



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 09.03.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

на тему:

Схемотехническое проектирование
электронного устройства

Студент ИУ6-64Б
(Группа)

(Подпись, дата)

Д.О. Кошенков
(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

О.Ю. Еремин
(И.О. Фамилия)

**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)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИУ6
(Индекс)

_____ А.В. Пролетарский
(И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 2025 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение курсовой работы**

по дисциплине Схемотехника

Студент группы ИУ6-64Б

Кошенков Дмитрий Олегович

(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 КР: 25% к 3 нед., 50% к 10 нед., 75% к 13 нед., 100% к 15 нед.

Техническое задание Цифровой омметр с диапазоном измерения от 1 Ом до 1 МОм

Оформление курсовой работы:

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) 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 «____» _____ 2025 г.

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

О.Ю. Ерёмин

(И.О. Фамилия)

Студент

(Подпись, дата)

Д.О. Кошенков

(И.О. Фамилия)

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

РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка состоит из 21 страниц, включающих в себя 9 рисунков, 3 таблиц, 5 источников и 6 приложений.

КМОП, ОММЕТР, RC-ЦЕПЬ, ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЦИФРОВОЙ СЧЕТЧИК

Объектом разработки является цифровой омметр, реализующий метод измерения сопротивления на основе времязадающей RC-цепи.

Цель работы – проектирование цифрового омметра, построенного на интегральных микросхемах, выполненных по технологии КМОП, и предназначенного для измерения электрического сопротивления в заданном диапазоне. Актуальность работы заключается в необходимости создания простых и достаточно точных цифровых средств для измерения электрического сопротивления, являющегося одной из базовых задач в электронике и приборостроении. Применение метода, основанного на измерении времени заряда RC-цепи, позволяет реализовать гибкое и масштабируемое устройство. Путем изменения емкости конденсатора или частоты тактового генератора можно легко адаптировать прибор для измерения сопротивлений в широком диапазоне значений без значительного усложнения схемы.

В результате разработки было спроектировано устройство, осуществляющее измерение сопротивления путем преобразования его величины во временной интервал заряда конденсатора известной емкости до заданного порогового напряжения. Данный интервал измеряется с помощью цифрового счетчика, тактируемого стабильным генератором частоты, и полученное цифровое значение преобразуется для отображения результата на цифровом индикаторе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ требований	6
1.1 Описание принципа работы описываемого устройства	6
1.2 Выбор схемотехнического решения	6
2 Проектирование электрической функциональной схемы	8
2.1 Блок измеряемого резистора и измерительной RC-цепи	8
2.2 Блок отображения	8
2.3 Блок сравнения	8
2.4 Блок управления	9
3 Построение временных диаграмм	10
4 Разработка принципиальной электрической схемы	11
4.1 Выбор элементной базы	11
4.2 Обоснование и синтез принципиальной схемы	11
4.3 Выбор генератора тактовых импульсов	17
5 Расчёт быстродействия	18
6 Расчет потребляемой мощности	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А Техническое задание	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Электрическая структурная схема	29
ПРИЛОЖЕНИЕ В Электрическая функциональная схема	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Диаграммы временные	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Электрическая принципиальная схема	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Электрическая принципиальная схема	37

ВВЕДЕНИЕ

Измерение электрического сопротивления является одной из базовых задач в электронике, радиотехнике и приборостроении. Точное определение номинала резисторов, проверка целостности цепей и измерение параметров различных компонентов и датчиков – неотъемлемая часть разработки, настройки и ремонта электронных устройств. Существует множество методов и приборов для измерения сопротивления, от классических аналоговых омметров до сложных цифровых мультиметров и измерительных мостов. Данная работа посвящена разработке цифрового омметра, реализующего метод цифрового измерения сопротивления, основанный на использовании времязадающей RC-цепи и цифровых счетчиков.

Принцип действия разрабатываемого устройства заключается в измерении времени, необходимого для заряда конденсатора известной емкости через измеряемое сопротивление до определенного порогового напряжения. Это время напрямую связано с постоянной времени RC-цепи и, следовательно, пропорционально измеряемому сопротивлению R . Для точного измерения этого временного интервала используются цифровые счетчики, тактируемые стабильным генератором частоты. Полученное цифровое значение со счетчиков затем преобразуется и отображается как измеренное сопротивление.

Актуальность разработки такого устройства заключается в возможности создания относительно простого, но достаточно точного цифрового омметра. Преимуществом метода является также гибкость и масштабируемость: путем изменения емкости конденсатора или частоты тактового генератора можно легко адаптировать прибор для измерения сопротивлений в широком диапазоне значений без значительного усложнения схемы, диапазон измерений также можно увеличить, увеличением количества счетчиков.

Электрические схемы выполнены согласно ГОСТ [1].

1 Анализ требований

Согласно требованиям технического задания, результатом работы устройства является вычисление сопротивления в диапазоне от 1Ом до 1МОм. Устройство должно быть реализовано на доступной элементной базе с использованием стандартных цифровых компонентов.

1.1 Описание принципа работы описываемого устройства

В качестве входных данных устройство принимает измеряемый резистор, подключаемый к специальным контактам. Данный резистор используется как элемент R в составе времязадающей RC-цепи, совместно с конденсатором известной емкости C, для получения характерной постоянной времени $T = R*C$.

Принцип действия разрабатываемого устройства заключается в измерении временного интервала, необходимого для заряда конденсатора С через измеряемое сопротивление R до порогового напряжения. Данный временной интервал напрямую связан с постоянной времени RC-цепи и, следовательно, пропорционален измеряемому сопротивлению R. Постоянная времени определяется как время, за которое напряжение на конденсаторе при его заряде достигает 63.2% от напряжения питания.

Для точного измерения указанного временного интервала используются цифровые счетчики, тактируемые импульсами генератора тактовой частоты. Полученное количество тактовых импульсов за время заряда отображается на цифровом индикаторе как измеренное значение сопротивления, и полученная величина кратна измеряемому сопротивлению.

1.2 Выбор схемотехнического решения

Исходя из описанного принципа измерения сопротивления, основанного на заряде RC-цепи, выбирается структурная схема устройства, представленная в Приложении Б. Процесс измерения инициируется блоком управления, который координирует взаимодействие всех узлов устройства.

По команде начала измерения блок управления формирует сигнал, запускающий заряд конденсатора в измерительной RC-цепи, входящей в состав измерительного узла. Одновременно с началом заряда блок управления разрешает работу блока счетчиков. Блок счетчиков начинает подсчет импульсов, поступающих от генератора тактовых импульсов, который обеспечивает стабильную временную базу для измерений.

В течение процесса заряда напряжение на конденсаторе непрерывно контролируется блоком сравнения, также являющимся частью измерительного узла. Как только напряжение на конденсаторе достигает заранее установленного порогового значения, блок сравнения формирует сигнал окончания заряда. Этот сигнал немедленно поступает в блок управления.

Получив сигнал окончания заряда, блок управления формирует сигнал запрета счета, который останавливает работу блока счетчиков. В блоке счетчиков фиксируется итоговое количество тактовых импульсов, подсчитанное строго за время заряда конденсатора до порогового уровня.

Зафиксированное в блоке счетчиков цифровое значение пропорционально измеряемому сопротивлению. Блок управления передает сигнал готовности данных в блок вывода результата. Блок вывода считывает цифровой код из блока счетчиков формирует управляющие сигналы для отображения результата на цифровом индикаторе.

2 Проектирование электрической функциональной схемы

Описание принципов работы блоков и их взаимодействия позволило выделить основной функционал устройства и провести верхнеуровневый анализ происходящих в нем процессов. Разработанная функциональная схема устройства представлена в Приложении В.

