

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Институт высоких технологий
Кафедра вычислительной техники

Допускаю к защите
Руководитель  В. Г. Кирий
подпись И.О. Фамилия

Проектирование цифрового автомата
Наименование темы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовой работе по дисциплине

«Теория автоматов»

1.31.00.00 ПЗ
обозначение документа

Выполнил студент группы ЭВМб-16-1


подпись

Т. Р. Усенко
И. О. Фамилия

Нормоконтроль


подпись

В. Г. Кирий
И. О. Фамилия

Курсовая работа защищена с оценкой

отлично

г. Иркутск, 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

По курсу Теория автоматов

Студенту гр. ЭВМб-16-1 Усенко Т. Р.

(фамилия, инициалы)

Тема работы: Проектирование цифрового автомата

Исходные данные: Провести абстрактный и структурный синтез автомата, реализующего управляющий модуль устройства «Коврик танцевальный детский».


Рекомендуемая литература

1. Кирий В. Г. Теория автоматов. Конспект лекций / В. Г. Кирий. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002 – 97с.
2. Кирий В. Г. Теория автоматов. Задачник Изд-е 3, перераб. и доп. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 144с.
3. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем / В.В. Соловьев. – М: Горячая линия – Телеком, 2001, - 636с.
4. Т. Тоффоли, Н. Марголус Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Марголус. – М.: Мир, 1991г. – 278с.
5. Карпов Ю.Г. Теория автоматов / Ю.Г. Карпов – СПб. : Питер, 2003. – 208с.
6. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы / В.Л. Шило – Москва Радио и связь, 1987. – 352с.

Графическая часть на 16 листах

Дата выдачи задания 10.09.2018

Дата представления работы руководителю 26.12.2018.

Руководитель курсовой работы  В. Г. Кирий

Содержание

Введение.....	4
1 Постановка задачи.....	5
2 Определение входного и выходного алфавитов	6
3 Блок-схема алгоритма работы автомата	7
4 Список микроопераций и логических условий.....	8
5 Подбор операционных элементов для реализации микроопераций и логических условий.....	9
5.1 Реализация микрооперации №1	9
5.2 Реализация микроопераций №2, №12 и №16.....	9
5.3 Реализация микроопераций №3, №14 и №15.....	9
5.4 Реализация микрооперации №4.....	10
5.5 Реализация микроопераций №5 и №6.....	10
5.6 Реализация микрооперации №7 и №13.....	12
5.7 Реализация микроопераций №8, №9, №10, №11	12
5.8 Реализация микрооперации №17.....	13
5.9 Реализация микрооперации №18.....	13
5.10 Реализация микроопераций №19 и №20.....	13
6 Листинг элементов	13
7 Каноническая и принципиальная схемы автомата	14
Заключение	15
Список использованных источников	16

Введение

Цель данной курсовой работы – синтез цифрового автомата, который реализует модуль управления детским танцевальным ковриком.

Коврик является не простой игрушкой: это обучающая система, направленная на развитие формирующихся мышц ребёнка, на развитие координации и равновесия, скорости реакции и, возможно, интуиции.

Важно учесть поведение игрока и синтезировать такой автомат, работа с которым была бы простой, очевидной и одновременно интересной. Игра не должна утомлять самого игрока (цикл выдачи заданий должен быть непродолжительным), игра не должна отпугивать своей скоростью (на подобных устройствах часто встречается слишком малое время на выполнение задания: с такой настройкой справятся взрослые, но не дети) и не должна раздражать лишними звуками (сигнал о неверном ходе должен звучать в «крайнем» случае, когда таймер на задание истёк, и игрок за это время так и не сделал верного хода).

Устройство ориентировано на детей 4-6 лет, оно должно иметь небольшие габариты и малую массу (чтобы игрок сам мог переносить устройство), малое количество рабочих областей, то есть шесть вместо распространённых восьми, и быть лишено отображения счёта игры, так как дети в таком возрасте только учатся считать.

1 Постановка задачи

Построить игровой автомат «Коврик танцевальный детский».

Коврик представляет собой разворачиваемую на полу поверхность с областями: нерабочая область (исходная позиция игрока) и 6 рабочих (области вокруг исходной позиции).

