

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника
Лабораторный практикум №5
по теме: «Усилители»

Работу выполнила:
студент группы ИУ7-34Б
Ильченко Ева

Работу проверил:

Цель работы

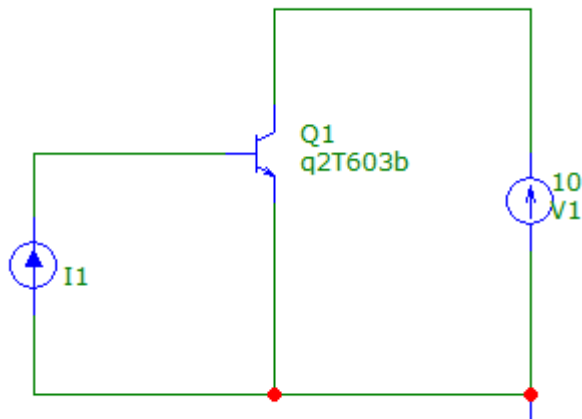
Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным,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

В данной работе используется биполярный транзистор q2T603b

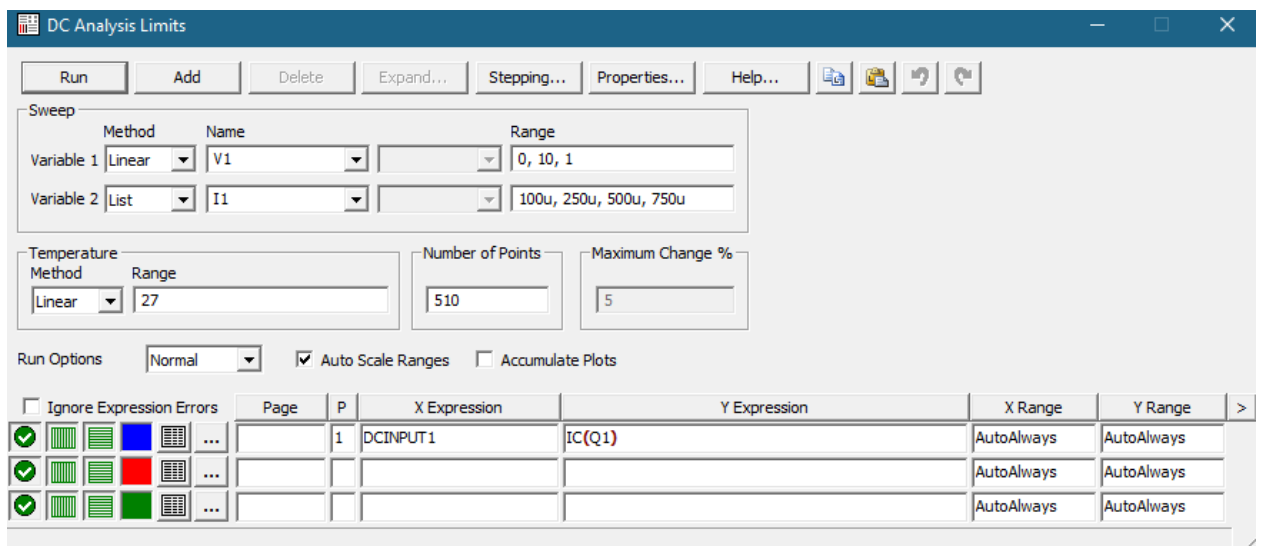
```
.model q2T603b NPN(Is=91.85f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=80 Bf=100 Ne=1.299  
+ Ise=410f Ikf=1.033 Xtb=1.5 Br=1.113 Nc=2 Isc=1.265p Ikr=.41 Rc=1.17  
+ Rb=12 Cjc=5.646p Mjc=.3443 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=28.89p Mje=.283 Vje=.75  
+ Tr=255.1n Tf=389.2p Itf=2.04 Vtf=60 Xtf=2) |
```

