

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №5

по теме: «Исследование биполярных транзисторов. Часть 1»

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-33Б

Артемьев Илья

Работу проверил:

Оглоблин Д. И.

Москва, 2020 г.

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА:

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

ЭКСПЕРИМЕНТ 1

Снятие ВАХ биполярного транзистора

Включаем транзистор во вкладку Text.

```
.MODEL KT361b PNP (BF=150.5 CJC=12.15p CJE=18.5p FC=.5 IKF=.1929 IKR=2.269  
+ IS=67.34f ISC=67.34f ISE=746.1f ITF=56.6m MJC=.33 MJE=.33 NC=1.071 NE=1.452  
+ NK=.5153 RB=50 RC=3.665 TF=160.9p TR=275.6n VAF=80 VJC=.75 VJE=.75 VTF=40  
+ XTB=1.5 XTF=.3203)
```

PNP:PNP Transistor

Name: MODEL Value: KT361b

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

PART=Q1
VALUE=
MODEL=KT361B
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

Border Fill

Ic vs. Vce

ZXTP25060BFH
ZXTP25100BFH
ZXTP25100CFH
ZXTP25100CZ
ZXTP25140BFH

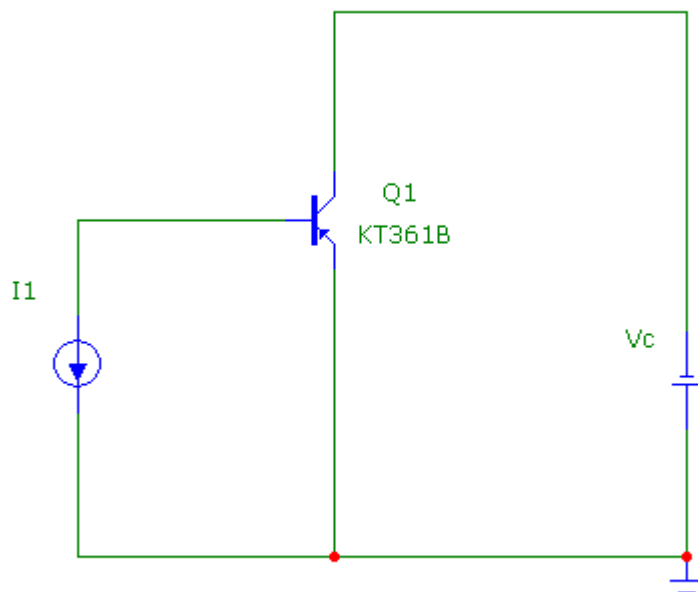
OK Cancel Font... Add Delete Browse...
New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

☒ Enabled ☒ Help Bar [File Link](#)

Source: Local page 'Text'

LEVEL 1	AF 1	BF 150.5
BR 1	CJC 12.15p	CJE 18.5p
CJS 0	EG 1.11	FC .5
GAMMA 10p	IKF .1929	IKR 2.269
IRB 0	IS 67.34f	ISC 67.34f
ISE 746.1f	ISS 0	ITF 56.6m
KF 0	MJC .33	MJE .33
MJS 0	NC 1.071	NE 1.452
NF 1	NK .5153	NR 1
NS 1	PTF 0	QCO 0
QUASIMOD 0	RB 50	RBM 0
RC 3.665	RCO 0	RE 0
T_ABS undefined	T_MEASURED undefined	T_REL_GLOBAL undefined
T_REL_LOCAL undefined	TF 160.9p	TR 275.6n
TRB1 0	TRB2 0	TRC1 0
TRC2 0	TRE1 0	TRE2 0
TRM1 0	TRM2 0	VAF 80
VAR 0	VG 1.206	VJC .75
VJE .75	VJS 750m	VO 10

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	VC	10,0,10m
Variable 2	List	I1	100u,250u,500u

Temperature

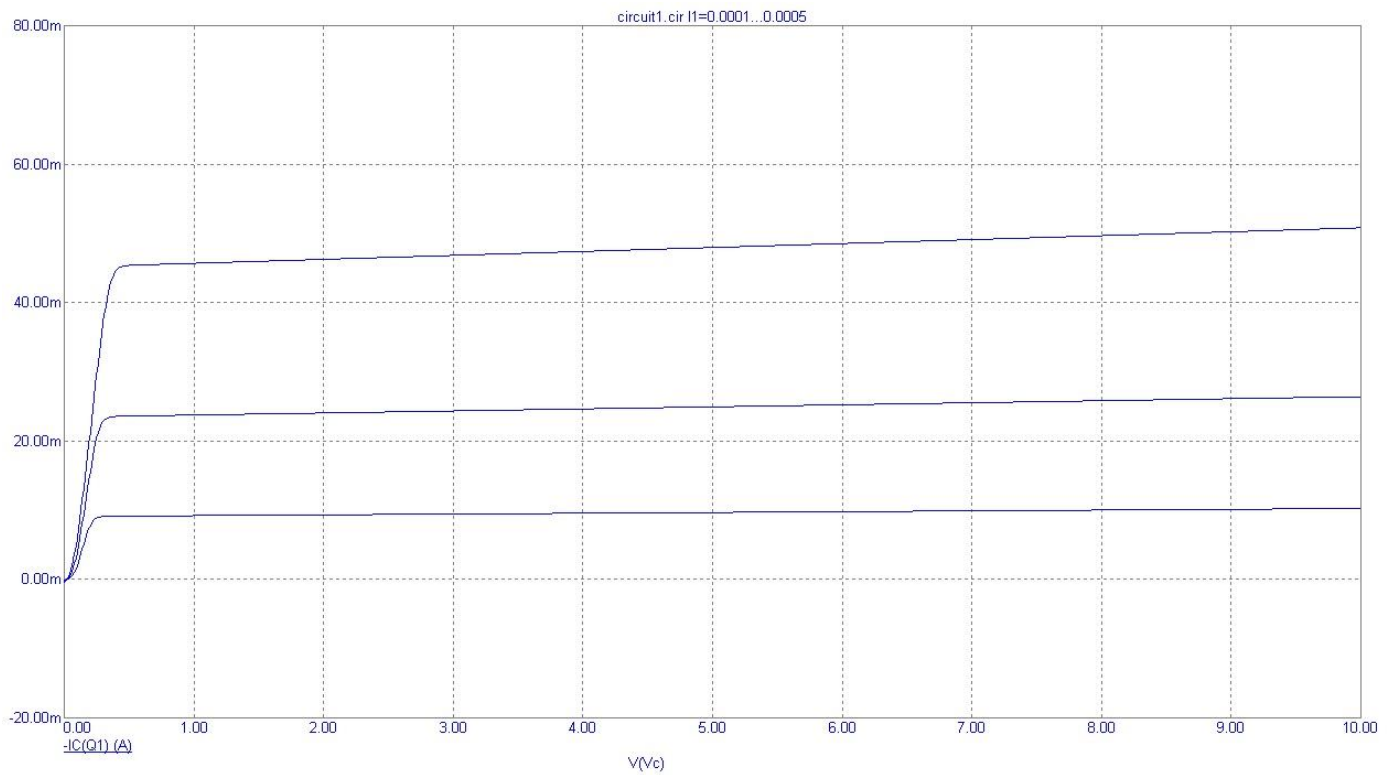
Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
<input checked="" type="checkbox"/>	1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,2	0.00125,0,0.000	
<input checked="" type="checkbox"/>				AutoAlways	AutoAlways	
<input checked="" type="checkbox"/>				AutoAlways	AutoAlways	



