



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: Дубов Андрей Игоревич

Группа: ИУ7-33Б

Студент _____ Дубов А. И.
подпись, дата

Преподаватель _____ Оглоблин Д. И.
подпись, дата

Оценка _____

2022 г

Оглавление

<i>Параметры диода</i>	<i>3</i>
<i>Ключ на биполярном транзисторе.....</i>	<i>3</i>
<i>Повышение быстродействия ключа на биполярном транзисторе.....</i>	<i>6</i>
<i>Изучение влияния обратных связей в ключевой схеме на биполярном транзисторе</i>	<i>8</i>

Параметры диода

В работе используется вариант транзистора №55.

```
.model KT503b NPN(Is=10.07f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=60 Bf=166.4 Ise=100.2f  
+ Ne=1.452 Ikf=.6117 Nk=.4667 Xtb=1.5 Br=1.7 Isc=47.49f Nc=1.715  
+ Ikr=.7018 Rb=6 Rc=1.208 Cjc=23.66p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5  
+ Cje=30.84p Mje=.33 Vje=.75 Tr=390.4n Tf=10.09n Itf=1 Xtf=2 Vtf=40)
```

Рисунок 1 Параметры транзистора на вкладке Text программы Microcap

Ключ на биполярном транзисторе

Определим зависимость сопротивления R_b от степени насыщения S . Исходные данные: $R_k = 510 \text{ Ом}$, $E_k = 5 \text{ В}$, $U_{бх} = 5 \text{ В}$. Напряжение $U_{кэ}$ в режиме насыщения составляет около 0.2 В , поэтому ток коллектора при насыщении $I_{кнас} = (E_k - U_{кэ})/R_k = 4.8 \text{ В} / 510 \text{ Ом} \approx 9.4 \text{ мА}$. Коэффициент усиления $\beta = 134.116$. $U_{бэ}$ из предыдущей лабораторной 0.6974 В .

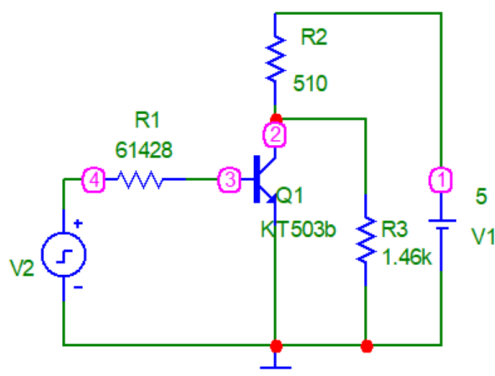


Рисунок 2 Схема

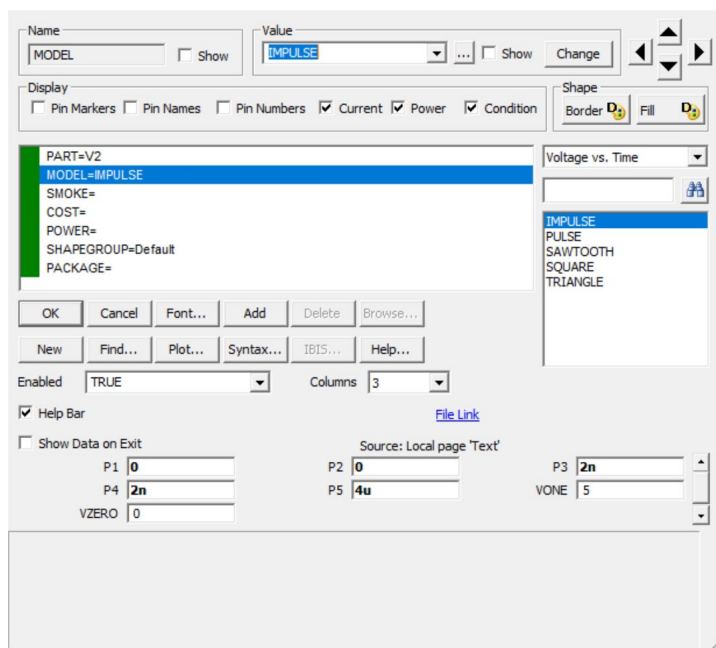


Рисунок 3 Генератор

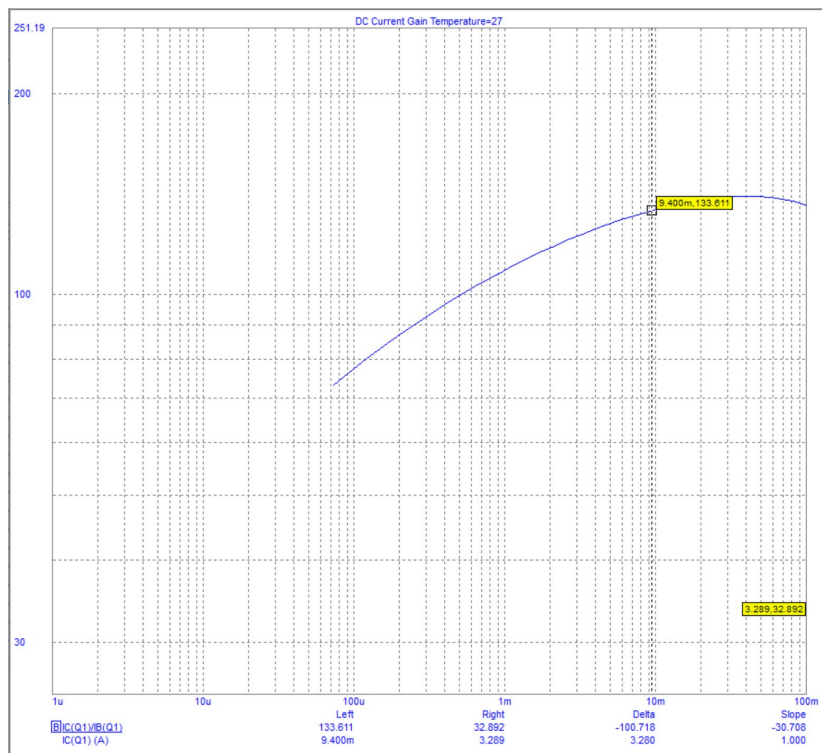


Рисунок 4 Определение коэффициента усиления при заданном значении тока коллектора

