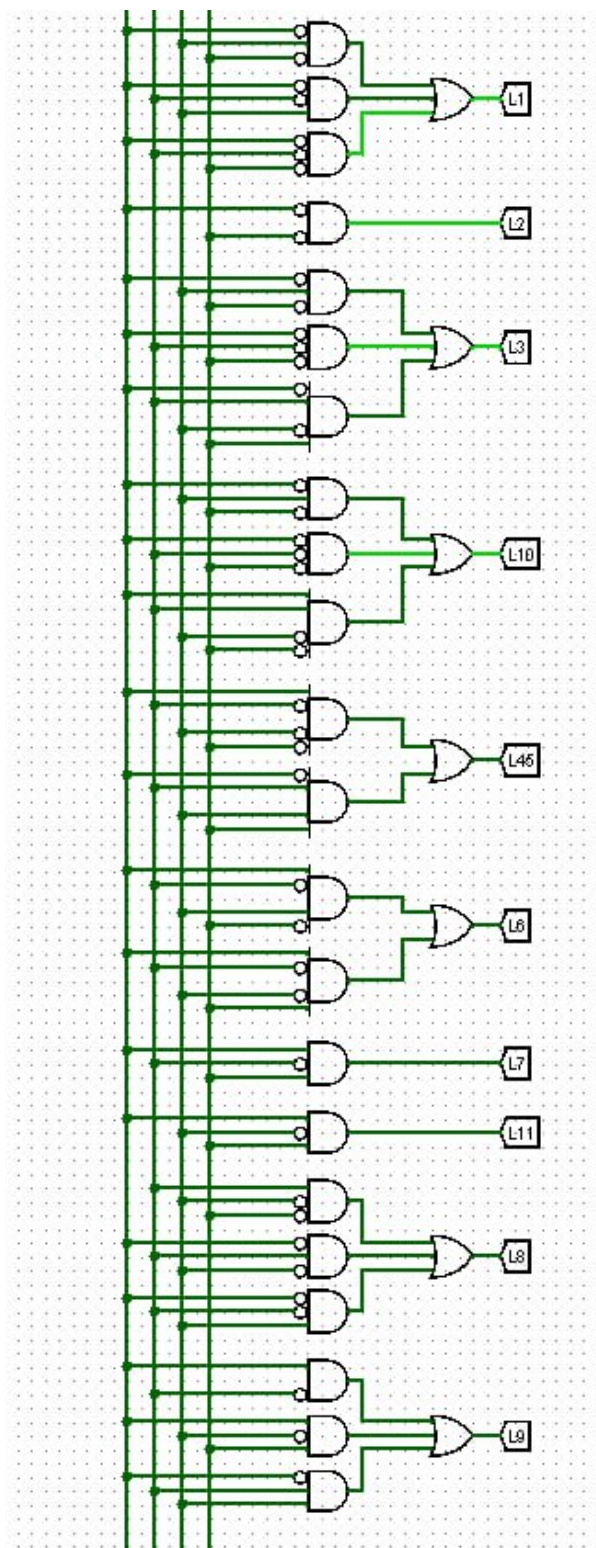


Рис. 35: Блок FL

4.1.11 Интерфейс часов

На Рисунке 36 продемонстрирован интерфейс электронных часов, включающий шесть семи-сегментных индикаторов для отображения времени и других параметров. Кроме того, предусмотрены кнопки «a» и «b», а также их одновременное нажатие, обозначаемое как «ab». Последнее действие эквивалентно ситуации, когда пользователь нажимает сразу обе кнопки.

Для наглядной индикации текущего режима или выбранной опции в системе используются

светодиоды. Два светодиода выполняют роль указателей на текущую страницу меню, ещё один светодиод сигнализирует о режиме работы часов (например, индикация текущего времени, настройка будильника или секундомера), а отдельный светодиод служит эквивалентом звукового сигнала, информируя о срабатывании определённого события (например, сигнала будильника).

