



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» (ИУ)

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии» (ИУ7)

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6

«УСИЛИТЕЛИ»

по курсу:

«ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Вариант: 51

Студент:

Авдейкина Валерия Павловна, группа ИУ7-33Б

(подпись, дата)

Руководитель:

Преподаватель РК6

Оглоблин Дмитрий Игоревич

(подпись, дата)

(подпись, дата)

Оценка: _____

2022 г.

Цель и задачи работы

Цель работы: получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных и ключевых устройств на биполярных и полевых транзисторах.

Характеристики транзистора

!!! По договоренности с преподавателем в ходе:
эксперимента 5 будет исследоваться транзистор **2N910** из
библиотеки Micro-Cap 12

Для остальных экспериментов будет использоваться транзистор из варианта
№51 (рис. 1):

```
.MODEL q2T201b NPN (BF=87.26 IS=158.1f VAF=62.37)
Ne=10.51
+ Ise=2.569u Ikf=.3751 Xtb=1.5 Br=.1259 Nc=2 Isc=2.196n Ikr=.37
+ Rb=80 Rc=15 Cjc=17.75p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=39.43p Mje=.33
+ Vje=.75 Tr=862.1n Tf=3.205n Itf=80m Vtf=30 Xtf=1.5)
```

Рисунок 1. Транзистор 51 вариант

Выполнение

Эксперимент 4: «Ключ на биполярном транзисторе»

(1) Рассчитаем схему ключа на биполярном транзисторе при степени насыщения $S = 1$. Для этого определим зависимость сопротивления базы R_b от степени насыщения S .

Исходные данные: $R_k = 510 \text{ Ом}$, $E_k = 5 \text{ В}$, $U_{вх} = 5 \text{ В}$, $U_{кэ} \approx 0,2 \text{ В}$ (в режиме насыщения) $\Rightarrow I_{кнас} = (E_k - U_{кэ}) / R_k = 4,8 \text{ В} / 510 \text{ Ом} \approx 9,4 \text{ мА}$.

$U_{бэ} \approx 0,7 \text{ В}$ (кремниевый транзистор), коэффициент усиления определяем по данным транзистора (аналогично тому, как это делалось в л/р №5, рис. 2):
 $\beta = 151$

\Rightarrow Минимальный ток базы для перехода в режим насыщения: $I_{бнас} = I_{кнас} / \beta = 9,4 \text{ мА} / 151 \approx 0,062 \text{ мА}$

\Rightarrow При $S = 1$: $R_b = (5 - 0,7) / (1 * 0,062) = 69 \text{ кОм}$

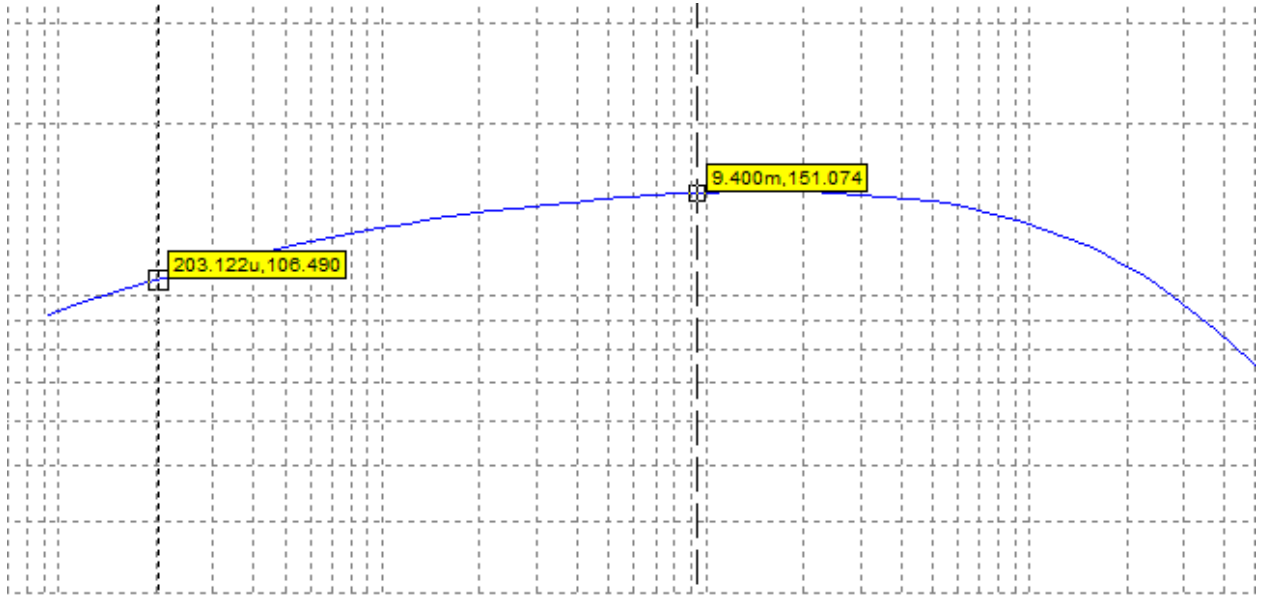


Рисунок 2. Определение коэффициента усиления

Теперь построим рассчитанную схему (рис.3).

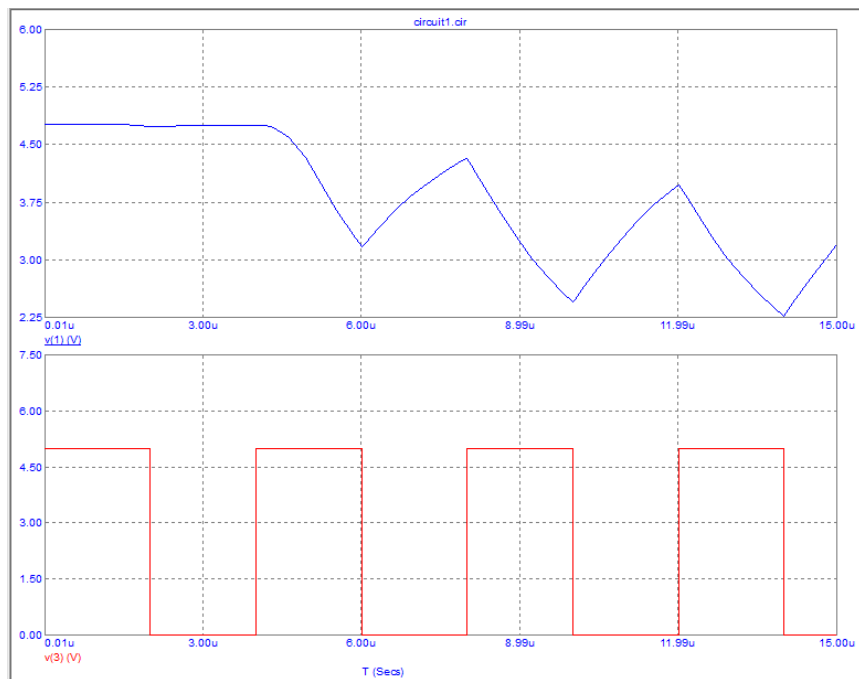


Рисунок 3. Схема на биполярном транзисторе, обеспечивающая степень насыщения 1

- Настройки импульсного генератора: рис. 4
- Настройки временного анализа для получения выходного импульса: рис.5
- График с выходным импульсом: рис. 6