Минимальный ток базы, при котором транзистор переходит в насыщение, равен $I_{бнас} = I_{кнас} / \beta = 9.4 \text{ mA} / 133.611 * 0.8 \approx 0.087 \text{ mA}$. Тогда искомая зависимость $R_b(S) = (U_{вх} - U_{бэ}) / (S * I_{бнас}) = 4.3 \text{ V} / (S * 0.087 \text{ mA}) = 49425 / S \text{ Ом}$. Из этой зависимости $R_b(1) = 49425 \text{ Ом}$.

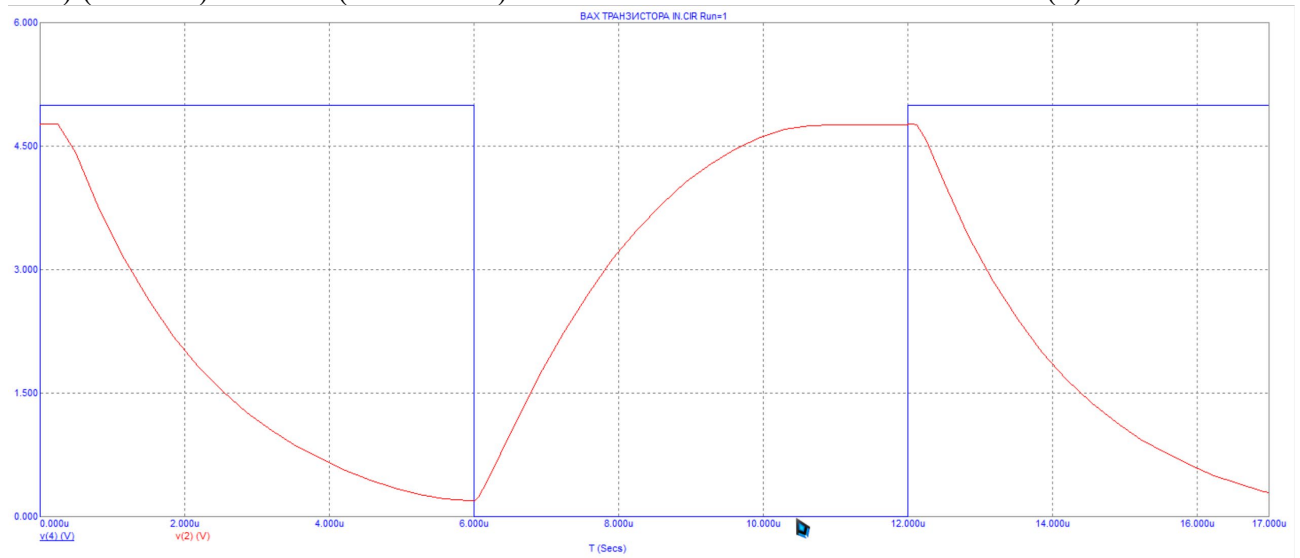


Рисунок 5 Выходной импульс, степень насыщения = 1

1:R3 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10: 11: 12: 13: |< >|

Step What: R3 value

List: 49425,24712,9885,2417

To: 2.92K

Step Value: 438

Step It: ☒ Yes ☐ No

Method: ☐ Linear ☐ Log ☒ List

Parameter Type: ☒ Component ☐ Model ☐ Symbolic

Change: ☐ Step all variables simultaneously ☒ Step variables in nested loops

All On All Off Default OK Cancel Help...

