

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Дисциплина основы электроники**  
**Лабораторный практикум №6**

Работу выполнил:  
студент группы ИУ7-31Б  
Костев Дмитрий

Работу проверил:

Москва, 2020 г.

**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.

## Эксперимент 4

### Ключ на биполярном транзисторе

Вариант 10  
.model q2T325a NPN(Is=19.86f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=87 Bf=84.21 Ise=336.8f  
+ Ne=1.424 Ikf=76.88m Nk=.5 Xtb=1.5 Br=1.78 Isc=.1p Nc=1.744  
Ikr=.6068  
+ Rb=25 Rc=.2997 Cjc=3.549p Mjc=.333 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=3.42p Mje=.333  
+ Vje=.75 Tr=16.38n Tf=138.3p Itf=.3 Xtf=1.7 Vtf=25)

Чтобы поставить нужное сопротивление на базу, его нужно рассчитать. Для коэф. Насыщения  $s = 1, 2, 5, 20$ :

$$\text{sat} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 5 \\ 20 \end{pmatrix}$$

$$\text{beta} := 84.21 \cdot 0.8 = 67.368$$

$$R_k := 510$$

$$E_k := 5 \quad U_{vx} := 5$$

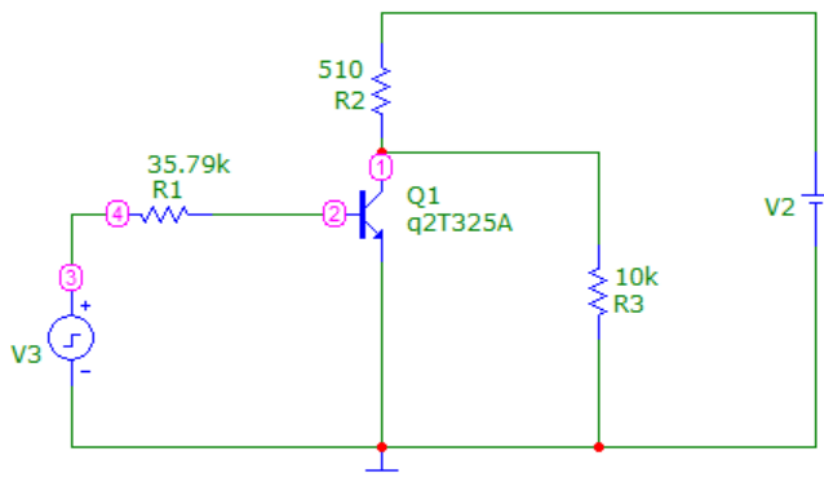
$$I_{k\_nas} := \frac{U_{E_k} - 0.2}{R_k} = 9.412 \times 10^{-3}$$

$$I_{b\_nas} := \frac{I_{k\_nas}}{\text{beta}} = 1.397 \times 10^{-4}$$

$$R_b := \frac{U_{vx}}{\text{sat} \cdot I_{b\_nas}} = \begin{pmatrix} 3.579 \times 10^4 \\ 1.789 \times 10^4 \\ 7.158 \times 10^3 \\ 1.789 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

BF взят как  $0.8 \cdot$  на значение табличного.

Построим схему для  $s=1$ .



Настройки импульсного генератора:

**Pulse Source**

Name: MODEL ☐ Show Value: PULSE ☐ Show

Display: ☐ Pin Markers ☐ Pin Names ☐ Pin Numbers ☒ Current ☒ Power ☒ Condition

PART=V3  
 MODEL=PULSE  
 COST=  
 POWER=  
 SHAPEGROUP=Default  
 PACKAGE=

Border  Fill

Voltage vs. Time

IMPULSE  
 PULSE  
 SAWTOOTH  
 SQUARE  
 TRIANGLE

☒ Enabled ☒ Help Bar [File Link](#)

Source: Local page 'Models'

P1 0 P2 0 P3 2u  
 P4 2u P5 4u VONE 5  
 VZERO 0

## Пределы анализа:

Transient Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... PSS... Properties... Help...

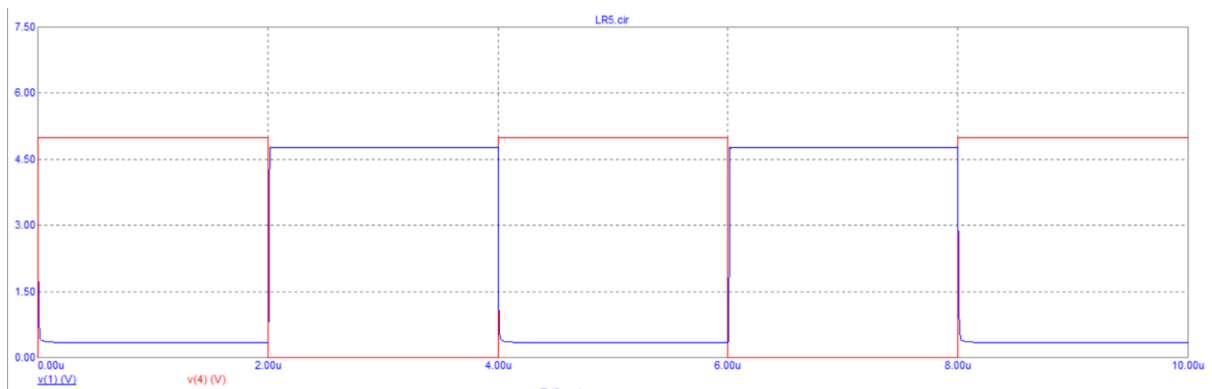
Time Range: 10u  
 Maximum Time Step: 10n  
 Number of Points: 5100  
 Temperature: Linear 27  
 Retrace Runs: 1

