

МГТУ им. Н. Э. Баумана  
Курс «Основы Электроники»

Лабораторная работа №6  
«ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ БИПОЛЯРНОГО  
ТРАНЗИСТОРА И КАСКАДА УСИЛЕНИЯ В  
MICROCAP. ЧАСТЬ 2»

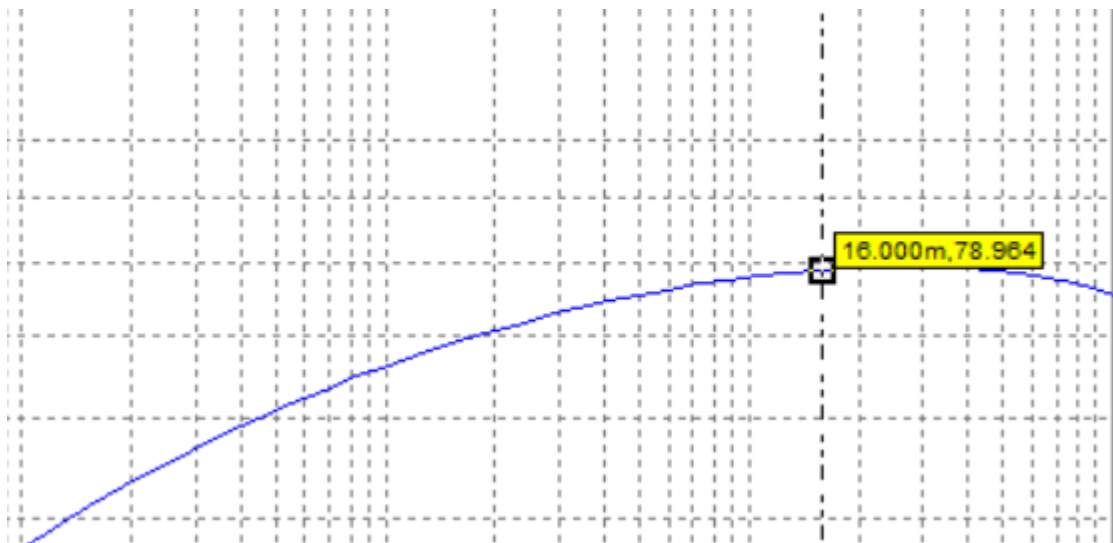
Работу выполнил:  
Студент группы ИУ7-32Б  
Апсуваев Рамазан

**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.

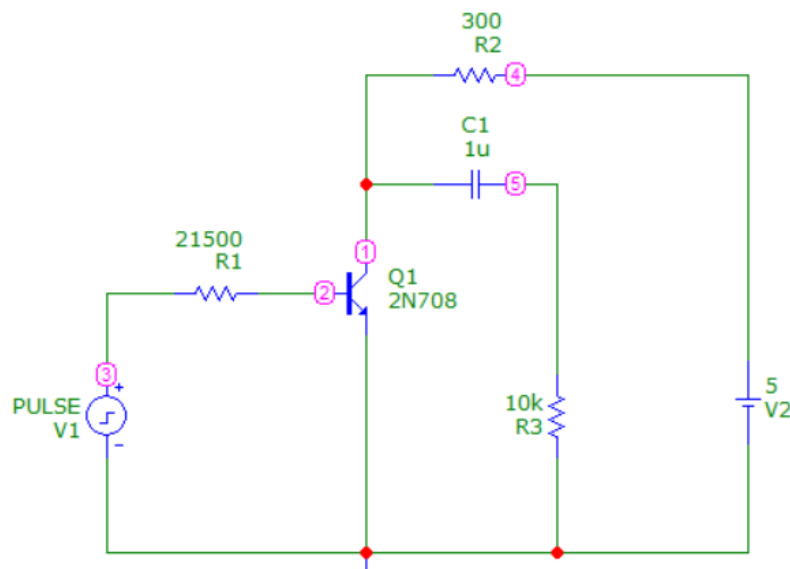
## Эксперимент 4

Диод моего варианта - 2N708

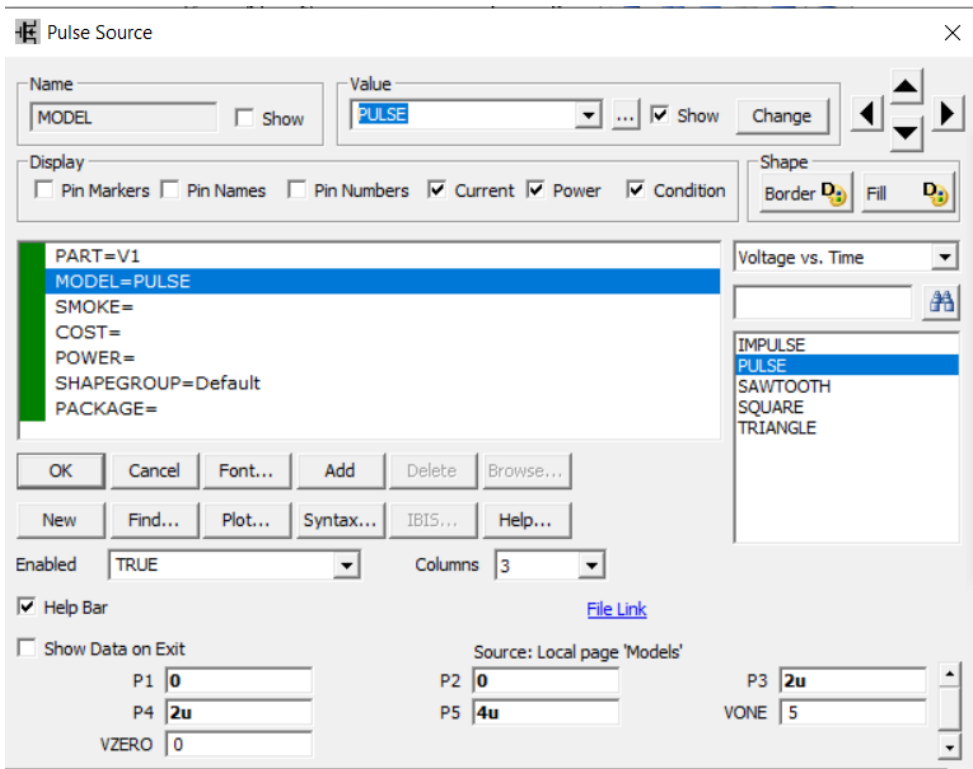
Получим  $R_b$ . Наши входные данные –  $R_k = 300 \text{ Ом}$ ,  $E_k = 5 \text{ В}$ ,  $U_{вх} = 5 \text{ В}$ ,  $U_{кэ} = 0.2 \text{ В}$ ,  $s = 1$ . Отсюда, ток коллектора при насыщении будет равен  $I_{кнас} = (E_k - U_{кэ}) / R_k = (5 - 0.2)/300 = 16 \text{ мА}$ .  $U_{бэ} = 0.7 \text{ В}$ . Определим коэффициент усиления для тока  $I_{кнас}$ , как мы это делали в предыдущей лабораторной работе