Рисунок 6 Параметры Stepping

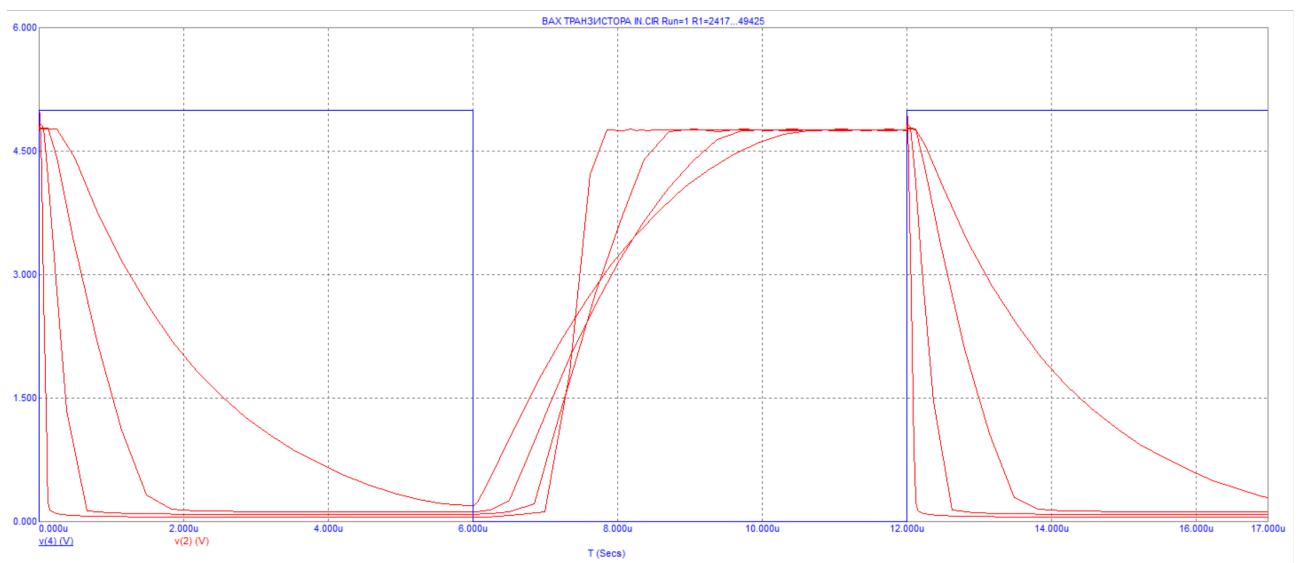


Рисунок 7 Выходной импульс при степенях насыщения 1, 2, 5, 20

В электронике длительности фронта и спада определяют как время изменения сигнала от 0,1 до 0,9 и от 0,9 до 0,1 амплитуды импульса соответственно.

S	t10, нс	t01, нс	tp, нс	Uк, мВ
1	3473	3952	294	200
2	2583	1196	200	119
5	1534	510	89	87
20	673	92	25	54

Таблица 1 Значения t10, t01, tp, Uк в зависимости от степени насыщения S

С диодом Шоттки на графике будем наблюдать значительное уменьшение времени рассасывания.

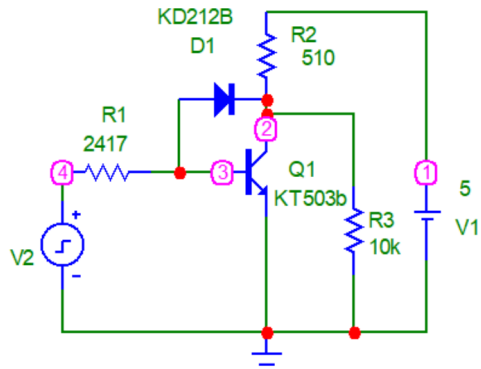


Рисунок 8 Схема с Шоттки

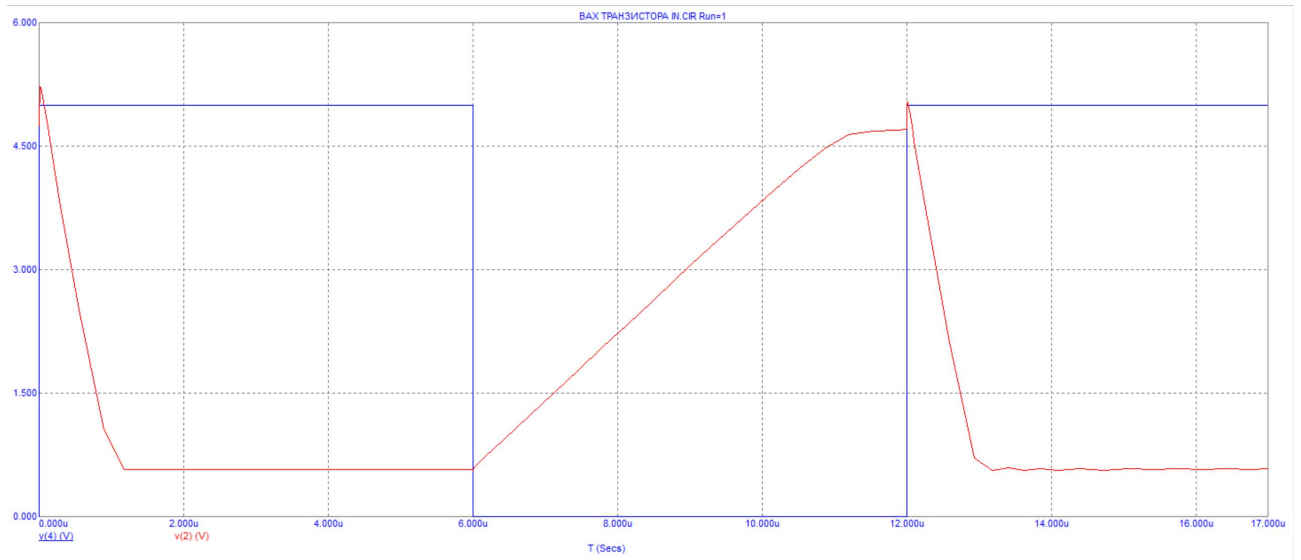


Рисунок 9 Насыщение 20 с диодом

Повышение быстродействия ключа на биполярном транзисторе
Методом подбора через стейпинг найдем сначала нужную емкость конденсатора при сопротивлении у насыщения 20, а потом сопротивление.