2.1 Блок измеряемого резистора и измерительной RC-цепи

Данные блоки отвечают за взаимодействие с аналоговой частью схемы и визуализацию конечного результата. Узел D1 представляет собой интерфейс измерительной RC-цепи, обеспечивая подключение внешнего измеряемого резистора и принимая управляющие сигналы «Старт» и «Сброс» для начала заряда и разряда конденсатора соответственно. Выход U узла DD1 представляет аналоговое напряжение на конденсаторе RC-цепи. АЦП D3 непрерывно преобразует это напряжение U в 14-разрядный цифровой код.

2.2 Блок отображения

Счетчик D9 накапливает результат подсчета тактовых импульсов в процессе измерения. Итоговое значение с D9 по 4-разряднойшине передается непосредственно на семисегментный индикатор для отображения результата измерения.

2.3 Блок сравнения

Блок сравнения осуществляет операцию сравнения цифрового значения напряжения, поступающего с АЦП (DD2), с пороговым значением, хранящимся в регистре константы (D3). Компаратор D4 производит непрерывное сравнение этих двух 14-разрядных кодов. При превышении измеряемым напряжением порогового уровня, компаратор D4 формирует сигнал завершения измерения.

2.4 Блок управления

Сигнал «Сброс» обнуляет счётчик D9 и разряжает конденсатор RC-цепи.

Активный сигнал «Старт» инициирует начало процесса измерения. Он запускает заряд конденсатора в узле D2 и одновременно устанавливает триггер D7 в состояние $Q=1$. Второй вход элемента И D6 подключается к выходу компаратора D4, отражающему результат сравнения текущего напряжения с пороговым. Таким образом, пока идет заряд и напряжение не достигло порога, оба входа элемента D6 активны, и его выход также равен логической 1.

Выход элемента D7 поступает на управляющий вход S мультиплексора D8. При $S=1$ мультиплексор передает на свой выход Y сигнал со входа X0, то есть тактовые импульсы от генератора G. Эти импульсы поступают на тактовый вход С счетчика D7, который начинает подсчет, измеряя длительность процесса заряда. Когда напряжение на конденсаторе достигает порогового значения, соответствующий выход компаратора D4 становится неактивным. Это приводит к установке выхода элемента И D6 в логический 0. Мультиплексор D8, управляемый теперь сигналом $S=0$, переключается и передает на выход Y сигнал со входа X1, прекращая поступление тактовых импульсов на счетчик D9. Таким образом, счет останавливается точно в момент достижения порогового напряжения, и в счетчике фиксируется значение, пропорциональное времени заряда конденсатора. На лампу EL1 подается сигнал о том, что расчет окончен и вывод корректен.

3 Построение временных диаграмм

Согласно требованиям технического задания необходимо разработать временные диаграммы для пояснения принципов работы разрабатываемого устройства. Разработанные временные диаграммы представлены на рисунке , а также в приложении Г.

Сигналы «start» и «rst» формируются в произвольный момент, их снятие происходит синхронно по переднему фронту тактового сигнала clk. При поступлении асинхронного сигнала «start» (0) запускается синхронный процесс измерения, в результате чего на выходнойшине out[31:0] появляется цифровой код счёта (1). После накопления корректного значения активируется флаг «valid» (2), свидетельствуя о готовности данных. Деактивация «start» синхронно по фронту clk (3) прекращает поступление тактовых импульсов на счётчик. Активация «rst» (4) обнуляет выходную шину out[31:0] и сбрасывает флаг «valid» (5), возвращая систему в исходное состояние.

4 Разработка принципиальной электрической схемы

Разработанная принципиальная схема устройства представлена в приложении Д.

4.1 Выбор элементной базы

Согласно заданию для разрабатываемого устройства необходимо применять КМОП-логику с учётом приоритетов быстродействия и суммарной потребляемой мощности. Выбор элементной базы производится на основе анализа характеристик отечественных серий: К561, КР1561 и К564. В таблице 1 представлено сравнение элементов разных серий.

Таблица 1 – Максимальные задержки на микросхемах

Параметр	K561	K564	KР1561	KР1533
вентиль	0,1...100	0,1...100	0,1...100	0,1...100
задержка	50	50	50	50
питание	3...15	3...15	3...15	4,5...5,5

Видно, что все три серии обеспечивают одинаковые показатели энергопотребления и быстродействия, и выбор конкретной серии определяется требуемыми функциональными блоками и габаритными ограничениями корпуса.

4.2 Обоснование и синтез принципиальной схемы

Микросхема КР1564ЛЛ1 представляет собой четыре логических элемента 2 ИЛИ. 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. Вывод 7 – «общий» (земля), вывод 14 – питание. Микросхема изображена на рисунке 1

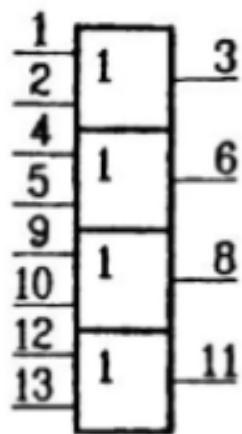


Рисунок 1 – Микросхема KR1564ЛЛ1

Микросхема К1564ЛИ2 представляет собой четыре логических элемента 2 И. 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. Вывод 7 – «общий» (земля), вывод 14 – питание. Микросхема изображена на рисунке 2

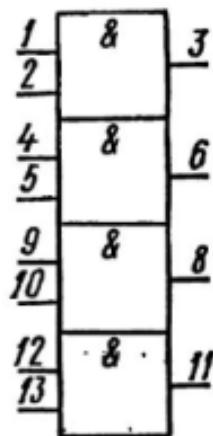


Рисунок 2 – Микросхема К1564ЛИ2

Микросхема KR1564ЛН1 (ЭП, корпус 401.14-5) представляет собой шесть логических элементов инвертор (НЕ). Информационными входами являются 1, 3, 5, 9, 11, 13. Информационными выходами являются выводы 2, 4, 6, 8, 10, 12. Вывод 7 – «общий», вывод 14 – питание. Микросхема изображена на рисунке 3.

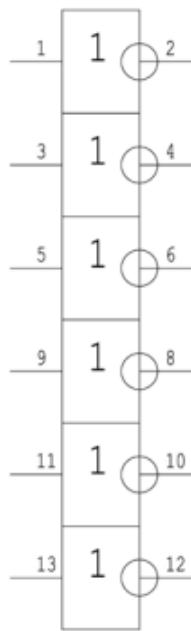


Рисунок 3 – Микросхема КР1564ЛН1

Микросхема К561ИП2 представляет собой цифровой компаратор двух четырёхразрядных чисел. Информационными входами являются А0...А3 (входы 1, 9, 11, 14) и В0...В3 (входы 10, 12, 13, 15). Информационными выходами являются вывод 5 – А > В, вывод 6 – А = В, вывод 7 – А < В. Вход 8 – «общий» (земля), вывод 16 – питание. Микросхема изображена на рисунке 4.