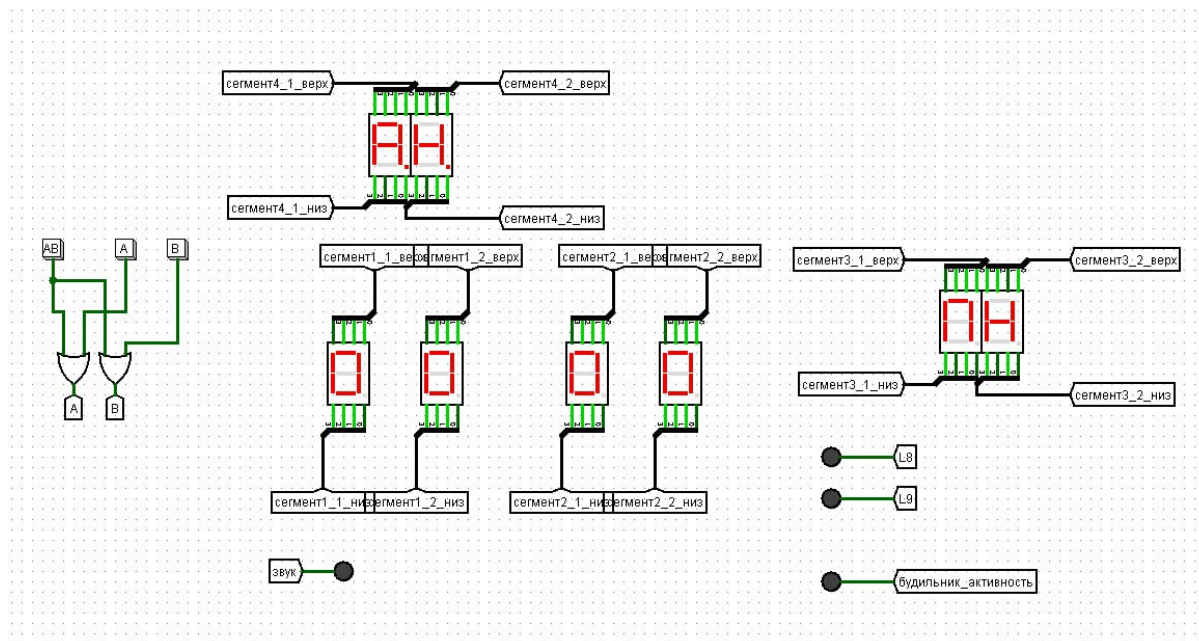


Рис. 36: Интерфейс часов

4.1.12 Хранение и корректировка времени

На Рисунках 37–38 показан функциональный узел, отвечающий за хранение, обновление и корректировку показаний часов. Основу данного узла составляют шесть счётчиков, каждый из которых отвечает за определённый разряд времени или календарной информации: секунды, единицы и десятки минут, единицы и десятки часов, а также дни. Для каждого счётчика установлено максимально допустимое значение. К примеру, максимальное значение для счётчика дней равно 7, для разряда десятков часов — 2, а для единиц минут — 9.

Принцип работы узла заключается в пошаговом увеличении временных разрядов. Секунды прибавляются каждое тактовое событие. Когда секундный счётчик достигает максимума, его сброс приводит к увеличению разряда минут, а по достижении предела в единицах минут происходит переключение в десятки минут и так далее. Таким образом, перенос значений по разрядам осуществляется в момент, когда приходит сигнал о необходимости прибавления, а во всех младших разрядах уже достигнуто их максимальное допустимое значение.

Для обеспечения надёжной и предсказуемой работы при корректировке значений часов введены дополнительные *D*-триггеры в разрядах единиц минут и часов. Эти триггеры позволяют синхронизировать пользовательские команды коррекции, гарантируя, что изменения временных показателей вносятся строго в определённые моменты времени, без возникновения двусмысленных или некорректных состояний.