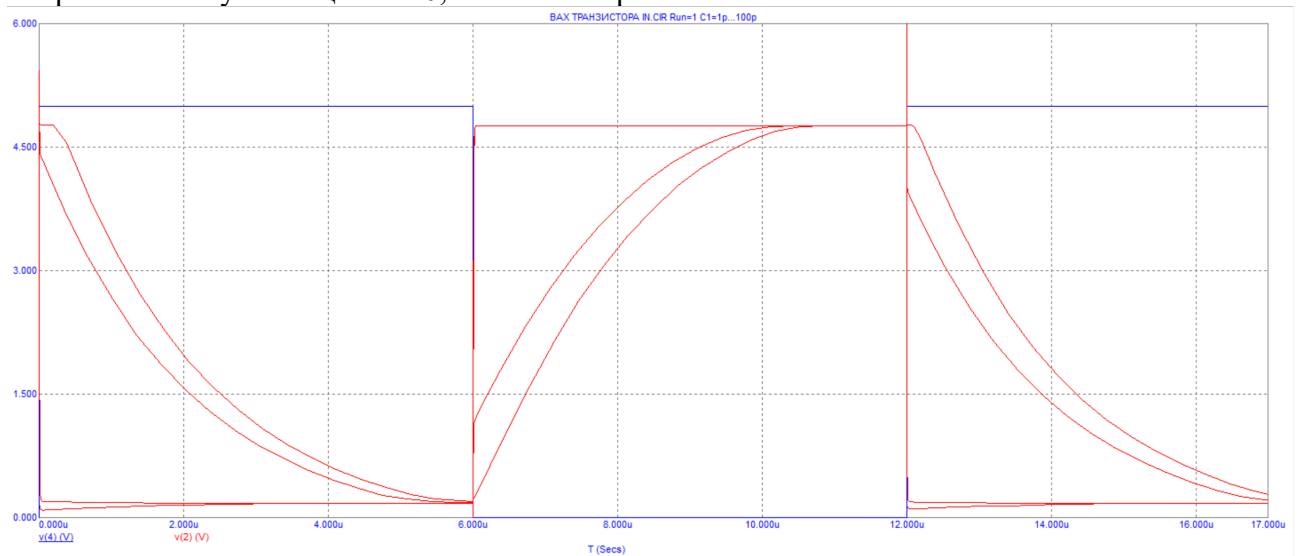


Рисунок 10 Ёмкость меняется, сопротивление максимальное

Видно, что нам требуется максимальная ёмкость. Сделаем то же, что и в прошлый раз, только зафиксируем емкость и будем менять сопротивление.

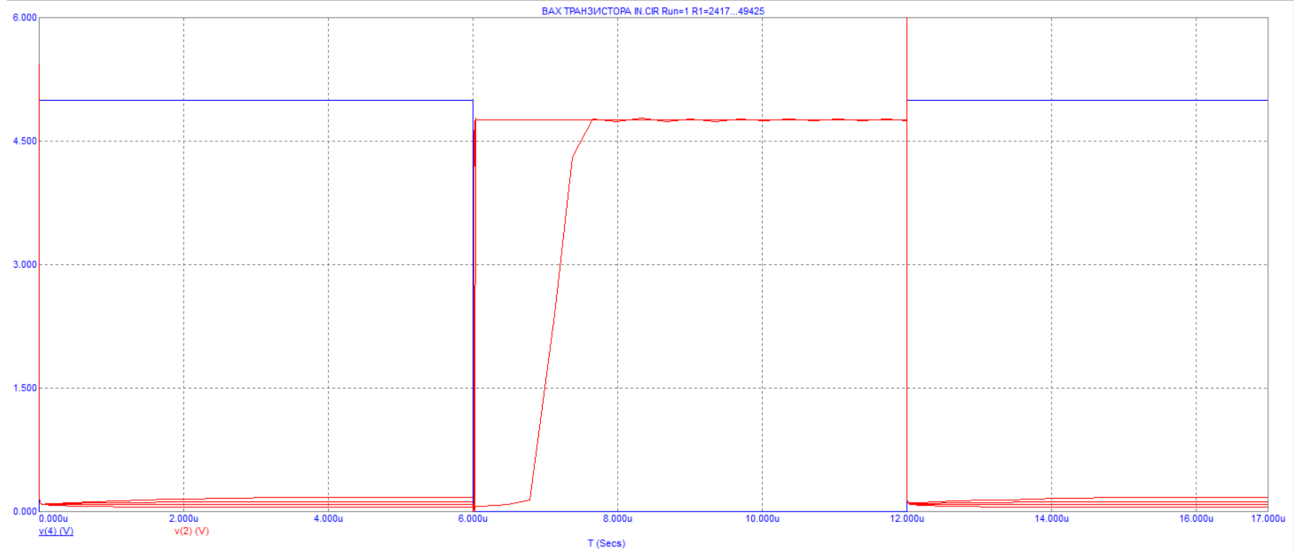


Рисунок 11 Ёмкость фиксирована на максимуме, меняется сопротивление

Заметим, что чем больше сопротивление, тем меньше длительность фронтов.