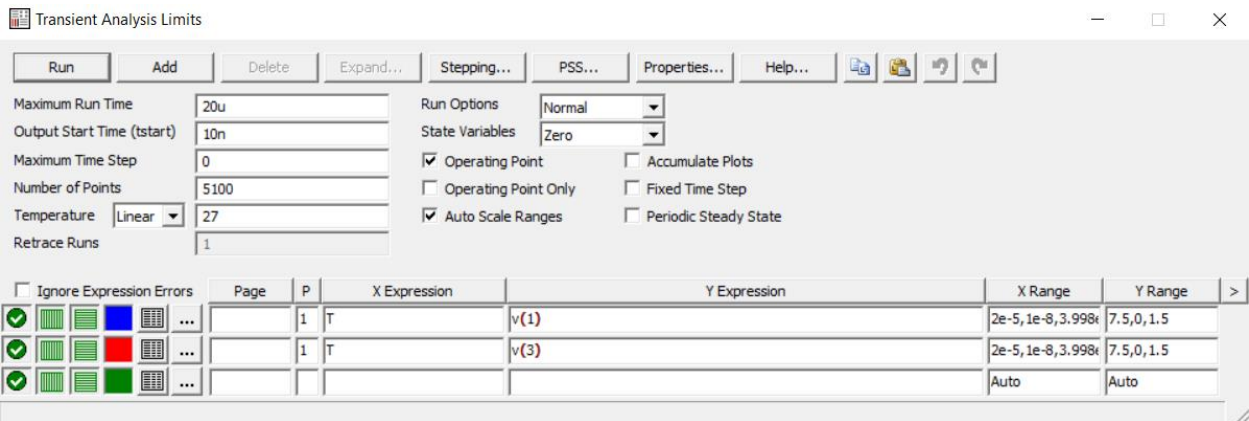
Коэффициент усиления  $\beta = 78.964$ . Минимальный ток базы, при котором транзистор переходит в режим насыщения  $I_{бнас} = I_{кнас} / \beta = 16 / 78.964 = 0.2 \text{ мА}$ .  $R_b(s) = (U_{вх} - U_{бэ}) / (S * I_{бнас}) = (5 - 0.7) / (1 * 0.2) = 21500/s \text{ Ом}$ .  $s = 1$ ,  $R_b = 21500 \text{ Ом}$ . Построим цепь



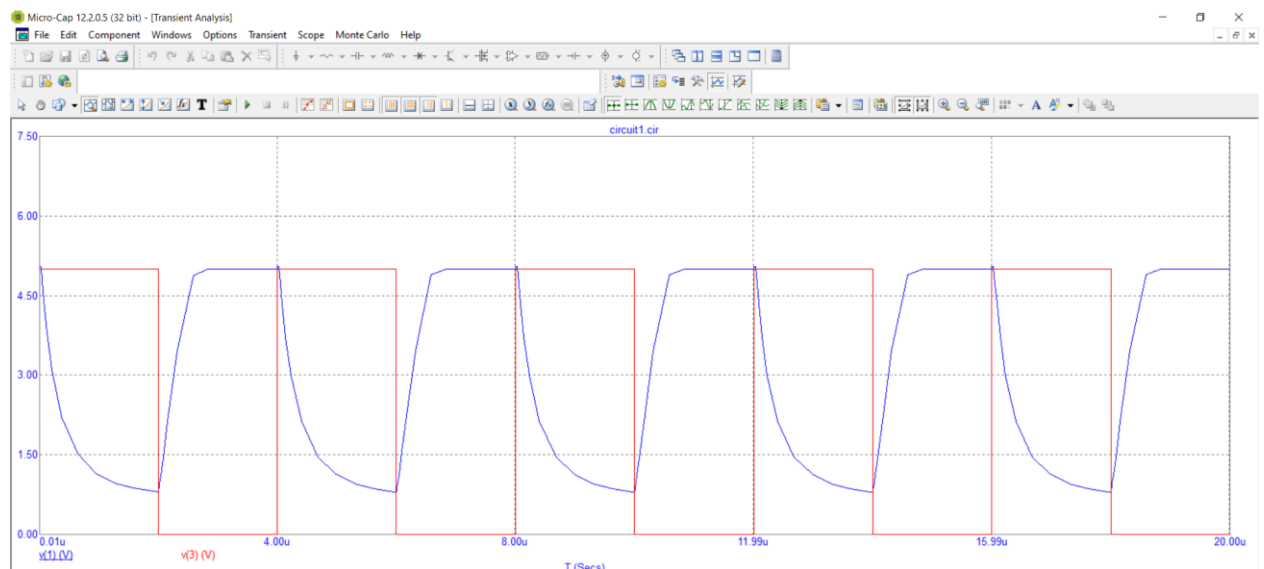
Параметры V1:



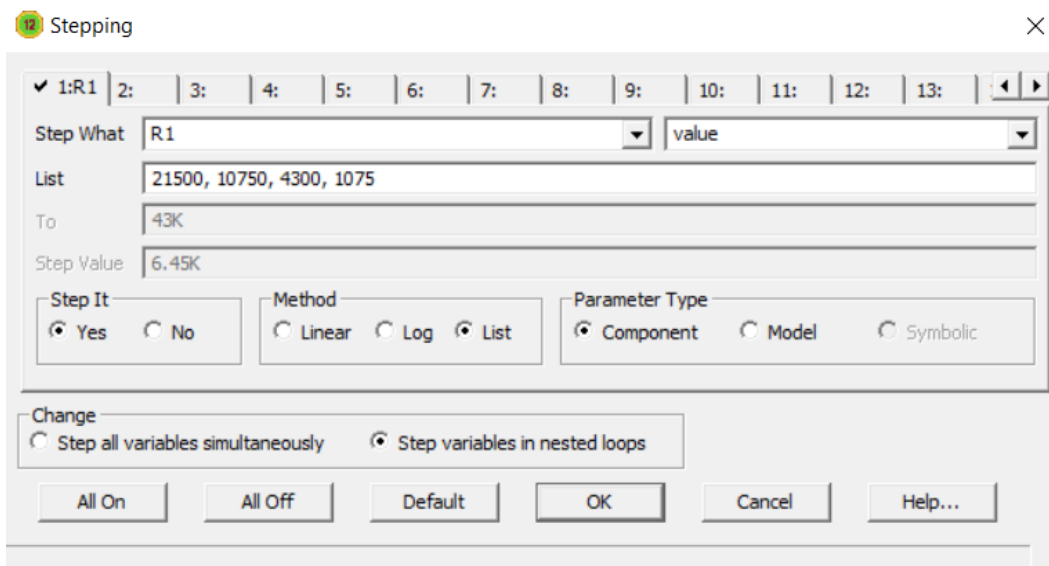
Воспользуемся Transient Analysis Limits со следующими параметрами



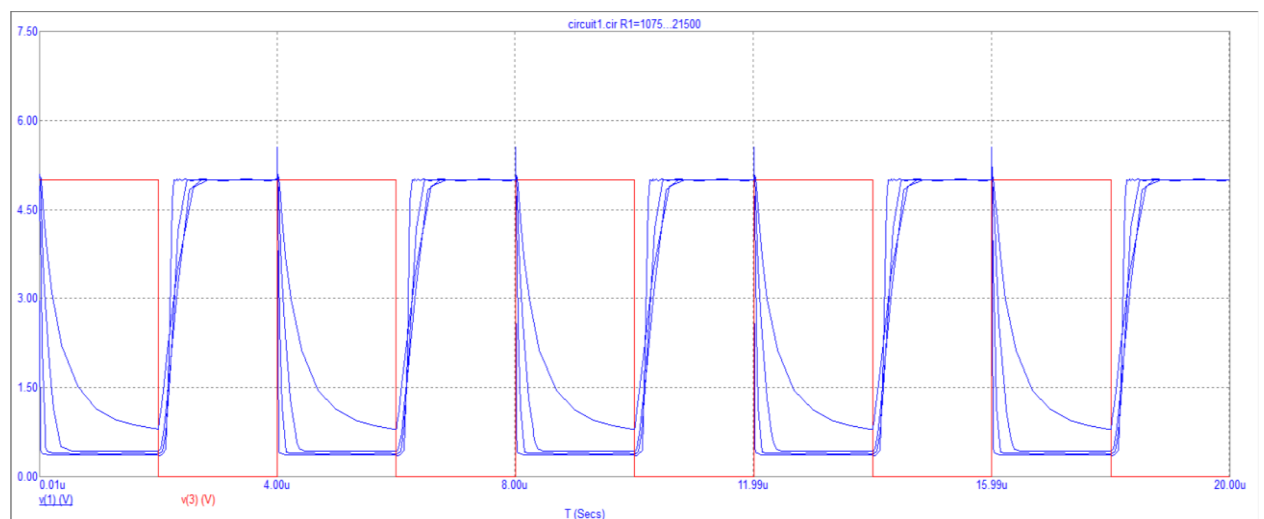
Получим следующий график



Воспользуемся функцией Stepping, чтобы получить графики для  $s = 1, 2, 5, 20$ . Зависимость  $R_b$  от  $s$  мы уже вывели