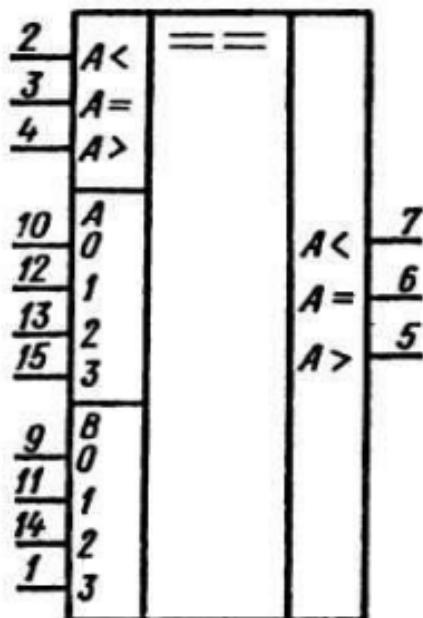


Рисунок 4 – Микросхема К561ИП2

Микросхема КР1564ИЕ6 представляет собой двоично-десятичный реверсивный счётчик. Информационными входами являются выводы данных D0...D3 (15, 1, 9 и 10), тактовые импульсы на увеличение +1 (вывод 5) и на уменьшение -1 (вывод 4), вход разрешения загрузки ED (вывод 11) и асинхронный сброс CLR (вывод 14). Информационными выходами являются счётчики Q0...Q3 (3, 2, 6 и 7), выход переноса при сложении CR (12) и выход заимствования при вычитании BR (13). Вывод 8 — «общий» (земля), вывод 16 — питание. Микросхема изображена на рисунке 5.

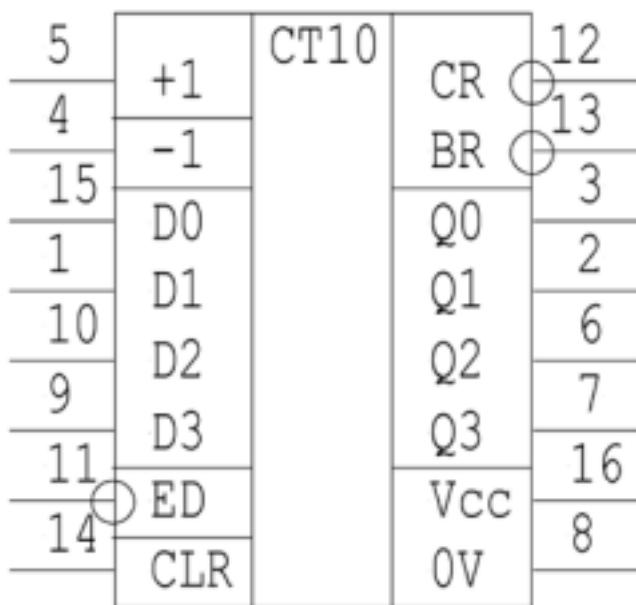


Рисунок 5 – Микросхема КР1564ИЕ6

Микросхема К561КТ3 представляет собой четыре двунаправленных переключателя. Информационными входами являются контакты X1...X4 (выводы 1, 4, 8 и 11), управляющими входами — V1...V4 (выводы 13, 5, 6 и 12). Информационными выходами являются контакты Y1...Y4 (выводы 2, 3, 9 и 10). Вывод 7 — «общий» (земля), вывод 14 — питание. Микросхема изображена на рисунке 6.

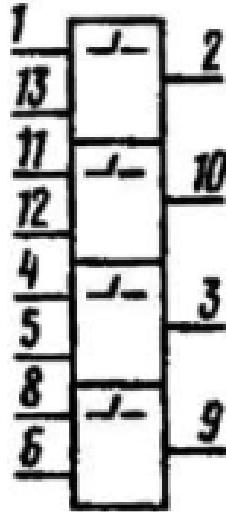


Рисунок 6 – Микросхема К561КТ3

Микросхема KP1564TM8 представляет собой четыре D-триггера с прямыми и инверсными выходами. Информационными входами являются вывод установки «0» CLR (1), входы данных D1...D4 (4, 5, 12 и 13) и тактовый вход CLK (9). Информационными выходами являются прямые выходы Q1...Q4 (2, 7, 10 и 15) и инверсные выходы \bar{Q}^1 ... \bar{Q}^4 (3, 6, 11 и 14). Вывод 8 – «общий» (земля), вывод 16 – питание. Микросхема изображена на рисунке 7.

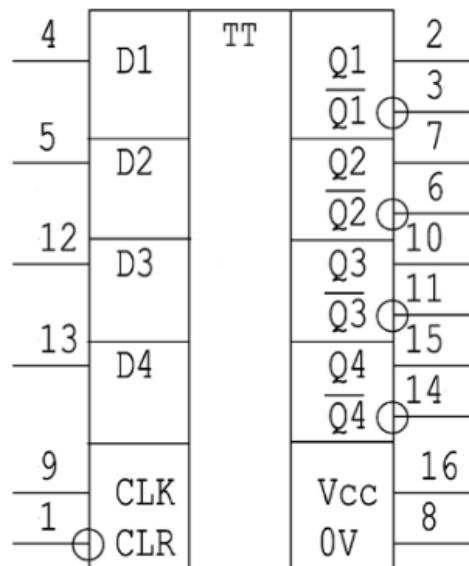


Рисунок 7 – Микросхема KP1564TM8

Микросхема 5101HB015 представляет собой быстродействующий малопотребляющий конвейерный 12/14-разрядный аналого-цифровой

преобразователь. Информационными входами являются аналоговые IN– (вывод 1) и IN+ (вывод 52), опорные VREF (выводы 4, 10, 11) и REFEN (вывод 9), тактовые CLK (вывод 49) и nCLK (вывод 48), а также управляющие SCANEN (вывод 28), CALRUN (вывод 29), nCS (вывод 31), OEN (вывод 32), LVDSEN (вывод 33), Q12SEL (вывод 36), BIASEL2 (вывод 44), BIASEL1 (вывод 45), BIASEMODE (вывод 46) и PD (вывод 50). Информационными выходами являются цифровые данные Q0...Q13 (выводы 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37), флаг переполнения OVFL (вывод 17) и прямой/инверсный выходы тактовой частоты CLKO (вывод 41) и nCLKO (вывод 42). Общим является металлическое основание корпуса и вывод 27; аналоговое питание VDDA подводится на выводы 2, 8, 15, 16, 91, 92; цифровое питание VDDD – на выводы 10 и 11; питание выходных драйверов VDDO – на выводы 21, 29, 37, 38; питание преддрайверов VDDR – на выводы 20 и 40. Микросхема изображена на рисунке 8.

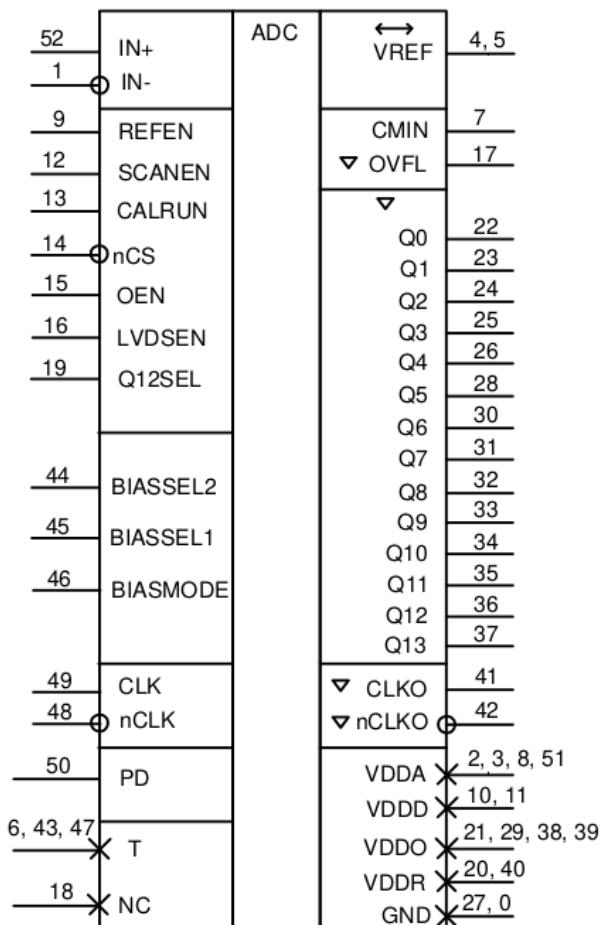


Рисунок 8 – Микросхема 5101HB015

4.3 Выбор генератора тактовых импульсов

Т.к. большая часть элементов в схеме работает по синхронным динамическим сигналам, в устройстве необходим генератор тактовых импульсов для генерации сигналов с определенной частотой. Для реализации генератора была выбрана схема на двух инверторах, изображенная на рисунке 9.

