



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ \_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ \_\_\_\_\_

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ \_\_09.03.01 Информатика и вычислительная техника \_\_\_\_\_

# РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

**НА ТЕМУ:**

Схемотехническое проектирование  
Электронного устройства

Студент ИУ6-63Б  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) Д.Г. Донских  
(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) С.С. Данилюк  
(И.О. Фамилия)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ИУ6  
(Индекс)  
А.В.Пролетарский  
(И.О.Фамилия)  
« \_\_\_\_ » 2025 г.

## ЗАДАНИЕ на выполнение курсовой работы

по дисциплине Схемотехника

Студент группы ИУ6-63Б

Донских Дмитрий Георгиевич  
(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсовой работы Схемотехническое проектирование  
электронного устройства

Направленность КР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)  
учебная

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) кафедра

График выполнения работы: 25% к 3 нед., 50% к 10 нед., 75% к 13 нед., 100% к 15 нед.

**Задание**  
Поле чудес. Кмоп

### Оформление курсовой работы:

Расчетно-пояснительная записка на 20-30 листах формата А4.

1. Схема структурная
2. Схема электрическая функциональная
3. Диаграммы временные работы устройства
4. Схема электрическая принципиальная
5. Спецификация (перечень) используемых элементов

Дата выдачи задания « 08 » февраля 2025 г.

Руководитель курсовой работы

Студент

08.02.2025 С.С. Данилюк  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)  
Д.Г. Донских  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Примечание:** Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

## РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка состоит из 27 страниц, включающих в себя 16 рисунков, 7 таблиц, 5 источников и 5 приложений.

КМОП, РЕГИСТР, СЧЕТЧИК, МУЛЬТИПЛЕКСОР, КОМБИНАЦИОННАЯ СХЕМА, ПОЛЕ ЧУДЕС, ЯКУБОВИЧ

Курсовая работа посвящена разработке структурной (функциональной) схемы системы «Поле чудес. КМОП», декомпозиции и выбора элементной базы.

Цель курсовой работы — закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в ходе изучения дисциплины, а также приобретение практических навыков в области проектирования цифровых устройств. В рамках работы предусматривается разработка электрической функциональной схемы устройства, выбор и обоснование схемотехнического решения и элементной базы, выполнение расчетов потребляемой мощности и временных задержек распространения сигнала. Также предполагается проведение моделирования работы устройства, построение временных диаграмм, описание функционирования схемы в соответствии с требованиями технического задания, а также оформление конструкторской документации, спецификаций, расчетно-пояснительной записки и графических материалов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Анализ требований .....	7
1.1 Описание принципа работы разрабатываемого устройства .....	7
1.2 Выбор схемотехнического решения .....	8
2 Проектирование электрической функциональной схемы .....	11
2.1 Блок выработки случайного значения .....	11
2.2 Блок управления колесом .....	12
2.3 Блок выбора количества очков .....	12
2.4 Блок выработки управляющих сигналов .....	13
2.5 Блок обновления состояния игрока .....	14
2.6 Блок хранения состояния игроков .....	14
2.7 Блок выбора состояния текущего игрока .....	14
2.8 Блок выработки номера следующего игрока .....	15
2.9 Блок хранения номера текущего игрока .....	16
3 Разработка принципиальной электрической схемы .....	17
3.1 Выбор элементной базы .....	17
3.2 Обоснование и синтез принципиальной схемы .....	18
3.3 Выбор генератора тактовых импульсов .....	22
3.4 Выбор входных и выходных разъемов .....	23
3.5 Устранение помех .....	23
4 Расчет быстродействия .....	24
5 Расчет потребляемой мощности .....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А Техническое задание .....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Электрическая структурная схема .....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ В Электрическая функциональная схема .....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Электрическая принципиальная схема .....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Спецификация .....	42

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

КМОП – комплементарная металл-оксид-полупроводниковая структура

УГО – условное графическое обозначение

ШД – шина данных

ШУ – шина управления

ТЗ – техническое задание

МС – микросхема

## ВВЕДЕНИЕ

«Поле чудес» — популярная советская и российская телевизионная игра, выходящая в эфир по пятницам на телеканале ОРТ/«Первый канал». Программа является частичной адаптацией американской телеигры Wheel of Fortune и ведётся с 1990 года. С 1991 года бессменным ведущим и художественным руководителем передачи является Леонид Якубович.

С течением времени интерес к игре не угасает, и всё больше людей выражают желание поучаствовать в ней. Однако по причине ограниченного количества участников и формата телепередачи не все желающие получают такую возможность. Для реализации подобного проекта требуется электронное устройство, способное достоверно имитировать основные игровые процессы: отображение информации на табло, вращение барабана, учёт очков и взаимодействие с пользователем.

Разрабатываемое в рамках курсовой работы устройство выполняет функции хранения и обновления информации о текущем состоянии игры, ведёт счёт очков игроков на основе сигналов от пульта управления и формирует выходные сигналы для отображения на табло и управления барабаном. Такое устройство позволяет обеспечить реалистичное воспроизведение механики телепередачи. В ходе выполнения курсовой были решены следующие задачи:

- проведён функциональный анализ объекта разработки;
- разработана функциональная схема устройства;
- выполнен выбор элементной базы;
- предложены и обоснованы схемотехнические решения;
- синтезирована принципиальная электрическая схема;
- произведено моделирование работы схемы в среде Multisim;
- выполнены расчёты временных задержек и потребляемой мощности.

Также были рассмотрены различные варианты реализации хранения и обработки игровых данных, а также обеспечена необходимая документационная поддержка проекта, включающая пояснительную записку и графические материалы.

Электрические схемы выполнены согласно ГОСТ [1].

## **1 Анализ требований**

Для разработки устройства, соответствующего требованиям технического задания, требуется разработать систему обработки управляющих сигналов, имитации вращения колеса, систему хранения и обновления состояния игры, состоящего из количества очков каждого игрока, статусов игроков и номера выбранного игрока.

### **1.1 Описание принципа работы разрабатываемого устройства**

Устройство реализует правила игры «Поле чудес» для трех игроков с использованием цифровой логики. Управление осуществляется через сигналы, передаваемые с ШУ в блок выработки управляющих сигналов (блок управления). Устройство состоит из трех подсистем – подсистема контроля колеса, подсистема хранения и обновления состояния игроков, подсистема выбора текущего игрока, которые подключены к одному и тому же блоку управления и выходному разъему, а также соединены между собой с помощью нескольких ШД.

Подсистема контроля колеса вращает колесо и случайным образом выбирает позицию, в котором колесо остановится. Подсистема также выбирает количество очков, которое прибавляется игроку, для которого происходило вращение, и передает количество ШД для подсистему хранения и обновления состояния игроков. Случайный выбор позиции колеса для остановки реализуется при помощи подачи сигнала выбор на входную ШУ, который затем посредством блока управления преобразуется в управляющий сигнал к описываемой подсистеме. Сигнал выбор является элементом энтропии в системе, за счет которой гарантируется случайность выбранной позиции колеса. Описанное поведение можно достичь при использовании счетчика, работающего при высокой частоте – без использования синхросигнала невозможно определить состояние счетчика в момент подачи сигнала выбора. Для вращения колеса используется второй счетчик, подключенный к синхросигналу через делитель частоты – это необходимо для понижения

скорости вращения колеса до приемлемой. Остановка колеса происходит при совпадении значений обоих счетчиков и выставленного флага выбора (выставляется после подачи сигнала выбора на ШУ).

Подсистема хранения и обновления состояния игроков представлена группой регистров хранения состояния каждого игрока (7 бит под очки игрока и 1 бит под активность игрока), подгруппой мультиплексоров, подключенных к регистрам информационными входами и ШД от подсистемы выбора текущего игрока адресными входами, а также группой сумматоров, осуществляющих обновление состояния текущего игрока при помощи суммирования его текущего состояния с данными для обновления.

Наконец подсистема выбора текущего игрока состоит из регистра, хранящего номер текущего игрока, и комбинационной схемы, подключенной через ШД к подсистеме хранения и обновления состояния игроков, которая вырабатывает номер следующего игрока.

Устройство работает в режиме реального времени, незамедлительно обрабатывая управляющие сигналы и отображая изменения на сигналах к выходному разъему. Вся логика реализована на комбинационных и последовательных схемах серий K561, KP1554, KP1561, KP1564 без использования программного обеспечения.

## **1.2 Выбор схемотехнического решения**

Для реализации устройства используются различные схемы – триггеры, дешифраторы, мультиплексоры, счетчики, логические операторы.

Блок выработки управляющих сигналов принимает входящие сигналы и на их основе вырабатывает управляющие сигналы для подсистем.

