

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Кафедра
электроники и микропроцессорной техники**

Курсовая работа

по дисциплине «Схемотехника»

**Тема: Генератор однополярной последовательности импульсов
напряжения**

Студент группы ПЭ2-18 _____ *Гончаренко В.Ю.*
дата сдачи *подпись*

*Руководитель: доцент кафедры ЭиМТ,
кандидат технических наук, доцент* _____ *Амелин С.А.*
подпись

Работа допущена к защите _____ *Амелин С.А.*
Дата *подпись*

Дата защиты:

Оценка:

Члены комиссии:

*доцент кафедры ЭиМТ,
кандидат технических наук, доцент* _____ *Амелин С.А.*
подпись

*доцент кафедры ЭиМТ,
кандидат технических наук, доцент* _____ *Амелина М.А.*
подпись

АННОТАЦИЯ

Автор работы: Гончаренко В.Ю.

Тема: генератор однополярной последовательности импульсов.

Целью данной курсовой работы являются:

1. Разработка алгоритма работы схемы;
2. Разработка структурной схемы;
3. Разработка функциональной схемы;
4. Разработка принципиальной схемы;
5. Реализация модели генератора в среде моделирования электронных цепей *Microcap 11*;
6. Разработка перечня элементов;
7. Разработка топологии печатной платы.

В курсовой работе проведены расчеты базовых компонентов электронных схем, необходимых для построения электронной модели принципиальной схемы устройства, рассчитаны параметры функциональных блоков, а также описаны принципы работы блоков схемы, обеспечивающих её работоспособность.

Расчётно-пояснительная записка курсовой работы содержит 53 страниц, 23 рисунков, 2 формулы и 4 приложений.

В ходе выполнения курсовой работы было применено программное обеспечение *Microsoft Word 2016, Microcap 11, Altium Designer 20.1.11*.

ABSTRACT

Author of the work: Goncharenko V. U.

Topic: generator of unipolar installation of pulses. The purpose of this course work is:

1. Development of algorithm of operation of the circuit;
2. Create structural diagrams;
3. The development of functional diagrams;
4. Development of the concept;
5. Implementation of the functional generator model in the Microcap 9electronic circuit simulation environment.
6. Inventory of items
7. Preparation of layout of the circuit Board

In the course of this work the calculations of basic components of electronic circuits, needed to build functional electronic model of the circuit device, the calculated parameters of functional blocks and described the principles of operation of circuit blocks that provide functionality.

The calculation and explanatory note of the course work contains 53 pages, 23 figures, 2 formulas and 4 appendices.

During the course of the course work, the software *Microsoft Word 2016*, *Microcap 11*, *Altium Designer 20.1.11* were used.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ технического задания	6
2 Структурная схема генератора.....	7
2.1 Описание алгоритма работы устройства	7
2.2 Временные диаграммы взаимодействия блоков структурной схемы.....	7
3 Описание реализации структурных блоков.....	9
3.1 Блок «Формирователь управляющего напряжения»	9
3.1.1 Реализация на функциональном уровне	9
3.1.2 Моделирование принципиальной схемы.....	10
3.2 Блок «Генератор треугольных импульсов».....	12
3.2.1 Реализация на функциональном уровне	12
3.2.2 Моделирование принципиальной схемы.....	14
3.2.3 Реализация на функциональном уровне	21
3.2.4 Моделирование принципиальной схемы.....	21
3.3 Блок «Генератор ступенчатых импульсов».....	23
3.4.2 Моделирование принципиальной схемы	23
3.4 Блок «Формирователь выходной последовательности»	29
3.4.1 Реализация на функциональном уровне	29
3.4.2 Моделирование принципиальной схемы.....	30
4 Функциональная схема и проверка работоспособности устройства.....	33
5 Принципиальная схема и проверка работоспособности устройства	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	37
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	45

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является создание модели электронной схемы средней степени сложности на функциональном уровне и проектирование печатной платы устройства. В ходе выполнения курсовой работы осуществляется разработка алгоритма работы схемы, реализующего требования технического задания, разработка структурной, функциональной и принципиальной схем, расчет необходимых параметров, схемотехническое моделирование и создание принципиальной схемы.

1 Анализ технического задания

Для реализации технического задания требуются следующие блоки:

«Формирователь управляющего напряжения» — отвечает за условие регулировки;

«Генератор треугольных импульсов» — генерирование импульса треугольной формы;

«Генератор паузы» — формирование запускающего импульса;

«Генератор ступенчатых импульсов» — генерирование импульса ступенчатой формы;

«Формирователь выходной последовательности» — формирование конечной последовательности импульсов.

Техническое задание на курсовую работу размещено в приложении А.

2 Структурная схема генератора

2.1 Описание алгоритма работы устройства

Структурная схема устройства представлена на рисунке 2.1.

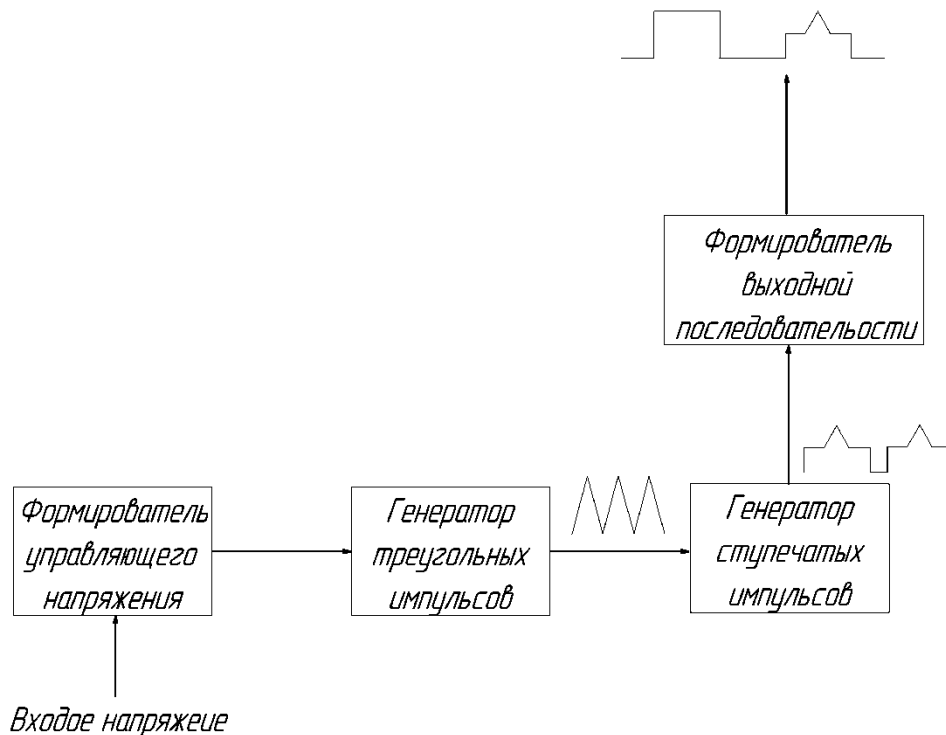


Рисунок 2.1 — Структурная схема генератора

Блок «Формирователь управляющего напряжения» меняет входное напряжение в диапазоне от 0.1 В до 1 В , которое затем подается на блок

«Генератор треугольных импульсов». После треугольный сигнал поступает на компаратор, сумматор и логический элемент «И» из блока «Генератор ступенчатых импульсов», где он приобретает форму ступенчатого сигнала. Сигналы ступенчатой формы поступают на вход переключателя из блока «Формирователь выходной последовательности», где формируется итоговая последовательность импульсов.

2.2 Временные диаграммы взаимодействия блоков структурной схемы

В этом разделе я представлю временные диаграммы взаимодействия

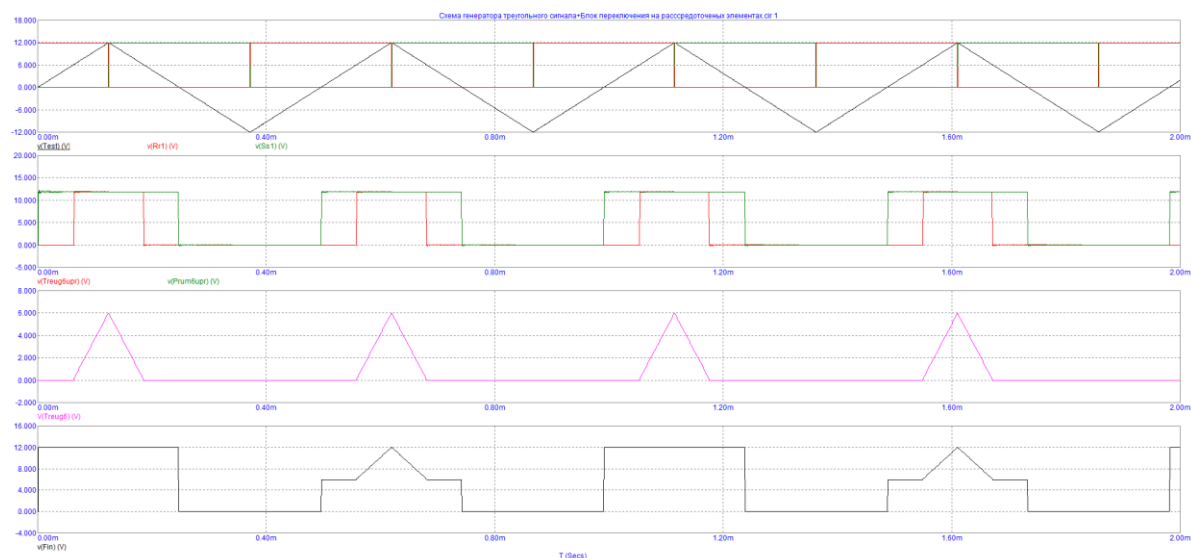
блоков структурной схемы для наиболее понятного представления работы функционального генератора.

Рисунок 2.2.1 иллюстрирует работу всех основных блоков схемы.

Так, на первом графике приведена работа блока «Генератор треугольных импульсов», а именно заряд/разряд конденсатора, реализация треугольных импульсов.

На втором графике изображен ступенчатый сигнал, получаемый в блоке «Генератор ступенчатых импульсов».

На третьем графике показана работа переключателя и логических элементов из блока «Генератор ступенчатых импульсов», в результате чего на выходе формируется «кусочек» разряда конденсатора.



На четвёртом графике изображена выходная последовательность, получаемая в блоке «Формирователь выходной последовательности».

Рисунок 2.2.1 — Диаграммы работы блоков схемы

3 Описание реализации структурных блоков

Рассмотрим реализацию каждого структурного блока.

3.1 Блок «Формирователь управляющего напряжения»

3.1.1 Реализация на функциональном уровне

Согласно техническому заданию управляющее напряжение должно меняться от 0.1 В до 1 В , при этом длительность треугольного импульса должна меняться от 0.5 мс до 5 мс .

Для реализации этого требования необходимо ввести ограничитель, инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления 0.91 , сумматор и источник постоянного напряжения напряжением 1.1 В .

Ограничитель необходим для того, чтобы входной сигнал изменялся строго от 0.1 В до 1 В (рис. 3.1.1.1).

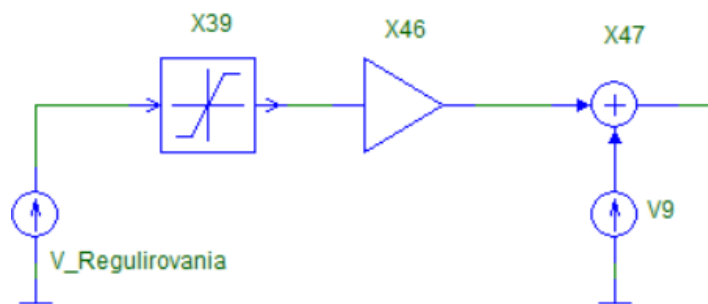


Рисунок 3.1.1.1 — Модель функциональной схемы управляющего напряжения

3.1.2 Моделирование принципиальной схемы

Функциональный блок «ограничитель» реализуется схемой двустороннего ограничителя на операционных усилителях (рис. 3.1.2.1).

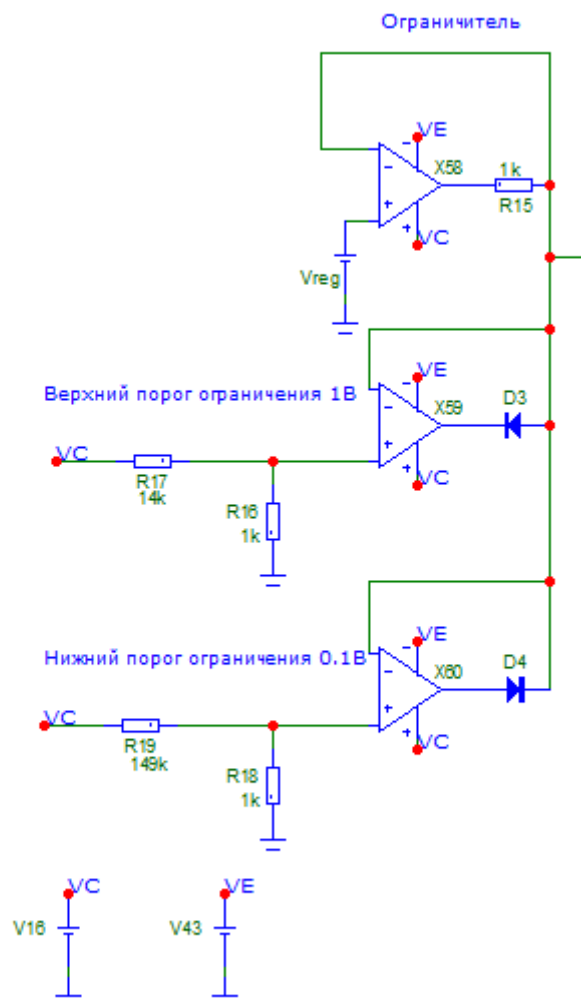


Рисунок 3.1.2.1 — Модель схемы «ограничитель»

Нижний порог ограничения – 0.1 В , верхний порог – 1 В . Пороговые значения задаются с помощью резистивного делителя.

На рисунке 3.1.2.2 представлена диаграмма работа ограничителя.