Заданием называется указание игроку наступить ногой на одну или двумя ногами на две области за отведённый промежуток времени (2 секунды). Текущее задание (ТЗ) отображается на специальном приборе из шести лампочек: если сейчас нужно нажать только на область 3, горит соответствующая лампочка.

За всю игру выдаётся 30 заданий.

Если игрок делает неверный ход (пропуск хода в том числе), задание остаётся прежним до истечения таймера (есть возможность всё-таки выполнить задание, пока таймер не истёк). По истечении таймера звучит сигнал «Неверный ход», счётчик ошибок инкрементируется.

Если игрок правильно выполняет задание до того, как таймер на выполнение ТЗ истечёт, задание заканчивается.

В обоих случаях затем генерируется новое задание, кроме случаев:

- если количество выданных заданий равно 30 (конец игры);
- если количество ошибок равно 10 (досрочный конец игры).

При количестве верных ходов, равном 21 и больше, звучит сигнал «Вы выиграли», иначе – «Вы проиграли».

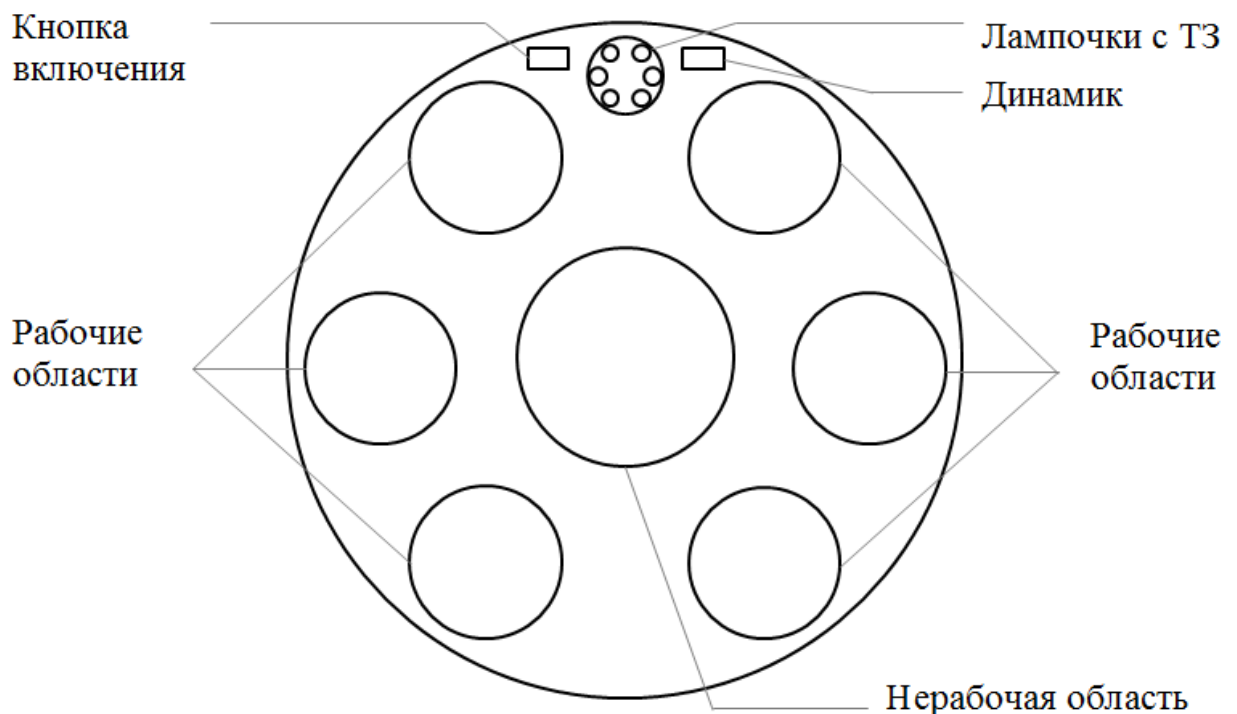


Рисунок 1.1 – Внешний вид коврика

2 Определение входного и выходного алфавитов

Воспользуемся методом чёрного ящика.