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	VC	0,5,10

Temperature

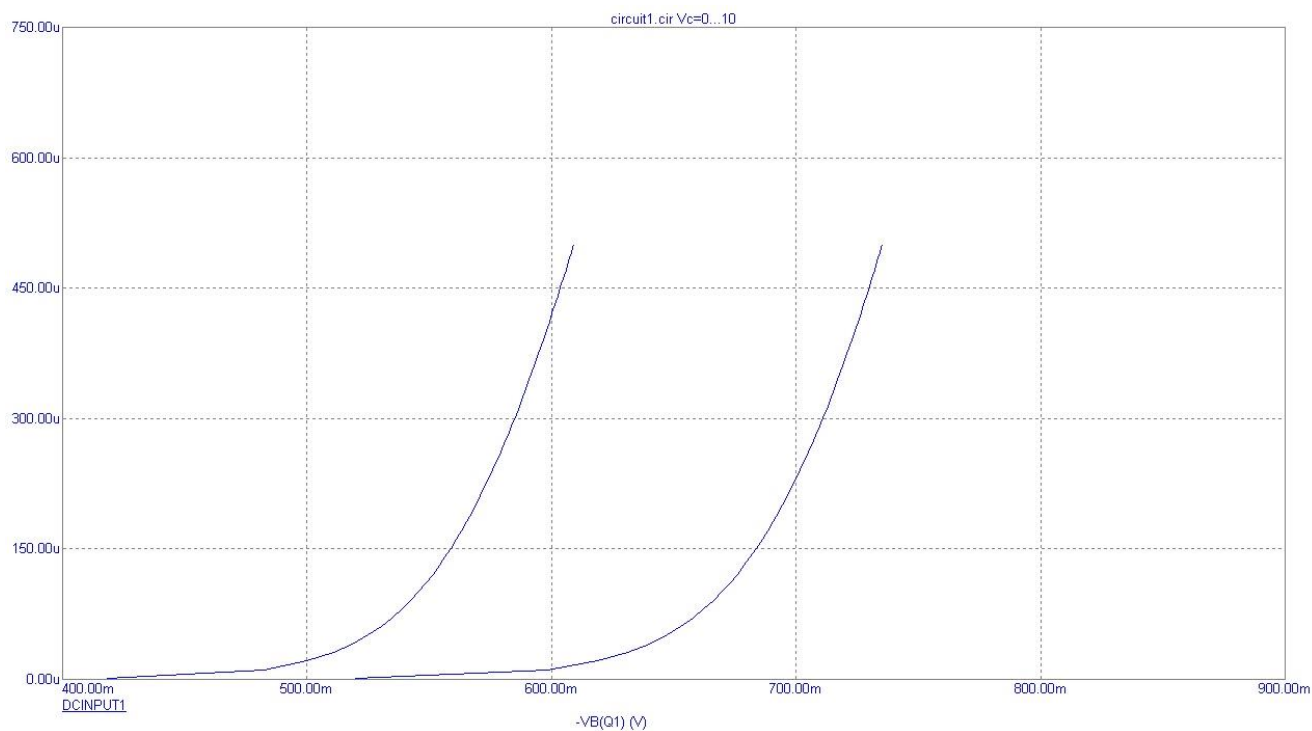
Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51

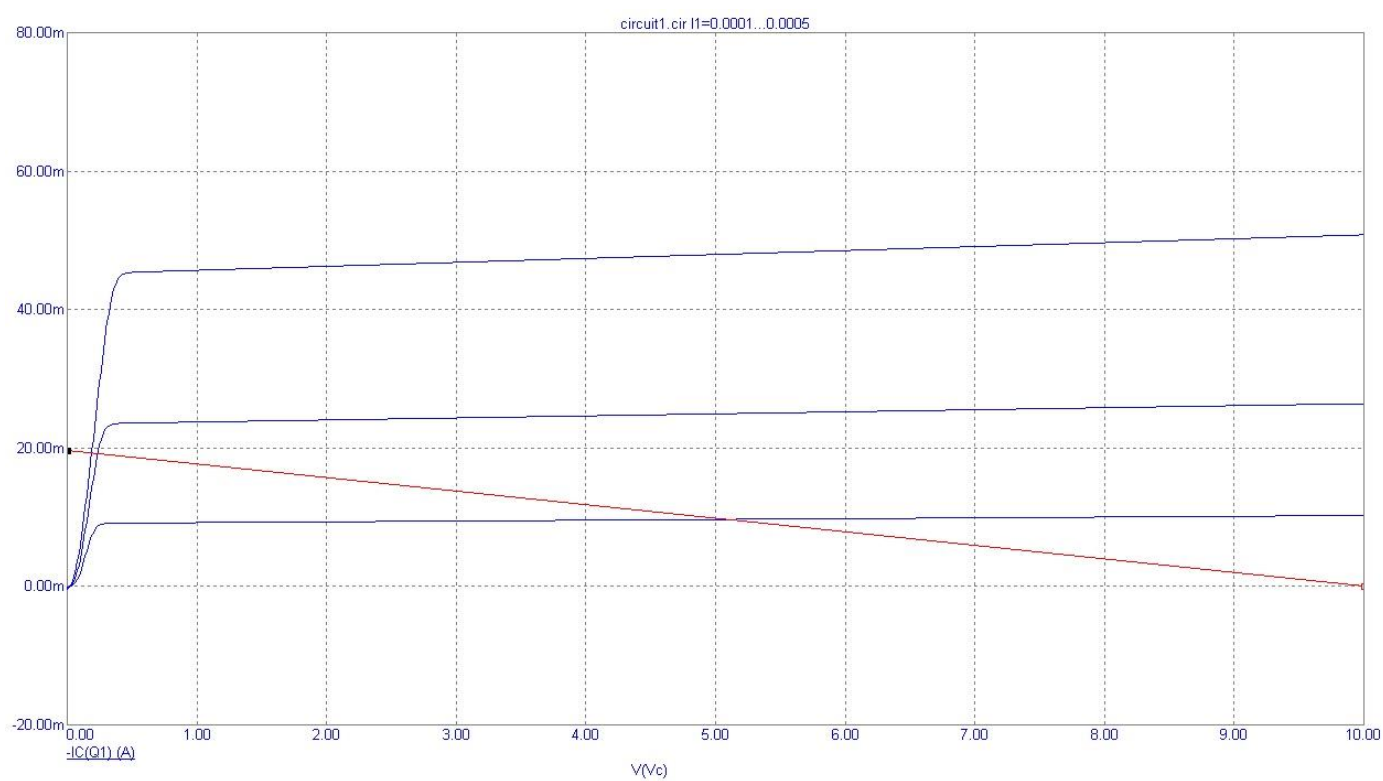
Maximum Change %: 5

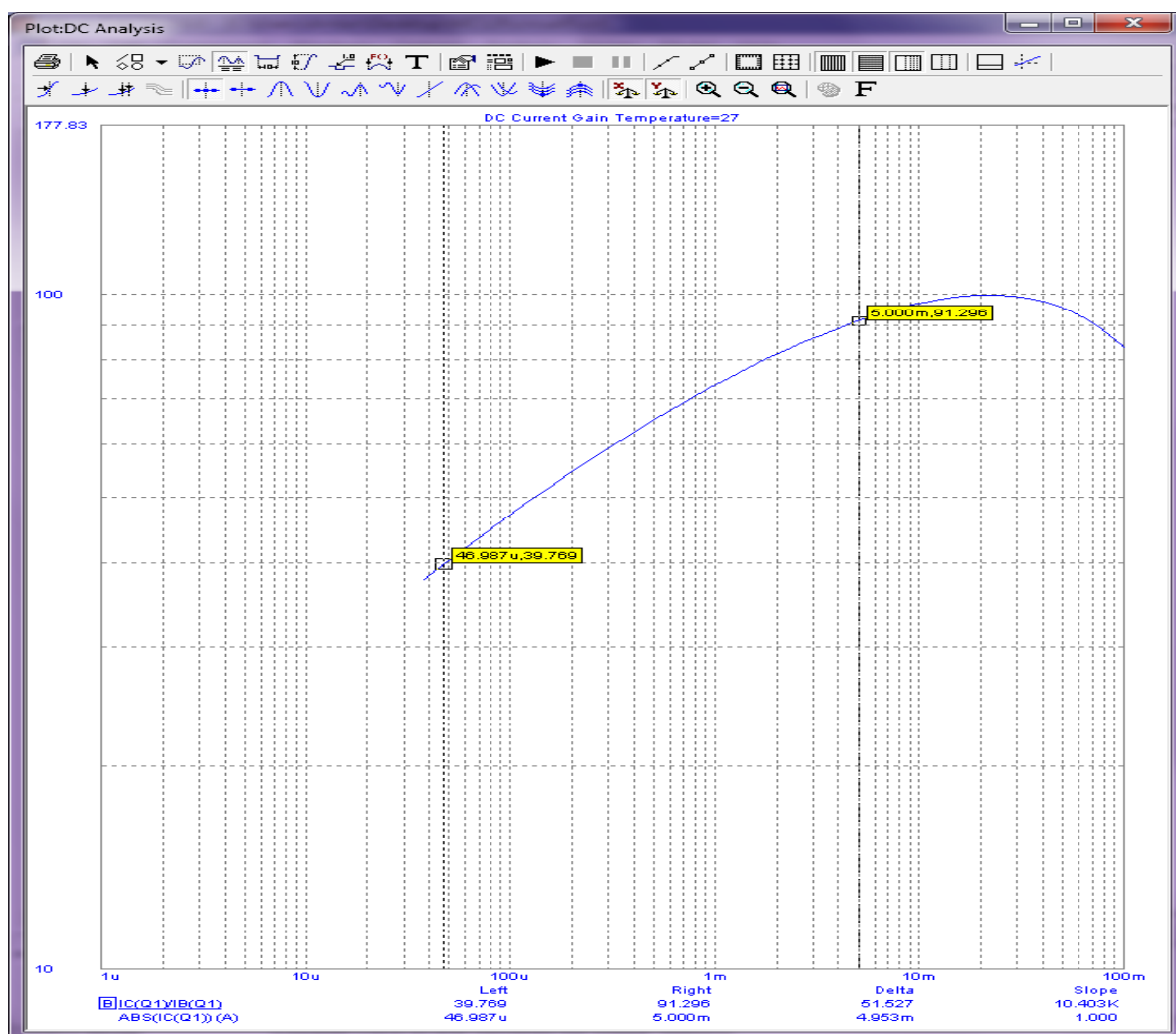
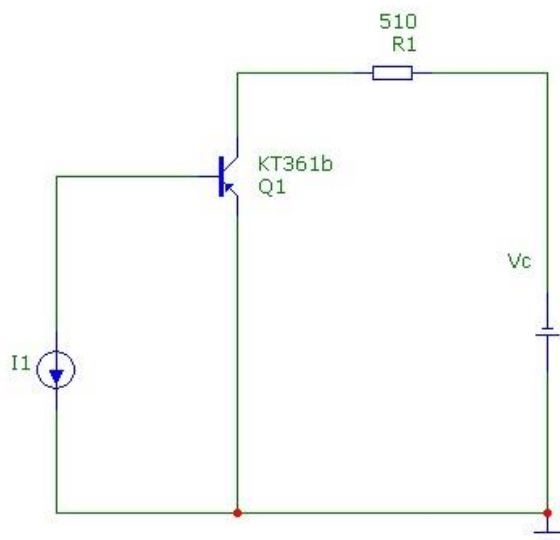
Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

