МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЗЫВ
РУКОВОДИТЕЛЯ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Бакалаврская работа на тему «Разработка блока генераторов цифровых сигналов»

Выполнена студентом (ой) О.О. Ходиевым
(инициалы, фамилия)

Факультет информационных технологий и электроники

Кафедра нано- и микроэлектроники Группа 21ПН1

Направление подготовки, профиль
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
«Нанотехнология и электронные компоненты микросистемной техники»)

Квалификация (степень) бакалавр

Руководитель Вольсков Андрей Александрович
(фамилия, имя, отчество)

к.т.н., доцент каф. НиМЭ ПГУ
(должность и место работы)

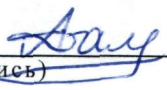
Качества выпускника, выявленные в ходе выполнения бакалаврской работы

В ходе выполнения ВКР выпускник О.О. Ходиев продемонстрировал умения и навыки самостоятельного решения задач в области схемотехнического проектирования устройств цифровой электроники, а также удовлетворительные знания общепрофессиональных дисциплин. При разработке блока генераторов цифровых сигналов О.О. Ходиев продемонстрировал удовлетворительный уровень теоретической и практической подготовленности. Он проанализировал промышленно выпускаемые генераторы, выявил их недостатки для планируемого применения, предложил более доступное решение на основе недорогих микросхем, разработал электрическую принципиальную схему блока генераторов, промоделировал его работу и изготовил работоспособный макет.

Заключение

Выполненная выпускником ВКР полностью соответствует техническому заданию. Степень подготовленности выпускника соответствует требованиям ФГОС ВО бакалавриата по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника». Считаю, что ВКР заслуживает оценки «хорошо», а ее автор О.О. Ходиев – присвоения квалификации «бакалавр» по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

«10»_июня_2025 г.

Руководитель  Вольсков А.А.
(подпись) (инициалы, фамилия)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
информационных технологий и электроники
наименование факультета

Кафедра
Нано – и микроэлектроника
наименование кафедры

Направление подготовки 28.03.01. Нанотехнологии и микросистемная техника
код и наименование

Профиль «Нанотехнология и электронные компоненты микросистемной техники»
наименование профиля

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

ПензГУ 02. 28.03.01.004ПЗ
обозначение, присваиваемое кафедрой

на тему
Разработка блока генераторов цифровых сигналов
тема бакалаврской работы

Студент группы 21ПН1 — номер группы — 09.06.25 — подпись, дата — Ходиев О.О. — фамилия,иниц.

Руководитель доцент — должность — 09.06.25 — подпись, дата — Вольсков А.А. — фамилия,иниц.
наименование организации

Нормоконтролер ст. преподаватель — должность — 19.06.25 — подпись, дата — Рыжова Т.Н. — фамилия,иниц.

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 09.06.25 № 10)

Заведующий кафедрой — 09.06.25 — подпись, дата — Пронин И.А. — фамилия,иниц.

Работа защищена с оценкой хор. (протокол ГЭК от 20.06 № 1)

Секретарь ГЭК — 20.06.25г. — подпись, дата — Вольсков А.А. — фамилия,иниц.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....5
1 Анализ существующих аналогов генераторов импульсов. Их достоинства и недостатки.....6
1.1 Назначение и область применения генераторов прямоугольных импульсов.....6
1.2 Виды генераторов импульсов и их технические возможности.....11
1.3 Сравнительный анализ генераторов прямоугольных импульсов.....14
2 Разработка электрической принципиальной схемы блока генераторов.....19
2.1 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов одиночных импульсов.....19
2.2 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов прямоугольных импульсов.....26
2.3 Разработка электрической принципиальной схемы блока питания.....44
3 Моделирование и изготовление макета блока генераторов.....48
3.1 Моделирование работы блока генераторов.....48
3.2 Изготовление макета блока генераторов.....50
4 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.....53
4.1 Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ на электроустановках.....53
4.2 Охрана труда при осмотрах, обслуживании и технологическом управлении электроустановок.....57
4.3 Охрана труда при производстве работ в действующих электроустановках.....63
Заключение.....67
Список использованных источников.....68
Приложение А. Задание на ВКР.....67
Приложение Б. Схема электрическая принципиальная.....68
Приложение В. Перечень элементов.....70
Приложение Г. Задание на выпускную квалификационную работу.....71

Приложение Д. Заявление и протокол проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат. ВУЗ» 72
Приложение Ж. Презентация ВКР 75

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 65 листов, 42 рисунка, 4 таблицы, 1 лист формата А2, и 1 лист формата *А*3, 9 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: генератор, мультивибратор, одновибратор, прямоугольный импульс, делитель частоты, макет.

Предметом исследования являлись методы построения генераторов прямоугольных импульсов.

Целью работы являлась: разработка генераторов прямоугольных импульсов, функционирующих в режимах одновибратора и мультивибратора.

В работе представлен литературный обзор подходов к построению генераторов прямоугольных импульсов. Проведен анализ сферы их применения.

Предложены и обоснованы способы построения элементов генератора на определенный набор частот.

Разработаны схемы электрические принципиальные одновибратора и мультивибратора.

Разработан и опробован макет генератора прямоугольных импульсов. По результатам проведенной работы сделаны выводы.

ВВЕДЕНИЕ

Генераторы прямоугольных импульсов (мультивибраторы) широко применяются в различных областях электроники, поскольку обладают следующими качествами:

– Простота и надежность. ГПИ, особенно аналоговые, отличаются простотой конструкции и высокой надежностью. Это делает их незаменимыми в ситуациях, когда требуется стабильный и предсказуемый сигнал без сложных настроек и программного обеспечения;

– Универсальность. Прямоугольные импульсы являются базовым строительным блоком для многих цифровых и аналоговых схем. Они используются для синхронизации, тактирования, модуляции, тестирования и других задач;

– Экономичность. По сравнению с более сложными генераторами сигналов, ГПИ, особенно простые модели, отличаются доступной ценой, что делает их привлекательным выбором для небольших компаний и образовательных учреждений;

– Обучение и прототипирование. ГПИ является отличным инструментом для обучения основам электроники и цифровой схемотехники. Он позволяет наглядно продемонстрировать принципы работы логических элементов, триггеров и других компонентов.

Учитывая, что университет приобрел на кафедру 3 новых лабораторных стенда, для полноценной работы их нужно дополнить блоком генераторов цифровых сигналов, включающих 3 генератора.

1. Генератор, управляемый в ручную (с кнопкой);

2. Генератор, работающий на низких частотах для визуального наблюдения переключений;

3. Генератор, работающий на высоких частотах, для имитации обычного режима работы микросхем

1 Анализ существующих аналогов генераторов импульсов. Их достоинства и недостатки

1.1 Назначение и область применения генераторов прямоугольных импульсов

Генераторы прямоугольных импульсов (ГПИ) – это электронные устройства, предназначенные для формирования периодической последовательности прямоугольных импульсов, характеризующихся резкими переходами между двумя уровнями напряжения: высоким и низким. Эти импульсы являются фундаментальным строительным блоком для множества электронных систем, особенно в цифровой электронике.

ГПИ играют ключевую роль в различных областях (рисунок 1.1), включая:

1) Цифровая электроника:

- Тактирование. ГПИ используются в качестве тактовых генераторов для синхронизации работы цифровых схем, таких как микропроцессоры, микроконтроллеры, память и другие логические элементы. Частота тактового сигнала определяет скорость выполнения операций;

- Тестирование и отладка. ГПИ применяются для генерации тестовых сигналов, позволяющих проверить работоспособность и характеристики цифровых схем;

- Управление. ГПИ используются для управления различными устройствами, например, шаговыми двигателями, реле, светодиодами и т.д;

- Формирование сигналов. ГПИ могут использоваться для формирования сложных цифровых сигналов, таких как ШИМ (широтно-импульсная модуляция) для управления мощностью.

2) Телекоммуникации:

- Модуляция и демодуляция. ГПИ используются для формирования несущих сигналов и модуляции данных;

- Синхронизация. ГПИ используются для синхронизации передатчиков и приемников.

3) Измерительная техника:

- Калибровка. ГПИ используются для калибровки измерительных приборов, таких как осциллографы и частотомеры;

- Тестирование. ГПИ используются для тестирования характеристик электронных компонентов и схем.

4) Медицинская техника:

- Стимуляция. ГПИ используются для стимуляции нервов и мышц в медицинских приборах;

- Диагностическое оборудование. Используются в различных диагностических приборах, например, в электрокардиографах.

Рисунок 1.1 – Области применения ГПИ

В настоящий момент при разработке электронного оборудования ГПИ применяются для проверки правильности работы логических элементов, триггеров, счетчиков, регистров и других цифровых компонентов. Так изменяя частоту и скважность импульсов, можно имитировать различные условия работы и выявлять потенциальные проблемы. Аналогичным образом ГПИ может использоваться и для тестирования аналоговых схем, таких как усилители, фильтры и компараторы. Изменяя параметры импульсов, можно оценить характеристики этих схем и выявить возможные искажения сигнала.

Помимо цифровых и аналоговых элементов, ГПИ может использоваться для генерации тактовых сигналов для микроконтроллеров и *FPGA*, а также для имитации входных сигналов датчиков и других устройств. Это позволяет отлаживать программное обеспечение и аппаратную часть системы.

При разработке датчиковой аппаратуры, ГПИ может быть настроен для имитации сигналов различных датчиков, таких как датчики температуры, давления, освещенности и т.д. Это позволяет тестировать системы обработки сигналов без необходимости использования реальных датчиков.

На производстве, ГПИ применяются в основном для калибровки и настройки различного производственного оборудования, такого как осциллографы, частотомеры и генераторы сигналов. В некоторых случаях и для тестирования готовой продукции, такой как электронные платы, блоки питания и другие устройства. Это позволяет убедиться в соответствии продукции требованиям спецификации и выявить возможные дефекты. Также, ГПИ используется для проверки работоспособности компонентов перед установкой на плату, особенно в случаях, когда требуется имитация определенных условий работы.

В некоторых случаях в целях автоматизации ГПИ может быть интегрирован в автоматизированные системы тестирования, что позволяет значительно ускорить процесс тестирования и повысить его точность.

Развитие генераторов прямоугольных импульсов не стоит на месте. Современные тенденции направлены на улучшение характеристик, расширение

функциональности и миниатюризацию устройств. Вот некоторые из перспективных направлений развития:

1) Улучшение стабильности частоты и точности: Разрабатываются новые методы компенсации температурных и других нестабильностей, что позволяет создавать ГПИ с еще более высокой стабильностью частоты и точностью. Использование прецизионных компонентов и алгоритмов цифровой коррекции позволяет достигать впечатляющих результатов.

2) Расширение диапазона частот: Ведутся исследования по созданию ГПИ, способных генерировать импульсы в более широком диапазоне частот, вплоть до гигагерцового диапазона. Это открывает новые возможности для применения ГПИ в высокоскоростных цифровых системах и телекоммуникациях.

3) Миниатюризация и интеграция: Развитие микроэлектроники позволяет создавать ГПИ в виде интегральных микросхем, что значительно уменьшает их размеры и энергопотребление. Интеграция ГПИ с другими функциональными блоками, такими как микроконтроллеры и аналого-цифровые преобразователи, позволяет создавать компактные и многофункциональные устройства.

4) Программируемые генераторы: Развитие программно-определяемых радиосистем (*SDR*) и гибкой электроники приводит к созданию программируемых ГПИ, параметры которых могут быть изменены в реальном времени с помощью программного обеспечения. Это позволяет создавать универсальные генераторы, способные адаптироваться к различным задачам.

5) Генераторы с низким энергопотреблением: В связи с ростом популярности портативных и беспроводных устройств, разрабатываются ГПИ с низким энергопотреблением. Это достигается за счет использования энергоэффективных схем и технологий управления питанием.

6) Разработка новых типов генераторов: Ведутся исследования по созданию ГПИ на основе новых физических принципов, таких как наноэлектроника, оптоэлектроника и микромеханические системы (*MEMS*). Это

может привести к созданию ГПИ с уникальными характеристиками и возможностями.

7) Интеллектуальные генераторы: Интеграция ГПИ с искусственным интеллектом (ИИ) и машинным обучением (МО) позволяет создавать интеллектуальные генераторы, способные автоматически оптимизировать свои параметры для достижения наилучших результатов. Например, ИИ может использоваться для компенсации искажений сигнала, адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и диагностики неисправностей.

8) Генераторы с расширенными возможностями модуляции: Разрабатываются ГПИ, способные генерировать импульсы с различными видами модуляции, такими как широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ) и фазово-импульсная модуляция (ФИМ). Это расширяет возможности применения ГПИ в системах управления, связи и обработки сигналов.

9) Генераторы с самодиагностикой и самокалибровкой: Разрабатываются ГПИ, способные автоматически диагностировать свои неисправности и калибровать свои параметры для обеспечения высокой точности и надежности. Это упрощает обслуживание и эксплуатацию ГПИ и повышает их долговечность.

Примеры конкретных разработок:

− Генераторы на основе кольцевых генераторов (*RingOscillators*). Эти генераторы, состоящие из цепочки инверторов, обеспечивают высокую скорость и низкое энергопотребление, что делает их привлекательными для использования в высокоскоростных цифровых схемах;

− Генераторы на основе *N*-дробных синтезаторов частоты.

Так развитие генераторов прямоугольных импульсов направлено на повышение стабильности, расширение функциональности и миниатюризацию. Новые технологии, такие как наноэлектроника и искусственный интеллект, открывают перспективы для создания интеллектуальных и высокопроизводительных ГПИ. Эти усовершенствования расширяют области

применения ГПИ, делая их ключевым элементом в современной электронике и за ее пределами. Будущее ГПИ обещает быть инновационным и востребованным.

1.2 Виды генераторов импульсов и их технические возможности

Существует несколько типов ГПИ, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества:

1) Генераторы на логических элементах (мультивибраторы):

Принцип работы: Используют логические элементы (например, инверторы, элементы И-НЕ) и *RC*-цепи для создания положительной обратной связи, приводящей к генерации импульсов.

Технические возможности:

Простота и дешевизна: Легко реализуются с использованием стандартных логических микросхем.

Ограниченная стабильность частоты: Частота импульсов зависит от параметров *RC*-цепи и может изменяться под воздействием температуры и напряжения питания.

Ограниченная частота: Максимальная частота ограничена быстродействием логических элементов.

Примеры: Мультивибратор на транзисторах, мультивибратор на логических элементах (например, на микросхеме 555 таймера).

2) Генераторы на операционных усилителях (ОУ):

Принцип работы: Используют операционный усилитель в качестве компаратора и *RC*-цепи для создания положительной обратной связи.

Технические возможности:

Более высокая стабильность частоты: По сравнению с мультивибраторами на логических элементах.

Возможность регулировки частоты и скважности: Параметры импульсов

можно регулировать с помощью внешних резисторов и конденсаторов.

Ограниченная частота: Максимальная частота ограничена быстродействием операционного усилителя.

Примеры: Генератор на ОУ с триггером Шмитта.

3) Генераторы на специализированных микросхемах (таймеры):

Принцип работы. Используют специализированные микросхемы, такие как таймеры (например, 555 таймер), которые содержат компараторы, триггеры и другие элементы, необходимые для генерации импульсов.

Технические возможности:

- Простота использования. Легко настраиваются и управляются;
- Широкий диапазон частот. Могут генерировать импульсы в широком диапазоне частот;
- Регулировка частоты и скважности. Частота и скважность импульсов могут быть легко отрегулированы с помощью внешних компонентов;
- Высокая стабильность частоты. Обеспечивают хорошую стабильность частоты.

Примеры: Генератор на 555 таймере, генератор на специализированных микросхемах генераторов сигналов (например, *XR*2206).

4) Генераторы на кварцевых резонаторах:

Принцип работы: Используют кварцевый резонатор для стабилизации частоты. Кварцевый резонатор обладает высокой стабильностью частоты.

Технические возможности:

- Высокая стабильность частоты. Обеспечивают очень высокую стабильность частоты, что критично для многих приложений;
- Точность. Обеспечивают высокую точность частоты;
- Ограниченный диапазон частот. Диапазон генерируемых частот ограничен характеристиками кварцевого резонатора;

− Более сложная схема. Требуют более сложной схемы по сравнению с другими типами генераторов.

Примеры: Генераторы тактовых сигналов для микропроцессоров, генераторы для прецизионных измерительных приборов.

5) Цифровые генераторы:

Принцип работы: Используют цифровые методы для генерации импульсов. Могут быть реализованы на микроконтроллерах, *FPGA* (*Field-ProgrammableGateArray*) или специализированных цифровых микросхемах.

Технические возможности:

− Гибкость. Обеспечивают высокую гибкость в формировании импульсов, позволяя создавать сложные формы сигналов.

− Точность. Обеспечивают высокую точность частоты и скважности;

− Программируемость. Параметры импульсов могут быть легко изменены программно;

− Высокая стабильность частоты. Обеспечивают высокую стабильность частоты;

− Сложность. Требуют более сложной разработки и программирования.

Примеры: Генераторы на микроконтроллерах, генераторы на *FPGA*, генераторы сигналов произвольной формы (*AWG*).

6) Функциональные генераторы:

Принцип работы: Это универсальные приборы, способные генерировать различные формы сигналов, включая прямоугольные импульсы. Они используют цифровую обработку сигналов (*DSP*) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) для формирования сигналов.

Классификация способов построения генераторов в том числе и ГПИ показана на рисунке 1.2.

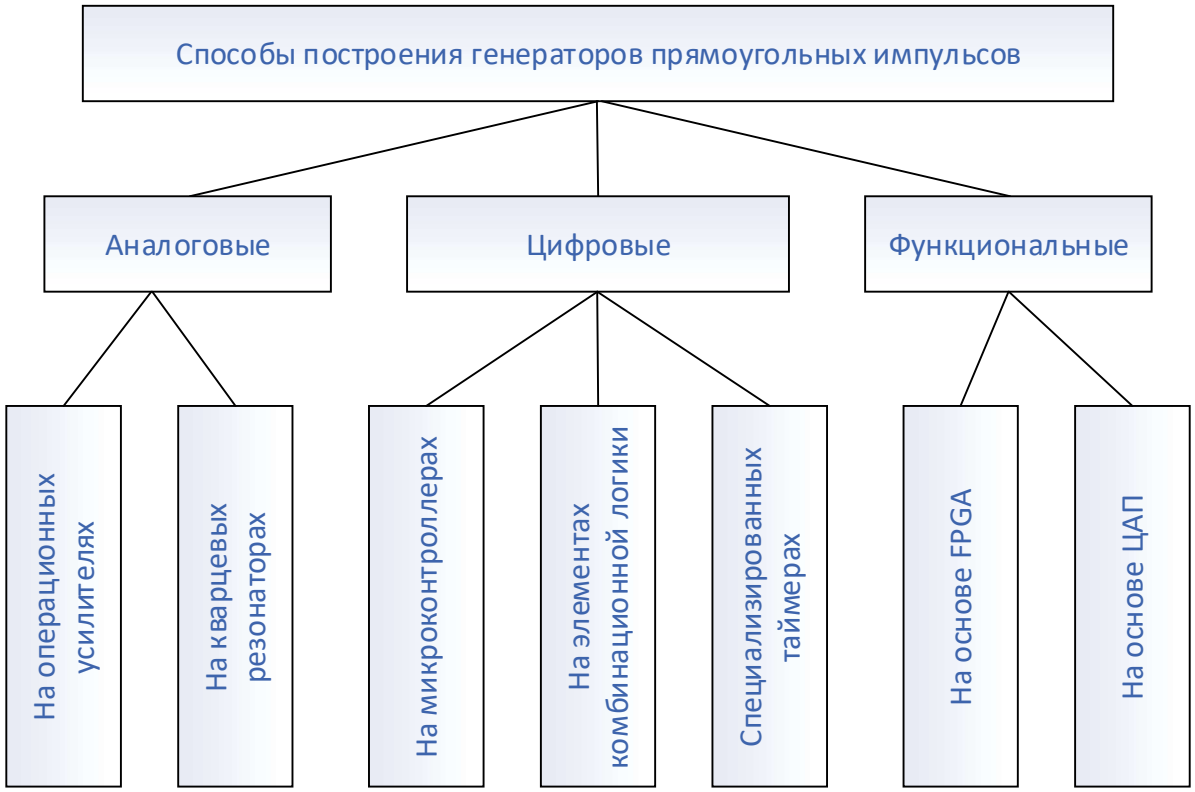


Рисунок 1.2 – Классификация способов построения ГПИ

Технические возможности:

– Широкий диапазон частот. Обычно охватывают диапазон от долей герца до десятков или сотен мегагерц;

– Регулировка параметров. Позволяют регулировать частоту, амплитуду, скважность, смещение и другие параметры импульсов;

– Различные формы сигналов. Могут генерировать синусоидальные, треугольные, пилообразные и другие формы сигналов;

– Высокая точность и стабильность. Обеспечивают высокую точность и стабильность генерируемых сигналов;

– Высокая стоимость: Обычно дороже, чем другие типы генераторов.

Примеры: Звуковая карта на ПК.

1.3 Сравнительный анализ генераторов прямоугольных импульсов

Сравнительный анализ генераторов прямоугольных импульсов сведен в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ генераторов импульсов

Характеристика	Логические элементы	Операционные усилители	Таймер *NE*555	Кварцевый генератор	Микроконтроллер	Функциональный генератор
Простота схемы	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
Стоимость	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая
Стабильность частоты	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая
Диапазон частот	Узкий	Средний	Средний	Узкий	Широкий	Широкий
Регулировка частоты	Ограниченная	Хорошая	Хорошая	Нет	Хорошая	Отличная
Регулировка скважности	Ограниченная	Хорошая	Хорошая	Нет	Хорошая	Отличная
Применение	Простые схемы, хобби	Генераторы общего назначения	Различные приложения	Тактовые генераторы, точные измерения	Системы управления, встраиваемые системы	Тестирование, измерения, разработка

Выбор конкретного типа ШПИ зависит от требований конкретного приложения.

