



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 «Программное обеспечение ЭВМ и информационные
технологии»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6
«ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЮЧЕВОЙ СХЕМЫ НА БИПОЛЯРНОМ
ТРАНЗИСТОРЕ»

по курсу «Основы электроники»

Студент: Беляк Софья Сергеевна

Группа: ИУ7-32Б

Вариант: 52

Студент

Беляк С.С.

Преподаватель

Оглоблин Д.И.

Оценка _____

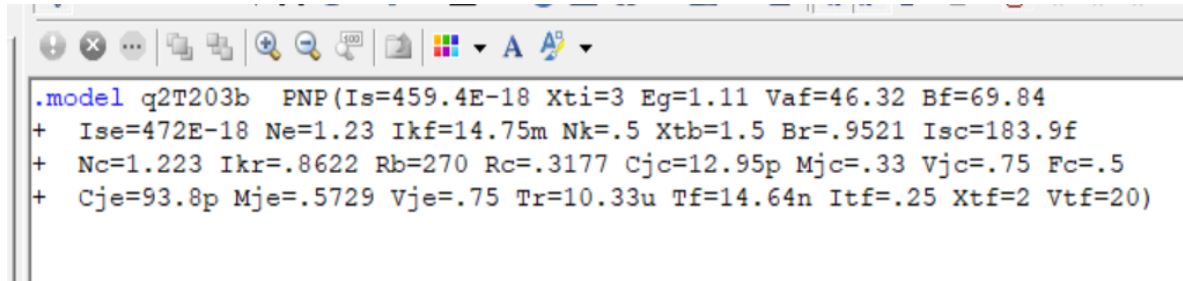
2023 г.

Цель работы

Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях.

Параметры диода

Для работы используется биполярный транзистор q2T203b, который был предварительно добавлен в microcap.



Эксперимент 1

Ключ на биполярном транзисторе

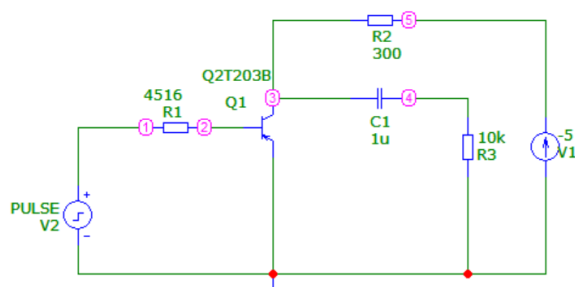
Перед построением схемы произведем расчет инвертора на БТ. Рассчитаем сопротивление в цепи базы транзисторного ключа, при котором транзистор находится в состоянии насыщения. Используем данные из лабораторной работы 5, $U_b = U_{кэ} = 0.084$, $K = 175$.

Поскольку транзистор находится в состоянии насыщения, то ток коллектора будет равен: $I_{к_нас} = (E_k - U_{кэ}) / R_k = (5 - 0.084) / 300 \approx 16.4 \text{ mA}$

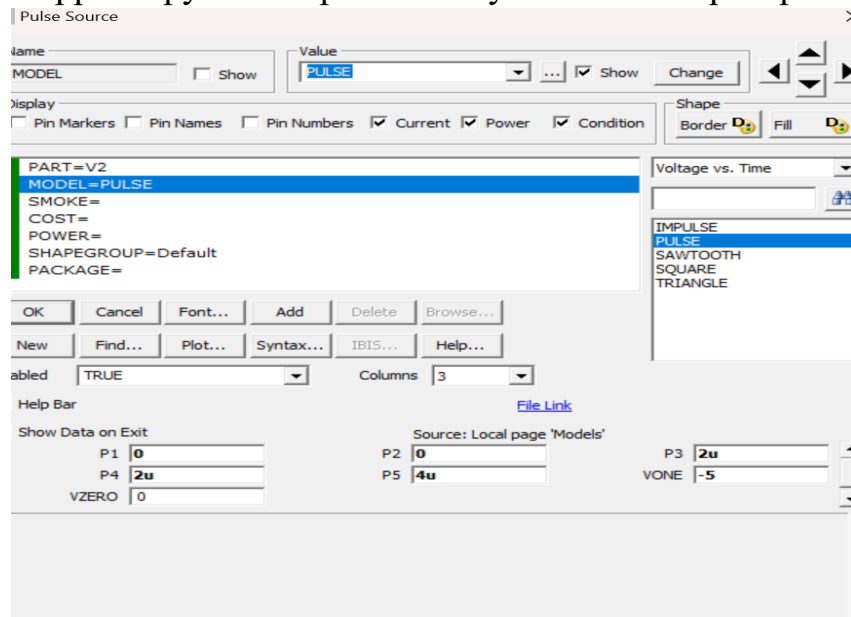
Минимальный ток базы, при котором транзистор переходит в насыщение: $I_{б_нас} = I_{к_нас} / K = 16.4 / 175 = 0.093 \text{ mA}$