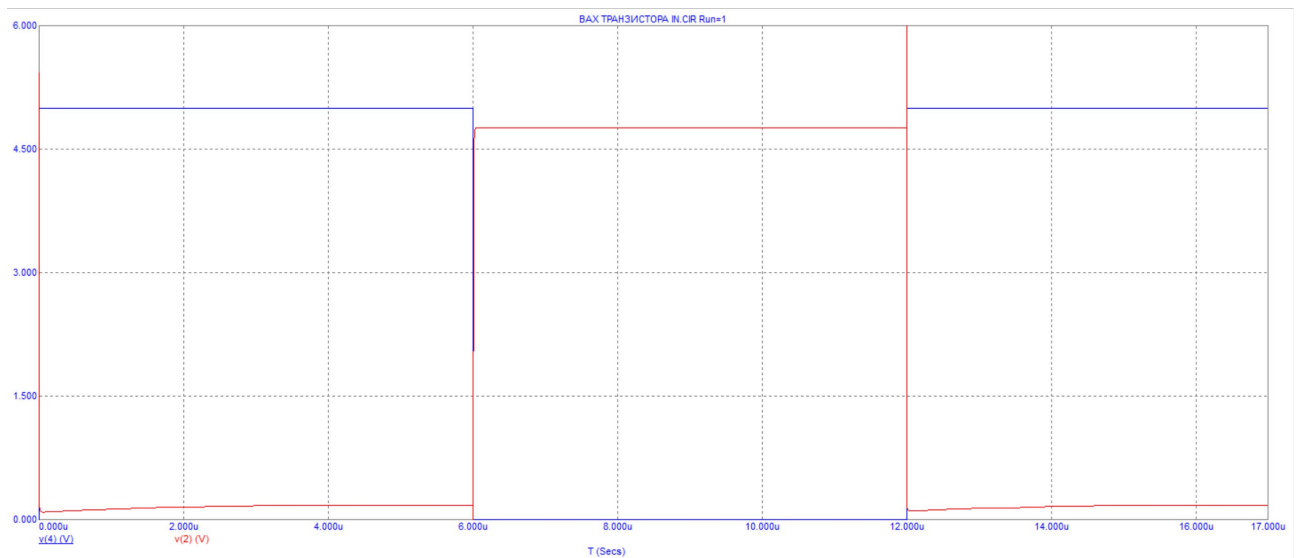


Рисунок 12 Инвертор близкий к идеальному

Заменяем транзистор на указанный.

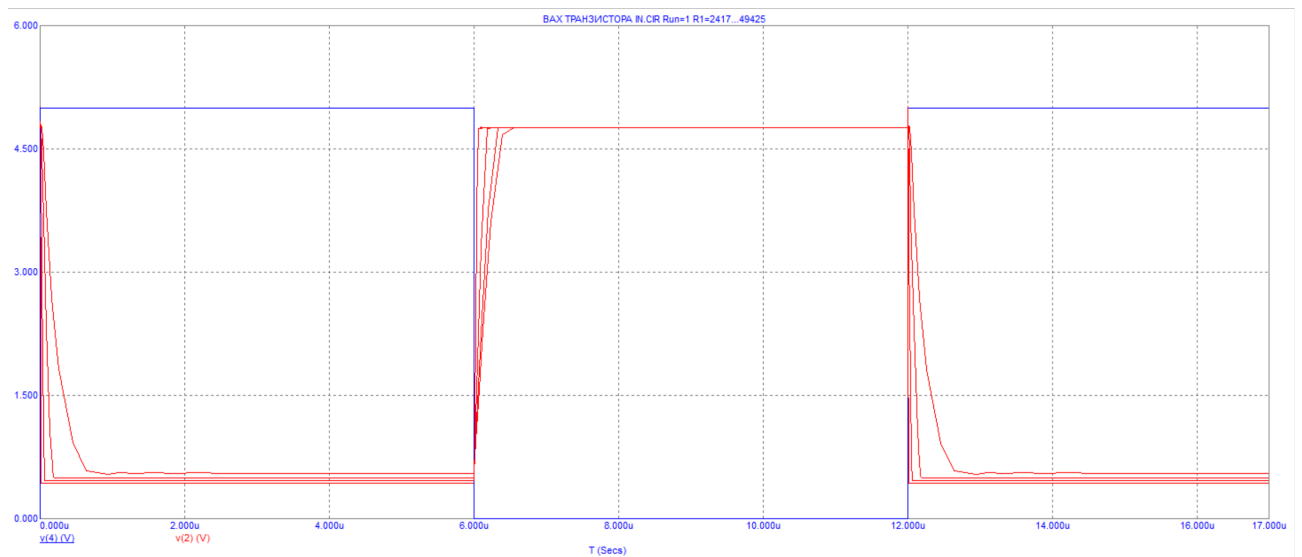


Рисунок 13 График с теми же сопротивлениями

Нетрудно заметить, что этот транзистор намного лучше и имеет более маленькие фронты, чем в моём варианте.