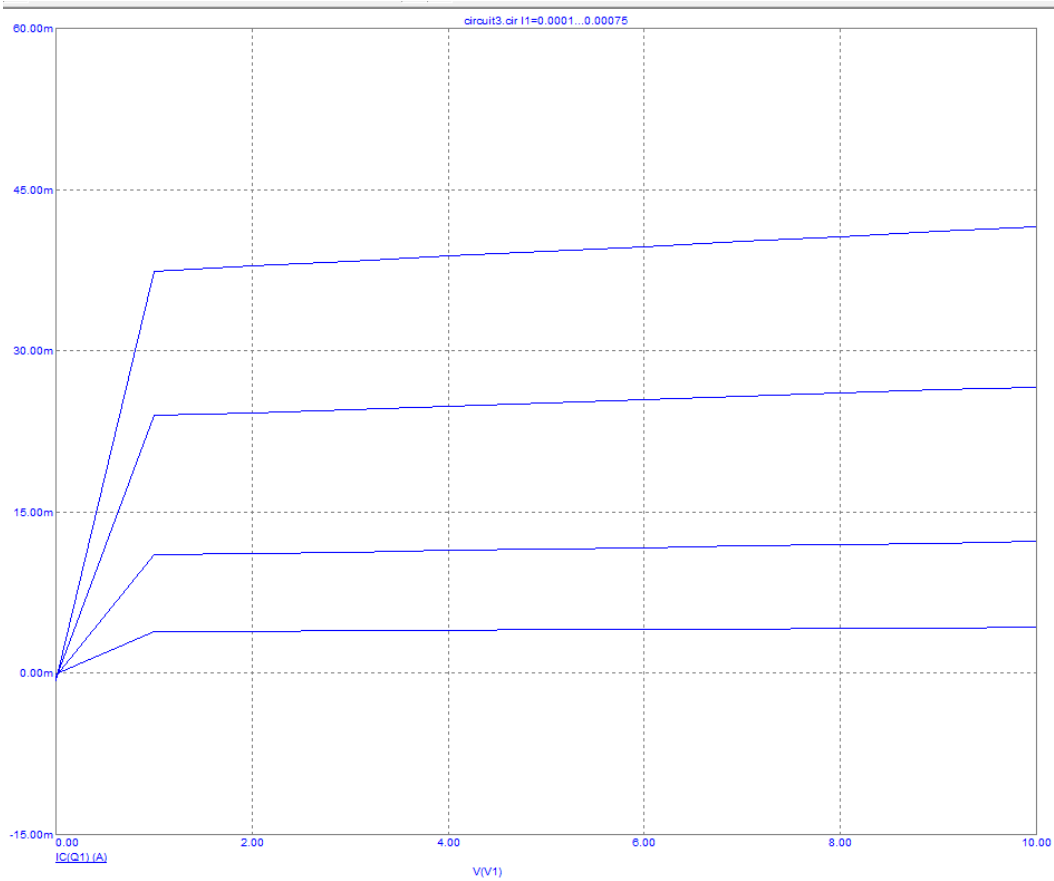
Эксперимент 1

Создадим ВАХ транзистора с общим эмиттером:



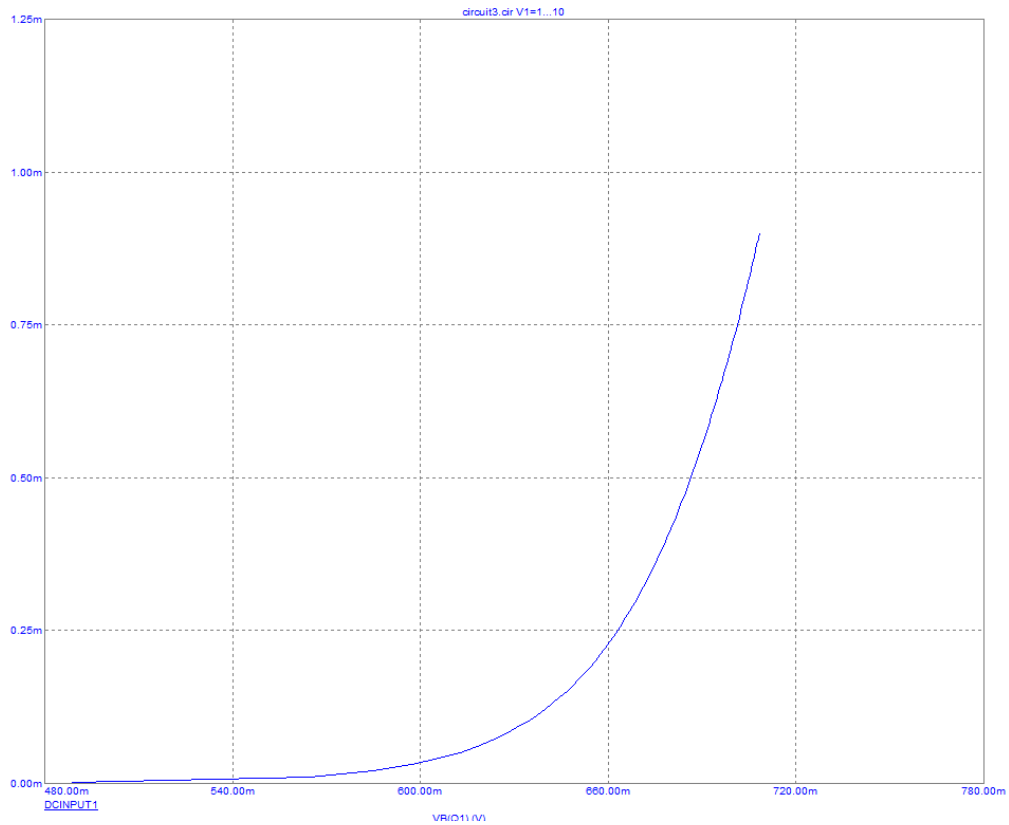
Исследуем характеристику выходного вах-транзистора:





1

Исследуем входную характеристику транзистора:



- $I_{k \max}$ - Максимально допустимый постоянный ток коллектора: 300 мА;
- $P_{k \max}$ - Постоянная рассеиваемая мощность коллектора: 0,5 Вт;

Источник: <https://eandc.ru/catalog/2t603b/>

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	0, 10, 1
Variable 2	List	I1	100u, 250u, 500u, 750u

