

МГТУ им. Баумана

Дисциплина “Основы электроники”

Лабораторная работа №5

Исследование биполярных транзисторов

Работу выполнила:

Ляпина Н.В.

группа ИУ7-32Б

вариант №12

Работу проверил:

2021г.

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

Эксперимент 1

Включаем транзистор во вкладку Text и заносим его в схему

```
.MODEL KT3102b NPN (BF=215.1 BR=2.713 CJC=9.921p CJE=16.3p FC=.5 IKF=.4922
+ IKR=.25 IS=5.258f ISC=21.2p ISE=28.21n ITF=.52 MJC=.33 MJE=.33 NE=7.428 RB=52
+ RC=1.65 TF=611.5p TR=57.71n VAF=86 VAR=25 VJC=.65 VJE=.69 VTF=80 XTB=1.5
+ XTF=2)
```

NPN:NPN Transistor

Name: ☐ Show Value: ☐ Show

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

PART=Q1
VALUE=
MODEL=KT3102b
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

Enabled: Columns:

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

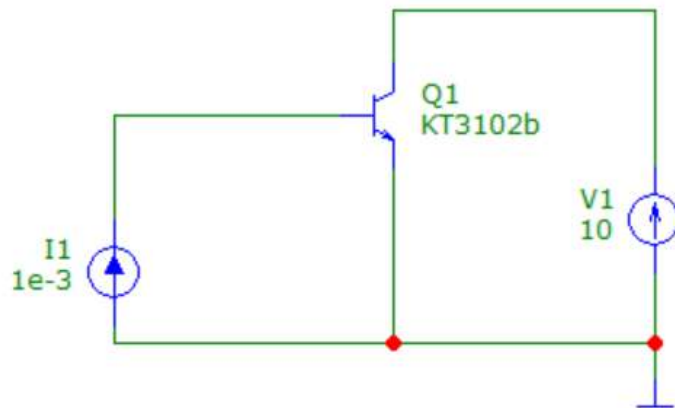
Source: Local page 'Text'

LEVEL	<input type="text" value="1"/>	AF	<input type="text" value="1"/>	BF	<input type="text" value="215.1"/>
BR	<input type="text" value="2.713"/>	CJC	<input type="text" value="9.921p"/>	CJE	<input type="text" value="16.3p"/>
CJS	<input type="text" value="0"/>	EG	<input type="text" value="1.11"/>	FC	<input type="text" value=".5"/>
GAMMA	<input type="text" value="10p"/>	IKF	<input type="text" value=".4922"/>	IKR	<input type="text" value=".25"/>
IRB	<input type="text" value="0"/>	IS	<input type="text" value="5.258f"/>	ISC	<input type="text" value="21.2p"/>
ISE	<input type="text" value="28.21n"/>	ISS	<input type="text" value="0"/>	ITF	<input type="text" value=".52"/>
KF	<input type="text" value="0"/>	MJC	<input type="text" value=".33"/>	MJE	<input type="text" value=".33"/>

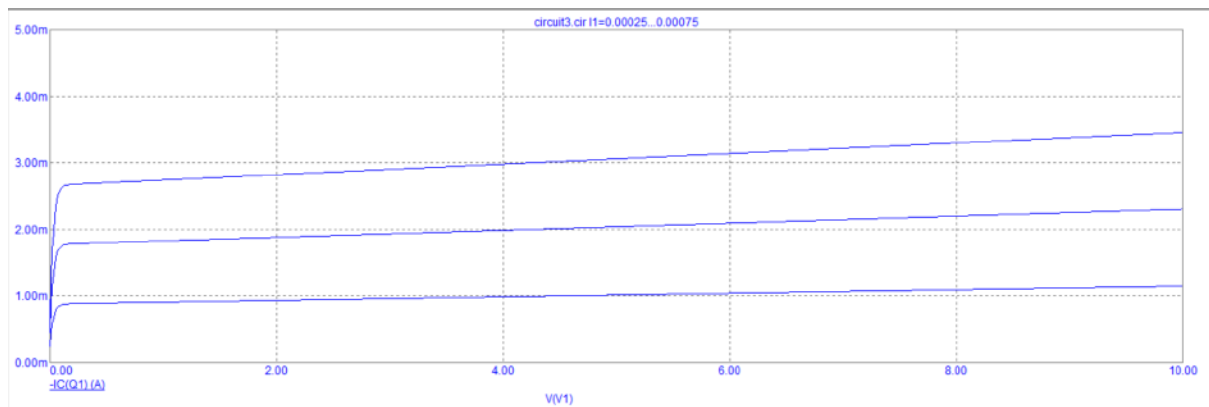
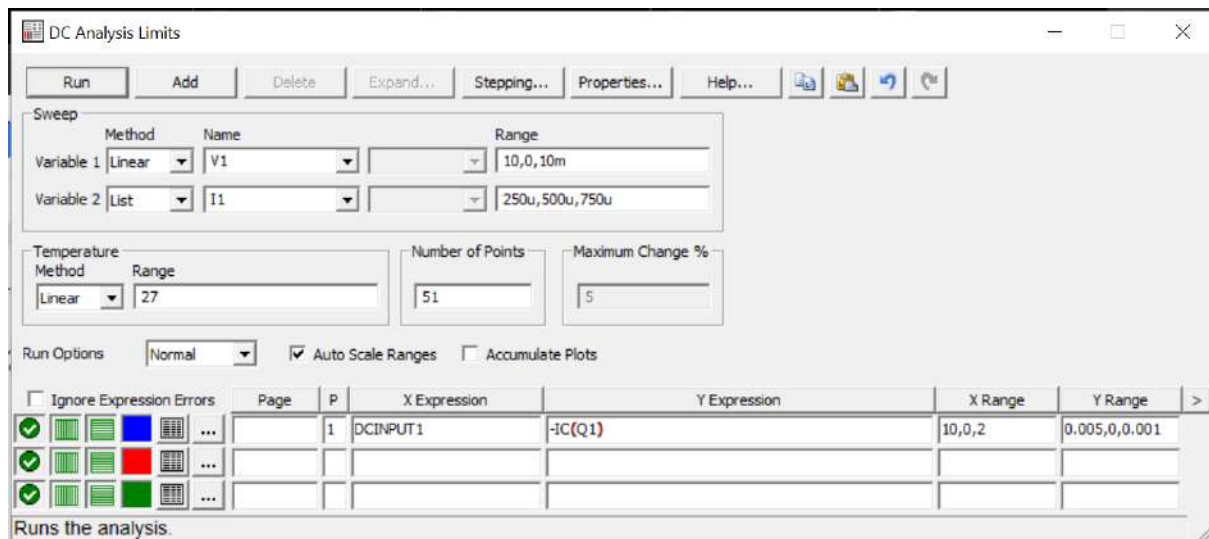
Ic vs. Vce