Изучение влияния обратных связей в ключевой схеме на биполярном транзисторе

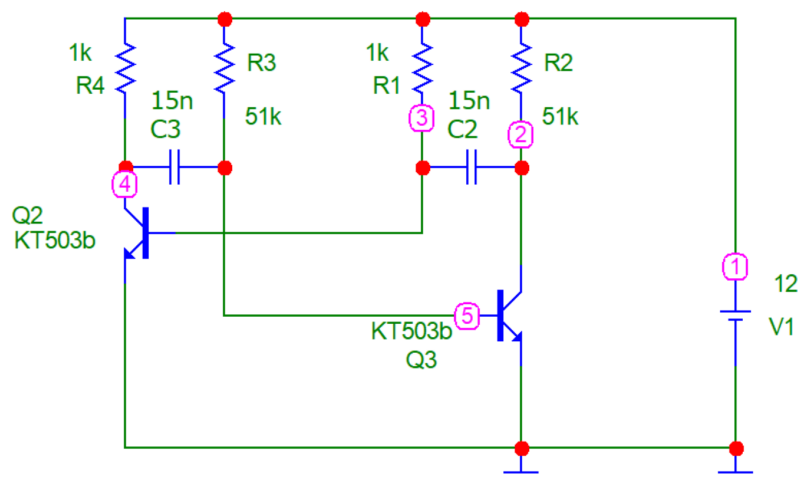


Рисунок 14 Исходная схема

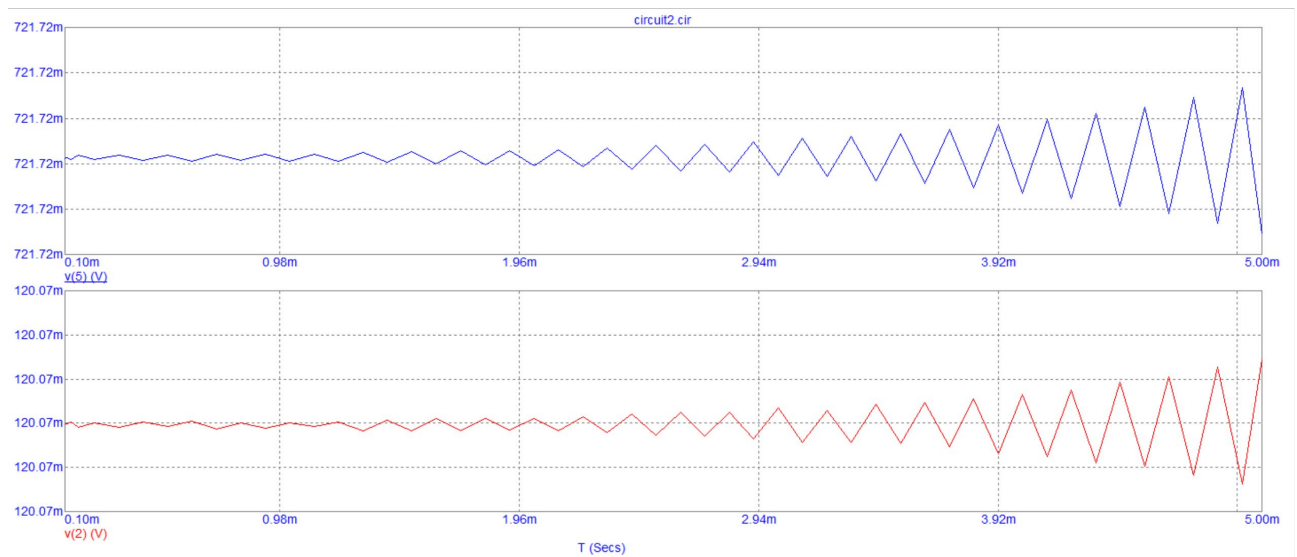


Рисунок 15 Явно не то что должно быть

Это связано с тем, что математические модели мультивибратора отличаются от реальных необходимостью введения разбаланса в плечах, что бы колебания возникли, в редакторе начальных условий.

Чтобы получить колебания, выполняем следующее. Открываем окно редактирования переменных состояния анализа (Transient/State Variables Editor) и меняем что-нибудь.

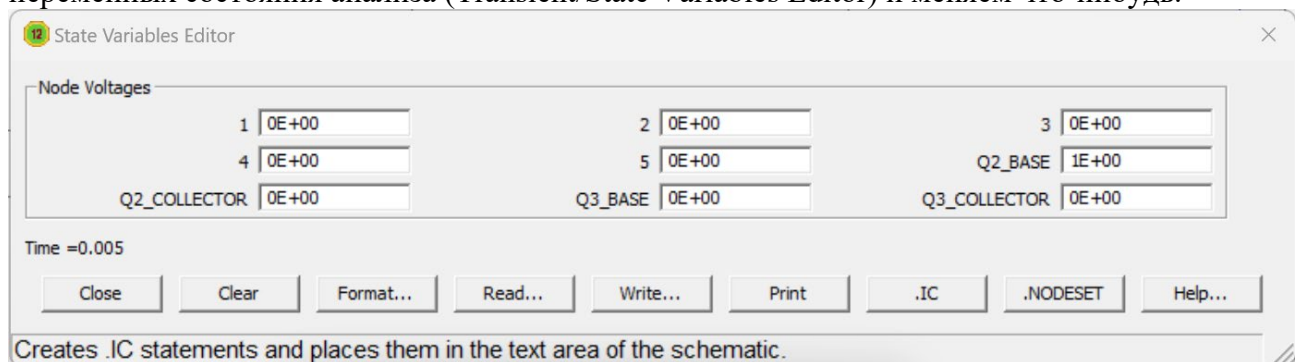


Рисунок 16 Поменяли базу на 2 транзисторе

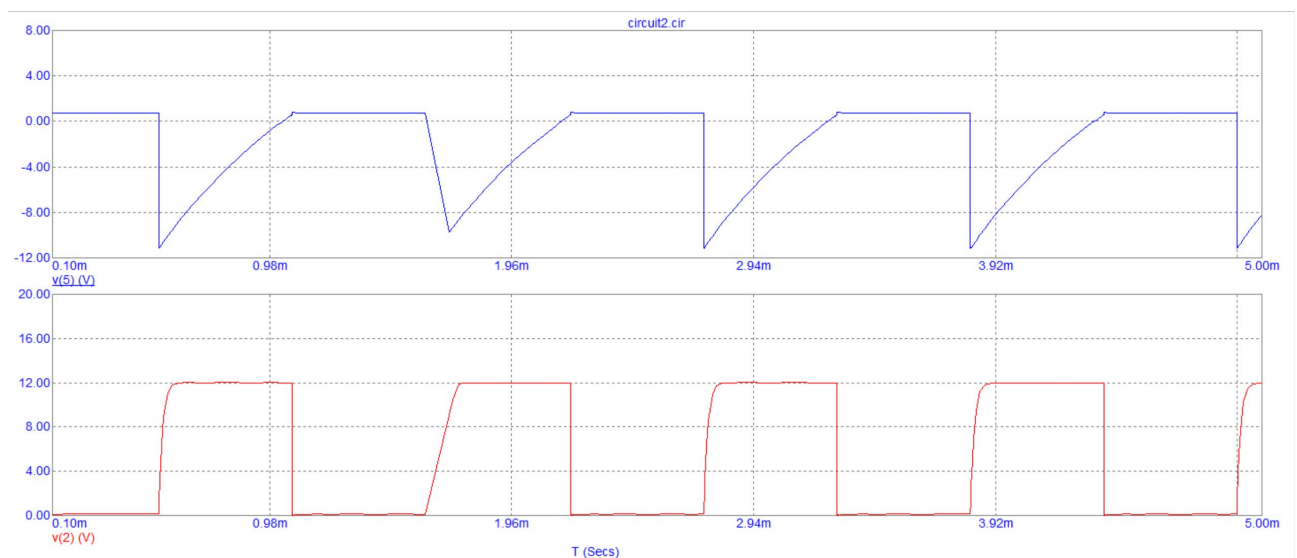


Рисунок 17 График импульсов

По графику с помощью курсоров получаем параметры импульсов транзистора: напряжение для открытого состояния: $U_k \approx 700$ мВ; для закрытого состояния: $U_k \approx 12$ В; время в открытом состоянии ≈ 464 мкс, в закрытом ≈ 511 мкс.