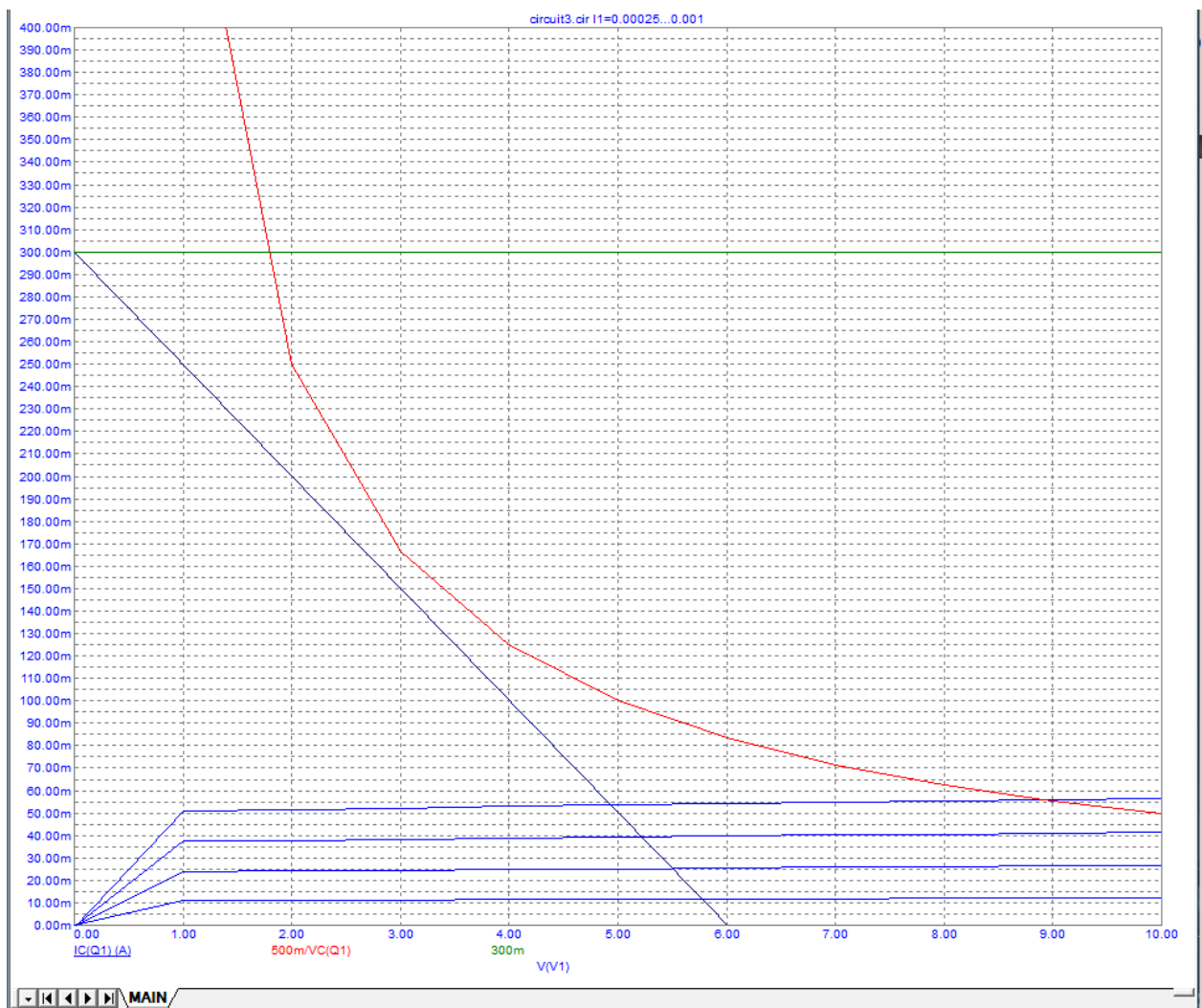
Temperature

Method	Range
Linear	27

Number of Points: 510 Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

<input type="checkbox"/> Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	IC(Q1)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	500m/Vc(Q1)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	30m	AutoAlways	AutoAlways



$$BF := 100$$

$$E_k := 6$$

$$I_{max} := 0.3$$

$$I_k := 0.15$$

$$U_k := 3$$

$$R_k := \frac{E_k - U_k}{I_k} \quad R_k = 20$$

$$I_b := \frac{I_k}{BF} \quad I_b = 1.5 \times 10^{-3}$$

$$U_b := 0.712$$

Эксперимент 2

Рассчитаем сопротивление базы и коллектора, используя рабочую точку выше:

$$BF := 100$$

$$E_k := 6$$

$$I_{max} := 0.3$$

$$I_k := 0.15$$

$$U_k := 3$$

$$R_k := \frac{E_k - U_k}{I_k} \quad R_k = 20$$

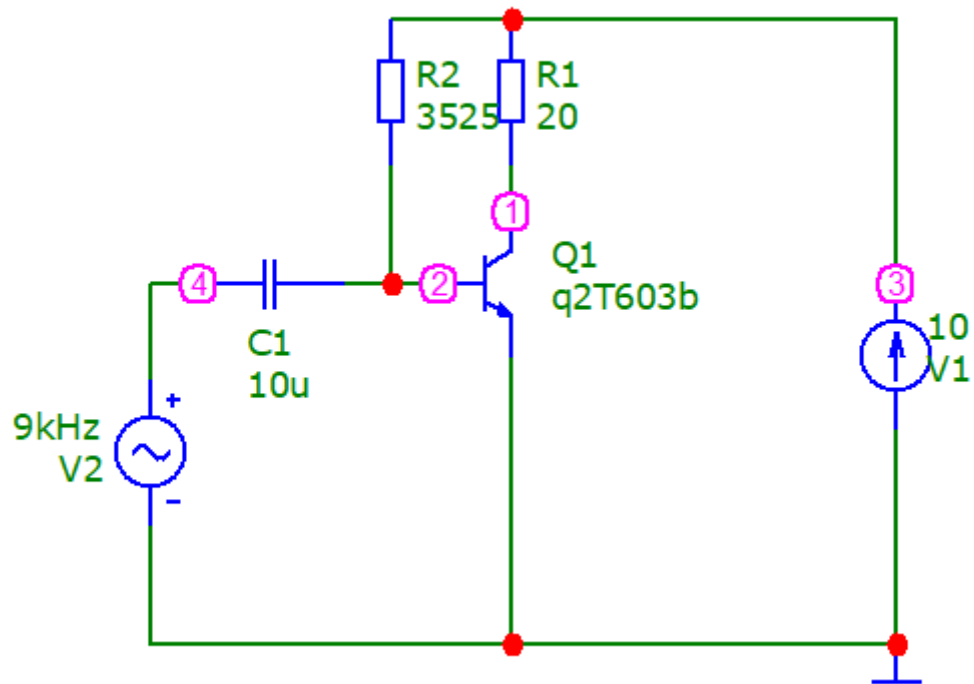
$$I_b := \frac{I_k}{BF} \quad I_b = 1.5 \times 10^{-3}$$

$$U_b := 0.712$$

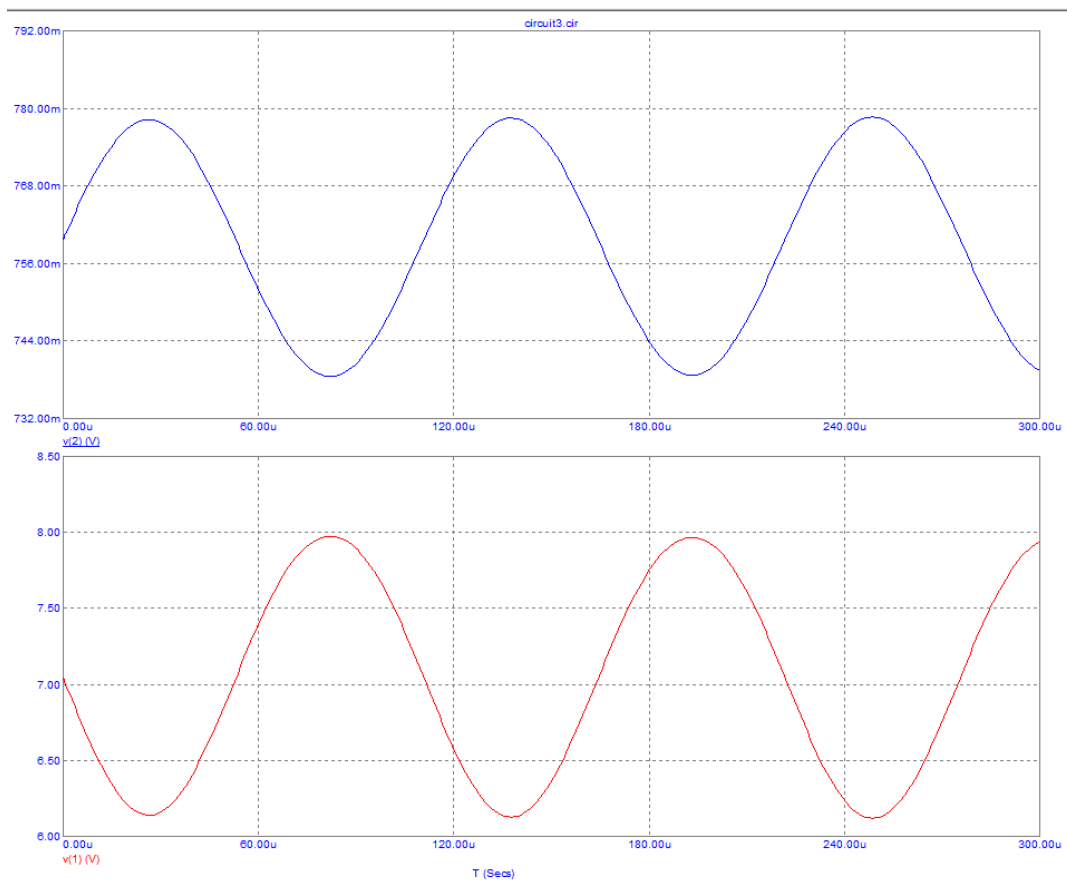
$$R_b := \frac{E_k - U_b}{I_b}$$

$$R_b = 3.525 \times 10^3$$

Составим схему усилительного каскада, учитывая найденные сопротивления для базы и коллектора из предыдущих расчетов.



