|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ **Информатика и системы управления**

КАФЕДРА **Компьютерные системы и сети (ИУ6)**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 **Информатика и вычислительная техника;**

**О Т Ч Е Т**

по домашнему заданию № 3.

Название: Мультивибратор на операционном усилителе

Дисциплина: Электроника\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент | ИУ6-43Б |  | 17.05.2024 | В.К. Залыгин |
|  | (Группа) |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |
| Преподаватель |  |  |  | В.А. Карпухин |
|  |  |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |

*2024 г.*

**Цель работы**

Определении номиналов элементов схемы мультивибратора на операционном усилителе, работающего на заданных длительностях полуволн выходного сигнала и , исследовании влияния параметров положительной и отрицательной обратных связей на параметры выходного сигнала: период колебаний , длительность положительного импульсного напряжения , длительность отрицательного импульсного напряжения , амплитуду положительного импульса выходного сигнала , амплитуду отрицательного импульса выходного сигнала , амплитуду положительного импульса на неинвертирующем входе операционного усилителя , амплитуду отрицательного импульса на неинвертирующем входе операционного усилителя , длительность фронта нарастания , длительность фронта спада .

**Часть 1. Расчет номиналов схемы**

**1.1 Задание**

Выполнить расчет номиналов элементов (длительности , заданы индивидуальным вариантом, коэффициент ПОС KПОС = 0,7), привести полученные значения к ряду номиналов радиодеталей Е24. Параметры в соответствии с вариантом задания представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – параметры по варианту

**1.2 Выбор операционного усилителя**

По данному варианту заданы 2 параметра выходного сигнала:

- длительность положительного импульсного напряжения T1 = 9.1мс;

- длительность отрицательного импульсного напряжения T2 = 1.3мс.

Чтобы выбрать необходимый операционный усилитель (ОУ), необходимо учитывать некоторые параметры ОУ из spice-модели:

- SRN – максимальная скорость нарастания отрицательного импульса;

- SRP – максимальная скорость нарастания положительного импульса;

- VPS – максимальное напряжение на выходе ОУ;

- VNS – минимальное напряжение на выходе ОУ.

Необходимо выбрать ОУ, удовлетворяющий выражениям:

Под данные требования подходит ОУ LF351. Его spice-модель представлена на рисунке 2.

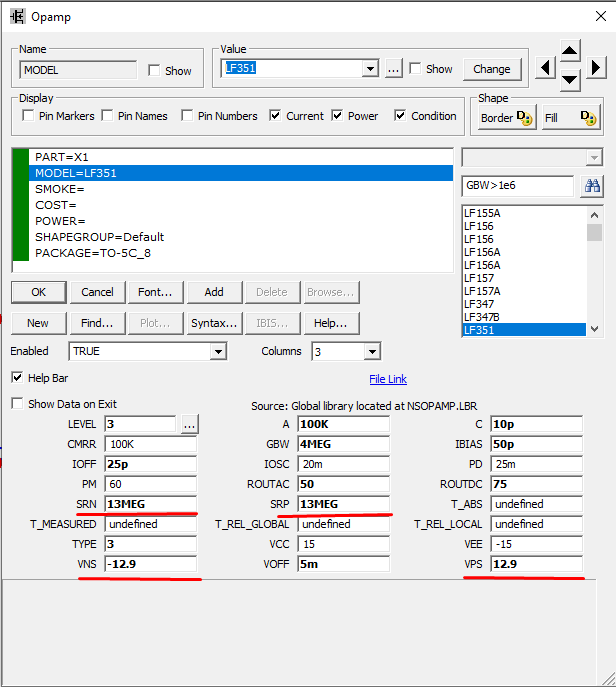


Рисунок 2 – Модель ОУ LF351

Тогда при подстановке характеристик неравенства оказываются верными:

Схема с ОУ представлена на рисунке 3.

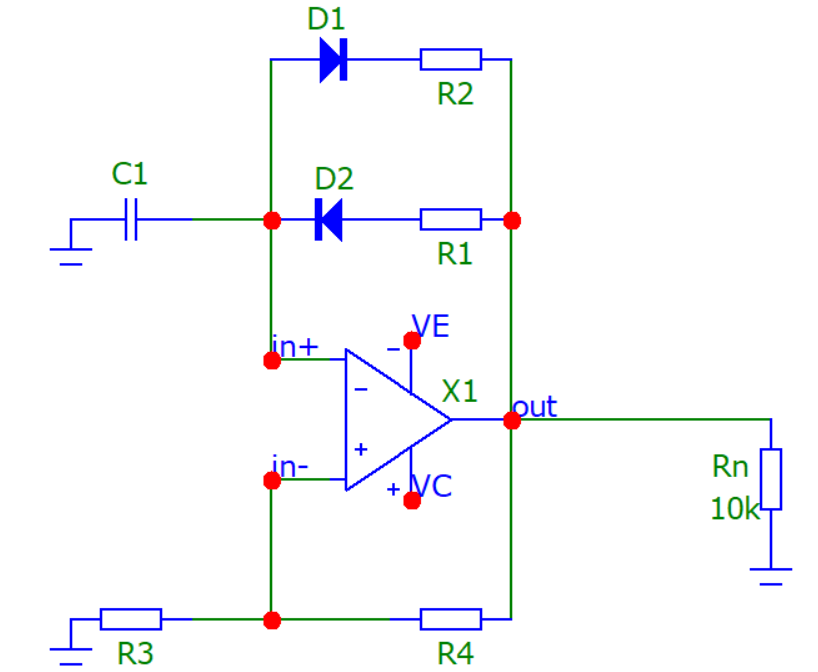


Рисунок 3 – схема с ОУ (точки in+ и in- перепутаны местами)

**1.2 Расчет положительной обратной связи**

Для расчета ПОС выбран ток А. Кпос по условию задан . По характеристикам ОУ .