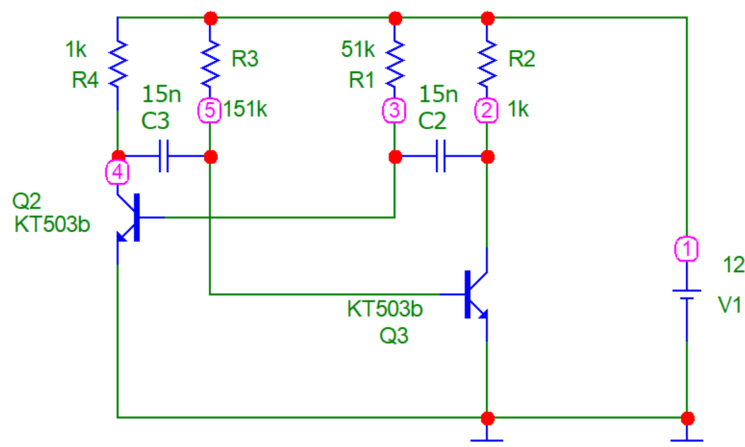


Рисунок 18 Схема длина увеличена

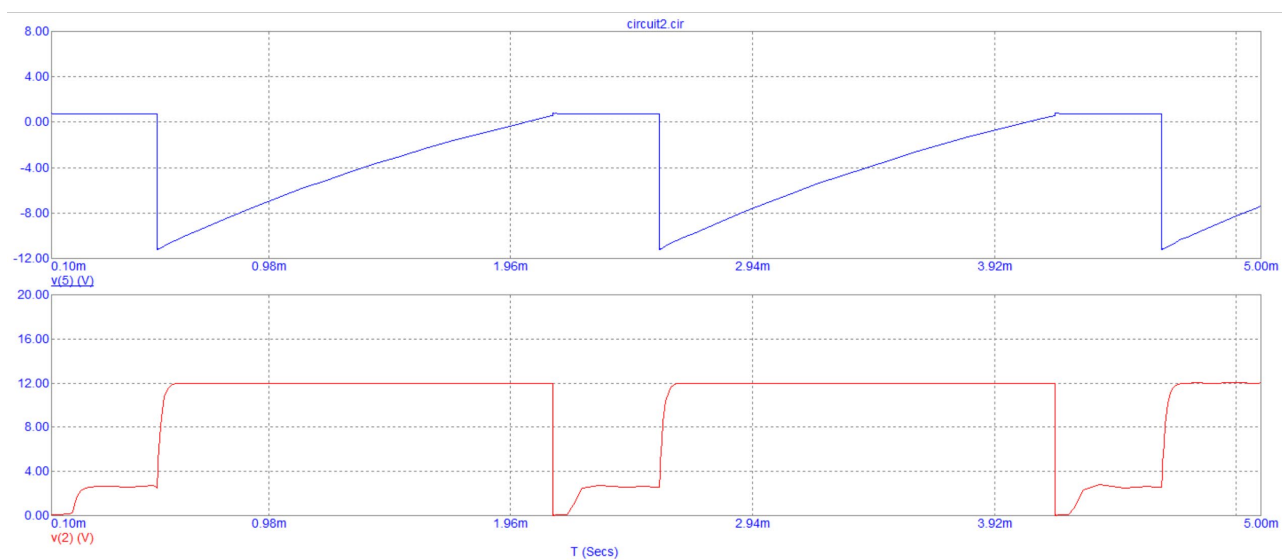


Рисунок 19 График длина увеличена

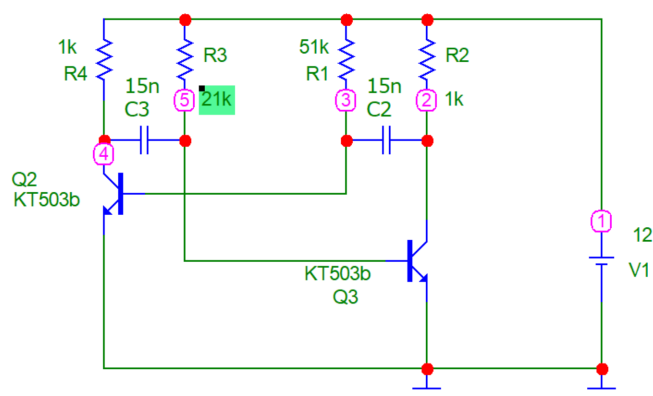


Рисунок 20 Схема длина уменьшена

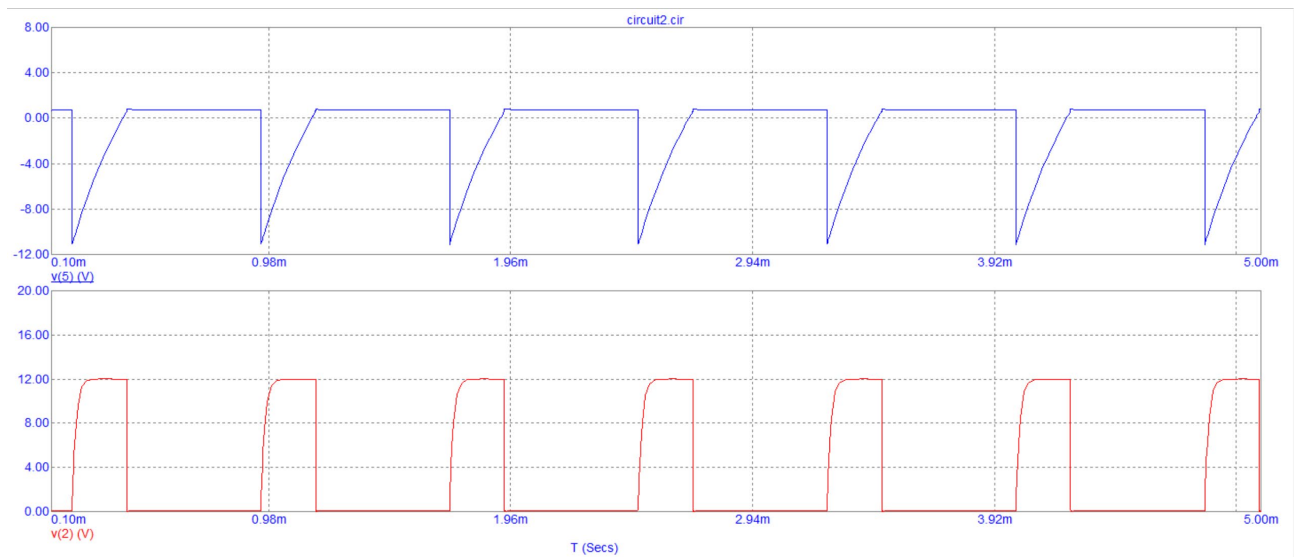


Рисунок 21 График длина уменьшена