KSC3503DS
KSC5027
KSC5502
KSE44H
KSH41C
KSH200
KSP44
KST42
KST5551
KT3102B

Строим схему



Строим выходную и входную ВАХ



DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	I1	500u, 1u, 10u
Variable 2	List	V1	0, 5, 10

Temperature













Method	Range
List	27

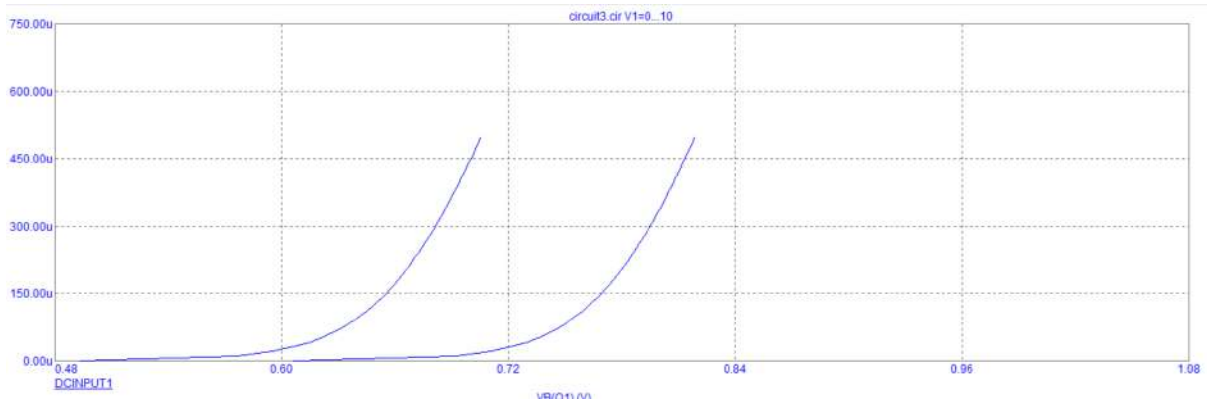
Number of Points: 51

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	VB(Q1)	DCINPUT1	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>     ...					AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>     ...					AutoAlways	AutoAlways



На выходной ВАХ построим кривую предельно допустимой мощности, взяв максимальную мощность, рассеиваемую на коллекторе, и максимальный ток и напряжение из интернета:

$P = 250 \text{ мВт}$

$I = 100 \text{ мА}$

$U = 50 \text{ В}$

Построим также нагрузочную прямую

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	10,0,1
Variable 2	List	I1	0.25m, 0.5m, 0.75m