Подсистема контроля колеса представлен на рисунке 1 и состоит из нескольких блоков: блок выработки случайного значения, блок управления колесом, блок выбора количества очков. Блок выработки случайного значения по выставлению сигнала управления «выбор» генерирует случайную позицию на колесе. Блок управления колесом занимается вращением колеса и его остановкой в случае совпадения положения колеса с случайно выбранным.



Результатом работы блока управления колесом становятся данные о положении колеса, которые передаются в следующий блок подсистемы и на выходной разъем. Блок выбора количества очков вырабатывает сигнал с количеством очков, которое можно прибавить к счету игрока за угаданную букву, на основе информации о положении колеса.



Рисунок 1 — Подсистема контроля колеса

Подсистема хранения и обновления состояния игроков состоит из блока хранения состояния игры, блока выбора состояния текущего игрока и блока обновления состояния игрока. Блок хранения обеспечивает хранение очков игроков на период игры, а также информации о том, какие игроки выбыли из игры. Блок выбора состояния текущего игрока используется, чтобы подать на блок обновления состояния игрока значения, верные для текущего игрока. Наконец блок обновления вырабатывает обновленное состояние игрока в соответствии с управляющими сигналами и позицией колеса и передает обновленное состояние на запись. Данная подсистема изображена на рисунке 2.



Рисунок 2 — Подсистема хранения и обновления состояния игроков

Подсистема выбора текущего игрока основана на блоке хранения номера текущего игрока, а также блоке выработки номера следующего игрока. Состав подсистемы изображен на рисунке 3.



Рисунок 3 — Подсистема выбора текущего игрока

Все блоки синхронизируются тактовыми импульсами.

Структурная схема устройства представлена в приложении Б и на рисунке 4.

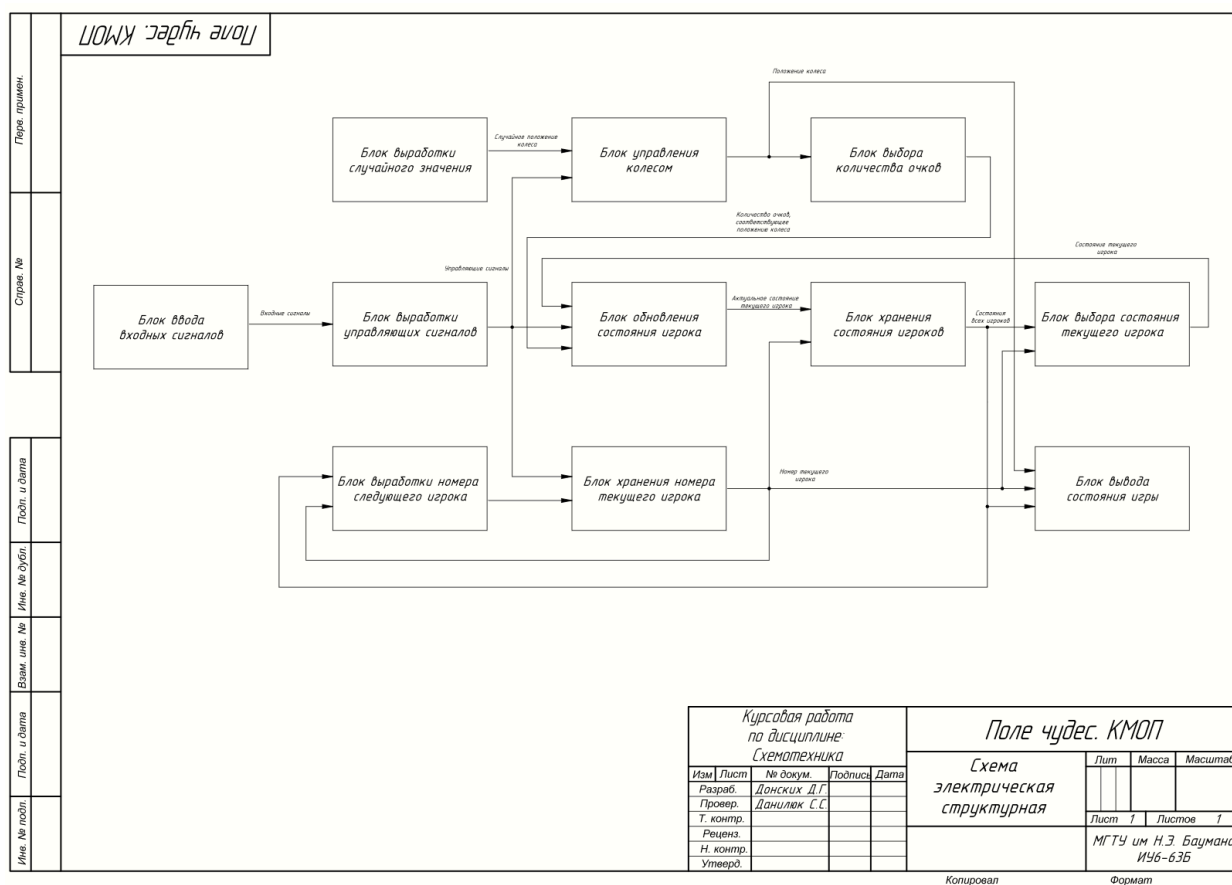


Рисунок 4 — Структурная схема

## 2 Проектирование электрической функциональной схемы

На основе схмотехнического решения выделены следующие блоки:

- блок выработки случайного значения;
- блок управления колесом;
- блок выбора количества очков;
- блок выработки управляющих сигналов;
- блок обновления состояния игрока;
- блок хранения состояния игроков;
- блок выбора состояния текущего игрока;
- блок выработки номера следующего игрока;
- блок хранения номера текущего игрока.

Ниже приведено функциональное описание каждого из блоков. На рисунке 5 и в приложении В изображена функциональная схема устройства.