Run Options: Normal  
 State Variables: Zero

☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots  
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step  
☐ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

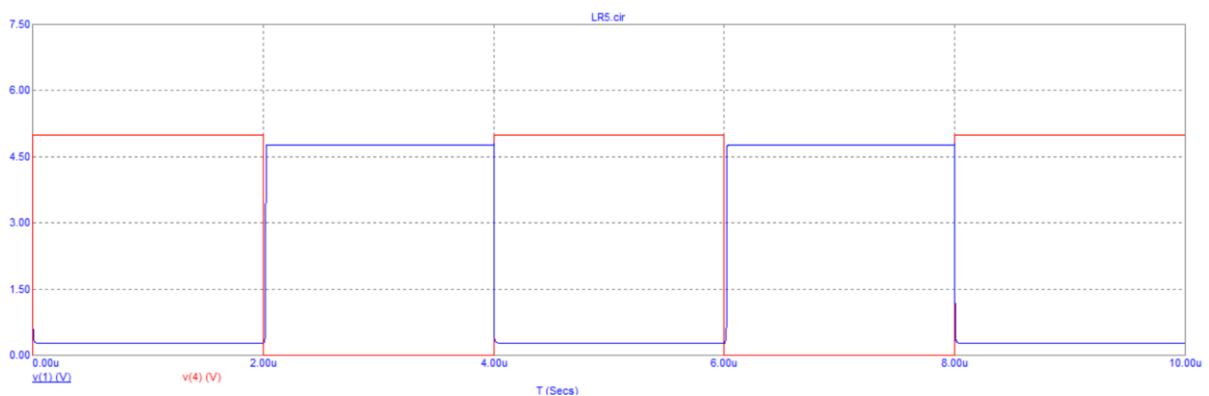
Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	T	v(1)	AutoAlways	AutoAlways
1	1	T	v(4)	AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways