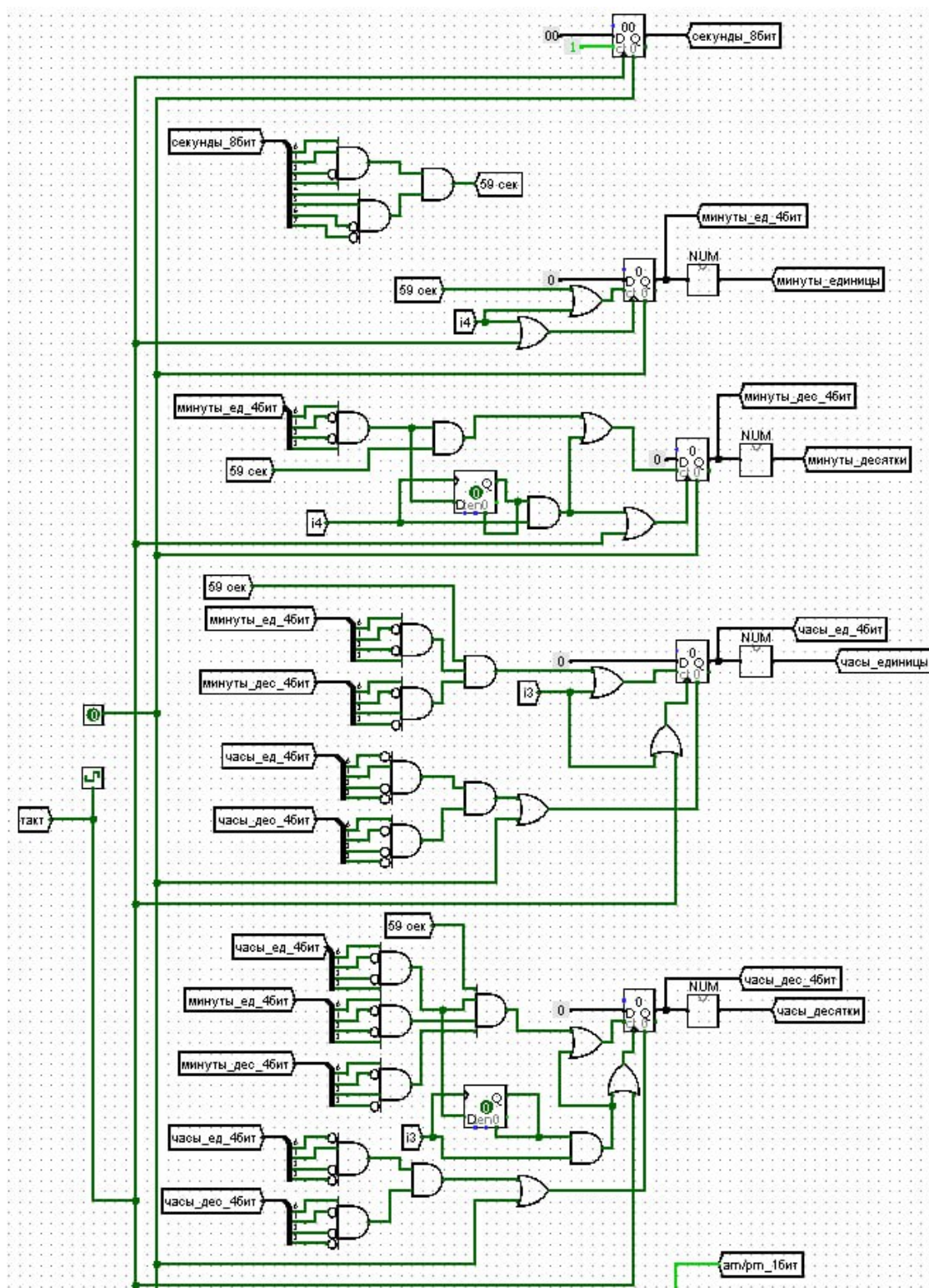


Рис. 37: Блок хранения и корректировки времени часть 1

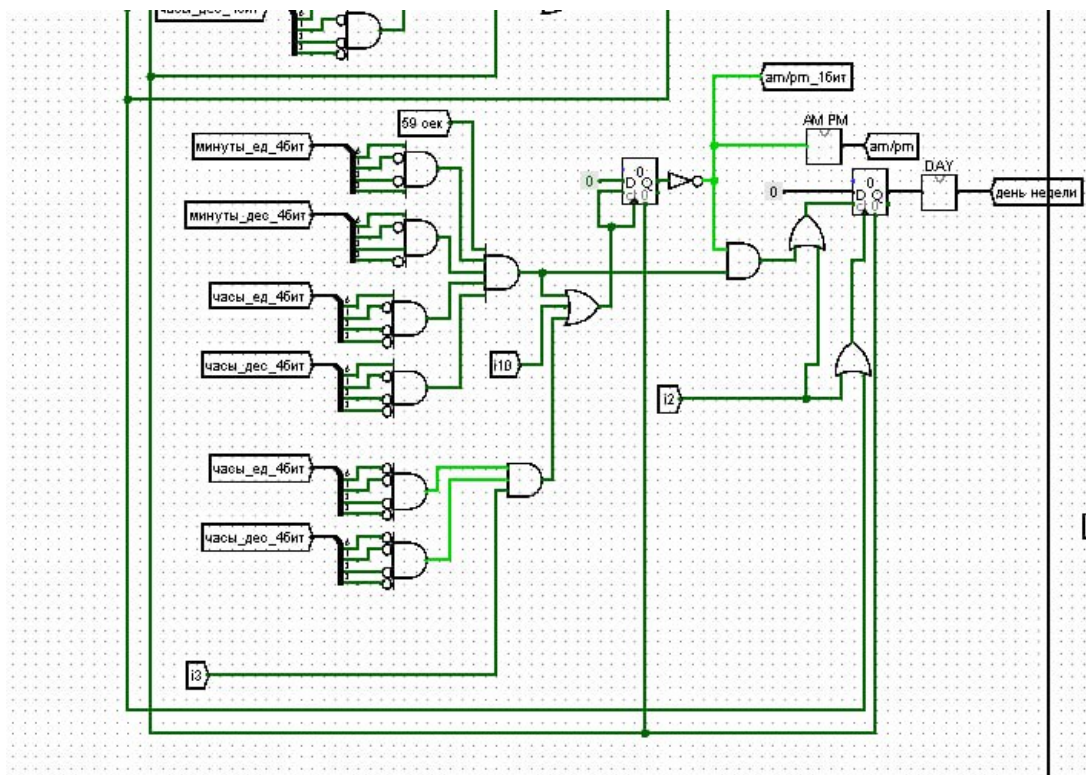


Рис. 38: Блок хранения и корректировки времени часть 2

4.1.13 Секундомер

На Рисунке 39 представлена схема работы секундомера. Структурно он подобен обычным часам, за тем исключением, что пользователь не может самостоятельно изменять его значения. Вместо этого используется специальный счётчик, имеющий максимальное значение 1. При каждом нажатии кнопки «Старт/Стоп» состояние счётчика переключается: если ранее он был в нулевом состоянии, то теперь станет равным единице, и наоборот.

Такой подход гарантирует, что при выключенном секундомере тактовый генератор не подаёт импульсы на счётчик, тем самым останавливая отсчёт времени. Для отображения показаний секундомера на дисплее применяется индикаторный преобразователь (ИП), переводящий двоичный код отсчитанных значений в сигналы, управляющие сегментами индикатора.