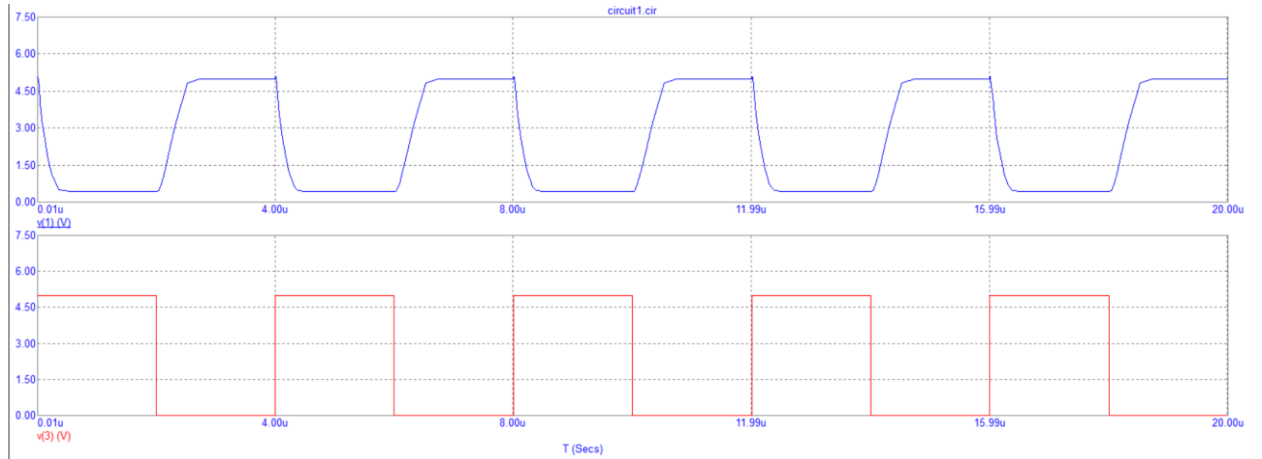


Получаем следующий график

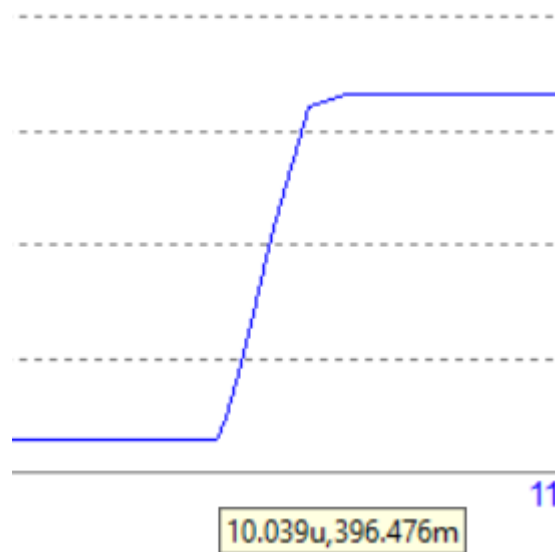


Определим длительности переднего  $t_{10}$  и заднего фронтов  $t_{01}$ , время рассасывания  $t_r$  и напряжение на коллекторе транзистора в режиме насыщения для  $s = 2$ .  $R_1 = 10750 \text{ Ом}$

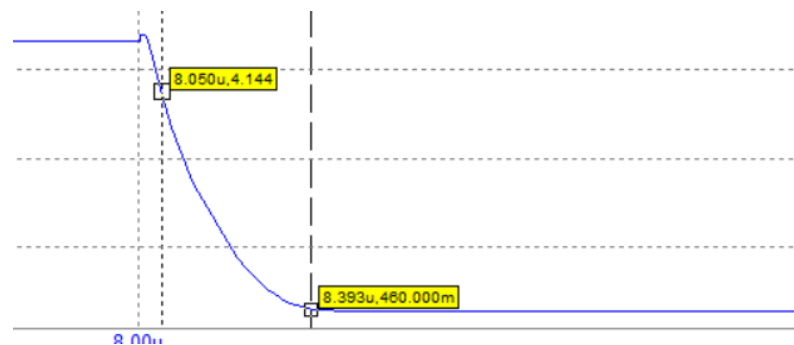
Построим график, где  $s = 2$ .



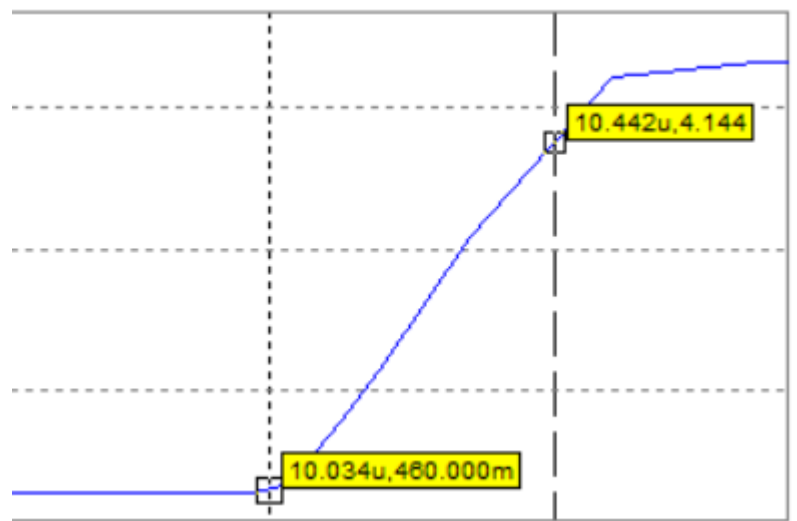
Напряжение на коллекторе – 0.396В. Отсюда, амплитуда равна  $5 - 0.396 = 4.604 \text{ В}$ .  $0.9 * 4.604 = 4.144 \text{ В}$ ,  $0.1 * 4.604 = 0.46 \text{ В}$ .



Найдем  $t_{01}$ ,  $t_{10}$ ,  $t_r$ .



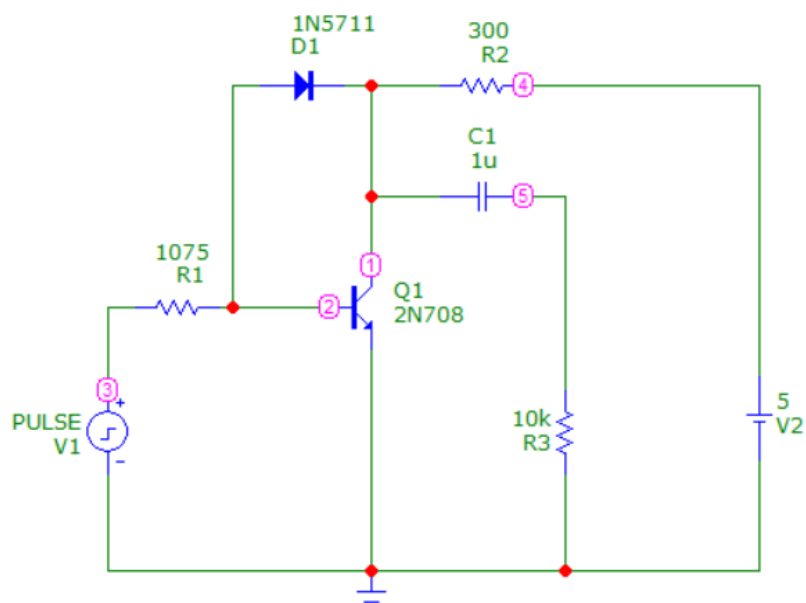
$$t_{01} = 8.393 - 8.050 = 0.343 \text{ мкс}$$