## Полученный график:

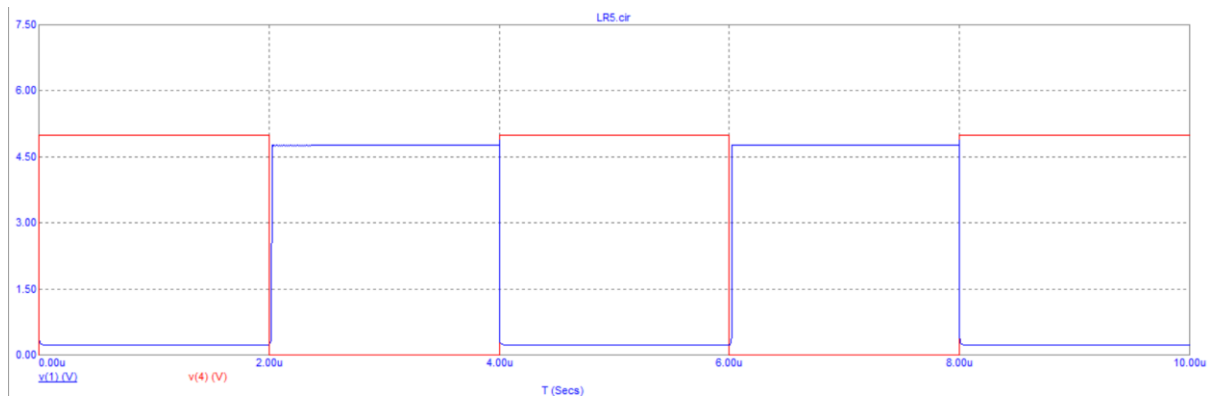


Прделаем те же операции для  $s = 2, 5, 20$

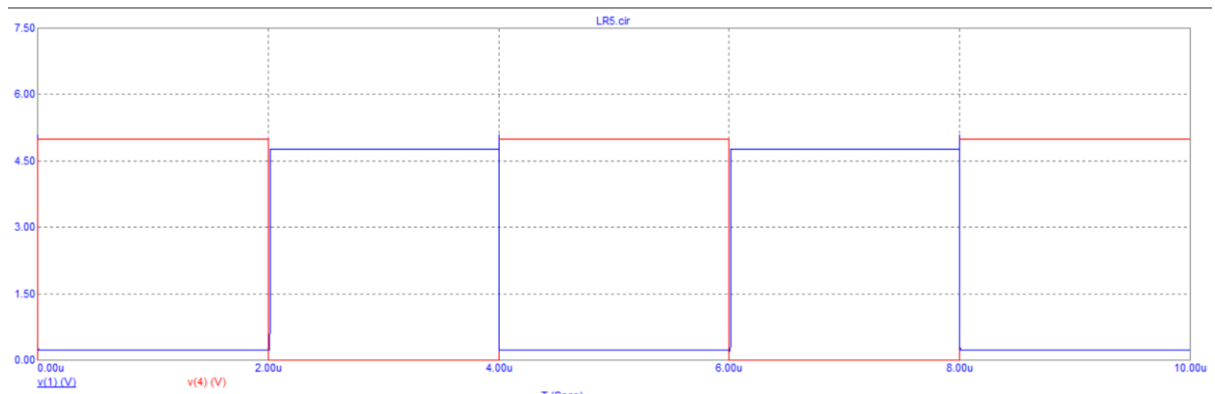
$S=2$ ,  $R = 17.89k$



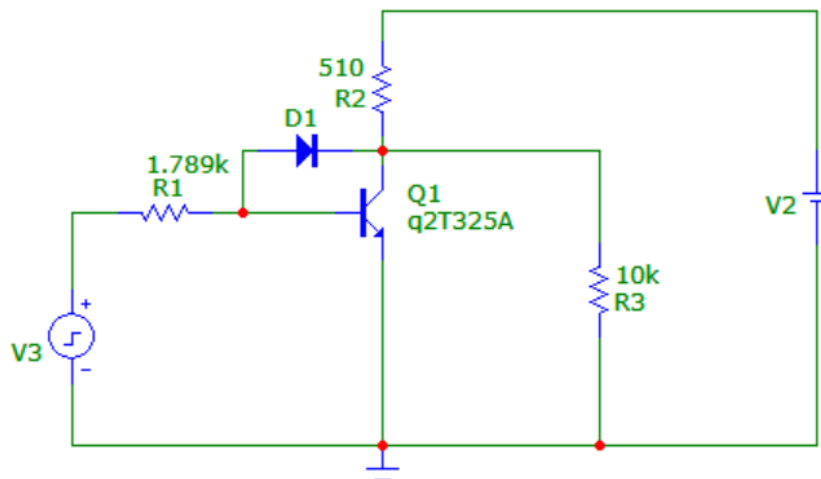
$S = 5$ ,  $R = 7.158k$



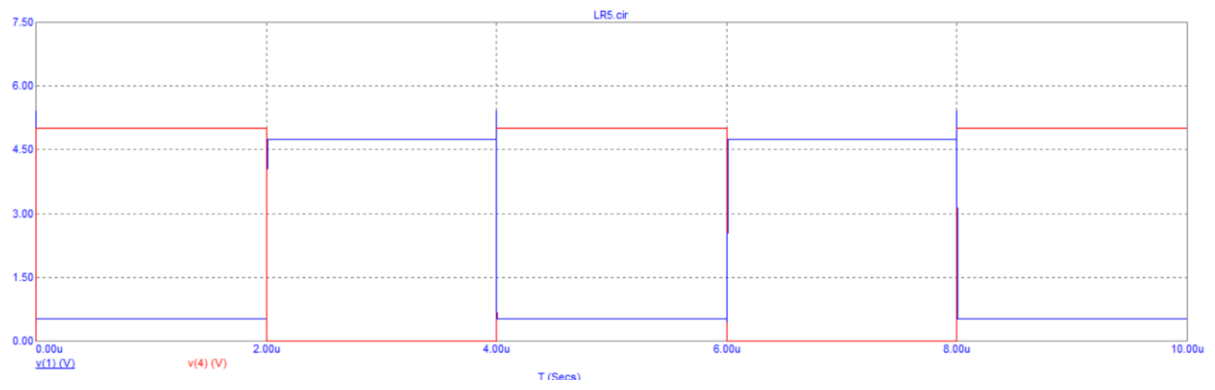
$S = 20$ ,  $R = 1.789k$



Установим диод Шоттки для степени насыщения  $S = 20$ .