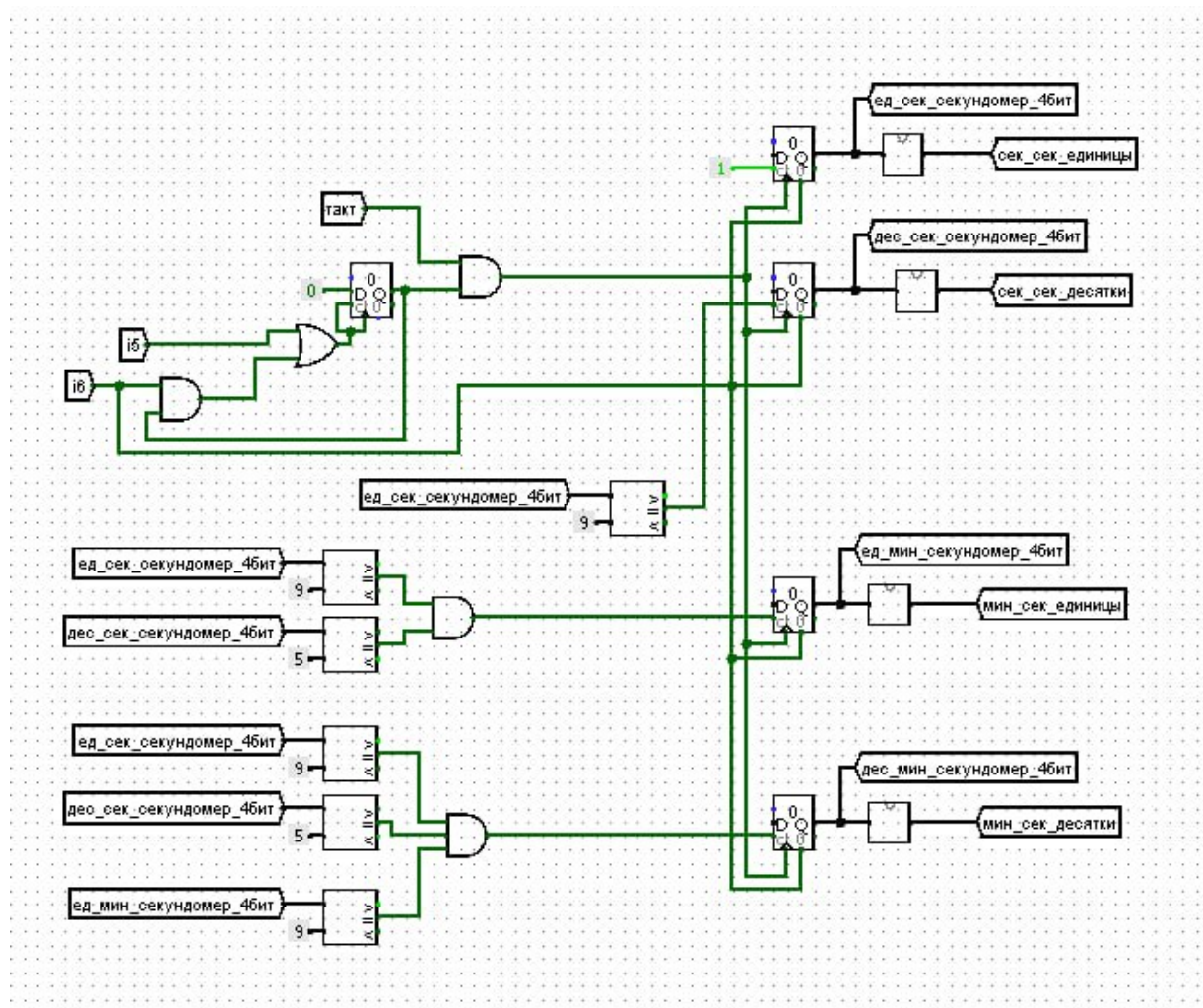


Рис. 39: Секундомер

4.1.14 Будильник

На Рисунке 40 представлена структурная схема работы будильника. Её устройство аналогично схеме обычных электронных часов, за тем лишь исключением, что пользователь может самостоятельно устанавливать время срабатывания и управлять значениями будильника. При достижении заданного момента, будильник генерирует управляющий сигнал, запускающий звуковое оповещение.

Для настройки будильника предусмотрены специальные органы управления, позволяющие корректировать значения часов и минут, а также включать или отключать сигнал. Ключевые элементы схемы — счётчики, триггеры и логические элементы — действуют совместно, обеспечивая надёжное и точное срабатывание будильника в нужный момент.

Подобная архитектура облегчает интеграцию будильника в состав более сложной системы. Например, сигналы от будильника могут использоваться для запуска дополнительных функций часов, расширения режимов работы или формирования комплексных сценариев оповещения.