Посмотрим что будет при других транзисторах

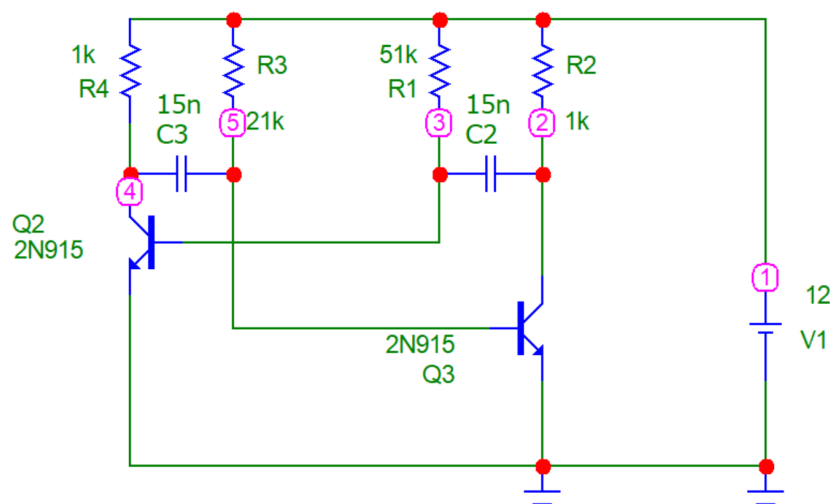


Рисунок 22 Схема с другим транзистором

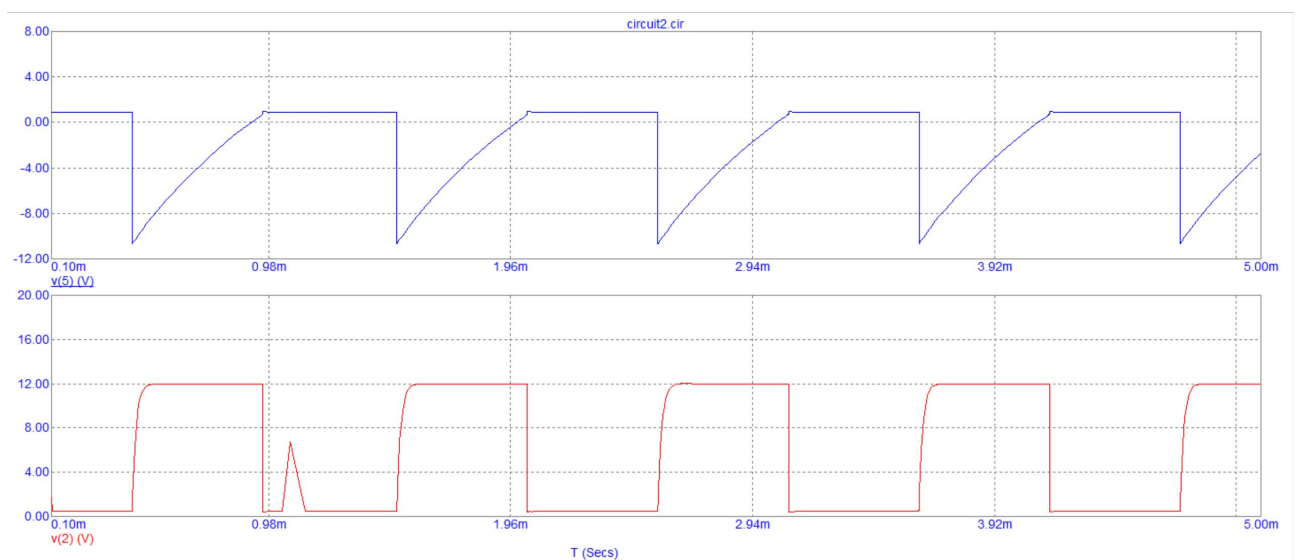


Рисунок 23 График с другим транзистором

Видно, что длина колебания увеличилась. Делаем вывод, что транзистор влияет на длину колебаний