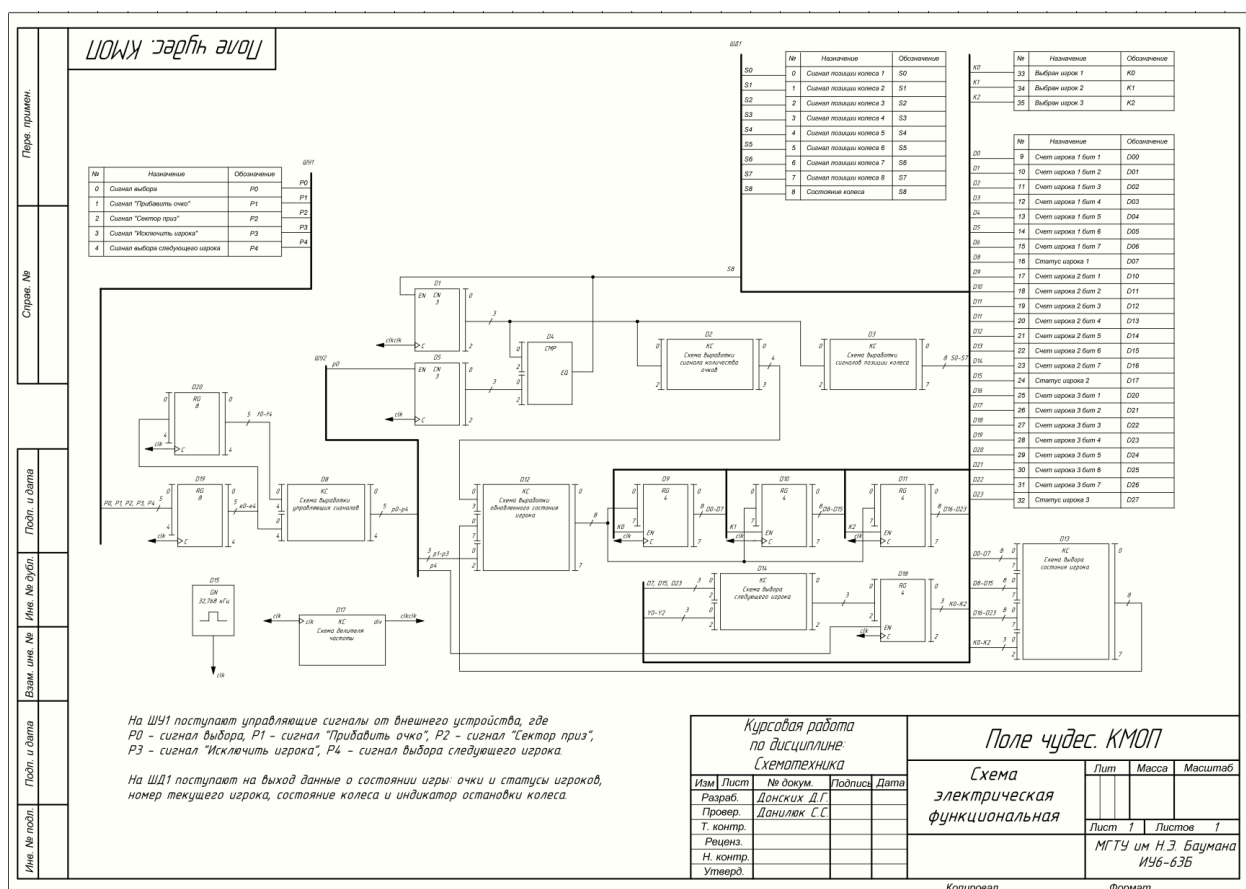


Рисунок 5 — Функциональная схема

### 2.1 Блок выработки случайного значения

Блок выработки случайного значения состоит из трёхразрядного синхронного счётчика D5. На входе блока располагается тактовый сигнал  $clk$ , который обеспечивает счётчику инкрементирование своего содержимого по модулю 8 при каждом фронте. Выходом блока служит трёхбитная шина, на которой формируется псевдослучайное значение в диапазоне от 000 до 111. Фиксация значения на счетчике происходит при помощи подачи асинхронного сигнала  $P0$  со стороны пользователя. Отследить значение счетчика со стороны пользователя не представляется возможным, за счет чего достигается эффект случайности значения.

## **2.2 Блок управления колесом**

Блок управления колесом представляет собой последовательный счетчик D1 на 3 бита, кодирующий 8 положений колеса и подключенный к тактовому сигналу от делителя частоты  $clkclk$ , и трехразрядный компаратор D4, который сравнивает текущее положение колеса с требуемым и в случае совпадения останавливает колесо.

## **2.3 Блок выбора количества очков**

Блок выбора количества очков предназначен для определения количества очков, соответствующего положению колеса, установленному в процессе игры, представлен КС D2. КС преобразует код положения колеса в код количества очков, который далее используется для обновления состояния игроков. Входом КС является код положения колеса, получаемый от блока управления колесом, а выходом — сигнал количества очков, передаваемый на блок обновления состояния игрока. КС реализована в виде набора мультиплексоров. Набор мультиплексоров обеспечивает выбор одного из заранее заданных значений количества очков на основе управляющего кода положения колеса, который подается на адресные входы мультиплексоров. Каждому положению колеса сопоставляется определенное количество очков от 1 до 4. Таблица истинности 1 демонстрирует принцип работы КС

Таблица 1 — Таблица истинности КС «Схема выработки сигнала количества очков»

Входные сигналы	Выходные сигналы
X00	0001
X01	0010
X10	0011
X11	0100

## 2.4 Блок выработки управляющих сигналов

Блок выработки управляющих сигналов принимает на вход пять асинхронных сигналов с шины управления ШУ1: P0 (сигнал выбора), P1 (сигнал «Прибавить очко»), P2 (сигнал «Сектор приз»), P3 (сигнал «Исключить игрока») и P4 (сигнал «Выбора следующего игрока»). Сигналы синхронизируются по тактовому импульсу через регистр D19 и поступают в комбинационную схему D8 «Схема выработки управляющих сигналов» напрямую и через регистр D20. КС формирует на своих выходах сигналы для управления обновлением состояния игроков, выбором текущего игрока и работой колеса. Принципиальной задачей КС является проведение управляющих сигналов только на один такт. Для каждого управляющего сигнала PA, где A от 0 до 4, справедлива таблица истинности 2.

Таблица 2 — Таблица истинности КС «Схема выработки управляющих сигналов» для PA

Входной сигнал PA	Промежуточ- ный сигнал eA	Промежуточ- ный сигнал fA	Выходной сиг- нал pA
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

Продолжение таблицы 2

1	1	1	0
---	---	---	---

### **2.5 Блок обновления состояния игрока**

Блок обновления состояния игроков предназначен для формирования нового состояния игрока на основе текущего состояния игрока, поступающих управляющих сигналов ( $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ ) и количества очков согласно положению барабана из КС выработки сигнала количества очков. Блок реализован в виде комбинационной схемы D12, которая вырабатывает актуализированное состояние игрока. КС оперирует состоянием, как 8-битным сигналом. Младшие 7 бит предназначены для хранения количества очков, 8 бит предназначен для определения участия игрока в игре (0 – игрок участвует в игре, 1 – исключен из игры). При подаче сигнала прибавления очков значения с КС D2 складываются с текущим счетом игрока (младшие 7 бит), при подаче сигнала «сектор приз» к счету прибавляется 32, при подаче сигнала исключения игрока выставляется 8 бит состояния игрока.

### **2.6 Блок хранения состояния игроков**

Блок состоит из массива регистров (D9, D10, D11), подключенных к блоку обновления состояния игрока. В зависимости от выбранного игрока происходит запись обновленного состояния в регистры, ответственные за хранение состояние только текущего игрока (согласно сигналам K0, K1, K2).

### **2.7 Блок выбора состояния текущего игрока**

Блок выбора состояния текущего игрока собой КС D13 (набор мультиплексоров), формирующих в выходном сигнале состояние игрока, соответствующего значениям управляющих сигналов (K0-K2). Принцип работы КС D13 показан в таблице 3.

Таблица 3 — Принцип работы КС D13

Сигнал состояния игрока 1, D0-D7	Сигнал состояния игрока 2, D8-15	Сигнал состояния игрока 1, D16-23	Сигнал номера игрока, K0-K2	Выходной сигнал
A	X	X	001	A
X	A	X	010	A
X	X	A	100	A

## 2.8 Блок выработки номера следующего игрока

Блок выработки номера следующего игрока состоит из КС D14, которая для выбора следующего игрока учитывает номер текущего игрока и наличие следующего и последующего игрока в игре (проверка, не исключены ли игроки). Для этого на вход схемы подаются сигналы включенности игроков в игру (соответствующие D7, D15, D23) и сигналы выбранности игроков (Y0-Y2). На выходе схема вырабатывает значение для следующего игрока. Таблица 4 иллюстрирует принцип работы КС, демонстрируя допустимые комбинации входных сигналов.

Таблица 4 — Таблица истинности КС D14

Y0	Y1	Y2	D7	D15	D23	Выходной сигнал 0	Выходной сигнал 1	Выходной сигнал 2
1	0	0	X	0	0	0	1	0
0	1	0	0	X	0	0	0	1
0	0	1	0	0	X	1	0	0
1	0	0	X	1	0	0	0	1
0	1	0	0	X	1	1	0	0
0	0	1	1	0	X	0	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0	0

Продолжение таблицы 4

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

## **2.9 Блок хранения номера текущего игрока**

Блок хранения номера текущего игрока состоит из регистра, который при подаче управляющего сигнала обновляет значение текущего игрока при помощи КС D14 выработки номера следующего игрока.



### 3 Разработка принципиальной электрической схемы

Разработанная принципиальная схема устройства представлена на рисунке 6 и в приложении Г.