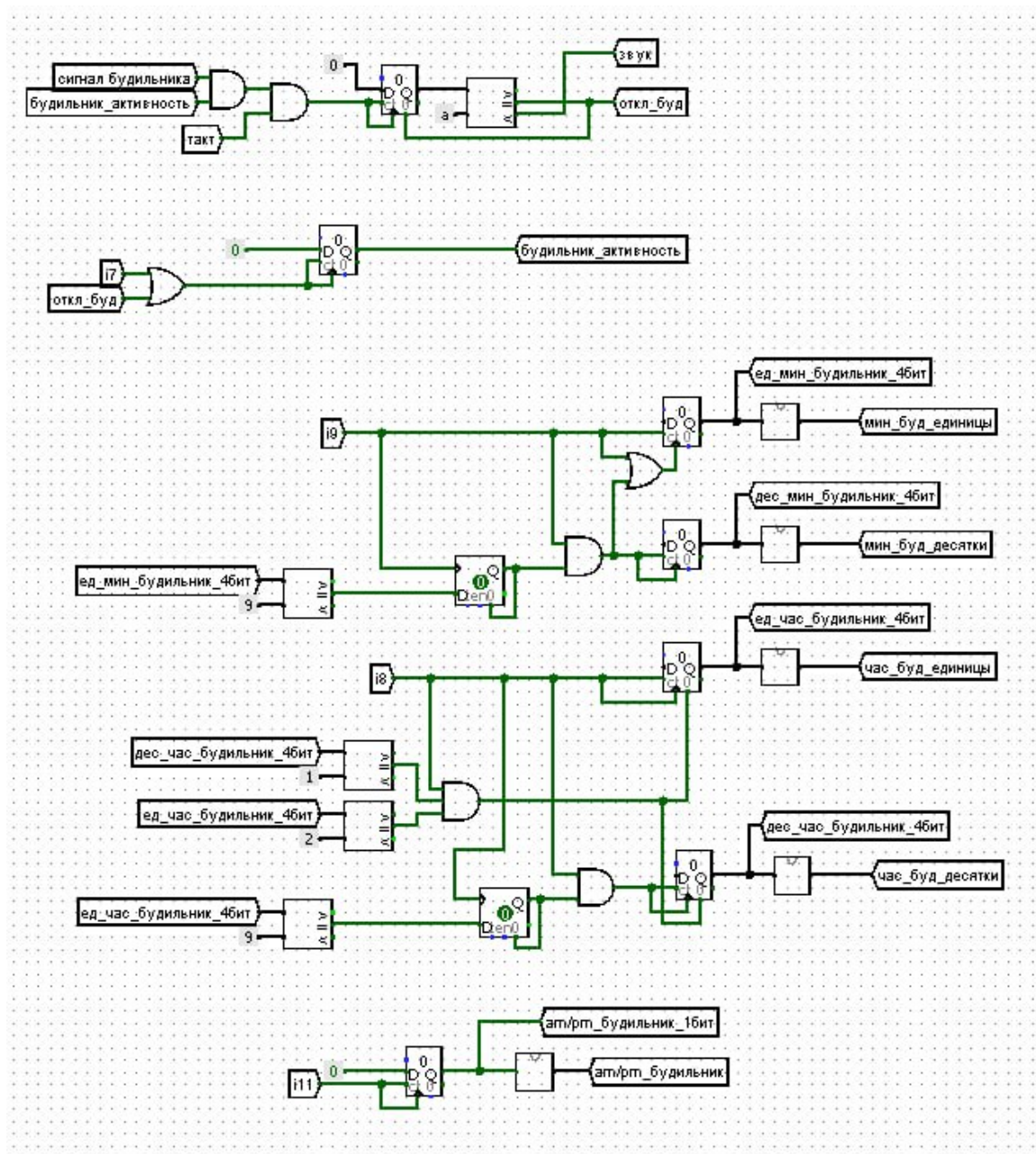


Рис. 40: Будильник

4.1.15 Вспомогательные блоки

На Рисунке 41 показан функциональный блок, который осуществляет разбиение 8-битных двоичных значений на две 4-битные части. Это позволяет отобразить данные на двух отдельных сегментах семисегментного дисплея: один набор разрядов подается на верхнюю часть индикатора, а другой — на нижнюю.

Подобное разбиение упрощает логику формирования изображений цифр и букв, выводимых на экран. Вместо того чтобы работать сразу с 8-битным кодом, можно оперировать более удобными 4-битными половинами, каждая из которых соответствует одной цифре или символу на индикаторе. Такой подход обеспечивает большую гибкость при программировании и повышает наглядность структурной схемы.

Рис. 41: Разбиение 8ми-битных значений на 4ч-битные

На Рисунке 42 представлен блок, осуществляющий переключение различных отображаемых данных. Принцип работы данного узла основан на использовании управляемых буферов, при помощи которых пропускается лишь один из входных сигналов. Потенциальные команды, поступающие на соответствующие управляющие входы буферов, определяют, какое значение окажется на выходе в текущий момент времени.

Подобная архитектура гарантирует, что по общей линии данных одновременно будет проходить только один сигнал. Это упрощает дальнейшую обработку информации и минимизирует риск наложения сигналов или возникновения двусмысленных состояний.