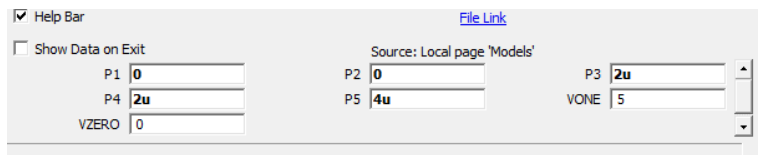


Рисунок 4. Настройки импульсного генератора

(2) Теперь получим аналогичные графики для $S = 2$ ($R_b = 34.5$ кОм, рис. 5), 5 ($R_b = 13.8$ кОм, рис. 6), 20 ($R_b = 3.45$ кОм, рис. 7), 69 ($R_b = 1$ кОм, рис. 8).

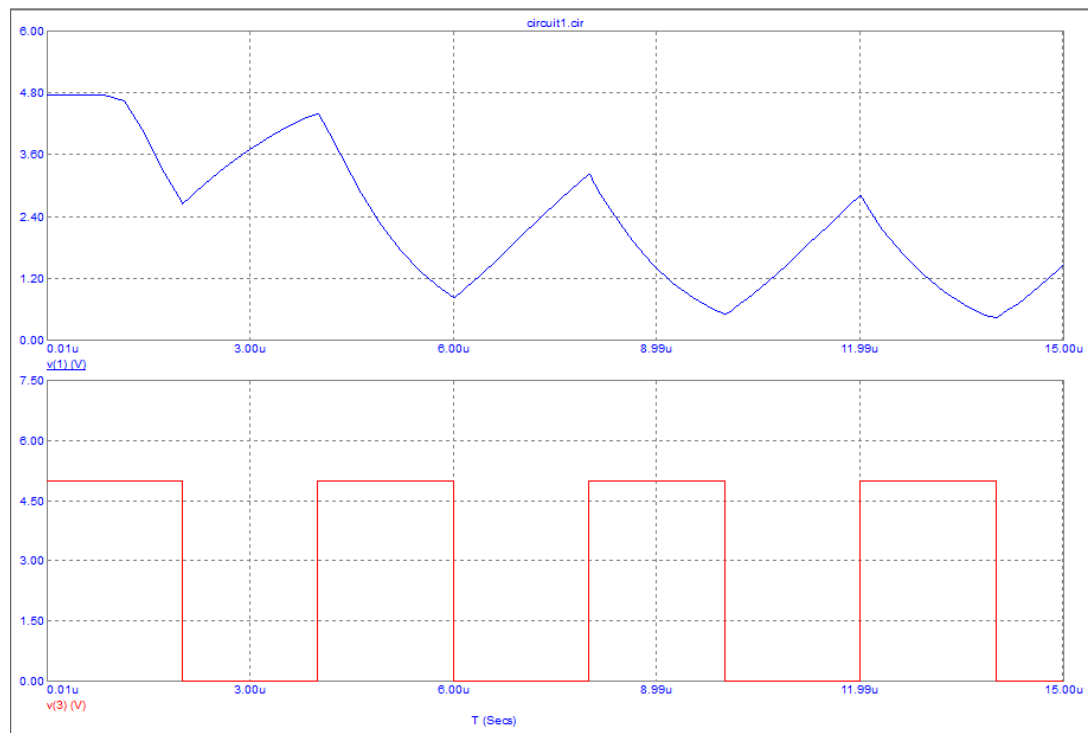


Рисунок 5. Степень насыщения = 2

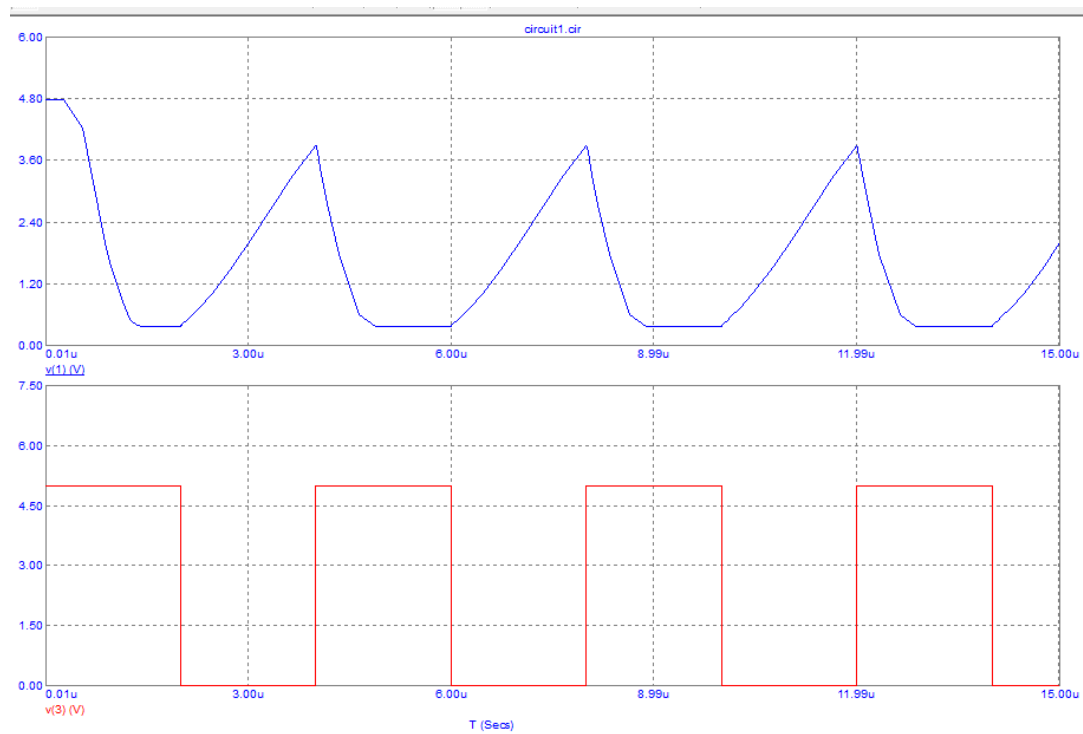


Рисунок 6. Степень насыщения = 5

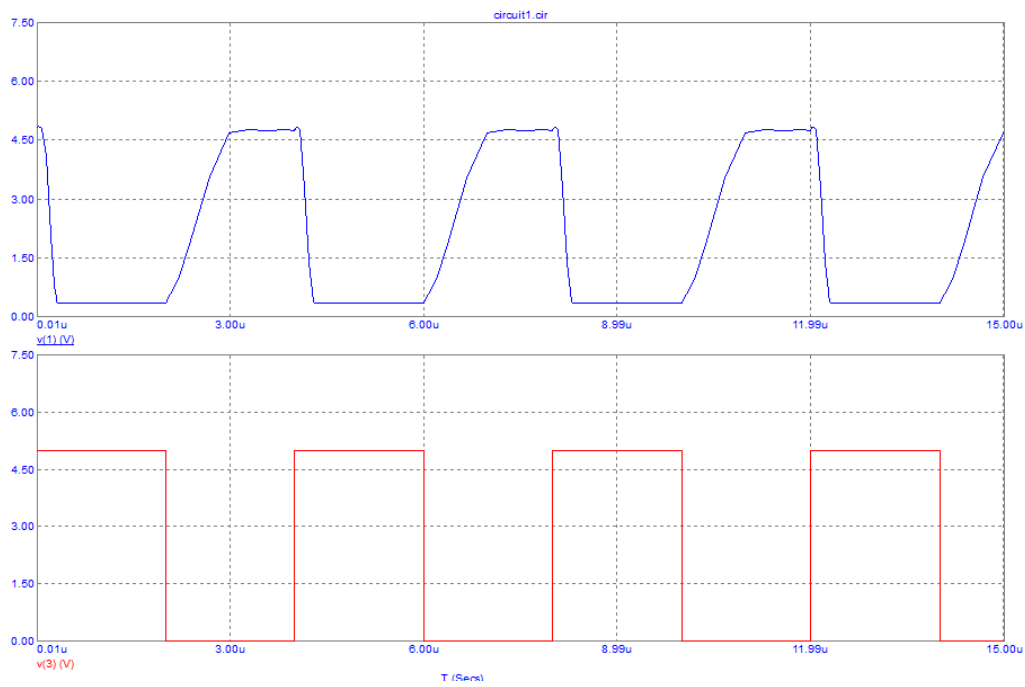


Рисунок 7. Степень насыщения = 20

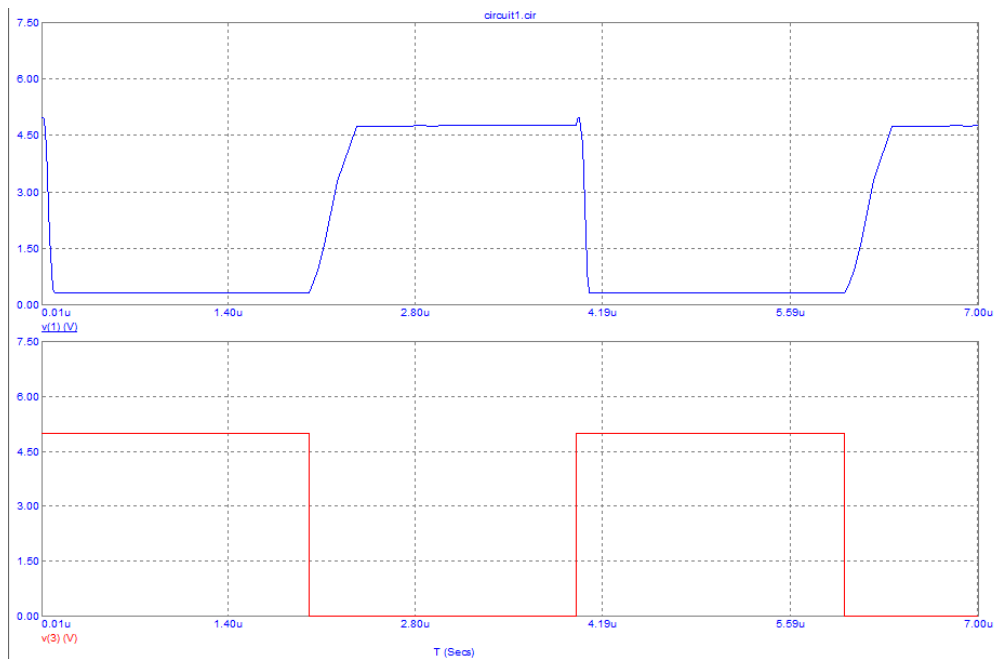


Рисунок 8. Степень насыщения = 69