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 в соответствии с моим нечетным вариантом ($R_k=510\ \Omega$, $E_k=10\ \text{В}$) построим нагрузочную прямую ($I = U / R = 10 / 510 = 19.61\text{mA}$)





10

Calculator

X

5m/91.296

54.766912u

Differentiate With Respect To

Differentiate

Calculate

Close

Help...

Format

☐ Scientific
 ☒ Engineering
 ☐ Decimal
 ☐ Default

Digits

6

DC Analysis Limits

Run

Add

Delete

Expand...

Stepping...

Properties...

Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	Vc	10,0,10m
Variable 2	List	I1	54.766u

Temperature

Method

Range

Linear

27

Number of Points

51

Maximum Change %

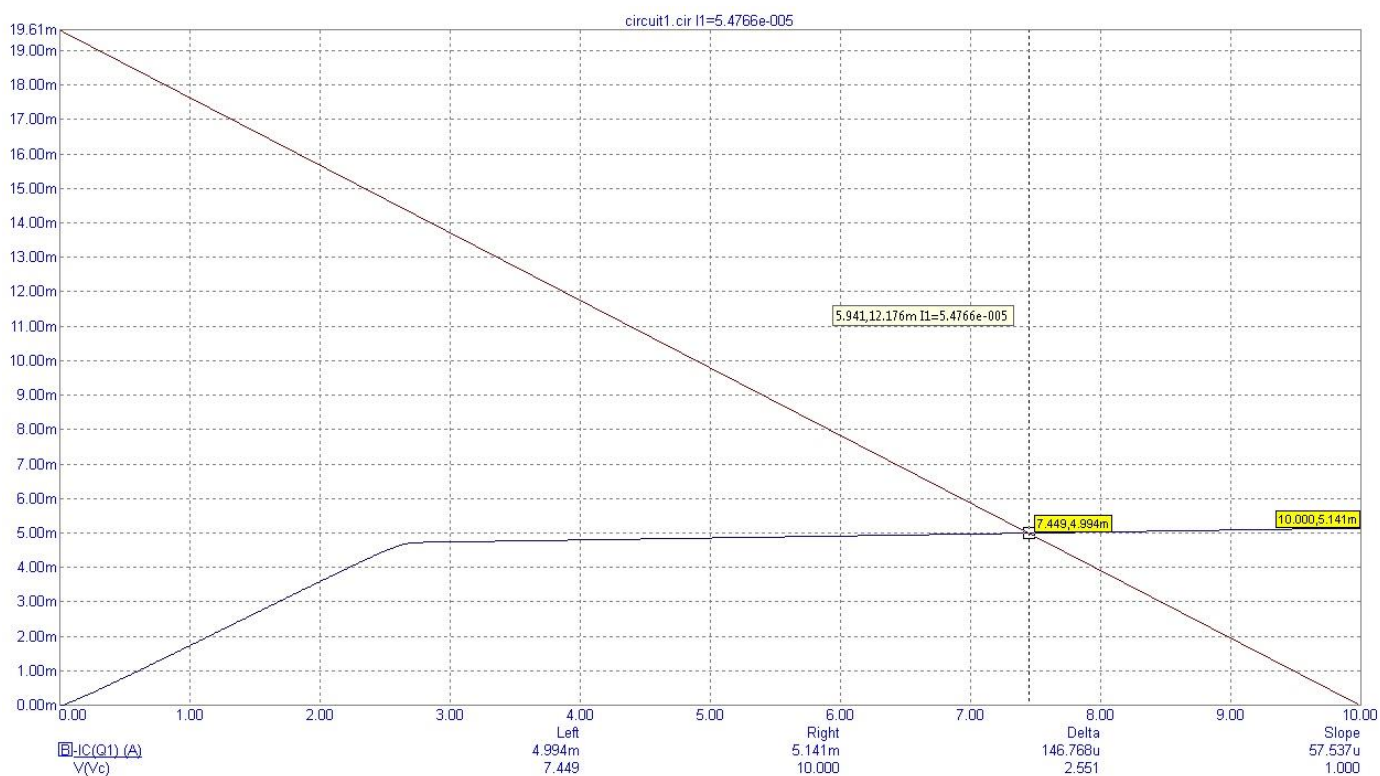
5

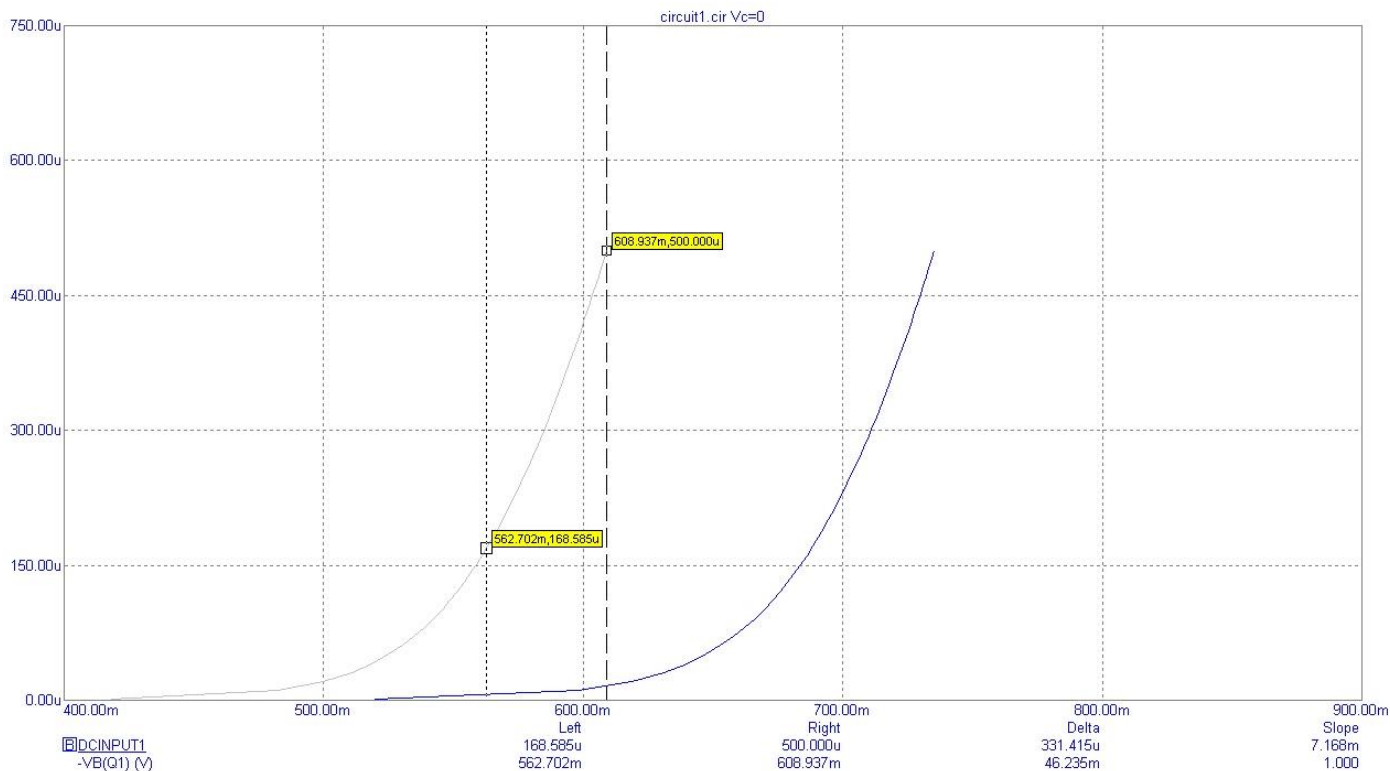
Run Options

Normal

☐ Auto Scale Ranges
 ☐ Accumulate Plots

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	-IC(Q1)	10,0,1	19.61m,0,1m	
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways	
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways	