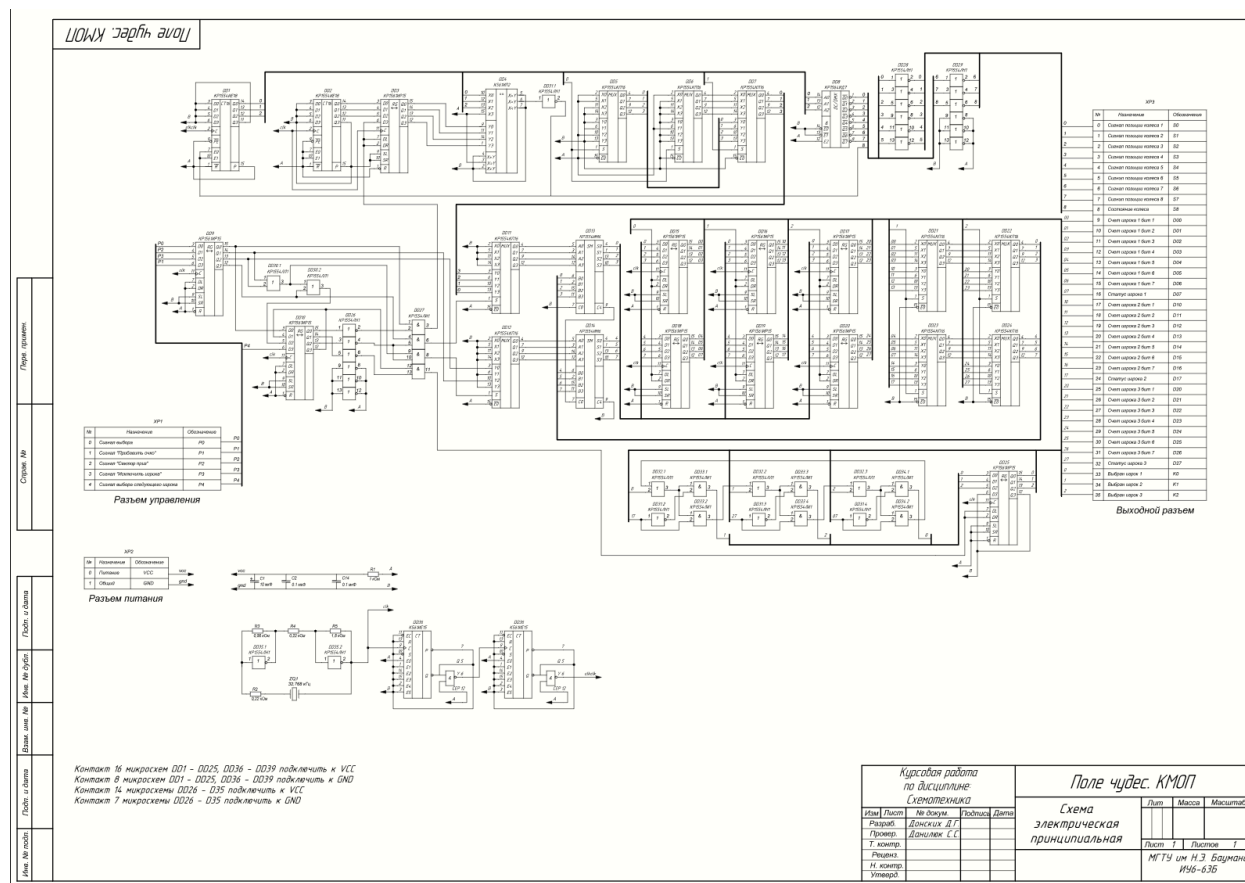


Рисунок 6 — Принципиальная схема

#### 3.1 Выбор элементной базы

Согласно ТЗ, компонентная база решения должна состоять из микросхем технологии КМОП. КМОП (комплементарная металл-оксид-полупроводниковая логика) — разновидность цифровых логических микросхем, построенных на основе комплементарных полевых транзисторов (n- и p-канальных МОП-транзисторов). Название «комплементарная металл-оксид-полупроводниковая логика» (КМОП) связано с использованием пары комплементарных МОП-транзисторов — p-канального и n-канального — для построения логических элементов, что обеспечивает низкое энергопотребление и высокую плотность интеграции.

Наиболее распространёнными КМОП-сериями микросхем являются К561, КР1554, КР1561 и КР1564. Поскольку техническое задание не предъявляет жёстких требований к выбору конкретной серии, принято решение использовать микросхемы серий К561, КР1554, КР1561 и КР1564. Подбор микросхем осуществлялся согласно справочным материалам. [2].

### 3.2 Обоснование и синтез принципиальной схемы

Для реализации схемы необходимы регистры, счетчики, мультиплексоры, дешифраторы, логические операторы и делители частоты. Принципиальная схема оформлена согласно ГОСТ [3], [4], [5].

Микросхема КР1554ИЕ18 представляет собой 4-разрядный последовательный счетчик. Вывод С — вход синхронизации. Выводы для установки значений D0-D3 задают начальное состояние, а выводы Q0-Q3 служат для получения текущего состояния счетчика. Входы E0 и E1 используются для управления режимами работы счетчика. Вывод R отвечает за сброс. Вывод P используется для наращивания каскада счетчиков. При подаче импульсов на синхронизирующие входы и настройке управляющих сигналов, счетчик отсчитывает значения. УГО счетчика показано на рисунке 7.

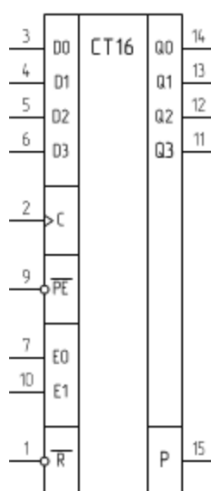


Рисунок 7 — УГО КР1554ИЕ18

Микросхема КР1561ИР15, УГО которой изображено на рисунке 8, представляет собой четырехразрядный универсальный регистр сдвига, оснащенный входами для записи информации при сдвиге влево (DL) и вправо (DR), а также входами для записи в каждый из разрядов (D0, D1, D2, D3). Вход

С служит для синхронизации работы регистра, определяя моменты записи данных в регистр. Вход R предназначен для асинхронного сброса регистра. Выводы Q0, Q1, Q2, Q3 выводят данные, сохраненные в соответствующих разрядах. Микросхема может быть использована как для записи данных, так и для сдвига их влево или вправо в зависимости от управляющих сигналов.

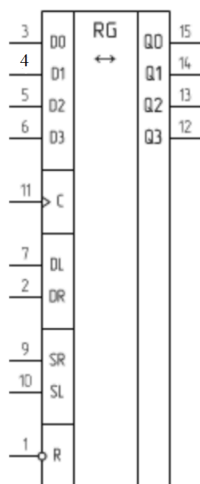


Рисунок 8 — УГО КР1561ИР15

На рисунке 9 изображена микросхема КР1554КП16, которая представляет собой четырехразрядный селектор-мультиплексор 1 из 2. Уровень сигнала на входе выбора S определяет откуда на выходы Q мультиплексора будет подаваться информация - со входов X либо со входов Y. Высокий уровень сигнала на входе ЕО переводит все выходы в состояние низкого логического уровня.

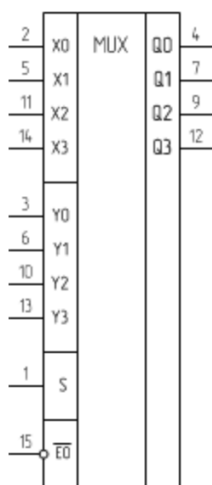


Рисунок 9 — УГО КР1554КП16

Микросхема КР1564ИД7 представляет собой двоичный дешифратор на 8 направлений. УГО микросхемы показано на рисунке 10. Информационные

входы обозначены как A0, A1, A2 для соответствующих разрядов. Информационные выходы обозначены за Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7. E0, E1, E2 – разрешающие входы.



Рисунок 10 — УГО КР1564ИД7

Микросхема КР1554ИМ6 выполнена по КМОП технологии и представляет собой четырёхразрядный полный сумматор двух двоичных чисел с ускоренным переносом. Он имеет входы для двух операндов A0-A3 и B0-B3, вход (C0) и выход переноса (C4), выходы суммы чисел S0-S3. Схема ускоренного (параллельного) переноса обеспечивает одновременное появление результата на выходах различных разрядов. При суммировании младших разрядов многоразрядных чисел на вход C0 подается потенциал низкого уровня. УГО представлено на рисунке 11.

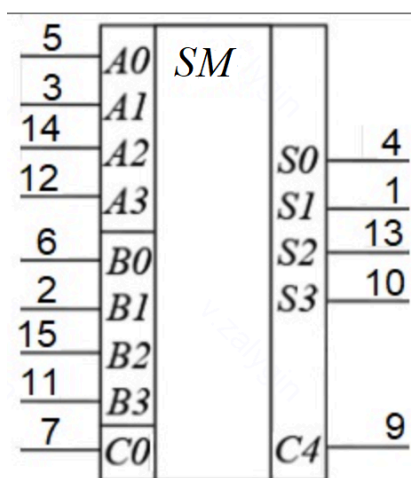


Рисунок 11 — УГО КР1554ИМ6

Микросхема представляет собой делитель частоты с переменным коэффициентом деления (от 1 до 64). Назначение выводов микросхемы: 1 -

вход умножения; 2 - вход умножения; 3 - вход умножения; 4 - вход умножения; 5 - выход «Z»; 6 - выход «Y»; 7 - выход «разрешения счета»; 8 - общий; 9 - вход счетный; 10 - вход стробирования; 11 - вход «разрешения счета»; 12 - вход последовательного включения; 13 - вход установки «0»; 14 - вход умножения; 15 - вход умножения; 16 - напряжение питания. УГО представлено на рисунке 12.

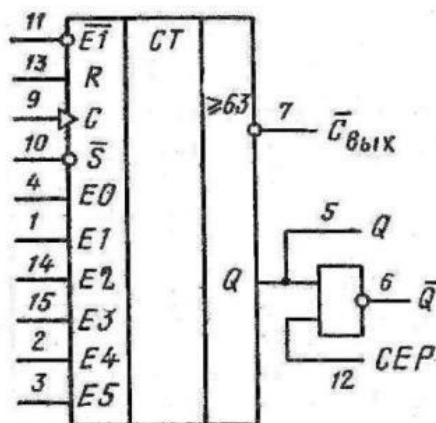


Рисунок 12 — УГО K561IE15

Микросхема КР1554ЛН1 представляет собой 6 логических элементов НЕ. Выводы 1, 3, 5, 9, 11, 13 – входы, Выводы 2, 4, 6, 8, 10, 12 – выходы. УГО микросхемы изображено на рисунке 13.