Temperature

Method	Range
Linear	27

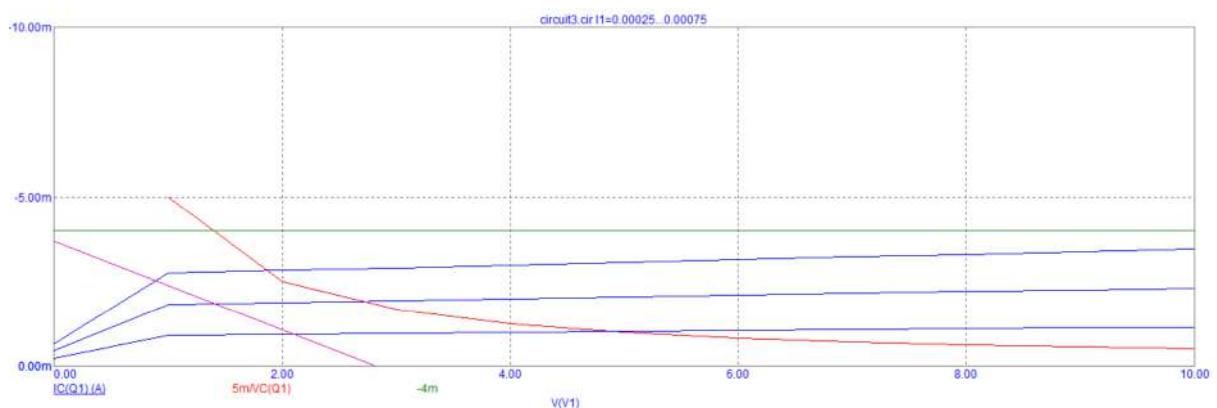
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

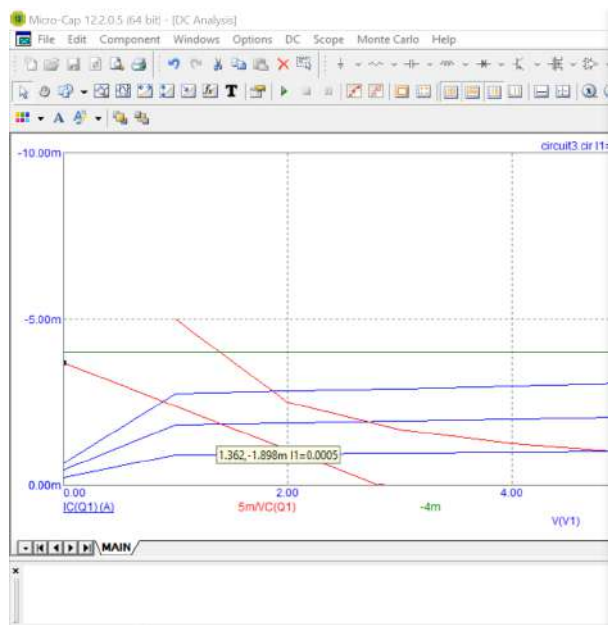
Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☒ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,2	-10m,0,-5m
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	5m/VC(Q1)	10,0,2	-10m,0,-5m
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	-4m	10,0,2	-10m,0,-5m
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,2	-10m,0,-5m



Выберем рабочую точку (ток и напряжение коллектора) на середине нагрузочной прямой.



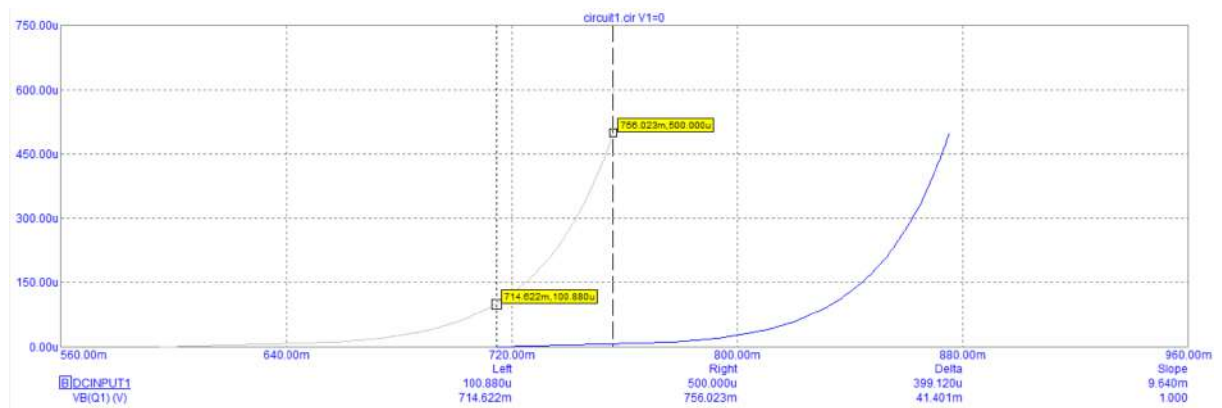
Определим сопротивление

$$R_k = (E_k - U_{pt}) / I_k = (10 - 1.362) / 0.1 = 86,38 \text{ Ом}$$

Найдем ток базы в рабочей точке

$$I_b = I_k / \beta_F = 0.1 / 215.1 = 0.46 \text{ мА}$$

А также по входной ВАХ определим примерно требуемое напряжение на базе



$$U_b = 714.622 \text{ мВ}$$

Эксперимент 2

Рассчитаем величину сопротивления в цепи базы, а также сопротивление в цепи коллектора