Тогда значения R3, R4 можно будет найти по формулам:

Для дальнейшей работы необходимо выбрать близкие к вычисленным значения из ряда резисторов E24. Ряд представлен на рисунке 4.

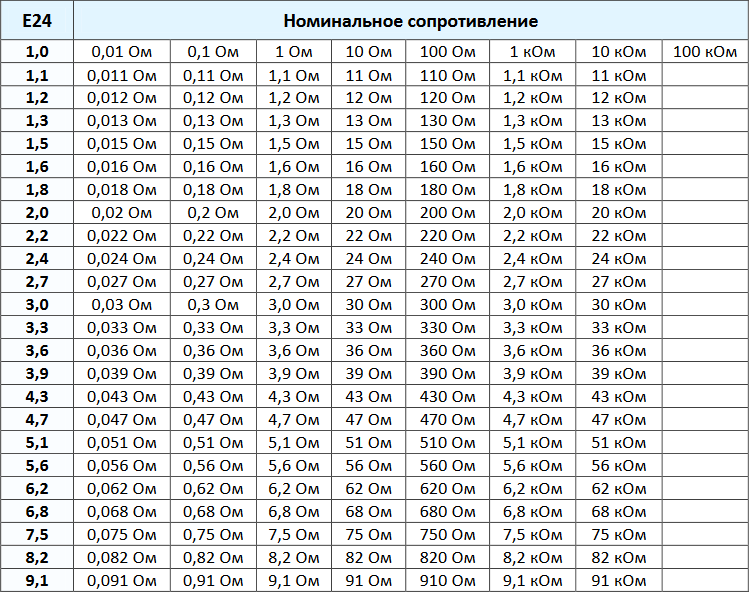


Рисунок 4 – Ряд E24

Из ряда выбраны ближайшие вычисленным значения .

Тогда Кпос будет принимать значение , что достаточно близко к заданному значению.

Для расчета необходимо из spice-модели ОУ взять значения:

Тогда будут иметь значения:

Значения на схеме показаны на рисунке 5.

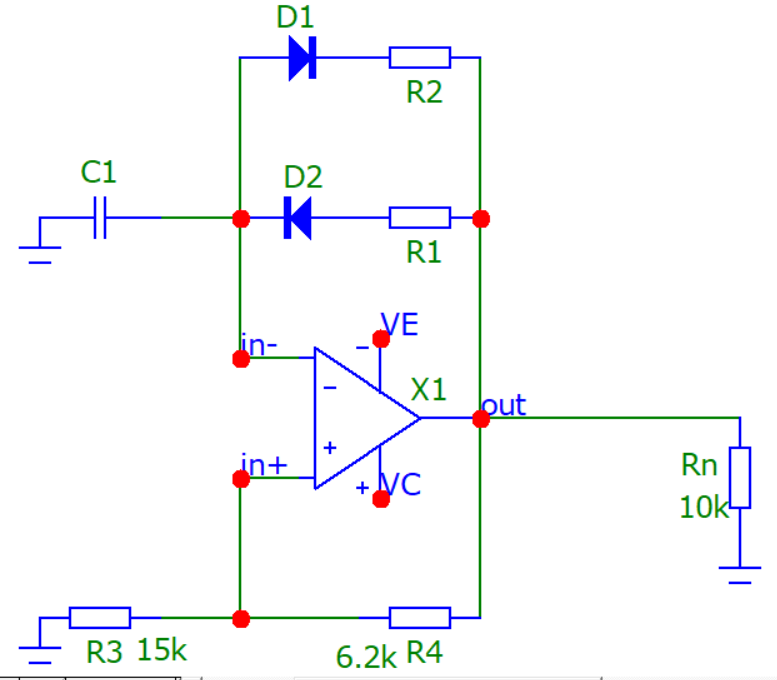


Рисунок 5 – Схема с выставленными значениями для резистивного делителя

**1.3 Расчет отрицательной обратной связи**

Для расчета ООС выбран ток А.

Поскольку длительность положительного импульса T1 больше, чем длительность отрицательного импульса T2, то формулы имеют вид:

Ближайшие значения ряда E24: .

Тогда емкость конденсатора C1 будет рассчитываться так:

По ряду E24 (представлен на рисунке 6) значение

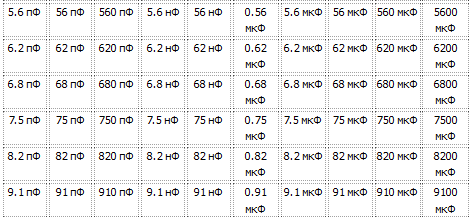


Рисунок 6 – Ряд E24 конденсаторов

Для проверки удовлетворению диодами требований по быстродействию необходимо рассчитать длительность фронтов :

Spice-модель выданного диода представлена на рисунке 7.