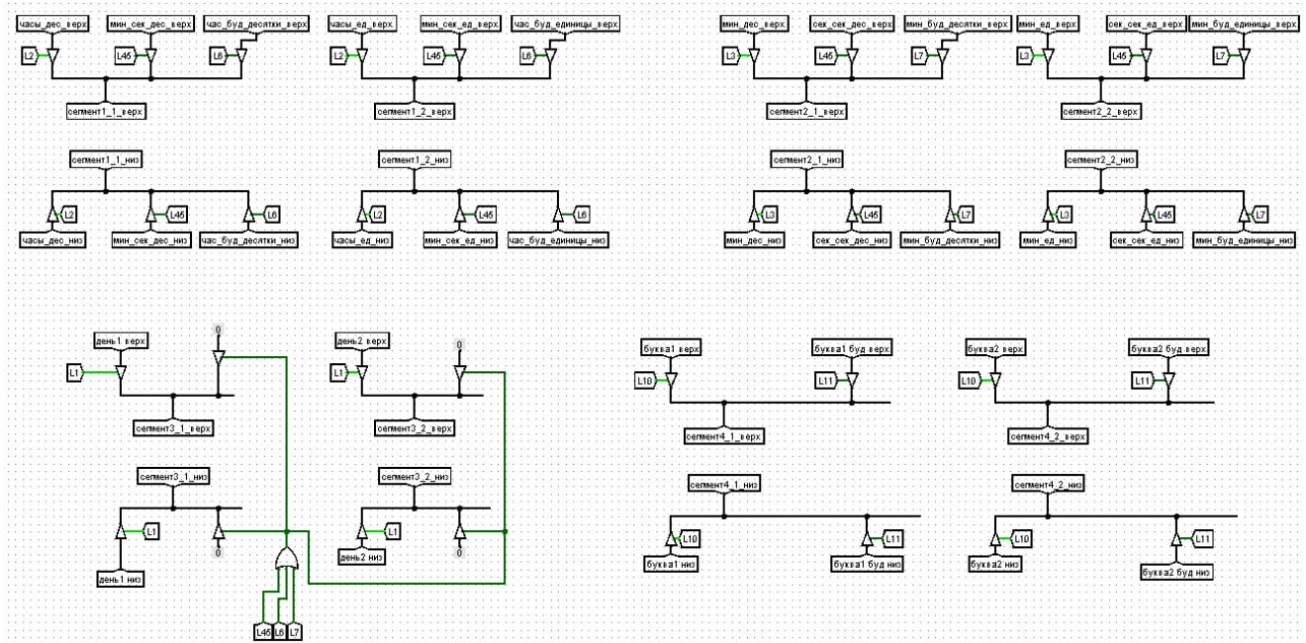


Рис. 42: Переключение отображений

На Рисунке 43 показан блок формирования флагового сигнала, который указывает на совпадение текущего времени с установленным значением будильника. Данный узел анализирует разряды текущего времени и значения будильника, сравнивая их между собой. Если все соответствующие биты совпадают, генерируется выходной сигнал, свидетельствующий о том, что текущее время достигло запрограммированного в будильник значения.

Подобный флаг позволяет осуществлять точное срабатывание будильника, а также использовать сигнал совпадения для запуска других функций системы (например, включение звукового сигнала или переключение индикации).