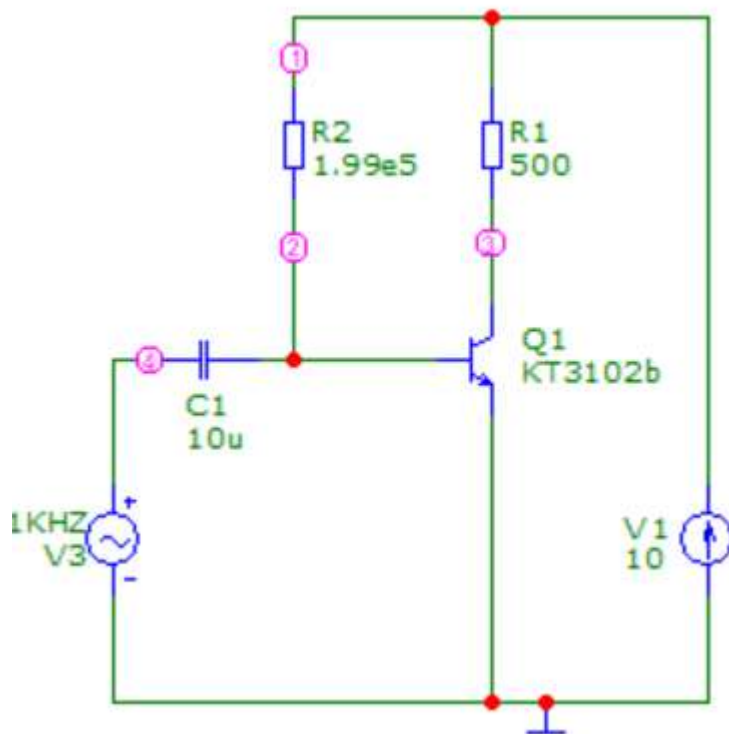
$$U_k := 5 \quad E_k := 10 \quad U_b := 0.75 \quad I_k := 10^{-2} \quad BF := 215.1$$

$$I_b := \frac{I_k}{BF} = 4.649 \times 10^{-5}$$

$$R_k := \left(\frac{E_k - U_k}{I_k} \right) = 500$$

$$R_b := \frac{E_k - U_b}{I_b} = 1.99 \times 10^5$$

Теперь построим схему и отметим полученные значения сопротивлений на ней



Строим графики входного и выходного сигналов

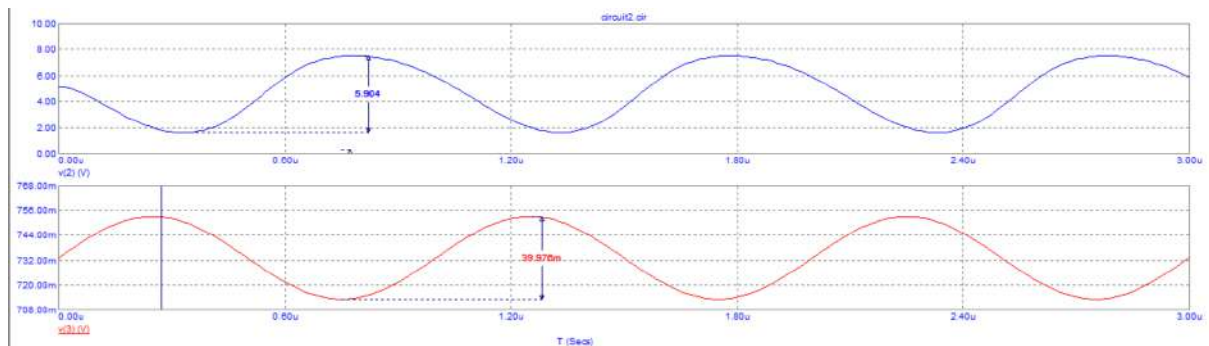
Transient Analysis Limits

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

Maximum Run Time: 3u
Output Start Time (tstart): 0m
Maximum Time Step: 0.01u
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

Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>	1	T	v(2)		AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>	2	T	v(3)		AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways



$$K = \text{Мусил} / \text{Мвх} = (5.904) / (39.978 \times 10^{-3}) = 147.68$$

Добавляем делитель напряжения

$$U_k := 5 \quad E_k := 10 \quad U_b := 0.75 \quad I_k := 10^{-2} \quad BF := 215.1 \quad U_n := 1$$