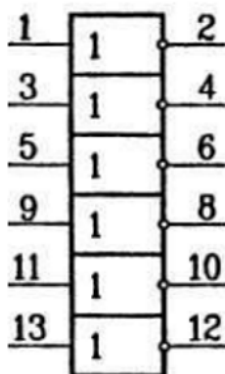


Рисунок 13 — УГО КР1554ЛН1

Микросхема КР1554ЛЛ1 (показана на рисунке 14) представляет собой 4 логических элемента 2ИЛИ. Информационными входами являются пары выводов: 1 и 2, 4 и 5, 9 и 10, 12 и 13. Информационными выходами являются выводы 3, 6, 8, 11.

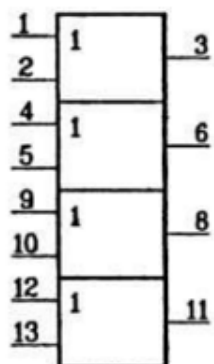


Рисунок 14 — УГО КР1554ЛЛ1

Микросхема КР1554ЛИ1 (показана на рисунке 15) представляет собой четыре логических элемента 2И. Информационными входами являются пары выводов: 1 и 2, 4 и 5, 9 и 10, 12 и 13. Информационными выходами являются выводы 3, 6, 8, 11.

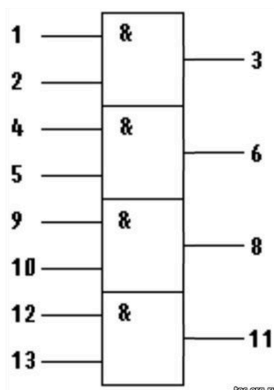


Рисунок 15 — УГО КР1554ЛИ1

### 3.3 Выбор генератора тактовых импульсов

В качестве генератора тактовых импульсов используется схема на двух инверторах и кварцевом резонаторе частотой 32,678 Гц.

Схема генерации тактовых сигналов имеет 2 выхода – генерация высокой частоты, 32,768 кГц, и низкой, 8 Гц. Для выработки низкой частоты используются делители частоты объединенные в каскад. Потребителем низкой частоты является счетчик, осуществляющий вращения колеса. Остальные микросхемы используют высокую частоту для поддержания быстродействия. Схема приведена на рисунке 16.

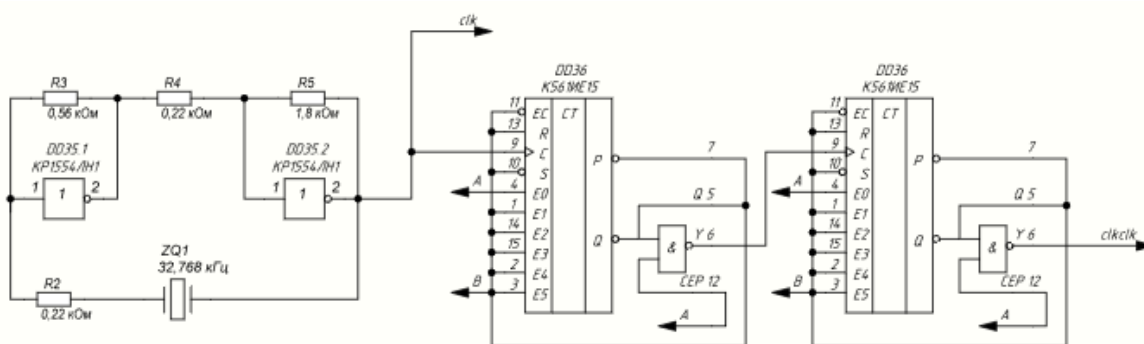


Рисунок 16 — Схема генератора тактовых импульсов

### 3.4 Выбор входных и выходных разъемов

Для работы схемы требуется 3 разъема на 5, 2 и 35 контактов. Подобраны разъемы соответствующего количества контактов:

- XP1, 5 контактов SCT1001H-05PL100;
- XP2, 2 контакта SCT1001H-05PL100;
- XP3, 35 контактов СКК7353LNS-1.5-11В.

### 3.5 Устранение помех

Источник питания может быть нестабилен и выдавать скачки напряжения, из-за чего работа устройства может быть нарушена. Для сглаживания помех и кратковременных провалов питания используется схема фильтрации. В неё включён один электролитический конденсатор ёмкостью 10 мкФ, а также 13 керамических конденсаторов (по одному на каждую или группу микросхем), обеспечивающих стабильную работу 34 КМОП-микросхем. Помехи в разрабатываемом устройстве могут возникать также из-за неиспользуемых входов, которые могут создавать помехи в цепях. Для устранения такого явления все неиспользуемые прямые входы были соединены с общей линией земли (линия В).

#### 4 Расчет быстродействия

Для определения минимальной задержки в формировании выходного сигнала проведены расчеты быстродействия. В таблице 5 представлены максимальные задержки используемых микросхем согласно документации.

Таблица 5 — Максимальные задержки на микросхемах

Микросхема, обозначение	Время задержки максимальное, нс
КР1561ИР15	30
КР1554ИЕ18	32
КР1554КП16	12
КР1554ИМ6	20
КР1564ИД7	34
К561ИЕ15	50
КР1554ЛИ1	27
КР1554ЛЛ1	22
КР1554ЛН1	22

Тогда минимальное время отображения изменений после подачи сигнала на ШУ для различных сигналов:

– сигнал выбора следующего игрока с разъема ХР1 применяется к сигналам на разъеме ХР3 с задержкой согласно формуле (1);

$$t_{\text{зд.р.1}} = t_{\text{ир11}} * 2 + t_{\text{лн1}} + t_{\text{лл1}} + t_{\text{ли1}} = 30 * 2 + 22 + 22 + 27 = 131\text{нс} \quad (1)$$

– сигналы прибавления очков, исключения игрока с разъема ХР1 применяется к сигналам на разъеме ХР3 с задержкой по формуле (2).

$$\begin{aligned} t_{\text{зд.р.2}} &= t_{\text{ир11}} * 2 + t_{\text{лн1}} + t_{\text{лл1}} + t_{\text{ли1}} + t_{\text{кп16}} + t_{\text{им6}} = \\ &= 30 * 2 + 22 + 22 + 12 + 20 = 136\text{нс} \end{aligned} \quad (2)$$



## 5 Расчет потребляемой мощности

Выполнен расчет мощности, потребляемой устройством. На все микросхемы подано напряжение питания В.

Расчет мощности выполняется по формуле (3).

$$P_{\text{устр}} = \sum_{i=1}^N P_{\text{МС}i}, \quad (3)$$

где  $N$  – количество микросхем (для собранной схемы верно значение 34),  
 $P_{\text{МС}i}$  – мощность  $i$ -той микросхемы.

В таблице 6 показаны мощности различных МС.

Таблица 6 — Статическая мощность различных МС

Микросхема, обозначение	Потребляе- мая мощность (макс.), мВт	Количество МС в устройстве	Суммарная потребляе- мая мощность (макс.), мВт
КР1561ИР15	30	11	330
КР1554ИЕ18	35	2	70
КР1554КП16	35	9	315
КР1554ИМ6	35	2	70
КР1564ИД7	30	1	30
К561ИЕ15	15	2	30
КР1554ЛИ1	35	10	350
КР1554ЛЛ1	35	5	175
КР1554ЛН1	35	24	840

Согласно данным из таблицы суммарная статическая потребляемая мощность устройства  $P_{\text{устр}} = 2210$  мВт.

Далее в таблице 7 показаны мощности различных МС при динамическом режиме работы.

Таблица 7 — Динамическая мощность различных МС

Микросхема, обозначение	Потребляе- мая мощность (макс.), мВт	Количество МС в устройстве	Суммарная потребляе- мая мощность (макс.), мВт
КР1561ИР15	102	11	1122
КР1554ИЕ18	120	2	240
КР1554КП16	140	9	1260
КР1554ИМ6	130	2	260
КР1564ИД7	110	1	110
К561ИЕ15	50	2	100
КР1554ЛИ1	140	10	1400
КР1554ЛЛ1	135	5	675
КР1554ЛН1	120	24	2880

Согласно данным из таблицы суммарная динамическая потребляемая мощность устройства  $P_{\text{устр}} = 8047$  мВт.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения курсовой работы было спроектировано электронное устройство, предназначенное для проведения игры «Поле чудес» с участием трёх игроков.