(3) Для окончательной степени насыщения $S = 20$ определим длительности переднего t_{10} и заднего фронтов t_{01} , время рассасывания t_p и напряжение на коллекторе транзистора в режиме насыщения (рис. 9, 10):

- $t_{10} = 0,675$ мкс
- $t_{01} = 0,147$ мкс
- $t_p = 0,131$ мкс

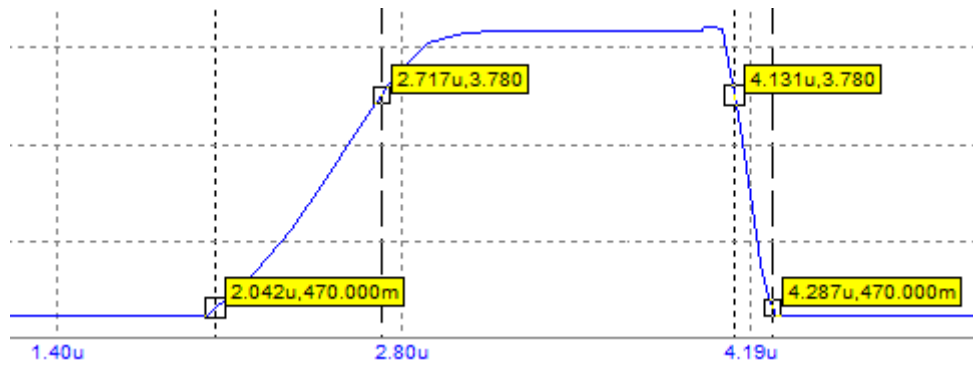


Рисунок 9. Определение длительностей заднего и переднего фронтов для $S = 20$

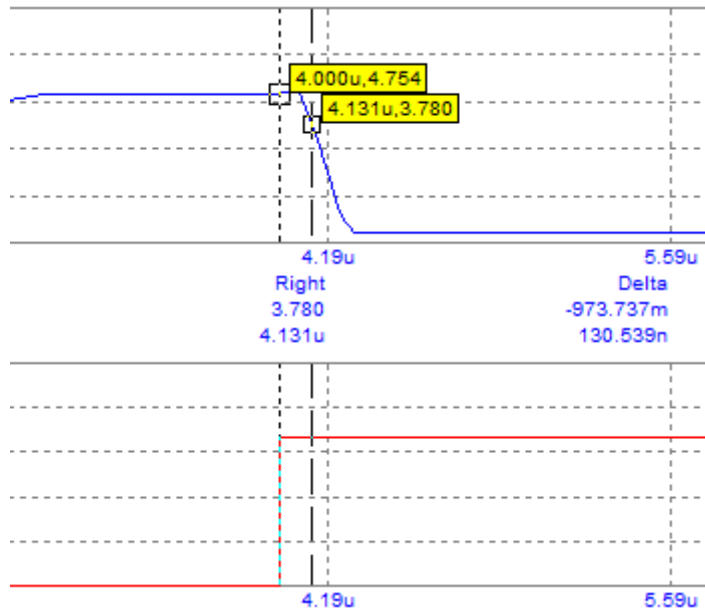


Рисунок 10. Определение времени рассасывания

(4) Для степени насыщения $S = 20$ установим в схему диод Шоттки 1N5711 из библиотеки Micro-sar (рис. 11). В результате наблюдается уменьшение времени рассасывания заряда на базе: $t_p = 0,131$ мкс $\rightarrow t_{p_new} = 0,122$ мкс.