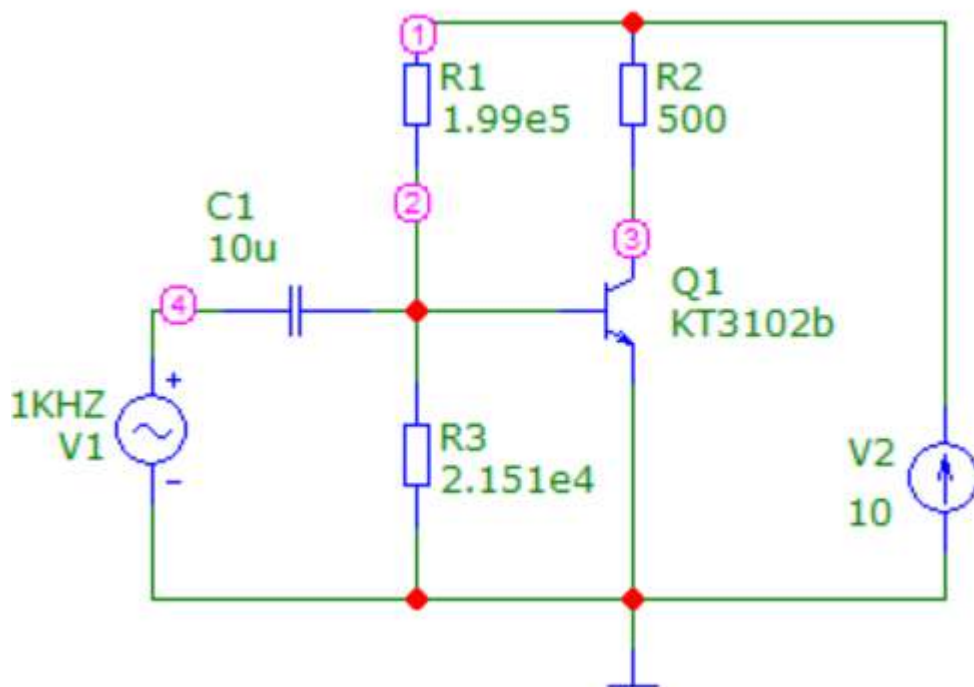
$$I_b := \frac{I_k}{BF} = 4.649 \times 10^{-5}$$

$$R_k := \left(\frac{E_k - U_k}{I_k} \right) = 500$$

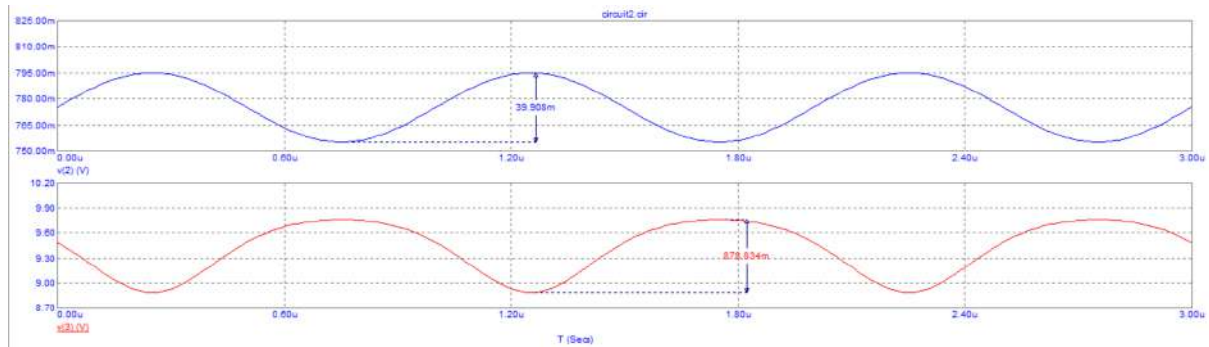
$$R_b := \frac{E_k - U_n}{I_b} = 1.936 \times 10^5$$

$$+ U_d := E_k$$

$$R_d := \frac{U_d}{10 \cdot I_b} = 2.151 \times 10^4$$

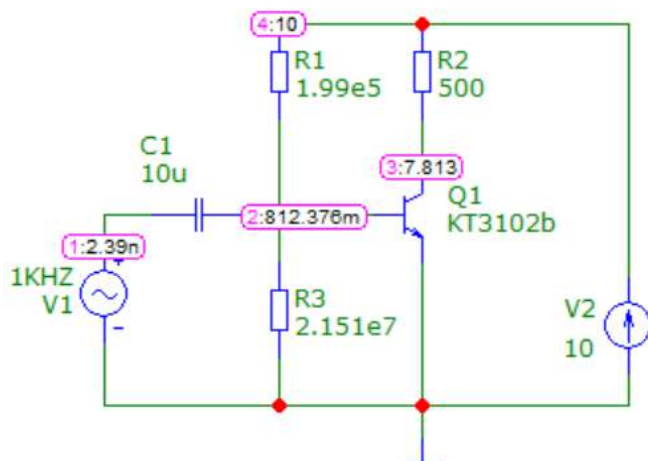


Строим графики входного и выходного сигналов

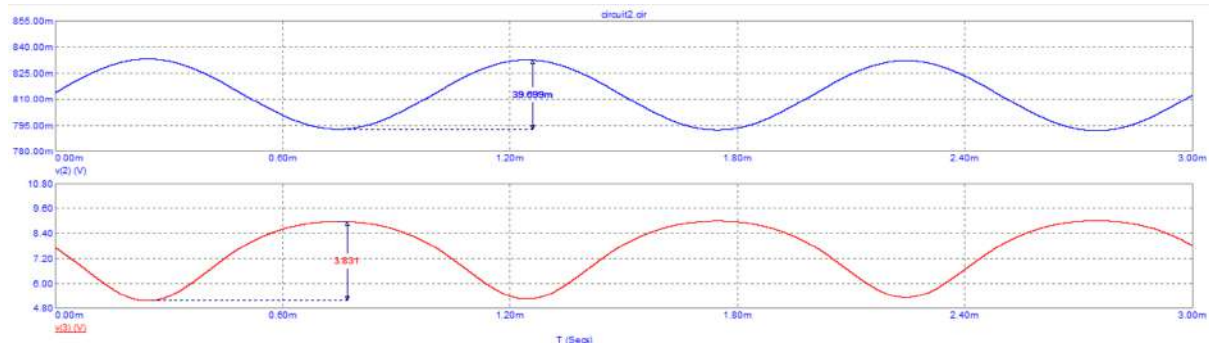


$$K = \text{Мусил/Мвх} = (878.834 \cdot 10^{-3}) / (39.908 \cdot 10^{-3}) = 22.02$$