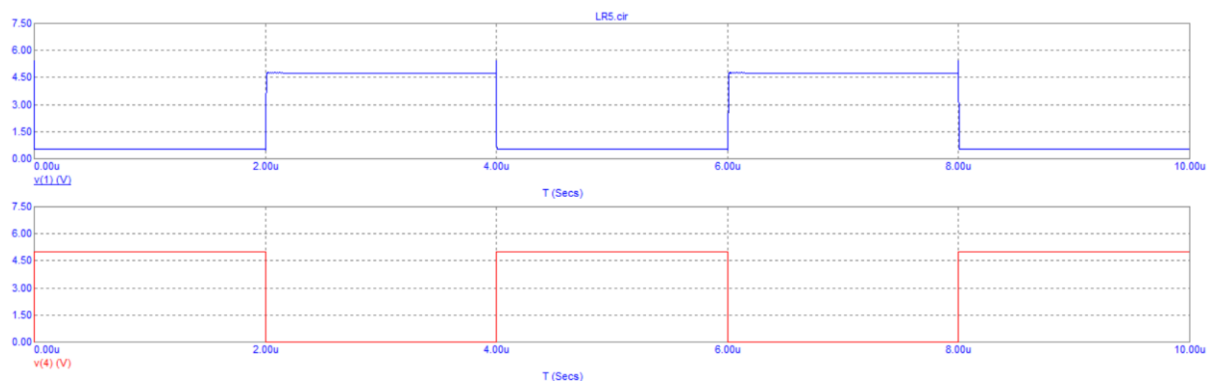
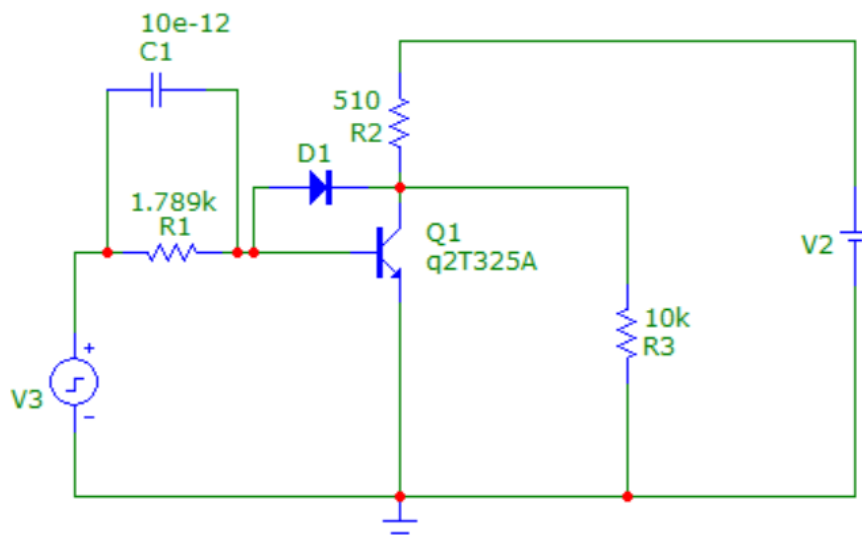
Построим диаграмму для времени.



## Эксперимент 5

Возьмем схему из эксперимента 4 и добавим к ней форсирующий конденсатор (C1). Подберем значения на конденсаторе C1 и резисторе R1, чтобы максимально близко получить инвертер.

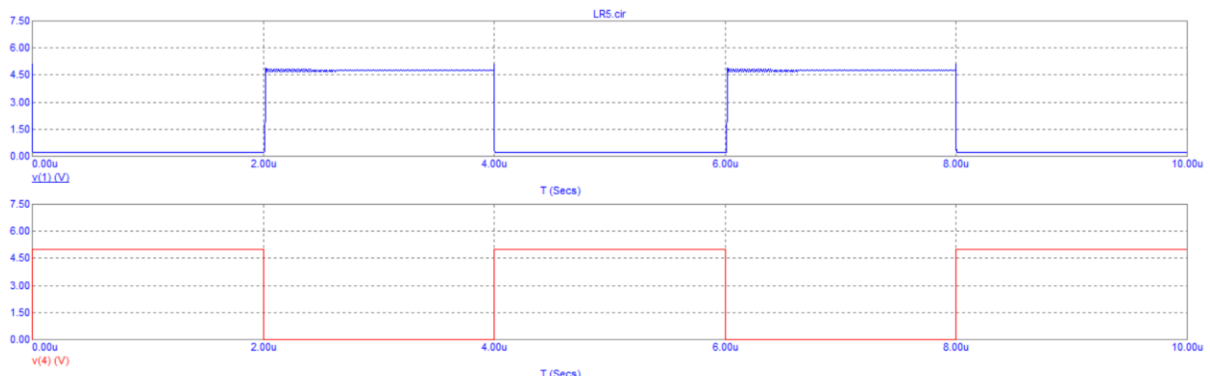
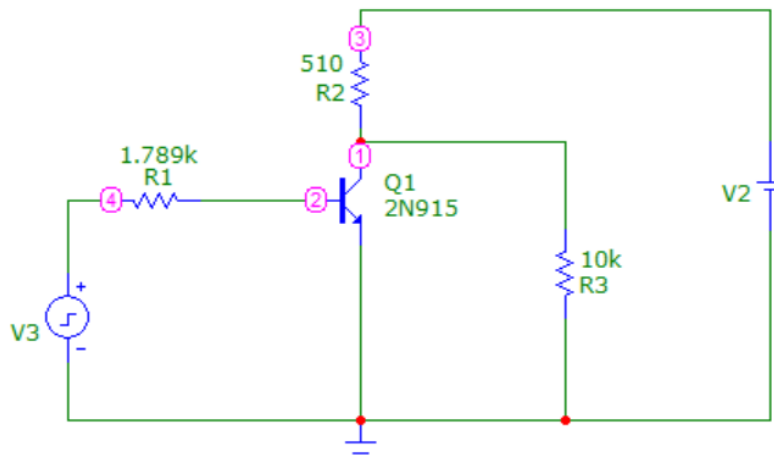
Схема с подобранными значениями и график:



Теперь уберем конденсатор и диод Шоттки, а также заменим транзистор на 2N915

Схема и график:

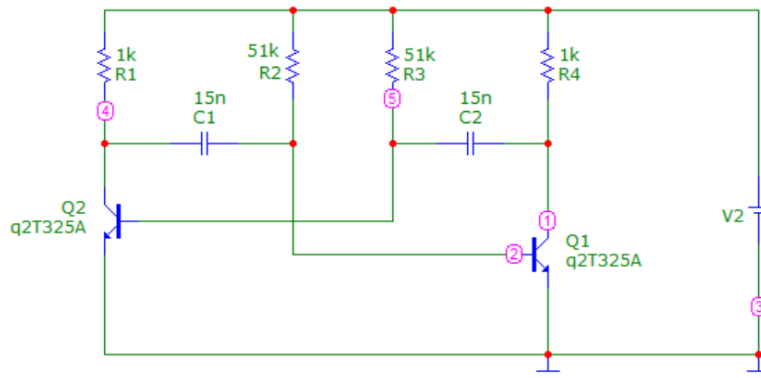




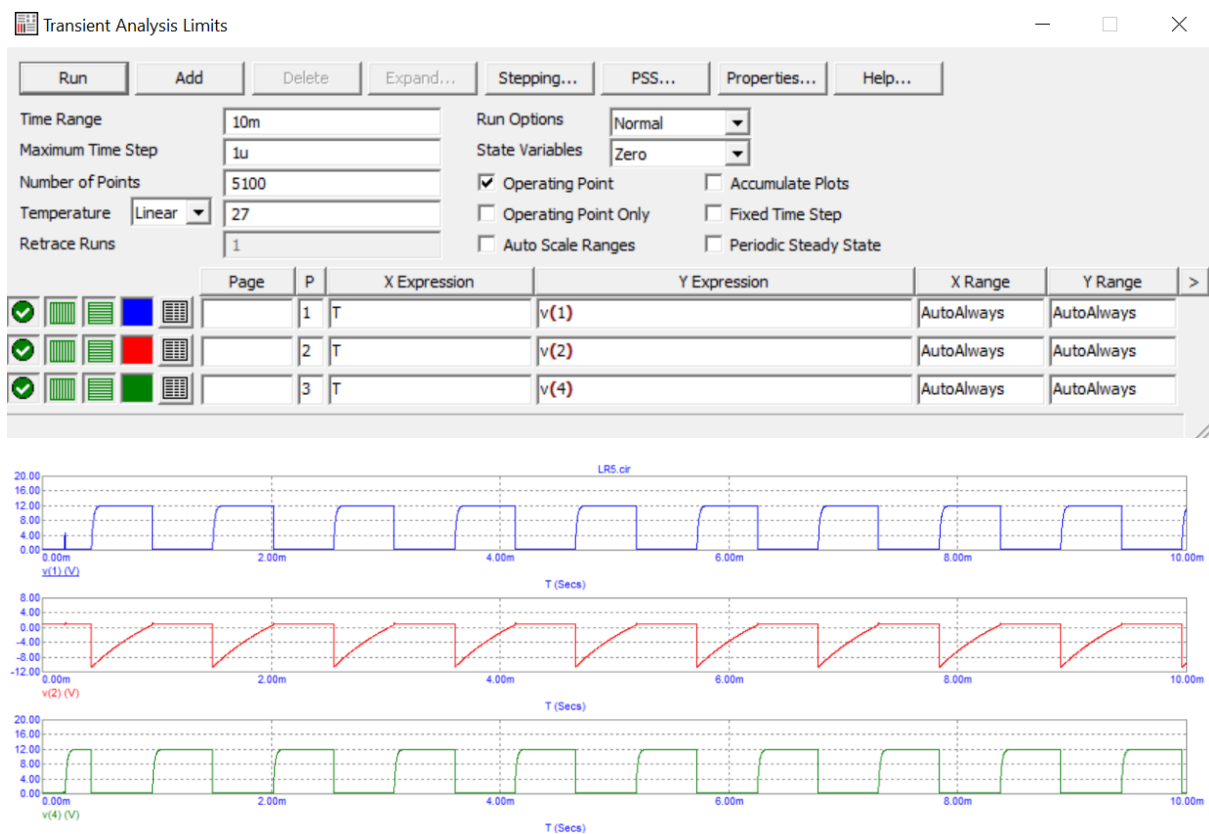
Из графика видно, что получается очень близкий к идеальному инвертор даже без диода и конденсатора – время рассасывания и время формирования фронтов минимально. Таким образом, для быстродействия ключа важным фактором является модель транзистора, выбранного для установки (его коэффициент усиления и емкость коллекторного перехода).