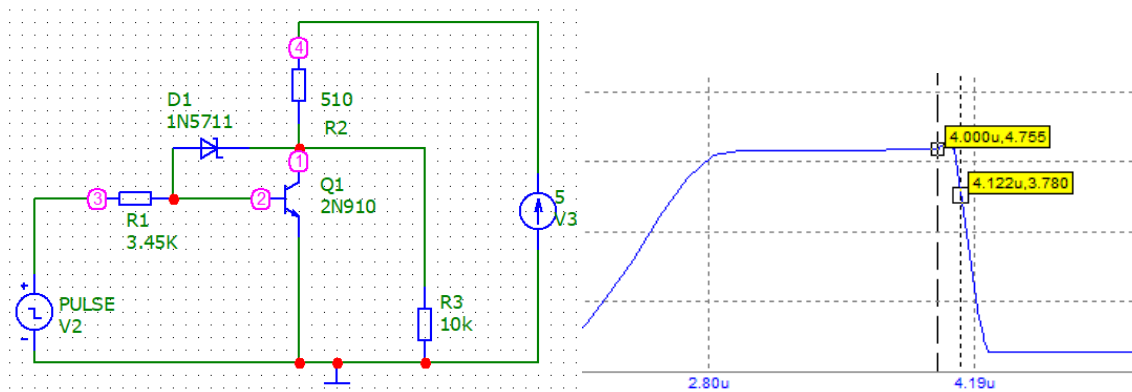


Рисунок 11. Схема с диодом Шоттки

Эксперимент 5: «Повышение быстродействия ключа на биполярном транзисторе»

(1) На основе установки из предыдущего эксперимента подберем схему (рис. 12) с форсирующим конденсатором, а также сопротивление базы R1 так, чтобы длительности переднего и заднего фронтов были максимально укорочены. Для этого будем использовать утилиту «Slider» в режиме «Transient Analysis». На приведенном графике (рис. 13) демонстрируется результирующий сигнал для $R_b = 60 \text{ Ом}$, $C_1 = 0.1 \cdot 10^{-15} \text{ Ф}$.

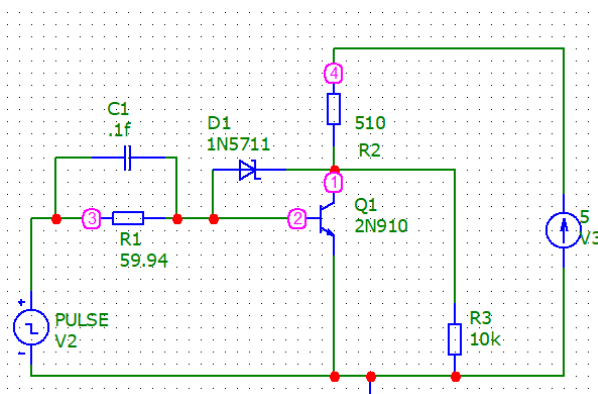


Рисунок 12. Схема с диодом Шоттки и форсирующим конденсатором

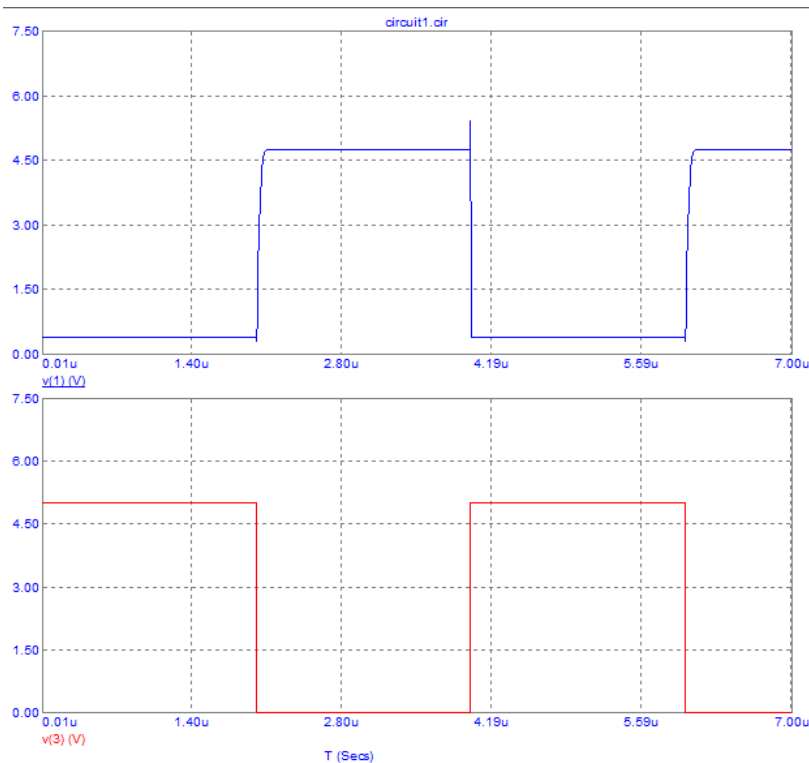


Рисунок 13. Transient analysis

(2) Теперь уберем конденсатор и диод Шоттки из схемы и заменим транзистор на **2N915**; проведем аналогичный подбор (рис. 14, 15). По полученным результатам можно сделать вывод, что выбранный транзистор является очень значимым качестве инвертора, так как сохраняет четкость инвертированного сигнала как при больших сопротивлениях $R_b \sim 6 \text{ кОм}$ даже при отсутствии конденсатора и диода.