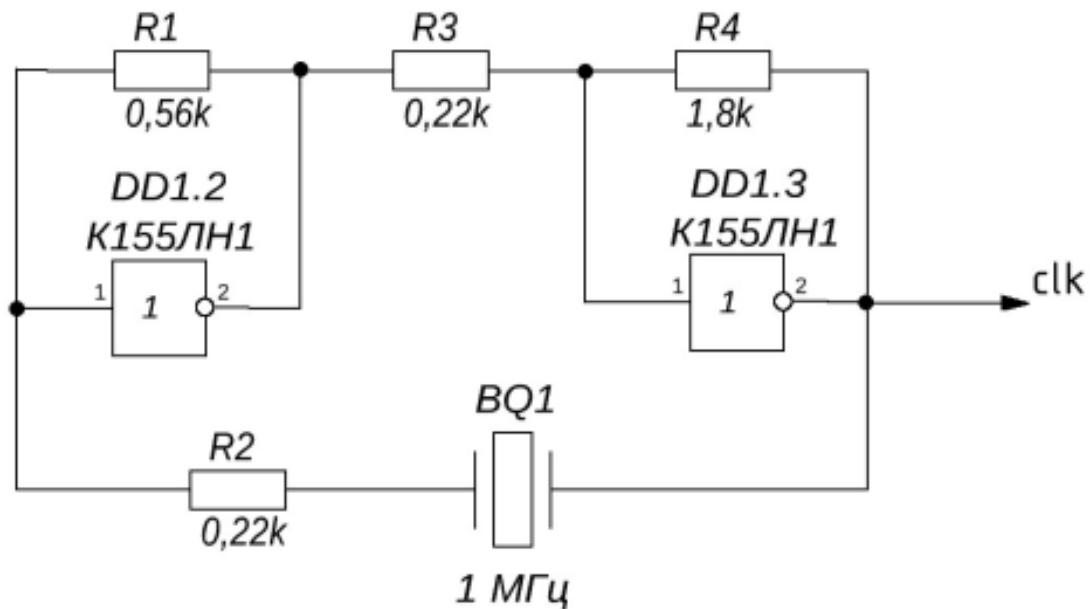


Рисунок 9 – Генератор тактовых импульсов

Преимуществом генераторов на кварцевом резонаторе является их стабильность частоты. Согласно требованию ТЗ устройство должно работать на частоте 2 МГц, поэтому в генераторе был взят кварцевый резонатор на 2 МГц.

5 Расчёт быстродействия

Для определения минимального времени «остановки» счётчиков после того, как один из компараторов выдаёт сигнал превышения порога, собраны максимальные задержки элементов согласно документации:

Таблица 2 – Максимальные задержки на микросхемах

Микросхема, обозначение	Время задержки максимальное, нс
КП1533СП1	39
КР1564ЛЛ1	17
КР1564ЛИ1	15
КП1533СП1	39
1564ТМ8	242
К561КТ3	25

Минимальное время остановки счётчиков по самому длинному пути

- Регистр и АЦП → 4 компаратора → ИЛИ → И → D-триггер → мультиплексор:

$$t = t_R + t_{ADC} + 4t_+ + t_! + t + t_t + t_m. \quad (1)$$

Подставим в формулу (1) значения:

$$t = 250 + 1 + 39 * 4 + 17 + 15 + 242 + 25 = 705\text{нс}. \quad (2)$$

Тогда из полученного t, можем найти максимальную частоту:

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1}{455\text{нс}} = 1.42\text{МГц}. \quad (3)$$

Таким образом, частота, заданная в ТЗ, не превышает максимально возможного значения частоты.

6 Расчет потребляемой мощности

Полная мощность, потребляемая устройством, рассчитывается как сумма статической и динамической мощностей. Расчитывается по формуле (4).

$$P = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}. \quad (4)$$

Расчет статической мощности выполняется по формуле (5).

$$P_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^N P_{\text{MC}i}, \quad (5)$$

где N – количество микросхем, в схеме их 23;

$P_{\text{MC}i}$ – мощность i -той микросхемы.

В таблице 3 показаны мощности различных МС.

Таблица 3 – Потребляемые мощности различных МС

Микросхема, обозначение	Потребляе- мая мощность (макс.), мВт	Количество МС в устройстве	Суммарная потребляе- мая мощность (макс.), мВт
KP1564ЛН1	200 мВт	1	200 мВт
KP1561ЛИ2	200 мВт	1	200 мВт
KP1561ИР14	100 мВт	4	400 мВт
K561ИП2	150 мВт	4	600 мВт
5101НВ015	62 мВт	1	62 мВт
KP1561ЛЛ1	200 мВт	1	200 мВт
KP1564TM8	400 мВт	1	400 мВт
KP1564ИЕ7	400 мВт	8	3200 мВт

Согласно данным из таблицы суммарная потребляемая мощность устройства $P_{\text{устр}} = 5262 \text{ мВт} = 5.3\text{Вт}$.

Для расчета динамической мощности воспользуемся формулой (6):

$$P_{\text{дин.эл-та}} = C_0 * U_{\text{пит}}^2 * f_{\text{вх}} + N * (C_{\text{нагр}} * U_{\text{пит}}^2 * f_{\text{вых}}) \quad (6)$$

где C_0 - входная емкость микросхемы

$U_{\text{пит}}$ - напряжение питания

N - количество выводов, работающих

Тогда, для KP1564IE6:

$$\begin{aligned} P_{\text{KP1564IE6}} &= (10\pi\Phi * (5\text{В})^2 * 1\text{МГц} + \\ &+ 6 * (500\pi\Phi * (5\text{В})^2 * 1\text{МГц})) * 8 = 0,026\text{Вт}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для KP1564TM8:

$$\begin{aligned} P_{\text{KP1564TM8}} &= (15\pi\Phi * (5\text{В})^2 * 1\text{МГц} + \\ &+ 8 * (500\pi\Phi * (5\text{В})^2 * 1\text{МГц})) * 4 = 0.0175\text{Вт}. \end{aligned} \quad (8)$$

Тогда общая емкость исходя из полученных значений:

$$P = 5.3\text{Вт} + 0,026\text{Вт} + 0.0175\text{Вт} = 5.3435. \quad (9)$$

Полученная потребляемая устройством мощность удовлетворяет требованиям технического задания, не превышая значения 6 Вт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был спроектирован простой и надёжный цифровой омметр, измеряющий сопротивление от 1Ом до 1 МОм методом оценки времени заряда RC-цепи. Выбор КМОП-элементов и кварцевого генератора на 1 МГц позволил уложиться в заданный по ТЗ диапазон частот и не превысить 3 Вт потребляемой мощности, сохранив при этом необходимую точность и скорость измерения.