## Эксперимент 6

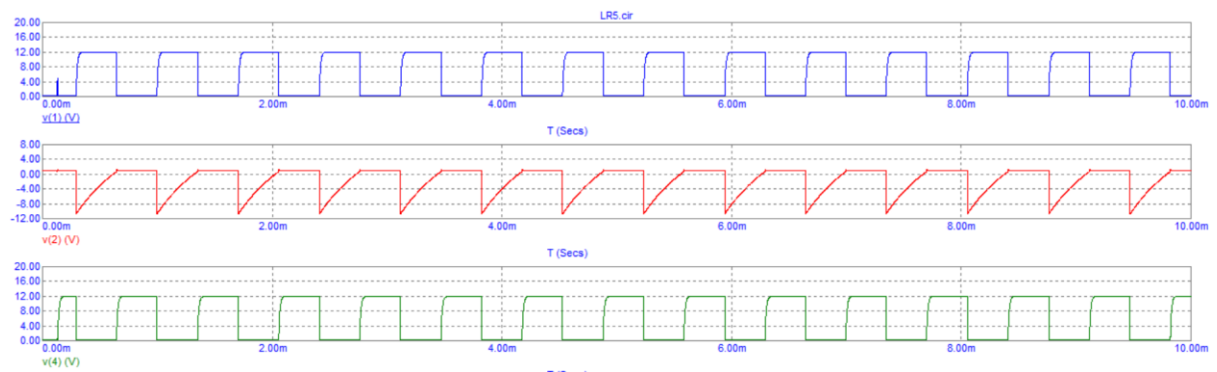
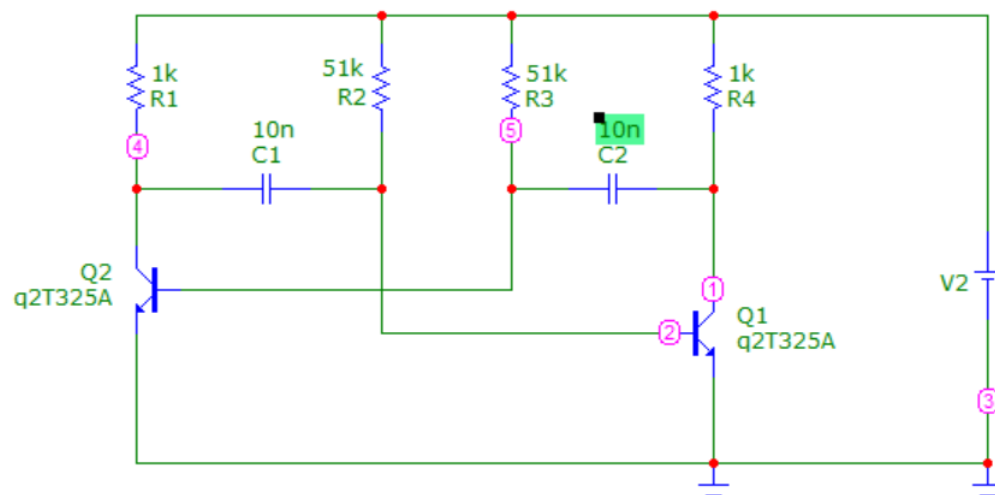
Соберем схему для мультивибратора



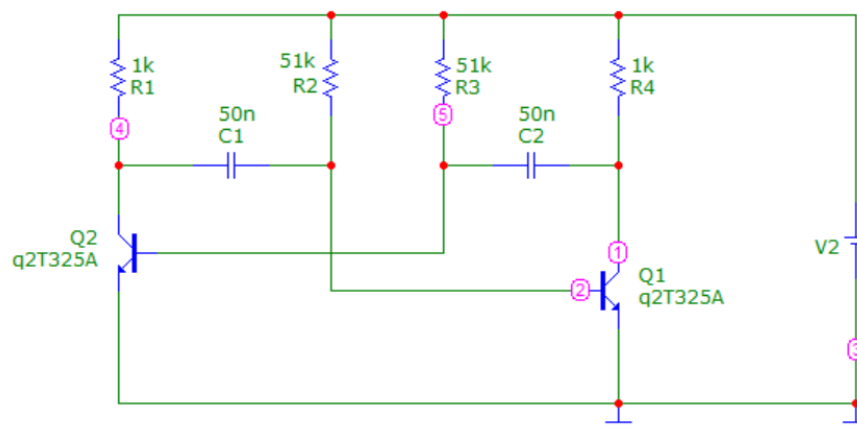
Настроим параметры и построим графики напряжений