Для простых схем и хобби-проектов: Генераторы на логических элементах или таймере *NE*555 могут быть достаточными.

Для приложений, требующих более высокой стабильности частоты: Генераторы на операционных усилителях или кварцевые генераторы являются лучшим выбором.

Для приложений, требующих гибкости и программируемости: Генераторы на микроконтроллерах являются отличным вариантом.

Для приложений, требующих широкого диапазона частот, регулировки параметров и высокой точности: Функциональные генераторы являются наиболее подходящим решением.

Рассмотрим два популярных генератора импульсов.

Первый – это *UTG*932*E* генератор сигналов 2 канала, 30 МГц показанный на рисунке 1.3.

Рисунок 1.3 – Генератор сигналов *UTG*932*E*

Данный генератор имеет 2 канала с максимальной частотой 30 МГц и 60 МГц. Частота дискретизации 200 Мсемплов/с.

Формы сигналов любые. Режимы работы предусматривает модуляцию и девиацию частот. При этом типы модулыции: *AM*, *FM*, *PM*, *FSK*, *Line*, *Log*.

Второй рассматриваемый генератор, это *OWONDGE*2035 показанный на рисунке 1.2.

Рисунок 1.4 – Генератор сигналов *OWONDGE*2035

Это универсальный 2-х канальный генератор сигналов произвольной формы бюджетного ценового класса *OWON DGE*2035 с рабочей полосой пропускания по частоте до 35 МГц. Младшая модель в линейке приборов *OWON DGE*2000.

Генераторы сигналов этого модельного ряда оснащены цветным дисплеем с диагональю 3,6-дюйма, на котором отображаются выбранная форма выходного сигнала на каждом канале и настройки меню. С помощью удобной комбинации клавиш можно максимально оптимизировать взаимодействие пользователя с данным прибором.

Функциональные особенности универсального *DDS*-генератора сигналов *OWON DGE*2035:

1) Формирование сигнала методом прямого синтеза (*DDS*)
2) Количество каналов: 2
3) Максимальная частота выходного сигнала: 30 МГц
4) Максимальная глубина памяти: 8 *K* точек
5) Вертикальное разрешение: 14 бит
6) Частота дискретизации реального времени до 125 МВыб/*с*
7) Разрешение по частоте до 1 мкГц

8) Разнообразие встроенных форм сигнала: 5 основных форм сигнала, 150 встроенных видов сигнала произвольной формы

9) Разнообразие возможностей модуляции: *AM*, *FM*, *PM*, *FSK*, перестройка частоты (*Sweep*), пакет импульсов(*Burst*)

10) Система команд *SCPI* для дистанционного управления и поддержка *LabVIEW*

11) 3,6 дюймовый цветной ЖК-дисплей с разрешением 800 *x* 600 пикселей

12) Интерфейсы: *USBDevice*

13) Габариты: 200 *x* 68.5 *x* 74.5 (мм)

В таблице 1.1 представлены сравнительные характеристики рассмотренных устройств

Таблица 1.1 – Сравнительные характеристики генераторов

Параметр	*UTG*932*E*	*OWONDGE*2035
Максимальная частота, МГц	30	30
Количество каналов	2	2
Частота дискретизации, мвыб./с	200	125
Госреестр РФ	Нет	Да
Цена, руб	26 950	18 940
Вес, г	815	980

Как показал сравнительный анализ, стоимость данных устройств весьма внушительна. Также для большинства инженерных применений функционал данных устройств избыточен наряду с отсутствием некоторых важных функций. К одной из таких функций относится формирование одиночных импульсов с заданными параметрами. Т.е. режим одновибратора.

Необходимость реализации данного режима и возможность получения доступного по цене и функционалу ГПИ делает разработку доступного генератора прямоугольных импульсов востребованной.

Как показали исследования, для большинства применений в электронике целесообразно разработать схему на разные частоты – 1, 10 и 100 Гц, 50, 100 и 200 кГц. Первые три частоты нужны для наглядности работы и визуального наблюдения переключений цифровых устройств. Вторая тройка частот нужна

для исследования работы цифровых микросхем в условиях, похожих на реальные.

2 Разработка электрической принципиальной схемы блока генераторов

2.1 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов одиночных импульсов

Генератор одиночных импульсов (ГОИ) – это электронное устройство, предназначенное для формирования единичного электрического импульса заданной длительности и амплитуды по команде внешнего сигнала. Такие генераторы находят широкое применение в различных областях электроники, автоматики, измерительной техники и системах управления, где требуется точное и контролируемое инициирование событий или запуск процессов.

Функционирование ГОИ основано на принципе временной задержки и формирования импульса посредством использования *RC*-цепей, триггеров Шмитта, моностабильных мультивибраторов или логических элементов. Ключевым элементом является схема, реагирующая на фронт входного сигнала и формирующая выходной импульс определенной продолжительности. Важнейшими параметрами ГОИ являются: амплитуда импульса, длительность импульса, время нарастания и спада фронтов, а также стабильность этих параметров во времени и при изменении температуры.

ГОИ могут быть реализованы как на дискретных электронных компонентах, так и с использованием микроконтроллеров. Дискретная реализация предполагает использование резисторов, конденсаторов, транзисторов и логических элементов для формирования необходимой импульсной формы. Микроконтроллерные решения обеспечивают большую гибкость в настройке параметров импульса, возможность программной коррекции и интеграцию с другими системами.

Рассмотрим несколько вариантов построения ГОИ и выберем наиболее оптимальный.

На рисунке 2.1 приведена схема генератора, который формирует одиночные импульсы прямоугольной формы при нажатии кнопки *S*1 (то есть он не является автогенератором, схемы которых приводятся далее). На логических элементах *DD*1.1 и *DD*1.2 собран *RS*-триггер, предотвращающий проникновение импульсов дребезга контактов кнопки на пересчетное устройство. В положении контактов кнопки *S*1, показанном на схеме, на выходе 1 будет напряжение высокого уровня, на выходе 2 - напряжение низкого уровня; при нажатой кнопке - наоборот. Этот генератор удобно использовать при проверке работоспособности различных счетчиков.

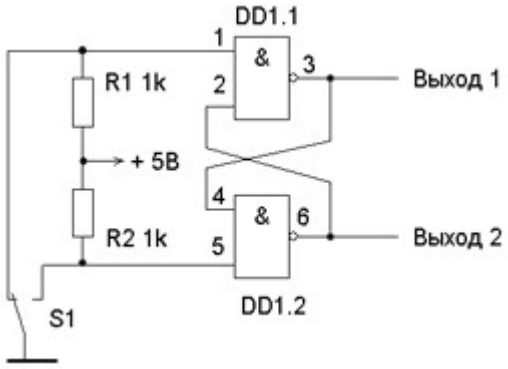


Рисунок 2.1 – Одновибратор на инверторах

Иногда необходимо «укоротить» импульс до заданной длины. Примером может служить концевой выключатель, срабатывание которого на любое длительное время заключается в генерации одного короткого импульса на входе контроллера. В общем использование этой схемы предлагает множество потенциальных применений.

Параметры устройства

- время генерируемых импульсов: от 90 до 950 мс;
- выходной импульс реализуется срабатыванием реле;
- вход адаптирован к импульсам поляризации 0 или 12 В;
- реакция на спад или подъем любого времени нарастания;
- источник питания модуля 12 В.

Рассмотрим еще одну схему, приведённую на рисунке 2.2.

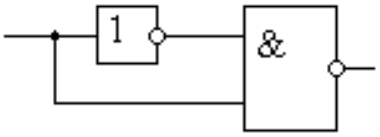


Рисунок 2.2 – Схема укорачивающего одновибратора

Если бы логические элементы не обладали задержкой, то на выходе такой схемы постоянно присутствовал единичный логический уровень. Однако это не так. Сигнал на выходе инвертора задержан по отношению к его входу. Временные диаграммы сигналов на входе и выходе инвертора, а также на выходе схемы "И" приведены на рисунке 2.2.

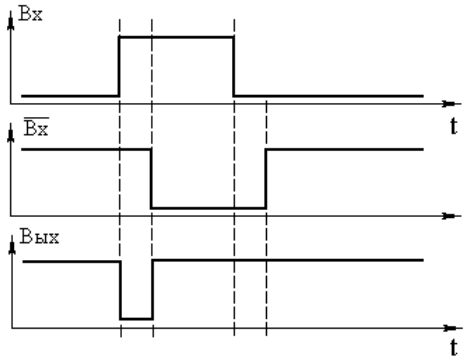


Рисунок 2.3 – Временные диаграммы укорачивающего одновибратора

Как видно из этих временных диаграмм, одновибратор, схема которого приведена на рисунке 2.2, вырабатывает одиночный импульс по переднему фронту входного сигнала. Длительность импульса на выходе такой схемы будет равна времени задержки инвертора.

Если требуется длительность выходного импульса, большая времени задержки одиночного инвертора, то можно применить дополнительные элементы задержки на пассивных *RC*-элементах. Пример подобной схемы приведён на рисунке 3, а временные диаграммы этой схемы – на рисунке 2.4.

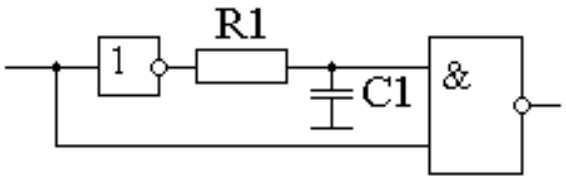


Рисунок 2.4 – Схема укорачивающего одновибратора
с использованием *RC* элементов задержки

Длительность выработанного формирователем импульса можно вычислить исходя из условия разряда конденсатора *C*. Действительно, пока конденсатор *C* разряжается до уровня порогового напряжения *U*, входное напряжение воспринимается элементом “2И-НЕ” как уровень логической единицы U^1 и на его выходе поддерживается уровень логического нуля. С течением времени напряжение на конденсаторе *C* становится равным $U_{\text{пор}}$ и на выходе элемента “2И-НЕ” появится уровень логической единицы (рисунок 2.5). Если считать, что напряжение до начала разряда на конденсаторе было равно напряжению уровня уровень логической единицы, то изменение напряжения U_C с течением времени можно представить, как

$$U_c = U^1 e^{-\frac{t}{RC}}, \tag{2.1}$$

следовательно

$$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{U^1}{U_c}. \tag{2.2}$$

Длительность импульса равна времени разряда конденсатора до порогового значения $U_{\text{пор}}$

$$t_{\text{и}} = RC\ ln\frac{U^1}{U_{\text{пор}}}. \tag{2.3}$$

Временные диаграммы укорачивающего одновибратора с использованием *RC* элементов задержки представлены на рисунке 2.5.

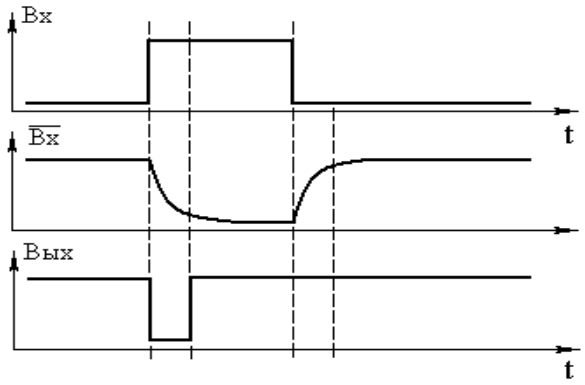


Рисунок 2.5 – Временные диаграммы укорачивающего одновибратора с использованием *RC* элементов задержки

В расширяющих одновибраторах длительность входного (запускающего) импульса должна быть короче длительности формируемого импульса.

Схема расширяющего одновибратора приведена на рисунке 2.6. Он выполнен на двух логических элементах. Схема охвачена положительной обратной связью, так как выход второго элемента соединен с входом первого.

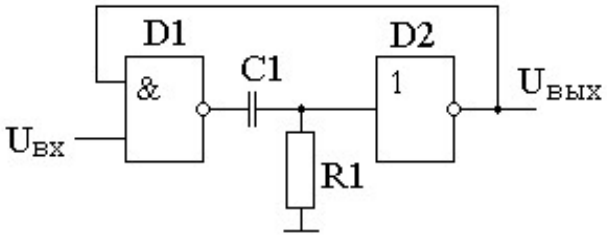


Рисунок 2.6 – Структурная схема расширяющего одновибратора

В исходном состоянии на выходе элемента *D*2 имеется уровень логической единицы, а на выходе элемента *D*1 - уровень логического нуля, так как на обоих его входах присутствуют логические единицы. При поступлении на вход запускающего импульса с нулевым потенциалом на выходе первого элемента появится уровень логической единицы, который через конденсатор *C* поступит на вход второго элемента. Элемент *D*2 инвертирует этот сигнал и уровень “0” по цепи обратной связи подается на второй вход элемента *D*1. Теперь даже если на входе снова появится уровень логической единицы, на выходе элемента *D*1 будет сохраняться высокое напряжение.

На выходе элемента *D*2 уровень логического нуля будет присутствовать до тех пор, пока конденсатор *C* не зарядится до уровня $U_c = U^1 - U_{\text{пор}}$, а напряжение на резисторе *R* не достигнет порогового уровня $U_{\text{пор}}$.

Длительность выходного импульса одновибратора может быть определена с помощью выражения

$$t_{\text{и}} = (R + R_{\text{вых}})C\ ln\frac{U^1}{U_{\text{пор}}}, \qquad (2.4)$$

где $R_{\text{вых}}$ – выходное сопротивление первого элемента;

$U_{\text{пор}}$ – пороговое напряжение логического элемента.

Как видно из рисунка 2.6 одновибраторсостоит из двух логических элементов микросхемы К155ЛА3: первый из них применен в роли 2И-НЕ элемента, второй подключен как инвертор. Подача входного сигнала осуществляется посредством кнопки *SA*1. Кнопка в данной схеме применяется только в качестве имитации входного сигнала. В действующих же устройствах на данный вход обычно поступает сигнал с каких-либо узлов схемы.

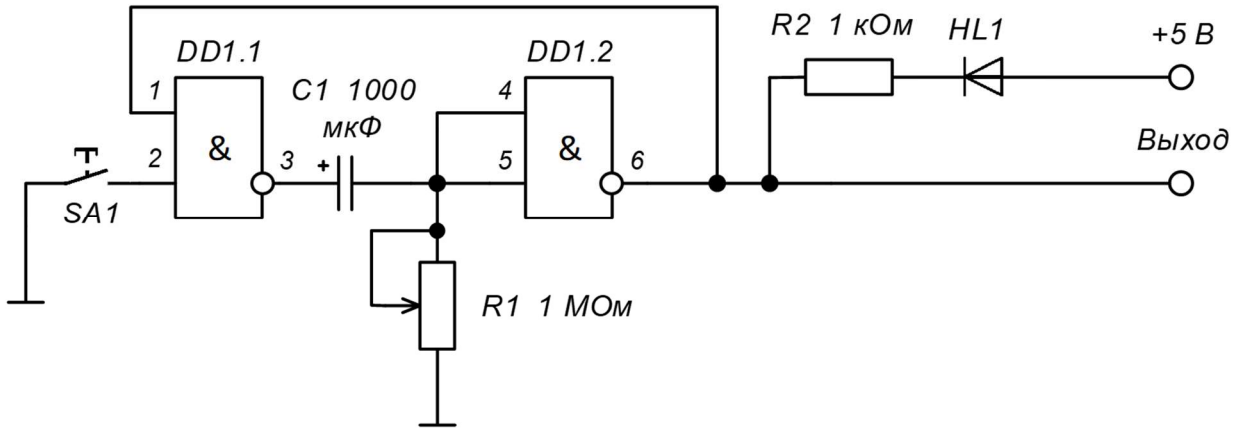


Рисунок 2.7 – Схема электрическая функциональная одновибратора

Для наглядности работы одновибратора, к его выходу можно подключить светодиод через токоограничивающий резистор как показано на рисунке 2.7. Чтобы видеть свечение светодиода, нужно чтобы выходной импульс был достаточно продолжительный, поэтому выберем конденсатор емкостью 500 мкФ.

Подадим питание и замерим стрелочным вольтметром напряжение на выводах логических элементов *DD*1.1 и *DD*1.2 микросхемы К155ЛА3. На выходе логического элемента *DD*1.1 микросхемы К155ЛА3 должен быть логический ноль (не более 0,4 вольта) и единица (более 2,4 вольта) на его входе 2. Так же на выходе 6 логического элемента *DD*1.2 будет единица и соответственно единица на выводе 1 на *DD*1.1.

Подключив вольтметр к выводу 6 логического элемента *DD*1.2, как уже было сказано до этого, на нем лог. 1. Теперь нажмем кратковременно кнопку *SA*1. Стрелка вольтметра резко отойдет практически до нуля. Примерно через 1-2 секунды она опять стремительно примет исходное положение. По такому движению стрелки можно сделать вывод, что мы наблюдали сигнал низкого

уровня.

Одновременно с этим процессом загорится и светодиод, подсказывая нам, что на выходе одновибратора появился одиночный импульс высокого уровня. Если параллельно конденсатору C1 подключить конденсатор такой же емкости, то мы заметим, что продолжительность импульса возросла вдвое. Так же изменяя сопротивление резистора *R*1 можно добиться изменения длительности импульса.

Таким образом, чем выше емкость конденсатора *C*1 и сопротивление *R*1, тем продолжительнее выходной импульс вырабатываемый одновибратором на К155ЛА3.

В данной схеме одновибратора сопротивление *R*1 и емкость *Cl* представляют собой времязадающую *RC* цепь. При малых значениях *C*1 и *R*1 длительность импульса будет настолько короткой, что визуально обнаружить его с помощью вольтметра или светодиода не реально. В этом случае наличие импульса можно зафиксировать с помощью осциллографа или логического пробника. Временные диаграммы сигналов представлены на рисунке 2.8.

В ждущем состоянии вывод 2 микросхемы К155ЛА3 никуда не подсоединен, поскольку контакты *SA*1 еще незамкнуты. По сути, на входе находится единица. Зачастую вход в таком случае соединяют с плюсом питания через сопротивление 1 кОм.

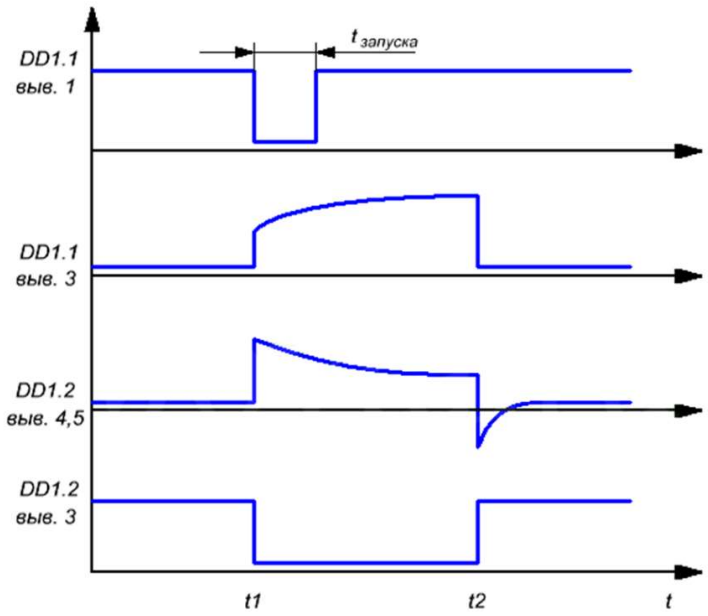


Рисунок 2.8 – Временные диаграммы работы одновибратора

Из-за подключенного сопротивления *R*1, на входе логического элемента *DD*1.2 находится лог. 0, а на его выходе лог. 1. Поскольку на обоих выводах конденсатора лог. 0, он полностью разряжен.

В момент нажатия *SA*1, на вход 2 логического элемента *DD*1.1 поступает электрический сигнал низкого уровня. Поэтому на выводе 3 логического элемента *DD*1.1 единица. Положительный фронт через *C*1 подается на вход *DD*1.2. Соответственно с выхода его логический 0 поступит на вход *DD*1.1 и он будет присутствовать там даже после отпускания кнопки.

Одновременно через резистор происходит заряд конденсатора. И по окончании заряда напряжение на резисторе упадет и это переведет выход элемента *DD*1.2 в лог. 1. Одновибратор вернется в исходное состояние — в ждущий режим.

Следует заметить, то входной сигнал (нажатие кнопки) должен быть меньше по продолжительности, чем выходной иначе выходных импульсов не будет.

Схема электрическая принципиальная одновибратора и перечень элементов к ней представлены в приложениях Б и В, соответственно.

2.2 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов прямоугольных импульсов

Генераторы импульсов используют во многих радиотехнических устройствах (электронных счетчиках, реле времени), применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц. Здесь приводятся простые схемы генераторов, в том числе на элементах цифровой «логики», которые широко используются в более сложных схемах как частотозадающие узлы, переключатели, источники образцовых сигналов и звуков.

Рассмотрим наиболее популярные схемы ГПИ и выберем наиболее оптимальную.