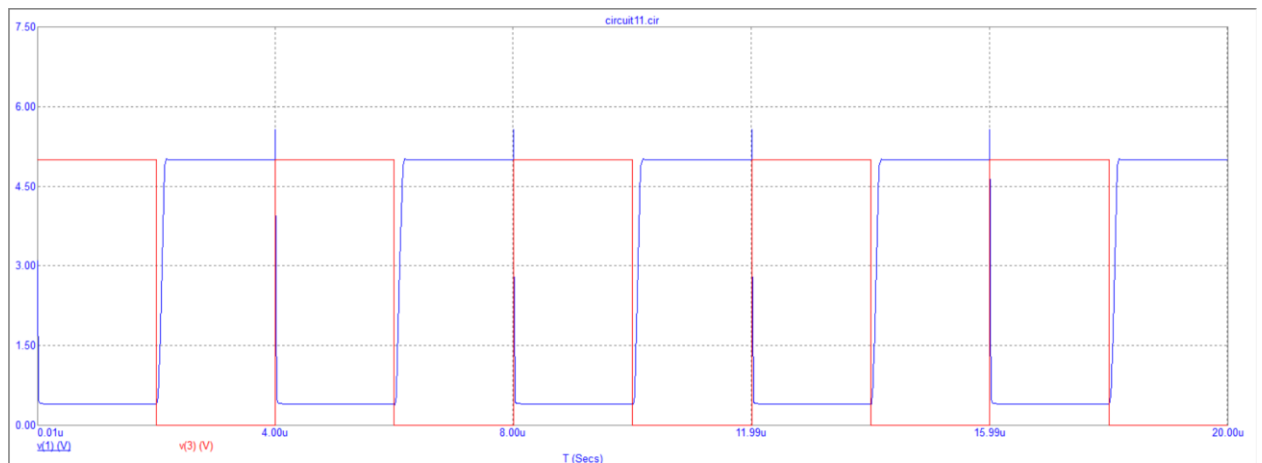
$$t_{10} = 10.442 - 10.034 = 0.408 \text{ мкс}$$

$$t_p = 1.641 \text{ мкс}$$

Добавим диод Шоттки, настроим сопротивление R1 для случая, когда  $s = 20$ .

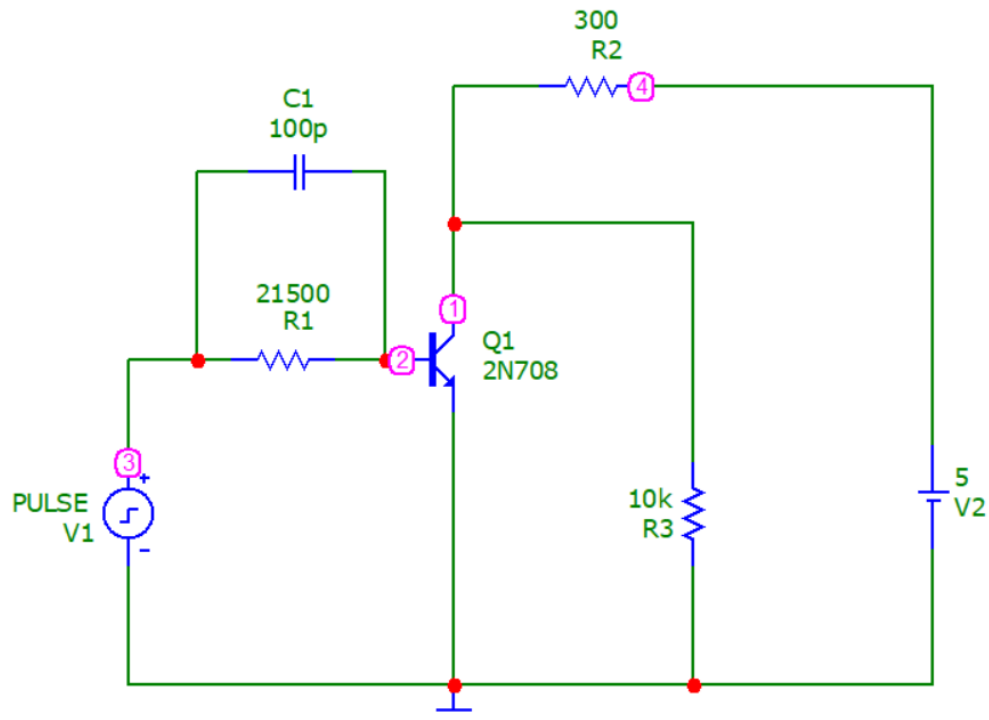


Влияние диода Шоттки на получаемый график:



## Эксперимент 5

Уберем диод Шоттки, подберем емкость форсирующего конденсатора и сопротивление  $R_b$  ( $R1$ ). Перестроим цепь следующим образом

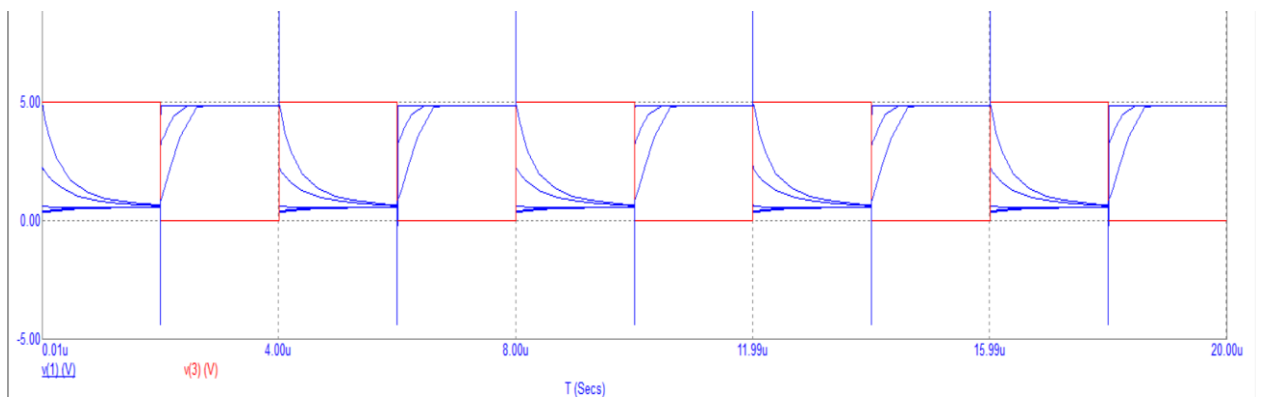


С помощью Transient Analysis Limits, используя Stepping для значения  $C1$ , будем искать  $C1$  в диапазоне 1-100 пФ. Пусть  $R1 = 21500$ , так как при таком сопротивлении мы уже достигаем состояния насыщения.

Stepping dialog box configuration:

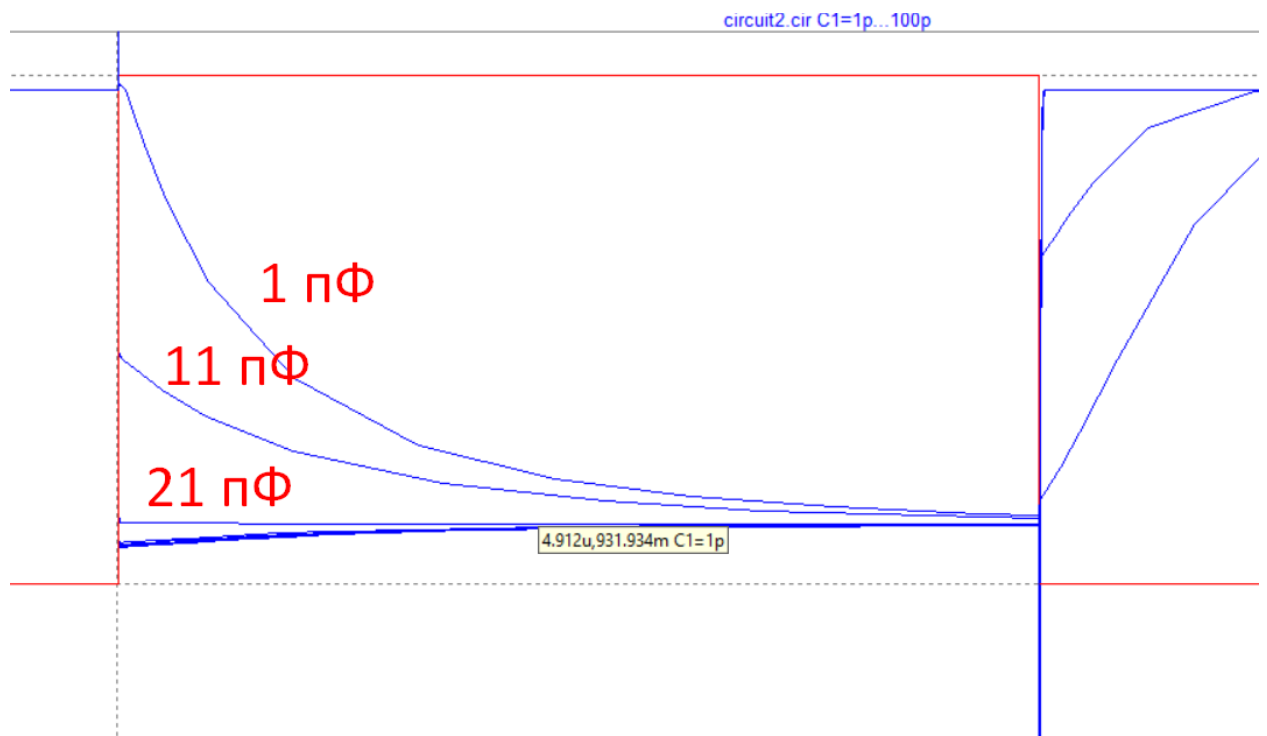
- Step What: C1
- From: 1p
- To: 100p
- Step Value: 10p
- Step It: ☒ Yes ☐ No
- Method: ☒ Linear ☐ Log ☐ List
- Parameter Type: ☒ Component ☐ Model ☐ Symbolic
- Change: ☐ Step all variables simultaneously ☒ Step variables in nested loops
- Buttons: All On, All Off, Default, OK, Cancel, Help...

Получим следующий график

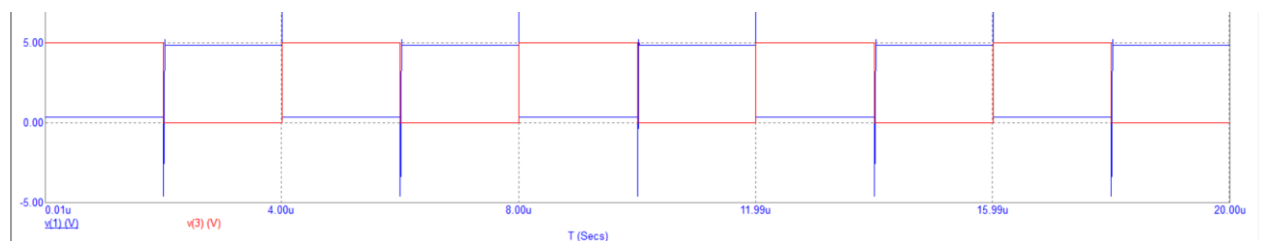


Наводясь курсором на синие кривые, можно узнать, при каком C1 эта кривая достигается

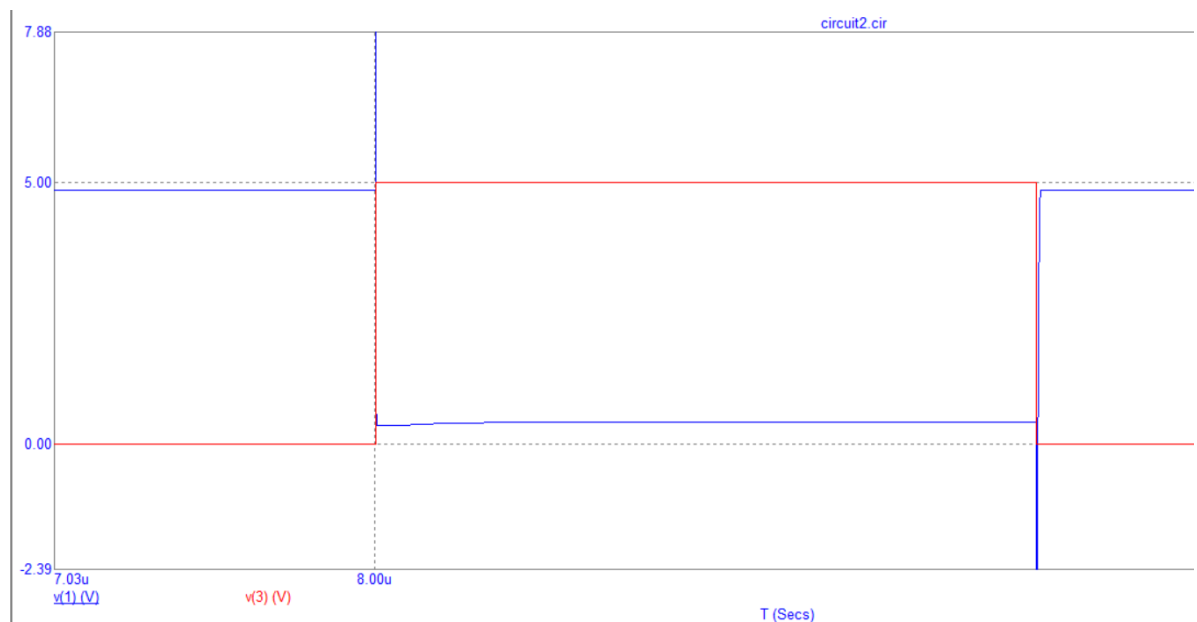




Видим, что при увеличении  $C1$  длительность фронтов уменьшается. Будем использовать  $C1 = 100 \text{ пФ}$ . Начнем подбирать  $R1$  с  $1000$  до  $40000 \text{ Ом}$ . Установим  $R1 = 1000 \text{ Ом}$



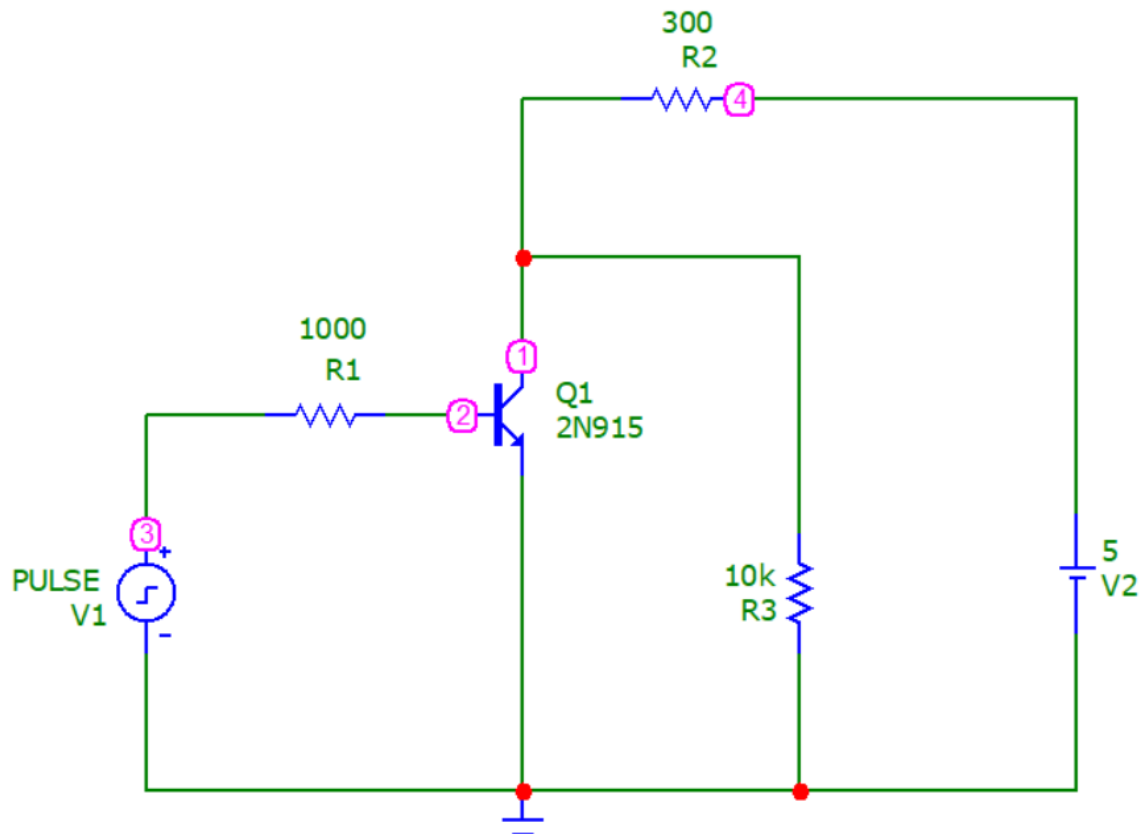
Как мы видим, при  $R1 = 1000 \text{ Ом}$  и  $C1 = 100 \text{ пФ}$  получается близкий к идеальному инвентор. Для сравнения, установим  $R1 = 10000 \text{ Ом}$