Разработанное устройство удовлетворяет требованиям, изложенным в техническом задании. В процессе разработки был сформирован комплект проектной документации, включающий расчётно-пояснительную записку, структурную схему, электрическую функциональную схему, принципиальную электрическую схему, а также временные диаграммы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2.702-2011 Правила выполнения электрических схем.
2. Справочник по стандартным цифровым КМОП микросхемам [электронный ресурс]. URL: <https://lib.qrz.ru/book/export/html/5361> (дата обращения: 20.04.2025)
3. ГОСТ 2.743-91 Обозначения условные в графических схемах. Элементы цифровой техники.
4. ГОСТ 2.728-74 Обозначения условные в графических схемах. Резисторы, конденсаторы.
5. ГОСТ 2.751-73 Обозначения условные в графических схемах. Электрические связи, провода, кабели и шины.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**  
Листов 6

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

**ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

**БАКАЛАВРСКАЯ ПРОГРАММА 09.03.01/03 Вычислительные машины, комплексы,  
системы и сети**

**ПОЛЕ ЧУДЕС. КМОП**  
**Техническое задание на курсовую работу**  
**по дисциплине Схемотехника**

**Листов 6**

Студент гр. ИУ6-63Б  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) Д.Г. Донских  
(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы,  
(Ст. преподаватель)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) С.С. Данилюк  
(И.О. Фамилия)

Москва, 2025

## **1 ВВЕДЕНИЕ**

Настоящее техническое задание распространяется на разработку схемы для игры «Поле чудес», именуемого в дальнейшем «устройством». Данное устройство принимает управляющие сигналы и на их основе обновляет свое внутреннее состояние – состояние колеса и каждого из игроков, после чего на основе своего состояния вырабатывает выходные сигналы для отображения информации участвующим лицам.

## **2 ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ**

Устройство разрабатывается в качестве курсового проекта на основе плана учебной работы студентов МГТУ им. Баумана кафедры ИУ6 «Компьютерные системы и сети».

## **3 НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ**

Устройство предназначено для игры согласно правилам телепередачи «Поле чудес» для трех игроков.

## **4 ЦЕЛИ И РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ**

### **4.1 Цель работы**

Целью курсового проектирования является разработка устройства игры «Поле чудес».

### **4.2 Решаемые задачи**

4.2.1 Анализ технического задания и возможных путей решения поставленной задачи.

4.2.2 Обоснование и синтез электрической функциональной схемы устройства.

4.2.3 Выбор элементной базы на основании технических требований.

4.2.4 Разработка электрической принципиальной схемы устройства.

4.2.5 Построение временных диаграмм.

4.2.6 Расчет параметров быстродействия и мощности устройства.

## 5 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

К разрабатываемому устройству предъявляются следующие требования к составу и параметру технических средств:

5.1 Устройство должно обрабатывать управляющие сигналы, на основе которых обновлять внутреннее состояние и выходные сигналы, включающие в себя позицию колеса, бит остановки колеса, для каждого из трех игроков счет игрока, бит выбора игрока и бит активности игрока.

5.2 Логика элементов – КМОП.

5.3 Устройство должно соответствовать перечисленным требованиям игры.

5.3.1 игроки ходят поочередно;

5.3.2 для каждого игрока колесо должно останавливаться в случайном месте;

5.3.3 должна быть поддержка нескольких вращений колеса для одного игрока;

5.3.4 на основе позиции колеса к счету игрока может быть прибавлено определенное количество очков (от 1 до 4) за угаданную букву;

5.3.5 игроку может быть назначен «сектор приза», в таком случае к счету игрока прибавляется 20;

5.3.6 игрок может выйти из игры, тогда при выборе следующего игрока игра должна пропускать его;

5.3.7 переключение на следующего игрока, прибавление очков, исключение игрока из игры, назначение остановки колеса должны происходить по подаче соответствующего управления сигнала.

5.4 К разрабатываемому устройству предъявляются условия эксплуатации в соответствие с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Требования к маркировке и упаковке разрабатываемого устройства не предъявляются.

5.5 Требования к транспортированию и хранению разрабатываемого устройства не предъявляются.



## 6 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТАЦИИ

6.1 В состав сопровождающей документации должны входить:

6.1.1 Расчетно-пояснительная записка на 25 – 30 листах формата А4

6.1.2 Техническое задание (Приложение А)

6.1.3 Спецификация (Приложение Е)

6.2 Графическая часть должна быть включена в расчетно-пояснительную записку в качестве приложений и иллюстраций:

6.2.1 Временные диаграммы (Приложение Д).

6.2.2 Схема структурная (Приложение Б).

6.2.3 Схема электрическая функциональная (Приложение В).

6.2.4 Схема электрическая принципиальная (Приложение Г).

## 7 СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

Этапы разработки курсовой работы указаны в таблице А.1.

Таблица А.1 — Этапы разработки

№	Название этапа	Срок, % выполнения	Отчетность
1	Выдача задания на проект	—	—
2	Анализ технического задания. Обоснование и синтез электрической функциональной схемы узла.	3 нед., 20%	Функциональная схема
3	Обоснование выбора элементной базы и разработка электрической прин-	6 нед., 40%	Принципиальная схема

Продолжение таблицы А.1

	ципиальной схемы узла.		
4	Разработка временных диаграмм функционирования узла. Выполнение расчетов.	—	Временные диаграммы. Расчеты
5	Смотр состояния проекта.	—	—
6	Конструкторское проектирование печатной платы. Выполнение конструкторских расчетов.	11 нед., 90%	—
7	Окончательное оформление графической части проекта и расчетно-пояснительной записки.	12 нед., 100%	Расчетно-пояснительная записка.
8	Подготовка доклада и защита курсового проекта.	13 нед., -	Доклад (3-5 минут).

## 8 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМА

### 8.1 Порядок контроля

Контроль выполнения осуществляется руководителем еженедельно.

### 8.2 Порядок защиты

Защита осуществляется перед комиссией, состоящей из преподавателей кафедры ИУ6.

### 8.3 Срок защиты

Срок защиты: 15-16 недели.

## **9 ПРИМЕЧАНИЕ**

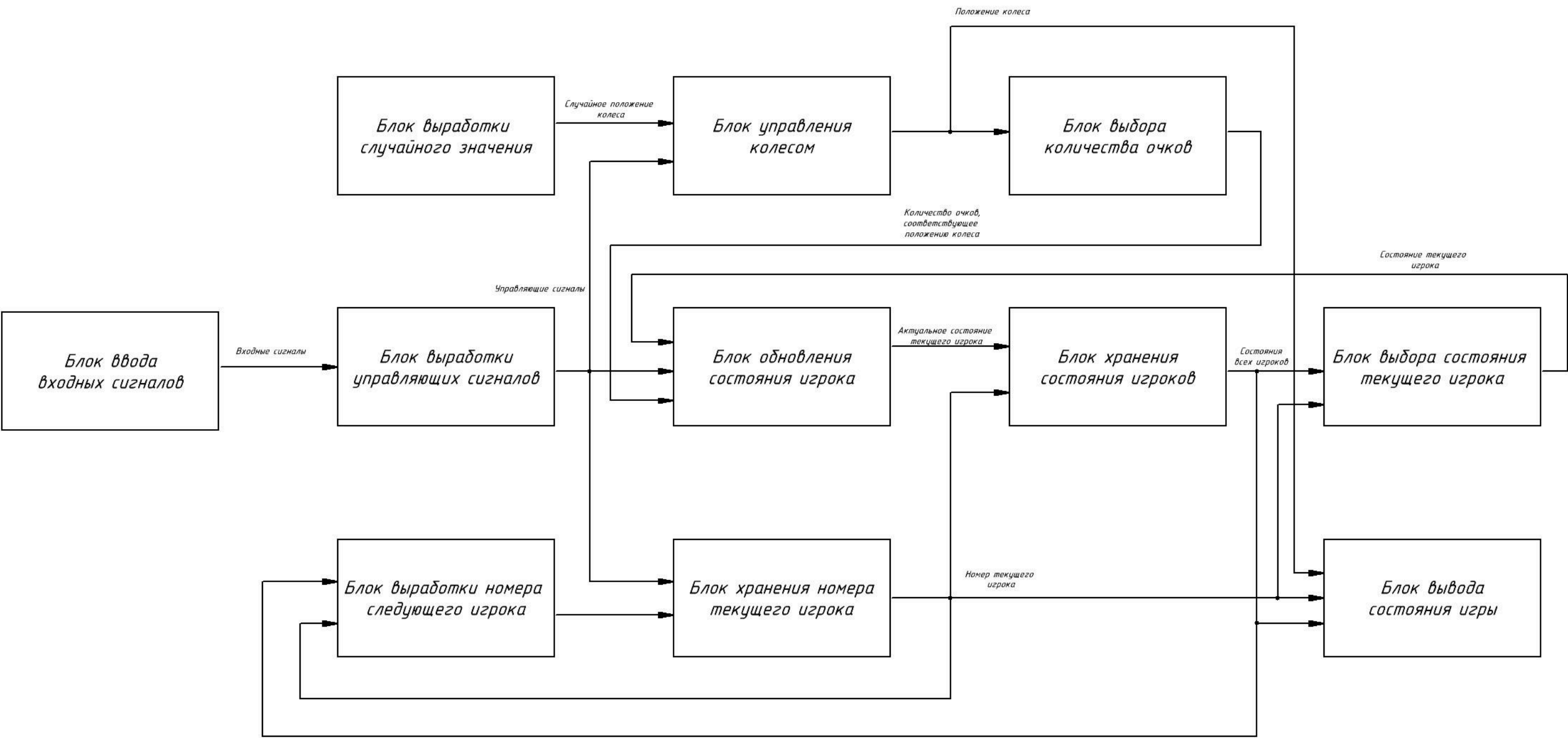
В процессе выполнения работы возможно уточнение отдельных требований технического задания по взаимному согласованию руководителя и исполнителя.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА**  
Листов 1