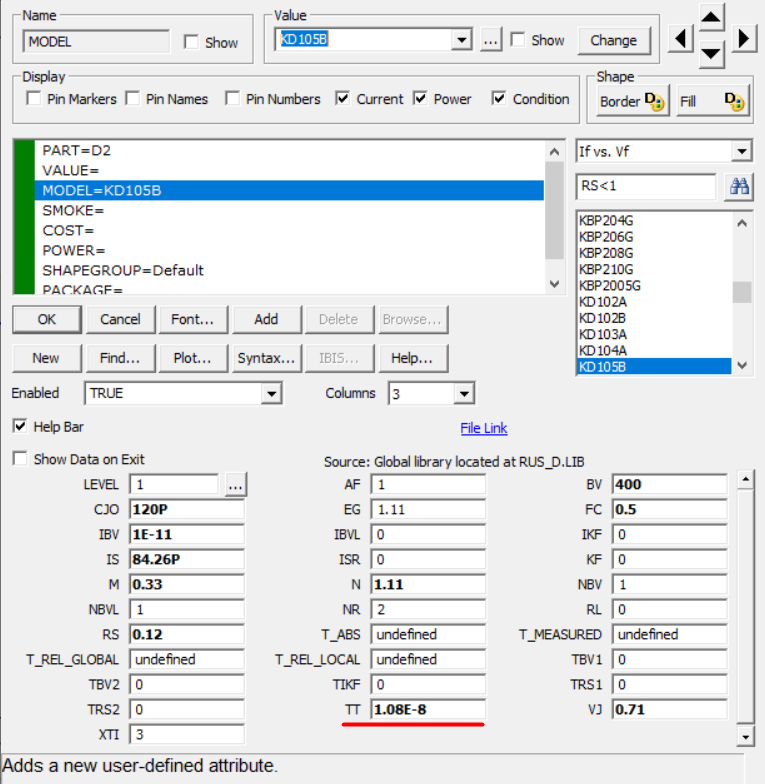


Рисунок 7 – Модель диода

Тогда время переноса зарядов по модели будет . , тогда требование выполнено, данный диод KD105B подходит.

Собранная схема представлена на рисунке 8.

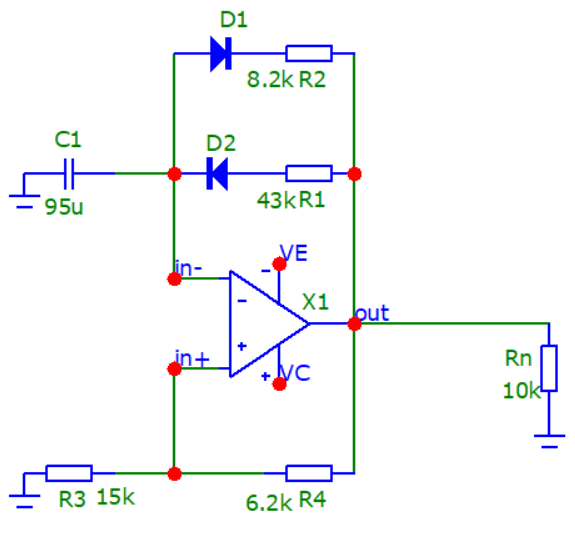


Рисунок 8 – Собранная схема

**Часть 2. АНализ работы схемы**

**2.1 Анализ параметров сигнала**

Для анализа параметров сигнала необходимо провести анализ переходных процессов. Необходимо выставить время работы как 3 периода сигнала:

Тогда время между точками необходимо сделать в 10000 раз меньше:

Параметры для анализа переходных процессов представлены на рисунке 9.

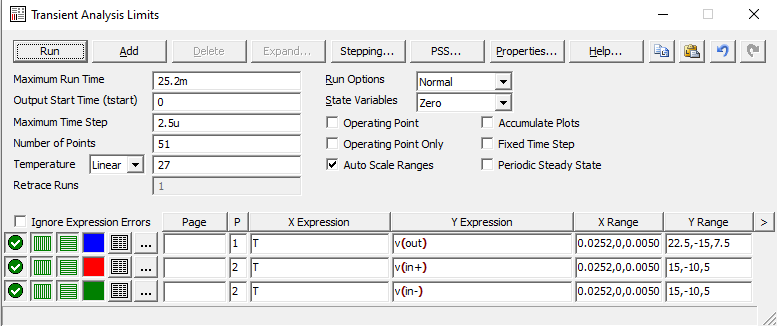


Рисунок 9 – Параметры transient analysis

График представлен на рисунке 10.