Предложенная конструкция легко масштабируется: для изменения диапазона измерений достаточно варировать ёмкость конденсатора или параметры тактового генератора. В дальнейшем возможна доработка алгоритма с добавлением автоматической калибровки и цифровой обработки сигнала для повышения точности и расширения функциональности прибора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2.702-2011 Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.743-91 ЕСКД. Обозначения условные в графических схемах. Элементы цифровой техники.
3. Справочник по микросхемам КМОП серий [электронный ресурс]. URL: <https://www.rlocman.ru/comp/koz/cd/cdh00.htm> (дата обращения: 20.04.2025)
4. Бирюков С.А. Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП. - М.: ДМК Пресс, 2003. - 240 с.
5. [электронный ресурс]. URL: <https://www.microshemca.ru/> (дата обращения: 30.04.2025)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Листов 5

**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 09.03.03 Информатика и вычислительная техника

ОММЕТР

**Техническое задание на курсовую работу
по дисциплине Схемотехника**

Листов 5

Студент гр. ИУ6-64Б
(Группа)

Д.О. Кошенков
(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы,

О.Ю. Ерёмин
(И.О. Фамилия)

Москва, 2025

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящее техническое задание распространяется на разработку цифрового омметра, именуемого в дальнейшем «устройством». Данное устройство принимает подключаемый измеряемый резистор и отображает его электрическое сопротивление на цифровом индикаторе. Устройство должно быть выполнено на элементной базе КМОП.

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 измерения электрического сопротивления подключаемых резисторов в заданном диапазоне и отображения результата измерения в цифровом виде. Измерение основано на определении времени заряда конденсатора известной емкости через измеряемое сопротивление до заданного порогового напряжения.

4 ЦЕЛИ И РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

4.1 Цель работы

Целью курсового проектирования является разработка цифрового омметра на основе измерения времени заряда RC-цепи с использованием элементной базы КМОП.

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 измерять электрическое сопротивление в диапазоне от 1Ом до 1МОм. Измерение должно производиться методом определения времени заряда RC-цепи до порогового напряжения.

5.2 Логика элементов – КМОП.

5.3 Тактовая частота генератора импульсов – 1 МГц.

5.4 Мощность потребления – не более 3 Вт.

5.5 К разрабатываемому устройству предъявляются условия эксплуатации в соответствие с СанПиН2.2.2/2.4.1340-03. Требования к маркировке и упаковке разрабатываемого устройства не предъявляются.

5.6 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 20 – 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 Г).

6.2.2 Схема структурная (Приложение Б).

6.2.3 Схема электрическая функциональная (Приложение В).

6.2.4 Схема электрическая принципиальная (Приложение Д).

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 принципиальной схемы узла.	6 нед., 40%	Принципиальная схема
4	Разработка временных диаграмм функционирования узла. Выполнение расчетов.	–	Временные диаграммы. Расчеты
5	Смотр состояния проекта.	–	–
6	Конструкторское проектирование печатной платы. Вы-	11 нед., 90%	–

Продолжение таблицы А.1

	полнение конструктивных расчетов.		
7	Окончательное оформление графической части проекта и расчетно-пояснительной записи.	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.

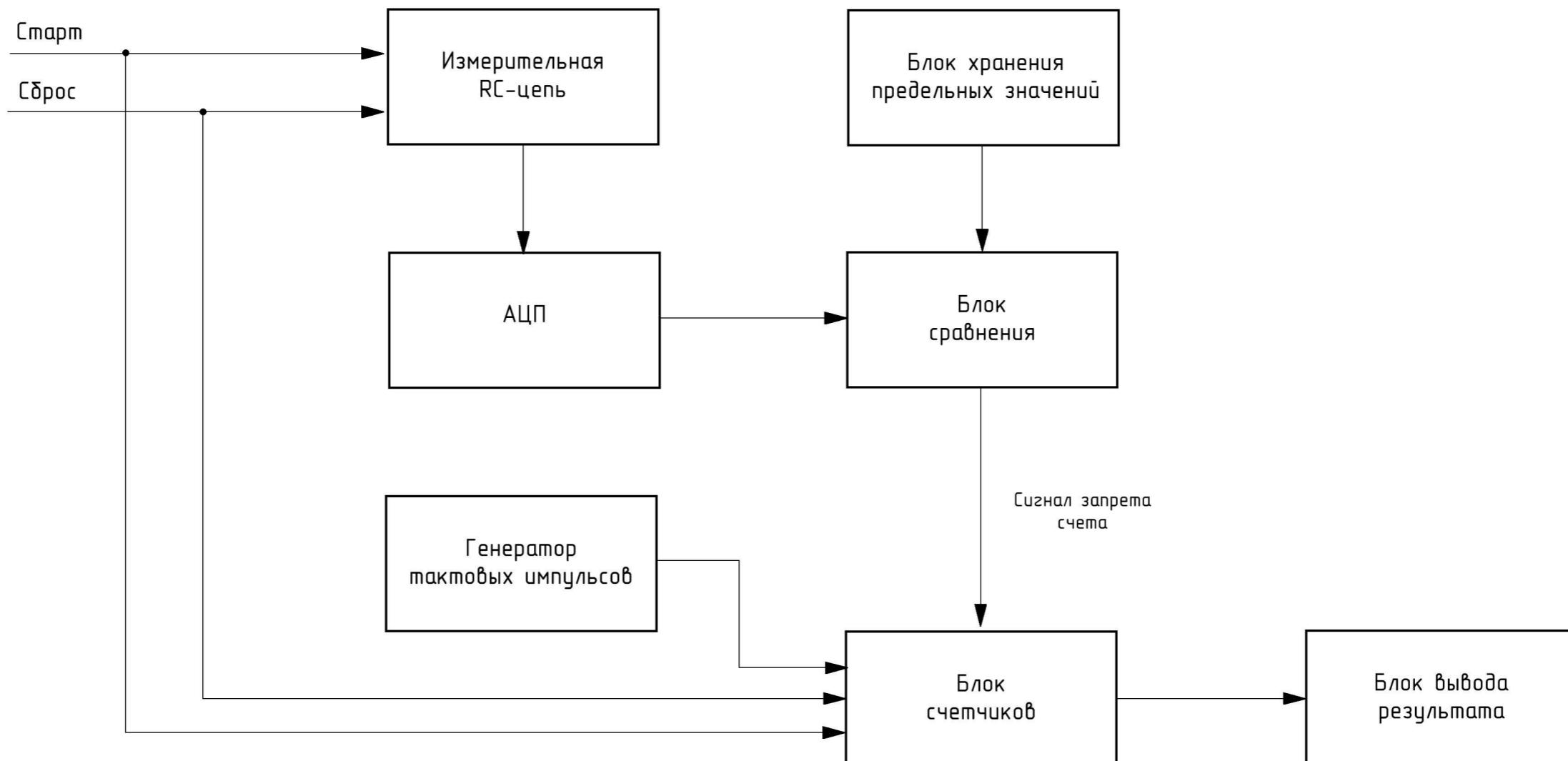
9 ПРИМЕЧАНИЕ

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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Листов 1



Курсовая работа
по дисциплине
Схемотехника

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Кошенков Д.О.		
Провер.		Ерёмин О.Ю.		
Т. контр.				
Реценз.				
Н. контр.				
Утверд.				