Перв. примен.	
Справ. №	

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Поле чудес. КМОП



<i>Курсовая работа по дисциплине: Схемотехника</i>					<i>Поле чудес. КМОП</i>																																								
<table><tr><td>Изм</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr><tr><td>Разраб.</td><td></td><td>Донских Д.Г.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Провер.</td><td></td><td>Данилюк С.С.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Т. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Реценз.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Утверд.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разраб.		Донских Д.Г.			Провер.		Данилюк С.С.			Т. контр.					Реценз.					Н. контр.					Утверд.					<i>Схема электрическая структурная</i>		<i>Лит</i>		<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
					Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																																				
					Разраб.		Донских Д.Г.																																						
					Провер.		Данилюк С.С.																																						
					Т. контр.																																								
					Реценз.																																								
					Н. контр.																																								
Утверд.																																													
<i>Лист 1</i>		<i>Листов 1</i>																																											
<i>МГТУ им Н.Э. Баумана ИУ6-63Б</i>																																													

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА**

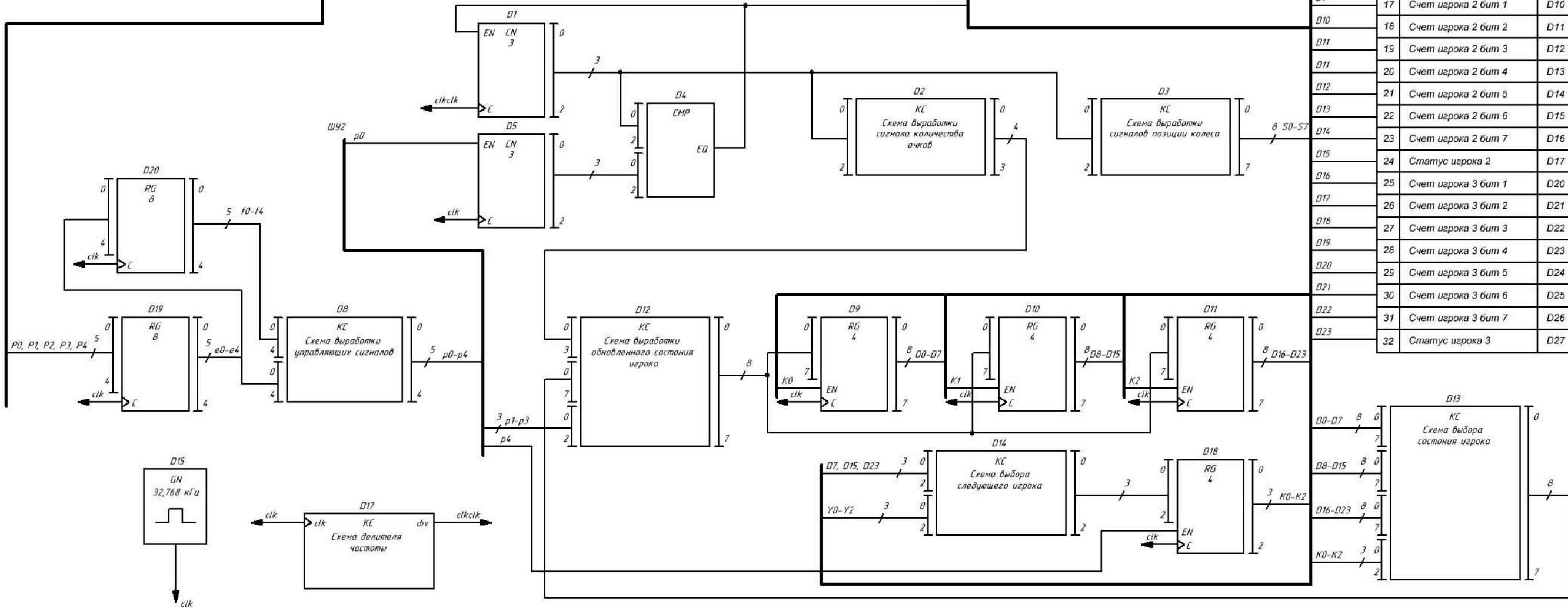
Листов 1

Поле чудес. КМОП

№	Назначение	Обозначение
0	Сигнал выбора	P0
1	Сигнал "Прибавить очко"	P1
2	Сигнал "Сектор приз"	P2
3	Сигнал "Исключить игрока"	P3
4	Сигнал выбора следующего игрока	P4

ШЧ1

P0  
P1  
P2  
P3  
P4

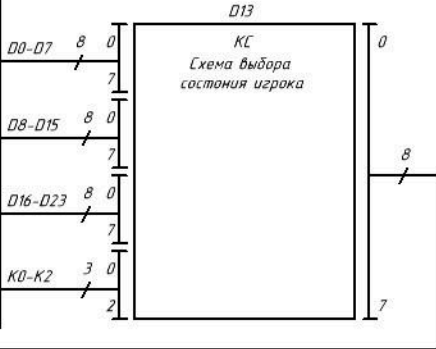


ШД1

№	Назначение	Обозначение
S0	0	Сигнал позиции колеса 1
S1	1	Сигнал позиции колеса 2
S2	2	Сигнал позиции колеса 3
S3	3	Сигнал позиции колеса 4
S4	4	Сигнал позиции колеса 5
S5	5	Сигнал позиции колеса 6
S6	6	Сигнал позиции колеса 7
S7	7	Сигнал позиции колеса 8
S8	8	Состояние колеса

№	Назначение	Обозначение
K0	33	Выбран игрок 1
K1	34	Выбран игрок 2
K2	35	Выбран игрок 3

№	Назначение	Обозначение
D0	9	Счет игрока 1 бит 1
D1	10	Счет игрока 1 бит 2
D2	11	Счет игрока 1 бит 3
D3	12	Счет игрока 1 бит 4
D4	13	Счет игрока 1 бит 5
D5	14	Счет игрока 1 бит 6
D6	15	Счет игрока 1 бит 7
D8	16	Статус игрока 1
D9	17	Счет игрока 2 бит 1
D10	18	Счет игрока 2 бит 2
D11	19	Счет игрока 2 бит 3
D12	20	Счет игрока 2 бит 4
D13	21	Счет игрока 2 бит 5
D14	22	Счет игрока 2 бит 6
D15	23	Счет игрока 2 бит 7
D16	24	Статус игрока 2
D17	25	Счет игрока 3 бит 1
D18	26	Счет игрока 3 бит 2
D19	27	Счет игрока 3 бит 3
D20	28	Счет игрока 3 бит 4
D21	29	Счет игрока 3 бит 5
D22	30	Счет игрока 3 бит 6
D23	31	Счет игрока 3 бит 7
D24	32	Статус игрока 3



На ШЧ1 поступают управляющие сигналы от внешнего устройства, где P0 – сигнал выбора, P1 – сигнал "Прибавить очко", P2 – сигнал "Сектор приз", P3 – сигнал "Исключить игрока", P4 – сигнал выбора следующего игрока.

На ШД1 поступают на выход данные о состоянии игры: очки и статусы игроков, номер текущего игрока, состояние колеса и индикатор остановки колеса.