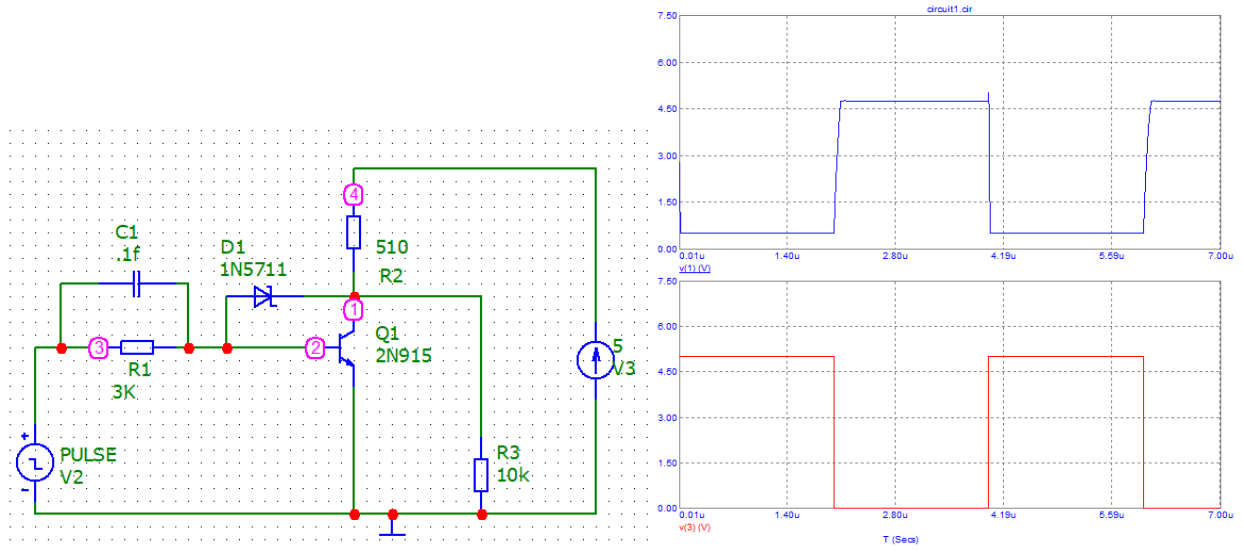


Рисунок 14. Схема с 2N915, диодом Шоттки и конденсатором

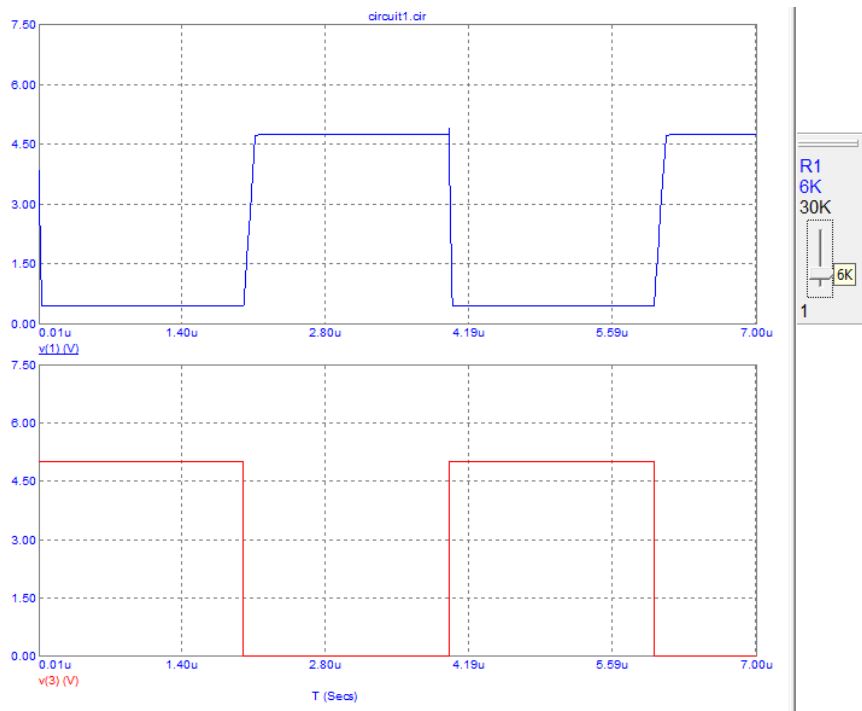


Рисунок 15. Результирующий сигнал для 2N915 без диода и конденсатора

Эксперимент 6: «Изучения влияния обратных связей в ключевой схеме на биполярном транзисторе»

В ходе эксперимента будет исследоваться работа симметричного транзисторного мультивибратора, генерирующего импульсы с частотой примерно 1 кГц при заданном напряжении питания 12 Вольт с номиналами элементов, представленных на рис. 16:

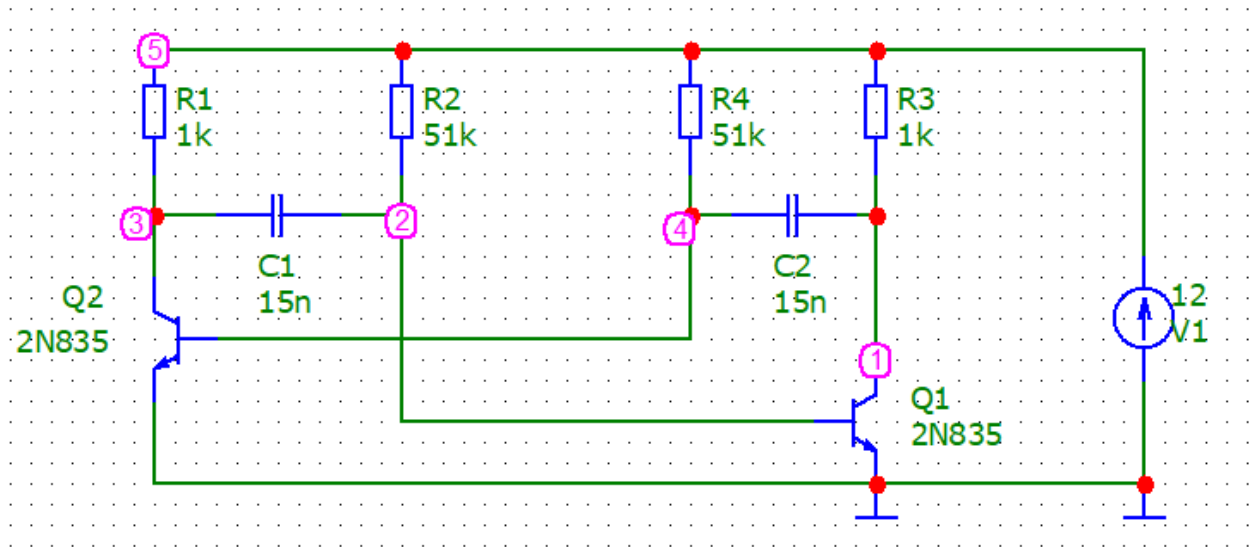


Рисунок 16. Схема симметричного транзисторного мультивибратора

(1) Получим осциллограммы напряжений в мультивибраторе (на коллекторе и базе) (рис. 17, 18):