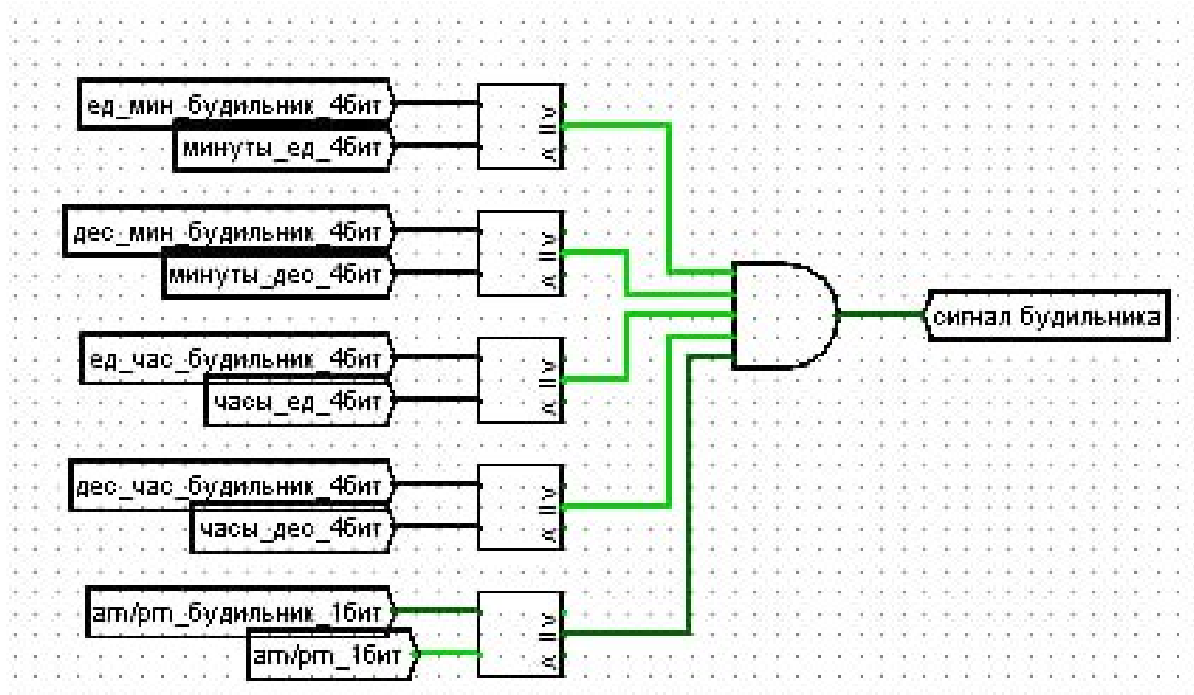


Рис. 43: Формирование сигнала для будильника

5 Расчёт площади схемы

Для расчёта площади необходимо оценить число транзисторов, которое потребуется для создания реальной схемы часов по построенной схеме. Используем следующую таблицу Рис.44:

	Число транзисторов	Число элементов	Всего
Отрицание	1	2	2
AND	5	250	750
OR	6	32	192
Управляемый буффер	6	53	318
Мультиплексор	8	2	16
Компаратор	4	20	80
D триггер	20	10	200
Счетчик	64	19	1216
Итого		388	2774

Рис. 44: Подсчёт количества транзисторов

Для реализации схемы потребуется примерно 2774 транзистора. Производя оценку из расчета 1000 транзисторов на одном квадратном миллиметре площади кристалла, то площадь схемы примерно равна $2,77 \text{ mm}^2$.

Заключение

В ходе выполнения курсовой работы была разработана функциональная схема электронных часов в соответствии с заданным вариантом (17 вариант). Сформированная система реализует следующие функции:

- Отображение и корректировка часов, минут и дня недели;
- 12-часовой формат времени с указанием am/pm;
- Возможность отключения индикатора для экономии электроэнергии;
- Простой секундомер (сброс, запуск, останов);
- Будильник продолжительностью 10 секунд с возможностью отключения.

В процессе проектирования были проанализированы различные режимы работы, определены кодовые представления для состояний конечного автомата и выполнена минимизация функций в блоках F и F_i . Это позволило упростить логику управления и сократить количество используемых логических элементов.

Преимущества:

- Использование минимизированных логических функций уменьшает аппаратную сложность, что повышает надёжность устройства.
- Предусмотрена возможность экономии электроэнергии за счёт отключения индикаторов.
- Реализован 12-часовой формат с индикацией am/pm, а также корректировка дня недели, что упрощает адаптацию устройства к реальным условиям использования.

Недостатки:

- Временные операции (такие как запуск секундомера или срабатывание будильника) зависят от одного тактового генератора, что может вносить небольшие задержки или погрешности.
- Неполноценная коррекция времени: уменьшение значения возможно только путём «пролистывания» вперёд до максимума, что менее удобно при частых корректировках.
- Использование ограниченного числа кнопок может усложнять интерфейс управления и требовать более глубокого меню.
- Кнопки не являются сбалансированным, поскольку часы используют три меню для настроек самхи часов, настройку секундомера и установка будильника. Использование ограниченного числа кнопок, в данном случае две, усложняет интерфейс управления и требует более глубокое меню.

Масштабирование:

- Добавление возможности переключения формата отображения времени (между 12-часовым и 24-часовым).
- Введение функции звуковой индикации в другие моменты времени или расширение опций будильника (настройка громкости, мелодии).
- Отображение дополнительных параметров, например, секунд или полной даты, а также реализация более удобных способов корректировки значений.

Таким образом, в результате данной работы была создана функциональная схема электронных часов, реализующая комплекс базовых возможностей и закладывающая основу для дальнейшего расширения функционала и удобства пользования.

Список литературы

- [1] Методические указания к курсовой работе. [Электронный ресурс] (Дата обращения 10.12.2024)
URL:https://tema.spbstu.ru/userfiles/files/courses/2018-theory-algorithm/KuR_MU.pdf
- [2] Карпов Ю.Г., Теория автоматов — СПб.: Питер, 2003. — 208 с. (Дата обращения 10.12.2024)
- [3] Ф.А.Новиков. Дискретная математика для программистов. СПб: Питер Пресс, 2009г. 364с.
(Дата обращения 10.12.2024)
- [4] Сайт sublime.tools для минимизации картами Карно [Электронный ресурс] (Дата обращения 11.12.2024)
URL:<https://sublime.tools/ru/karta-karno>