$$I_k = 168.585 \text{ uA}$$

$$BF = 150.5$$

$$I_b = 168.585 \text{ uA} / 150.5 = 1.1 \text{ uA}$$

$$U_{be} = 562.702 \text{ mV}$$

ЭКСПЕРИМЕНТ 2

Установка рабочей точки каскада усиления с общим эмиттером дополнительными элементами схемы

Рассчитываем величину сопротивления в цепи базы, а также сопротивление в цепи коллектора.

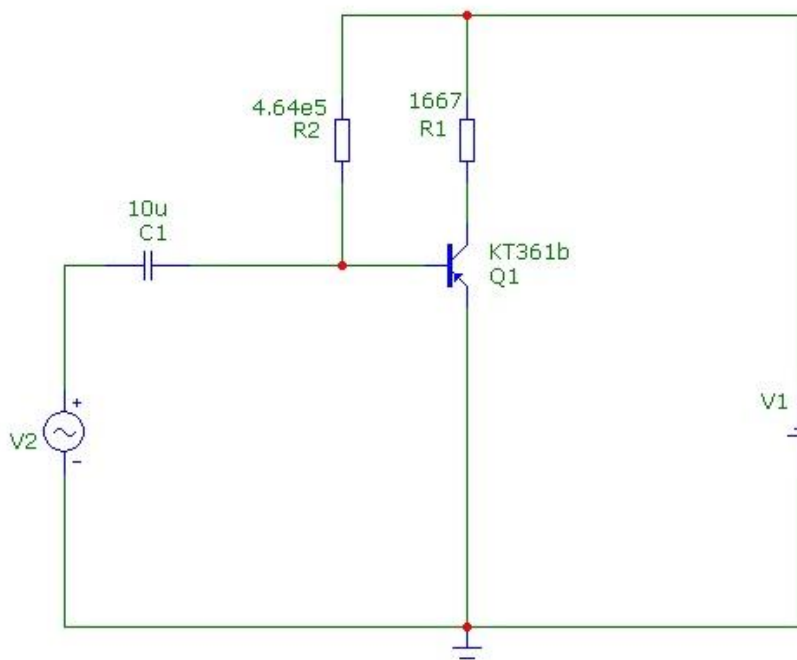
$$U_k := 5 \quad E_k := 10 \quad U_b := 0.75 \quad I_k := 3 \cdot 10^{-3} \quad BF := 150.5$$

$$I_b := \frac{I_k}{BF} = 1.993 \times 10^{-5}$$

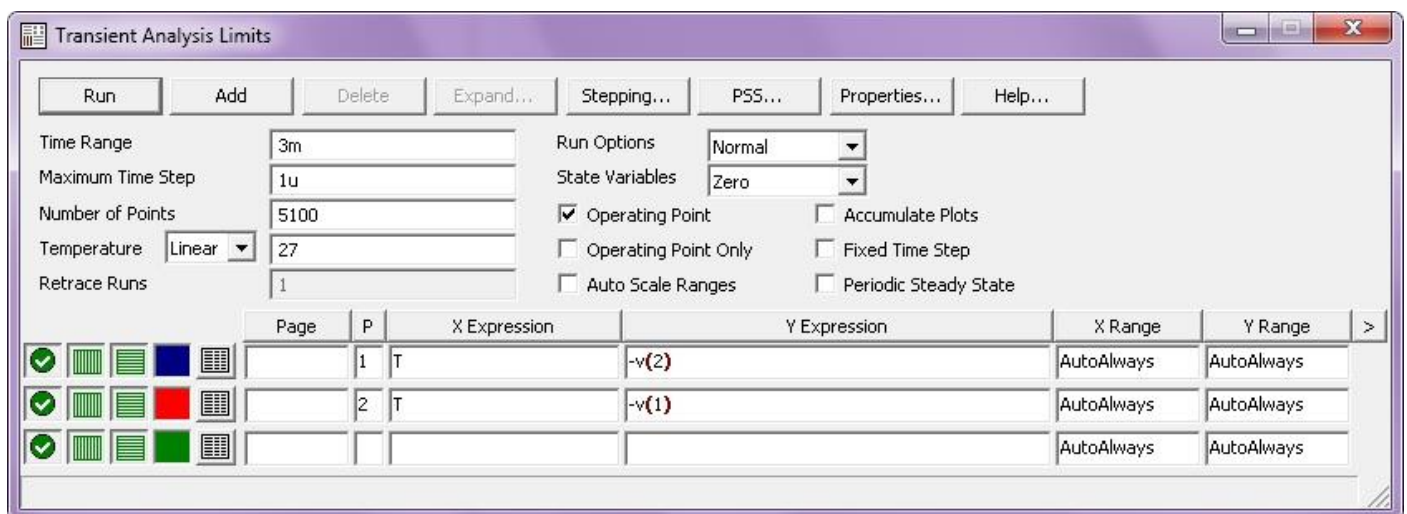
$$R_k := \frac{(E_k - U_k)}{I_k} = 1.667 \times 10^3$$

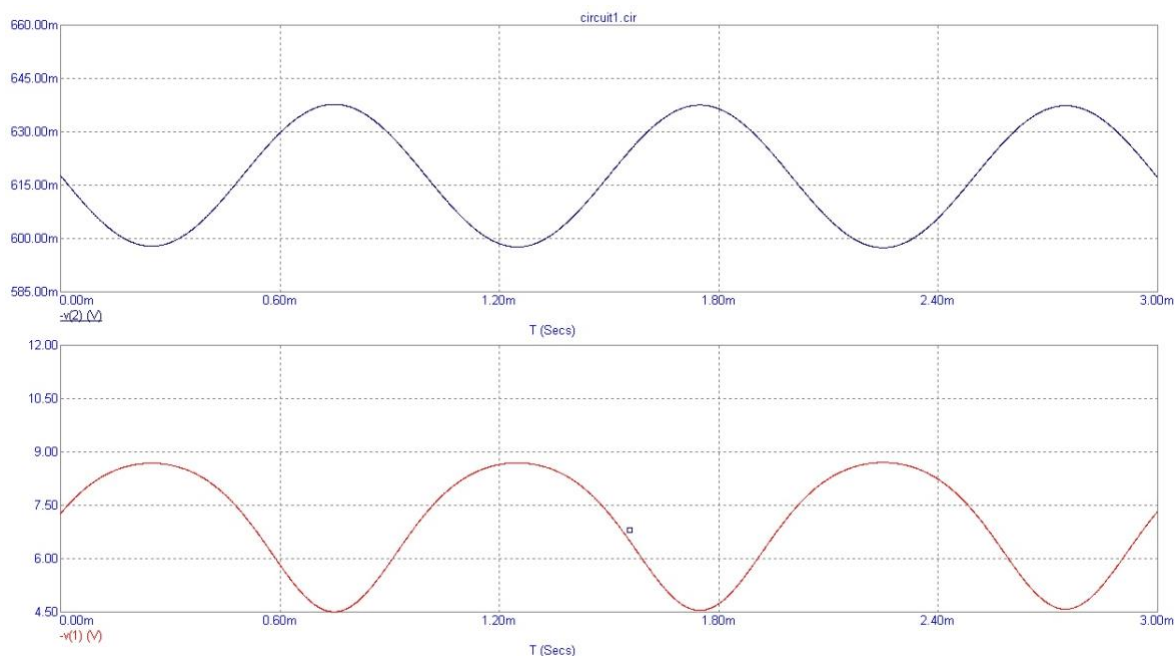
$$R_b := \frac{(E_k - U_b)}{I_b} = 4.64 \times 10^5$$

Отмечаем полученные значения на схеме.