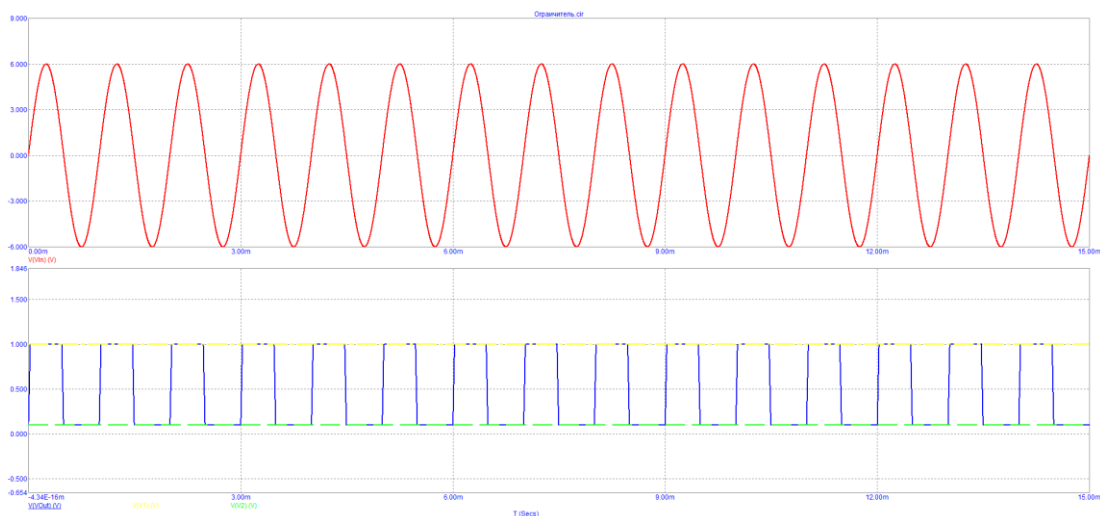


Рисунок 3.1.2.2 — Диаграмма работы ограничителя

При входном напряжении равном $0,1\text{ В}$ и 1 В , выходное напряжение должно составлять 1 В и $0,1\text{ В}$ соответственно. Для этого необходимо включить в схему сумматор, источник постоянного напряжения напряжением $1,1\text{ В}$ и усилитель с коэффициентом усиления $0,91$. Т.к. коэффициент усиления меньше единицы использоваться не может, в схему добавляется инвертирующий усилитель $X110$ с единичным коэффициентом усиления. Повторитель напряжения $X112$ предназначен для согласования сопротивлений в схеме. Сумматор реализован на операционном усилителе LF412 со следующими параметрами (рис.3.1.2.3):

- Напряжение питания: от 10 В до 36 В или от $\pm 5\text{ В}$ до $\pm 18\text{ В}$;
- Ток собственного потребления: $3,6\text{ мА}$;
- Диапазон рабочих температур: от 0°C до 70°C .

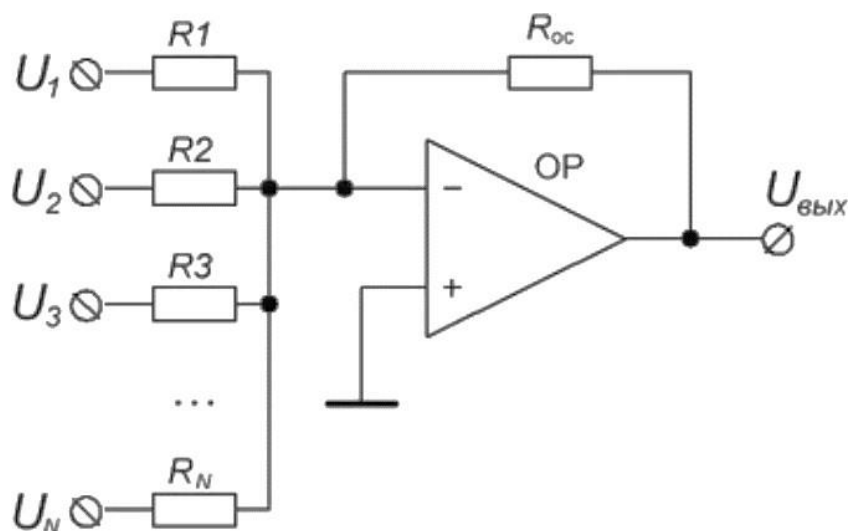


Рисунок 3.1.2.3 — Схема сложения на операционном усилителе

Достоинство данной схемы заключается в том, что суммировать можно множество сигналов, схема проста и интуитивно понятна. Для расчета используется формула [1]:

$$U_{\text{вых}} = -R_{OC} \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_n}{R_n} \right), \quad (1)$$

Для реализации сумматора с единичным коэффициентом усиления необходимо соблюдение равенства резисторов $R135$, $R138$, $R139$. Таким образом, входные сигналы не будут усиливаться. Коэффициент усиления выходного сигнала рассчитывается как отношение резистора $R136$ к $R137$.

На рисунке 3.1.2.4 представлена диаграмма работы сумматора.

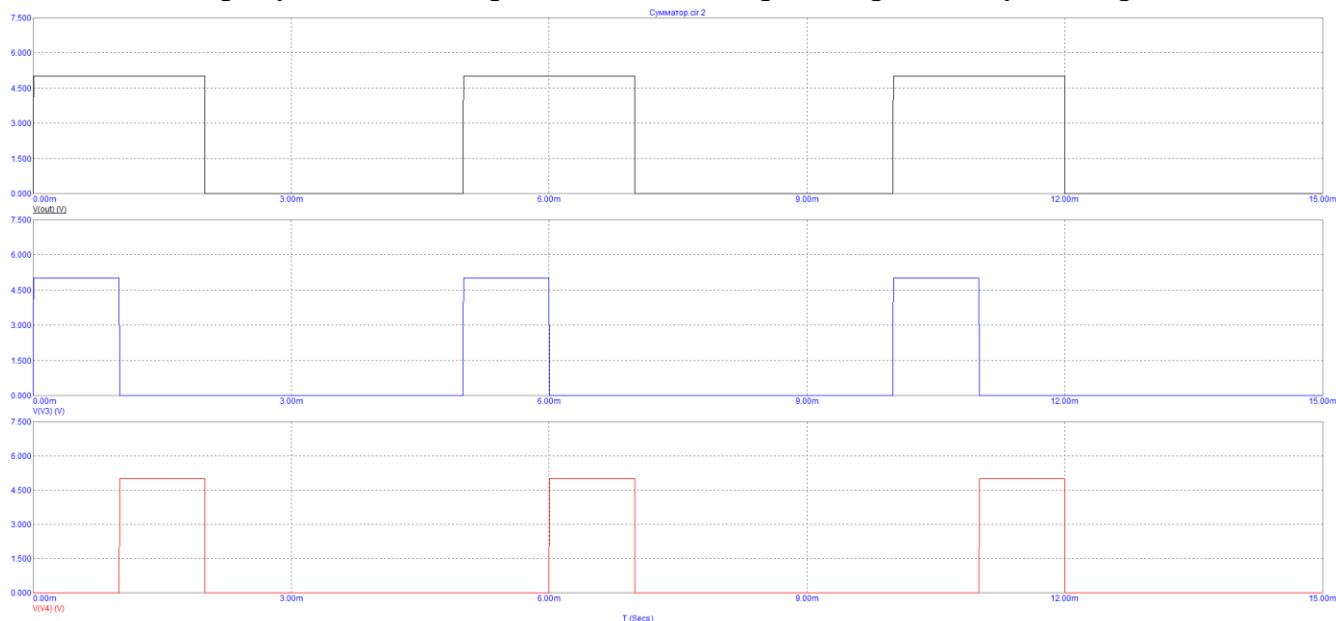


Рисунок 3.1.2.4 — Диаграмма работы сумматора

Модель работы блока «Формирователь управляющего напряжения» представлена на рис.3.1.2.5.

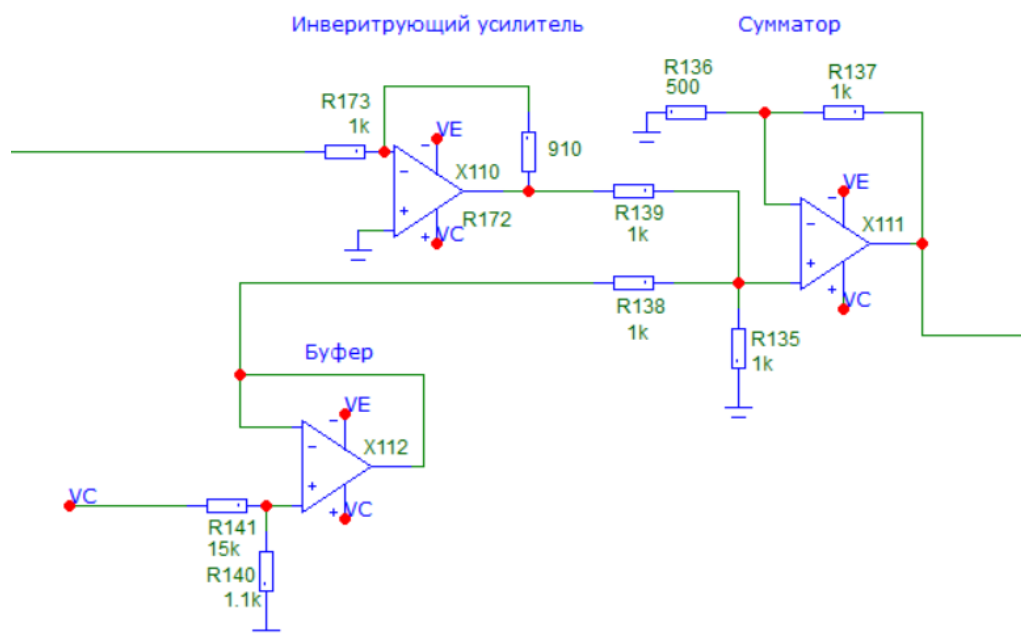


Рисунок 3.1.2.5 — Модель схемы повторителей и сумматора

3.2 Блок «Генератор треугольных импульсов»

3.2.1 Реализация на функциональном уровне

В этом блоке формируется сигнал треугольной формы.

Конденсатор $C1$ заряжается от управляемых источников тока, сигнал поступает на компараторы $X29$ и $X30$, в зависимости от значения напряжения, подаваемого на его вход, на выходах формируется либо логический ноль, либо логическая единица.

Далее сигналы поступают на RS-триггеры $X34$ и $X166$. Выход триггера $X34$ соединен с ключом, который осуществляет разряд конденсатора, выход триггера $X166$ соединен с ключом, который осуществляет заряд конденсатора (рис.3.2.1.1).

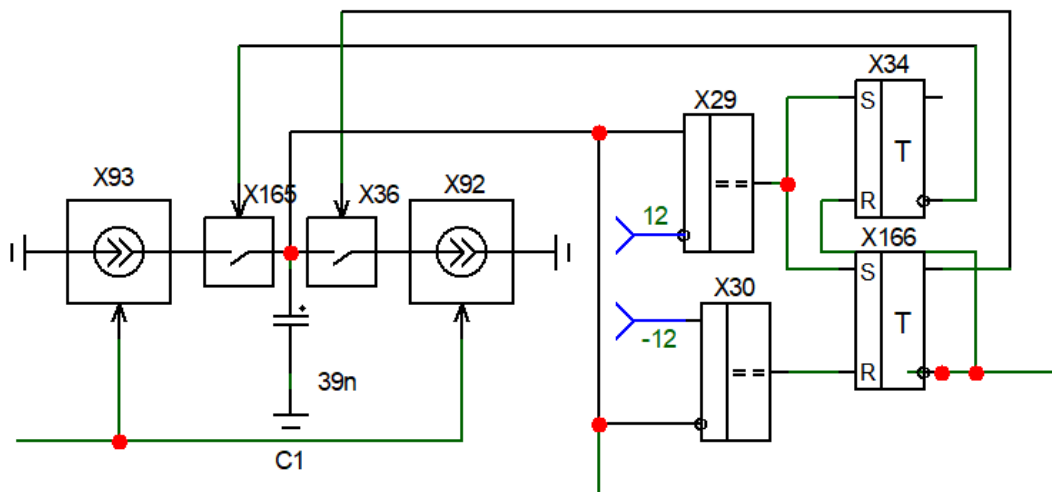


Рисунок 3.2.1.1 — Блок «Генератор треугольных импульсов»

$X93$, $X92$ – источники тока с ограничением напряжения. Они заряжают конденсатор $C1$ до напряжения, равного 12 В . Стоит заметить, что конденсатор заряжается не мгновенно. Заряд конденсатора происходит по следующему закону: $I=C*dU/dt$.

$X29$, $X30$ – компараторы напряжения. Когда напряжение на конденсаторе достигает 12 В , то на выходе компаратора $X29$ устанавливается единица, а на выходе компаратора $X30$ устанавливается ноль.

RS - триггеры $X34$, $X166$ необходимы для формирования управляющего сигнала для формирования управляющего сигнала для ключа $X93$ и $X92$.

$X93$, $X92$ – ключи. Срабатывают при напряжении 5 В . Как только они замыкаются, осуществляется заряд/разряд конденсатора.

3.2.2 Моделирование принципиальной схемы

Для реализации заряда и разряда конденсатора используются токовые зеркала (рис. 3.2.2.1 и рис. 3.2.2.2). Для токовых зеркал используются биполярные транзисторы: *p-n-p KT315B1* (выдерживает напряжение на переходе коллектор-эмиттер до минус 40 В, ток коллектора до 0,5 А, рассеиваемая мощность до 0,150 Вт) и *n-p-n KT361B* (выдерживает напряжение на переходе коллектор-эмиттер до 40 В, ток коллектора до 0,5 А, рассеиваемая мощность до 0,150 Вт). Подбор резисторов *R11* и *R14* осуществляется, исходя из протекающих токов, их номиналы и мощности рассеяния указаны в перечне элементов (приложение Г).