Подстроим напряжение на коллекторе к $E_k/2$ изменением резистора R3



Теперь определим коэффициент усиления каскада по напряжению



$$K = \text{Мусил}/\text{Мвх} = (3.831)/(39.699 \cdot 10^{-3}) = 96.5$$

Эксперимент 3

Входная ВАХ

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	I1	500u, 1u, 10u
Variable 2	None	V1	0,5,10

Temperature

Method	Range
Linear	30, -30, 5

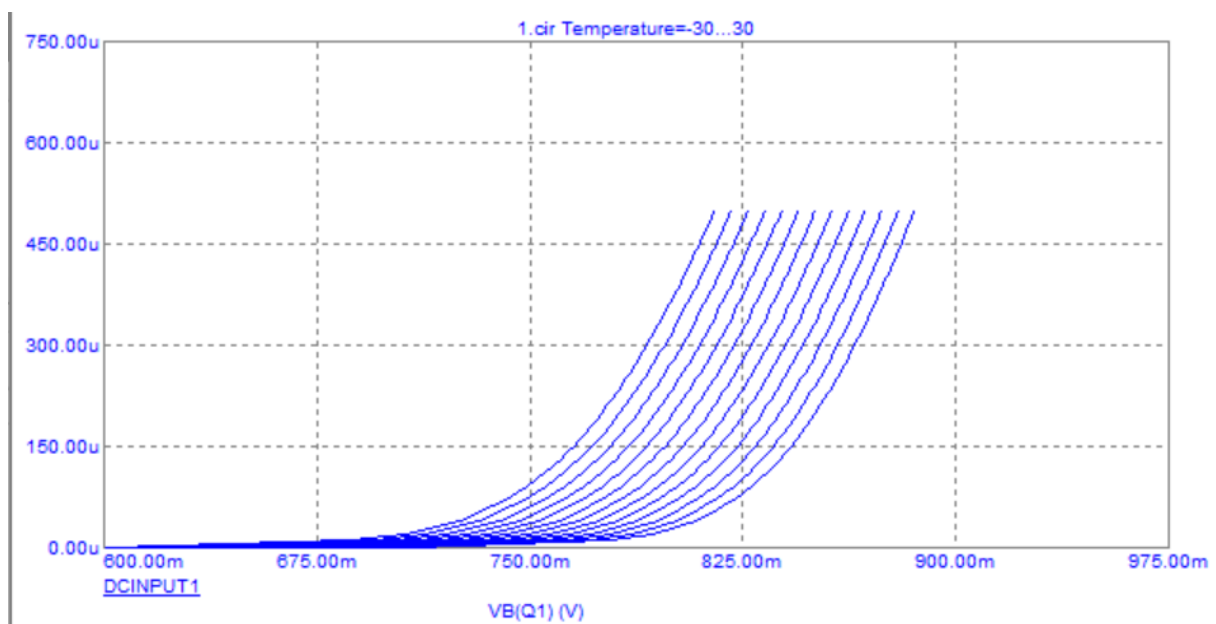
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☒ Ignore Expression Errors

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	VB(Q1)	DCINPUT1	0.975,0.6,0.075	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways



Выходная ВАХ

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	10, 0, 10m
Variable 2	Linear	I1	0.64e-3, 0.64e-3