На рисунке 2.9 показана схема простейшего генератора импульсов на электромагнитном реле. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор *R*1 и реле срабатывает, отключая источник питания контактами К 1.1. Но реле отпускает не сразу, поскольку некоторое время через его обмотку будет протекать ток за счет энергии, накопленной конденсатором С1. Когда контакты К 1.1 опять замкнутся, снова начнет заряжаться конденсатор - цикл повторяется.

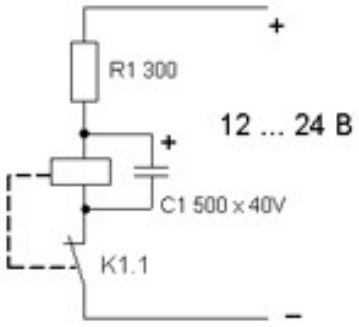


Рисунок 2.9 – Генератор импульсов на электромагнитном реле

Частота переключении электромагнитного реле зависит от его параметров, а также номиналов конденсатора С1 и резистора *R*1. При использовании реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) переключение происходит примерно один раз в секунду. Такой генератор можно использовать, например, для коммутации гирлянд на новогодней елке, для получения других световых эффектов. Его недостаток – это необходимость использования конденсатора значительной емкости.

На рисунке 2.10 приведена схема еще одного генератора на электромагнитном реле, принцип работы которого аналогичен предыдущему генератору, но обеспечивает частоту импульсов 1 Гц при емкости конденсатора в 10 раз меньшей. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор *R*1. Спустя некоторое время откроется стабилитрон *VD*1 и сработает реле К1. Конденсатор начнет разряжаться через резистор *R*2 и входное сопротивление составного транзистора *VT*1*VT*2. Вскоре реле отпустит и начнется новый цикл работы генератора. Включение транзисторов *VT*1 и *VT*2 по схеме

составного транзистора повышает входное сопротивление каскада. Реле К 1 может быть таким же, как и в предыдущем устройстве. Но можно использовать РЭС-9 (паспорт РС4.524.201) или любое другое реле, срабатывающее при напряжении 15...17 В и токе 20...50 мА.

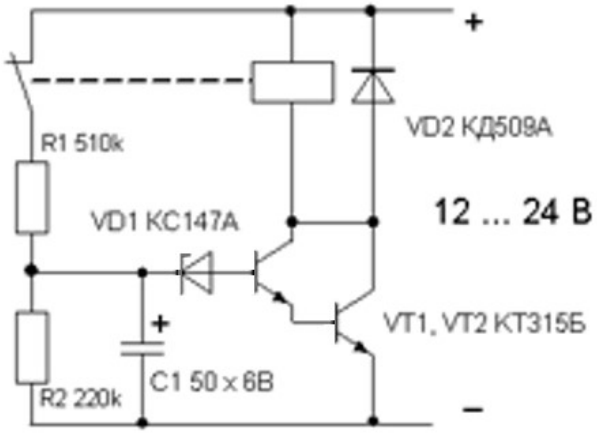


Рисунок 2.10 – Генератор импульсов на электромагнитном реле

Основной недостаток данной схемы, это недолговечность и невозможность получения частот килогерцового диапазона.

Альтернативной генераторам на реле являются ГПИ на операционных усилителях (ОУ).

Данные генераторы являются более усовершенствованным вариантом импульсных генераторов, выполненных на транзисторах. Для простых устройств их, возможно, применять, но для создания сложных устройств с регулировкой различных параметров их схемы оказываются неоправданно трудоёмкими в настройке и разработке. Поэтому для упрощения схемотехнической реализации применяют генераторы импульсов в основе, которых лежат операционные усилители.

В общем случае для получения импульсов различной формы требуется замкнутая система, которая состоит из трёх основных частей: интегратора, компаратора и логической схемы (рисунок 2.11).

Рисунок 2.11 –Схема генератора колебаний различной формы

Хотя схема состоит из трех частей, но довольно часто в простых генераторах применяют один-два операционных усилителя. Для повышения гибкости и универсальности схем генераторов можно добавлять дополнительные ОУ.

Первой рассматриваемым генератором будет мультивибратор, то есть генератор прямоугольных импульсов.

Автоколебательный мультивибратор или просто мультивибратор называют генератор прямоугольных импульсов. В его основе лежит триггер Шмитта или компаратор с гистерезисом, но в отличие от триггера напряжение в мультивибраторе формируется интегрирующей цепочкой *R*1*C*1. Ниже приведена схема мультивибратора на ОУ (рисунок 2.12).

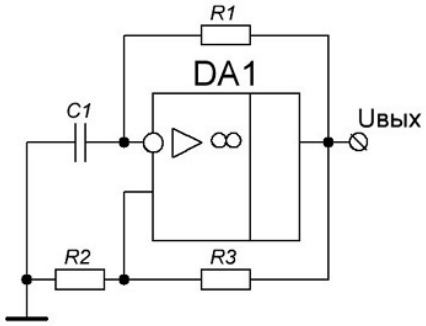


Рисунок 2.12 – Схема автоколебательного мультивибратора на операционном усилителе

Данный мультивибратор состоит из операционного усилителя *DA*1, который охвачен положительной обратной связью через резисторы *R*2*R*3 и отрицательной обратной связью при помощи интегрирующей цепочки *R*1*C*1.

Рассмотрим работу мультивибратора. В основе работы мультивибратора лежит триггер Шмитта, который создается ПОС при помощи резисторов *R*2*R*3.

Так как опорное напряжение триггера равно нулю, то напряжение верхнего порогового уровня будет равно

$$U_{\text{вп}} = U_{\text{нас+}} \frac{R_2}{R_2 + R_3}, \quad (2.5)$$

а нижнего порога переключения триггера

$$U_{\text{вп}} = U_{\text{нас–}} \frac{R_2}{R_2 + R_3}. \quad (2.6)$$

Таким образом, в момент подачи питания конденсатор полностью разряжен, то есть на инвертирующем входе ОУ напряжение равно нулю. В тоже время на выходе ОУ, вследствие неидеального ОУ, присутствует некоторое положительное напряжение, часть которого через ПОС *R*2*R*3 поступает на неинвертирующий вход ОУ. Далее происходит усиление этого напряжения и на выходе ОУ происходит дальнейший рост напряжения.

Напряжение с выхода ОУ поступает также через цепочку *R*1 *C*1, но вследствие того, что интегрирующая цепочка задерживает сигнал, то рост напряжения на конденсаторе С1, а следовательно, и на инвертирующем входе будет происходить медленнее, чем на неинвертирующем. И в результате разность напряжений на инвертирующем и неинвертирующем входе будет расти, а следовательно, будет происходить рост выходного напряжения.

В некоторый момент времени напряжение на конденсаторе $U_{\text{с}}$ (а также на инвертирующем входе) достигнет напряжения верхнего порогового уровня *U*ВП триггера Шмитта и выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ скачком станет равным отрицательному напряжению насыщения $U_{\text{нас-}}$. В результате чего ток через резистор *R*1 изменится на противоположный, а конденсатор С1 начнёт разряжаться. Разряд конденсатора будет происходить до напряжения нижнего порога переключения $U_{\text{вп}}$ триггера. После этого также скачкообразно произойдёт переключение выходного напряжения с отрицательного насыщения к положительному напряжению насыщения $U_{\text{нас+}}$ триггера Шмитта. Данные переключения иллюстрирует график на рисунке 2.13.

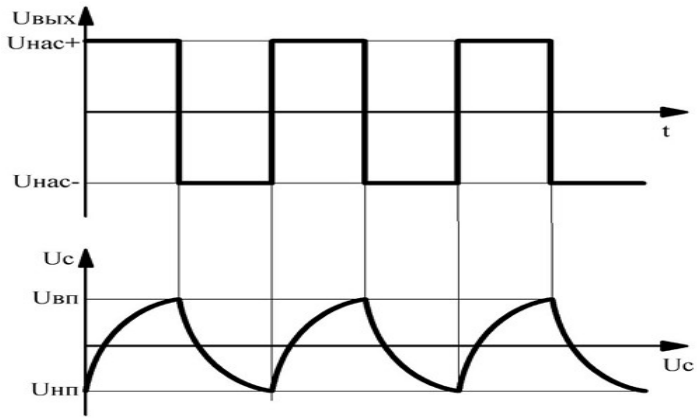


Рисунок 2.13 – График напряжений в мультивибраторе: на выходе мультивибратора (верхний) и на конденсаторе С1 (нижний)

Частота выходных импульсов мультивибратора зависит от постоянной времени интегрирующей цепочки $R1C1$, а также от ширины петли гистерезиса и в общем случае определяется следующим выражением

$$f = \frac{1}{2 \cdot R2 \cdot C2 \cdot ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right)}, \quad (2.7)$$

где $\beta = \frac{R_2}{R_2+R_3}$.

Не трудно заметить, что при

$$R2 = \frac{R3(e-1)}{2} \approx 0{,}86R3 \quad (2.8)$$

$$\beta \approx 0{,}473$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot R1 \cdot C1}. \quad (2.9)$$

В случае равенства сопротивлений резисторов в цепи ПОС $R2$ и $R3$ соотношения будут выглядеть следующим образом

$$R2 = R3, \beta \approx 0{,}5$$

$$f \approx \frac{1}{2{,}2 \cdot R1 \cdot C1}. \quad (2.10)$$

Стабильность частоты амплитуды генерирования простого мультивибратора, изображённого в начале статьи, во многом определяется стабильностью характеристик насыщения операционного усилителя, поэтому для улучшения параметров выходных импульсов (длительности и амплитуды) необходимо обеспечить стабильность амплитуды выходных импульсов и

постоянной времени цепочки $R1$ $C1$. На рисунке 2.14 приведена схема мультивибратора, в которой сведены к минимуму недостатки предыдущей схемы.

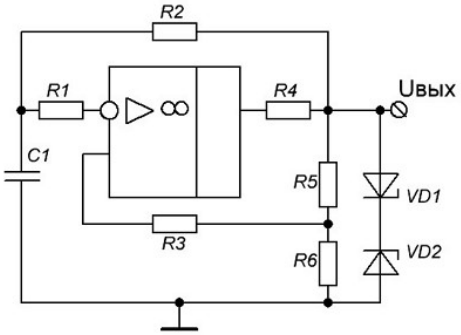


Рисунок 2.14 – Улучшенная схема мультивибратора

В данной схеме мультивибратора введены дополнительные элементы: входные резисторы $R1$ и $R3$, повышающие входное сопротивление ОУ и двухсторонний параметрический стабилизатор $R4VD1VD2$, стабилизирующий амплитуду выходных импульсов. Введение резисторов $R1$ и $R3$ связано с тем, чтобы увеличить входное сопротивление ОУ, так как они снабжены защитой по входам при больших дифференциальных сигналах. Их величина выбирается на порядок больше, чем сопротивление резисторов $R5$ и $R6$ и имеет порядок сотен кОм.

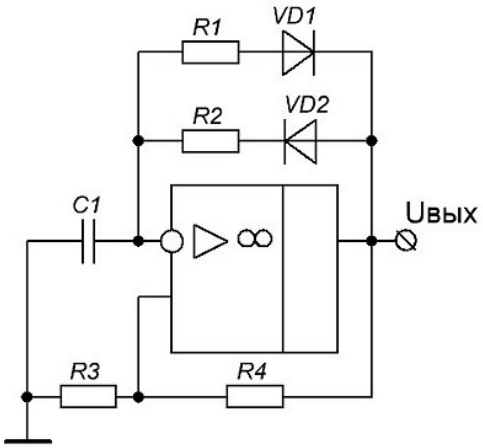


Рисунок 2.15 – Схема несимметричного мультивибратора на операционном усилителе

Ещё большего улучшения параметров мультивибратора можно добиться, если резистор в интегрирующей RC цепочке заметить транзисторным генератором тока.

Если ставится задача получения несимметричного мультивибратора, то резистор в цепи ООС заменяется двумя параллельными диодно-резисторными цепями, что изображено на рисунке 2.15.

Ждущий мультивибратор в отличие от автоколебательного на выходе формирует одиночный импульс под действием входного сигнала, причём длительность выходного импульса зависит от номиналов элементов обвязки операционного усилителя.

Схема ждущего мультивибратора показана на рисунке 2.16.

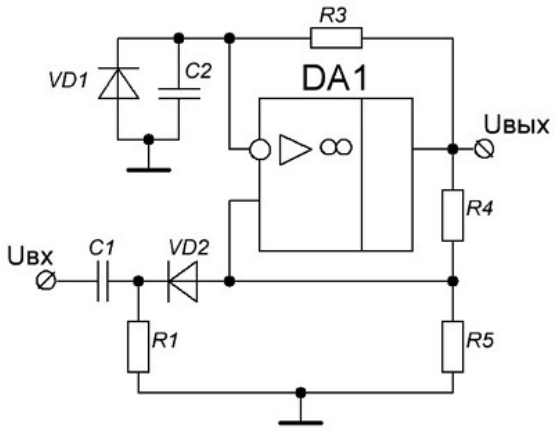


Рисунок 2.16 – Схема ждущего мультивибратора (одновибратора) на операционном усилителе

Ждущий мультивибратор состоит из операционного усилителя *DA*1, цепи ПОС на резисторах *R*4 *R*5, цепи ООС *VD*1 *C*2 *R*3 и цепи запуска *C*1 *R*1 *VD*2.

Цикл работы ждущего мультивибратора можно условно разделить на три части: ждущий режим, переход из ждущего режима в состояние выдержки и непосредственно состояние выдержки. Рассмотрим цикл работы мультивибратора подробнее.

Ждущий режим является основной и наиболее устойчивой частью цикла работы данного типа мультивибратора, так как самопроизвольно он не может перейти в следующие части цикла работы ждущего мультивибратора. В данном состоянии на выходе мультивибратора присутствует положительное напряжение насыщения ОУ (*U*НАС+), которое через цепь ПОС *R*4 *R*5 частично поступает на неинвертирующий вход ОУ, тем самым задавая пороговое напряжение

переключения мультивибратора (*U*ПП), которое определяется следующим выражением

$$U_{\text{пп}} = U_{\text{нас+}} \frac{R_2}{R_2 + R_3}. \quad (2.11)$$

На инвертирующем входе ОУ присутствует напряжение, которое задаётся диодом *VD*1 (в случае кремневого диода напряжение примерно равно 0,6 – 0,7 В), то есть меньше порога переключения мультивибратора. При данных условиях ждущий мультивибратор может находиться неограниченно долгое время (до тех пор, пока не поступит запускающий импульс).

Переход из ждущего режима в состояние выдержки, является следующей частью цикла работы ждущего мультивибратора и начинается после того, как на вход поступит импульс отрицательной полярности, амплитуда которого превысит двухкратное значение напряжения переключения ждущего мультивибратора. То есть минимальная амплитуда входного напряжения ($U_{\text{ВХ}\,min}$) должна быть равна

$$U_{\text{ВХ}\,min} = -2U_{\text{нас+}} \frac{R_2}{R_2 + R_3}. \quad (2.12)$$

В этом случае напряжение порога переключения ждущего мультивибратора понизится и станет меньше, чем напряжение падения на диоде *VD*1. Далее произойдёт лавинообразный процесс переключения выходного напряжения и на выходе установится напряжение отрицательного насыщение ОУ ($U_{\text{нас-}}$) и ждущий мультивибратор перейдёт в состояние выдержки. При выборе номиналов элементов входной цепи *C*1 и *R*1 надо исходить из того, что конденсатор С1 должен полностью разрядиться за время действия входного импульса, то есть постоянная времени цепи *C*1 *R*1 должна быть на порядок (в десять раз) меньше длительности входного импульса.

Заключительная часть цикла работы ждущего мультивибратора является состояние выдержки. В данном состоянии на неинвертирующий вход поступает часть напряжения с выхода мультивибратора, тем самым задавая пороговое напряжение перехода мультивибратора в ждущий режим. В тоже время выходное напряжение через цепь ООС *C*1 *R*1 поступает на инвертирующий вход

и открывает диод *VD*1, через который начинает разряжаться конденсатор С1. После разряда конденсатора С1 до 0 В происходит его зарядка через резистор *R*1 до напряжения перехода мультивибратора в ждущий режим. После чего схема переходит в исходное состояние и на выходе устанавливается напряжение положительного насыщения ОУ ($U_{\text{нас+}}$). Длительность состояния выдержки и непосредственно формируемого выходного импульса определяется временем зарядка конденсатора С1 через резистор *R*1 и в общем случае определяется следующим выражением

$$T = R1 \cdot C1 \cdot ln\left(\frac{2[U_{\text{нас+}} + U_{VD1}]}{U_{\text{нас+}}}\right) \approx R1 \cdot C1 \cdot ln(2) \approx 0{,}7 \cdot R1 \cdot C1. \qquad (2.13)$$

как ждущий мультивибратор имеет только одно устойчивое состояние, то за ним закрепилось название одновибратора.

Для того чтобы одновибратор вырабатывал положительные импульсы при положительных управляющих входных сигналах необходимо изменить полярность включения диодов *VD*1 и *VD*2.

Еще одним направлением в построении ГПИ является применение логических комбинационных элементов. Рассмотрим варианты данных схем.

В генераторе импульсов, схема которого приведена на рисунке 2.17, использованы логические элементы микросхемы *DD*1 и полевой транзистор *VT*1.

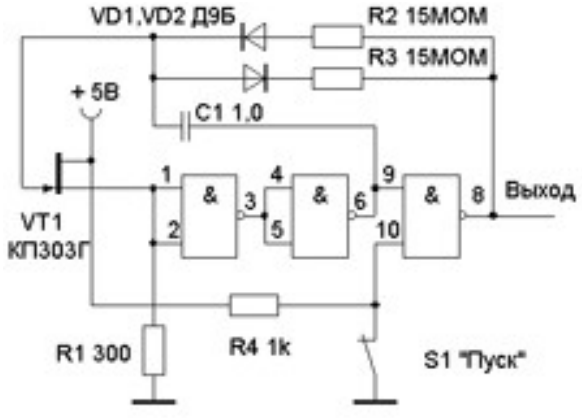


Рисунок 2.17 – Генератор импульсов

При изменении номиналов конденсатора С1 и резисторов *R*2 и *R*3 генерируются импульсы частотой от 0,1 Гц до 1 МГц. Такой широкий диапазон получен благодаря использованию полевого транзистора, что позволило применить резисторы *R*2 и *R*3 сопротивлением в несколько мегаом. С помощью

этих резисторов можно изменять скважность импульсов: резистор *R*2 задает длительность напряжения высокого уровня на выходе генератора, а резистор *R*3 - длительность напряжения низкого уровня. Максимальная емкость конденсатора С1 зависит от его собственного тока утечки. В данном случае она составляет 1...2 мкФ. Сопротивления резисторов *R*2, *R*3 - 10...15 МОм. Транзистор *VT*1 может быть любым из серий КП302, КП303. Микросхема - К155ЛА3, ее питание составляет 5В стабилизированного напряжения. Можно использовать КМОП микросхемы серий К561, К564, К176, питание которых лежит в пределах 3…12 В.

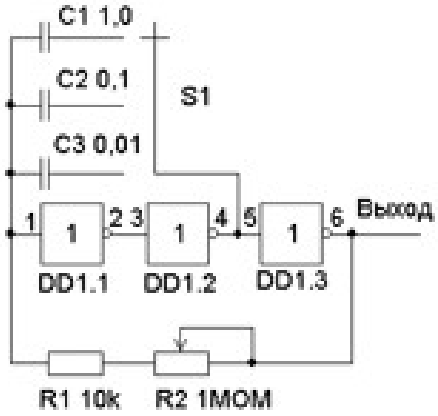


Рисунок 2.18 – Генератор импульсов

При наличии микросхемы КМОП К561ЛН2 можно собрать широкодиапазонный генератор импульсов без применения полевого транзистора. Схема приведена на рисунок 2.18. Для удобства установки частоты емкость конденсатора времязадающей цепи изменяют переключателем *S*1. Диапазон частот, формируемых генератором, составляет 1...10 000 Гц.

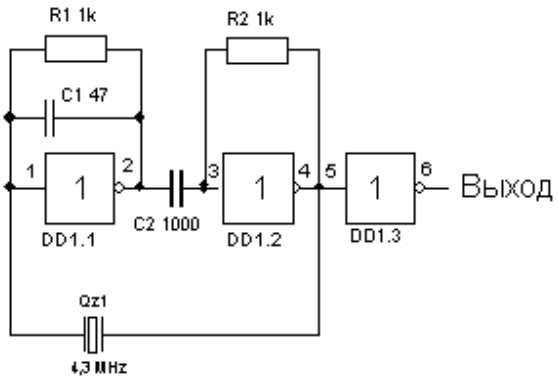


Рисунок 2.19 – Генератор импульсов стабильной частоты

Если нужна высокая стабильность генерируемой частоты, то такой генератор можно сделать «кварцованным» - включить кварцевый резонатор на нужную частоту. Ниже показан пример кварцованного генератора на частоту 4,3 МГц (рисунок 2.19) На рисунке 2.20 представлена схема генератора импульсов с регулируемой скважностью.