Входные сигналы: NG – импульс начала игры, xB – ход верен, xКИ - импульс окончания игры (когда выданных заданий уже 30 или когда ошибок уже 10), xОШ – импульс, сообщающий, что ошибок слишком много (10), xТ – истекло время на выполнение текущего задания.

Выходные сигналы, управляющие: $y[\text{Reset}]$ – сброс всех счётчиков при начале игры (ошибок, выданных заданий), yO – инкремент счётчика ошибок, yB – ход верен, продолжаем игру.

Выходные сигналы, осведомительные: уКИВ – звуковой сигнал в конце игры «Вы выиграли», уКИП – звуковой сигнал «Вы проиграли», уНХ – «Неверный ход».

Имеем:

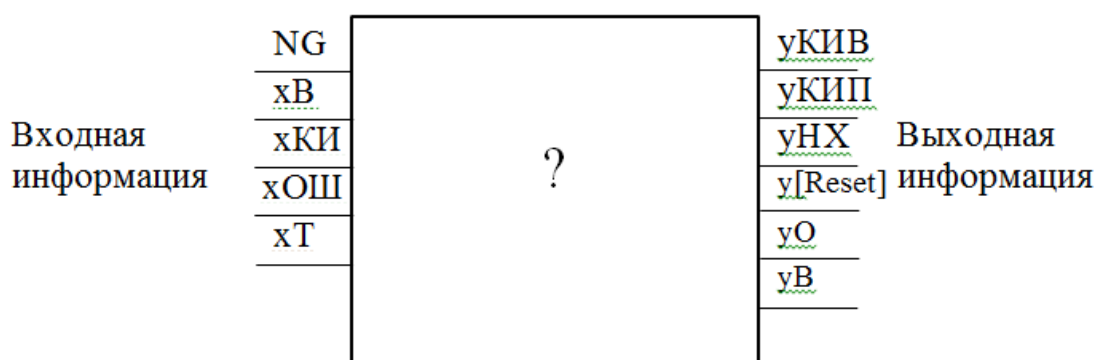


Рисунок 2.1 – Результат применения метода чёрного ящика

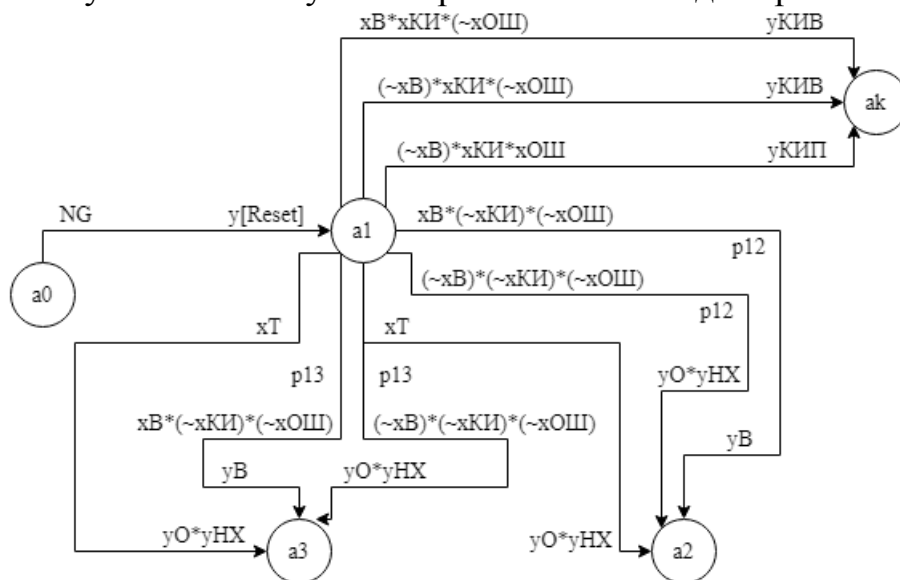


Рисунок 2.2 – Абстрактный граф (часть)

Часть абстрактного графа демонстрирует, при каких условиях происходит переход из одного состояния (здесь – a_1 , «Ожидание нажатия на 1-ую область») в другие состояния ($p_{12} \approx p_{13} \approx 0,5$ – вероятность перехода). Аналогичным образом от каждого другого состояния идут 9 стрелок (3 к состоянию a_k и 6 к другим состояниям, определённым ГСЧ). Всего стрелок: 136.