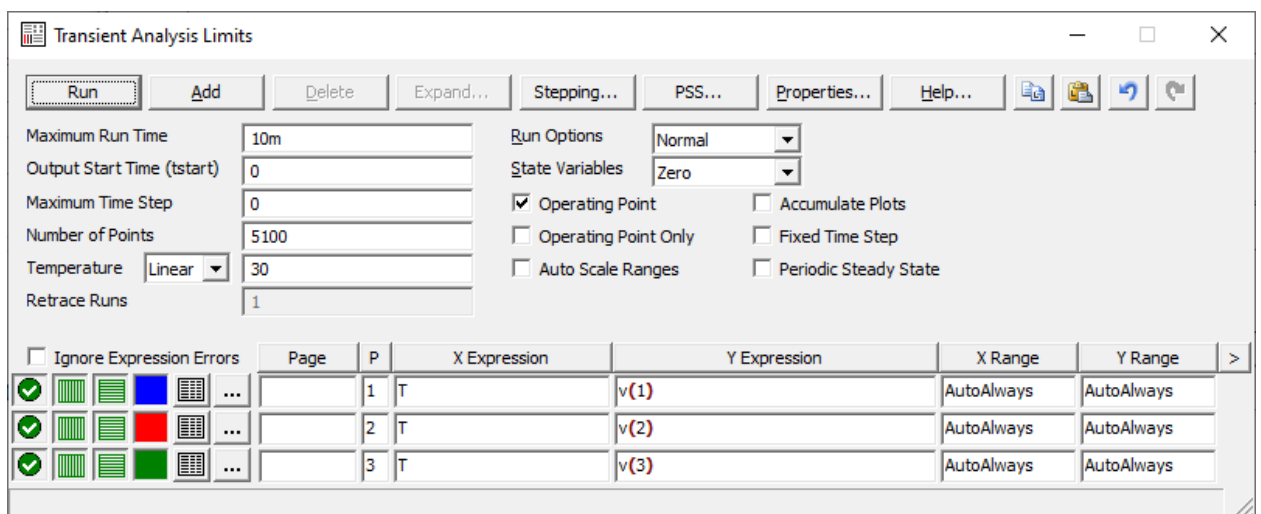


Рисунок 17. Настройку Transient Analysis

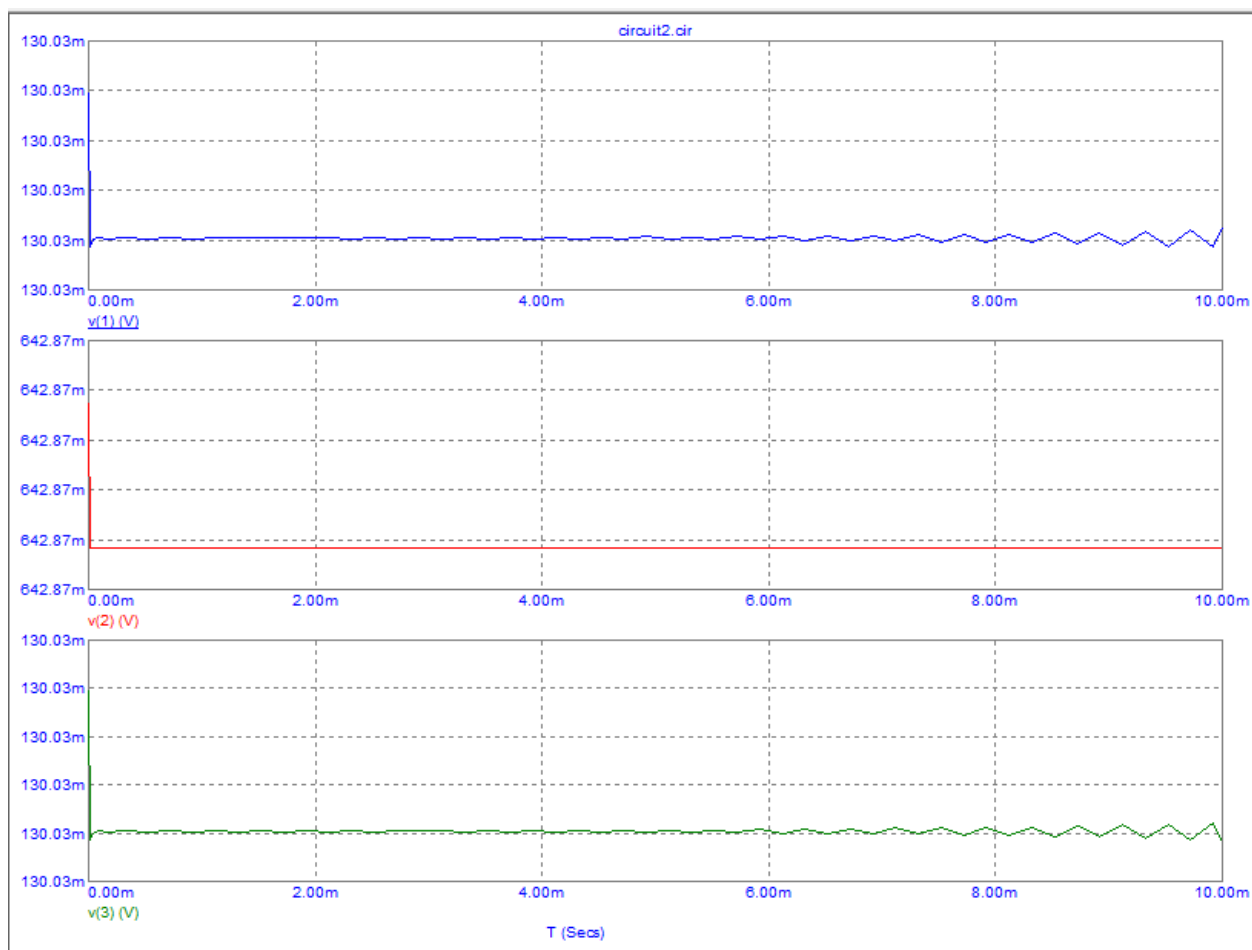


Рисунок 18. Результирующие напряжения

Для «адекватного» отображения добавляем во вкладку .text (рис. 19):

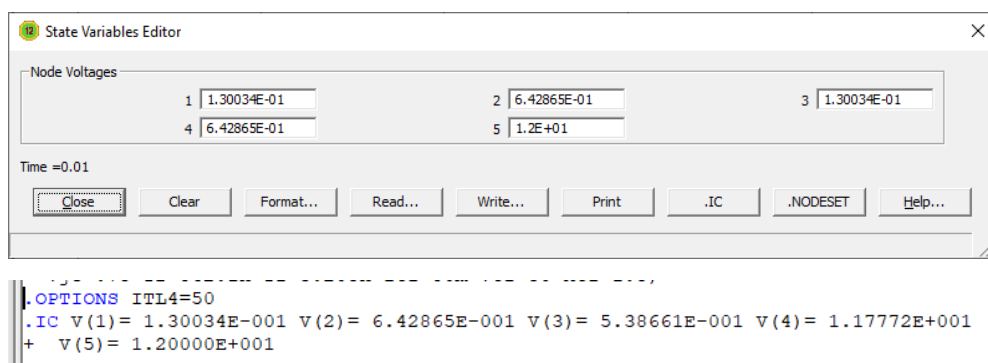


Рисунок 19. Дополнительные настройки

Запускаем анализ еще раз и получаем приемлемые графики (рис. 20):