Temperature

Method: Linear Range: 30, -30, 5

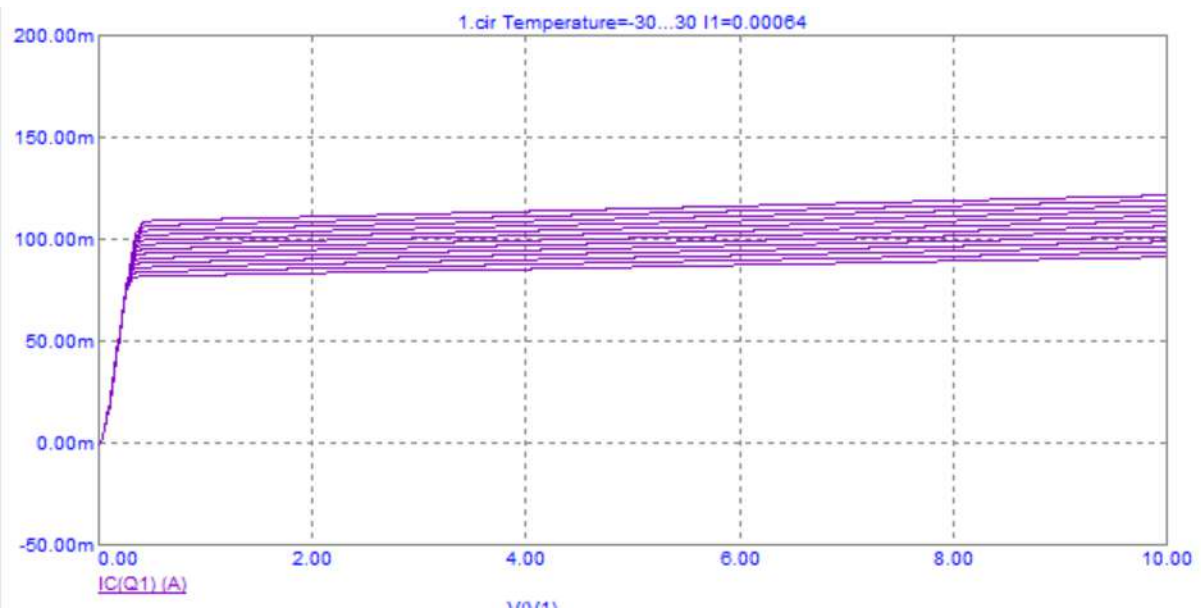
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☒ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
		1	VB(Q1)	DCINPUT1	AutoAlways	AutoAlways
		1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,2	AutoAlways



Вывод: при повышении температуры увеличивается ток насыщения

Исследуем влияние температур на схему без делителя напряжения

Transient Analysis Limits

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

Maximum Run Time: 3m

Output Start Time (tstart): 0m

Maximum Time Step: 0.01u

Number of Points: 5100

Temperature: Linear 27, -30, 5

Retrace Runs: 1

Run Options: Normal

State Variables: Zero

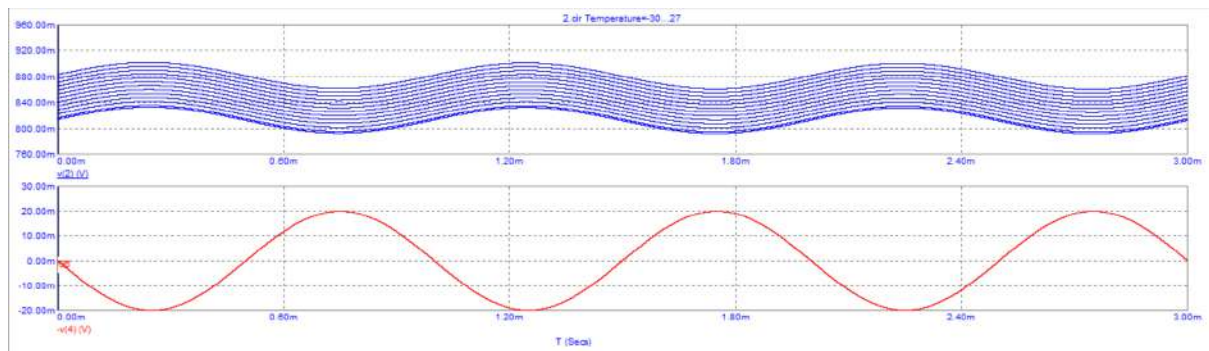
☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots

☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step

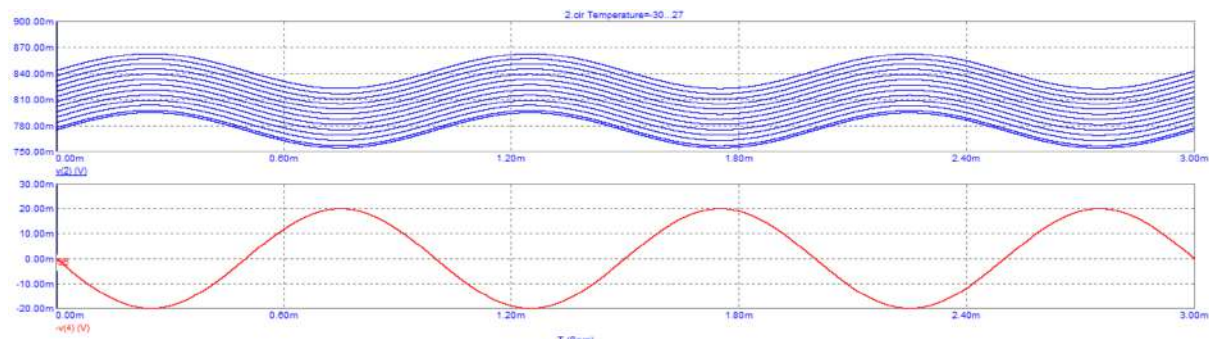
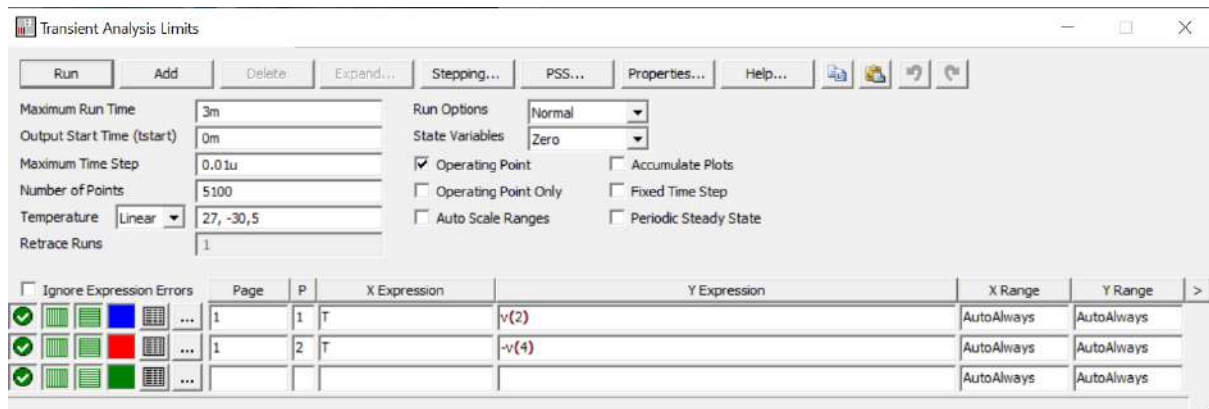
☐ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