Транзистор включается при $U = 0.8 \text{ V}$. Тогда сопротивление резистора в цепи базы, обеспечивающее коэффициент насыщения: $R = (E_k - 0.8) / I_{б_нас} = 4.2 / 0.093 \text{ mA} \approx 4516 \text{ ohms}$

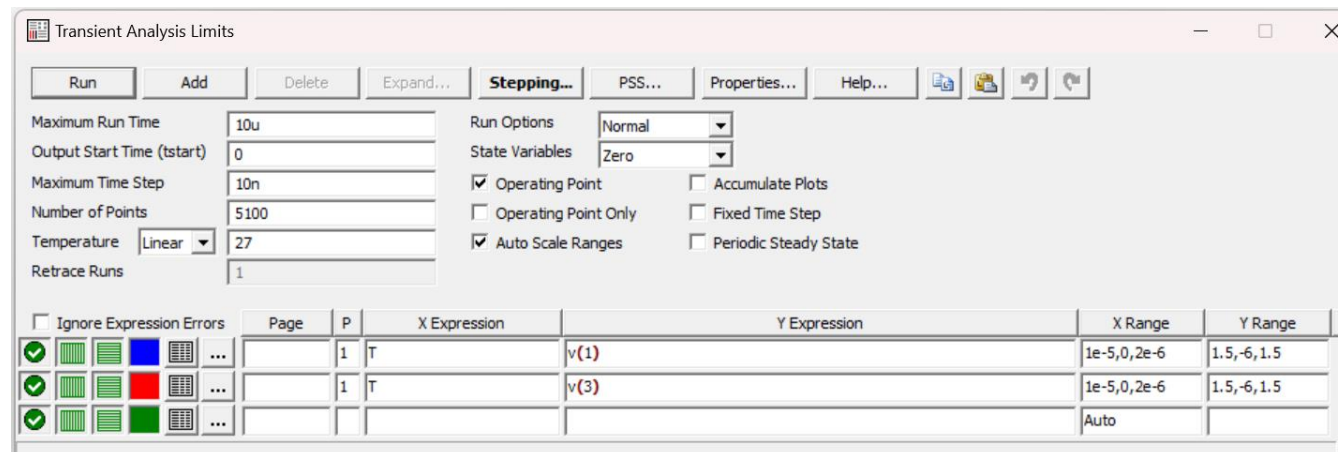
Построим схему, обеспечивающую степень насыщения 1:



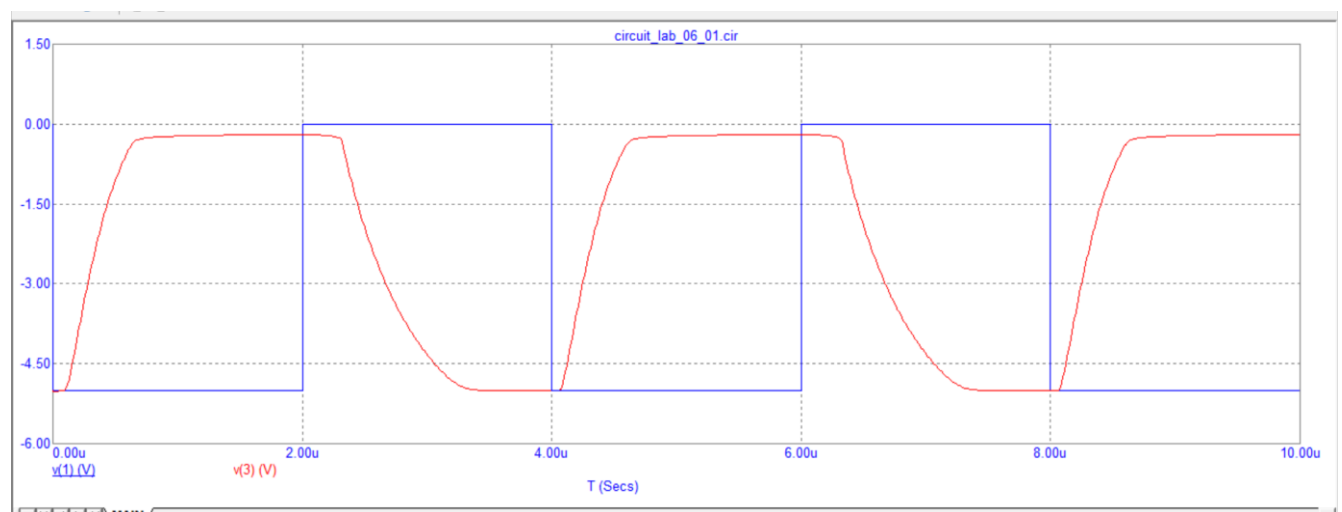
Корректируем настройки импульсного генератора:



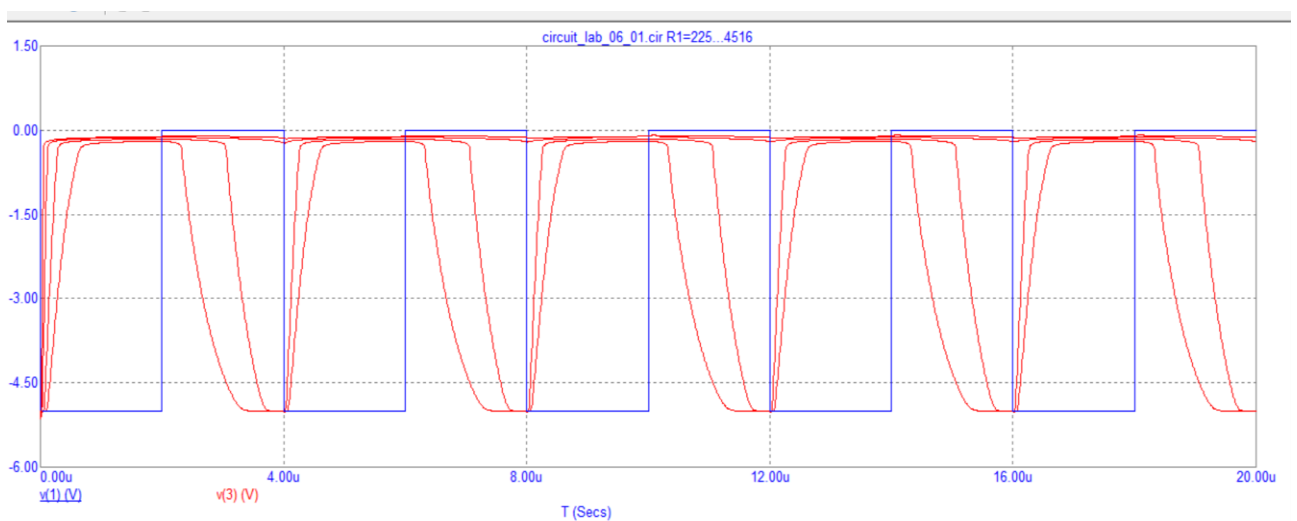
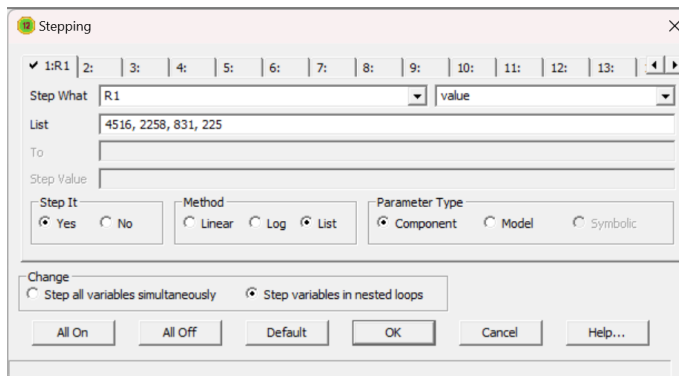
Настраиваем временный анализ для получения выходного импульса:



Выводим график выходного импульс при степени насыщения = 1:

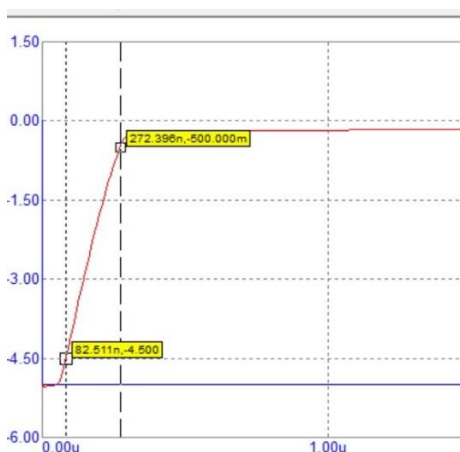


Получаем аналогичные графики для степени насыщения $s = 2, 5, 20$. Степень насыщения изменяем за счёт уменьшения значения сопротивления резистора R_b при использовании Stepping.



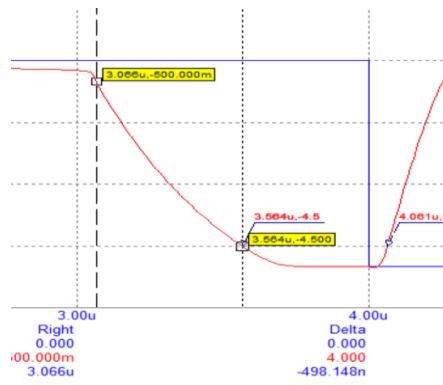
Определяем на временных диаграммах длительности переднего и заднего фронтов, время рассасывания и напряжение на коллекторе транзистора в режиме насыщения:

Передний фронт: $272 - 82 = 190$ наносекунд

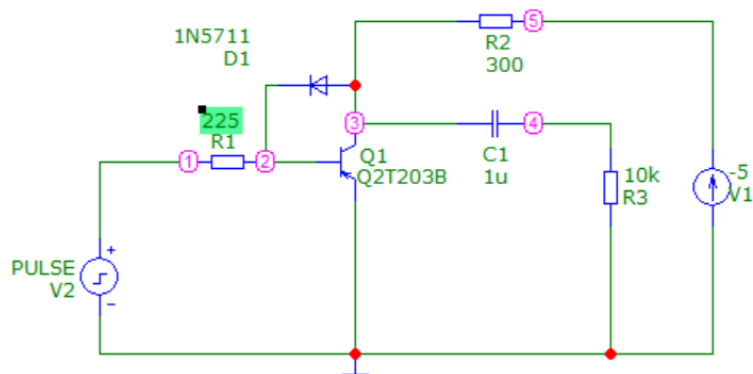


Задний фронт:

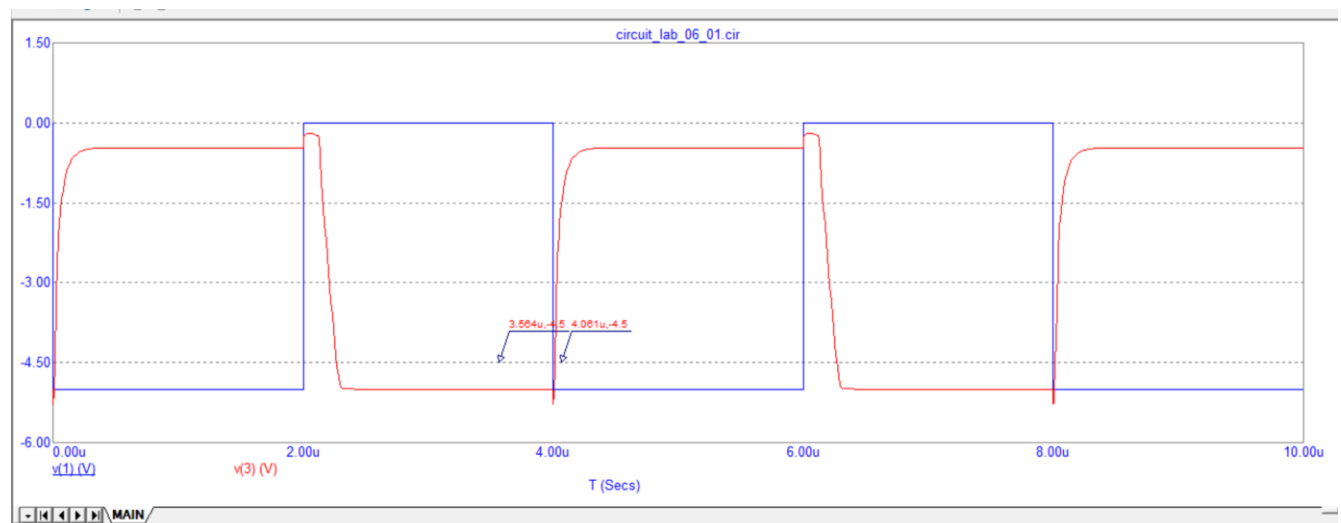
$3.564 - 3.066 = 500$ наносекунд



Установим диод Шоттки для степени насыщения $s = 20$ по приведенной схеме:



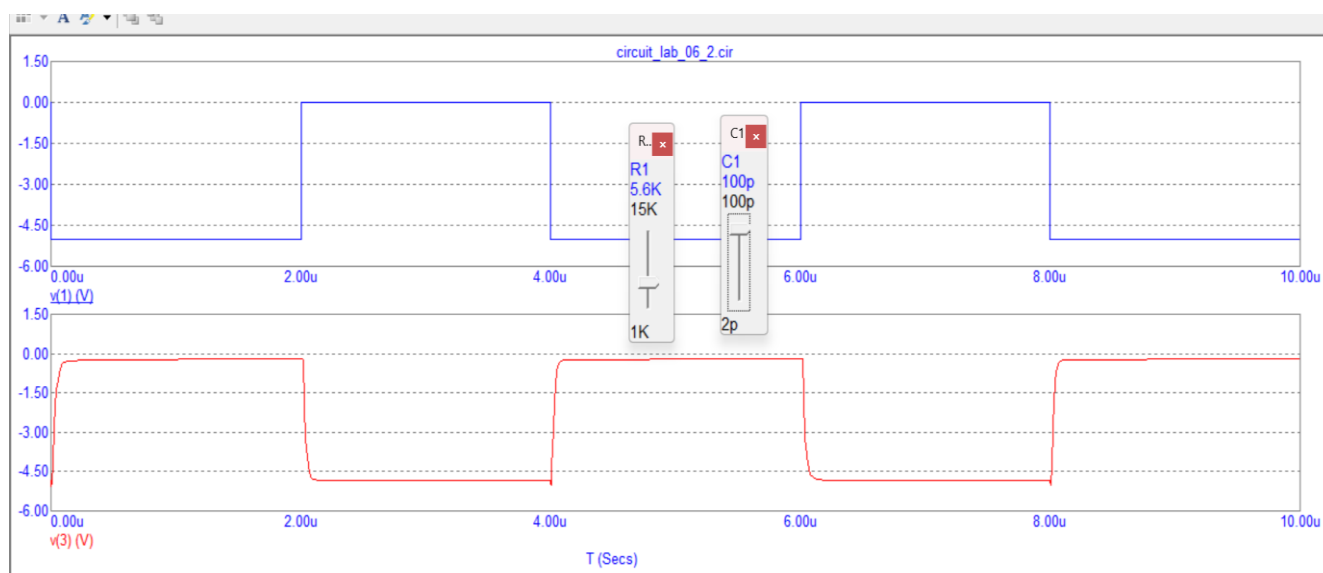
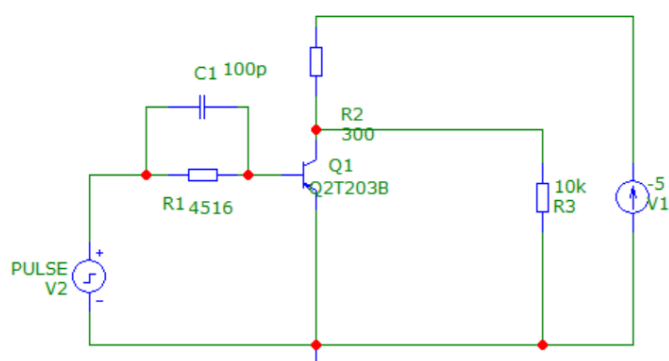
Продemonстрируем уменьшение времени рассасывания заряда в базе:



Эксперимент 2

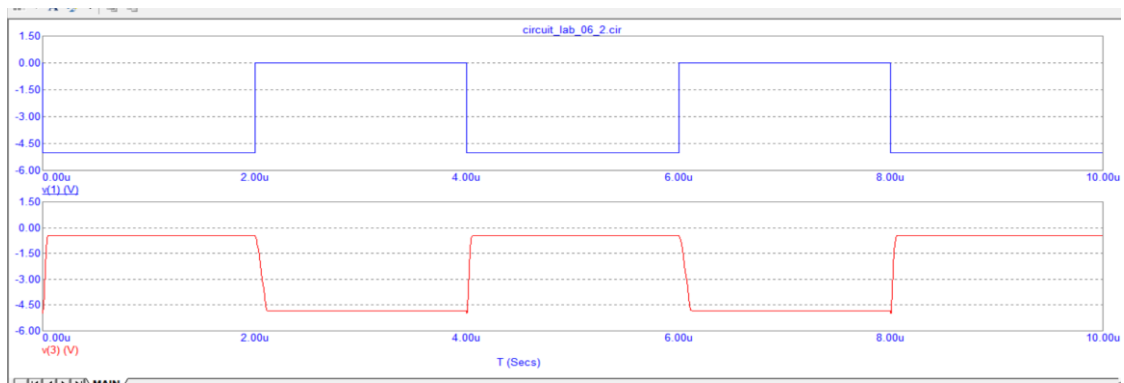
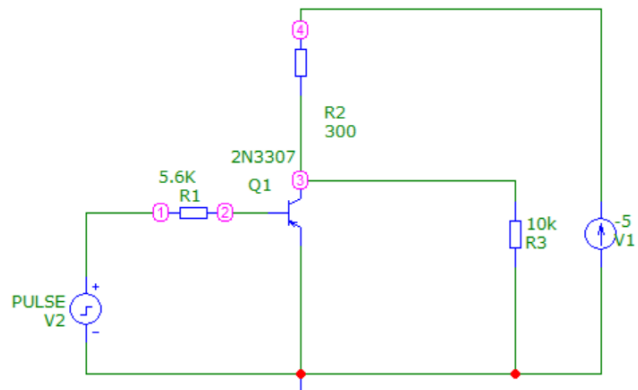
Повышение быстродействия ключа на биполярном транзисторе

Подберем сопротивление R_b и емкость форсирующего конденсатора на схеме, чтобы обеспечить максимальное укорочение переднего и заднего фронтов импульса. Искать R_b будем в диапазоне 1k – 15k Ом, а ёмкость – в диапазоне 2 - 100 пФ.

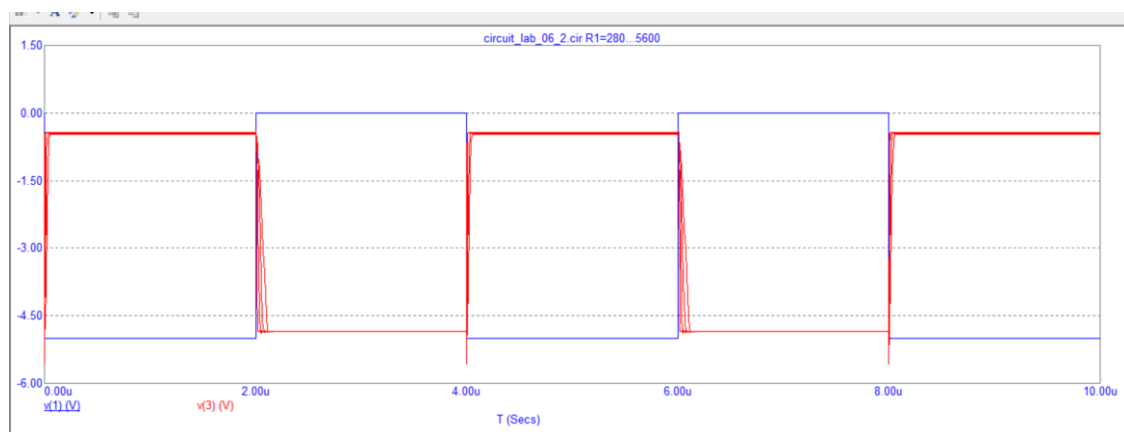


В итоге мы приходим к оптимальным значениям параметров: $R_b = 5,6k$ Ом, $C1 = 100$ пФ.