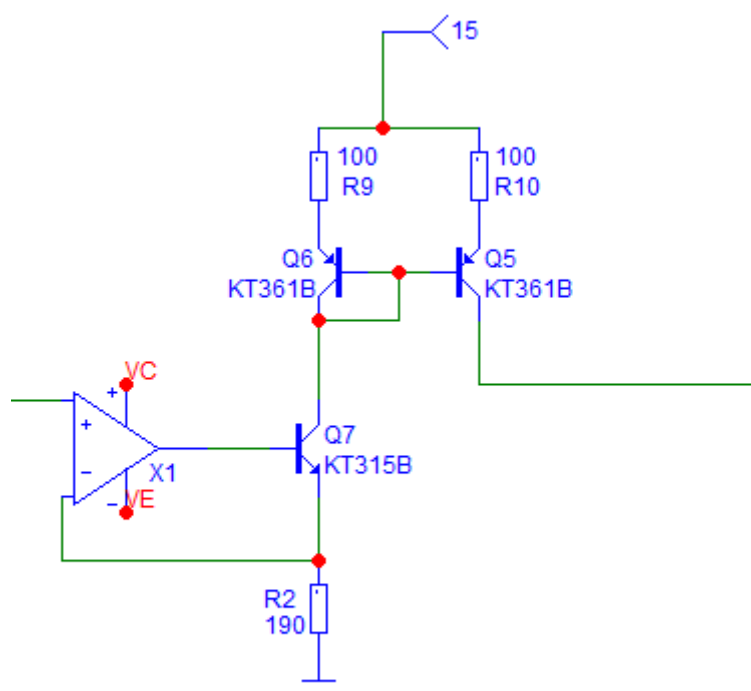


Рисунок 3.2.2.1 — Источник тока заряда

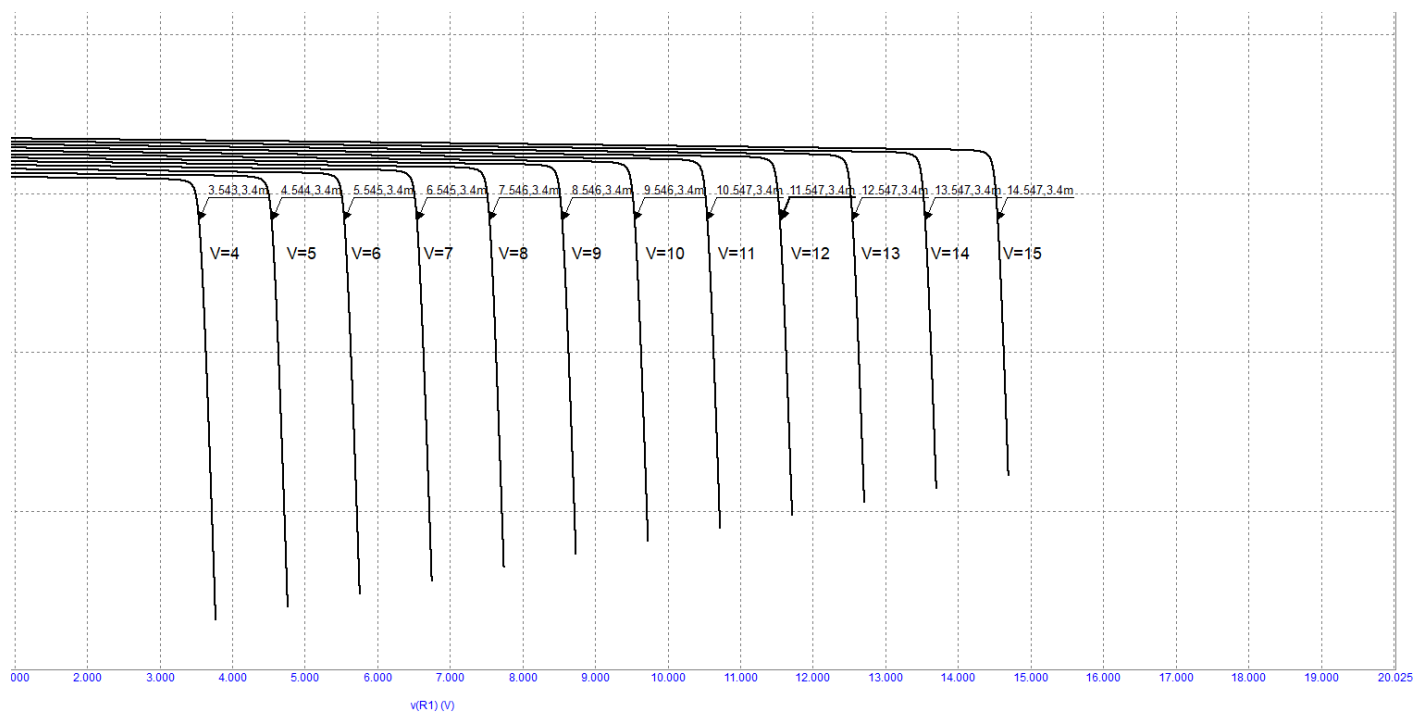


Рисунок 3.2.2.2 — Внешняя характеристика источника тока заряда

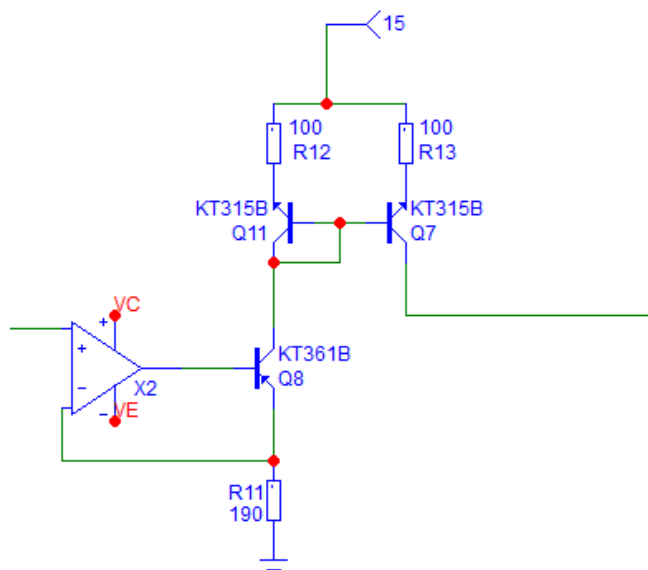


Рисунок 3.2.2.2 — Источник тока разряда

Для построения формирователя импульсов заданной длительности необходим источник тока и пороговое устройство — компаратор, который будет следить за перепадом напряжений.

Компаратор — это устройство, сравнивающее сигналы на своих входах. Если сигнал на входе «+» больше, чем сигнал на входе «-», то на выходе формируется сигнал высокого уровня. Если сигнал на входе «+» меньше, чем сигнал на входе «-», то на выходе формируется сигнал низкого уровня.

На рисунке 3.2.2.3 представлена диаграмма работы компаратора.

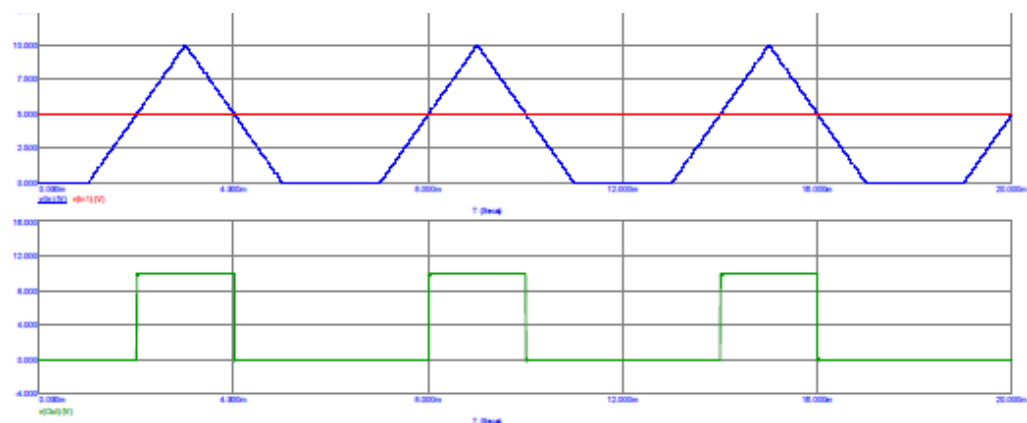


Рисунок 3.2.2.3 — Диаграмма работы компаратора

Один из компараторов сравнивает сигнал с уровнем напряжения 12 В ,

порог задаётся при помощи расчёта резистивных делителей R_{34} и R_{35} . Другой

сравнивает с уровнем напряжения -12 В (рис.3.2.2.4).

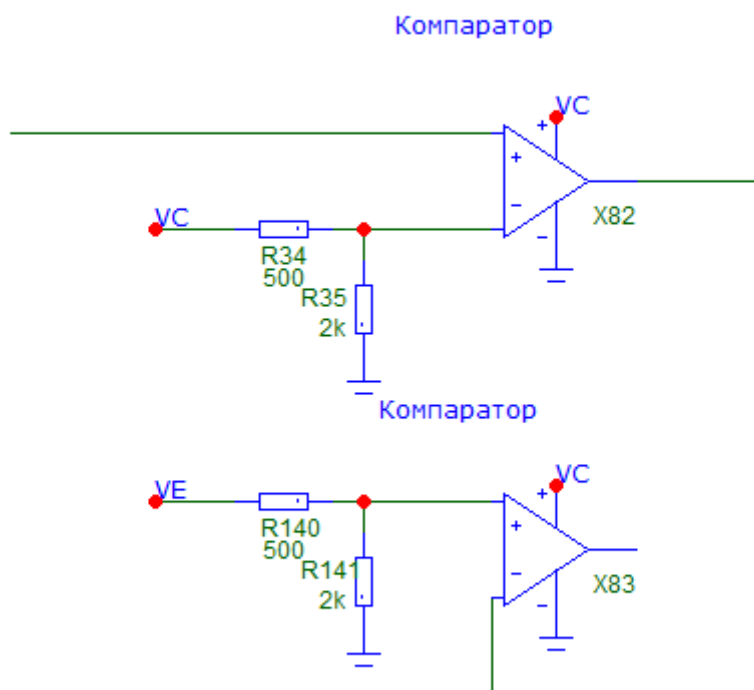


Рисунок 3.2.2.4 — Компараторы управления переключением заряда и разряда конденсатора

В качестве компаратора используем микросхему *LT1017C*.

Ниже приведены некоторые характеристики данной микросхемы:

- Диапазон напряжений питания: от 1.1 В до 40 В или от $\pm 1\text{ В}$ до $\pm 20\text{ В}$;
- Ток собственного потребления: $0,130\text{ мА}$;
- Время распространения сигнала вход-выход 1.5 мкс ;
- Диапазон рабочих температур: от 0°C до 70°C ;
- Совместимость с логикой: MOS, TTL;

Оба компаратора осуществляют управление *RS* – триггером. *RS* – триггер в свою очередь управляет цепями заряда/разряда конденсатора.

RS-триггер бывает двух типов: асинхронный и синхронный. Асинхронный *RS*-триггер имеет два входа: S (set) – установка и R (reset) – сброс (рис.3.2.2.5).

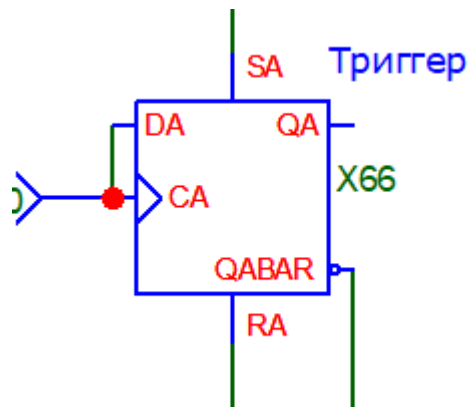


Рисунок 3.2.2.5 – Модель микросхемы CD4013B

Переключение триггера из одного устойчивого состояния в другое происходит при подаче активных сигналов на входы.

Под действием уровня $R = 1$ элемент А установится в состояние, при котором на его выходе $Q = 0$, следовательно, на инверсионном выходе $= 1$, и, таким образом, триггер устанавливается в состояние 0.

В качестве RS-триггера используем микросхему *CD4013B*, имеющую следующие характеристики:

- Напряжение питания: от 3 В до 18 В;
- Входное напряжение: от 2,5 В до 18,5 В;
- Мощность рассеяния на один корпус: 700 мВт;
- Рабочая температура: от минус 40 °C до плюс 85 °C.

На рисунке 3.2.2.6 представлена диаграмма работы RS-триггера

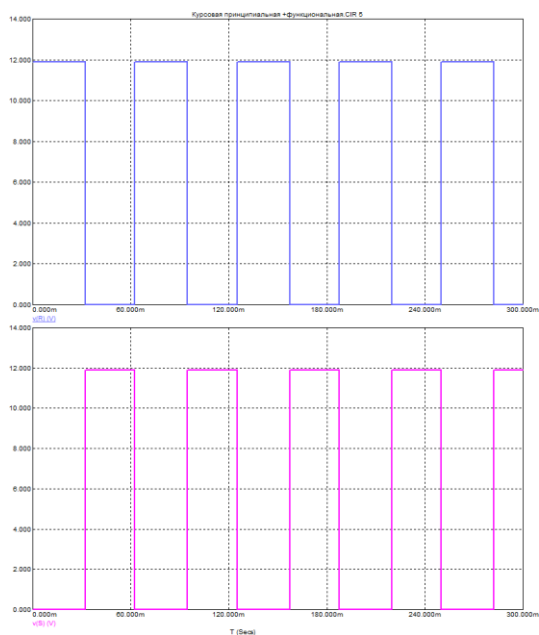


Рисунок 3.2.2.6 – Диаграмма работы RS-триггера

В качестве ключа используется микросхема *MAX4602* представленная на рисунке 3.2.2.7 со следующими параметрами:

- Сопротивление открытого канала: $2,5 \text{ Ом}$;
- Однополярное питание: от $4,5 \text{ В}$ до 36 В ;
- Биполярное питание: от $\pm 4,5 \text{ В}$ до $\pm 20 \text{ В}$.

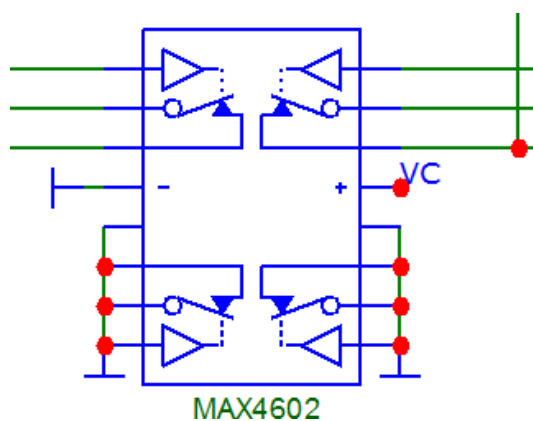


Рисунок 3.2.2.7 — Модель микросхемы MAX4602

Ключ коммутируется в тот момент времени, когда напряжение воздействующего на него сигнала равно напряжению включения ключа V_{on} . Диаграмма его работы представлена на рисунке 3.2.2.8

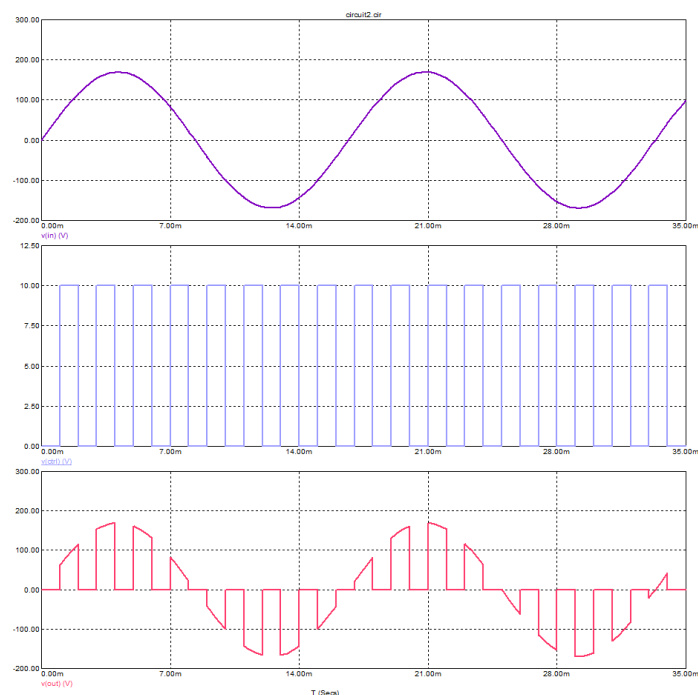


Рисунок 3.2.2.8 — Диаграмма работы ключа

Первый график иллюстрирует входной сигнал, второй – управляющее воздействие, третий, соответственно, выходной сигнал.

Модель формирователя треугольных импульсов представлена на рис.3.2.2.9.