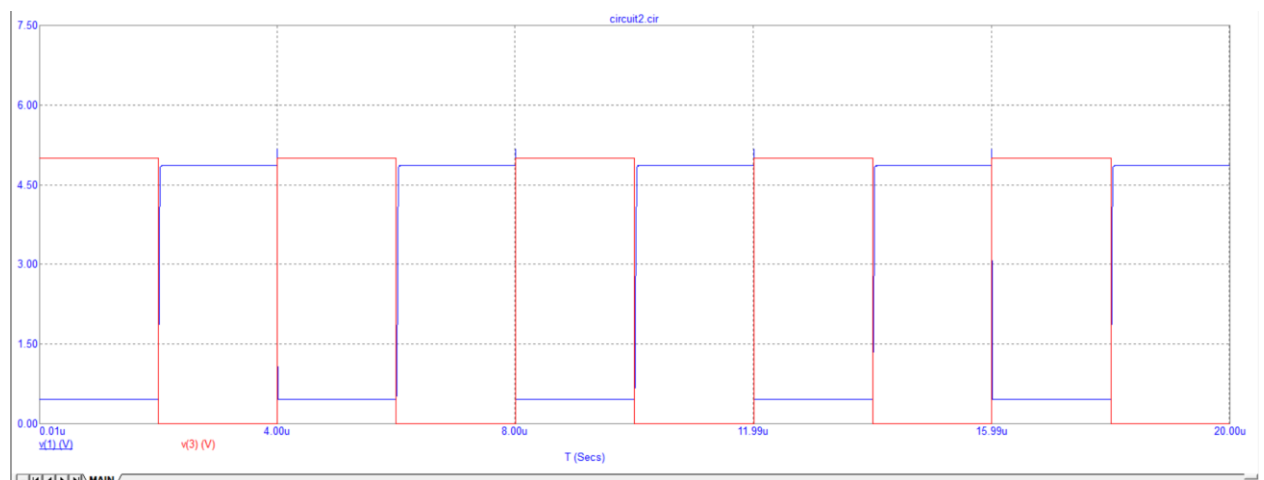
Видим, что синий график прямой не сразу – сначала он несколько выгнут. Отсюда можно сделать вывод, что нам нужно значение  $R1 = 1000 \text{ Ом}$

При значениях  $C1 = 100 \text{ пФ}$  и  $R1 = 1 \text{ кОм}$  получается инвертор, близкий к идеальному.

Уберем конденсатор, заменим транзистор на 2N915.



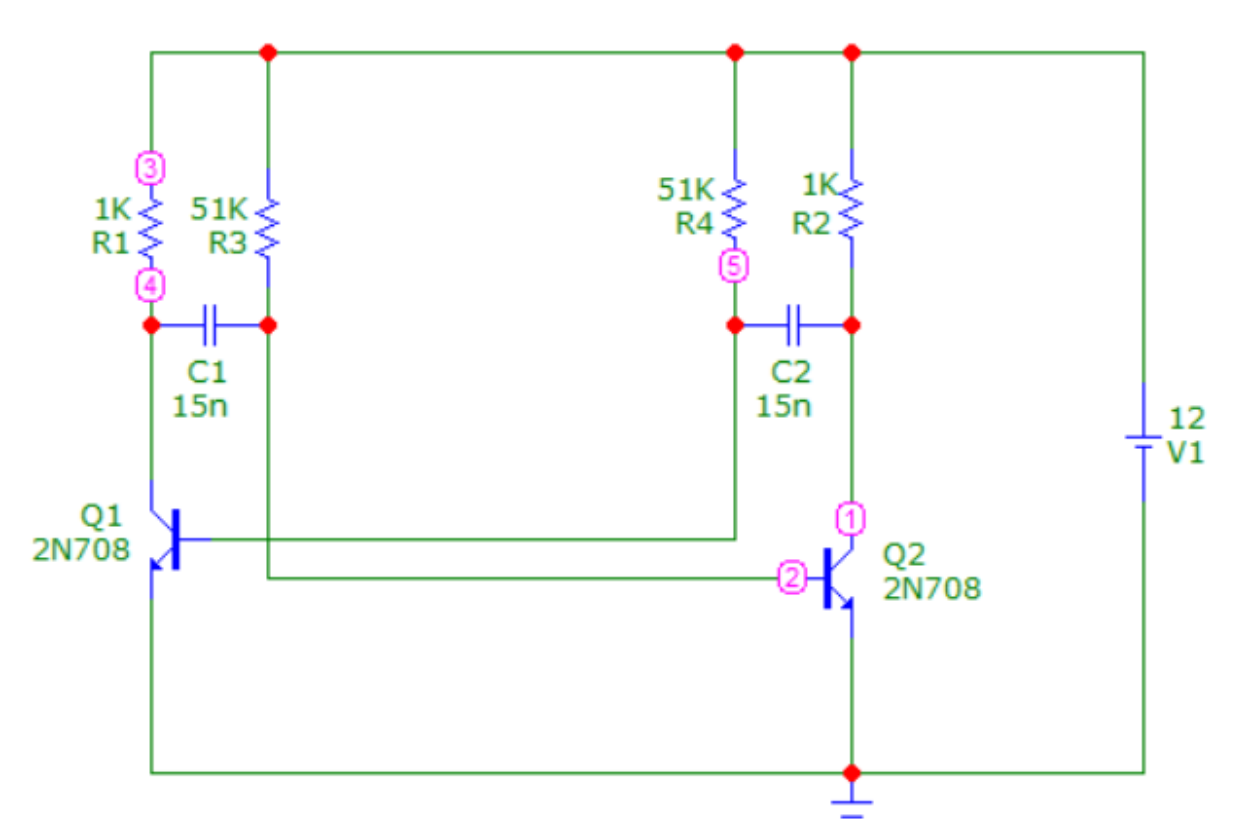
Запустим Transient Analysis Limits, чтобы убедиться в том, что R1 был подобран верно.



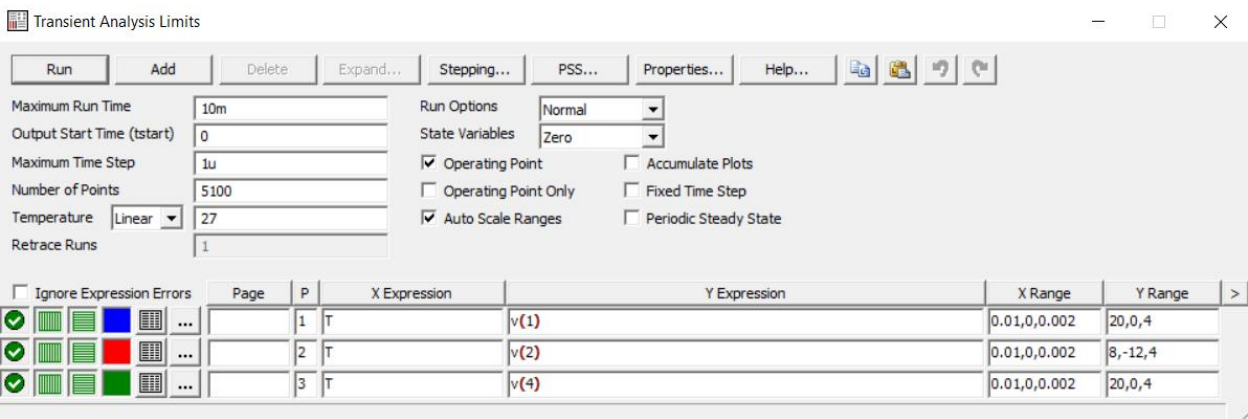
Картина всё так же близка к идеальной, то есть R1 был подобран верно.