Курсовая работа по дисциплине: Схемотехника				Поле чудес. КМОП				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Схема электрическая функциональная	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Донских Д.Г.							
Провер.	Данилюк С.С.							
Т. контр.								
Реценз.								
Н. контр.								
Утверд.								
						Лист 1 Листов 1		
						МГТУ им Н.Э. Баумана ИУ6-63Б		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА**  
Листов 1

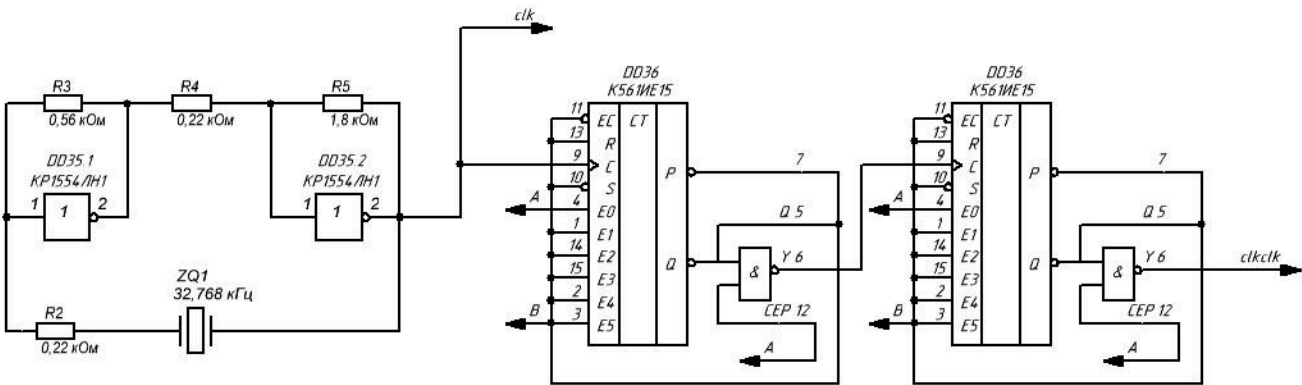
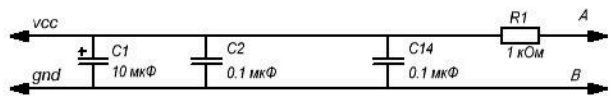


XP1		
№	Назначение	Обозначение
0	Сигнал выбора	P0
1	Сигнал "Прибавить очко"	P1
2	Сигнал "Сектор приза"	P2
3	Сигнал "Исключить игрока"	P3
4	Сигнал выбора следующего игрока	P4

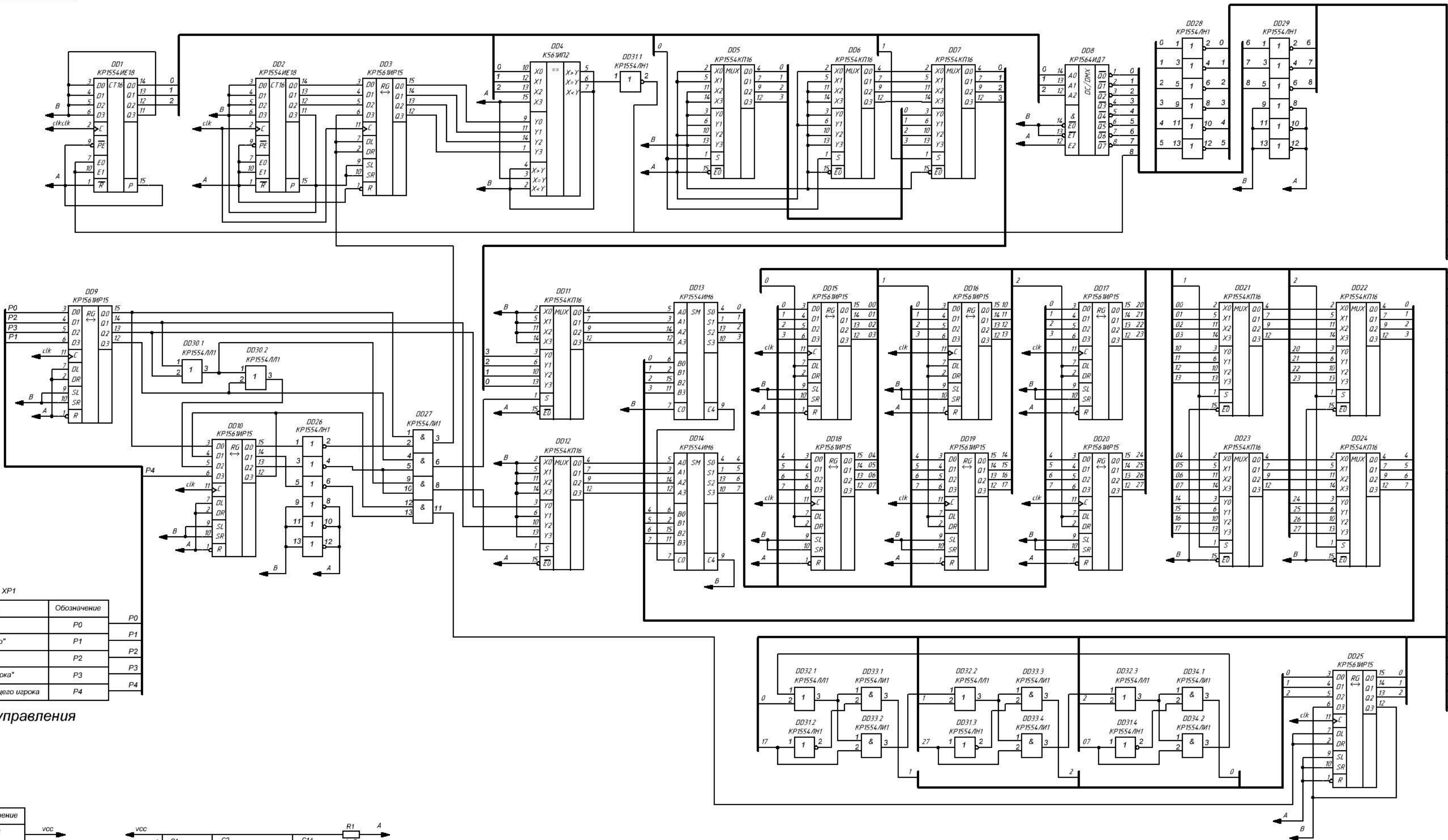
Разъем управления

XP2		
№	Назначение	Обозначение
0	Питание	VCC
1	Общий	GND

Разъем питания



Контакт 16 микросхем DD1 – DD25, DD36 – DD39 подключить к VCC  
Контакт 8 микросхем DD1 – DD25, DD36 – DD39 подключить к GND  
Контакт 14 микросхемы DD26 – D35 подключить к VCC  
Контакт 7 микросхемы DD26 – D35 подключить к GND



XP3		
№	Назначение	Обозначение
0	Сигнал позиции колеса 1	S0
1	Сигнал позиции колеса 2	S1
2	Сигнал позиции колеса 3	S2
3	Сигнал позиции колеса 4	S3
4	Сигнал позиции колеса 5	S4
5	Сигнал позиции колеса 6	S5
6	Сигнал позиции колеса 7	S6
7	Сигнал позиции колеса 8	S7
8	Состояние колеса	S8
00	Счет игрока 1 бит 1	D00
01	Счет игрока 1 бит 2	D01
02	Счет игрока 1 бит 3	D02
03	Счет игрока 1 бит 4	D03
04	Счет игрока 1 бит 5	D04
05	Счет игрока 1 бит 6	D05
06	Счет игрока 1 бит 7	D06
07	Статус игрока 1	D07
10	Счет игрока 2 бит 1	D10
11	Счет игрока 2 бит 2	D11
12	Счет игрока 2 бит 3	D12
13	Счет игрока 2 бит 4	D13
14	Счет игрока 2 бит 5	D14
15	Счет игрока 2 бит 6	D15
16	Счет игрока 2 бит 7	D16
17	Статус игрока 2	D17
20	Счет игрока 3 бит 1	D20
21	Счет игрока 3 бит 2	D21
22	Счет игрока 3 бит 3	D22
23	Счет игрока 3 бит 4	D23
24	Счет игрока 3 бит 5	D24
25	Счет игрока 3 бит 6	D25
26	Счет игрока 3 бит 7	D26
27	Статус игрока 3	D27
0	Выбран игрок 1	K0
1	Выбран игрок 2	K1
2	Выбран игрок 3	K2

Выходной разъем

Курсовая работа по дисциплине: Схемотехника				Поле чудес. КМОП			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Схема электрическая принципиальная		
Разраб.	Донских Д.Г.						
Провер.	Данилюк С.С.						
Т. контр.							
Реценз.							
Н. контр.					Лист 1 Листов 1		
Утверд.							
					МГТУ им Н.Э. Баумана ИУ6-63Б		
					Копировал Формат		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
**СПЕЦИФИКАЦИЯ**  
Листов 2