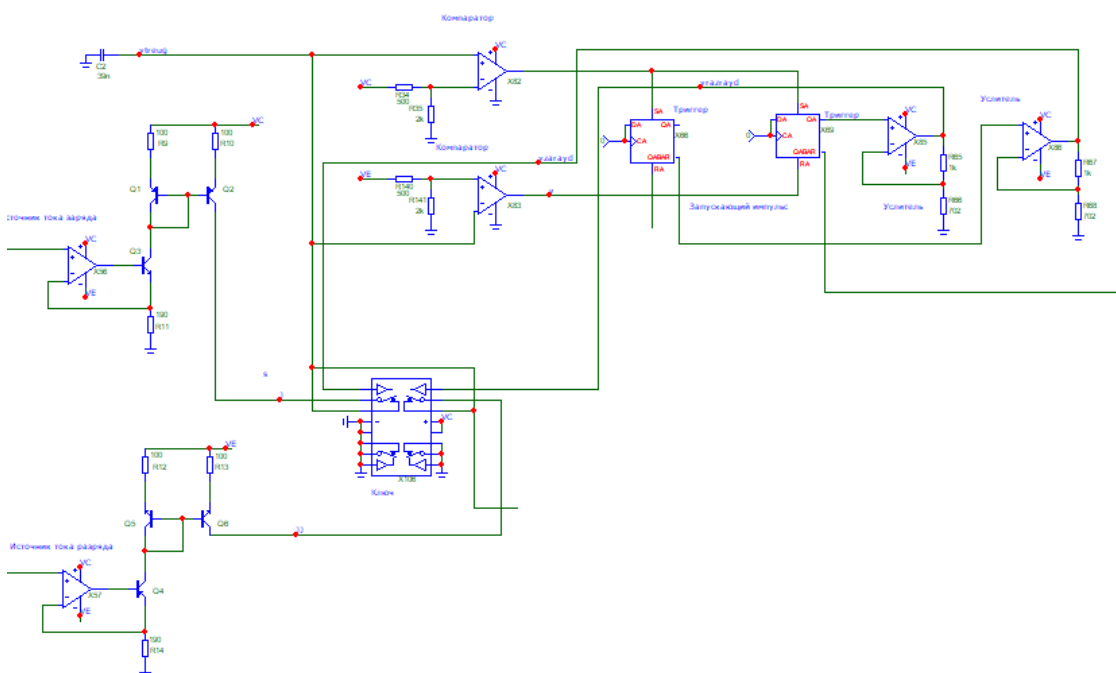


Рисунок 3.2.2.9 — Схемная реализация блока «Генератор треугольных импульсов»

На рисунке 3.2.2.10 представлена работа блока.

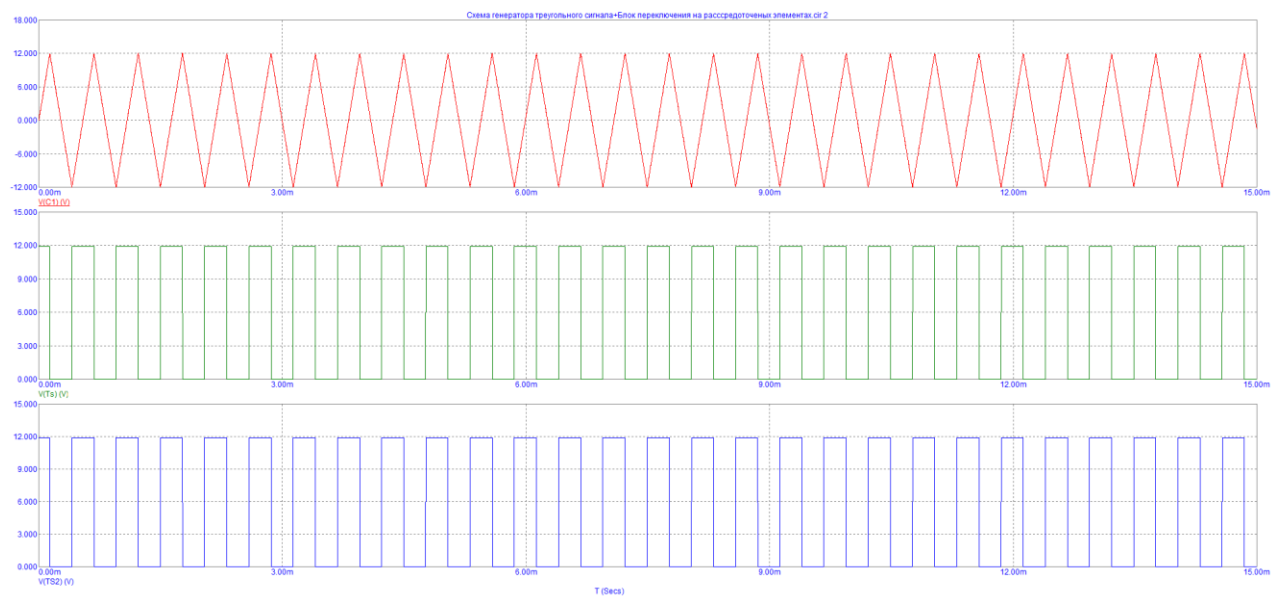


Рисунок 3.2.2.10 — Диаграмма работы блока «Генератор треугольных импульсов»

3.3 Блок «Генератор ступенчатых импульсов»

3.3.1 Реализация на функциональном уровне

На вход компаратора *X169* подается сигнал из блока «Генератор треугольных импульсов», задается пороговое напряжение равное 0 В и выделяется «положительная» часть импульса, равная $0.5t_u$ всего импульса. На вход ключа *X79* подается 12 В и управляющий импульсы с компаратора *X169*. После чего, к сигналу, полученному в сумматоре прибавляется сигнал с второго ключа.

Сумматор *X178*, а входы которого подаётся постоянное напряжение 6 вольт и сигнал из блока «Генератор треугольного импульса» заряда конденсатора образует «треугольную» часть заданного сигнала. Полученный сигнал подается на переключатель и образует «конечный» импульс заданного сигнала. После чего все два импульса подаются на сумматор, образуя полный сигнал (рис.3.4.1.1).

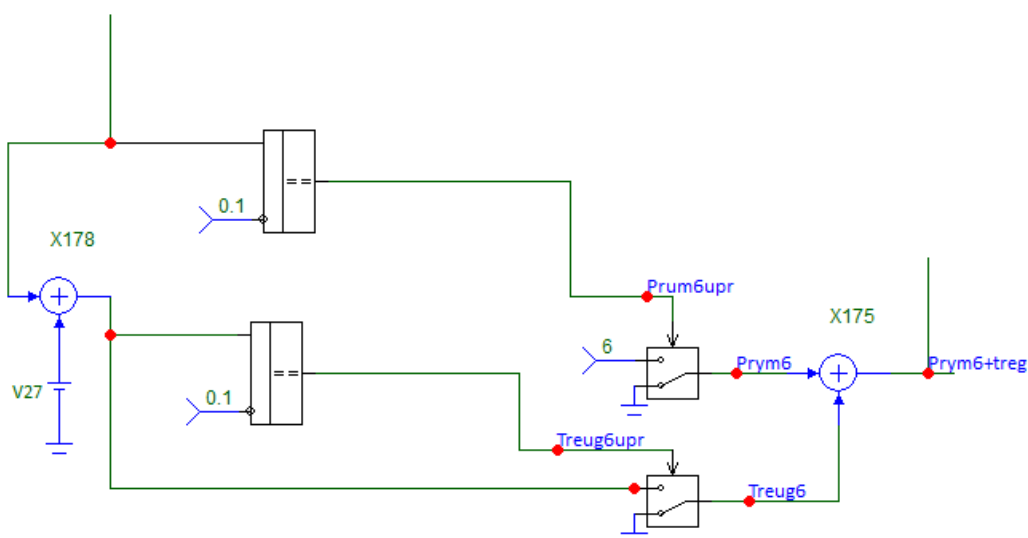


Рисунок 3.4.1.1 — Блок «Генератор ступенчатого сигнала»

3.3.2 Моделирование принципиальной схемы

Сумматор реализован на операционном усилителе LF411A.

Принцип расчета схемы был разобран в пункте 3.1.2. В качестве компаратора, выделяющего «среднюю» часть импульса используется микросхема LM211 со следующими параметрами:

- Диапазон напряжений питания: от 5 до ± 15 В;
- Потребляемая мощность: 135 мВт при напряжении питания ± 15 В;
- Диапазон рабочих температур: от минус 40°C до плюс 105°C ;

Модель формирователя ступенчатого сигнала представлена на рис.3.4.2.1.

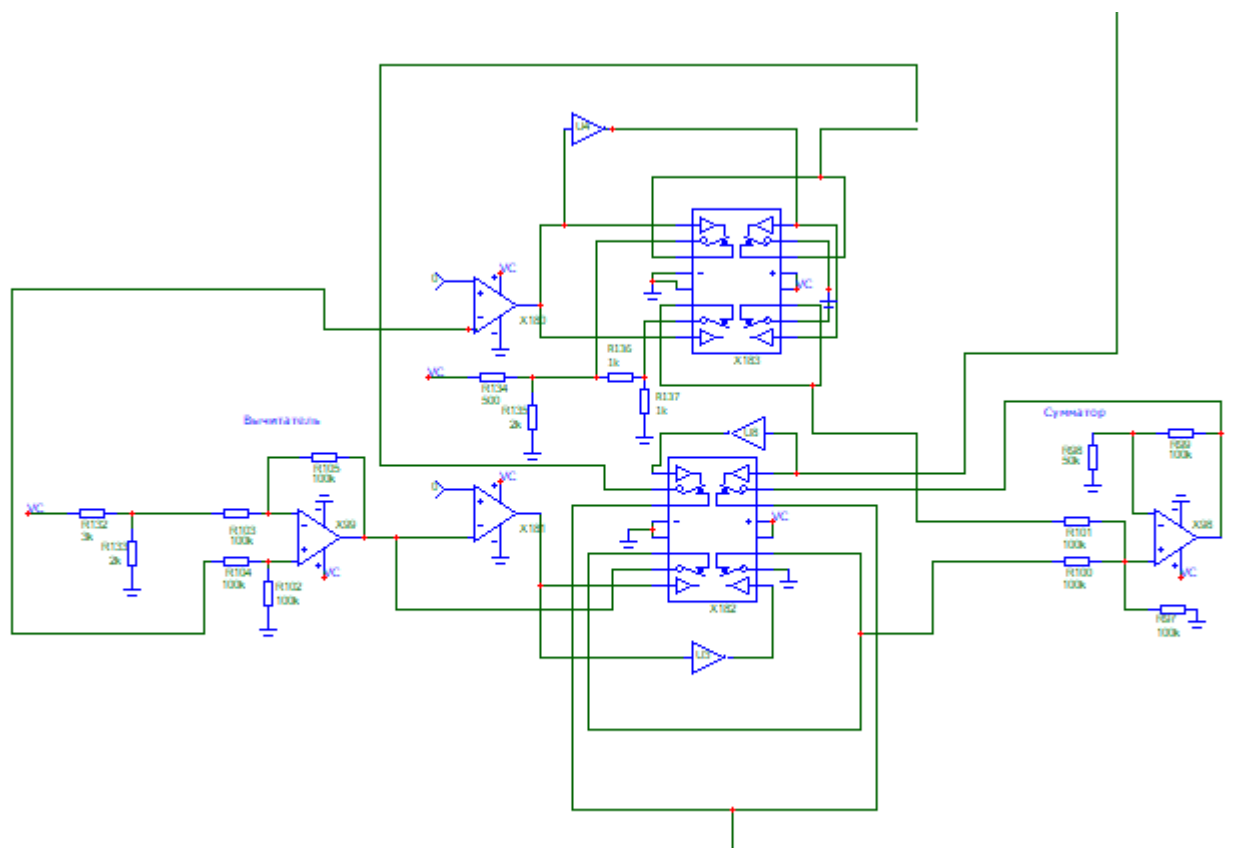


Рисунок 3.4.2.1 — Схемная реализация блока «Генератор ступенчатого сигнала»

Вычитатель также реализован на операционном усилителе LF411A. Схема, представленная на рис. 3.4.2.2 позволяет получить разность двух входных сигналов, которая впоследствии может быть усилена.

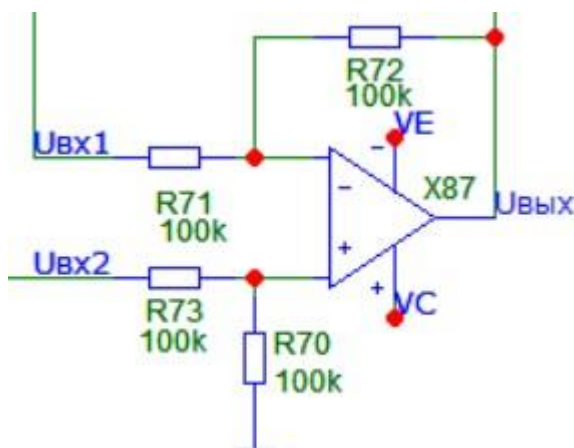


Рисунок 3.4.2.2 — Модель схемы вычитания на операционном усилителе

Чтобы рассчитать напряжение на выходе, следует применить формулу [2]:

$$U_{\text{вых}} = \frac{R72}{R71} * (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}}), \quad (2)$$

Первая часть уравнения отвечает за усиление (или ослабление), а вторая часть — это разница двух напряжений.

При выполнении логических операций рассматриваются две логические функции:

1. «Логическое И». Функция принимает значение логической единицы только в случае, если все аргументы равны логической единице. В противном случае значение функции равно логическому нулю. Иными словами, на выходе устройства появляется сигнал логической единицы, если сигналы на всех входах равны логической единице. Если хотя бы на одном из входов сигнал нулевой, то на выходе логический ноль. Эту функцию еще называют конъюнкцией или логическим умножением. Обозначают \wedge или \cdot (по аналогии с арифметическим умножением) Цифровое устройство, выполняющее функцию «логическое И» имеет специальное графическое обозначение — прямоугольник с буквой $\&$. Для двухвходового элемента - $\&$.

«Инвертор (НЕ). Функция принимает значение, противоположное значению аргумента. Иными словами, если на входе устройства логический ноль, то на выходе будет логическая единица. И наоборот. Функцию инверсии еще называют функцией отрицания. Обозначают (чертой над функцией или аргументом). Графическое обозначение – прямоугольник с цифрой 1 и кружком на выходе - 1. При помощи этих трех функций можно описать любые другие логические функции, а, следовательно, любой алгоритм работы цифрового устройства. Набор из функций, который позволяет описать все остальные, называется логическим базисом.

Реализовать их будем на микросхеме *74AC04*, имеющей следующие характеристики:

- Напряжение питания: от 2 В до 6 В ;
- Максимальный выходной ток High/Low: минус $24\text{ мА}/24\text{ мА}$;
- Логический уровень Low: $1,65\text{ В}$;
- Логический уровень High: 2 В ;
- Максимальное время задержки: 7 нс ;
- Рабочая температура: от минус $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Временные диаграммы работы логических элементов на микросхеме *74AC04* представлены на рисунке 3.4.2.4.