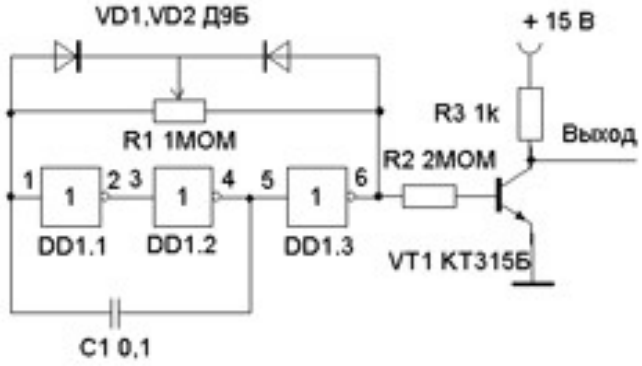


Рисунок 2.20 – Генератор импульсов

Скважность – отношение периода следования импульсов (Т) к их длительности (*t*) (рисунок 2.21)

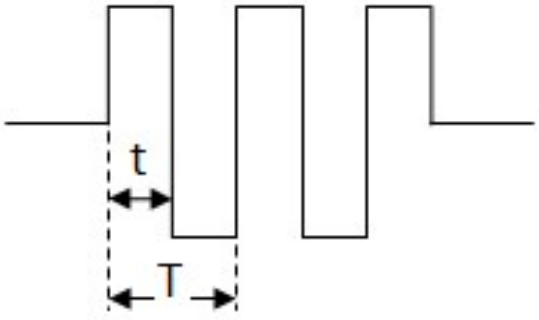


Рисунок 2.21 – Понятие скважности

Скважность импульсов высокого уровня на выходе логического элемента *DD*1.3, резистором *R*1 может изменяться от 1 до нескольких тысяч. При этом частота импульсов также незначительно изменяется. Транзистор *VT*1, работающий в ключевом режиме, усиливает импульсы по мощности.

Генератор, схема которого приведена на рисунке 2.22, вырабатывает импульсы как прямоугольной, так и пилообразной формы. Задающий генератор выполнен на логических элементах *DD* 1.1-*DD*1.3. На конденсаторе С2 и резисторе *R*2 собрана дифференцирующая цепь, благодаря которой на выходе логического элемента *DD*1.5 формируются короткие положительные импульсы

(длительностью около 1 мкс). На полевом транзисторе *VT*2 и переменном резисторе *R*4 выполнен регулируемый стабилизатор тока. Этот ток заряжает конденсатор С3, и напряжение на нем линейно возрастает. В момент поступления на базу транзистора *VT*1 короткого положительного импульса транзистор *VT*1 открывается, разряжая конденсатор С3. На его обкладках таким образом формируется пилообразное напряжение. Резистором *R*4 регулируют ток зарядки конденсатора и, следовательно, крутизну нарастания пилообразного напряжения и его амплитуду. Конденсаторы С1 и С3 подбирают исходя из требуемой частоты импульсов. Микросхема - К561ЛН2.

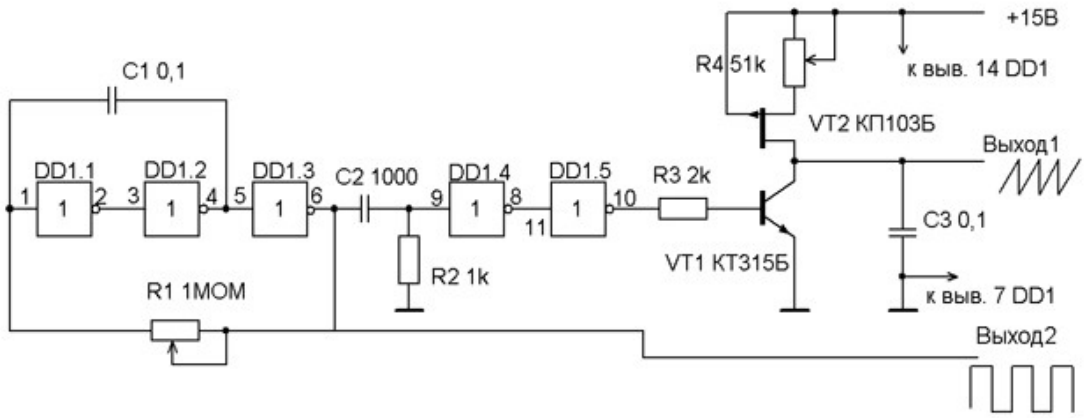
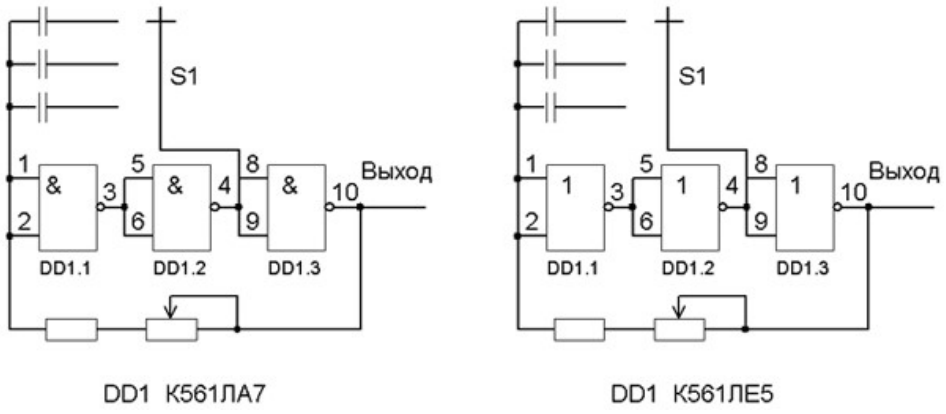


Рисунок 2.22 – Генератор импульсов

Цифровые микросхемы в генераторах взаимозаменяемы в большинстве случаев и можно использовать в одной и той же схеме как микросхемы с элементами «И-НЕ», так и «ИЛИ-НЕ», или же просто инверторы. Вариант таких замен показан на примере рисунка 2.17, где была использована микросхема с инверторами К561ЛН2. Точно такую схему с сохранением всех параметров можно собрать и на К561ЛА7, и на К561ЛЕ5 (или серий К176, К564, К164), как рисунке 2.23.



а) б)

Рисунок 2.23 – Генератор импульсов переключаемый

Если требуется повысить нагрузочную способность какого-либо узла, можно применить на выходе усилитель на транзисторе, или же включить несколько элементов микросхемы параллельно.

Еще одним вариантом построения ГПИ является применение таймера *NE*555. Данная микросхема – это устройство для формирования (генерации) одиночных и повторяющихся импульсов со стабильными временными характеристиками. Представляет собой асинхронный *RS*-триггер со специфическими порогами входов, точно заданными аналоговыми компараторами и встроенным делителем напряжения.

Применяется для построения различных генераторов, модуляторов, реле времени, пороговых устройств и прочих узлов электронной аппаратуры. В качестве примеров применения микросхемы-таймера можно указать функции восстановления цифрового сигнала, искажённого в линиях связи, фильтры дребезга, двухпозиционные регуляторы в системах автоматического регулирования, импульсные преобразователи напряжения, устройства широтно-импульсного регулирования, таймеры и др.

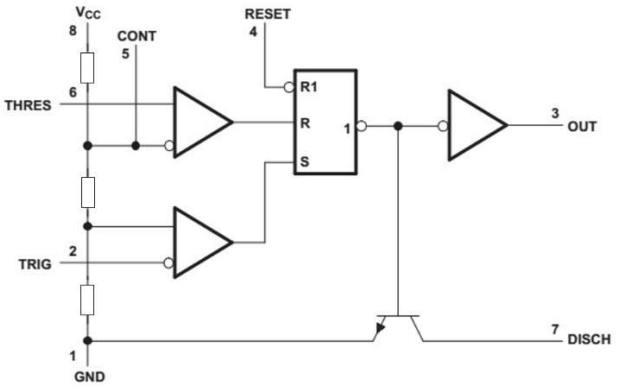


Рисунок 2.24 – Структура таймера 555

В центре композиции находится асинхронный *RS*-триггер, к инверсному выходу которого подключён инвертирующий выходной буфер и транзисторный ключ с открытым коллектором. Сброс триггера производится или сигналом низкого логического уровня на входе 4 «*RESET*», или сигналом высокого логического уровня на выходе верхнего по схеме компаратора. Установка триггера производится сигналом высокого логического уровня на выходе нижнего по схеме компаратора.

Пороги срабатывания компараторов установлены делителем напряжения из трёх резисторов. Напряжение верхнего порога срабатывания подаётся на вывод 5 «*CONT*».

Установка *RS*-триггера происходит при подаче на вход 2 «*TRIG*» напряжения ниже нижнего порога срабатывания при условии, что на входе «*RESET*» присутствует напряжение высокого уровня.

Сброс *RS*-триггера происходит при подаче на вход 6 «*THRES*» напряжения выше верхнего порога срабатывания при условии, что на входе «*RESET*» присутствует напряжение высокого уровня, и напряжение на входе «*TRIG*» — выше нижнего порога срабатывания.

Таким образом, наивысший приоритет имеет вход «*RESET*», а вход «*TRIG*» имеет приоритет выше, чем у входа «*THRES*». При включении *NE*555 по схеме *RS*-триггера без «подтяжки» по входу «*TRIG*» на входе «*TRIG*» всегда будет присутствовать напряжение ниже нижнего порога срабатывания, а выход будет переходить в состояние сброса только на время подачи сигнала низкого уровня на вход «*RESET*».

Рассмотрим генератор прямоугольных импульсов на *NE*555 (рисунок 2.25).

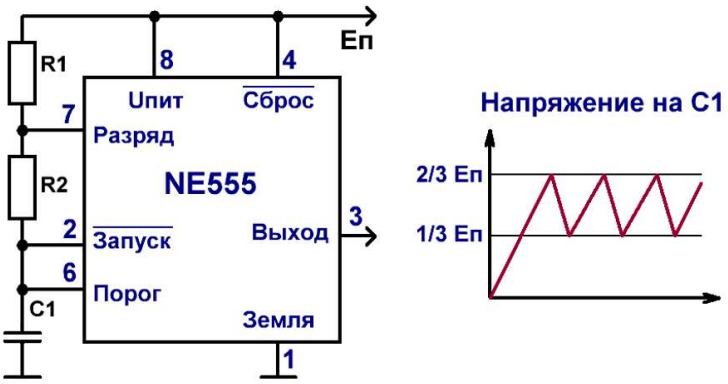


Рисунок 2.25 – Пример реализации генератора импульсов на таймере 555

В момент подачи питания конденсатор С1 разряжен, т. е. на неинвертирующем входе компаратора *COMP*1 и на инвертирующем входе *COMP*2 – 0 В. Такой режим *NE*555 соответствует состоянию, когда на выходе *RS* триггера устанавливается НИЗКИЙ уровень, а, соответственно, на выходе ИМС – ВЫСОКИЙ уровень.

При этом транзистор разряда закрыт и конденсатор начинает заряжаться через резисторы *R*1 + *R*2.

Когда напряжение на нём достигнет 2/3 от Еп питания, переключается вход "Порог" и на выходе *RS* триггера устанавливается ВЫСОКИЙ уровень, а выходной сигнал переходит в состояние НИЗКОГО уровня.

Одновременно происходит отпирание транзистора Т1, разряжающего конденсатор С1 на землю через резистор *R*2.

Далее схема переходит в колебательный режим. Напряжение на конденсаторе С1 периодически изменяется между значениями 1/3 и 2/3 от напряжения питания. При этом изменение напряжения на конденсаторе будет близко по форме к пилообразному сигналу, а с выхода схемы поступают импульсные колебания прямоугольной формы. Соотношения, связывающие длительности этих процессов выглядят следующим образом:

Время_нарастания_пилы = Длительность_импульса_высокого_уровня =

$$T1 = 0{,}693(R1 + R2) * C1; \qquad (2.14)$$

Время_спада_пилы = Длительность_импульса_низкого_уровня =

$$T2 = 0{,}693 * R2 * C1; \quad (2.15)$$

Период_колебаний =

$$T1 + T2 = T = 0{,}693(R1 + 2R2) * C1; \quad (2.16)$$

Частота_колебаний =

$$\frac{1}{T} = F = \frac{1{,}443}{(R1 + 2R2) * C1}. \quad (2.17)$$

Как следует из формул, длительность "единицы" выходного импульса всегда выше длительности "нуля".

Для того, чтобы получить форму выходного импульса, максимально близкую к форме меандра, необходимо величину резистора $R1$ уменьшать до минимального значения (теоретически = 0). Однако при высоком номинале конденсатора С1 и нулевом значении резистора $R1$ существует опасность выхода из строя внутреннего транзисторного ключа, поэтому на практике значение $R1$ не следует выбирать менее 300 Ом.

Если всё же необходимо получить чистый меандр, то для КМОП исполнений таймеров 555 серии существует схема включения, приведённая на рисунке 2.26.

Для расчёта параметров выходных импульсов на калькуляторе, в качестве номинала резистора $R1$ следует подставить "0".

Также существует довольно простая схема генератора с регулируемой скважностью импульсов.

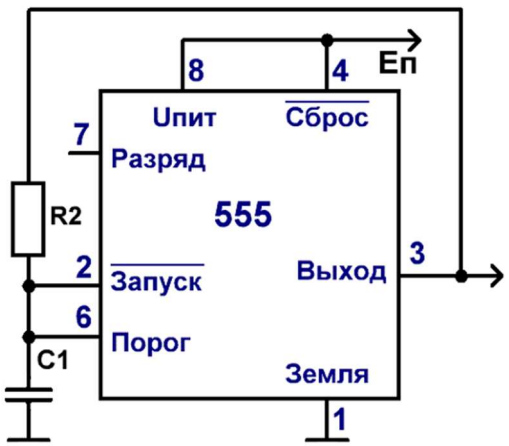


Рисунок 2.26 – Генератор меандра на КМОП версиях таймера 555

На рисунке 2.27 показан способ изменения скважности сигнала от 0 до почти 100% при неизменной частоте следования. Частоту можно было бы считать постоянной и независимой от настройки скважности, если бы не эффект падения напряжения на диоде при зарядке. Чтобы уменьшить его воздействие, выбран диод Шоттки*SD*103*C* (*VF*=0.3 *V* при 10 *mA*).

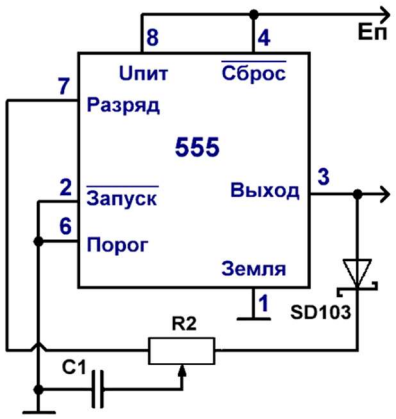


Рисунок 2.27 – Генератор импульсов с изменяемой скважностью на КМОП версии 555-таймера

Так же, как и в предыдущем случае, генератор выполнен на КМОП версиях таймера 555.

Частота колебаний рассчитывается по формуле F =1.443/($R2$*$C1$), то есть она превышает в два раза значение, посчитанное на калькуляторе (при $R1$ = 0).

КМОП вариант 555-таймера может выдавать импульсы от 1 мкс до 100 мин. Сверху длительность ограничивается током утечки конденсатора и входным током вывода «Порог». Если величина тока ниже 10 *nA*, то $R1$ можно выбирать номиналом вплоть до 10...100 *M*Ω. Снизу величина резистора ограничивается максимальным током вывода «Разряд» (~15 *mA* при питании +5*V*).

В качестве запускающего импульса можно использовать как сигнал от некоего электронного узла, так и импульс, сформированный посредством кратковременного замыкания кнопки $S1$.

Проанализировав возможные способы построения мультивибратора, были выбраны следующие подходы. Для частот 50, 100 и 200 кГц была предложена схема, представленная на рисунке 2.28.

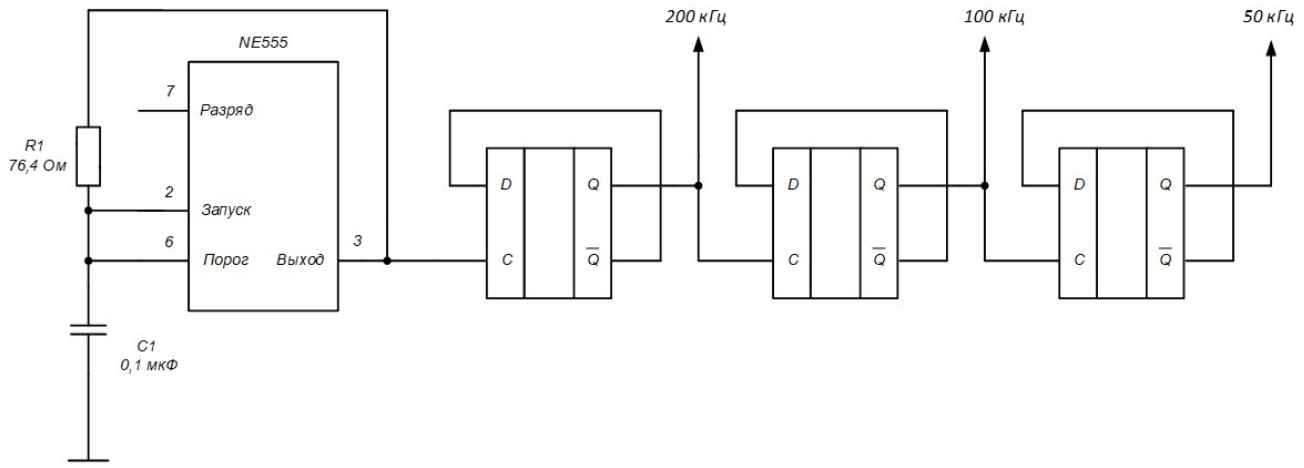


Рисунок 2.28 – Схема формирования частот 50, 100 и 200 кГц

Особенностью схемы является то, что мультивибратор рассчитан на частоту 400 кГц, а требуемые частоты получаются за счет деления частоты на 2. Для этого используются 3 Т-триггера построенные на основе *D*-триггера.

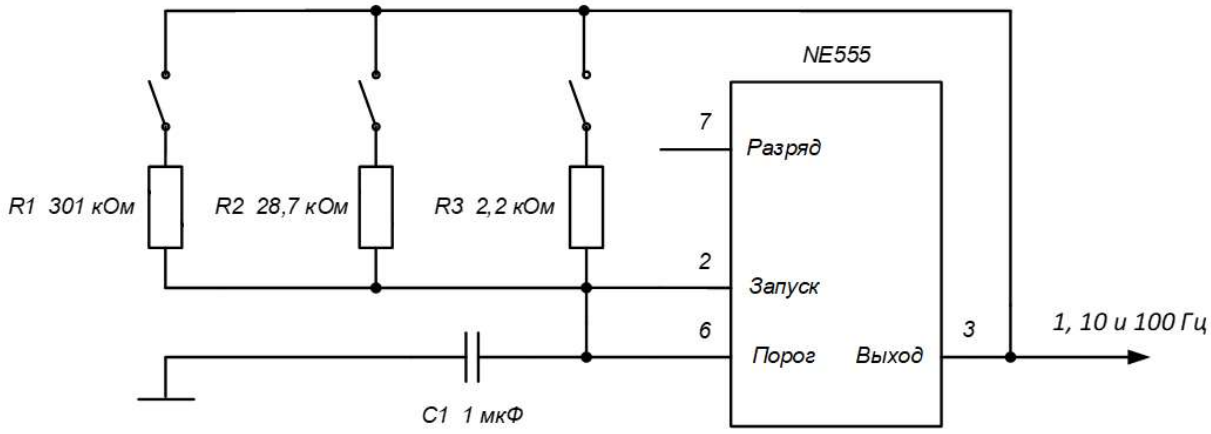


Рисунок 2.29 – Схема формирования частот 1, 10 и 100 Гц

Для формирования частот 1, 10 и 100 Гц, была предложена схема, представленная на рисунке 2.29. Особенностью схемы является то, что частоты задаются с помощью некоторого номинала сопротивления.

Схема электрическая принципиальная и перечни элементов представлены в приложениях Г и Д.

2.3 Разработка электрической принципиальной схемы блока питания

Современный рынок источников питания разделен на две категории: трансформаторные и безтрансформаторные. Первые достаточно просты в изготовлении для начинающих радиолюбителей. Второе неоспоримое

преимущество – это сравнительно низкий уровень электромагнитных излучений, а соответственно и помех. Существенным недостатком по современным меркам является значительная масса и габариты, вызванные наличием трансформатором – самого тяжелого и громоздкого элемента в схеме.

Безтрансформаторные блоки питания лишены последнего недостатка ввиду отсутствия трансформатора. Вернее, он там есть, но не в классическом представлении, а работает с напряжением высокой частоты, что позволяет снизить число витков и размеры магнитопровода. В результате снижаются вцелом габариты трансформатора. Высокая частота формируется полупроводниковыми ключами, в процессе из включения и выключения по заданному алгоритму. Вследствие этого возникают сильные электромагнитные помехи, поэтому такие источник подлежат обязательному экранированию.

Мы будем собирать трансформаторный блок питания.

Стремление получить как можно компактнее готовое устройство примело к появлению различных микросхем, внутри которых находятся сотни, тысячи и миллионы отдельных электронных элементов. Поэтому практически любой электронный прибор содержит микросхему, стандартная величина питания которой 3,3 В или 5 В. Вспомогательные элементы могут питаться от 9 В до 12 В постоянного тока. Однако мы хорошо знаем, что розетке переменное напряжение 220 В частотою 50 Гц. Если его подать непосредственно на микросхему или какой-либо другой низковольтный элемент, то они мгновенно выйдут из строя.

Отсюда становится понятным, что главная задача сетевого блока питания (БП) состоит в снижении величины напряжения до приемлемого уровня, а также преобразование (выпрямление) его из переменного в постоянное. Кроме того, его уровень должен оставаться постоянным независимо от колебаний входного (в розетке). Иначе устройство будет работать нестабильно. Следовательно, еще одна важнейшая функция БП – это стабилизация уровня напряжения.