3 Блок-схема алгоритма работы автомата

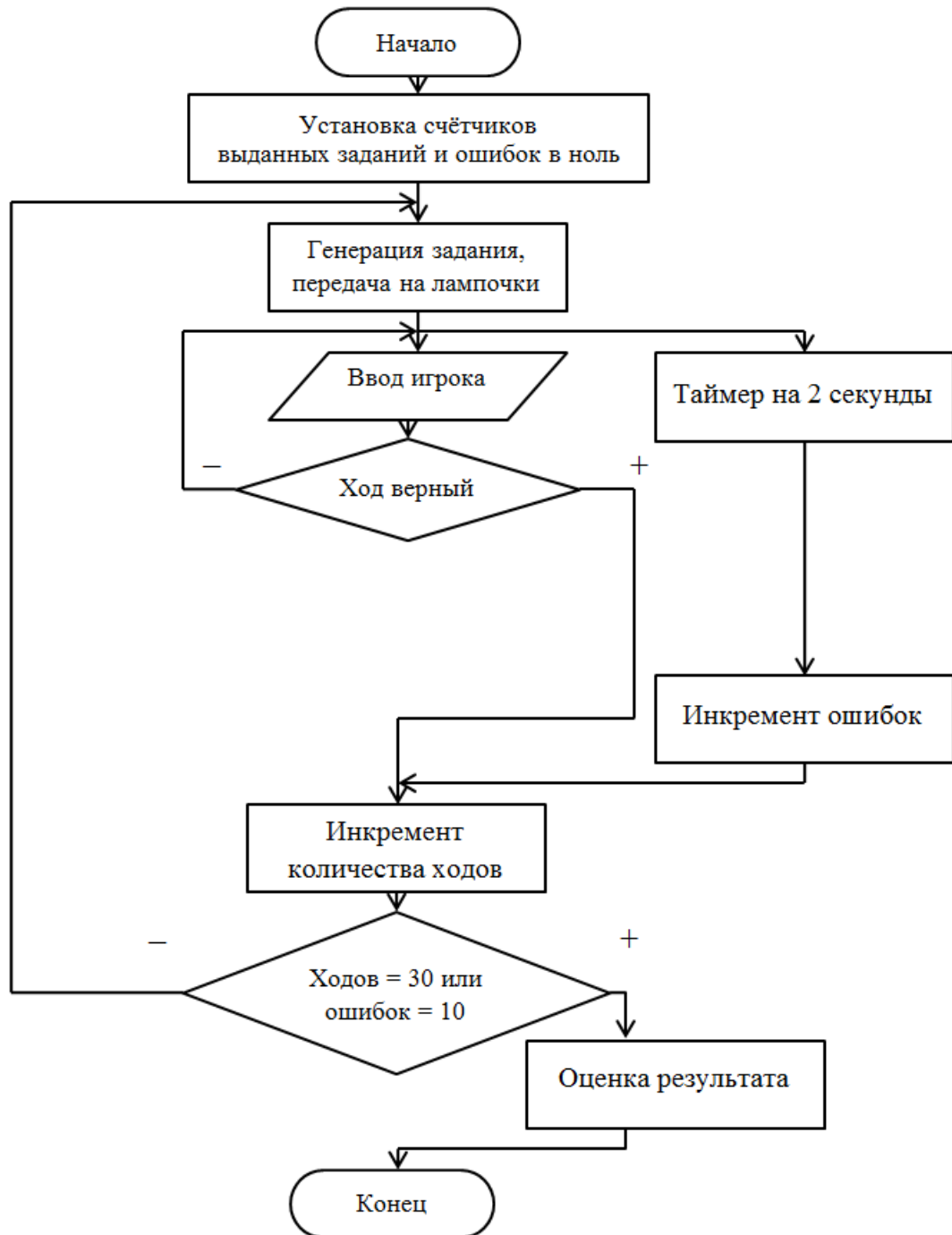


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма работы автомата

4 Список микроопераций и логических условий

Перечислим необходимые микрооперации, опираясь на блок-схему:

1. Сигнал, исходящий от пользователя, о начале игры.
2. Установка счётчика ошибок в 0.
3. Установка счётчика количества ходов (полученных заданий) в 0.
4. Сигнал о новой генерации задания с помощью ГСЧ.
5. Генерация задания с помощью ГСЧ.
6. Сигнал выключения ГСЧ.
7. Старт таймера на 2 сек., отвечающего за продолжительность хода.
8. Входной сигнал выбора области, указанной в ТЗ.
9. Входной сигнал выбора области, не указанной в ТЗ.
10. Сигнал правильного выбора области.
11. Сигнал неправильного выбора области.
12. Инкремент счётчика ошибок.
13. Сигнал таймера на 2 сек. об окончании хода.
14. Инкремент счётчика ходов.
15. Сравнение количества ходов и 30.
16. Сравнение количества ошибок и 10.
17. Сигнал об окончании игры.
18. Сигнал о включении звукового сигнала «Неверный ход».
19. Сигнал о включении звукового сигнала «Вы проиграли».
20. Сигнал о включении звукового сигнала «Вы выиграли».

5.4 Реализация микрооперации №4

Сигнал о новой генерации задания с помощью ГСЧ происходит в трёх случаях: при начале новой игры ($NG = 1$), при сигнале о необходимости новой генерации задания ($T = 1$, истечение таймера) или при верном ходе игрока. Потребуется трёхходовой элемент ИЛИ. Кроме того, генерация будет, когда не настал конец игры (нужны элемент НЕ (не конец игры) и элемент И (не конец игры И необходимость новой генерации)).

5.5 Реализация микроопераций №5 и №6

Для реализации микроопераций №5 и №6 нужно генерировать достаточно случайные числа, чтобы игрок не привык к последовательности заданий.

Ниже представлена таблица всех возможных заданий, где первая цифра i в ячейке – номер области для первой ноги, вторая j – для второй ноги (по диагонали – задания только для одной ноги), и $i < j$.

Таблица 1 – Все возможные задания в пределах данной задачи.

№1\№2	1	2	3	4	5	6
1	1	12	13	14	15	16
2		2	23	24	25	26
3			3	34	35	36
4				4	45	46
5					5	56
6						6

Следует исключить комбинации 12, 23, 45, 56, 13 и 46 ввиду неудобства их исполнения.

Выбор сделан в пользу использования датчика псевдослучайных чисел для 4-х разрядов, где в первом разряде ГСЧ используется RS-триггер в запрещённом состоянии (расширена «случайность» чисел, так как состояние триггера не определено), а в старших трёх – триггеры D-типа с асинхронной установкой 0 и 1 (используется только установка в 0).

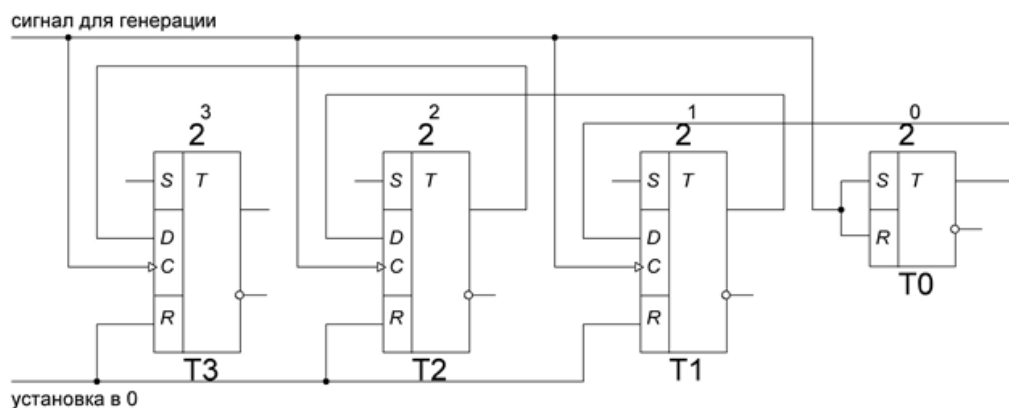


Рисунок 5.5.1 – Реализация ГСЧ для генерации задания

Комбинация 0000 является зарезервированной (ГСЧ выключен). Исключим данную комбинацию функцией исключения:

$$F = \overline{Q_3} \wedge \overline{Q_2} \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_0}, \text{ или } F = \overline{(Q_3 \vee Q_2 \vee Q_1 \vee Q_0)}.$$

Для реализации функции исключения необходим элемент И-НЕ.