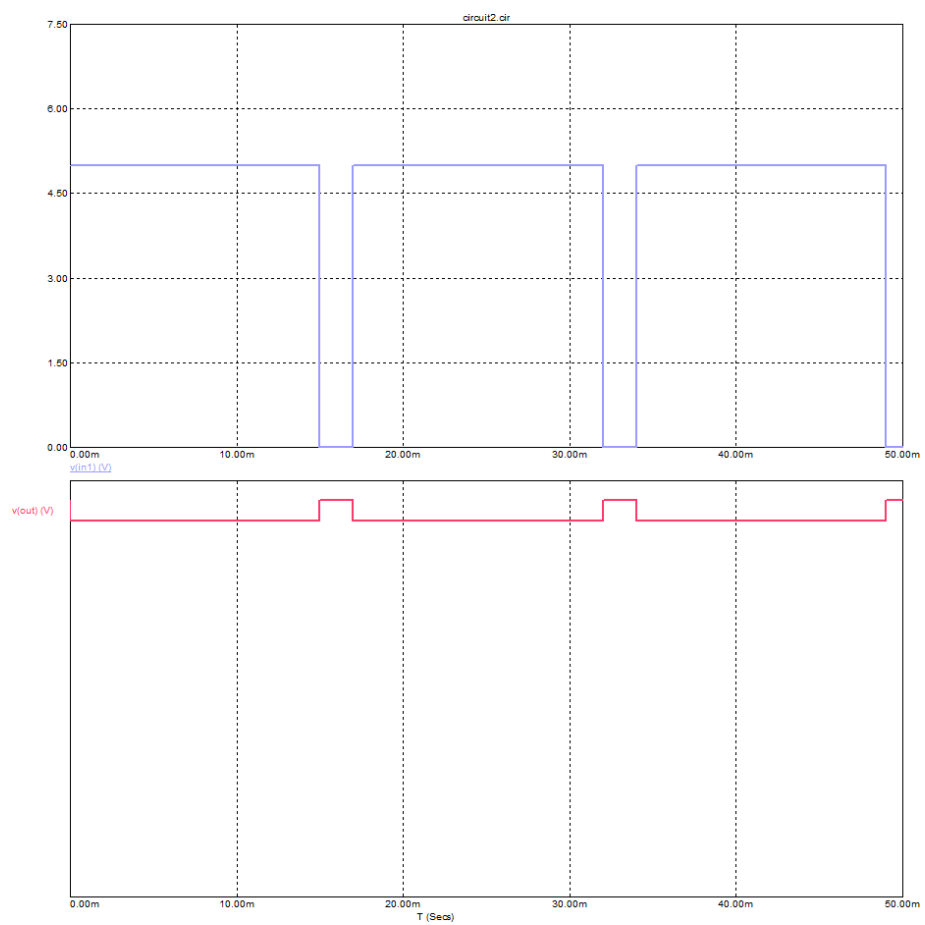


Рисунок 3.4.2.4 — Диаграммы работы микросхемы 74АС04

Переключатель выполнен на все той же микросхеме *MAX4601* (рис.3.4.2.5).

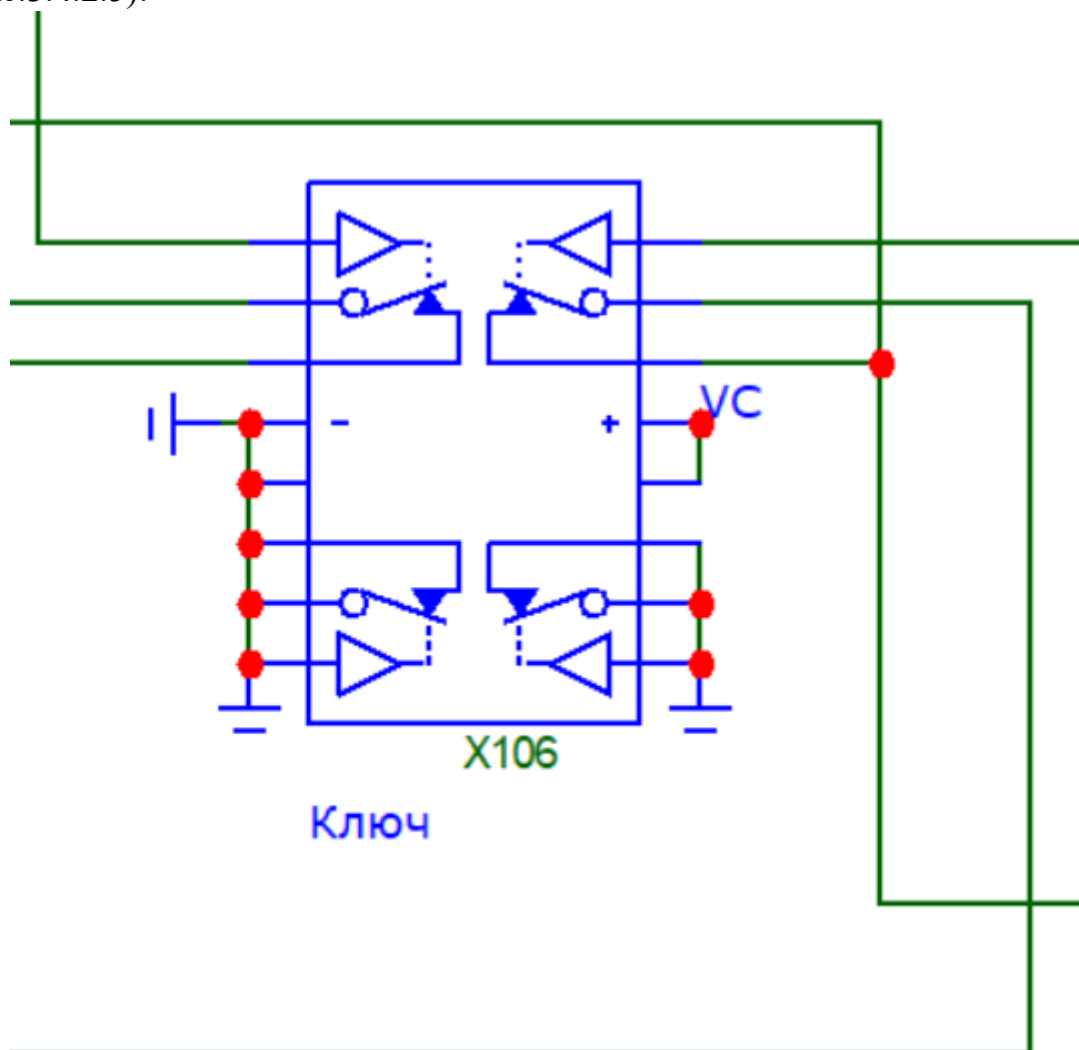


Рисунок 3.4.2.5 — Модель переключателя на микросхеме MAX4601

3.4 Блок «Формирователь выходной последовательности»

3.4.1 Реализация на функциональном уровне

Для реализации блока «Формирователь выходной последовательности» необходимо использование D-триггера.

D-триггер (от английского Delay – задержка) имеет один информационный (D – Data – данные) и один тактируемый (C – Clock – тактовая последовательность) вход. D-триггер позволяет увеличить ширину импульса в 2 раза.

В качестве D-триггера можно использовать ранее сказанную микросхему *CD4013B*.

Диаграммы работы данного блока представлены на рисунке 3.5.1.1.

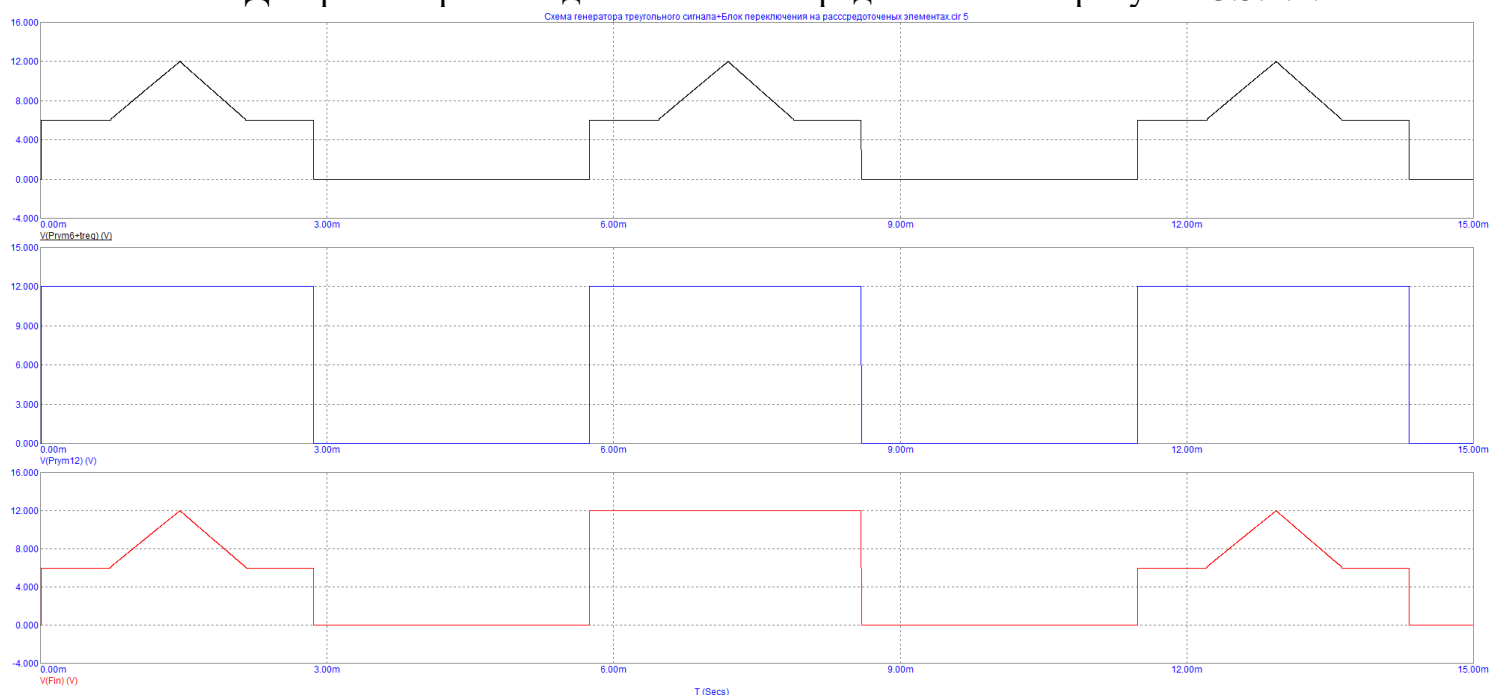


Рисунок 3.5.1.1 — Диаграммы работы D-триггера

Как видно из диаграммы работы D-триггера, частота входного сигнала делится на два, что и требовалось получить.

Для реализации блока требуется также наличие переключателя, управляемого сигналом с прямого выхода триггера.

На вход переключателя поступают сигналы с выхода сумматора,

складывающего заряд/разряд конденсатора и сигнал с сумматора, складывающего все два импульса: «прямоугольный» и «треугольный».

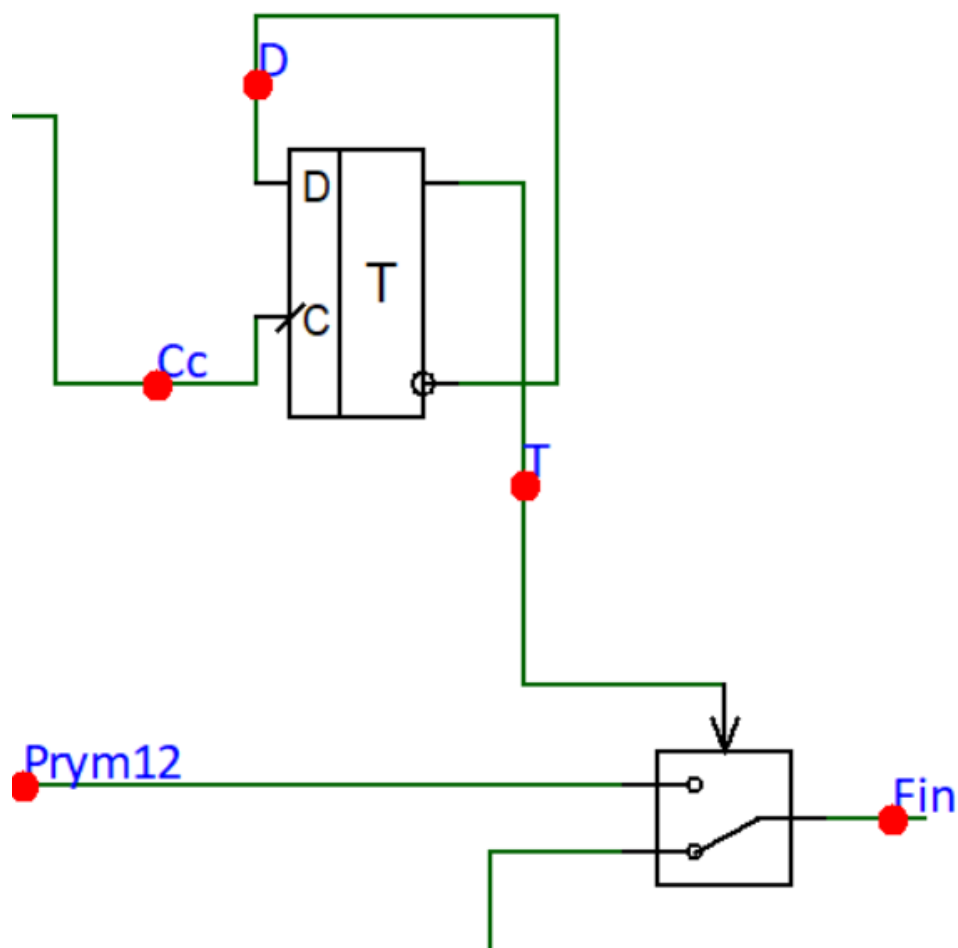


Рисунок 3.5.1.2 — Блок «Выходная последовательность»

3.4.2 Моделирование принципиальной схемы

Для обеспечения необходимой мощности на низкоомной нагрузке 2 Ом реализован усилитель мощности на ОУ ОРА549 с следующими характеристиками:

ОРА549:

- Количество каналов - 1;
- Минимальное напряжение питания: 8 В или ± 4 В;
- Максимальное напряжение питания: 60 В или ± 30 В;
- Выходной ток: 8 А;
- Ток потребления: 78 мА

Усилителю обеспечено двуполярное питание $\pm 15V$. Модель усилителя мощности представлена на рисунке 3.5.2.1.