В данной схеме трансформатор применяется для снижения напряжения в розетке 220 В до необходимого уровня, чаще всего 5 В, 9 В, 12 В или 15 В. При

этом еще осуществляется гальваническая развязка высоковольтных с низковольтными цепями. Поэтому при любых внештатных ситуациях напряжение на электронном устройстве не превысит значение величины вторичной обмотки. Также гальваническая развязка повышает безопасность обслуживающего персонала. В случае прикосновения к прибору, человек не попадет под высокий потенциал 220 В.

Конструкция трансформатора довольно проста. Он состоит из сердечника, выполняющего функцию магнитопровода, который изготовляется из тонких, хорошо проводящих магнитный поток, пластин, разделенных диэлектриком, в качестве которого служит нетокопроводящий лак.

На стержень сердечника намотаны минимум две обмотки. Одна первичная (еще ее называют сетевая) – на нее подается 220 В, а вторая – вторичная – с нее снимается пониженное напряжение.

Следующим порядковым элементом в схеме установлен диодный мост, он же полупроводниковый или диодный выпрямитель. Предназначен он для преобразования переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора в постоянное, а точнее говоря, в выпрямленное пульсирующее. Отсюда и происходит название «выпрямитель».

Существуют различные схемы выпрямления, однако наибольшее применение получила мостовая схема (рисунок 2.30). Принцип работы ее заключается в следующем. В первый полупериод переменного напряжения ток протекает по пути через диод *VD*1, резистор *R*1 и светодиод *VD*5. Далее ток возвращается к обмотке через открытый *VD*2.

К диодам *VD*3 и *VD*4 в этот момент приложено обратное напряжение, поэтому они заперты и ток через них не протекает (на самом деле протекает только в момент коммутации, но этим можно пренебречь).

В следующий полупериод, когда ток во вторичной обмотке изменит свое направление, произойдет все наоборот: *VD*1 и *VD*2 закроются, а *VD*3 и *VD*4 откроются. При этом направление протекания тока через резистор *R*1 и светодиод *VD*5 останется прежним.

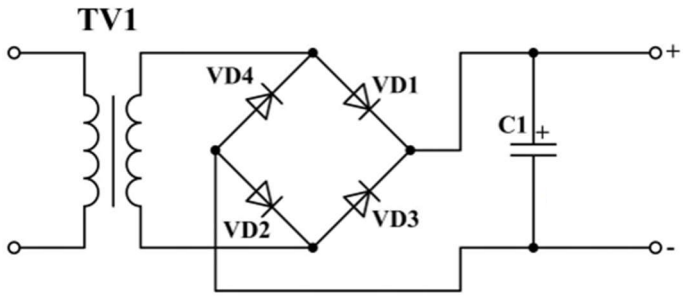


Рисунок 2.30 – двухполупериодное выпрямление с фильтром

После диодного моста напряжение имеет пульсирующий характер и еще непригодно для питания микросхем и тем более микроконтроллеров, которые очень чувствительны к различного рода перепадам напряжения. Поэтому его необходимо сгладить. Для этого можно применяется дроссель либо конденсатор.

На рисунке 2.31 показана схема включения микросхемы.

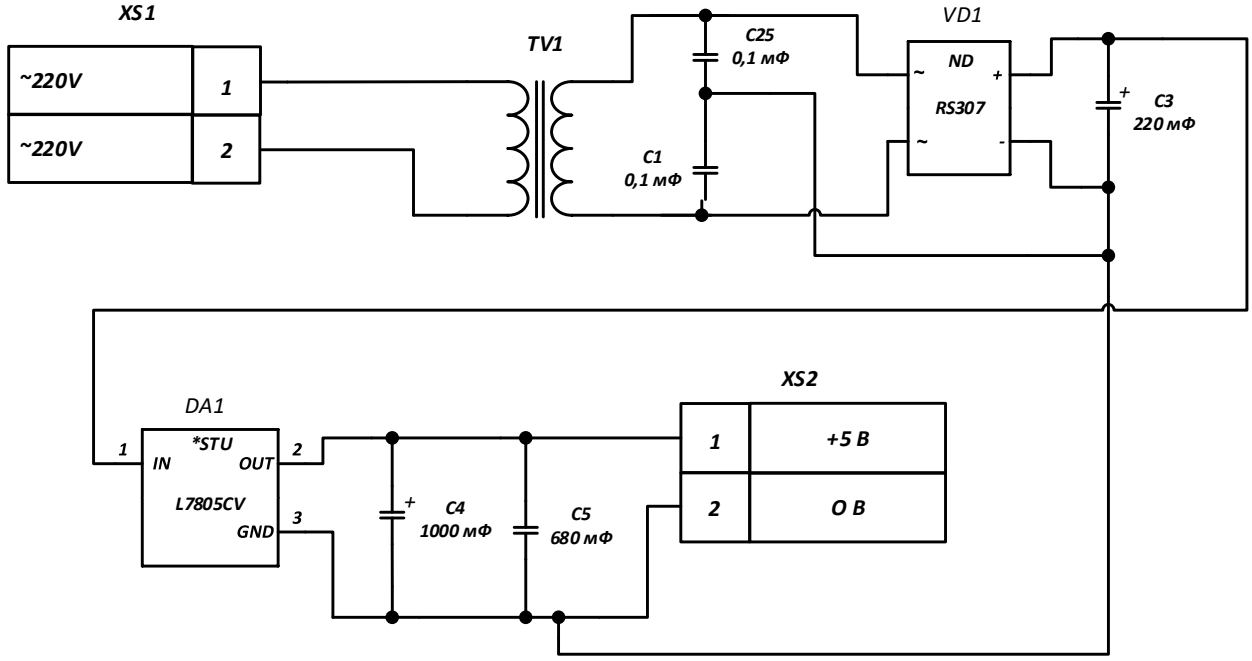


Рисунок 2.31 – Схема включения микросхемы *L*7805

Как видно, для организации стабилизированного питания использовалась микросхема *L*7805 (+5В).

3 Моделирование и изготовление макета блока генераторов

3.1 Моделирование работы блока генераторов

Моделирование работы схемы производилось в бесплатно распространяемой программе *Tina-Ti*. Данная программа является более современной и облегченной версией программы *ElectronicWorkBench* 5.12, которая в области моделирования работы различных электрических схем не утратила своей актуальности и по сей день.

Мультивибратором называют релаксационный генератор с выходным сигналом прямоугольной формы. Релаксационным он является в силу того, что элементы мультивибратора не обладают резонансными свойствами.

Схема мультивибратора на таймере 555 и диаграмма его работы приведены на рисунке 3.1.

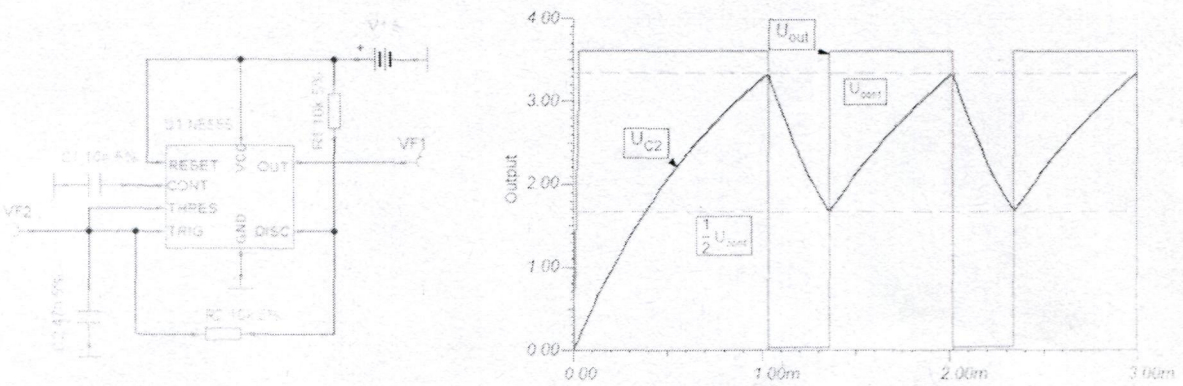


Рисунок 3.1 – Моделирование работы мультивибратора

В момент включения на выходе микросхемы устанавливается высокий логический уровень, транзисторный ключ закрывается, сопротивление выхода «*DISC*» высокое. Конденсатор *C*2 заряжается через включённые последовательно резисторы *R*1 и *R*2 до напряжения U_{cont}, на выходе микросхемы устанавливается низкий логический уровень, транзисторный ключ открывается и подключает точку соединения резисторов *R*1 и *R*2 к общему проводу. Конденсатор *C*2

					ПГУ 02. 28.03.01. 004 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб		Ходиев			Моделирование и изготовление макета блока генераторов	Лит.	Лист 48 / Листов 75
Пров		Вольсков					
Н. Контр.		Рыжова		18.06.25		Группа 21ПН1	
Утв							

разряжается через резистор $R2$, пока напряжение на нём не достигнет уровня 1/2 U_{cont}, на выходе таймера не установится высокий логический уровень, транзисторный ключ не закроется, и конденсатор снова не начнёт заряжаться через включённые последовательно резисторы $R1$ и $R2$.

В режиме автогенерации длительность высокого уровня выходного сигнала мультивибратора на таймере 555 равна

$$t_1 \approx 0{,}693(R1 + R2)C2. \quad (3.1)$$

При этом, длительность низкого уровня сигнала $t_2 \approx 0{,}693R2C2$, а период равен

$$T \approx 0{,}693(R1 + 2R2)C2. \quad (3.2)$$

Из формул видно, что временные характеристики мультивибратора на таймере 555 определяются номиналами элементов $R1$, $R2$, $C2$ и не зависят от напряжения питания микросхемы. Подадим на вход «*CONT*» напряжение 4 В от внешнего источника (рисунок 3.2).

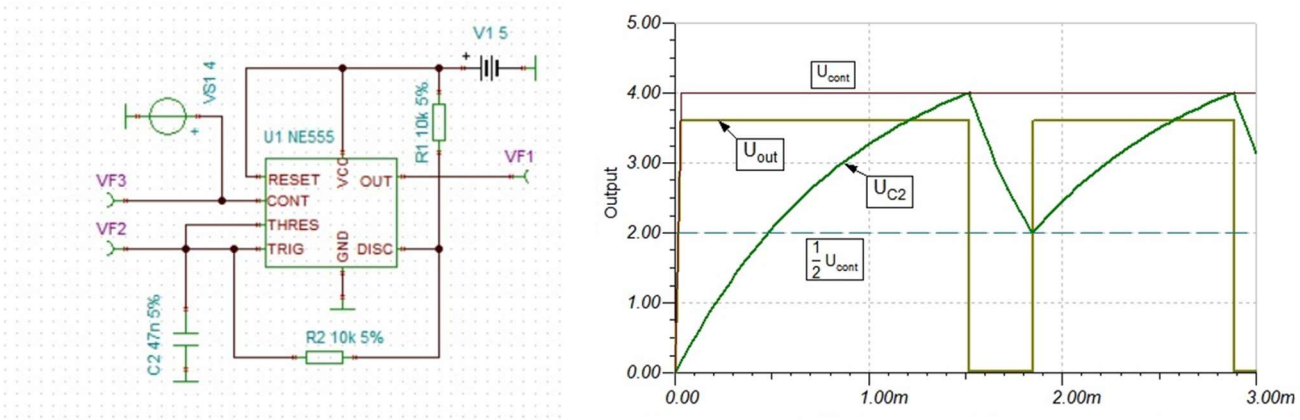


Рисунок 3.2 – моделирование работы мультивибратора при подаче на вход *CONT* 4 В

Период выходного сигнала и его коэффициент заполнения увеличились.

При подаче на вход «*CONT*» напряжения 2 В период выходного сигнала и его коэффициент заполнения уменьшаются (рисунок 3.3).

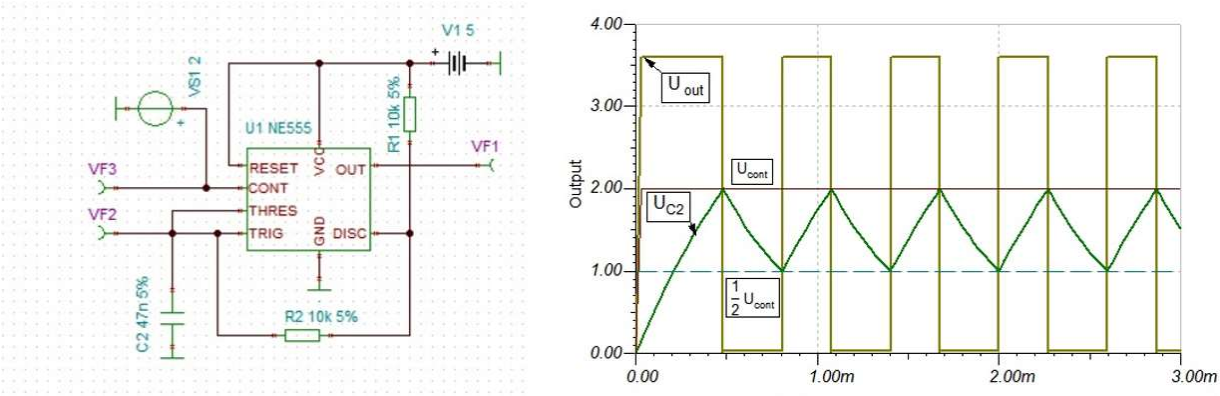


Рисунок 3.3 – моделирование работы мультивибратора при подаче на вход *CONT* 2 В

Можно сделать вывод, что изменение напряжения на входе «*CONT*» приводит к частотно-импульсной модуляции (ЧИМ) выходного сигнала мультивибратора.

3.2 Изготовление макета блока генераторов

Макет плат был изготовлен на универсальных платах на базе микросхем *NE*555 и триггеров 561ТМ2. Микросхема *NE*555 показана на рисунке 3.4.

Рисунок 3.4 – Вид микросхемы *NE*555

Схема Т-триггера построена на базе микросхемы К561ТМ2 стандартной логики КМОП, состоящей из двух *D*-триггеров с динамическим управлением.

Некоторые характеристики:

− напряжение питания: 3–15 В;

− ток потребления: ≤20 мкА;

− время задержки распространения сигнала: при *U*пит = 5 В — 420 нСек, при *U*пит = 10 В — 150 нСек;

− рабочая температура: от –10 °*C* до +70 °*C*;

Вид микросхемы представлен на рисунке 3.5.

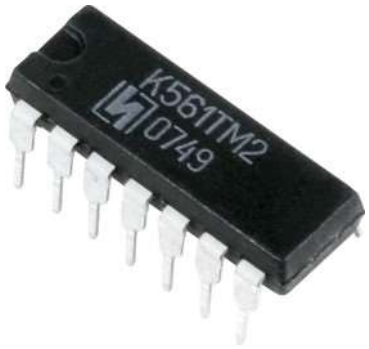


Рисунок 3.5 – Вид микросхемы К561ТМ2

Схема одновибратора собрана на микросхеме К561ЛА3 и показана на рисунке 3.6. Особенностью данной схемы является диод, который индицирует формирования одиночного импульса.

Для регулировки длительности импульса использован подстроечный резистор номиналом 1,5 кОм. Запуск схемы осуществляется от кнопки без фиксации.

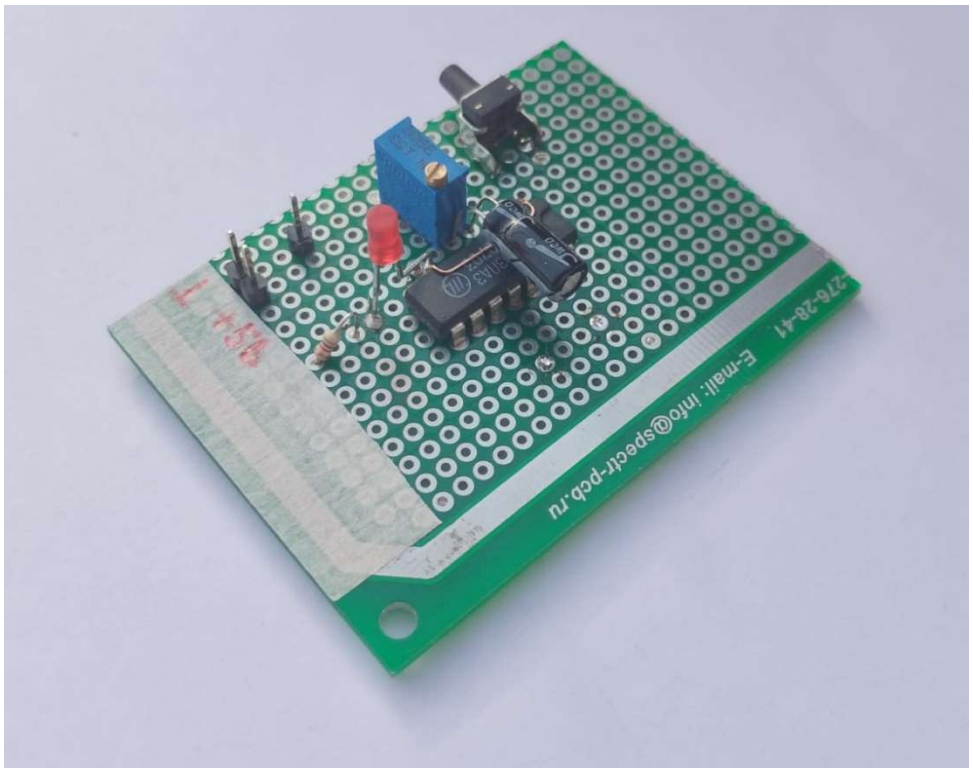


Рисунок 3.6 –Схема платы одновибратора

Схема мультивибратора реализована также на универсальной плате. При этом в схеме присутствуют два канала для формирования низких частот (1, 10 и 100 Гц) и высоких частот (50, 100 и 200 кГц).

Для формирования заданных частот используются переменные резисторы, поскольку для точного формирования значений, сопротивления не соответствуют линейке из ряда Е24 и определялись с помощью настройки.

Канал низках частот использует для переключения частот перемычки, в то время как канал высоких частот имеет три вывода на которых одновременно присутствуют три частоты.

Монтаж схемы выполнен навесным способом. В качестве элементов подключения к платам использованы установочные элементы *PLS*.

Обе платы подключаются ку источнику питания с напряжением 5 В и работают независимо друг от друга. Это сделано для удобства использования данного устройства, так как в этом случае перенастройка не требуется.

Фото платы собранного мультивибратора на шесть номиналов частот приведено на рисунке 3.7.

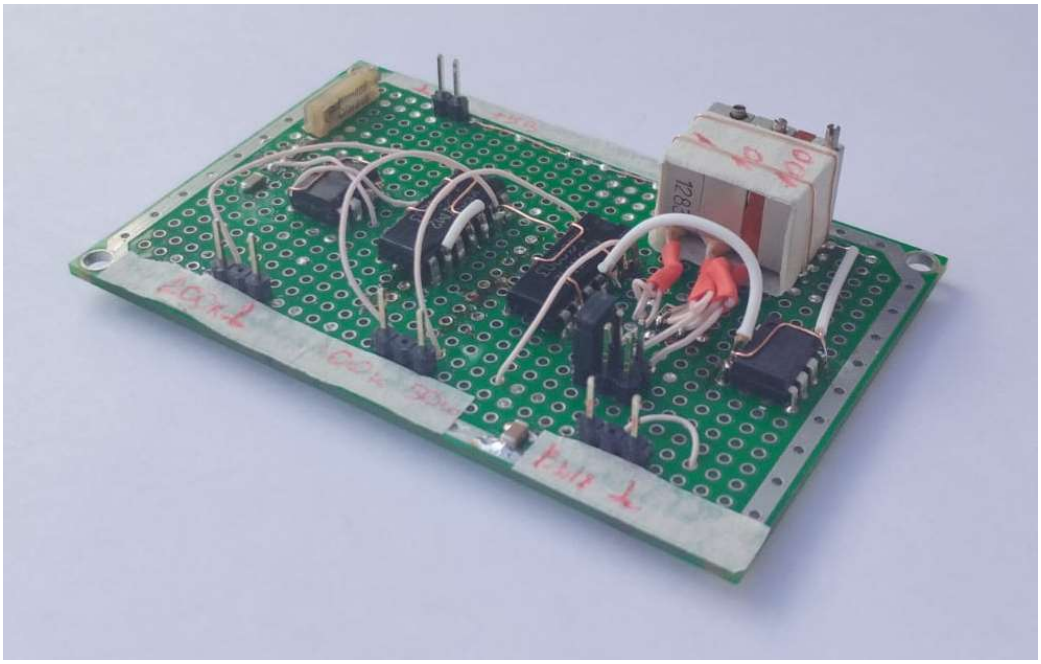


Рисунок 3.7 – Фото платы мультивибратора

Для получения полноценного устройства, данные платы могут быть установлены в корпус с соответствующим электрическим монтажом. При необходимости может быть осуществлена разводка и изготовление печатных плат, либо единой печатной платы, в случае тиражирования разработанного устройства.

4 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок

4.1 Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ на электроустановках

Работа с электроустановками – это не просто техническая задача, а зона повышенной ответственности, где цена ошибки измеряется человеческими жизнями и масштабными авариями. Допуск персонала к таким работам – строго регламентированный процесс, построенный на фундаменте безопасности. Давайте пройдем по этому пути и разберем, кто и на каких условиях получает право прикасаться к «живым» проводам и оборудованию.

Допуск персонала к выполнению работ на электроустановках регламентируется:

- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- Приказом Минтруда России № 903н от 15.12.2020.

Ключевые требования

Группа по электробезопасности (ЭБ) Этот своеобразный «допускной билет» – краеугольный камень всей системы. Группа ЭБ – не просто цифра в удостоверении, а отражение глубины знаний и практического опыта работника.