Строим графики входного и усиленного сигналов.





Рассчитаем коэффициент усиления.

$$M(\text{входной}) = 637.728\text{m} - 597.629\text{m} = 40.099\text{m}$$

$$M(\text{усиленный}) = 8.682 - 4.507 = 4.175$$

$$K = M(\text{усиленный}) / M(\text{входной}) = 104.117$$

Добавляем делитель напряжения.

$$U_k := 5 \quad E_k := 10 \quad U_b := 0.75 \quad I_k := 3 \cdot 10^{-3} \quad BF := 150.5 \quad U_n := 1$$

$$I_b := \frac{I_k}{BF} = 1.993 \times 10^{-5}$$

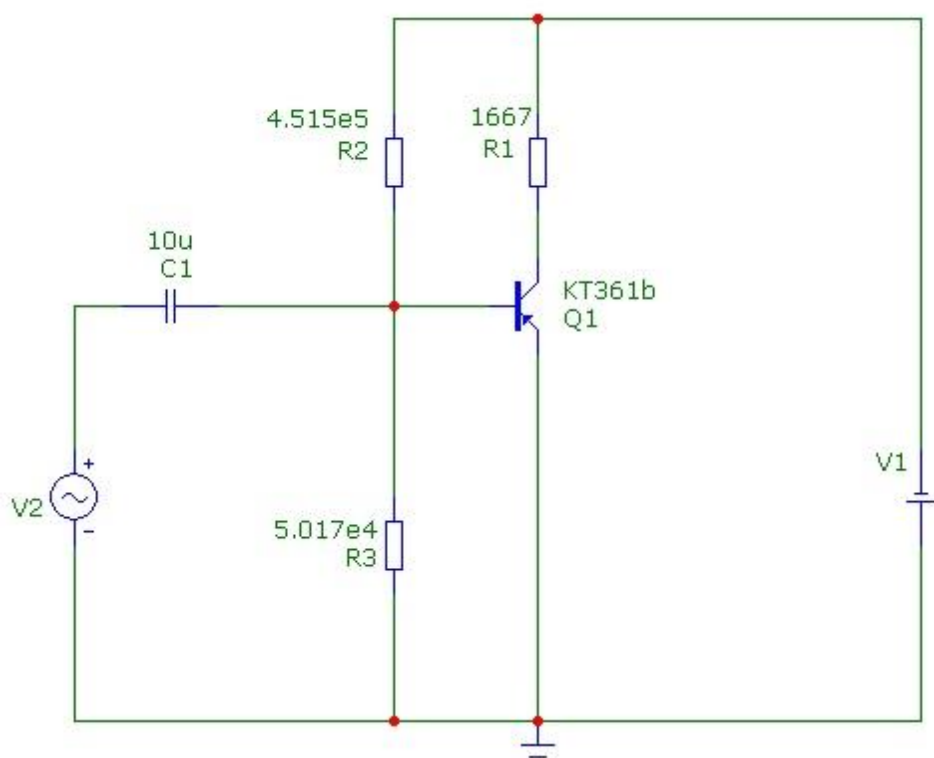
$$R_k := \frac{(E_k - U_k)}{I_k} = 1.667 \times 10^3$$

$$R_b := \frac{(E_k - U_n)}{I_b} = 4.515 \times 10^5$$

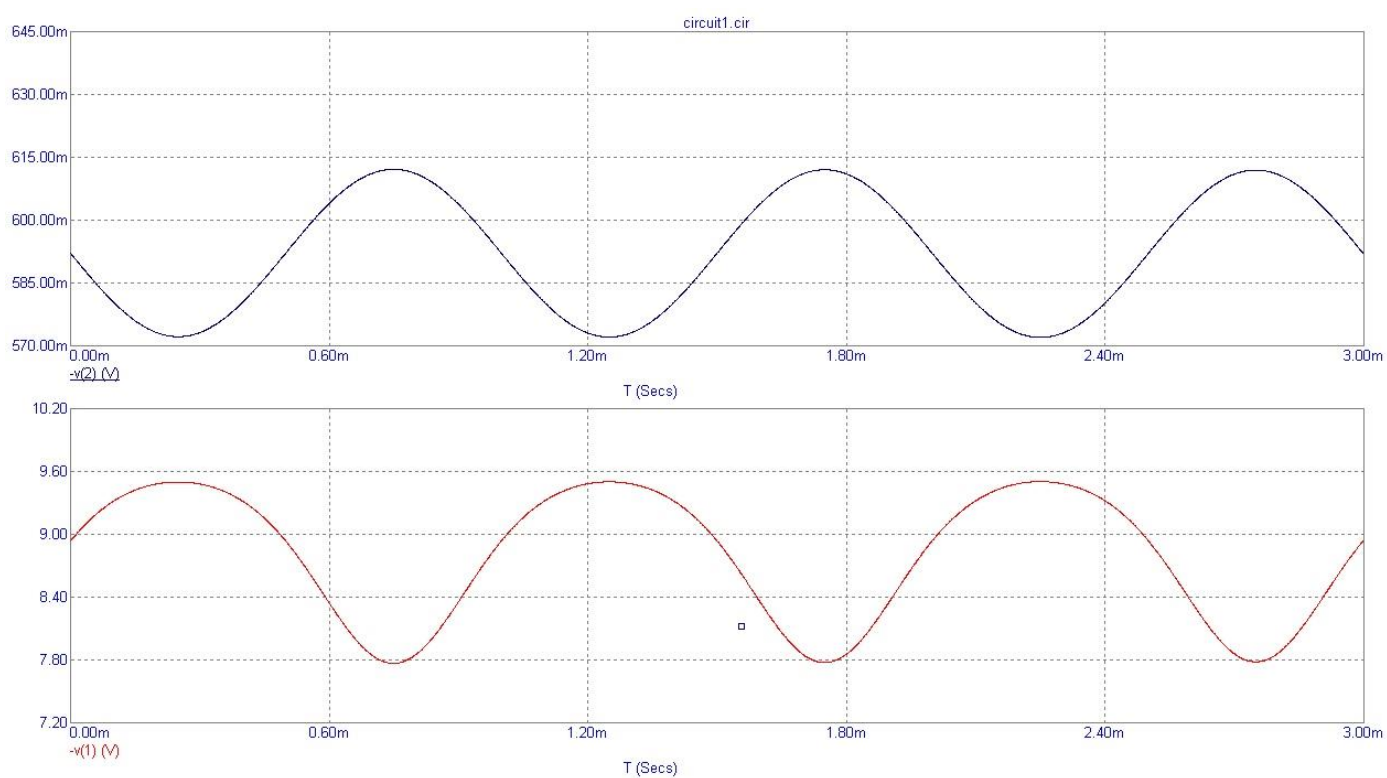
$$U_d := E_k$$

$$R_d := \frac{U_d}{10 \cdot I_b} = 5.017 \times 10^4$$

Отмечаем полученные значения на схеме.



Строим графики входного и усиленного сигналов.



Рассчитаем коэффициент усиления.

$$M(\text{входной}) = 612.133\text{m} - 572.088\text{m} = 40.045\text{m}$$

$$M(\text{усиленный}) = 9.500 - 7.767 = 1.733$$

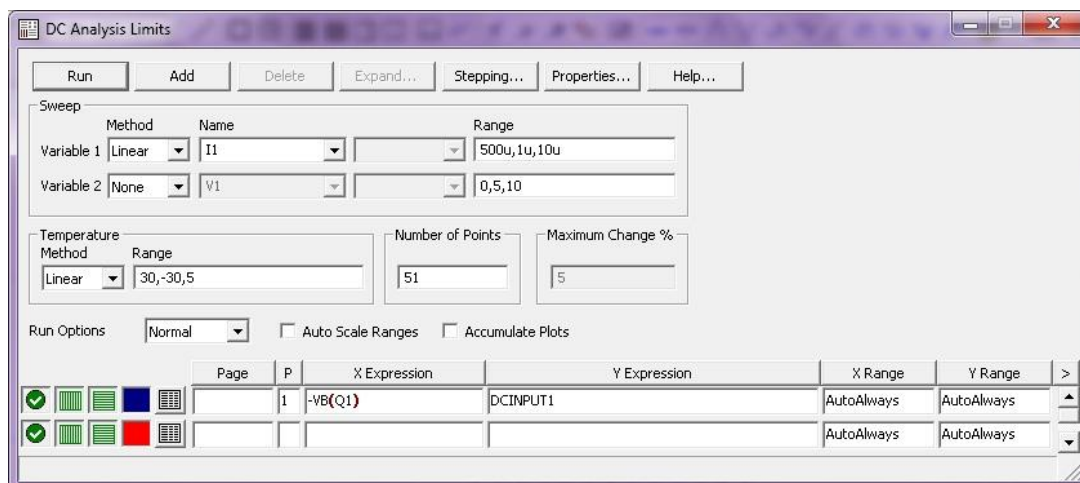
$$K = M(\text{усиленный}) / M(\text{входной}) = 43.276$$