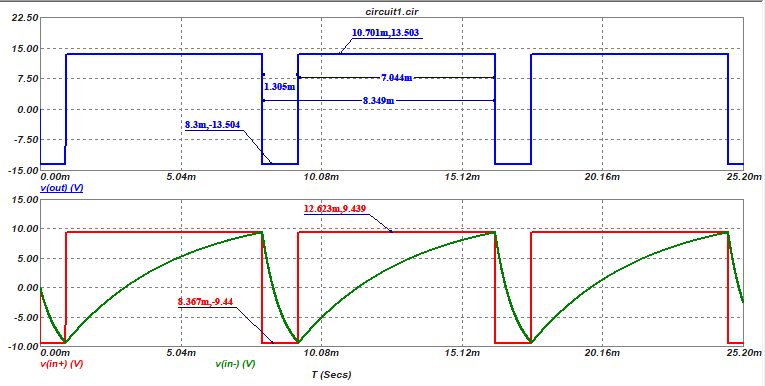


Рисунок 10 – график transient analysis

Полученные и теоретические значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Полученные и теоретические значения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Модель |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
| Теория |  |  |  | 12.9 | -12.9 | 9.1 | -9.1 |  |  |

Так как у выбранного ОУ SRN=SRP, то tфс будет равно tфн:

.

Проверка, что значения T1 и T2, полученные практически находятся в пределах заданной погрешности:

Для T1:

Для T2:

Требования по погрешностям выполнено.

**2.2 Параметры быстродействия**

При приближении графика в момент переключения можно найти фронт спада и фронт нарастания. Для этого необходимо установить курсоры, когда напряжение составляет 90% от амплитудного. На рисунке 11 показан фронт спада, на рисунке 12 показан фронт нарастания.

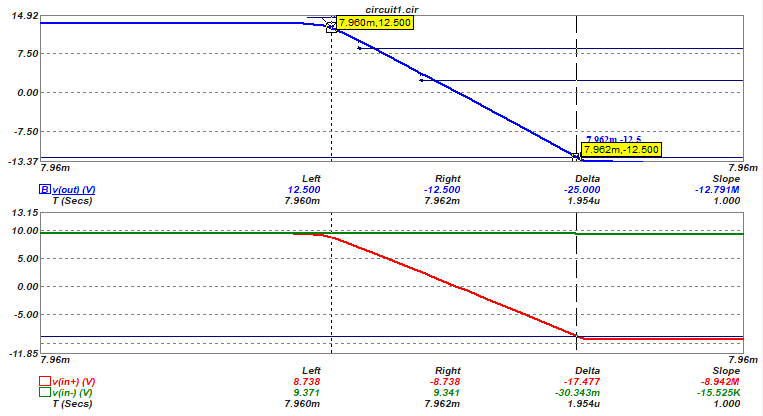


Рисунок 11 – Фронт спада

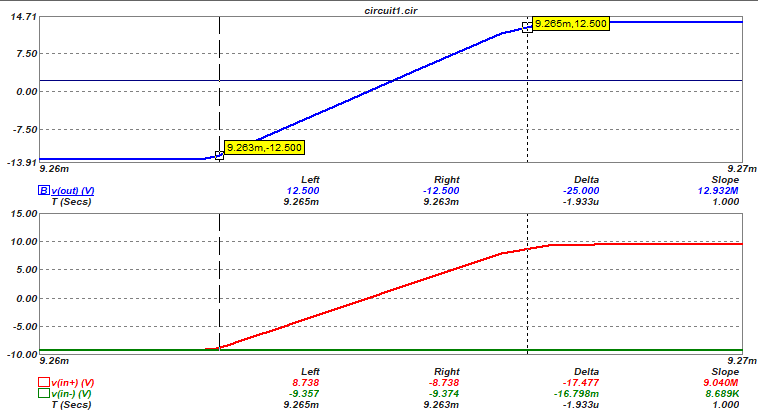


Рисунок 12 – Фронт нарастания

Полученные значения .

Для нахождения tнас необходимо приблизить момент переключения с максимального уровня, установить курсор в точку пересечения графиков и в точку максимального напряжения. Тогда . Момент переключения представлен на рисунке 13.

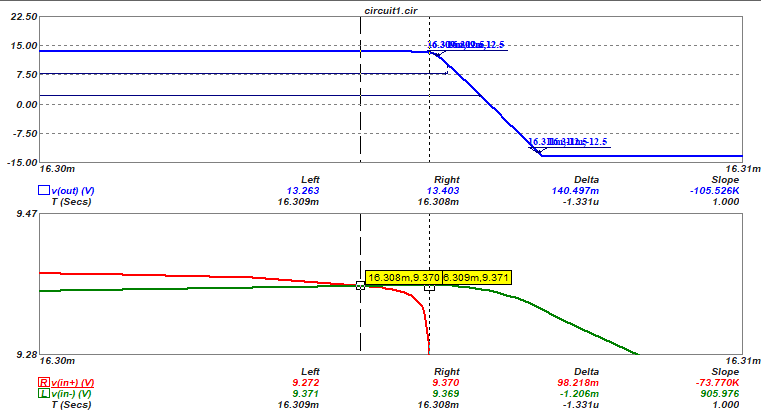


Рисунок 13 – Переключение с максимального уровня

**2.3 Оценка влияния изменения номинала конденсатора на параметры сигналов**

Для оценки необходимо, изменяя номинал конденсатора C1, измерить параметры сигналов на осциллограммах. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры сигналов при различных C1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |

На рисунках 14-17 представлены снятые осциллограммы.