Заменим транзистор на 2N3307:



Найдем выходной импульс при степенях насыщения 1, 2, 5, 20 для транзистора 2N3307:

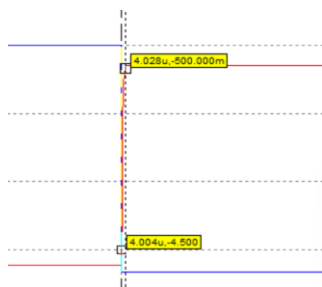


Задний фронт:



$$2.063 - 2.007 = 6 \text{ наносекунд}$$

Передний фронт:



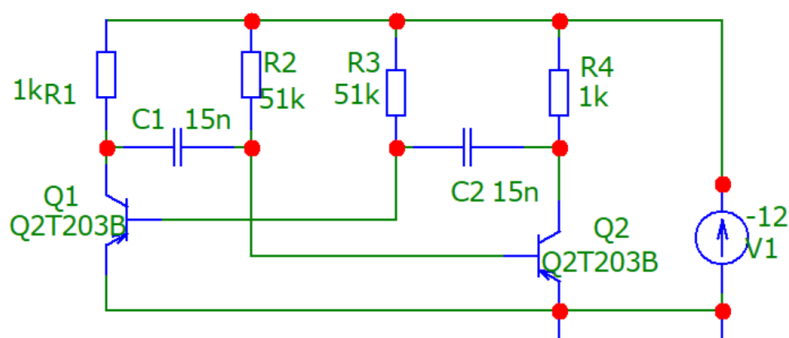
$$4.028 - 4.004 = 24 \text{ наносекунды}$$

По графикам мы видим, что показатели, характеризующие функцию инвертирования, у разных транзисторов различны.

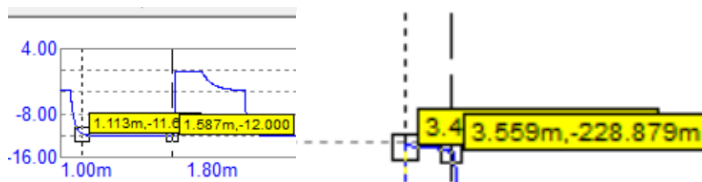
Эксперимент 3

Изучение влияния обратных связей в ключевой схеме на биполярном транзисторе

Проведем анализ работы симметричного транзисторного мультивибратора. Построим схему симметричного транзисторного мультивибратора.



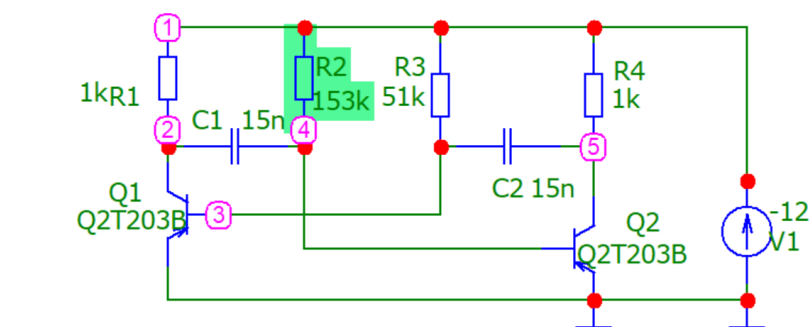
Получим осциллограммы напряжений в мультивибраторе:



Используя слайдеры на графике, определяем параметры импульсов транзистора:

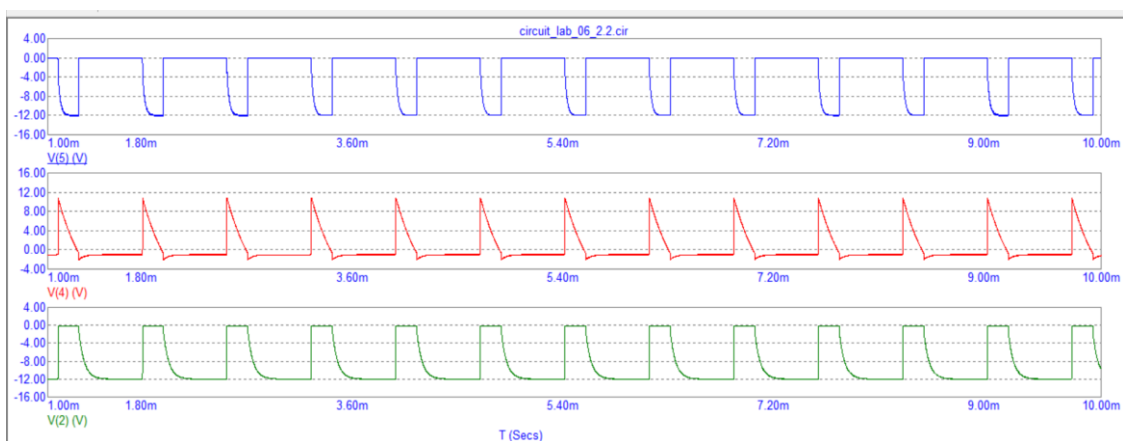
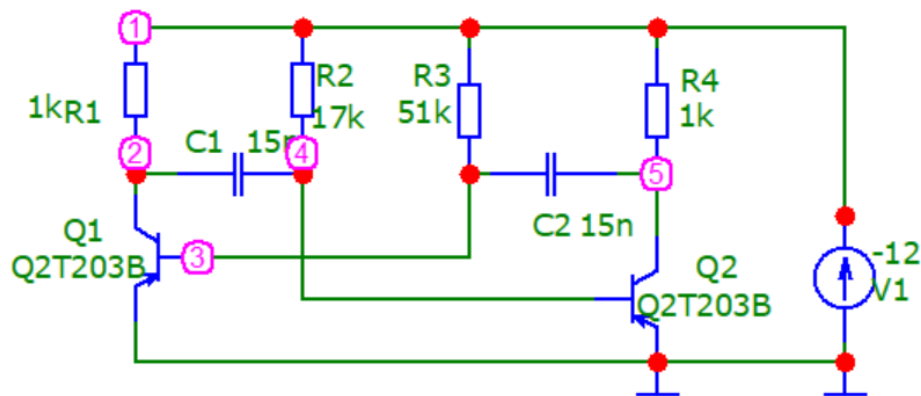
- Напряжение в открытом состоянии приблизительно равно 0.05 В.
- Напряжение в закрытом состоянии приблизительно равно -12 В.
- Время в открытом состоянии составляет около 475 мкс.
- Время в закрытом состоянии составляет около 150 мкс.

Увеличиваем длительности импульсов: значение R2 увеличено в 3 раза.

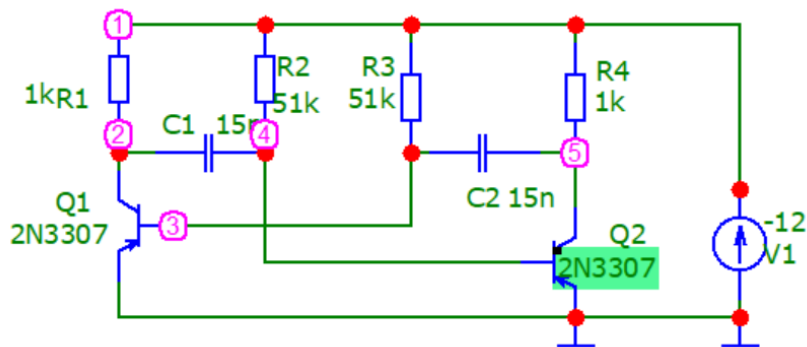




Теперь уменьшаем длительность импульсов, значение R2 уменьшено в 3 раза:



Определим, оказывает ли транзистор влияние на период колебаний. Для этого внесем в схему два других транзистора и выполним временной анализ при тех же параметрах.



На графике видим изменение длительности импульсов по сравнению с исходным транзистором. Таким образом, можно сделать вывод, что замена транзистора влияет на длительность колебаний.

Контрольные вопросы к эксперименту 6

1. Какие элементы имеют основное влияние на частоту мультивибратора?

Основное воздействие на частоту мультивибратора оказывают транзисторы, цепочки ёмкостей и сопротивлений базы, представленные на схеме симметричного транзисторного мультивибратора в виде цепочек $R3C1$ и $R4C2$.

2. Как влияет замена транзистора на параметры колебания? Замена транзистора приводит к изменению длительности импульса и напряжения на коллекторе в открытом состоянии.

Чем отличается работа математической модели мультивибратора от реального устройства? Математическая модель мультивибратора требует нарушения баланса в плечах для возможности генерации колебаний, в отличие от реального устройства, где нарушение баланса может происходить при наличии различных факторов, таких как несовершенство компонентов, температурные эффекты и другие нелинейности, которые могут влиять на работу мультивибратора.

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены основные принципы работы симметричного транзисторного мультивибратора. Был проведен анализ влияния различных параметров на характеристики колебательной системы. Исследование ключевой схемы на биполярном транзисторе позволило выявить значительное влияние обратных связей на параметры транзисторного ключа. Эксперименты также подтвердили, что оптимизация обратных связей способствует повышению быстродействия ключа.