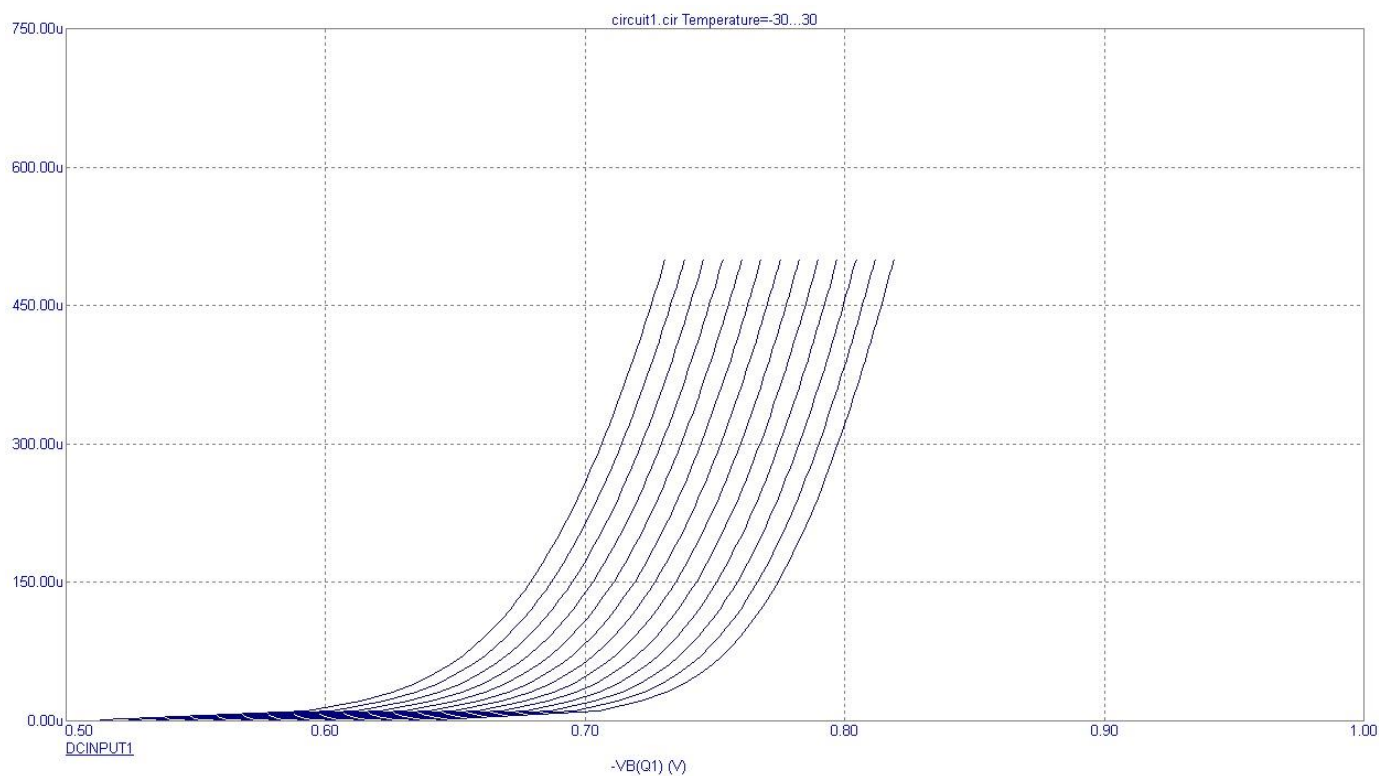
ЭКСПЕРИМЕНТ 3

Исследование влияния температуры на положение рабочей точки каскада с общим эмиттером биполярного транзистор

Исследуем влияние температур на входную и выходную ВАХ.

Входная ВАХ:





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	None	I1	250u,500u,750u

Temperature

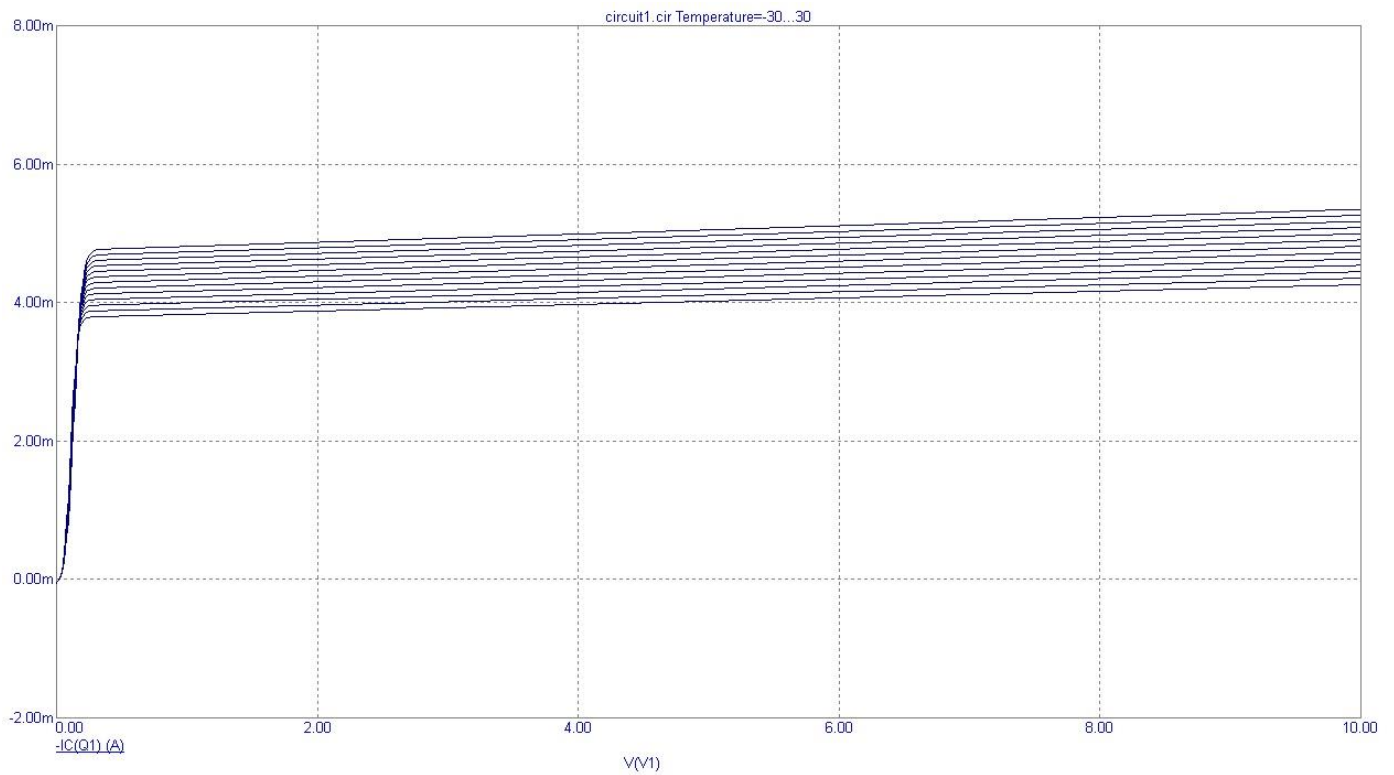
Method	Range
Linear	30,-30,5

Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

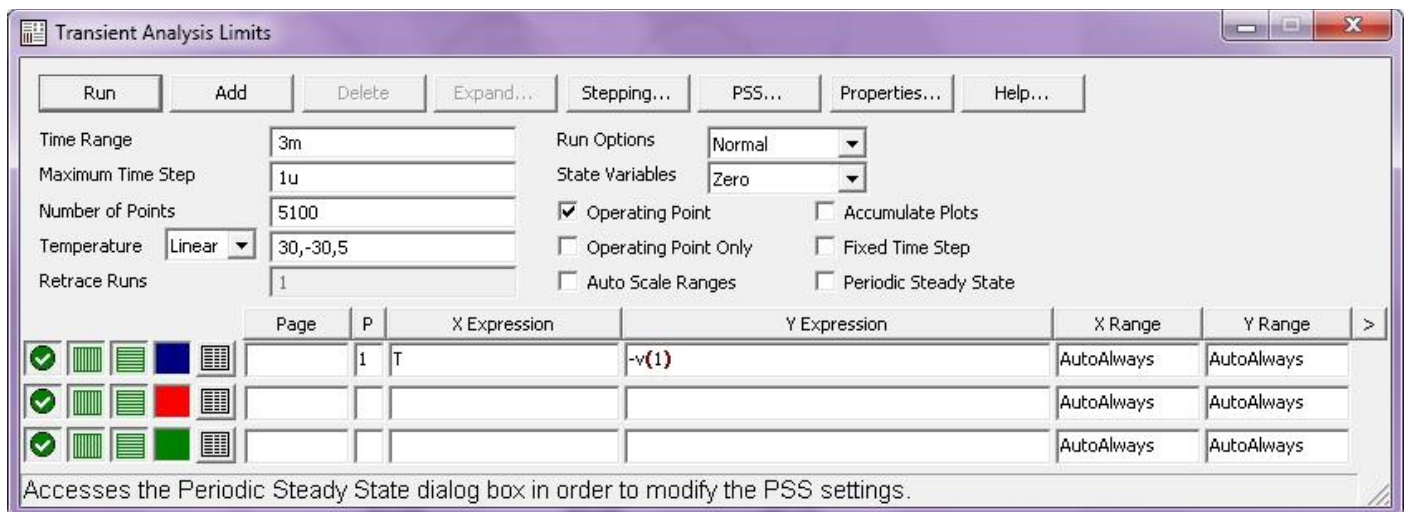
Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

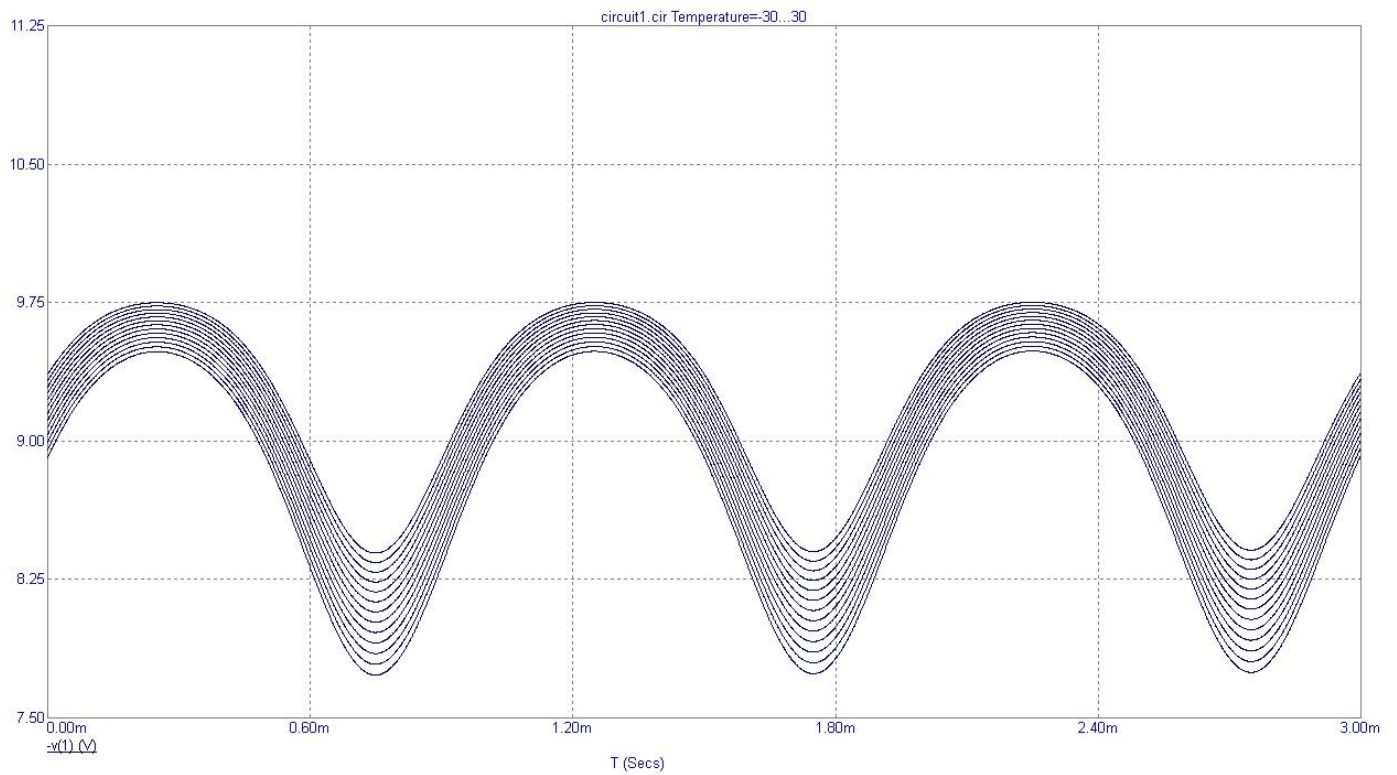
Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
1	1	DCINPUT1	-IC(Q1)	AutoAlways	AutoAlways	▲
				AutoAlways	AutoAlways	▼



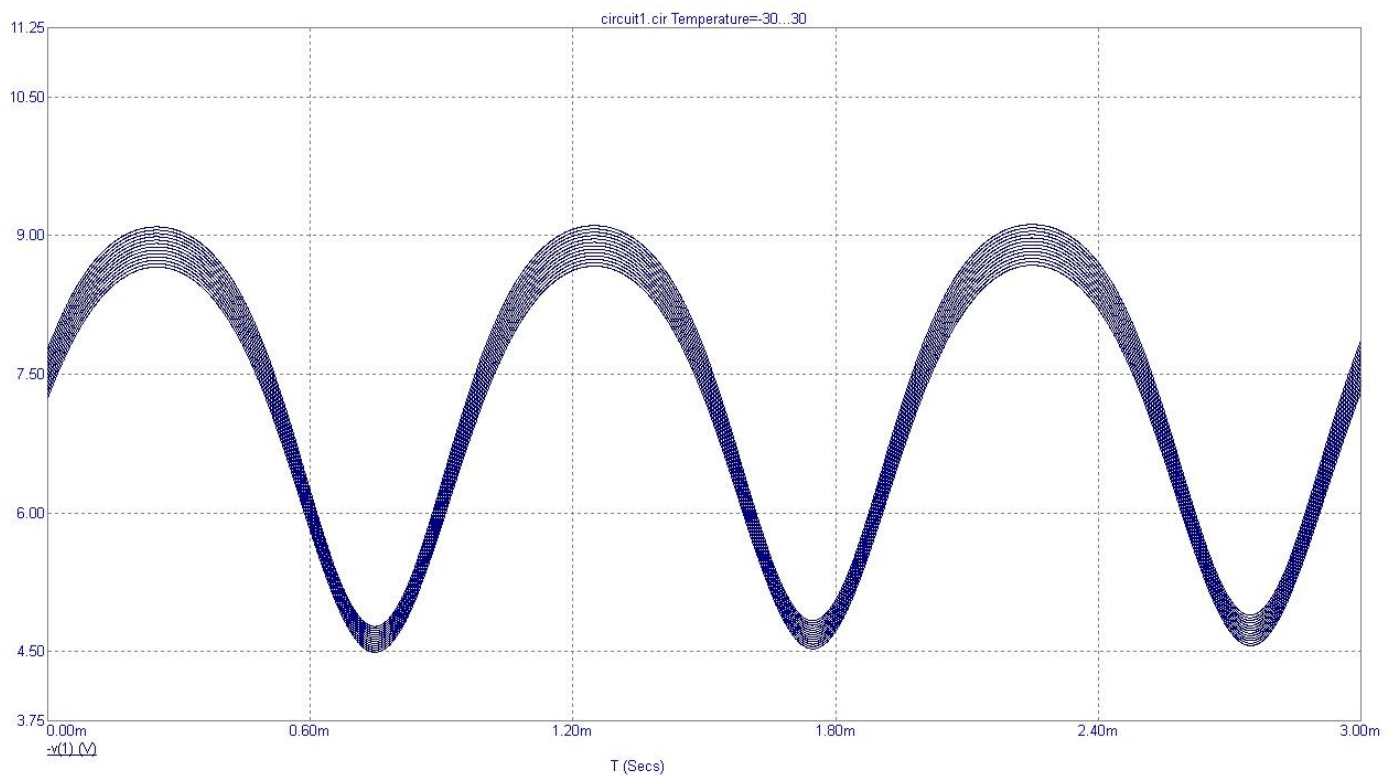
При повышении температуры увеличивается ток насыщения.