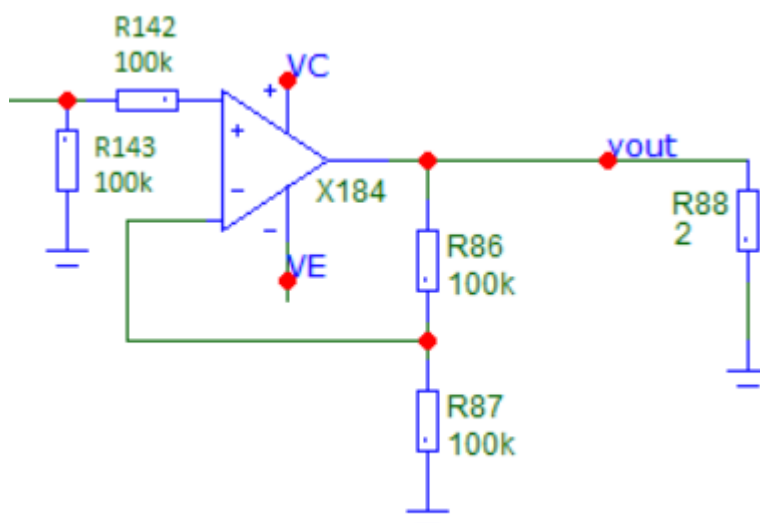


Рисунок 3.5.2.1 — Модель усилителя мощности

Схемная реализация блока «Формирователь выходной последовательности» показана на рисунке 3.5.2.2.

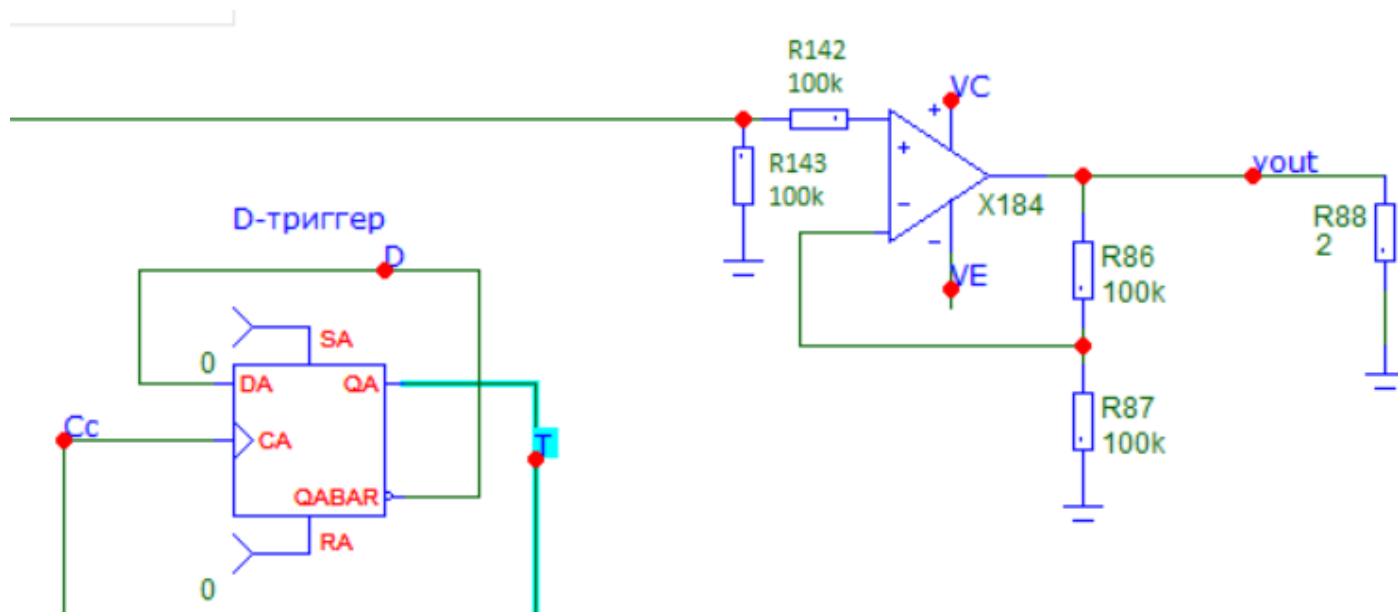


Рисунок 3.5.2.2 — Схемная реализация блока «Формирователь выходной последовательности»

На рисунке 3.5.2.3 представлена работа блока.

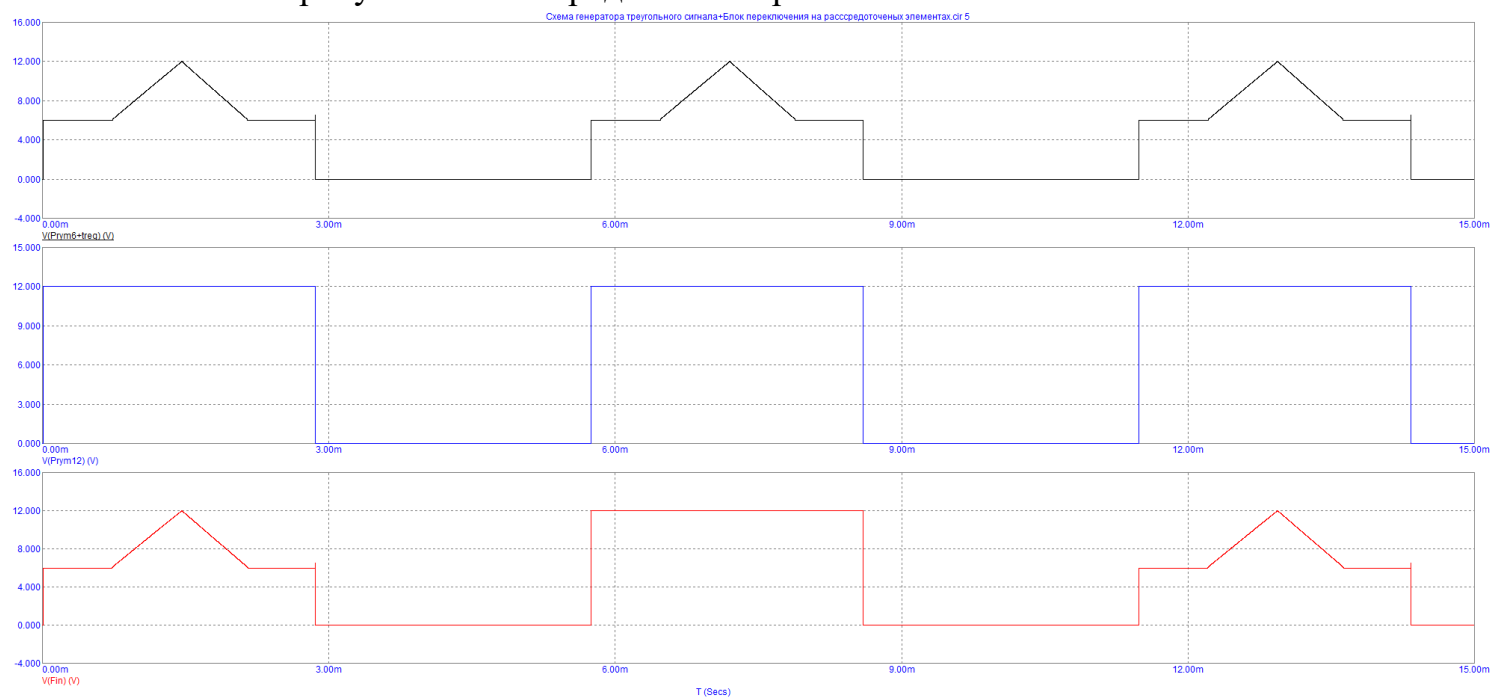


Рисунок 3.5.2.3 — Диаграммы работы блока «Формирователь выходной последовательности»

4 Функциональная схема и проверка работоспособности устройства

Функциональная схема генератора представлена на в приложении Б.

Модель функциональной схемы генератора представлена на рисунке 4.1.

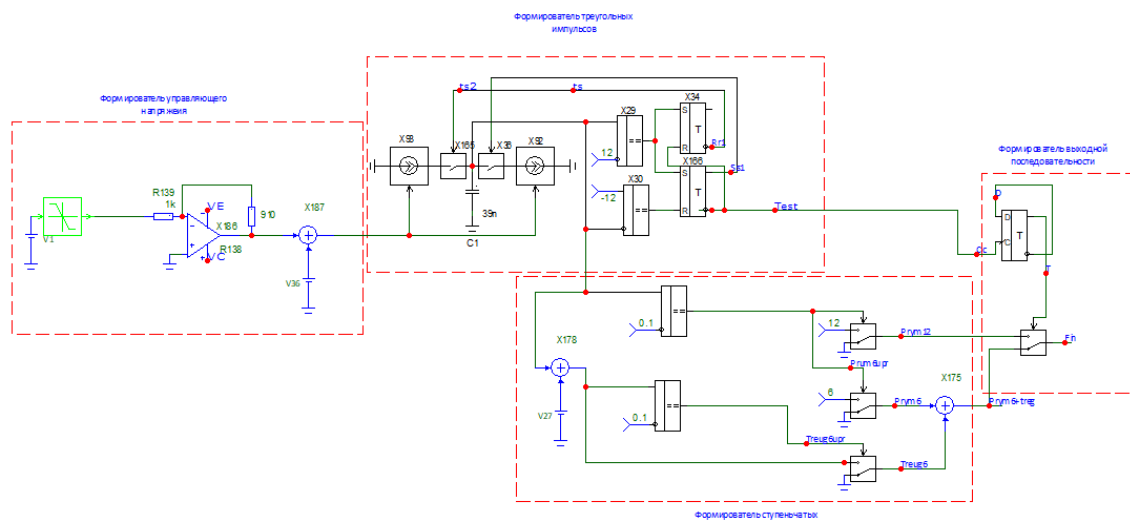


Рисунок 4.1 — Модель функциональной схемы генератора

Ниже рассмотрены диаграммы работы полученного устройства и проведена проверка соответствия сгенерированного сигнала техническому заданию. Пусть $V1 = -2 \text{ В}$; $R_H = 2 \text{ Ом}$.

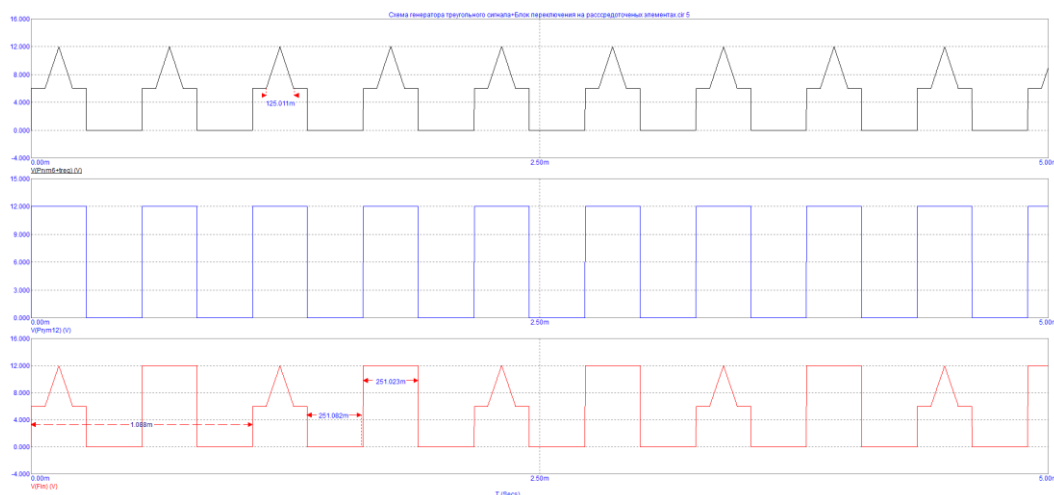


Рисунок 4.2 — Диаграмма работы генератора при $V1 = -2 \text{ В}$

Управляющее напряжение $V1 = -2 \text{ В} < 0.1 \text{ В}$. Длительность прямоугольного импульса равна длительности треугольного $t_u = 250 \text{ мкс}$, длительность паузы $t_n = 250 \text{ мкс}$, таким образом, период $T = 1 \text{ мс}$ что полностью соответствует требованиям технического задания.

Пусть $V_1 = 6 \text{ В}$; $R_H = 2 \text{ Ом}$.

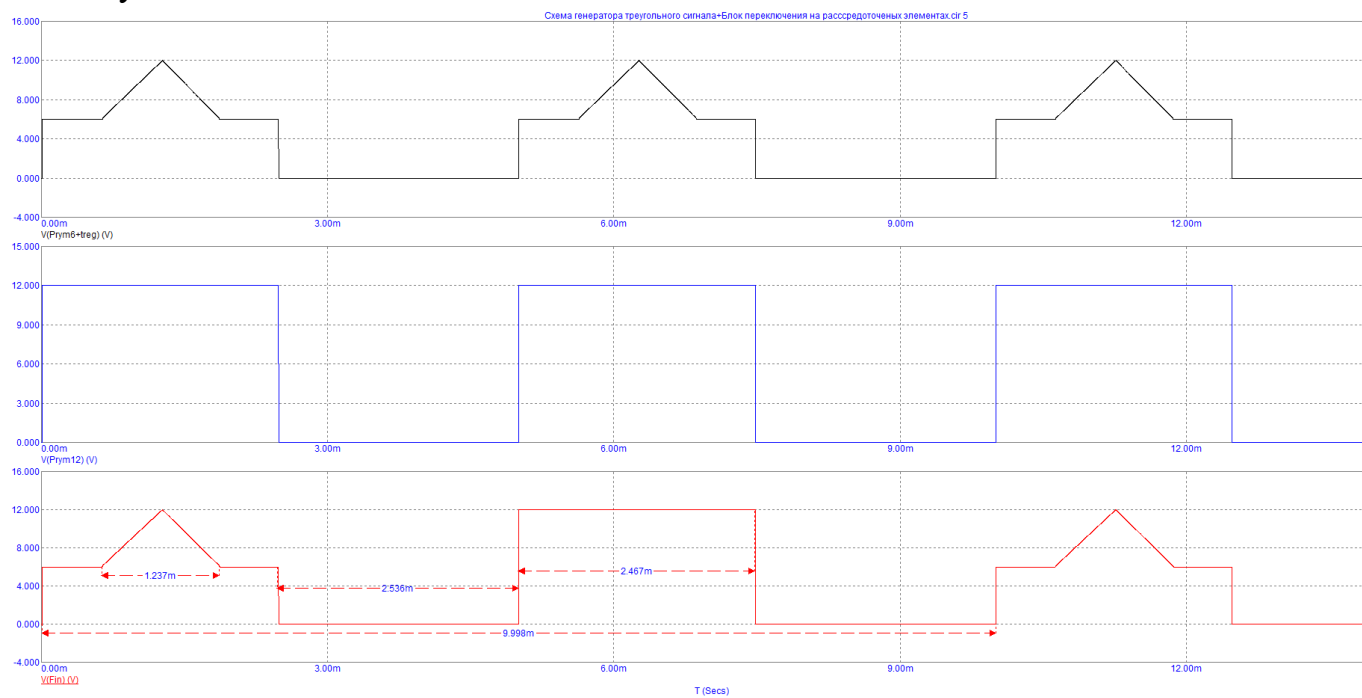


Рисунок 4.3 — Диаграмма работы генератора при $V_1=6 \text{ В}$

Управляющее напряжение $V_1=6 \text{ В} > 1 \text{ В}$. Длительность прямоугольного импульса равна длительности треугольного $t_u = 2.50 \text{ мс}$, длительность паузы $t_n=2.5 \text{ мс}$, таким образом, период $T=10 \text{ мс}$ что полностью соответствует требованиям технического задания.