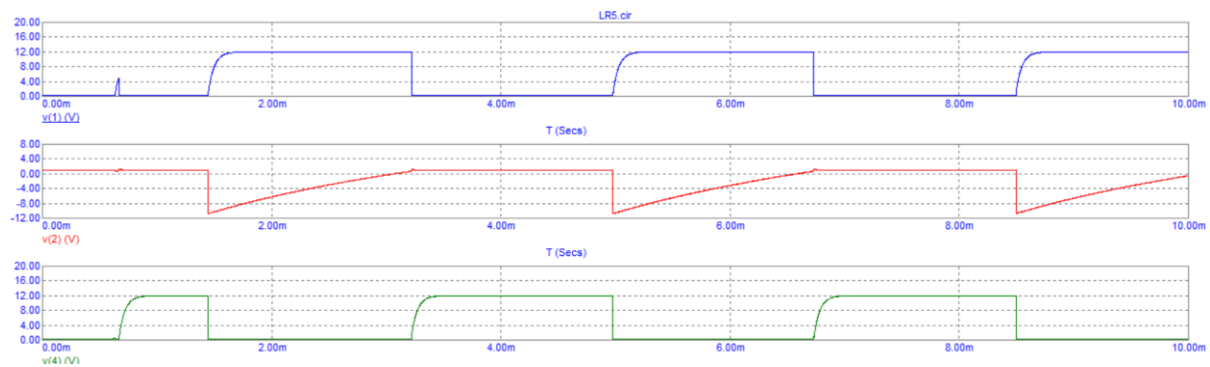


Уменьшим значения обеих емкостей (C1 и C2) – частота колебаний увеличится

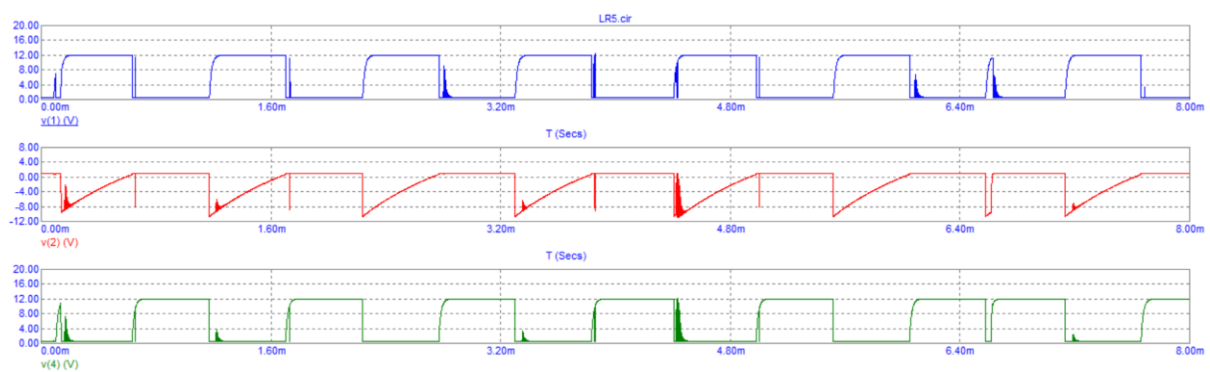
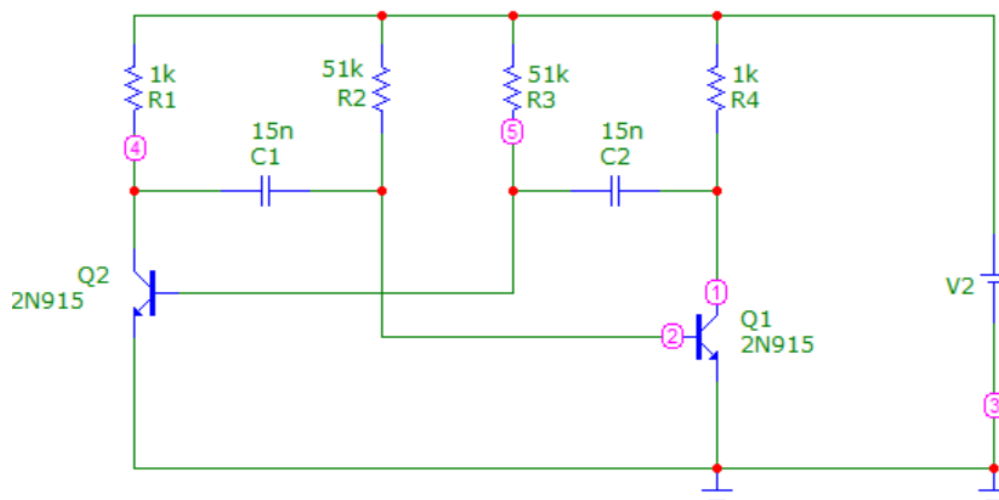