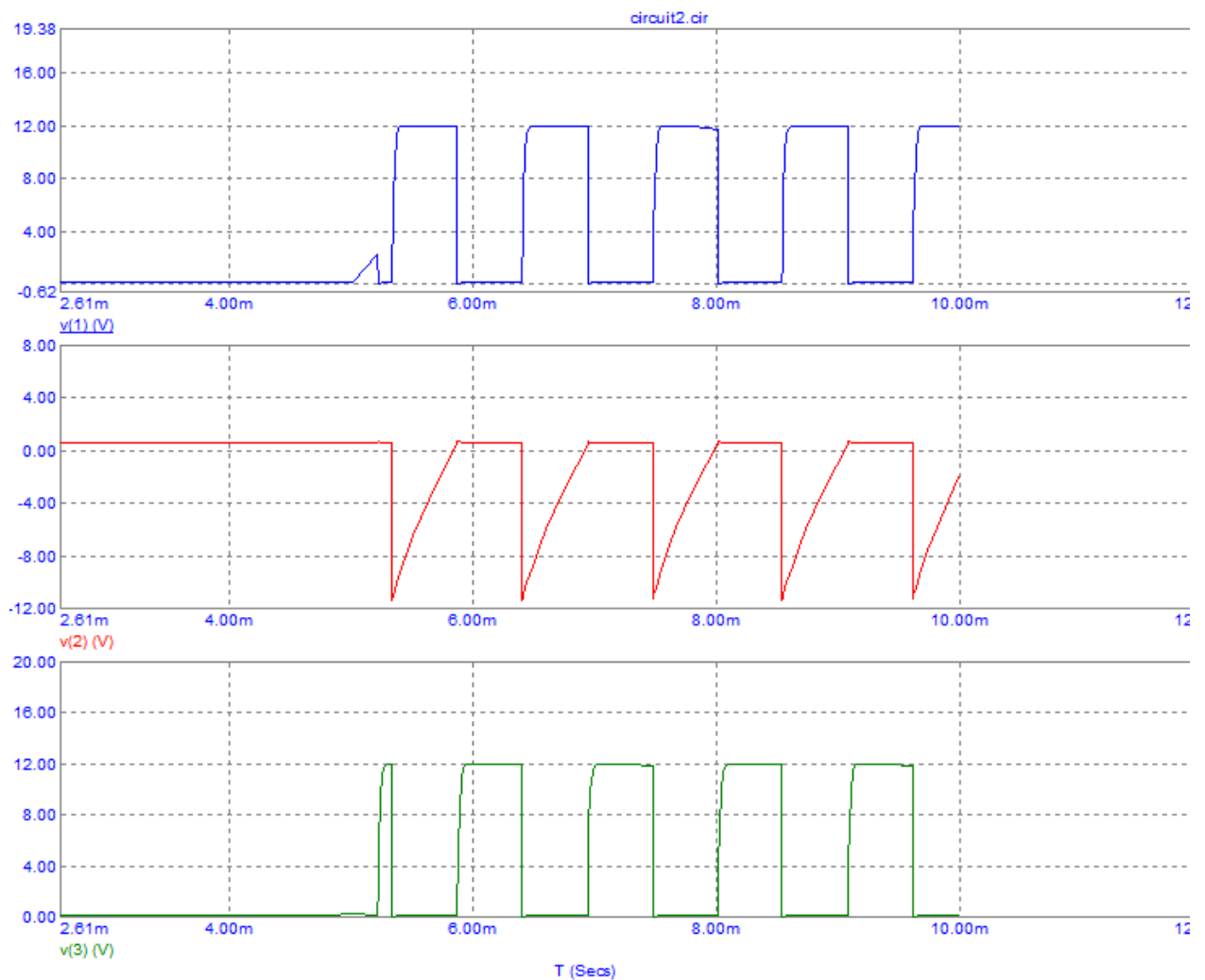


Рисунок 20. Результирующие сигналы после дополнительных настроек

Параметры выходных импульсов:

- U_k : для закрытого состояния 12 В, для открытого состояния 0,643 В
- Продолжительность для закрытого: 532 мкс, в открытом 536 мкс

(2) Теперь изменим постоянную времени с помощью изменения постоянной времени цепочки R3C1:

1) увеличим R3 до 101 кОм (рис. 21):

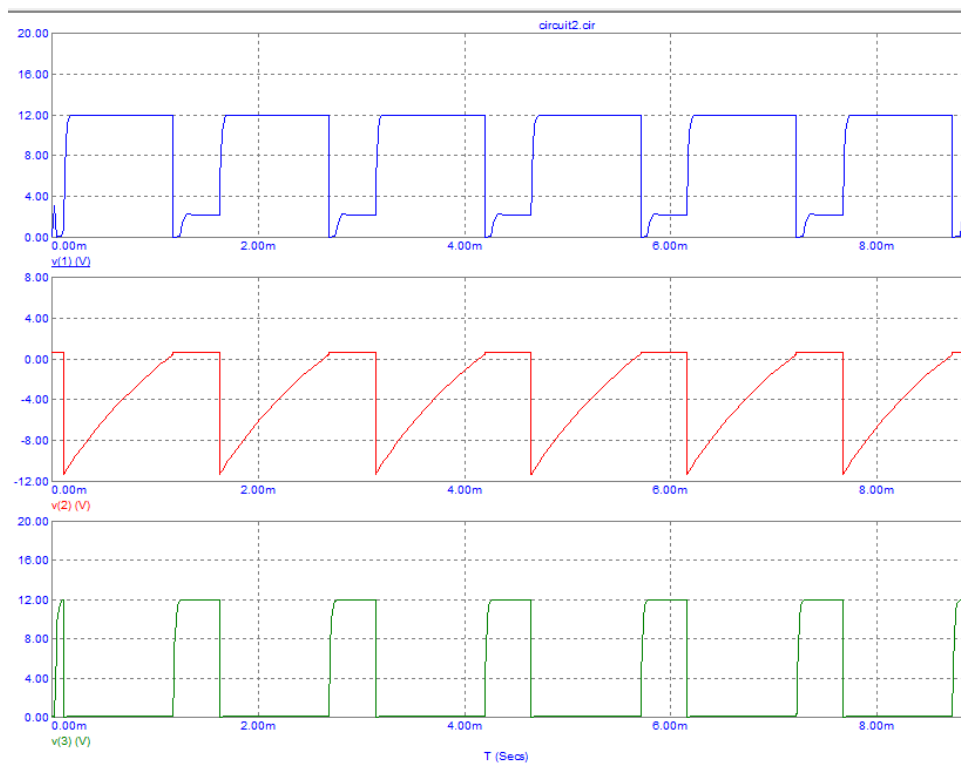


Рисунок 21. Сигналы при $R3=101 \text{ кОм}$

2) Увеличим $C1$ до 40 нФ (рис. 22):