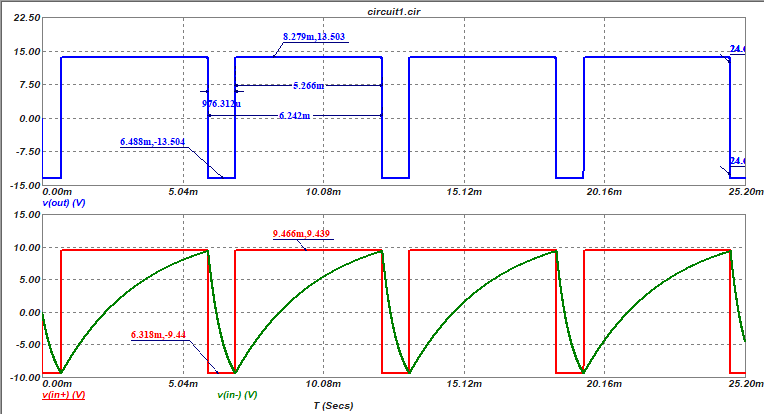


Рисунок 14 – Осциллограмма при 0.75C

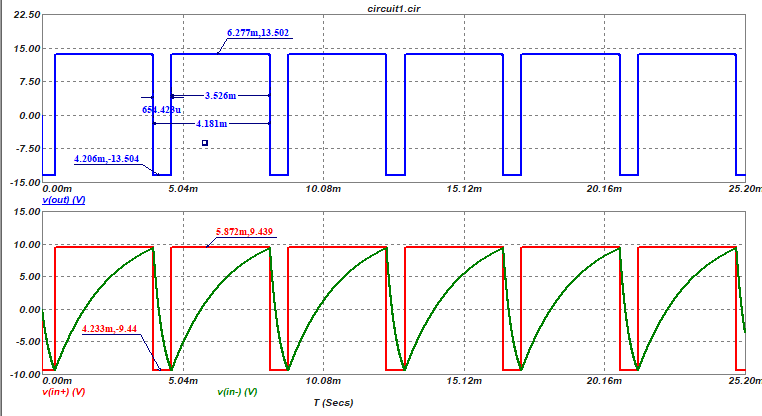


Рисунок 15 – Осциллограмма при 0.5C

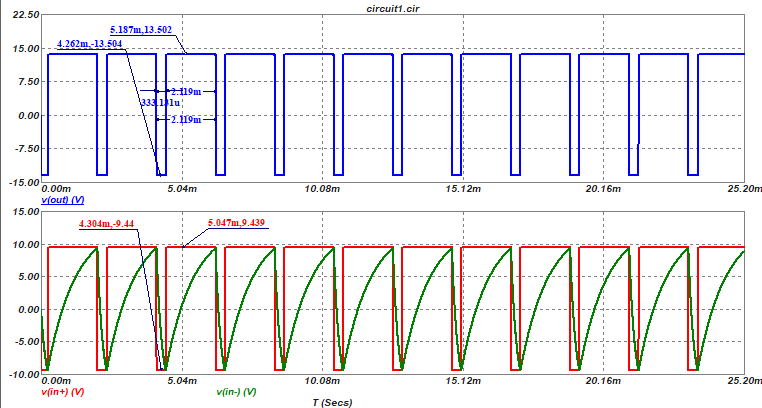


Рисунок 16 – Осциллограмма при 0.25C

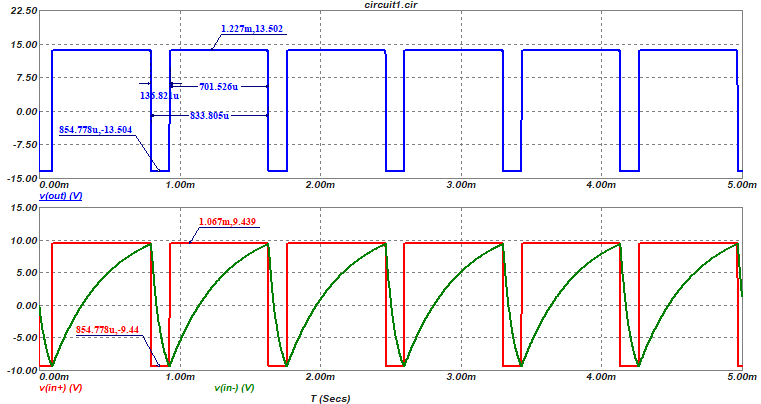


Рисунок 17 – Осциллограмма при 0.1C

Далее необходимо построить графики изменяющихся величин. Их можно построить с помощью библиотеки PyPlot. Графики представлены на рисунках 18-19.