Увеличим значения обеих емкостей (C1 и C2) – частота колебаний уменьшится

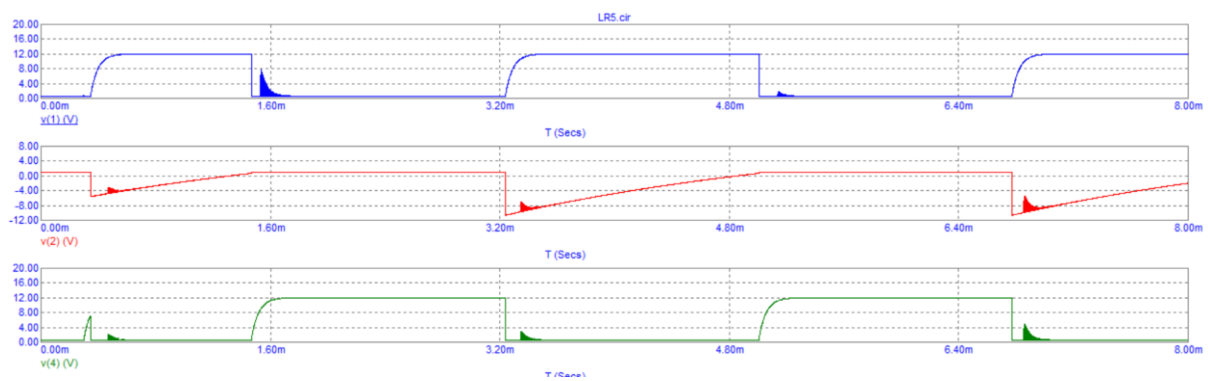
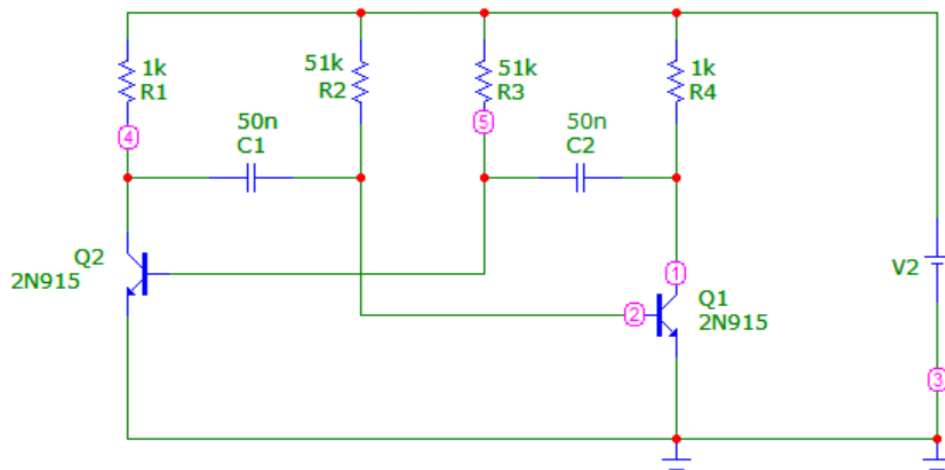




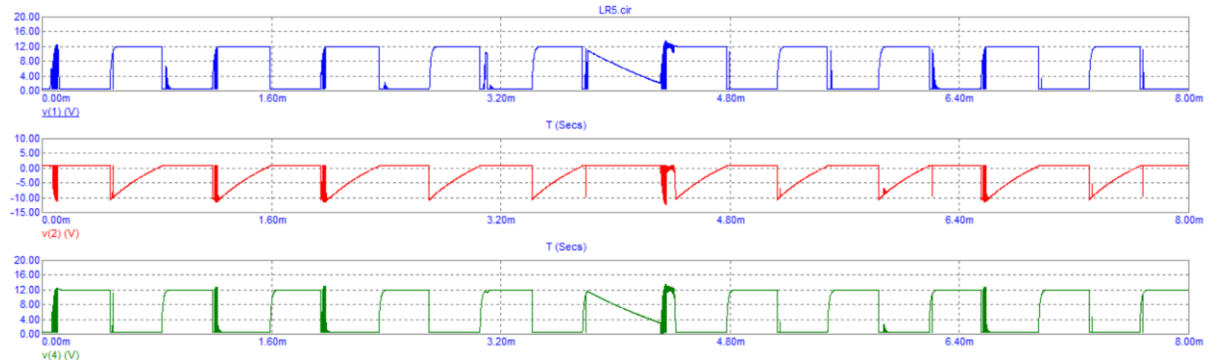
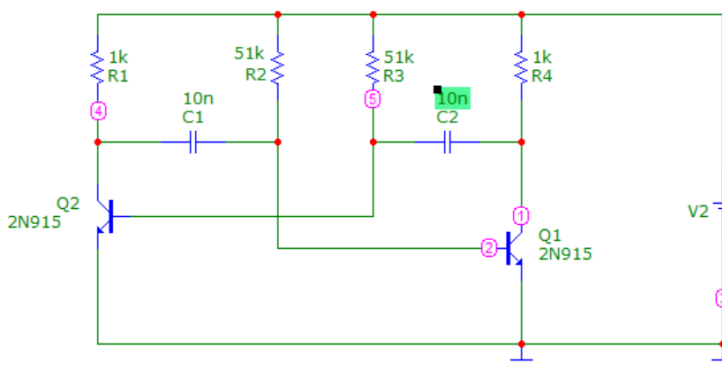
Заменим транзистор на другой NPN



Увеличим значения обеих емкостей (C1 и C2) – частота колебаний уменьшится



Уменьшим значения обеих емкостей (C1 и C2) – частота колебаний увеличится



### Контрольные вопросы к Эксперименту 6

1. Какие элементы имеют основное влияние на частоту мультивибратора?
  - Сопротивление и емкости имеют наибольшее влияние на частоту мультивибратора (это видно из приведенных выше графиков)
2. Как влияет замена транзистора на параметры колебания?
  - Если заменить транзистор, то период колебаний мультивибратора изменится.
3. Чем отличается работа математической модели мультивибратора от реального устройства?
  - Необходимостью введения разбаланса в “плечах” для возникновения колебаний – основное различие математической модели мультивибратора от реального устройства.