5 Принципиальная схема и проверка работоспособности устройства

Принципиальная схема созданного генератора находится в приложении В. Модель принципиальной схемы генератора представлена на рисунке 5.1.

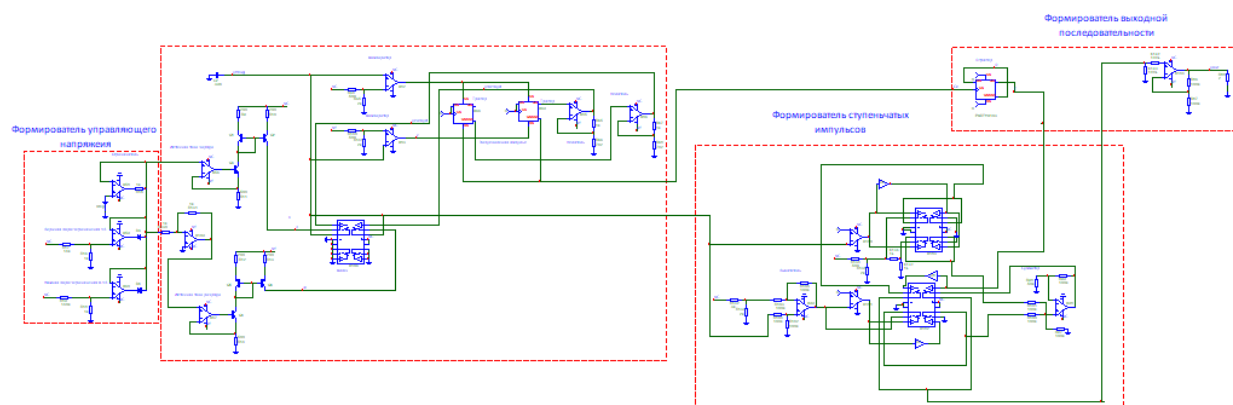


Рисунок 5.1 — Модель принципиальной схемы генератора

Ниже рассмотрены диаграммы работы полученного устройства и проведена проверка соответствия сгенерированного сигнала техническому заданию. Пусть $V1 = -1\text{ В}$; $R_H = 2\text{ Ом}$.

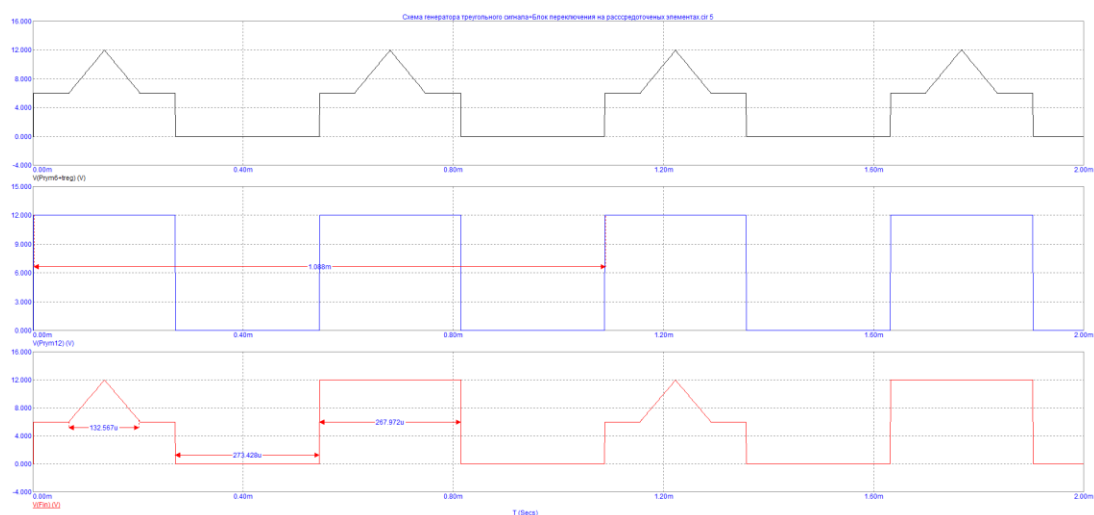


Рисунок 5.2 — Диаграмма работы генератора при $V1 = -2\text{ В}$

Управляющее напряжение $V1 = -2\text{ В} < 0.1\text{ В}$. Длительность прямоугольного импульса равна длительности треугольного $t_u = 250\text{ мкс}$, длительность паузы $t_n = 250\text{ мкс}$, таким образом, период $T = 1\text{ мс}$ что полностью соответствует требованиям технического задания.

Пусть $V1 = 10\text{ В}$; $R_H = 10\text{ Ом}$.

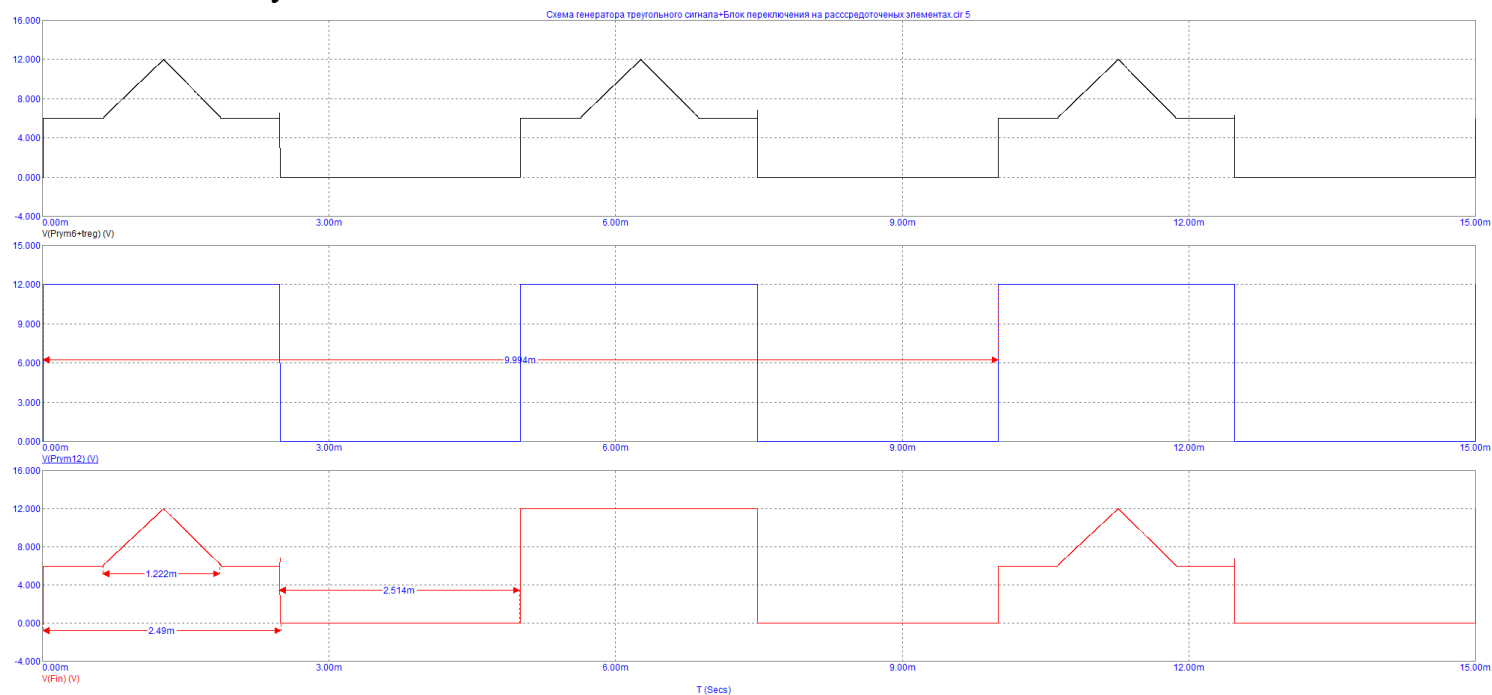


Рисунок 5.3 — Диаграмма работы генератора при $V1=6\text{ В}$

Управляющее напряжение $V1=6\text{ В} > 1\text{ В}$. Длительность прямоугольного импульса равна длительности треугольного $t_u = 2.50\text{ мс}$, длительность паузы $t_n=2.5\text{ мс}$, таким образом, период $T=10\text{ мс}$ что полностью соответствует требованиям технического задания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения курсовой работы был смоделирован генератор, задающий однополярную последовательность импульсов напряжения.

Разработан пакет конструкторской документации.

Полученная модель электронной схемы работает согласно заданию на курсовую работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Амелина М.А., Амелин С.А – Электрон. текстовые дан. – СПб. : Лань, 2014. – 632 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665.
3. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов Под ред. О.П. Глудкина. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – Радио и связь, 2000 – 768 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Разработать генератор однополярных чередующихся импульсов напряжения. Длительность первой ступеньки импульса t_1 равна t_3 , а длительность треугольной вершины t_2 в 2 раза больше, т.е. $t_1=t_3$, а $t_2=2t_1$. Длительность паузы и длительность второго импульса равны, $t_p=t_4=4t_1$. Период этой последовательности импульсов T зависит от внешнего управляющего напряжения $U_{вх}$ и при изменении этого напряжения от 0.1 до 1 В период должен меняться от 1 мс до 10 мс. Если $U_{вх} < 0.1$, то $T=1$ мс, если $U_{вх} > 10$ В, то $T=10$ мс (двустороннее ограничение периода). Амплитуда импульсов $U_{и}=12$ В, сопротивление нагрузки $R_{н}=2$ Ом.

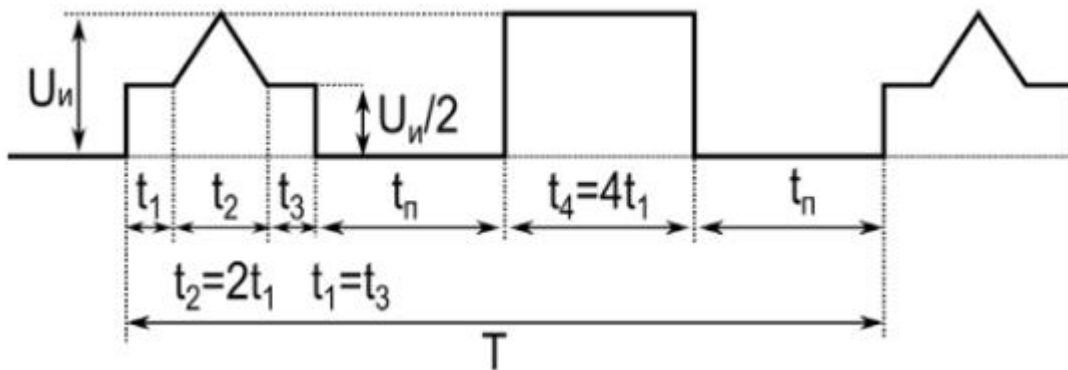
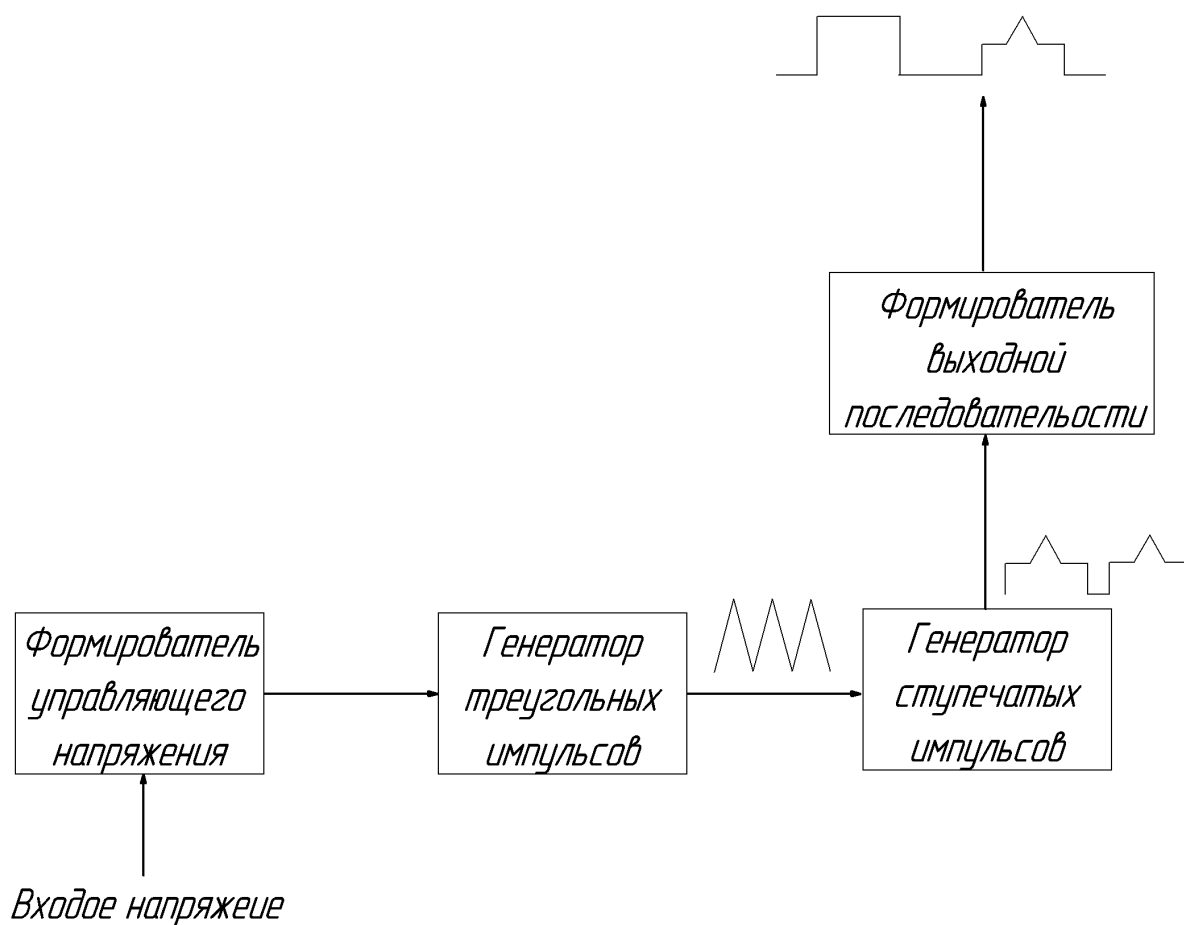