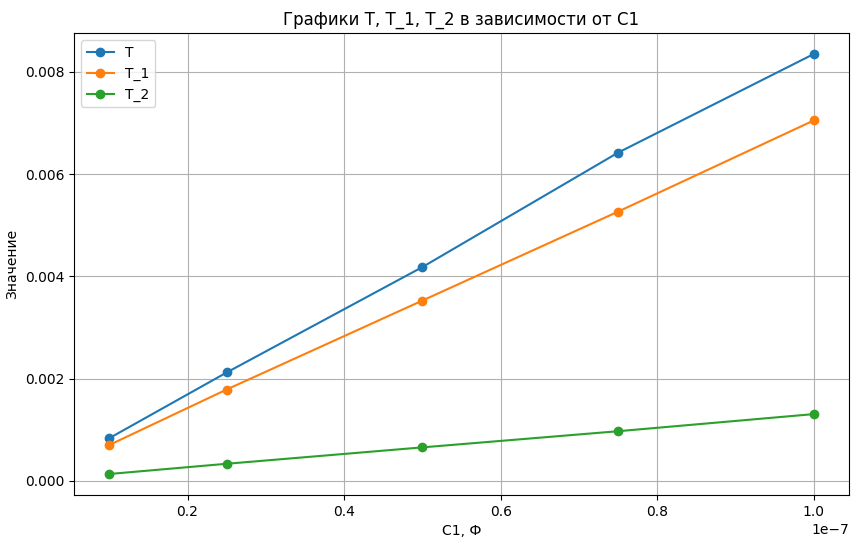


Рисунок 18 – Графики изменения T, T1, T2 в зависимости от C1

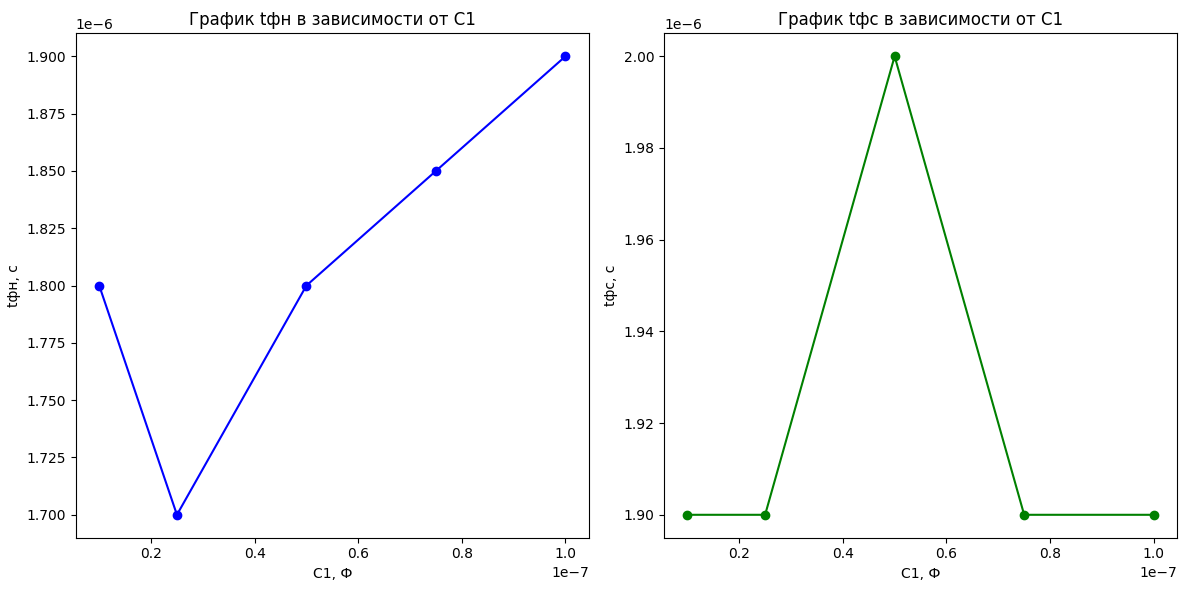


Рисунок 19 – Графики изменения в зависимости от С1

**2.4 Оценка влияния изменения**

Необходимо при изменении К­пос измерить параметры сигналов на осциллограммах. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – значения параметров при различных Кпос

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 9.4 | -9.4 |  |  |
| 0.6 |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 8.1 | -8.1 |  |  |
| 0.5 |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 6.7 | -6.7 |  |  |
| 0.4 |  |  |  | 13.5 | -13.5 | 5.4 | -5.4 |  |  |

На рисунках 20-22 представлены снятые осциллограммы.

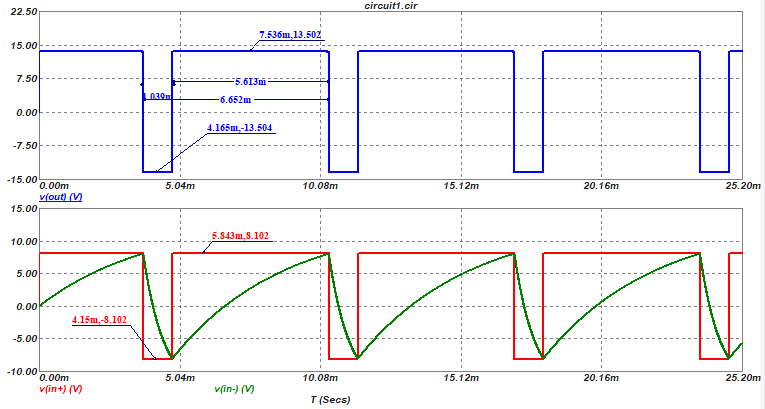


Рисунок 20 – Осциллограмма при C1=0.6 (R3=12.9кОм, R4=8.6кОм)