Для подачи сигнала на лампочки нужны четырёхвходовые элементы ИЛИ в количестве 6 шт. (по одному на каждую лампочку).

5.6 Реализация микрооперации №7 и №13

Интегрируем в схему таймер на 2 секунды как внешнее устройство, на вход которого подаётся сигнал установки (начало отсчёта 2с), а с выхода получается импульс по истечении таймера.

5.7 Реализация микроопераций №8, №9, №10, №11

Текущее задание хранится в шести выходах с элементов ИЛИ. Для реализации хода (выбора области) необходимы шесть кнопок (по одной на каждую рабочую область коврика), для реализации оценки правильности хода – шесть элементов XOR и шестивходовой элемент ИЛИ (единица на его выходе – правильного хода совершено не было). Для подсчёта количества ошибочных ходов введём счётчик ошибок, а для сигнала новой генерации (верный ход) – инвертор. Входной сигнал на инвертор – сигнал, поступающий на вход счётчика ошибок. Счётчик ошибок инкрементируется, если за отведённое на задание время не было совершено верного хода (нужен элемент И).

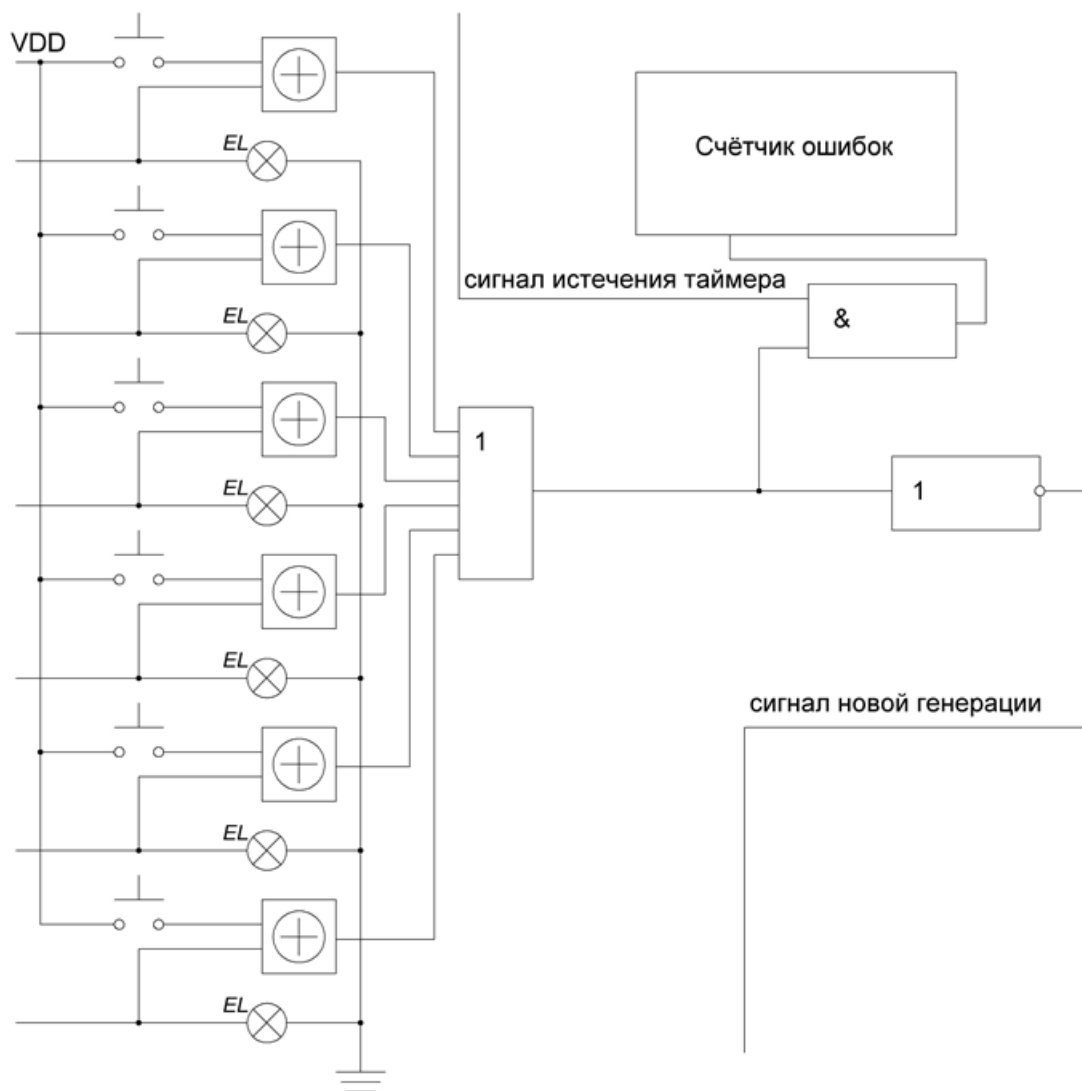


Рисунок 5.7.1 – Реализации выбора области и оценки правильности хода

5.8 Реализация микрооперации №17

17-ая микрооперация – конец игры. Он наступает в двух случаях: когда количество выданных заданий равно 30 или когда количество ошибок равно 10. Для реализации этой микрооперации потребуется двухвходовой элемент ИЛИ.

5.9 Реализация микрооперации №18

Когда игрок делает неверный ход, происходит инкремент счётчика ошибок. Возьмём этот сигнал (на входе в счётчик) и передадим во внешнее устройство, воспроизводящее звук «Неверный ход».

5.10 Реализация микроопераций №19 и №20

В конце игры в зависимости от числа ошибок звучит соответствующий сигнал. Так, при числе ошибок ≥ 10 через подачу управляющего сигнала на внешнее звуковое устройство звучит сигнал «Вы проиграли». Иначе – сигнал «Вы выиграли». Для реализации микрооперации потребуется компаратор плюс два элемента И (Сигнал «Вы проиграли» & Конец игры – подача звукового сигнала; Сигнал «Вы выиграли» & Конец игры – подача звукового сигнала).