Рисунок 1 — Генератор однополярных импульсов напряжения

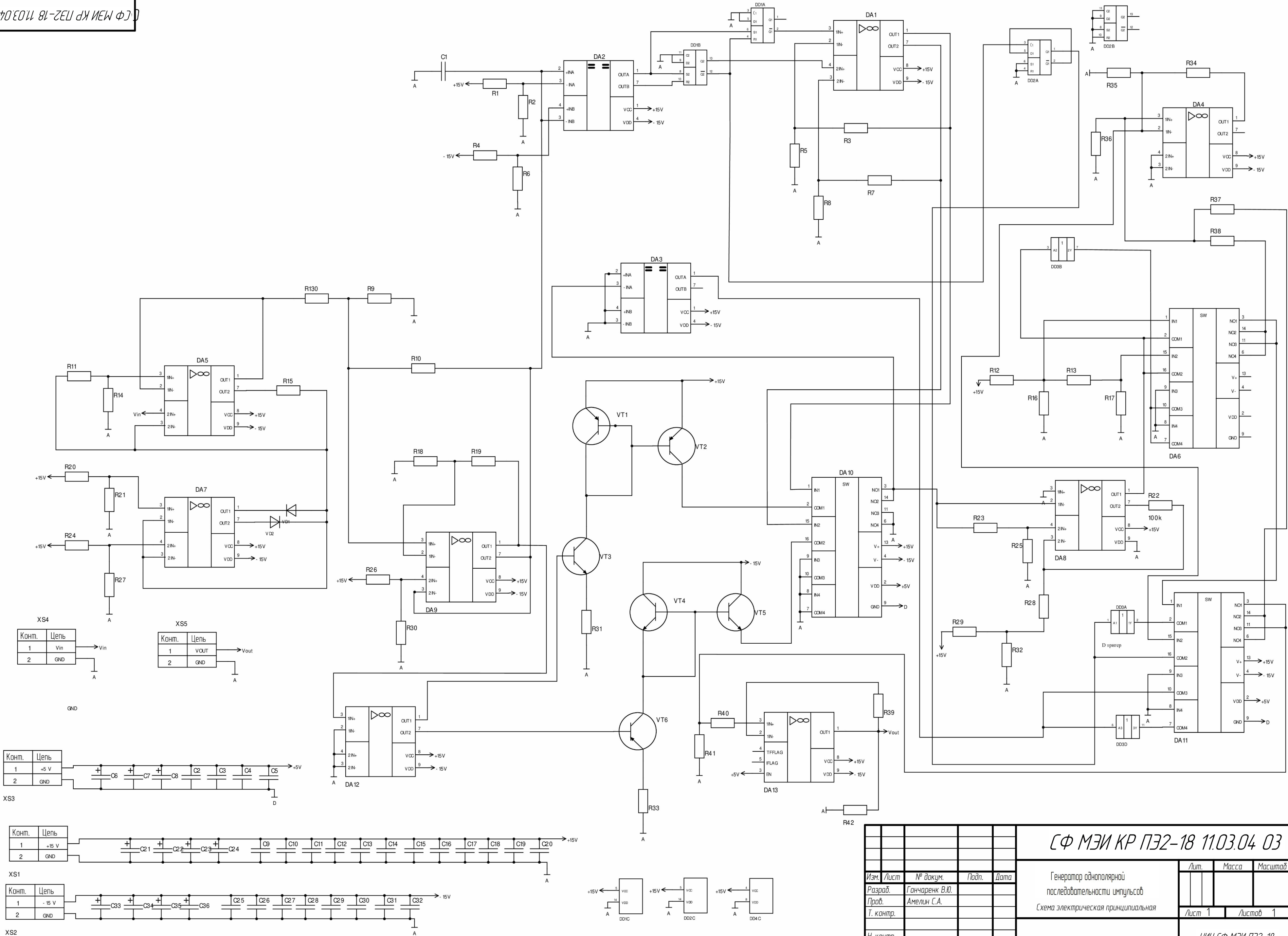
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ГЕНЕРАТОРА



					СФ МЭИ КР ПЭ2-18 11.03.04 03 Э1				
					Генератор однополярной последовательности импульсов напряжения Схема электрическая структурная	Лист		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		у		1:1	
Разраб.		Гончаренко В.Ю.				Лист		Листов 1	
Пров.		Амелин С.А.				Филиал «НИУ «МЭИ» в городе Смоленске ПЭ2-18			
И.контр.									
Н.контр.									
Утв.		Амелина М.А.							

ПРИЛОЖЕНИЕ В
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ГЕНЕРАТОРА

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ГЕНЕРАТОРА



ПРИЛОЖЕНИЕ Е
ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ

СФ МЭИ КР ПЭ2-18 11.03.04 03

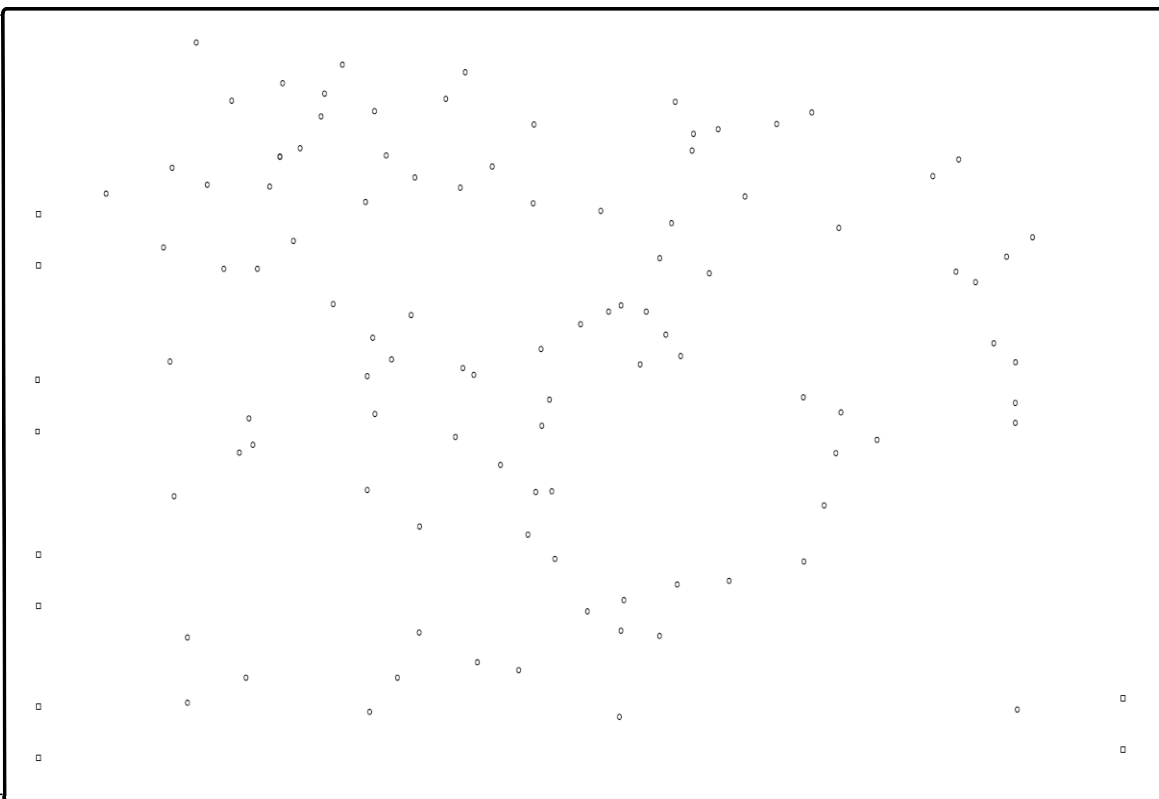
6,3
✓(✓)

Перв. примен.

АБВГ.123456.000

Справ. №

45



85

Символ	Диаметр отверстия, мм	Диаметр контактной площадки, мм	Количество	Наличие металлизации
○	0,5	0,2	145	Есть
□	6,0	4,0	10	Есть

* Размеры для справок

1. Печатная плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79.

2. Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с откл. $\pm 0,1$ мм.

Допускается скругление углов проводников и контактных площадок

3. Элементы печатной платы должны соответствовать чертежам топологии

СФ МЭИ КР ПЭ2-18 11.03.04 03

СФ МЭИ КР ПЭ2-18 11.03.04 01

Изм.	Лист	Гончаренк В.Ю.	Подп.	Дата
Разраб.		Амелин С.А.		
Пров.		Амелин С.А.		
Т.контр.				
Нач. отд.		Амелина М.А.		
Н.контр.		Амелин С.А.		
Утв.		Амелин С.А.		

Плата печатная

Лит.	Масса	Масштаб
У		2:1

Лист 1 Листов 5

Филиал «НИИ «МЭИ»
в городе Смоленске
ПЭ2-18

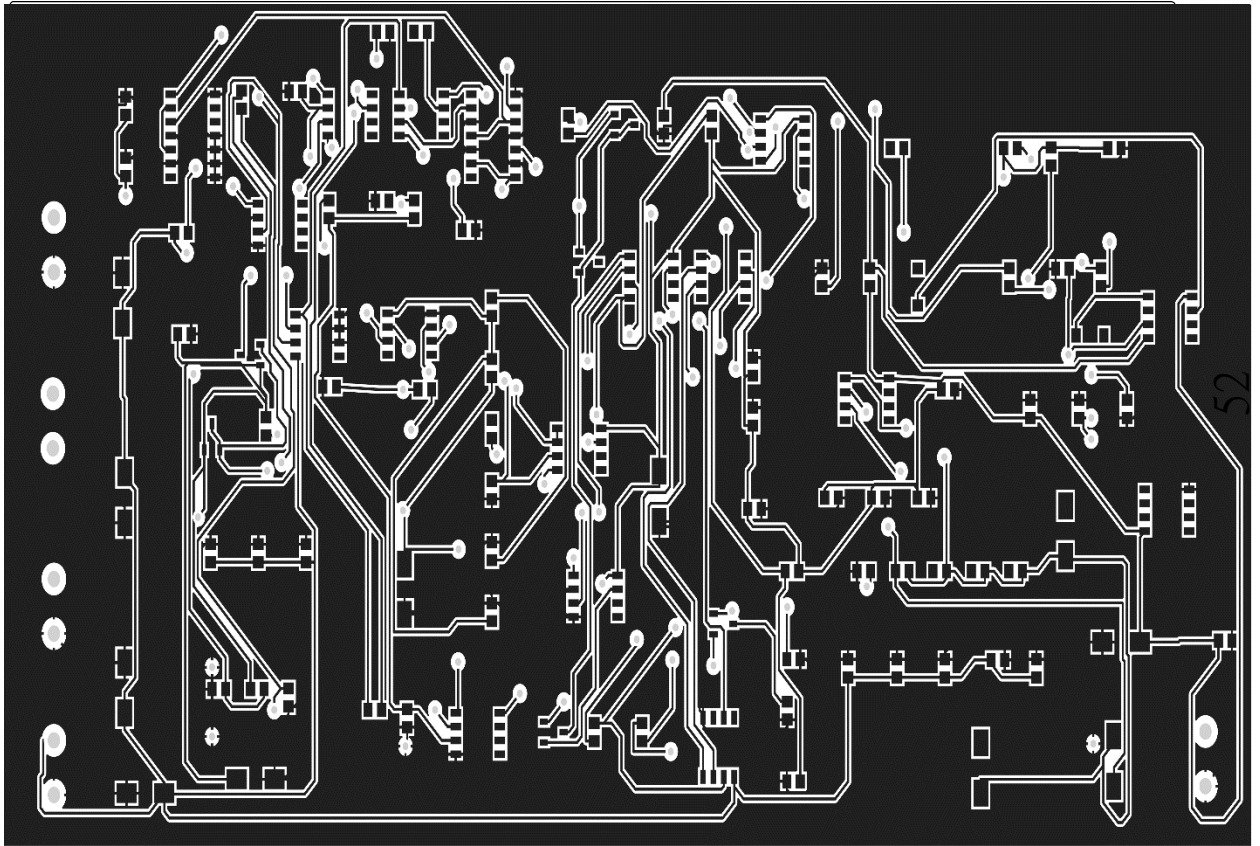
Копировал

Формат А4

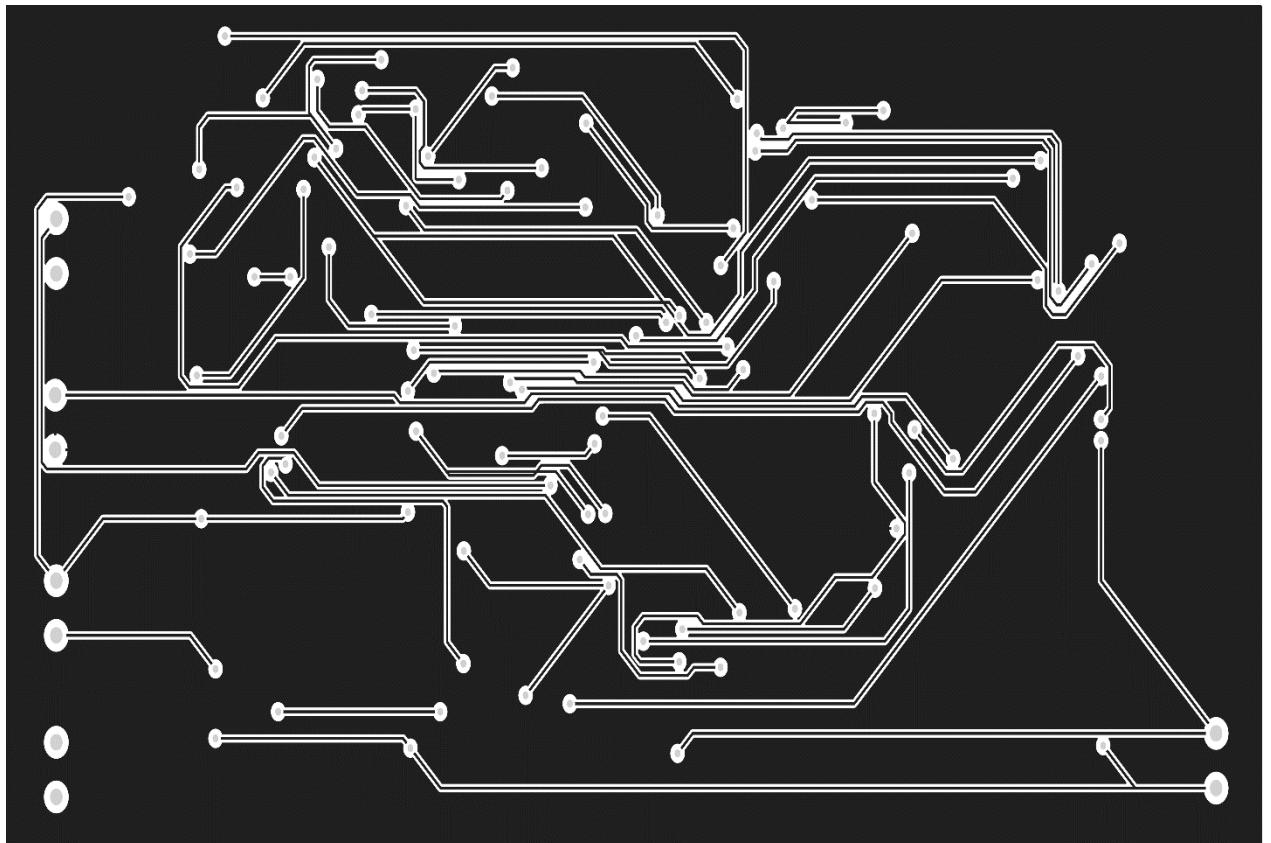
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
СТОРОНА ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

Сторона печатного монтажа

А



Б



Подп. и дата

Инв. № подл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СФ МЭИ КР ПЭ2-18 11.03.04 03

2

Лист