Омметр

Схема
электрическая
структурная

Лит	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1 Листов 1		

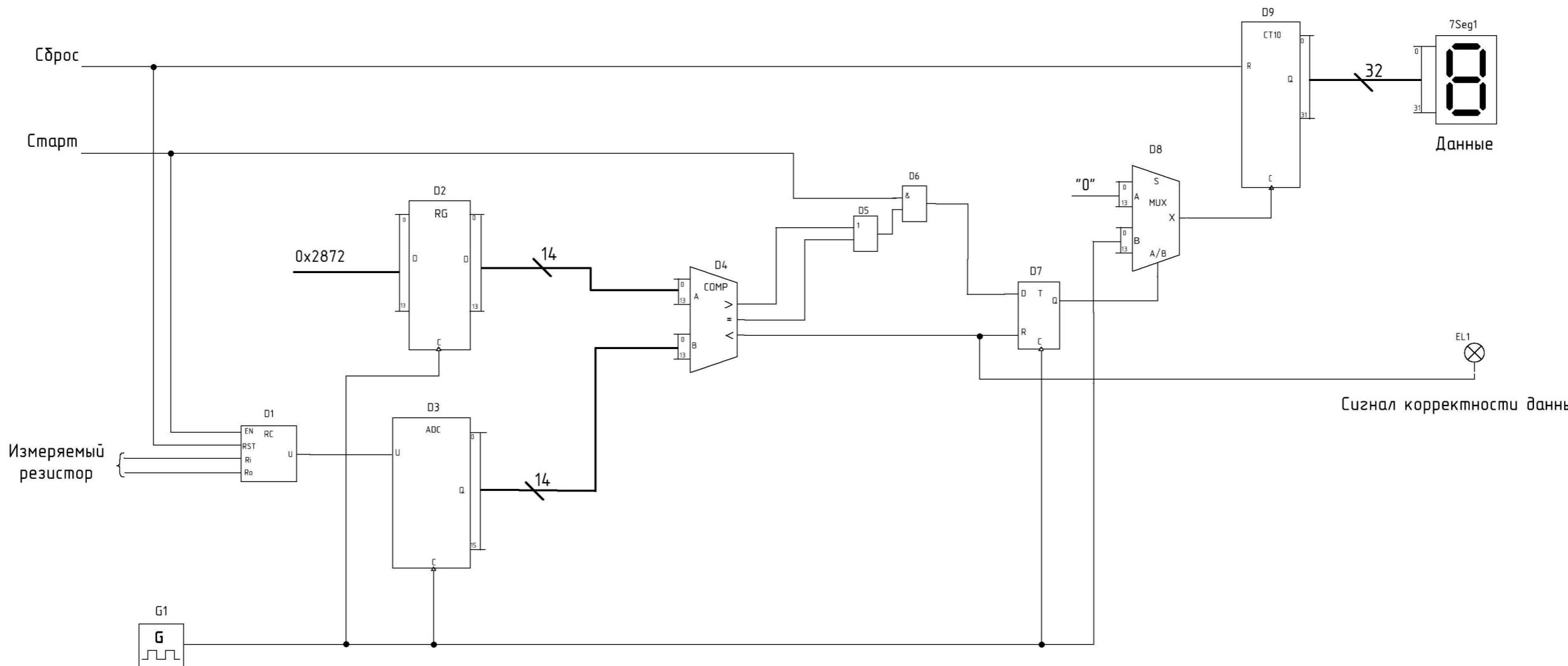
МГТУ им. Н.Э. Баумана
ИУ6-64б

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

Листов 1

Омметр



Курсовая работа
по дисциплине
Схемотехника

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Кошенков Д.О.		
Провер.		Ерёмин О.Ю.		
Т. контр.				
Реценз.				
Н. контр.				
Утверд.				

Омметр

Схема
электрическая
функциональная

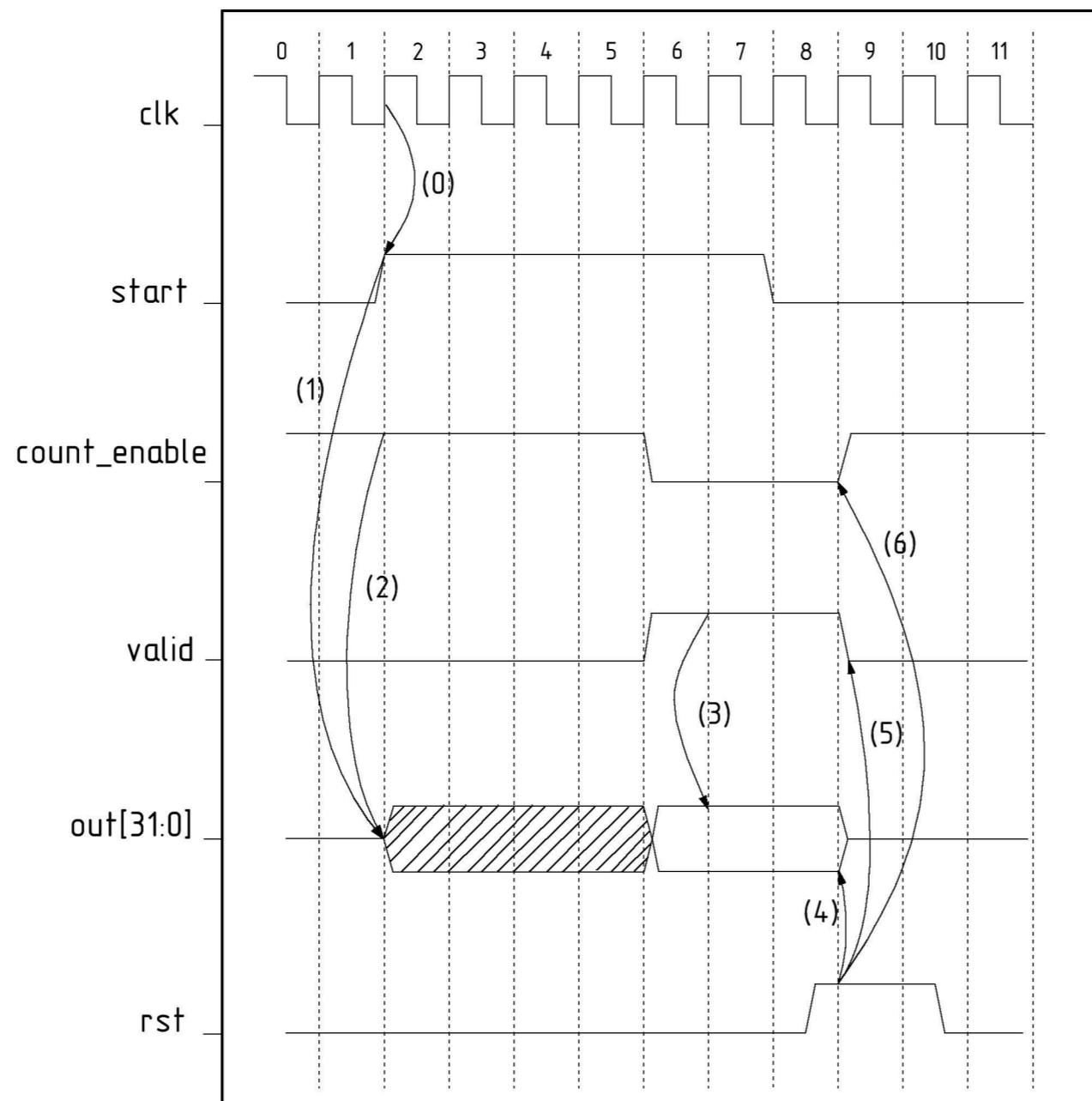
Лит	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листов 1	

МГТУ им. Н.Э. Баумана
ИЧ6-64Б

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ДИАГРАММЫ ВРЕМЕННЫЕ

Листов 1



Курсовая работа
по дисциплине
Схемотехника

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Кошенков Д.О.		
Провер.		Ерёмин О.Ю.		
Т. контр.				
Реценз.				
Н. контр.				
Утверд.				