I группа: Минимальный порог. Присваивается неэлектротехническому персоналу (уборщицы, кладовщики, офисные работники), чья деятельность лишь косвенно связана с электроустановками (например, пользование оргтехникой). Получают после инструктажа с оформлением в журнале. Их главное правило: не лезть туда, где есть риск поражения током.

II группа: Старт для электротехнического персонала (электромонтеры, сварщики, лифтеры).

Разрешает работу под наблюдением с электрооборудованием до 1000 В, но без права подключения/отключения. Требует базовых знаний об устройстве электроустановок, опасности тока, средств защиты и оказания первой помощи. Часто – первая ступень для выпускников ПТУ.

III группа: Ключевая для самостоятельной работы до 1000 В. Такой специалист (электромонтер, наладчик) уже может единолично обслуживать установки, быть допускающим или производителем работ, наблюдающим. Обязателен стаж не менее 2-х месяцев во II группе и глубокие знания схем, ПТЭЭП, ПОТЭЭ, умение организовать безопасную работу и руководить бригадой.

IV группа: Допуск к работам выше 1000 В и сложным операциям до 1000 В. Обязательна для ИТР (инженеры, мастера), ответственных руководителей работ, оперативно-ремонтного персонала. Требует стажа не менее 3-х месяцев в III группе, полного знания электротехники в объеме ПТУ или колледжа, умения читать сложные схемы, обучать персонал, организовывать любые виды работ и контролировать их безопасность.

V группа: Высшая ступень. Требуется для руководства особо сложными работами выше 1000 В, ответственными объектами. Обязателен стаж не менее 6 месяцев в IV группе и экспертный уровень знаний всех аспектов эксплуатации электроустановок, норм, правил, методик обучения и аттестации.

Другими словами, квалификационная группа по электробезопасности:

– I группа: Неэлектротехнический персонал (первичный инструктаж);

– II группа: Работники с электроприборами до 1000 В (теоретическая подготовка);

– III группа: Ответственные за работы до 1000 В (стаж II гр. ≥ 2 мес.);

– IV группа: Работы выше 1000 В (стаж III гр. ≥ 3 мес.);

– V группа: Руководство работами выше 1000 В (стаж IV гр. ≥ 6 мес.).

Электрик – профессия, требующая не только знаний, но и физической, и психической выносливости. Медицинские требования строги и неукоснительны (регламентированы Приказом Минздравсоцразвития № 302н):

1) Обязательные предварительные (при приеме на работу) и периодические (обычно раз в 1-2 года) медицинские осмотры с участием невролога, офтальмолога, оториноларинголога, терапевта, хирурга, психиатра.

2) Абсолютные противопоказания: Эпилепсия и судорожные синдромы, психические заболевания (шизофрения, аффективные расстройства и др.), нарколепсия, каталепсия, выраженные заболевания сердца и сосудов (ИБС, гипертония II-III степени, пороки сердца), хронические заболевания с риском внезапной потери сознания или координации.

3) Ограничения по зрению: Острота зрения (часто с коррекцией) должна позволять выполнять точные работы, различать цвета проводов (отсутствие дальтонизма критично).

4) Внеочередные осмотры: После несчастных случаев, длительных перерывов в работе, по требованию врача.

Допуск – это не только "корочка" об ЭБ и справка от врача. Это подтвержденный уровень компетенций, таких как:

1) Теоретическая подготовка, а именно глубокое знание: Устройства и принципов работы обслуживаемых электроустановок, Действующих правил, схем первичных и вторичных цепей, причин и способов предотвращения аварий, пожаров, точного порядка производства работ (наряды-допуски, распоряжения).

2) Практические навыки: Безопасные методы работ (монтаж, наладка, ремонт, испытания), использование и проверка средств защиты (диэлектрические перчатки, боты, ковры, указатели напряжения, изолированный инструмент), применение средств пожаротушения, оказание первой помощи пострадавшему от электрического тока (искусственное дыхание, непрямой массаж сердца) – навык, который должен быть доведен до автоматизма.

3) Обучение и Аттестация: Первичное обучение в аккредитованных учебных центрах, ежегодная обязательная проверка знаний в комиссии предприятия или Ростехнадзора, внеочередные проверки знаний (при вводе новых правил, изменении должности, после аварий, перерыве в работе более 6 месяцев), стажировка на рабочем месте под руководством опытного наставника

(перед первичным допуском и после длительных перерывов), противоаварийные и противопожарные тренировки.

Как видно из требований к группам ЭБ, получение каждой следующей ступени напрямую связано с наработкой практического опыта на предыдущей. Это гарантирует, что ответственные решения принимает человек, "нюхавший порох".

К самостоятельным работам в электроустановках допускаются лица не моложе 18 лет. Для работ под напряжением, на высоте, в особо опасных условиях часто устанавливаются более высокие возрастные планки (21 год и старше).

Необходима курсовая подготовка в лицензированных центрах (72 часа), и Проверка знаний:

– Первичная (при назначении);

– Периодическая (1 раз в год);

– Внеочередная (при изменении норм/должности).

Для получения соответствующей группы ЭБ необходимо иметь определенный стаж (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Требования к стажу при получении группы ЭБ

Группа ЭБ	Требуемый стаж
II	Без стажа*
III	≥ 2 мес. во II группе
IV	≥ 3 мес. в III группе
V	≥ 6 мес. в IV группе
* Для персонала со средним электротехническим образованием стаж не требуется	

За строгими нормативами стоят и требования к человеческим качествам:

– Ответственность и дисциплинированность. Неукоснительное соблюдение правил – закон;

– Внимательность и осторожность. Рассеянность недопустима;

– Психическая устойчивость. Умение действовать хладнокровно в аварийной ситуации;

– Четкая координация и физическая выносливость. Многие работы требуют точных движений, работы в неудобных позах, на высоте.

Право на работу подтверждается не на словах, а на бумаге:

– Удостоверение установленной формы с указанием группы ЭБ, результатов последней проверки знаний и права на проведение специальных работ (если есть);

– Журнал учета проверки знаний с протоколами заседаний комиссии;

– Медицинская книжка с действующими заключениями;

– Приказ (распоряжение) работодателя о назначении на должность, допуске к определенным видам работ.

Требования распространяются на электротехнический, электротехнологический и ремонтный персонал. Руководители, контролирующие работы, должны иметь группу ЭБ на ступень выше, чем у подчинённых.

Таким образом Требования к работникам электроустановок – это не бюрократическая преграда, а выверенная годами система фильтров, призванная пропустить к опасным объектам только тех, кто действительно готов к этой работе физически, интеллектуально и морально. Это система, которая защищает прежде всего самого работника, его коллег и бесперебойную работу энергосистемы в целом.

4.2 Охрана труда при осмотрах, обслуживании и технологическом управлении электроустановок

Работа с электроустановками – это постоянное взаимодействие с невидимой, но могучей силой электричества. Охрана труда здесь – не просто свод правил, а сложная, многослойная система безопасности, сплетенная из технических мер, строгих процедур и личной дисциплины. Оценим ключевые принципы, которые защищают жизни специалистов при осмотрах, обслуживании и управлении этими объектами.

1. Подготовка: Фундамент безопасности

Безопасность начинается задолго до подхода к щиту или трансформатору:

- Наряд-допуск или Распоряжение. Подавляющее большинство работ, особенно связанных с отключением напряжения или приближением к токоведущим частям, требуют оформления наряда-допуска (НД). Это главный документ, определяющий:

- Что нужно сделать (конкретные операции);

- Где (точное место работ);

- Когда (временные рамки);

- Кто отвечает (ответственный руководитель, производитель работ, наблюдающий, члены бригады с указанием их групп по электробезопасности);

- Какие меры безопасности выполнены (отключения, заземления, ограждения, предупредительные плакаты);

- Время начала и окончания работ. Для небольших, краткосрочных работ может выдаваться распоряжение;

- Инструктаж на рабочем месте. непосредственно перед началом работ производитель работ (прораб) или наблюдающий обязан провести целевой инструктаж со всей бригадой. Каждый должен четко понять;

- Границы рабочего места;

- Реальные границы опасной зоны (где есть напряжение!);

- Конкретные меры безопасности, примененные *именно на этом* участке;

- Особенности оборудования и схемы;

- Порядок действий в аварийной ситуации;

- Проверка и подготовка средств защиты: Каждый работник обязан лично проверить;

- Средства основной защиты. Указатели напряжения (на исправность и наличие клейма о поверке), изолирующие штанги, электроизмерительные клещи. Проверяются на работоспособность на участках, ЗАВЕДОМО находящихся под напряжением (если это безопасно) или с помощью специальных тестеров.

- Средства дополнительной защиты. Диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки – на отсутствие проколов, порезов, трещин, истекший срок поверки;

- Индивидуальные средства. Каски, защитные очки, при необходимости – диэлектрические коврики, пояса и стропы для работы на высоте;

- Проверка инструмента. Ручной изолирующий инструмент – на отсутствие повреждений изоляции, сколов. Металлические части немаркирующего инструмента – на отсутствие заусенцев.

2. Осмотр. Бдительность без вмешательства

Осмотр – это визуальная и, иногда, с применением приборов, оценка состояния электроустановки БЕЗ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ. Но и здесь риски высоки:

- Напряжение ПРИСУТСТВУЕТ! Осмотр чаще всего проводится под напряжением. Это требует предельной концентрации;

- Запрет на открывание! Категорически запрещается снимать ограждения, проникать за барьеры, открывать двери ячеек и шкафов, за которые могут быть доступны токоведущие части без дополнительной защиты. Осмотр – только визуальный, с безопасного расстояния!

- Осторожность с приборами: Использование тепловизоров, пирометров, акустических течеискателей должно проводиться с соблюдением дистанции. Оператор должен стоять на диэлектрическом коврике, использовать диэлектрические перчатки при необходимости приближения;

- Особые условия. Осмотр воздушных линий (ВЛ) может потребовать подъема на опоры или использования вышек – это уже работы на высоте со всеми вытекающими мерами (пояса, стропы, защита от падения);

- Фиксация состояния: Все замеченные дефекты (искрение, нагрев, повреждение изоляции, следы влаги, посторонние звуки) немедленно фиксируются и докладываются для принятия решения о необходимости ремонта или отключения.

При осмотрах электроустановок, перемещении техники и грузов не допускается приближение людей и механизмов к находящимся под напряжением неогражденным или неизолированным токоведущим частям на расстояния менее указанных в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением

Напряжение электроустановок, кВ	Расстояние от работников и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и подъемных сооружений в рабочем и транспортном положении от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
ВЛ до 1	0,6	1,0
Остальные электроустановки:		
до 1	не нормируется (без прикосновения)	1,0
1 - 35	0,6	1,0
60 (постоянный ток) - 110	1,0	1,5
150	1,5	2,0
220	2,0	2,5
330	2,5	3,5
400 (постоянный ток) - 500	3,5	4,5
750	5,0	6,0
1150	8,0	10,0

3. Обслуживание: Работа под контролем

Обслуживание (чистка, смазка, подтяжка контактов, замена ламп, мелкий ремонт) часто требует отключения напряжения. Здесь вступают в силу самые строгие правила:

- "Пять шагов к безопасности":

1. Отключить! Выполнить ВИДИМОЕ отключение всех возможных источников напряжения (рубильники, выключатели, снятие предохранителей).

2. Запретить! Принять меры против ОШИБОЧНОГО или САМОПРОИЗВОЛЬНОГО включения: замки на приводы, запирающие устройства, снятие рукояток, установка плакатов "НЕ ВКЛЮЧАТЬ! РАБОТАЮТ ЛЮДИ!".

3. Проверить отсутствие напряжения! Это делается обязательно и НЕПОСРЕДСТВЕННО перед началом работ исправным указателем напряжения на всех токоведущих частях, куда может быть подано напряжение (включая все фазы и ноль!). Проверка проводится с применением диэлектрических перчаток.

4. Установить заземление и наложить закорачивающие перемычки! Для снятия остаточного заряда и защиты от ОШИБОЧНОЙ подачи напряжения на отключенный участок. Заземление накладывается с видимым разрывом со стороны источника напряжения. Устанавливаются плакаты "ЗАЗЕМЛЕНО".

5. Оградить рабочее место! Выставить ограждения, барьеры, повесить плакаты "СТОЙ! НАПРЯЖЕНИЕ" и "РАБОТАТЬ ЗДЕСЬ".

- Работа бригадой: Обслуживание часто требует слаженных действий. Четкое распределение ролей (кто отключает, кто проверяет отсутствие напряжения, кто накладывает заземления, кто непосредственно работает) и постоянный контроль со стороны производителя работ или наблюдающего.

- Особые условия:

- Работа под напряжением: допускается в исключительных случаях (например, диагностика ВЛ спецбригадами) только по специально разработанным инструкциям, с применением специальных средств защиты (экранирующие костюмы), инструмента и строгим контролем дистанции.

- Работа на высоте: Обязательное применение систем защиты от падения.

4. Технологическое управление: Команды без права на ошибку

Управление (оперативные переключения – включения, отключения, изменение схемы) – это работа дежурного персонала (диспетчеров, оперативно-выездных бригад). Здесь опасность кроется в ошибочных действиях:

- Четкость и однозначность команд: Все команды на переключения подаются и принимаются только уполномоченными лицами по утвержденным каналам связи (часто с дублированием). Используется строгий оперативный язык ("Включить", "Отключить", номер оборудования).

- "Два человека – одна операция": критически важные переключения (особенно после аварий или при сложных схемах) часто выполняются двумя лицами: одно выполняет действия, второе контролирует по схеме и документации.

- Блокировки и маркировка: Широкое использование механических и электрических блокировок, предотвращающих ошибочные действия. Четкая маркировка оборудования (шильдики, надписи, цветовая кодировка фаз).

- Строгий учет состояния: Дежурный персонал обязан ТОЧНО знать схему сети и текущее состояние каждого коммутационного аппарата (включен/отключен). Ведение оперативных журналов и схем.

- Предотвращение ошибочного включения на заземление: Особое внимание при снятии заземлений и включении оборудования. Контроль отсутствия КЗ на землю перед включением.

5. Завершение работ: Возврат в строй без сюрпризов

Безопасность важна и при завершении работ:

- Уборка рабочего места: Удалить инструмент, материалы, временные ограждения. Проверить, что ничего не осталось внутри оборудования.

- Снятие заземлений и временных защит: Производится только производителем работ (или по его команде) и только после полного окончания работ и вывода бригады с места работ. Сначала снимаются закорачивающие перемычки и переносные заземления, затем снимаются запрещающие плакаты и механические фиксаторы.

- Доклад о готовности к включению: Производитель работ докладывает ответственному руководителю или дежурному персоналу о полном окончании работ, выводе бригады и снятии всех временных защит.

- Включение напряжения: выполняется только дежурным персоналом по команде, после получения подтверждения о готовности и проверки отсутствия людей на оборудовании.

6. Непреложные истины охраны труда:

- "Напряжение там, пока не доказано обратное!": Основной принцип. Всегда предполагай наличие опасного напряжения.

- Личная ответственность: Каждый работник лично отвечает за соблюдение им правил безопасности. Знание и выполнение инструкций – обязанность.

- Коллективная ответственность: Члены бригады обязаны контролировать друг друга и останавливать работу при нарушении правил или возникновении опасности.

- "Семь раз проверь – один раз включи": особенно актуально для оперативных переключений.

- Постоянное обучение и тренировки: Регулярные противоаварийные тренировки, отработка приемов оказания первой помощи, изучение новых инструкций и случаев травматизма.

Заключение:

Охрана труда при осмотрах, обслуживании и управлении электроустановками – это не набор запретов, а четко выверенный алгоритм выживания и эффективной работы в условиях постоянной опасности. Это культура, основанная на глубоком понимании рисков, неукоснительном соблюдении процедур, взаимном контроле и абсолютной дисциплине. Каждое правило, каждая проверка напряжения, каждый установленный плакат – это звенья в той самой "охранной сети", которая не позволяет электричеству, этому верному слуге, превратиться в безжалостного палача. Безопасность здесь – не просто требование, а единственно возможный способ существования в мире высоких напряжений.

4.3 Охрана труда при производстве работ в действующих электроустановках

Работа в действующих электроустановках – это не просто ремонт или наладка оборудования. Это постоянное взаимодействие с опасностью. Охрана труда здесь – не абстрактные правила в пыльной инструкции, а свод железных законов выживания, выкованный горьким опытом трагедий. Это история о том, как люди входят в царство напряжения и выходят из него невредимыми.

Подготовка рабочего места предполагает выпонение следующих действий:

1. Отключение (Видимый Разрыв): Петров лично наблюдает, как дежурный электромонтер оперативной группы дистанционным приводом

ОТКЛЮЧАЕТ разъединители со *всех* возможных сторон, откуда *теоретически* может прийти напряжение. Рубильники падают, создавая видимый воздушный разрыв. Это не просто "выключили" – это физическая пропасть между бригадой и смертью.

2. Запрет (Механический и Психологический): на приводы отключенных разъединителей навешиваются массивные замки. Их ключи – только у Петрова. Ставятся плакаты: ярко-красные "НЕ ВКЛЮЧАТЬ! РАБОТАЮТ ЛЮДИ!". Это не бумажки – это психологический барьер для любого, кто случайно подойдет к щиту управления. Снимаются силовые предохранители, уносятся бригадой.

3. Проверка Отсутствия Напряжения (Момент Истины): наступает самый ответственный момент. Петров надевает диэлектрические перчатки, проверенные на отсутствие проколов. Взяв исправный, только что протестированный указатель высокого напряжения (УВН), он методично, на каждой фазе, на каждом проводнике, куда *могло* быть подано напряжение, проверяет: НЕТ ЛИ ЗДЕСЬ СМЕРТИ? Тишину нарушает только резкий треск УВН при контрольной проверке на соседнем, *действующем* участке – подтверждение его исправности. Здесь, на рабочем месте – тишина. Напряжения нет. Коля, стоя сзади, невольно задерживает дыхание.

4. Заземление (Последний Щит): теперь нужно убить даже призрачную возможность появления напряжения. Семенов, под контролем Петрова, накладывает переносные защитные заземления. Мощные медные "хвосты" с зажимами-"крокодилами" цепляются на отключенные шины и надежно соединяются с контуром заземления подстанции. Если вдруг, чудовищной ошибкой, напряжение *подадут*, оно мгновенно уйдет в землю, вызвав мощное КЗ и срабатывание защиты, но *не убив людей*. Вывешивается плакат "ЗАЗЕМЛЕНО" – сигнал, что здесь теперь безопасная гавань.

5. Ограждение (Четкие Границы Жизни): Бригада выставляет переносные ограждения из диэлектрических стоек и цепей. Вешаются плакаты "СТОЙ! НАПРЯЖЕНИЕ", направленные в сторону действующего

оборудования, и "РАБОТАТЬ ЗДЕСЬ" – внутри безопасного периметра. Рабочее место очерчено.

Требования по безопасности от поражения электрическим током:

- Распределение ролей.

- Все ручные инструменты – с изолированными рукоятками, рассчитанными на рабочее напряжение. Металлические части – без заусенцев. Гаечные ключи используются так, чтобы исключить падение и замыкание на "землю" или соседнюю фазу. Каждый инструмент взят с собой, лишнего на площадке нет.

- Использование средств защиты: Диэлектрические коврики под ногами. Каски на головах.

Правила завершения работ на электроустановках:

1. "Убрать за собой": Тщательный осмотр. Ни одного болта, ветошки, инструмента внутри или рядом с оборудованием.

2. "Снять Щит" (Заземления): сначала с шин, потом с "земли". Это действие в обратном порядке. Плакат "ЗАЗЕМЛЕНО" снят.

3. "Снять Запрет": снимаются замки с приводов, убираются плакаты "НЕ ВКЛЮЧАТЬ!". Возвращаются на место предохранители. Теперь оборудование *готово* к включению.

4. Доклад: ответственный по рации докладывает диспетчеру или ответственному лицу: "Работы завершены. Бригада в полном составе выведена с рабочего места. Временные защитные заземления и запрещающие плакаты сняты. Оборудование готово к включению под напряжением".

5. Последний Взгляд: Бригада покидает помещение РУ.

Таким образом охрана труда при работах в действующих электроустановках – это не набор запретов. Это философия абсолютной дисциплины, предвидения и взаимного доверия. Это понимание, что:

- Напряжение всегда потенциально присутствует. Доверяй, но проверяй лично.

- Человеческий фактор – главный враг. Защищайся от него замками, плакатами, четкими процедурами и неусыпным контролем.

- Время под напряжением – недопустимая роскошь. Работай только на обесточенном и заземленном оборудовании. Работа под напряжением – исключительная мера для спецов высочайшего класса в экранирующих костюмах.

- Каждый в бригаде – страж другого. Контроль и взаимовыручка – закон.

- Знание и Опыт – главные СИЗ. Никакие перчатки не спасут от незнания схемы или порядка действий.

Это тяжелый, ежесекундный труд по сохранению жизни в мире, где невидимая энергия жаждет вырваться на свободу. Но именно следование этим регламентам позволяет людям избегать несчастных случаев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на развитие технологий,ГПИ остается актуальным и востребованным инструментом в разработке и производстве электронных устройств. Его простота, надежность, универсальность и экономичность делают его незаменимым помощником для инженеров и техников. Современные ГПИ, интегрированные с микроконтроллерами и *FPGA*, обладают расширенными функциональными возможностями и позволяют решать широкий спектр задач, связанных с генерацией, тестированием и отладкой электронных схем. Поэтому, можно с уверенностью сказать, что ГПИ еще долго будет оставаться важным элементом в арсенале разработчика и производителя электронных устройств.