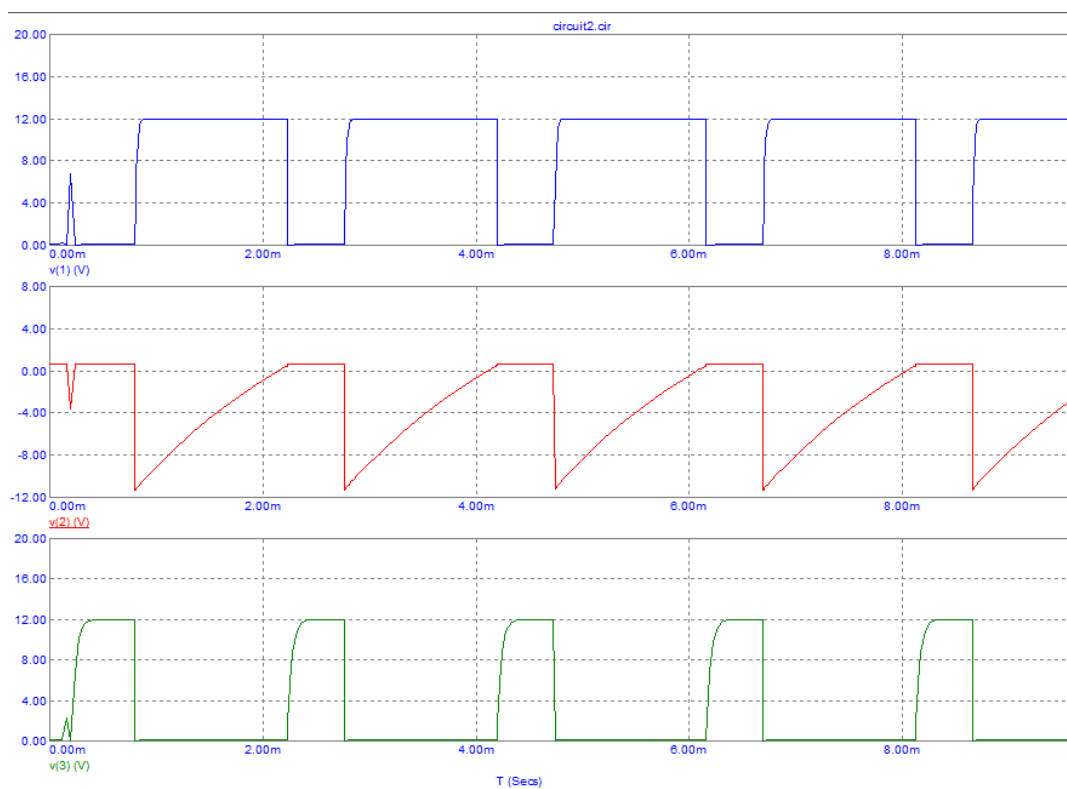


Рисунок 22. Сигналы при $C1=30 \text{ нФ}$

(3) Изменим транзистор на **2N915** и повторим измерения (рис. 23):

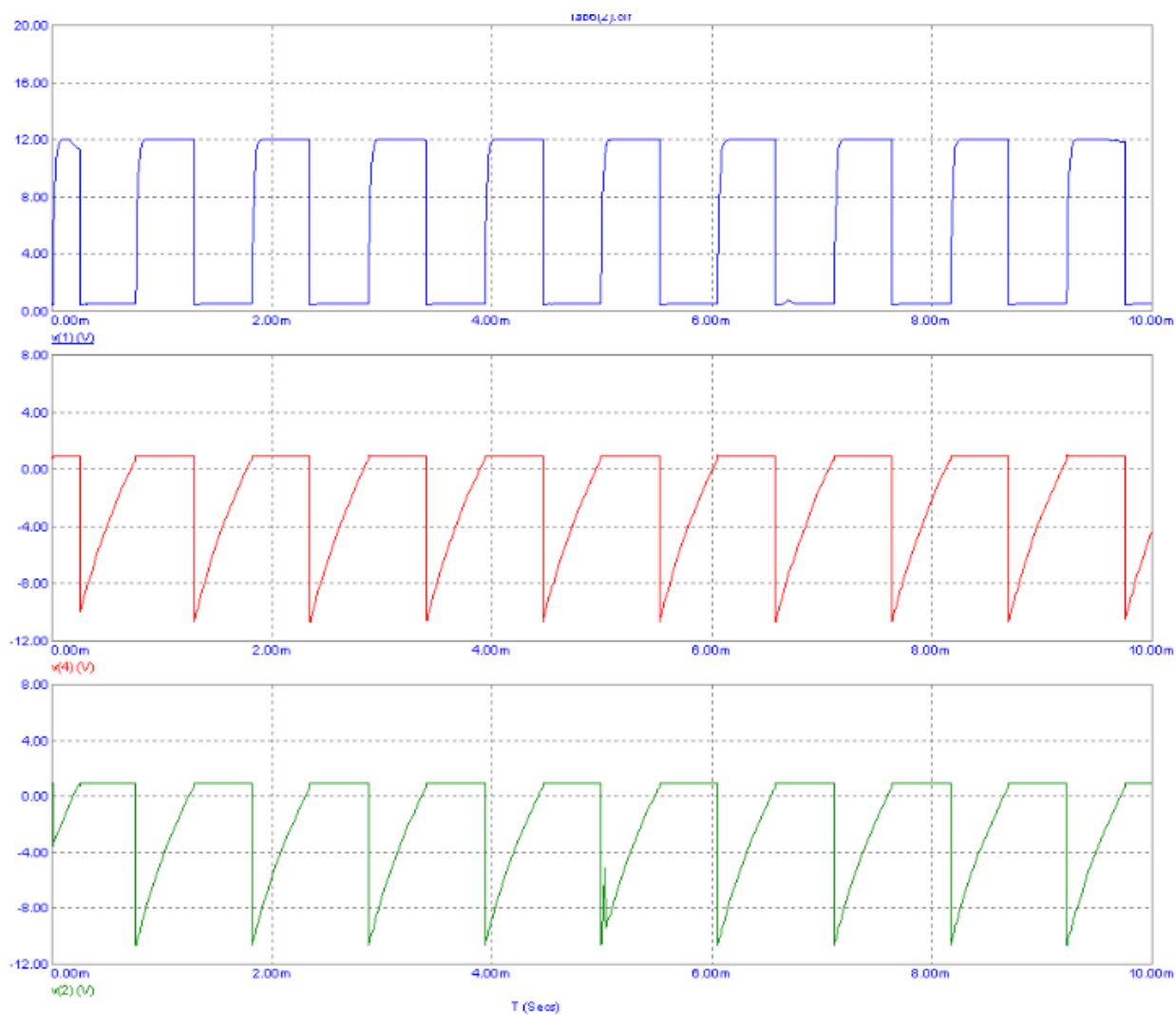


Рисунок 23. Измерения для 2N915

Заметно изменение длины импульсов по сравнению с исходным транзистором

1. Какие элементы имеют основное влияние на частоту мультивибратора?

Транзисторы, цепочки ёмкостей и сопротивлений базы (на схеме рис. 30 – цепочки R3C1 и R4C2)

2. Как влияет замена транзистора на параметры колебания?

Меняется длительность импульса и напряжение на коллекторе в открытом состоянии.

3. Чем отличается работа математической модели мультивибратора от реального устройства?

Математическая модель мультивибратора, в отличие от реального устройства, нуждается во нарушении баланса в плечах, только тогда будет возможно получить колебания.