Омметр

Временные
диаграммы

Лит	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листов 1	
МГТУ им. Н.Э. Баумана ИЧ6-64Б		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

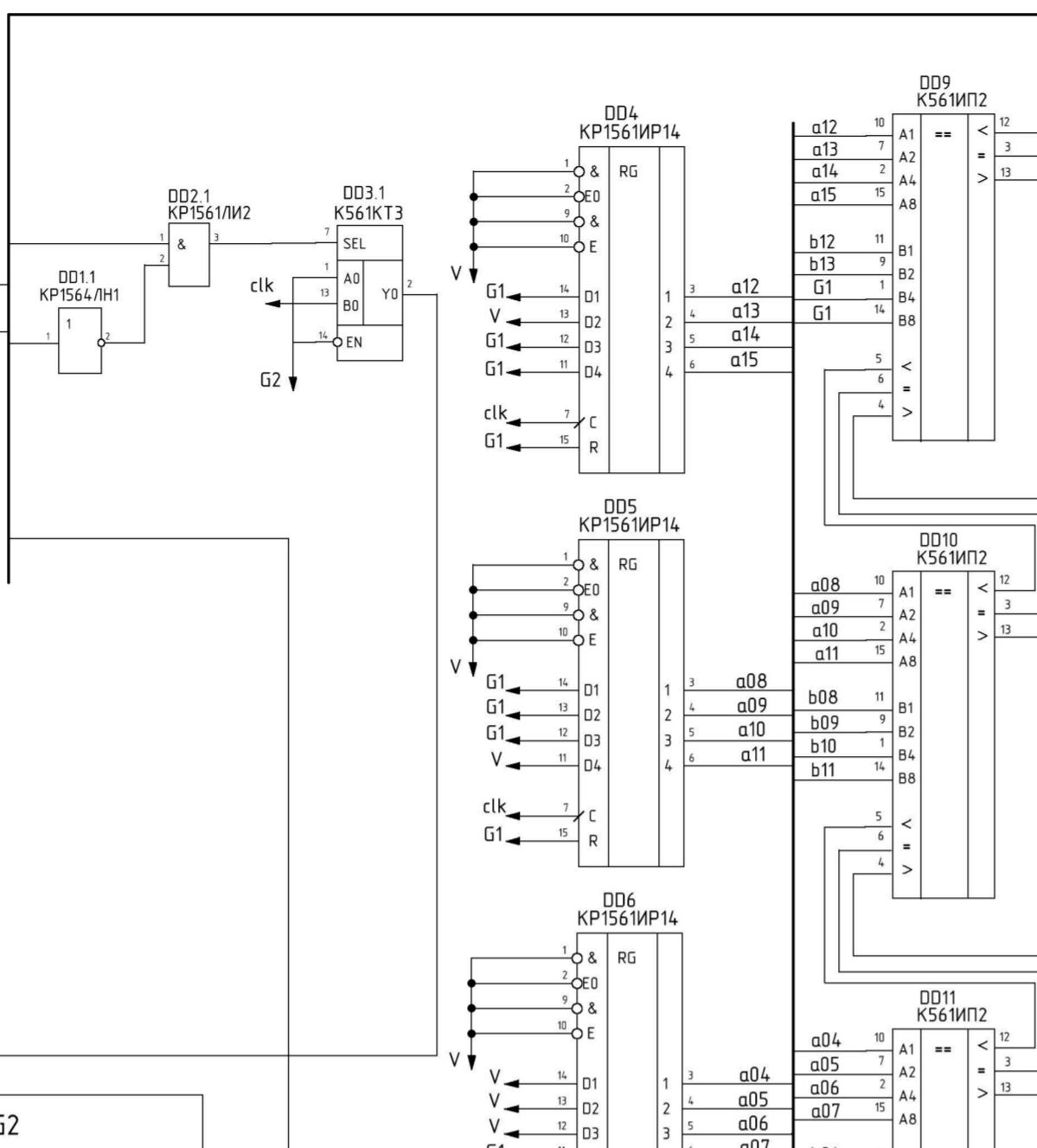
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Листов 1

ØMmedp

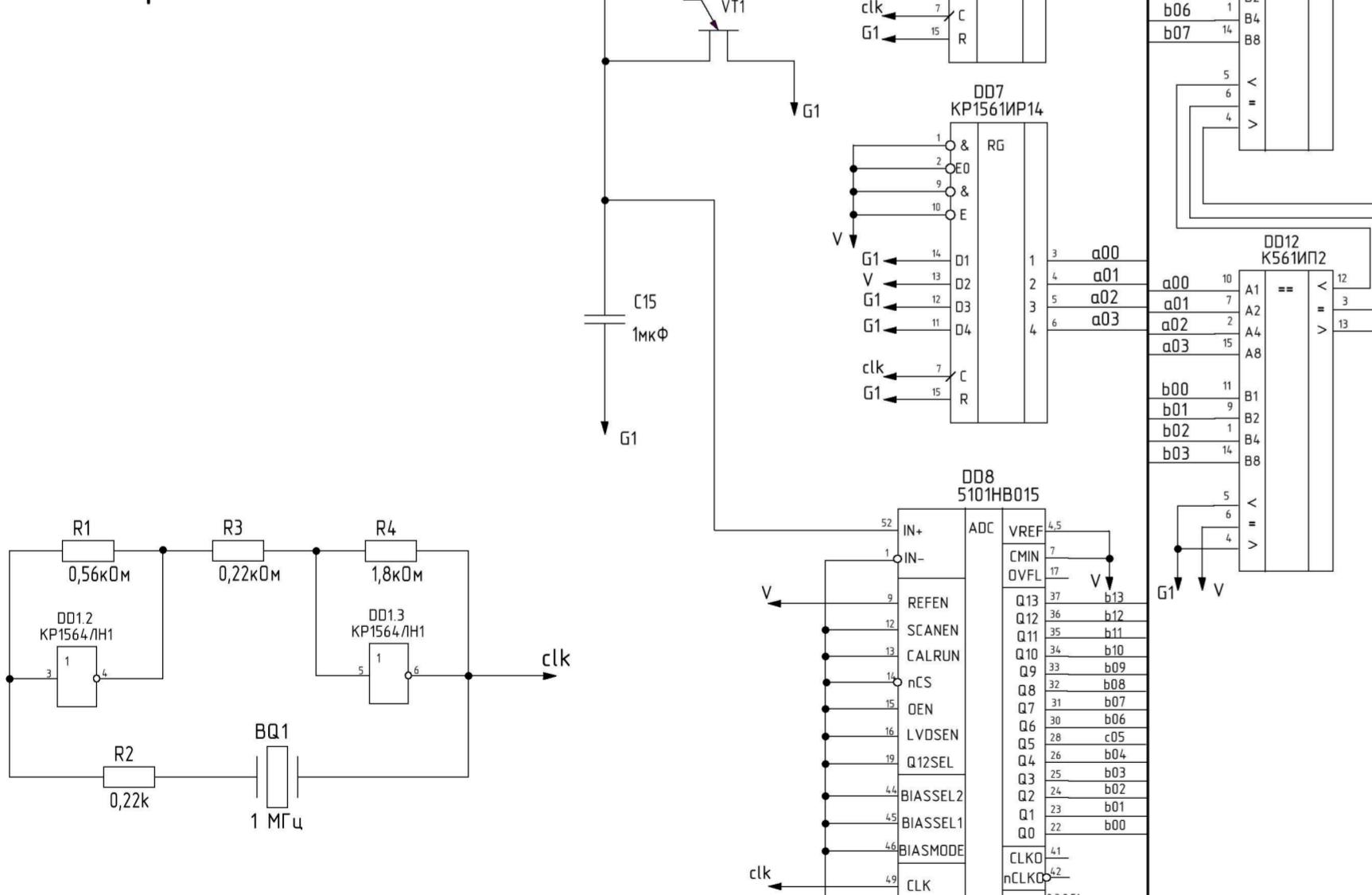
№	Назначение	Обозначение
1	Начало расчета	START
2	Сброс	RST
3	Общий	GND