Поэтому понимание их принципов работы, технических возможностей и областей применения позволяет инженерам и разработчикам выбирать наиболее подходящий тип генератора для решения конкретных задач. Развитие технологий продолжает совершенствовать ГПИ, делая их более компактными, точными и функциональными, что расширяет их применение в различных областях науки и техники.

В условиях постоянного роста сложности цифровых систем важность генераторов сигналов только возрастает. Они помогали и будут помогать инженерам в воспроизведении требуемых параметров сигналов, обеспечивая более надежные и эффективные решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: электрические цепи – М.: Высш шк.,1984,559 с.

2 Шляндин В.М. Цифровые измерительные устройства: учебник для ВУЗов.2-е издание - М.: Высшая школа,1981.

3 Масленников М.Ю. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. - М.: ИТАР-ТАСС,1993.

4 Шевкоплеев Б. В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения: Справочник. - М.: Радио и связь,1990. - 512 с.: ил.

5 Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. -СПб:БХВ-Петербург,2005

6 Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.:ЭКОМ,2002.

7 *https://www.electronicsblog.ru/usilitelnaya-sxemotexnika/generatory-na-ou-multivibratory.html*

8 *https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/*656537/

9 *https://vpayaem.ru/inf_NE*555*.html*

Приложение А

(обязательное)

Задания на ВКР

«Утверждаю»
зав. кафедрой НиМЭ
Пронин И.А.
(фамилия, инициалы)
«05» июня 2025 г.

З А Д А Н И Е
на бакалаврскую работу

1. Студент(ка) гр. 21ПН1 факультета информационных технологий и электроники

Направление подготовки 28.03.01. «Нанотехнологии и микросистемная техника»
Профиль Нанотехнология и электронные компоненты микросистемной техники
Ходиев Одилходжа Орифходжаевич
(фамилия, имя, отчество)

2. Руководитель Вольсков Андрей Александрович
(фамилия, имя, отчество)

3. Тема бакалаврской работы Разработка блока генераторов цифровых сигналов

Тема утверждена приказом ПГУ № 583/0 от « 25 » 04 2025 г.

4. Техническое задание на бакалаврскую работу (вид работы: разработка, проектирование, исследование, и т.д.; назначение; основные параметры; условия функционирования и т.д.)

Блок генераторов должен иметь следующие технические характеристики

Воспроизводимые частоты, Гц	от 1 до 200 000
Режим подачи одиночного импульса	
Уровень выходного напряжения, В	5
Температура окружающей среды, ° С	от 10 до 35
Напряжение питания переменного тока, В	от 217 до 253
Частота напряжения питания переменного тока, Гц	от 49 до 51

5. Объем и содержание основной части бакалаврской работы

5.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащихразработке, обоснований, описаний, расчетов и т.д.)

1 Анализ существующих аналогов генераторов импульсов. Их достоинства и недостатки

1.1 Назначение и область применения генераторов прямоугольных импульсов

1.2 Виды генераторов импульсов и их технические возможности

1.3 Сравнительный анализ генераторов прямоугольных импульсов

2 Разработка электрической принципиальной схемы блока генераторов

2.1 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов одиночных импульсов

2.2 Разработка электрической принципиальной схемы генераторов прямоугольных импульсов

2.3 Разработка электрической принципиальной схемы блока питания

3 Моделирование и изготовление макета блока генераторов

3.1 Моделирование работы блока генераторов

3.2 Изготовление макета блока генераторов

4 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок

4.1 Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ на электроустановках

4.2 Охрана труда при осмотрах, обслуживании и технологическом управлении электроустановок

4.3Охрана труда при производстве работ в действующих электроустановках

5.2. Иллюстративная часть (перечень и содержание чертежей и слайдов презентации)

Назначение и область применения генераторов прямоугольных импульсов слайд 1

Сравнительные характеристики генераторов импульсов слайд 2

Схема электрическая структурная генератора одиночных импульсов (лист А1) слайд 3

Схема электрическая структурная генератора прямоугольных импульсов (лист А1) слайд 4

Схема электрическая принципиальная генератора импульсов (лист А1) слайд 5

Моделирование работы генератора импульсов слайд 6

6. Консультанты и содержание дополнительных разделов

7. Календарный график по выполнению бакалаврской работы

Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя, консультанта
Анализ существующих аналогов генераторов импульсов. Их достоинства и недостатки	20%	05.06.2025	
Разработка электрической принципиальной схемы блока генераторов	20%	06.06.2025	
Моделирование и изготовление макета блока генераторов	20%	06.06.2025	
Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок	10%	07.06.2025	
Графическая часть	10%	08.06.2025	
Оформление пояснительной записки	20%	09.06.2025	

Руководитель бакалаврской работы _____ Вольсков А.А.
подпись фамилия, инициалы

Дата выдачи задания «05» июня 2025 г.

Задание к исполнению принял _____ Ходиев О.О.
подпись фамилия, инициалы

«05» июня 2025 г.

Бакалаврскую работу к защите допустить

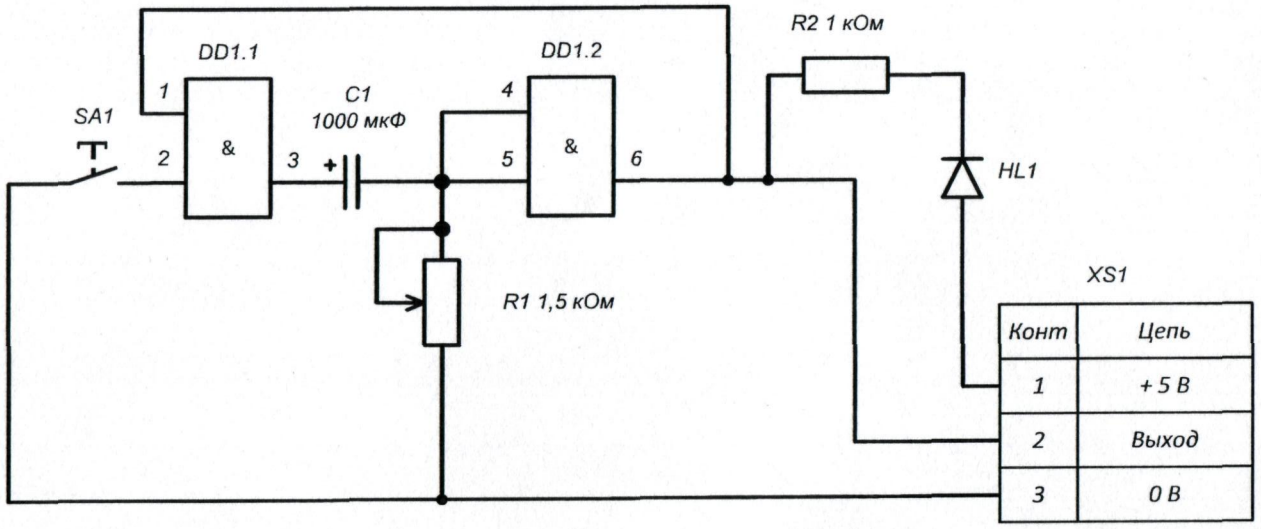
Декан факультета _____ Кревчик В.Д.
подпись фамилия, инициалы

«_____» _____ 2025 г.

Приложение Б

(обязательное)

Схемы электрические принципиальные



Конт	Цепь
1	+5 В
2	Выход
3	0 В

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ходиев		
Провер.		Вольсков		
Т. контр				
Н. контр.		Рыжова		13.04.25
Утверд.				

ПГУ 02. 28.03.01. 004 ЭЗ

Одновибратор

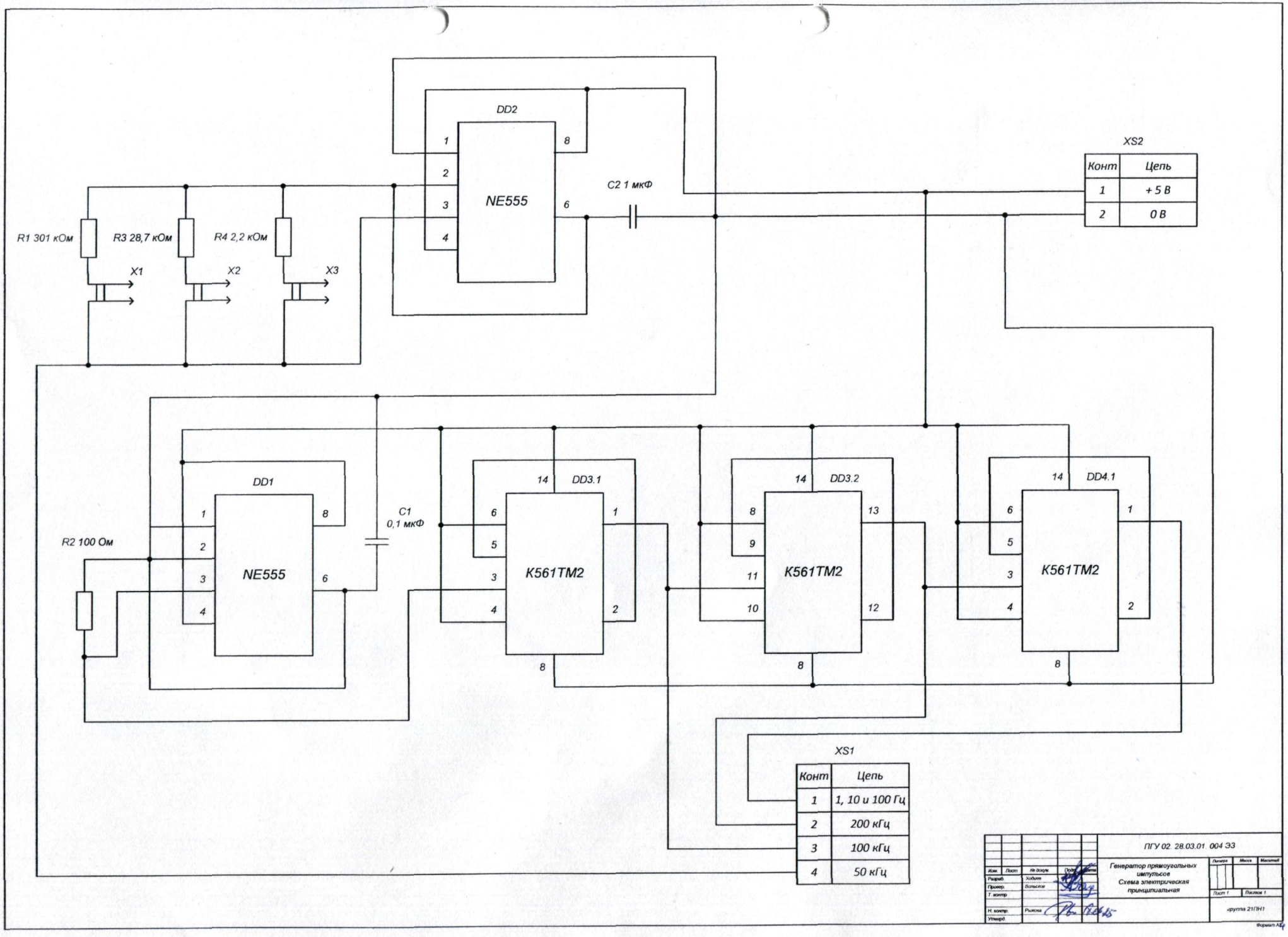
Схема электрическая принципиальная

Литера	Масса	Масштаб

Лист 1 | Листов 1

группа 21ПН1

Формат А4


DD2
NE555
C2 1 мкФ
R1 301 кОм
R3 28,7 кОм
R4 2,2 кОм
X1
X2
X3
XS2
Конт
Цепь
1
+5 В
2
0 В
DD1
NE555
C1
0,1 мкФ
R2 100 Ом
DD3.1
DD3.2
DD4.1
K561TM2
K561TM2
K561TM2
XS1
Конт
Цепь
1
1, 10 и 100 Гц
2
200 кГц
3
100 кГц
4
50 кГц
ПГУ 02. 28.03.01 004 ЭЗ
Генератор прямоугольных импульсов
Схема электрическая принципиальная
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утверд.
Рыжова
Литера
Масса
Масштаб
Лист 1
Листов 1
группа 21ПН1
Формат А4

Приложение В

(обязательное)

Перечни элементов

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Диоды		
HL1	АЛ307БМ	1	
	Конденсаторы		
C1	SMD 0.1мкФ X7R 10% 250В 1206 GRM31CR72E104K	1	
	Микросхемы		
DD1	К561ЛА3	1	
	Разъемы		
XS1	Вилка PLD-20	1	
	Резисторы		
R1	РП5-39 1,5 кОм, 0,125 Вт	1	
R2	SBL4R01J 1 кОм, 0,125 Вт, ±5% 8238957849	1	
	Переключатели		
SA1	KAN0611-0501B, OFF-(ON), 50 мА	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ходиев		
Провер.		Вольсков		
Н.контр.		Рыжова		18.06.25
Утв.				

ПГУ 02. 28.03.01. 004 ПЭ3

Одновибратор

Перечень элементов

Лит.	Лист	Листов
	1	1

группа 21ПН1

Формат А4

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1	SMD 0.1мкФ X7R 10% 250В 1206 GRM31CR72E104K	1	
C2	SMD 1мкФ X7R 10% 250В 1206 GRM31CR72E104K	1	
	Микросхемы		
DD1-2	NE555	2	
DD3-4	K561TM2	2	
	Разъемы		
XS1-2	Вилка PLD-20	2	
X1-3	Вилка PLS-2	3	
	Резисторы		
R1	РП1-39 330 кОм, 0,125 Вт	1	
R2	РП1-39 150 кОм, 0,125 Вт	1	
R3	РП1-39 33 кОм, 0,125 Вт	1	
R4	РП1-39 2,5 кОм, 0,125 Вт	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ходиев		
Провер.		Вольсков		
Н.контр.		Рыжова		18.06.25
Утв.				

ПГУ 02. 28.03.01. 004 ПЭ3

Генератор прямоугольных импульсов

Перечень элементов

Лит.	Лист	Листов
	1	1

группа 21ПН1

Формат А4

Приложение Д

(обязательное)

Заявление и протокол проверки на оригинальность в системе

«Антиплагиат. ВУЗ»

Ректору Пензенского государственного университета Гулякову А.Д.
студента 4 курса ФИТЭ очной формы обучения
Ходиев Одилходжа Орифходжаевич

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Ходиев Одилходжа Орифходжаевич, студент 4 курса очной формы обучения направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль «Нанотехнология и электронные компоненты микросистемной техники», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат.ВУЗ» бакалаврской выпускной квалификационной работы на тему «Разработка блока генераторов цифровых сигналов», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.

Подпись студента

ВКР представлена на проверку 18.06.25г.

Руководитель ВКР Вольсков А. А.

Протокол

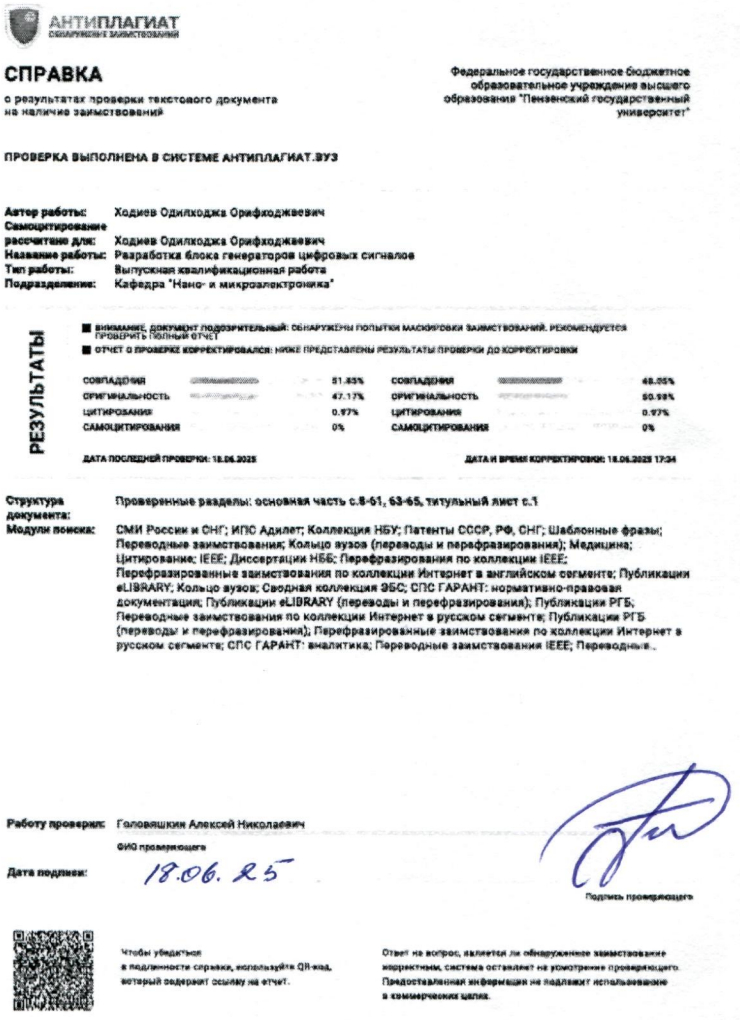
Проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной бакалаврской работы на тему «Разработка блока генераторов цифровых сигналов»

студента 4 курса Ходиев О. О.

направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника,

профиль «Нанотехнология и электронные компоненты микросистемной техники»

Руководитель ВКР. Вольсков А. А.



АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный университет"

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы:	Ходиев Одилходжа Орифходжаевич
Самоцитирование рассчитано для:	Ходиев Одилходжа Орифходжаевич
Название работы:	Разработка блока генераторов цифровых сигналов
Тип работы:	Выпускная квалификационная работа
Подразделение:	Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ВНИМАНИЕ, ДОКУМЕНТ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫЙ: ОБНАРУЖЕНЫ ПОПЫТКИ МАСКИРОВКИ ЗАИМСТВОВАНИЙ. РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПРОВЕРИТЬ ПОЛНЫЙ ОТЧЕТ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	51.65%	СОВПАДЕНИЯ	48.05%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	47.17%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	50.98%
ЦИТИРОВАНИЯ	0.97%	ЦИТИРОВАНИЯ	0.97%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 18.06.2025 ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 18.06.2025 17:34

Структура документа:	Проверенные разделы: основная часть с.8-61, 63-65, титульный лист с.1
Модули поиска:	СМИ России и СНГ; ИПС Адилет; Коллекция НБУ; Патенты СССР, РФ, СНГ; Шаблонные фразы; Переводные заимствования; Кольцо вузов (переводы и перефразирования); Медицина; Цитирование; IEEE; Диссертации НББ; Перефразирования по коллекции IEEE; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Публикации eLIBRARY; Кольцо вузов; Сводная коллекция ЭБС; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Публикации РГБ; Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; СПС ГАРАНТ: аналитика; Переводные заимствования IEEE; Переводные..

Работу проверил: Головяшкин Алексей Николаевич

ФИО проверяющего

Дата подписи: 18.06.25

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

Руководитель ВКР

«05»06 2025 год _____ Вольсков А.А.

подпись фамилия, инициалы

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный университет"

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Ходиев Одилходжа Орифходжаевич
Самоцитирование рассчитано для: Ходиев Одилходжа Орифходжаевич
Название работы: Разработка блока генераторов цифровых сигналов
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ **ВНИМАНИЕ, ДОКУМЕНТ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫЙ:** ОБНАРУЖЕНЫ ПОПЫТКИ МАСКИРОВКИ ЗАИМСТВОВАНИЙ. РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПРОВЕРИТЬ ПОЛНЫЙ ОТЧЕТ

■ **ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ:** НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	**51.85%**	**СОВПАДЕНИЯ**	**48.05%**
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	**47.17%**	**ОРИГИНАЛЬНОСТЬ**	**50.98%**
ЦИТИРОВАНИЯ	**0.97%**	**ЦИТИРОВАНИЯ**	**0.97%**
САМОЦИТИРОВАНИЯ	**0%**	**САМОЦИТИРОВАНИЯ**	**0%**

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 18.06.2025

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 18.06.2025 17:34

Структура документа: Проверенные разделы: основная часть с.8-61, 63-65, титульный лист с.1

Модули поиска: СМИ России и СНГ; ИПС Адилет; Коллекция НБУ; Патенты СССР, РФ, СНГ; Шаблонные фразы; Переводные заимствования; Кольцо вузов (переводы и перефразирования); Медицина; Цитирование; IEEE; Диссертации НББ; Перефразирования по коллекции IEEE; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Публикации eLIBRARY; Кольцо вузов; Сводная коллекция ЭБС; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Публикации РГБ; Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; СПС ГАРАНТ: аналитика; Переводные заимствования IEEE; Переводные...

Работу проверил: Головяшкин Алексей Николаевич

ФИО проверяющего

Дата подписи: 18.06.25г.

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

Приложение Ж

(обязательное)

Презентация ВКР

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Пензенский государственный университет
Факультет информационных технологий и электроники
Кафедра «Нано- и микроэлектроника»

Разработка блока генераторов цифровых сигналов

Подготовил: студент группы 21ПН1
Ходиев Одилходжа Орифходжаевич

Руководитель:

доцент каф. НиМЭ, к.т.н.

Вольсков Андрей Александрович

Актуальность бакалаврской работы

Генераторы прямоугольных импульсов (мультивибраторы и одновибраторы) широко применяются в различных областях электроники. Эти устройства генерируют электрические колебания прямоугольной формы, которые используются как в цифровых, так и в аналоговых схемах.