Рассмотрим усиление сигнала:



Рассчитаем коэффициент усиления (K):

$$M(\text{Вход}) = 778 - 738 = 40\text{m} = 0.04\text{В}$$

$$M(\text{Выход}) = 7.9 - 6.1 = 1.8$$

$$K = 1.8 / 0.04 = 45 \text{ раз}$$

I_d в 10 раз больше тока базы $I_b = 1.5 \cdot 10^{-3}$, тогда $I_d = 0.015$.

$$\text{Тогда } R1 + R3 = E_k / I_d = 6 / 0.015 = 400,$$

$$\text{а } R1 / R3 = (E_k - U_b) / U_b = (6 - 0.712) / 0.712 = 7.42.$$

Подставим это выражение в первое уравнение:

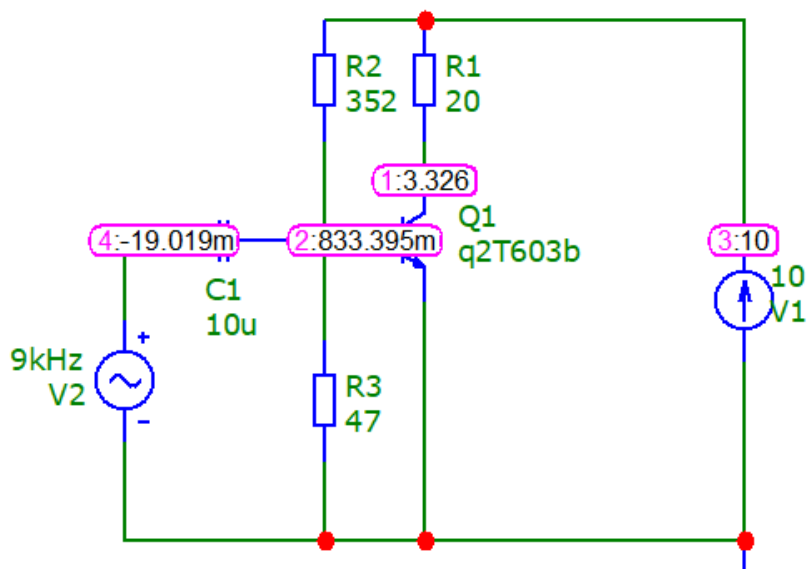
$$7.42R3 + R3 = 400.$$

Таким образом, $R3 = 47.5$.

Теперь мы можем найти $R1$, подставив найденное значение $R3$ в выражение

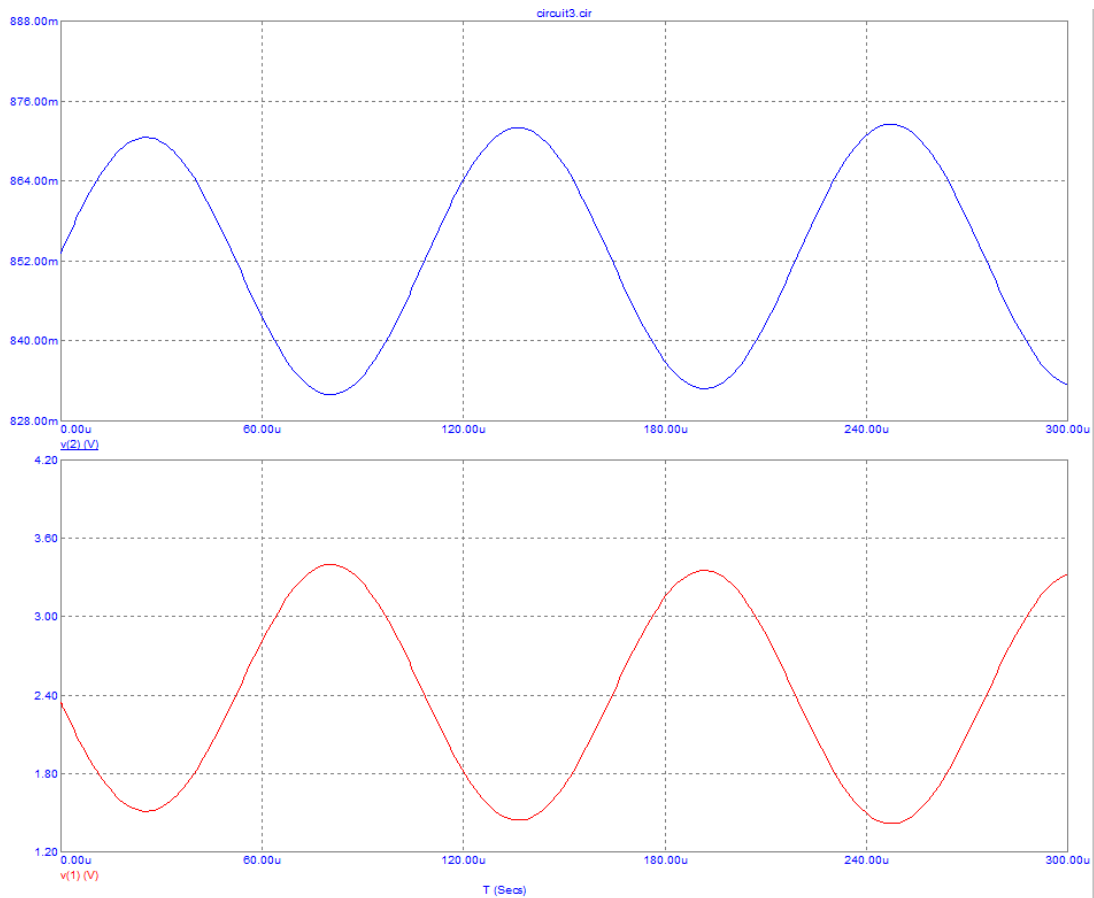
$$R1 = 7.42R3.$$

$$R1 = 7.42 \cdot 47.5 = 352.5$$



Напряжение на коллекторе равно 3.3, что похоже на $E_k / 2 = 3\text{В}$.