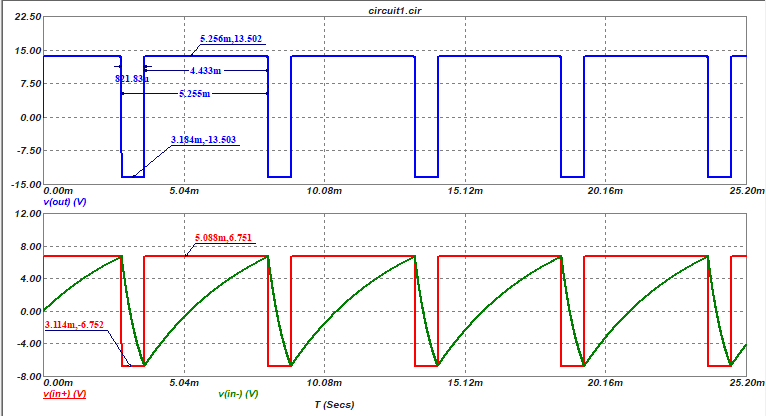


Рисунок 21 – Осциллограмма при C1=0.5 (R3=10.8кОм, R4=10.8кОм)

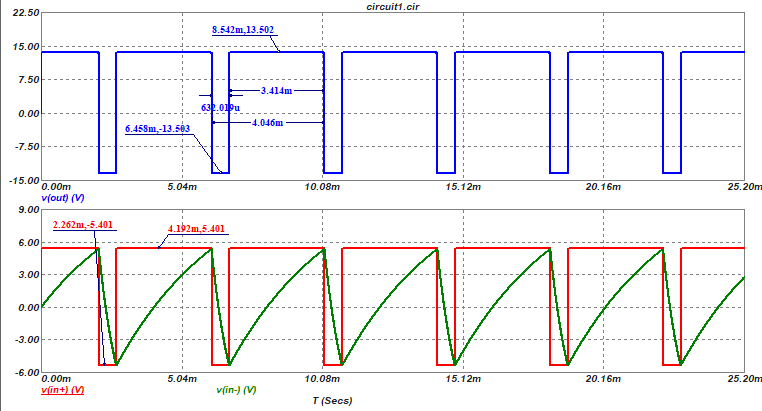


Рисунок 22 – Осциллограмма при C1=0.4 (R3=8.6кОм, R4=12.9кОм)

Графики изменяющихся величин представлены на рисунках 23-25.