Университет приобрел на кафедру 3 новых лабораторных стенда. Для полноценной работы на стендах их нужно дополнить блоком генераторов цифровых сигналов, включающих 3 генератора.

1. Генератор, управляемый в ручную (с кнопкой)
2. Генератор, работающий на низких частотах для визуального наблюдения переключений.
3. Генератор, работающий на высоких частотах, для имитации обычного режима работы микросхем.

Цель и задачи

Целью данной работы является разработка генераторов прямоугольных импульсов, функционирующих в режимах одновибратора и мультивибратора.

Задачи работы:

1) анализ существующих аналогов генераторов импульсов;
2) выявление их достоинств и недостатков;
3) разработка электрической принципиальной схемы блока генераторов;
4) моделирование и изготовление макета блока генераторов.

Сравнительные характеристики рассмотренных генераторов

генератор сигналов UTG932E

генератор сигналов OWON DGE2035

Параметр	UTG932E	OWON DGE2035
Максимальная частота, МГц	30	30
Количество каналов	2	2
Частота дискретизации, мвыб./с	200	125
Госреестр РФ	Нет	Да
Цена, руб	26 950	18 940
Вес, г	815	980

Сравнительные характеристики генераторов импульсов

Как показал сравнительный анализ, стоимость данных устройств весьма внушительна. Также для большинства инженерных применений функционал данных устройств избыточен наряду с отсутствием некоторых важных функций. К одной из таких функций относится формирование одиночных импульсов с заданными параметрами.

Как показали исследования, для большинства применений в электронике целесообразно разработать схему на разные частоты – 1, 10 и 100 Гц, 50, 100 и 200 кГц. Первые три частоты нужны для наглядности работы и визуального наблюдения переключений цифровых устройств. Вторая тройка частот нужна для исследования работы цифровых микросхем в условиях, похожих на реальные.

Характеристика	Логические элементы	Операционные усилители	Таймер NE555	Кварцевый генератор	Микроконтроллер	Функциональный генератор
Простота схемы	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
Стоимость	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая
Стабильность частоты	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая
Диапазон частот	Узкий	Средний	Средний	Узкий	Широкий	Широкий
Регулировка частоты	Ограниченная	Хорошая	Хорошая	Нет	Хорошая	Отличная
Регулировка скважности	Ограниченная	Хорошая	Хорошая	Нет	Хорошая	Отличная
Применение	Простые схемы, хобби	Генераторы общего назначения	Различные приложения	Тактовые генераторы, точные измерения	Системы управления, встраиваемые системы	Тестирование, измерения, разработка

Принципиальная схема одновибратора

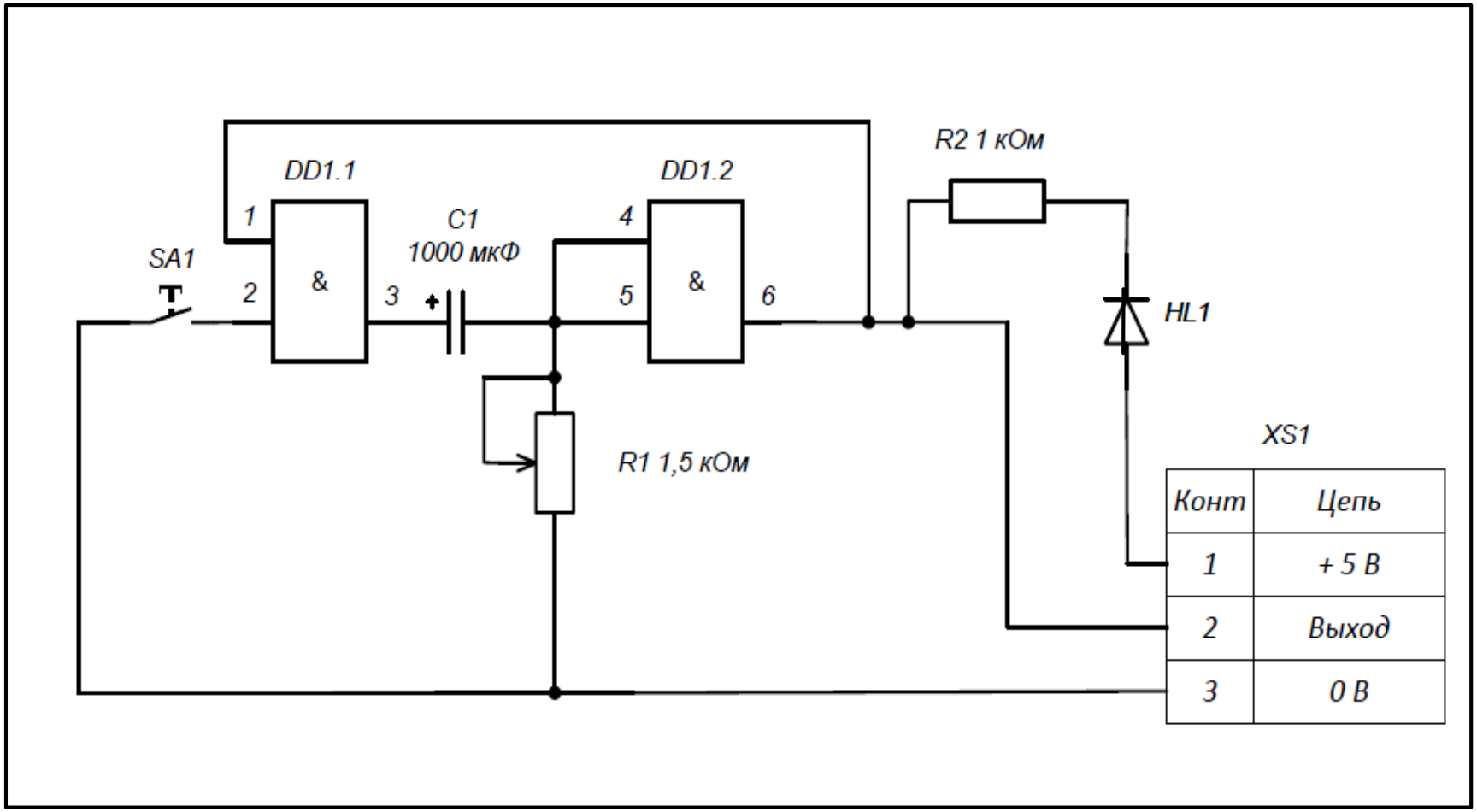


Схема формирования частот 50, 100 и 200 кГц

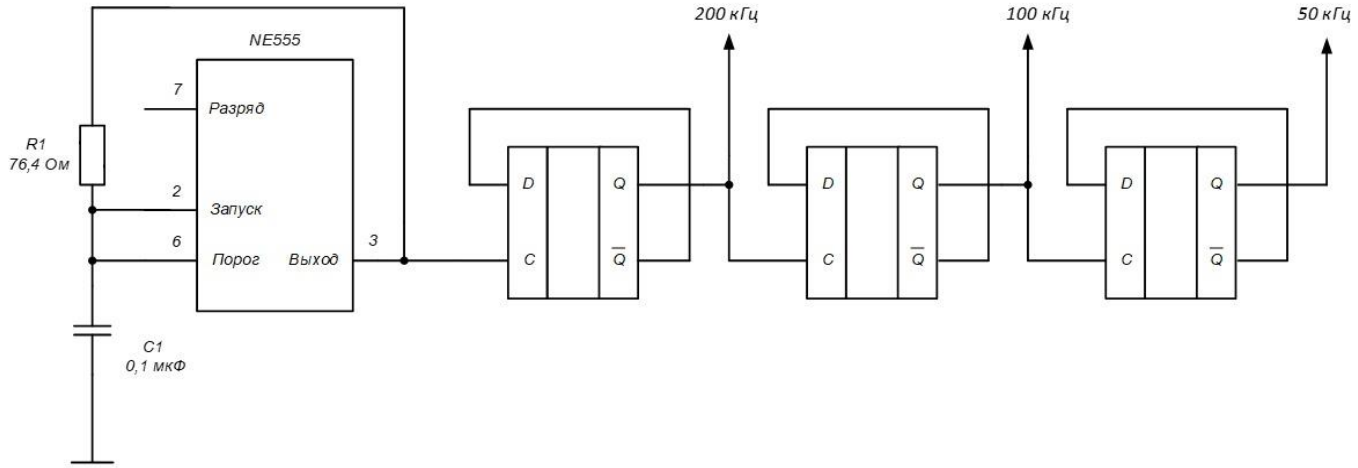
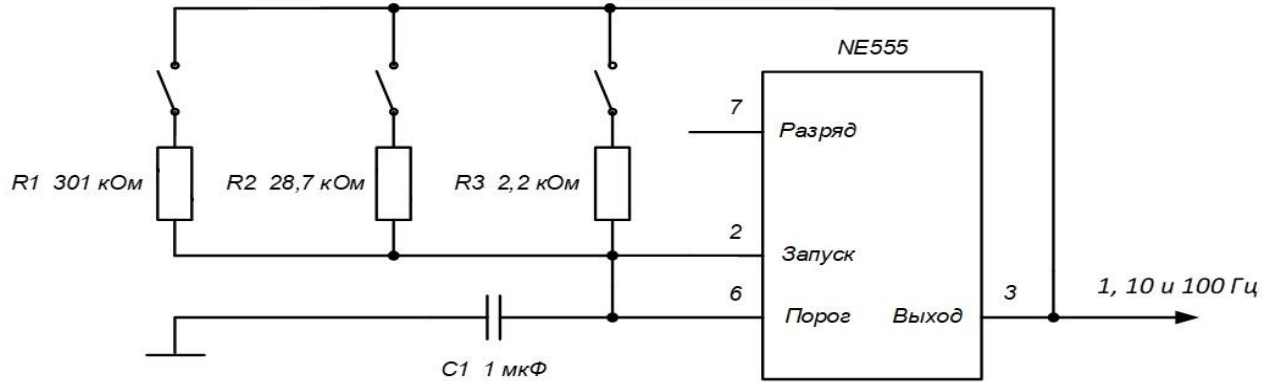
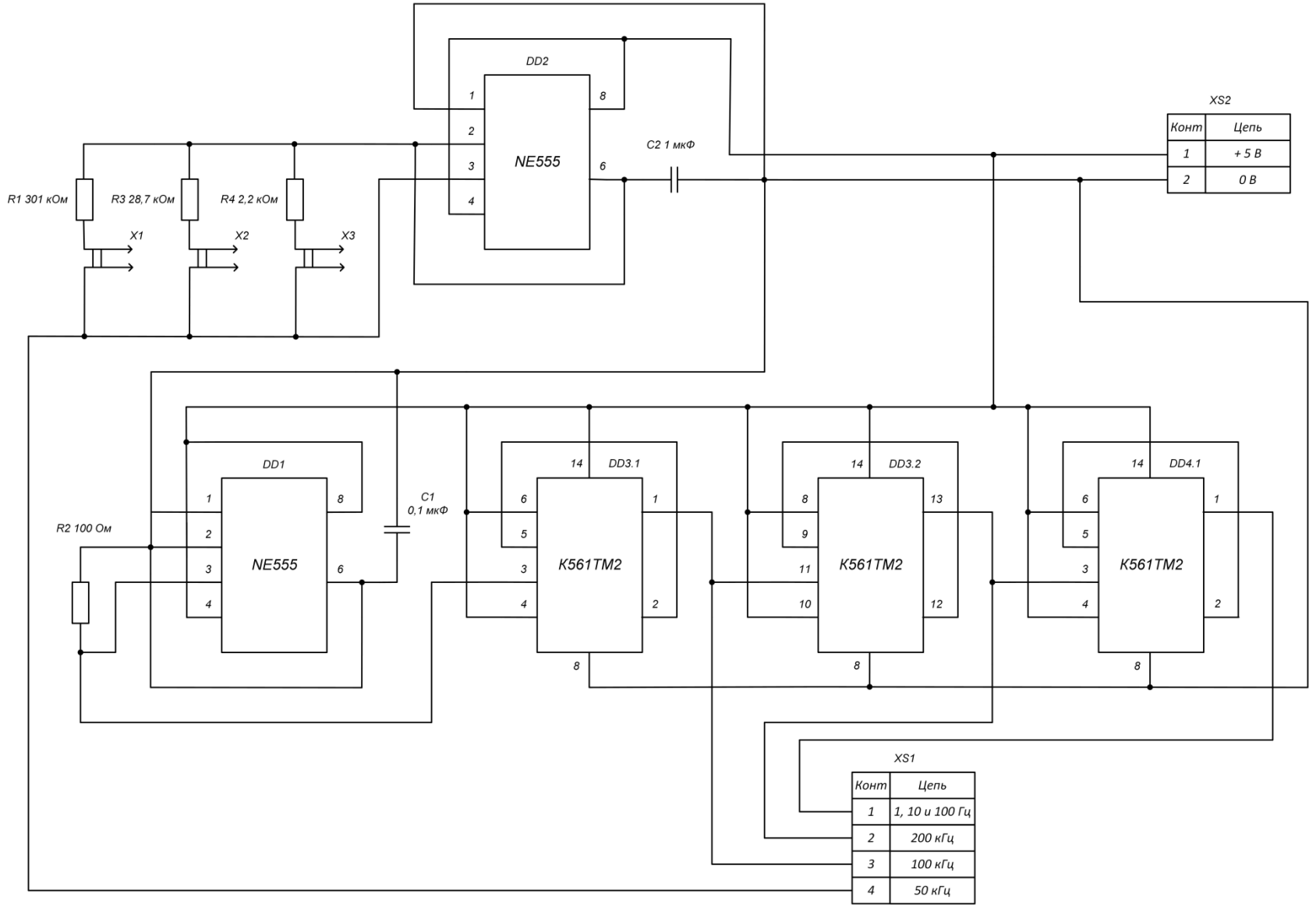


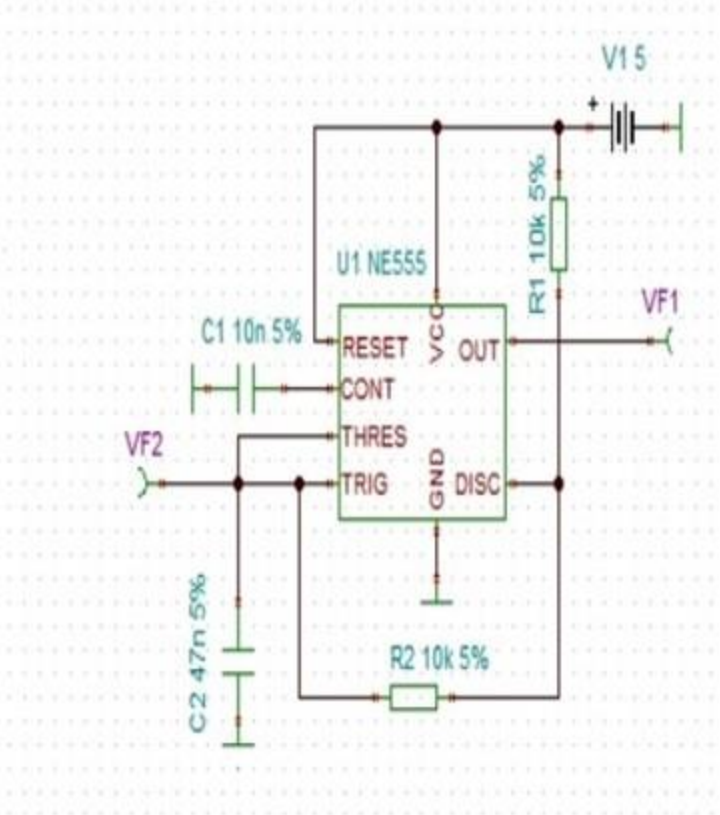
Схема формирования частот 1, 10 и 100 Гц

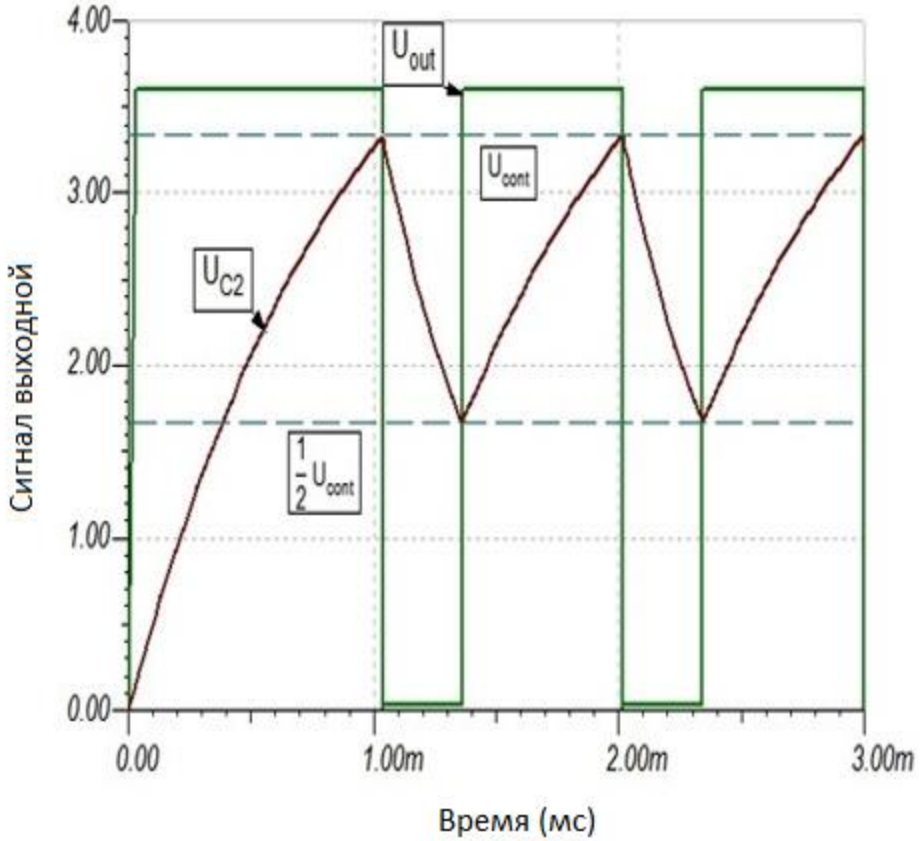


Принципиальная схема генератора прямоугольных импульсов



Моделирование работы генератора импульсов





Макет устройства

Схема платы одновибратора

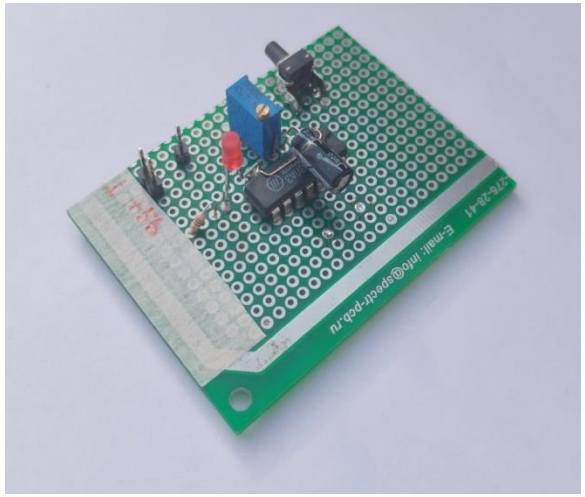
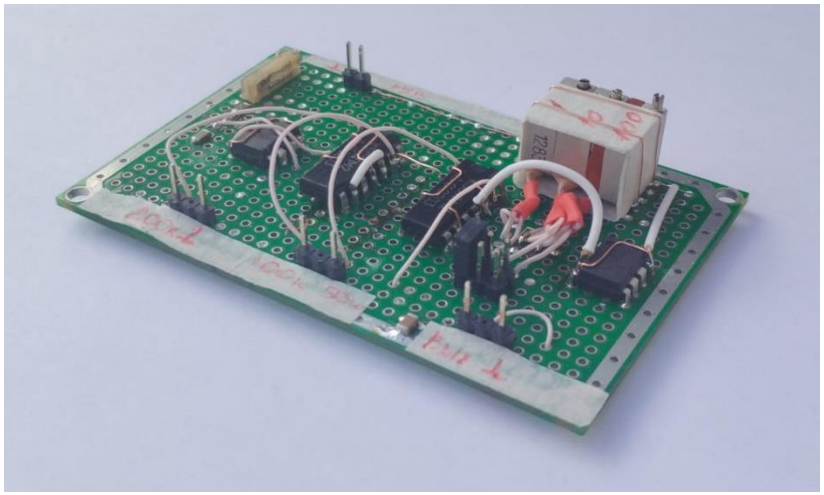


Схема платы мультивибратора



Охрана труда при осмотрах, обслуживании и технологическом управлении электроустановок

Оперативное обслуживание электроустановок должны выполнять работники субъекта электроэнергетики (потребителя электрической энергии), из числа оперативного и оперативно-ремонтного персонала, а также работники из числа административно-технического персонала в случаях предоставления соответствующих прав оперативного (оперативно-ремонтного) персонала, имеющие V группу по электробезопасности при эксплуатации электроустановок напряжением выше 1000 В, IV группу по электробезопасности при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В.

Единоличный осмотр электроустановки, электротехнической части технологического оборудования имеет право выполнять работник из числа оперативного персонала, имеющий группу по электробезопасности не ниже III, осуществляющий оперативное обслуживание данной электроустановки, находящийся на дежурстве, либо работник из числа административно-технического персонала, имеющий:

группу V по электробезопасности - при эксплуатации электроустановки напряжением выше 1000 В;

группу IV по электробезопасности - при эксплуатации электроустановки напряжением до 1000 В. Право единоличного осмотра предоставляется на основании ОРД организации (обособленного подразделения).