Рассмотрим усиление сигнала в данной схеме:



Рассчитаем коэффициент усиления (K):

$$M(\text{Вход}) = 870 - 830 = 0.04\text{V}$$

$$M(\text{Выход}) = 3.4 - 1.4 = 2$$

$$K = 2 / 0.04 = 50 \text{ раз}$$

Эксперимент 3

Проведем исследование влияния температуры на входную и выходную ВАХ биполярного транзистора. Для этого используем схему Эксперимента 1, задав изменение температуры от -30 до +30 градусов по Цельсию.

В схеме зададим значение тока для генератора I1, равному току базы рабочей точки ($1.5 \cdot 10^{-3}$)

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	10, 0, 0.01
Variable 2	None	I1	100u, 250u, 500u, 750u

Temperature

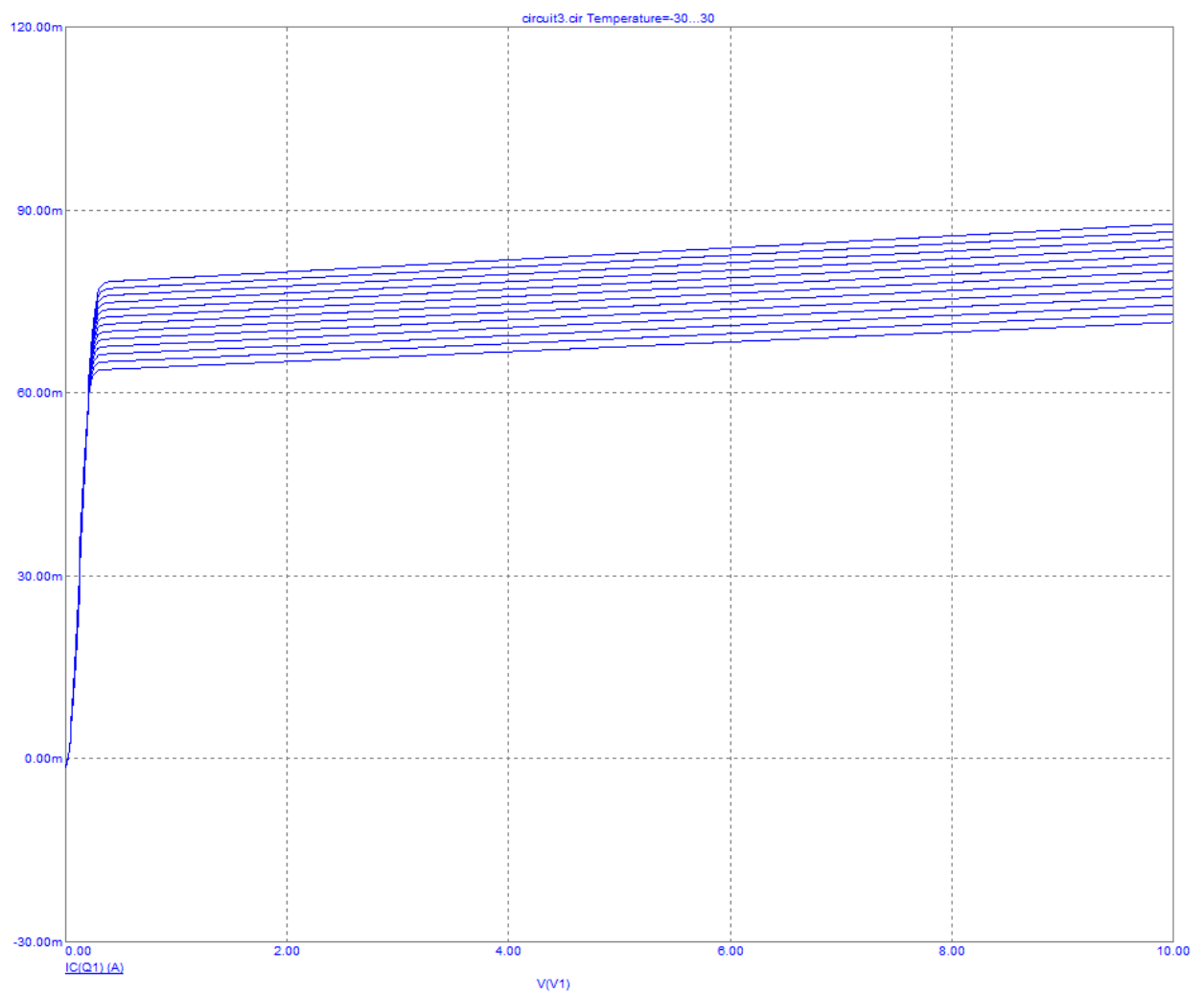
Method	Range
Linear	30, -30, 5

Number of Points: 510

Maximum Change %: 5

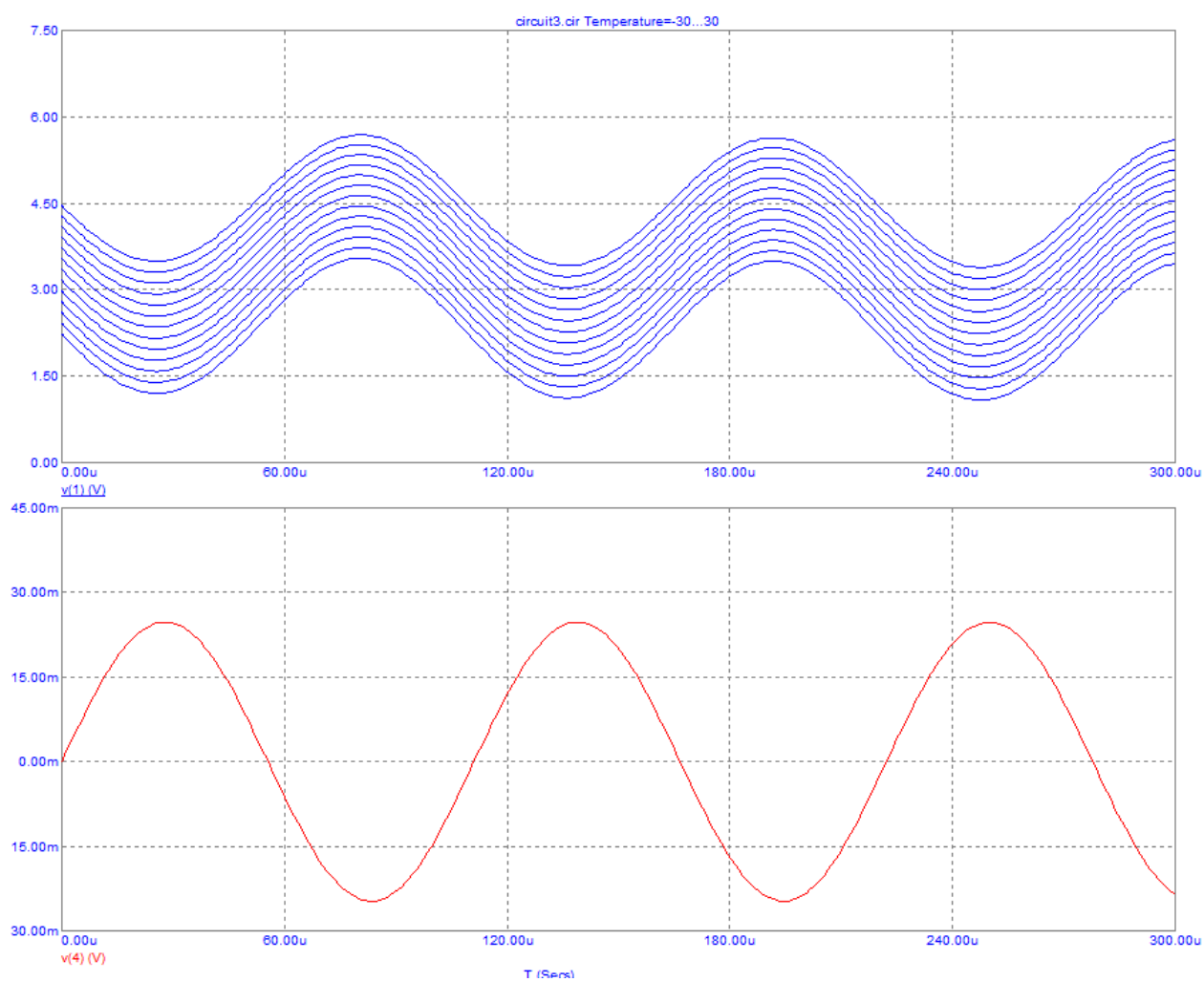
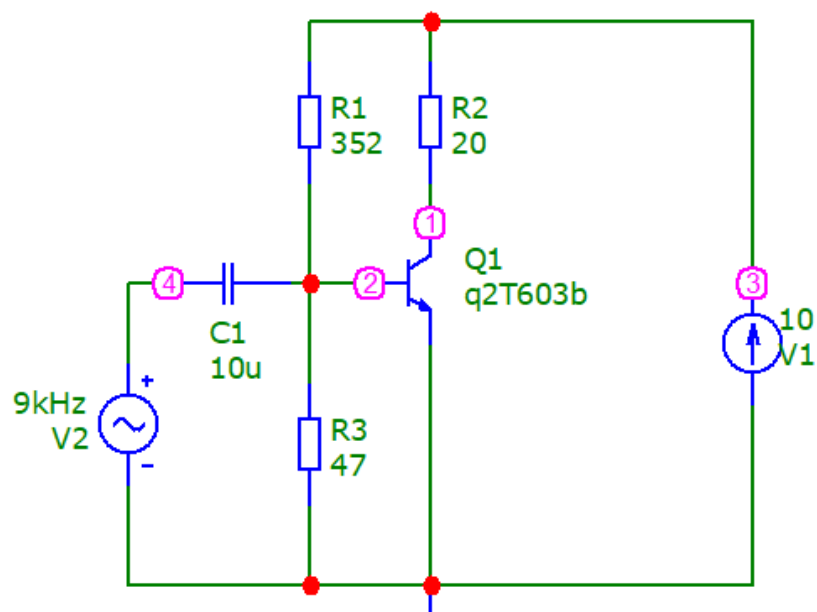
Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	IC(Q1)	AutoAlways	AutoAlways