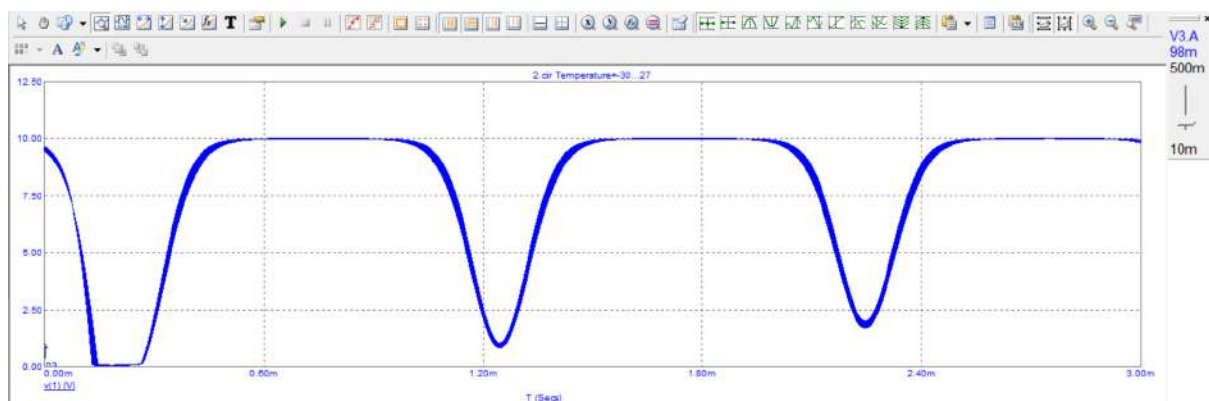
	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
	1	1	T	v(2)	AutoAlways	AutoAlways
	1	2	T	-v(4)	AutoAlways	AutoAlways
					AutoAlways	AutoAlways

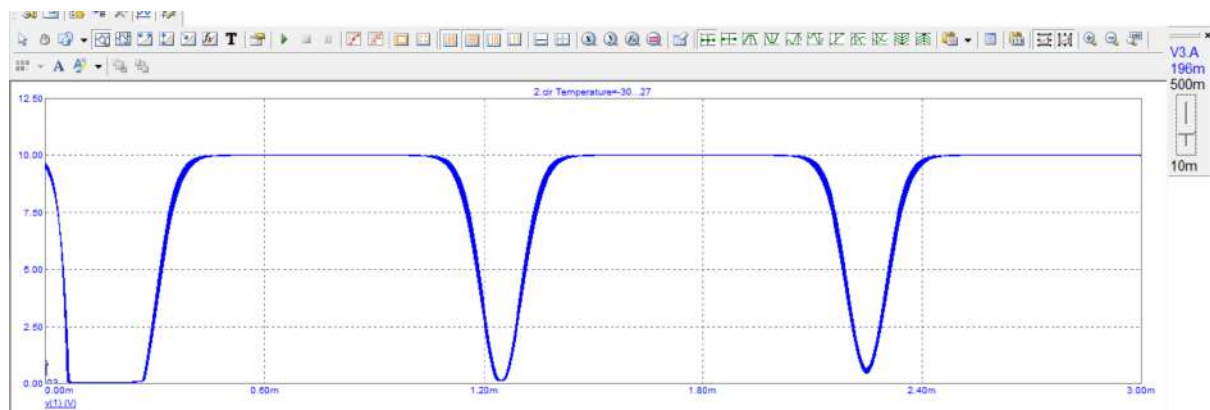


Исследуем влияние температур на схему с делителем напряжения



Исследуем влияние температур на каскад при изменении амплитуды входного сигнала с помощью слайдера





Синусоида становится более квадратной, потому что 10В - предел