Входной разъем



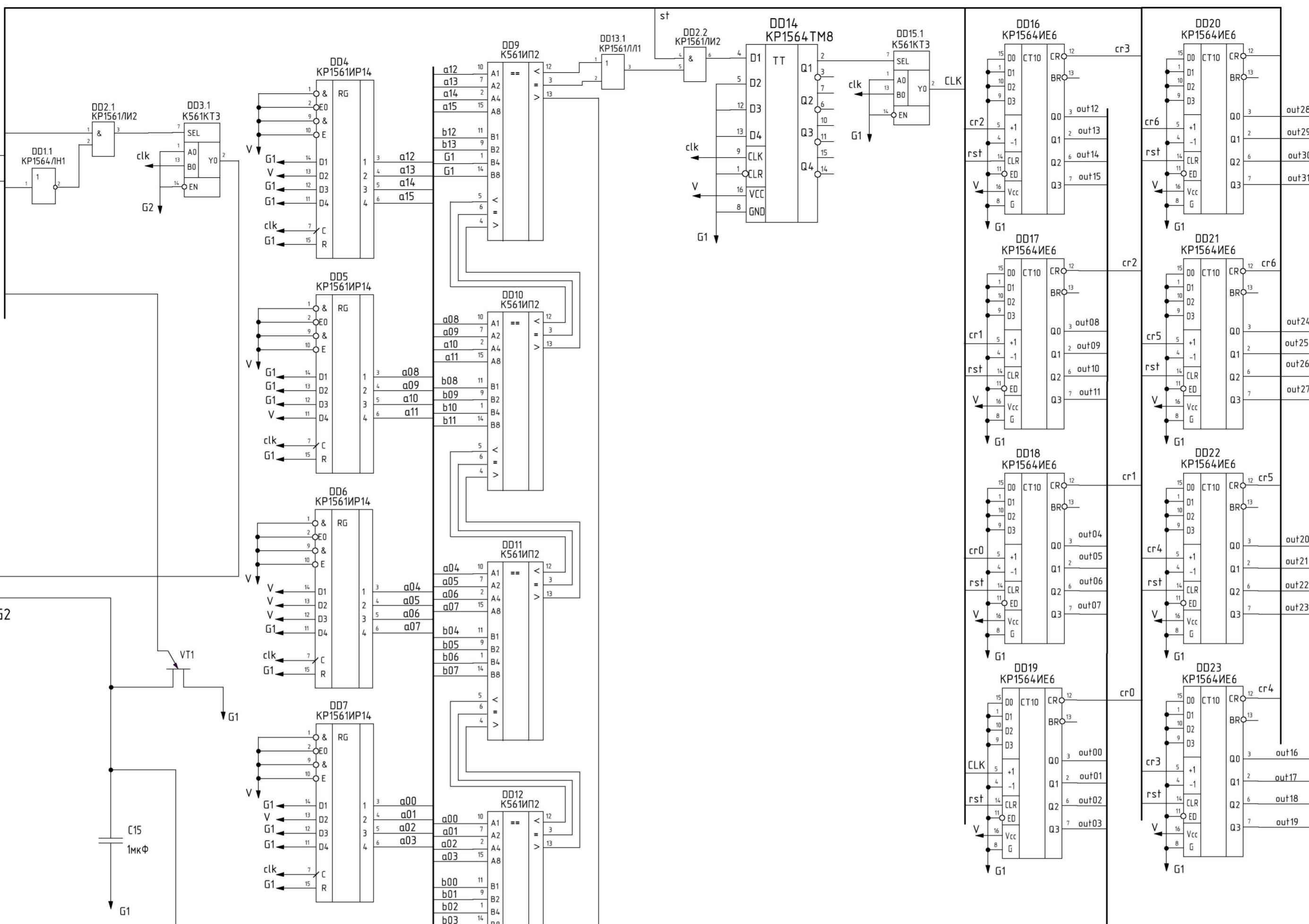
ХР2		
№	Назначение	Обозначение
1	Подключение резистора	Rin
2	Подключение резистора	Rout
3	Общий	GND

Входной разъем



№	Назначение	Обозначение
3	Питание, +5В	VCC
4	Общий	GND

Разъем питания



XPA

№	Назначение	Обозначение
1	Нулевой бит данных	out00
2	Первый бит данных	out01
3	Второй бит данных	out02
4	Третий бит данных	out03
5	Четвертый бит данных	out04
6	Пятый бит данных	out05
7	Шестой бит данных	out06
8	Седьмой бит данных	out07
9	Восьмой бит данных	out08
10	Девятый бит данных	out09
11	Десятый бит данных	out10
12	Одиннадцатый бит данных	out11
13	Двенадцатый бит данных	out12
14	Тринадцатый бит данных	out13
15	Четырнадцатый бит данных	out14
16	Пятнадцатый бит данных	out15
17	Шестнадцатый бит данных	out16
18	Семнадцатый бит данных	out17
19	Восемнадцатый бит данных	out18
20	Девятнадцатый бит данных	out19
21	Двадцатый бит данных	out20
22	Двадцать первый бит данных	out21
23	Двадцать второй бит данных	out22
24	Двадцать третий бит данных	out23
25	Двадцать четвертый бит данных	out24
26	Двадцать пятый бит данных	out25
27	Двадцать шестой бит данных	out26
28	Двадцать седьмой бит данных	out27
29	Двадцать восьмой бит данных	out28
30	Двадцать девятый бит данных	out29
31	Тридцатый бит данных	out30
32	Тридцать первый бит данных	out31
33	Сигнал корректности выхода	valid
34	Общий	GND

Выходной разъем

Контакт 7 микросхем DD1, DD2, DD3 DD13 подключить к G1
Контакт 14 микросхем DD1, DD2, DD3, DD13 подключить к V

Контакт 8 микросхем DD9, DD10, DD11, DD12 подключить к G1
Контакт 16 микросхем DD9, DD10, DD11, DD12 подключить к V

Курсовая работа по дисциплине Схемотехника					Омметр			
					Схема электрическая принципиальная	Lит	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				1:1
Разраб.	Кошенков Д.О.					Лист 1	Листов 1	
Провер.	Ерёмин О.Ю.							
Т. контр.						МГТУ им. Н.Э. Баумана ИЧ6-64Б		
Реценз.								
Н. контр.								

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Листов 2

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A3				Схема структурная	1	
A3				Схема электрическая функциональная	1	
A2				Схема электрическая принципиальная	1	
A3				Временные диаграммы	1	
				Схема интегральная		
		1	Д013	KР1564ЛЛ1	1	
		2	Д02	K1564ЛИ2	1	
		3	Д01	KР1564ЛН1	1	
		4	Д09-Д012	K561ИП2	4	
		5	Д016-Д023	KР1564ИЕ6	8	
		6	Д03, Д015	K561КТ3	2	
		7	Д014	KР1564ТМ8	1	
		8	Д06	5101HB015	1	
				Конденсаторы электрические		
		9	С1	KМ5Б-Н90-0,1мкФ ГОСТ 5-621-70	1	
		10	С2-С14	K50-68-25В-10мкФ ГОСТ 5-635-70	13	
		11	С15	K73-17К-250В-1 мкФ ГОСТ 57440-2017	1	

Омметр

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Кошенков Д.О.			
Провер.	Ерёмин О.Ю.			
Н. контр.				
Утвёрд.				

Спецификация

МГТУ им. Н.Э. Баумана
ИУ6-64Б

Форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Кварцевые резонаторы		
	12		BQ1	ДТ-38	1	
				Резисторы		
	13		R5	МЛТ 0,125 - 1кΩм	1	
	14		R4	МЛТ 0,125 - 1,8кΩм	1	
	15		R3	МЛТ 0,125 - 0,22кΩм	1	
	16		R1-R2	МЛТ 0,125 - 0,56кΩм	2	

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

Изм Лист № докум. Подпись Дата

Омметр

Лист

2