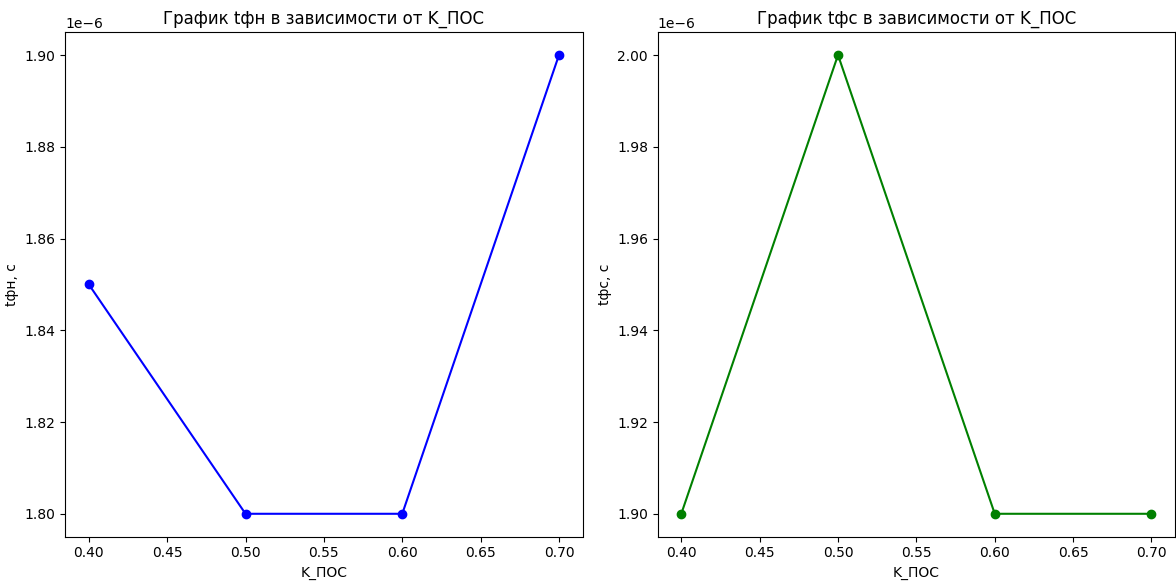


Рисунок 23 **–** Графики изменения в зависимости от

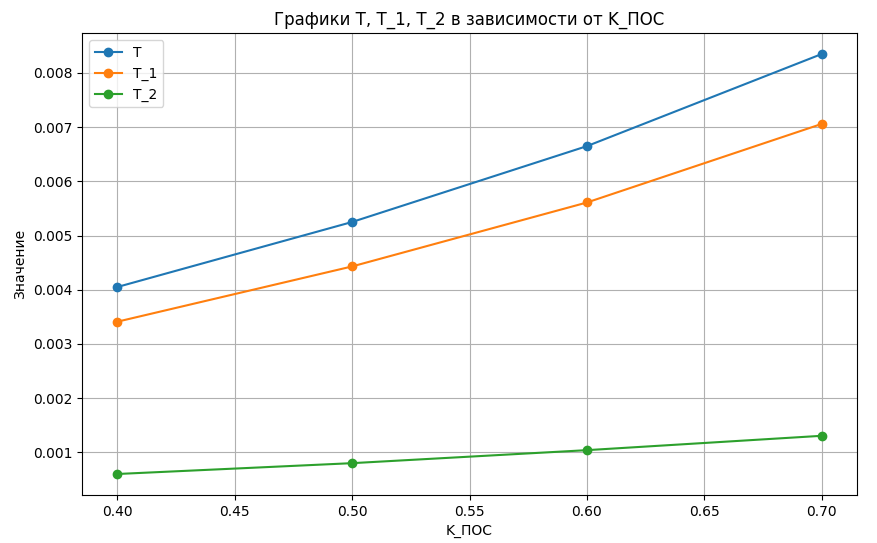


Рисунок 24 **–** Графики изменения в зависимости от

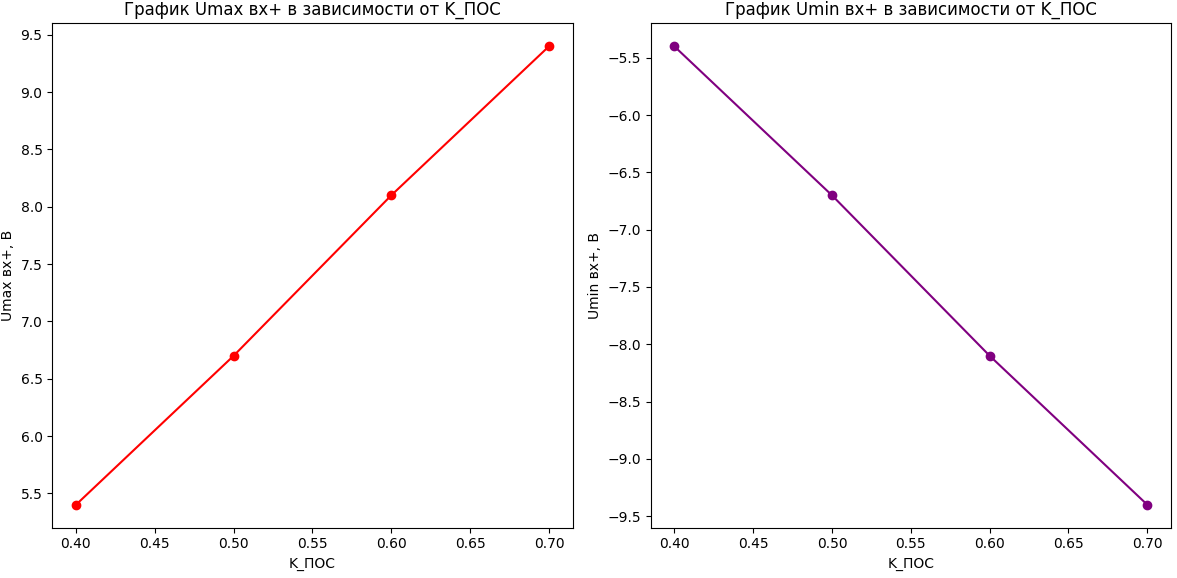


Рисунок 25 **–** Графики изменения в зависимости от

**вывод**

В работе было выполнено построение схемы мультивибратора на операционном усилителе, а также проведена оценка схемы.

Для построения схемы был выбран операционный усилитель (LF351), удовлетворяющий требованиям, а также рассчитаны значения остальных элементов схемы (R1=43кОм, R2=7.9кОм, R3=16кОм, R4=5.2кОм, C1=91нФ). Построена осциллограмма сигналов и вычислены отклонения. Отклонения времени интервалов составляют 0.5-0.7% от теоретических значений, что удовлетворяет требованию задания.

Для выполненной схемы оценки значения сигнала, параметров быстродействия, влияния изменения емкости конденсатора и влияния изменения параметра Кпос представлены ниже:

1) Полный период T=8.35мс. Интервал положительного сигнала T1=7.05мс, интервал отрицательного сигнала T2=1.3мс. Максимальное выходное напряжение по модулю Umaxмодвых=13.5В при максимальном по модулю входном Umaxмодвх=9.4В;

2) Время фронта нарастания 1.9мкс, фронта спада – 1.9мкс. Время переключения с максимального уровня 1.33мкс;

3) При уменьшении емкости конденсатора значительно изменяется период схемы. Так, при емкости в 10% от номинальной период сокращается в 10 раз (с 8.3мс до 0.83мс). Графики показывают линейную зависимость периода от емкости. Остальные параметры не изменяются или изменения на уровне погрешности;

4) При уменьшении параметра Kпос происходит сокращение периода положительного сигнала (отрицательный изменяется слабо).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

1. Методические указания к 3-му домашнему заданию «Мультивибратор на операционном усилителе». Ст. преподаватель Трубачёв Е.А;
2. Шаблон к домашнему заданию «Мультивибратор на операционном усилителе»;
3. Справочные материалы (Ряд номиналов радиодеталей Е24);
4. Таблица вариантов домашнего задания №3;
5. Библиотека компонентов Micro-cap.