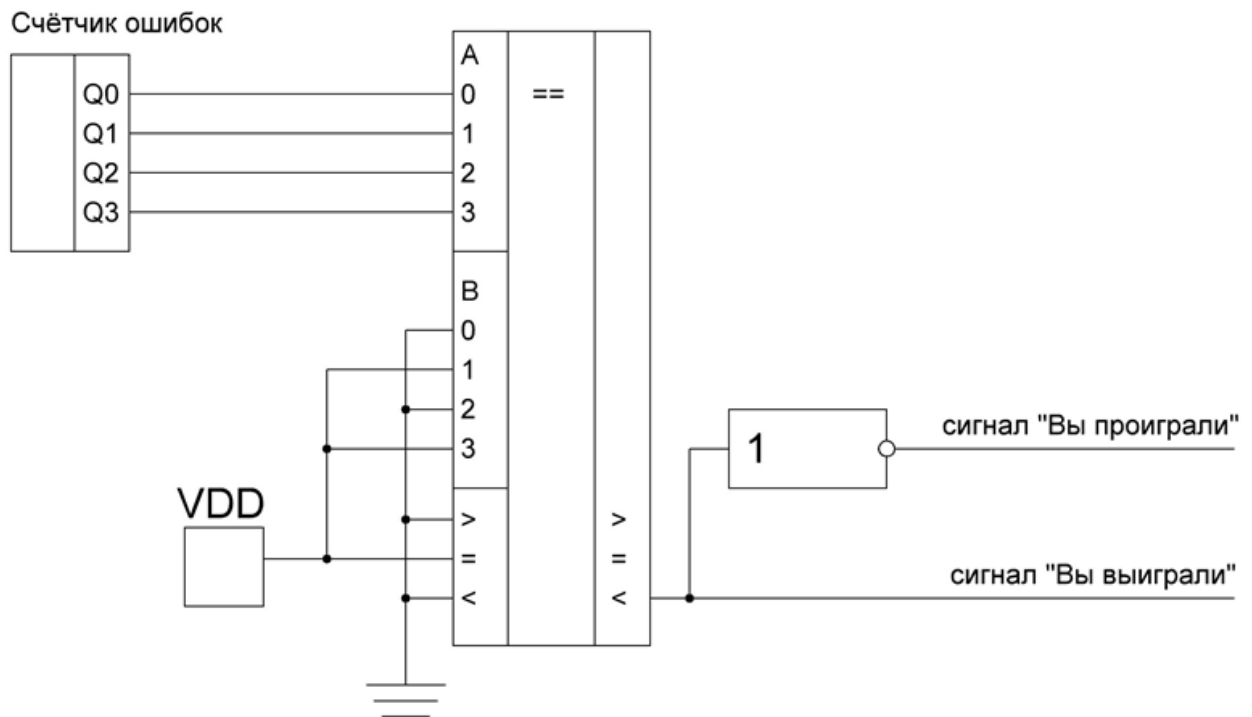


Рисунок 5.10.1 – Реализация оценки результата игры

6 Листинг элементов

- K155ЛЕ4 – три логических элемента 3ИЛИ-НЕ;
- K155ЛН1 – шесть логических элементов НЕ;
- K155ТМ2 – два триггера D-типа с асинхронной установкой (2 шт.);
- K155ЛЛ1 – четыре логических элемента 2ИЛИ;
- K155ЛИ1 – четыре логических элемента 2И (3 шт.);
- K155ЛЕ1 – четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ;
- K155ИД3 – четырёхразрядный дешифратор;
- K155ЛА1 – два логических элемента 4И-НЕ (4 шт.);

- К155ЛП5 – четыре двухвходовых логических элемента исключающее ИЛИ (2 шт.);
- К114ЛП2А – шестивходовый логический элемент ИЛИ-НЕ;
- К555ТВ9 – двойной JK-триггер с асинхронной установкой (5 шт.);
- К564ИП2 – четырёхразрядная схема сравнения.

7 Каноническая и принципиальная схемы автомата

Схемы автомата – каноническая и принципиальная – представлены в виде приложений (Приложение А и Приложение Б соответственно).

Заключение

В ходе выполнения курсовой работы был синтезирован цифровой автомат, реализующий модуль управления детским танцевальным ковриком.

С учётом особенностей психики детей разработано поведение устройства. Составлено подробное словесное описание работы автомата, применён метод чёрного ящика для определения входного и выходного алфавитов, проведён абстрактный синтез автомата. Проведён структурный синтез всех узлов, и был выполнен переход к канонической схеме.

Определены необходимые компоненты, как то: шесть лампочек для отображения задания, шесть кнопок, динамик, кнопка включения для внешней физической организации устройства и логические элементы для внутренней работы автомата. Помимо прочего, были исключены комбинации заданий, анатомически неудобных для исполнения.

При переходе к принципиальной схеме структурные элементы были заменены на реальные элементы-микросхемы, указанные в справочнике. Также были приведены листинг всех использованных элементов и их количество, необходимое для построения схемы.

Список использованных источников

1. СТО ИрННТУ.005-2015. Стандарт организации. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей
2. Кирий В.Г. Теория автоматов. Конспект лекций / В. Г. Кирий. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002 – 97с.
3. Кирий В.Г. Теория автоматов. Задачник Изд-е 3, перераб. и доп. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 144с.
4. Соловьёв В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем / В.В. Соловьёв. –М:Горячая линия – Телеком, 2001, - 636с.
5. Т. Тоффоли, Н. Марголюс Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Морголюс. – М.:Мир, 1991г. – 278с.
6. Карпов Ю.Г. Теория автоматов / Ю.Г. Карпов – СПб. : Питер, 2003. – 208с.
7. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы / В.Л. Шило – Москва Радио и связь, 1987. – 352с.