## Эксперимент 6

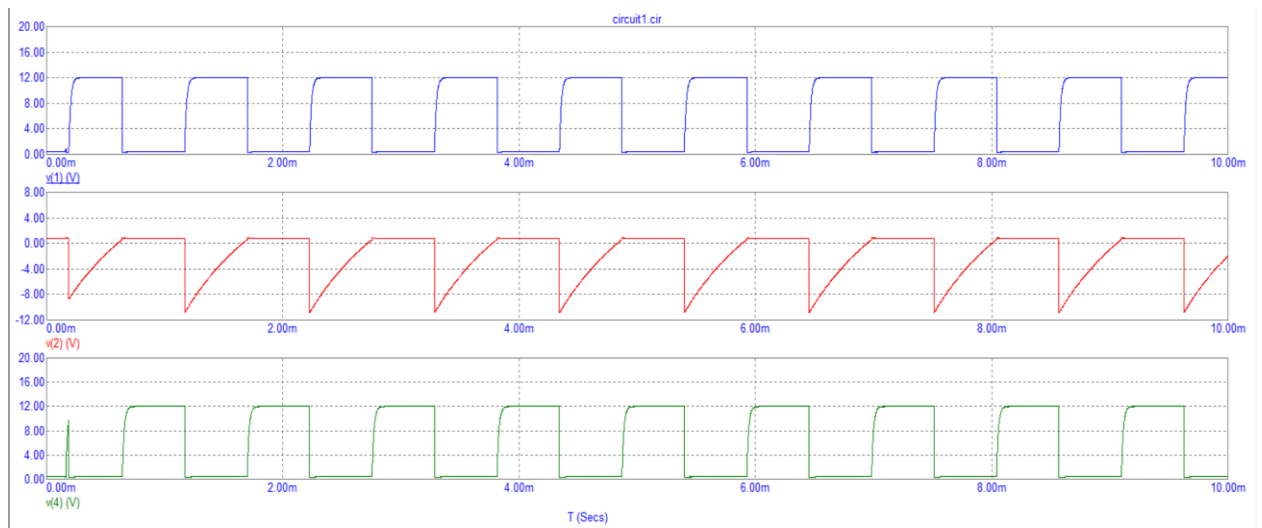
Построим цепь



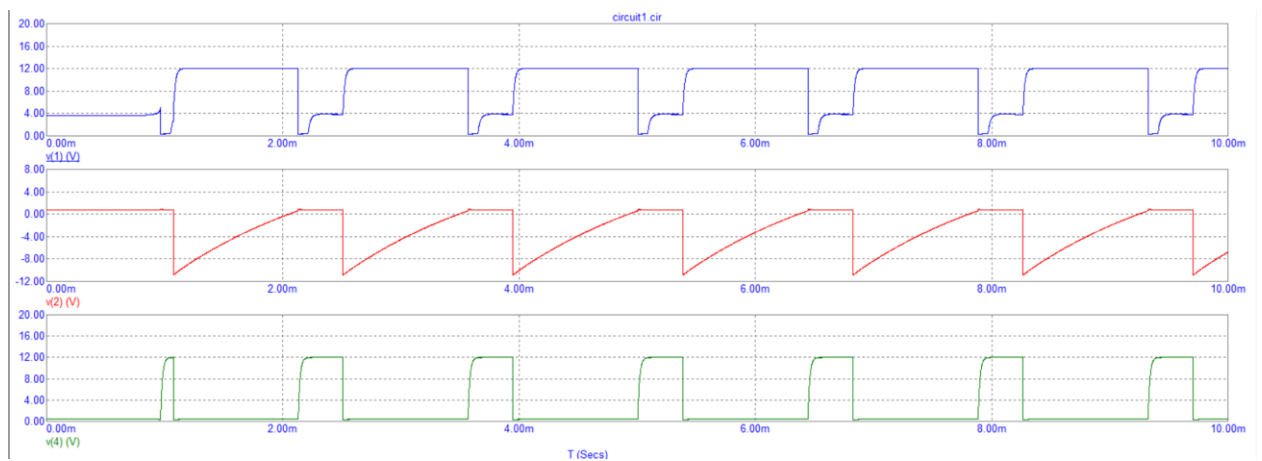
Воспользуемся Transient Analysis Limits



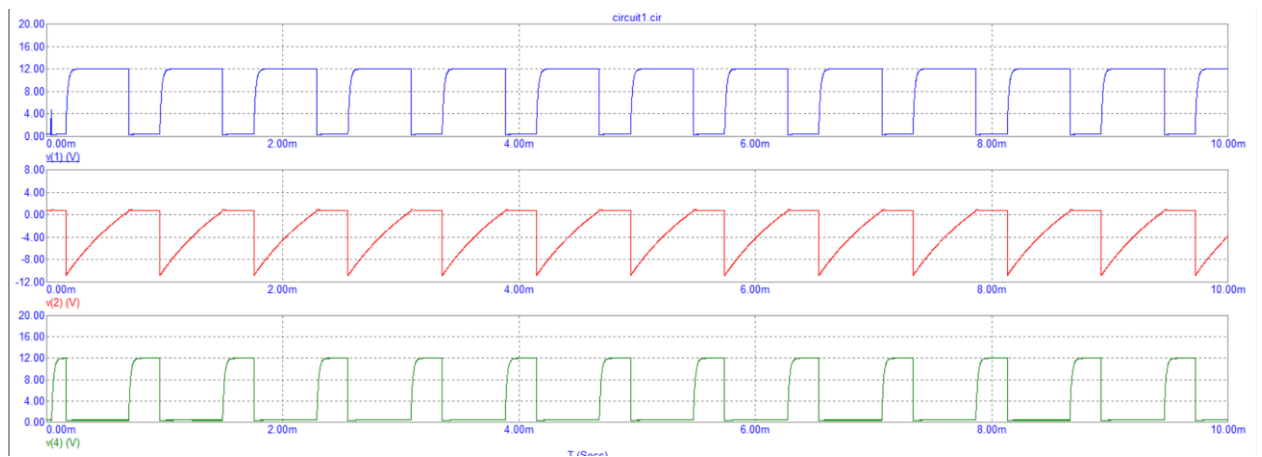
Получим следующий график



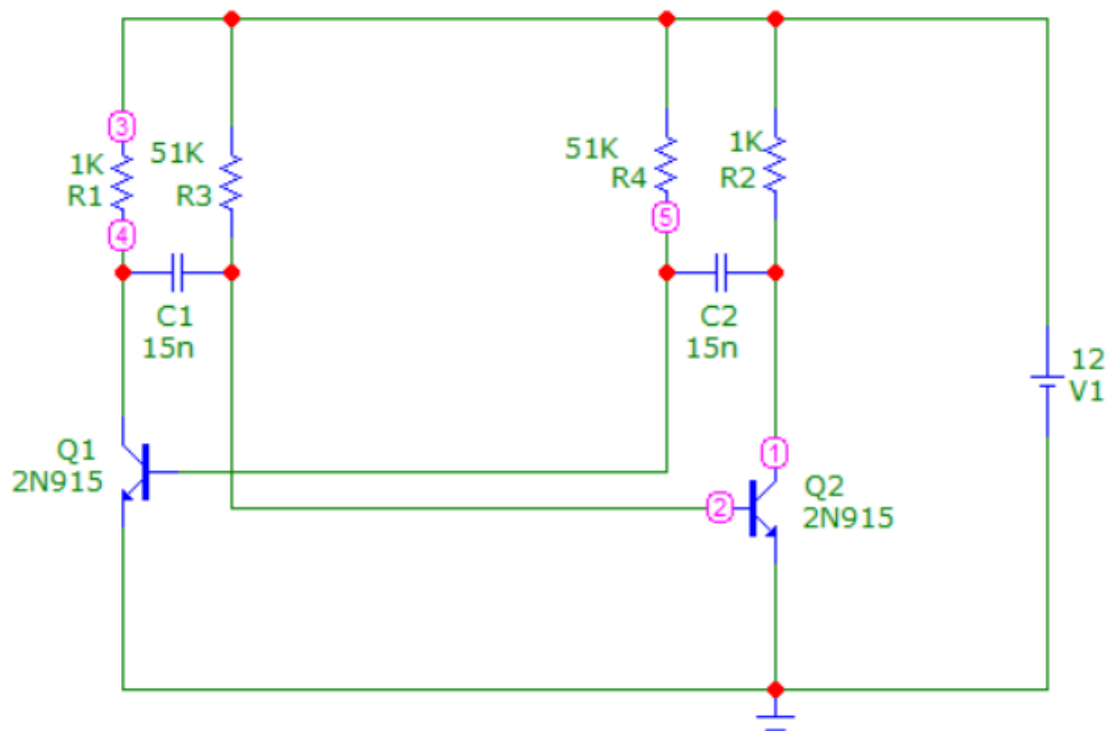
Из графиков, период открытого состояния - 0.528 мс, закрытого состояния – 0.525 мс. Увеличим R3 в 2 раза



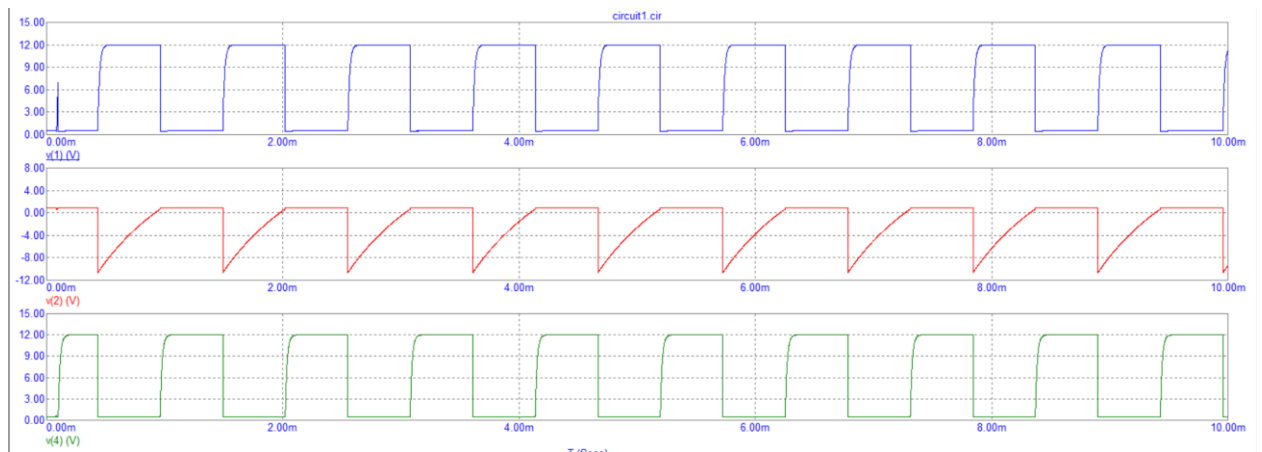
Уменьшим R3 в 2 раза, уменьшим R4 в 2 раза



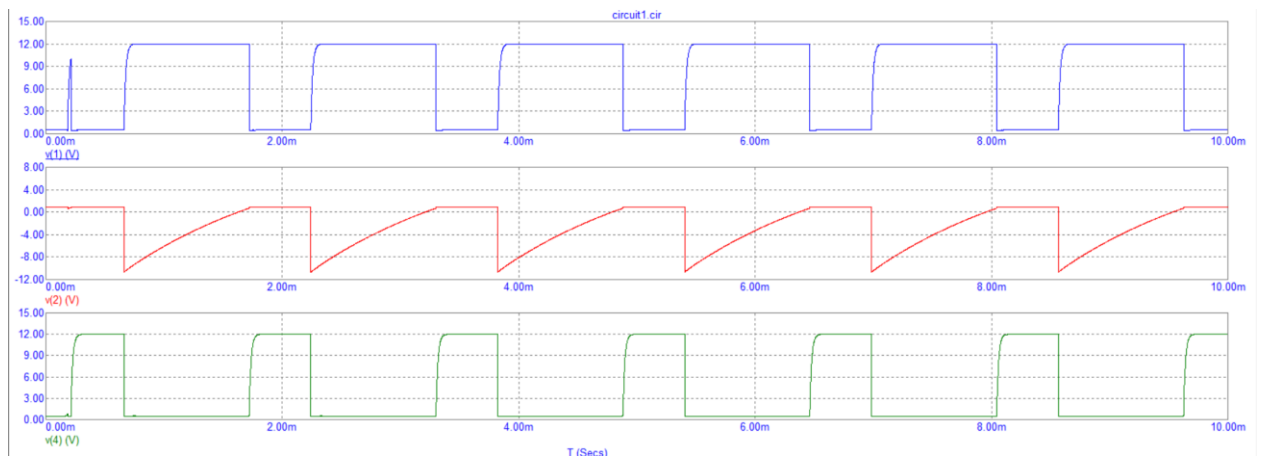
Поменяем транзистор на 2N915