Исследуем влияние температур на схему с делителем напряжения.





Исследуем влияние температур на схему без делителя напряжения.



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

Добавим слайдер.

Slider

Parameter: V2

A

Min: 10m

Max: 200m

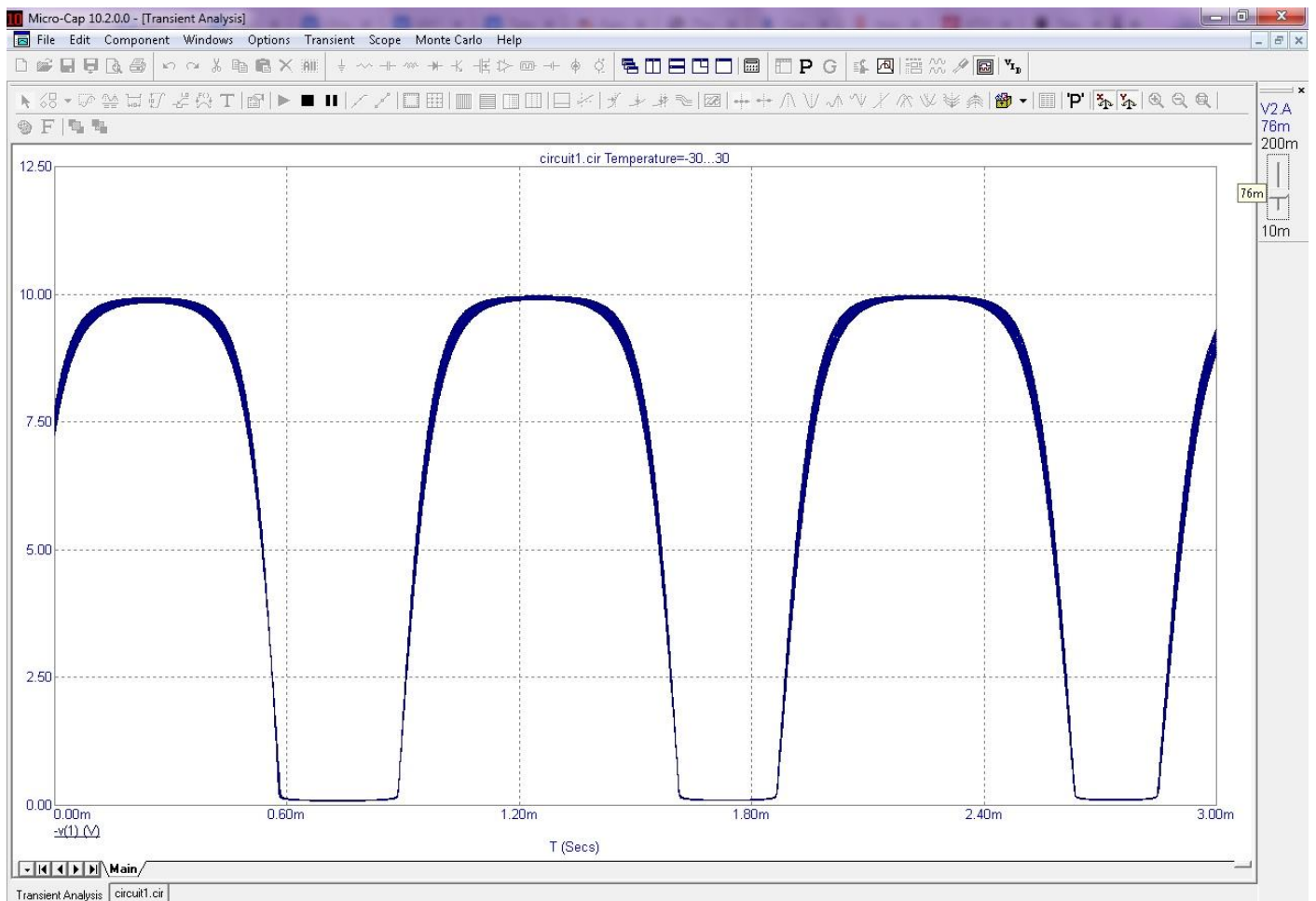
Step Size: 10%

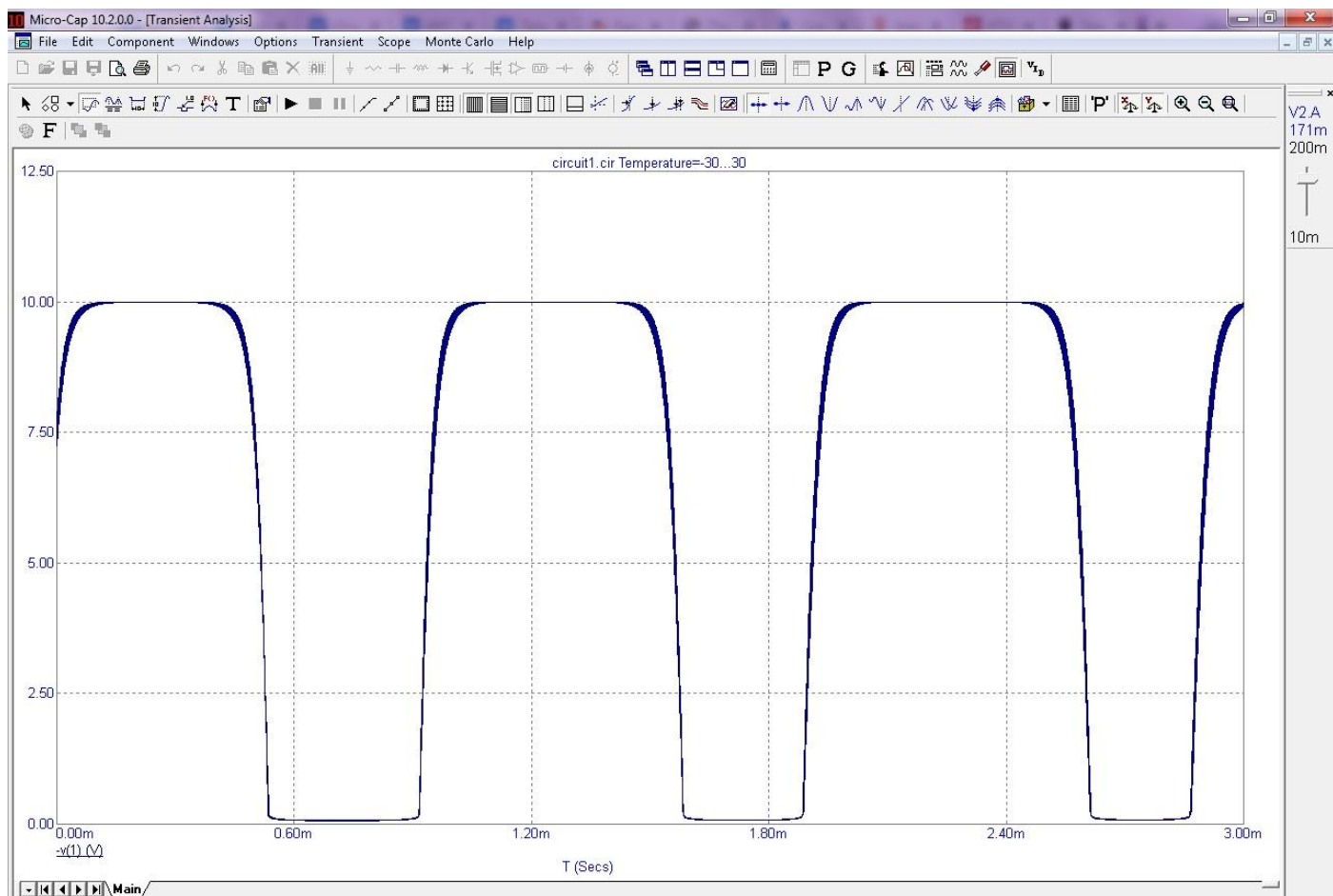
Method: ☒ Linear ☐ Log ☐ List

Parameter Type: ☒ Component ☐ Model ☐ Symbolic

Font... Format... Default

OK Cancel Help...





Синусоида становится «квадратной», т.к. 10 Вольт – предел.