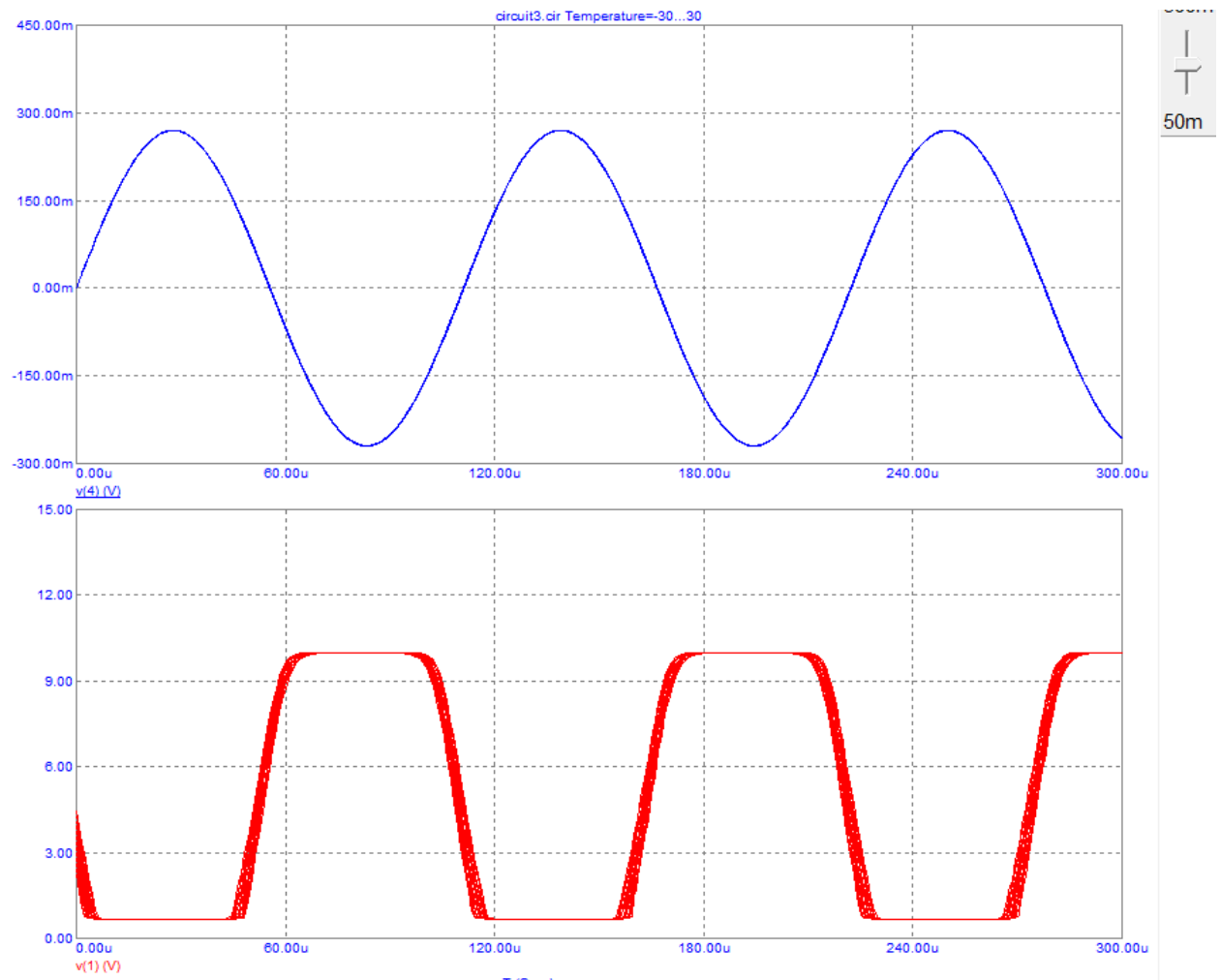


Из графика видно, что увеличение температуры приводит к увеличению тока коллектора.

Изменение выходного сигнала от температуры для схем с стабилизацией ток базы:



Проведем анализ работы усилительного каскада при изменении амплитуды входного сигнала:



При увеличении тока базы (амплитуды входного сигнала) выше определенного значения транзистор входит в режим насыщения, и дальнейшее увеличение тока базы не приводит к увеличению тока коллектора (снижению величины падения напряжения на выходе транзистора), а уменьшение тока коллектора до определенного значения приводит к его полному закрытию (режим отсечки) и падение напряжения на транзисторе становится равно напряжению источника питания.

Вывод

В процессе исследования я ознакомилась с ВАХ биполярного транзистора, а также изучила усилительный каскад и его поведение под воздействием температурных изменений. Этот опыт позволил мне более глубоко понять принципы работы транзисторов и их применение в усилительных схемах, а также оценить влияние температуры на характеристики электронных компонентов.