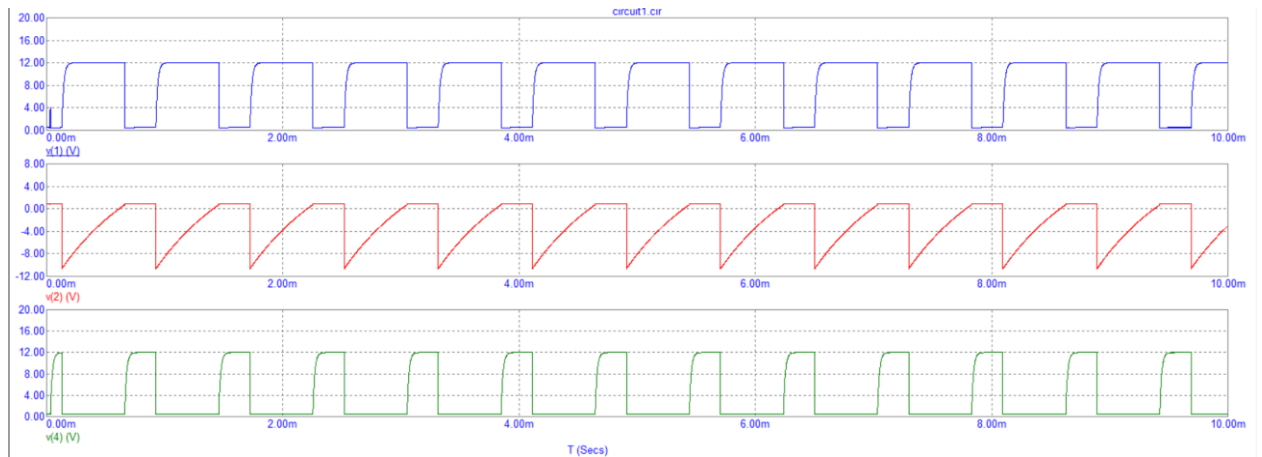
Получим следующий график



Увеличим R3 в 2 раза



Уменьшим R3 в 2 раза, уменьшим R4 в 2 раза



Отсюда можно сделать вывод, что что транзистор влияет на периоды колебаний

Ответы на вопросы:

1. Основное влияние на частоту мультивибратора оказывают сопротивления базы, емкости
2. При замене транзистора меняются длительности состояний открытия и закрытия.
3. Математическая модель мультивибратора нуждается во нарушении баланса в плечах. Реальное устройство такого не требует