

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №5

по теме: «Исследование и настройка усилительных и ключевых устройств на биполярных и полевых транзисторах»

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-36

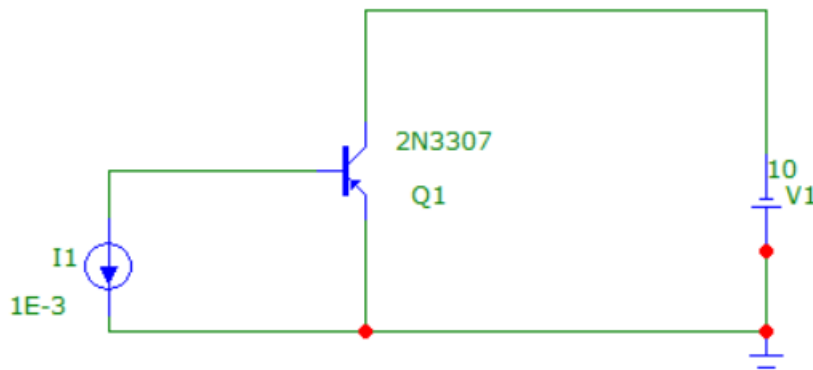
Жаворонкова Алина

Цель практикума

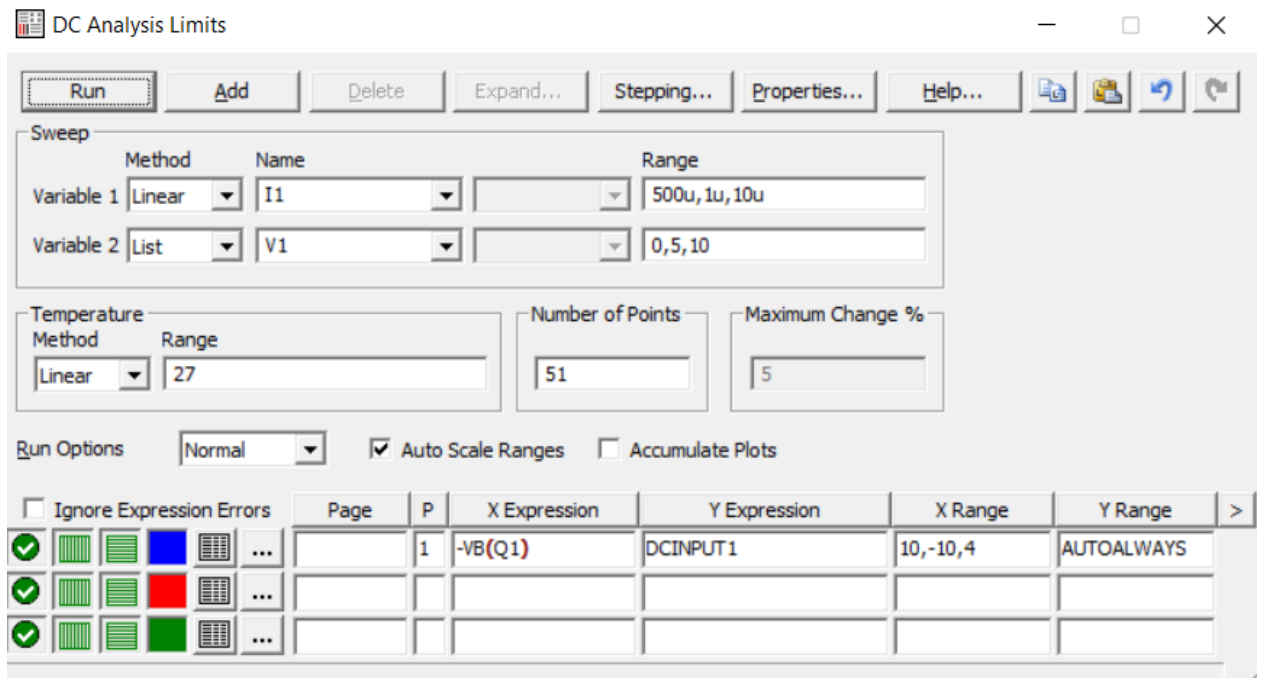
Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных и ключевых устройств на биполярных и полевых транзисторах.

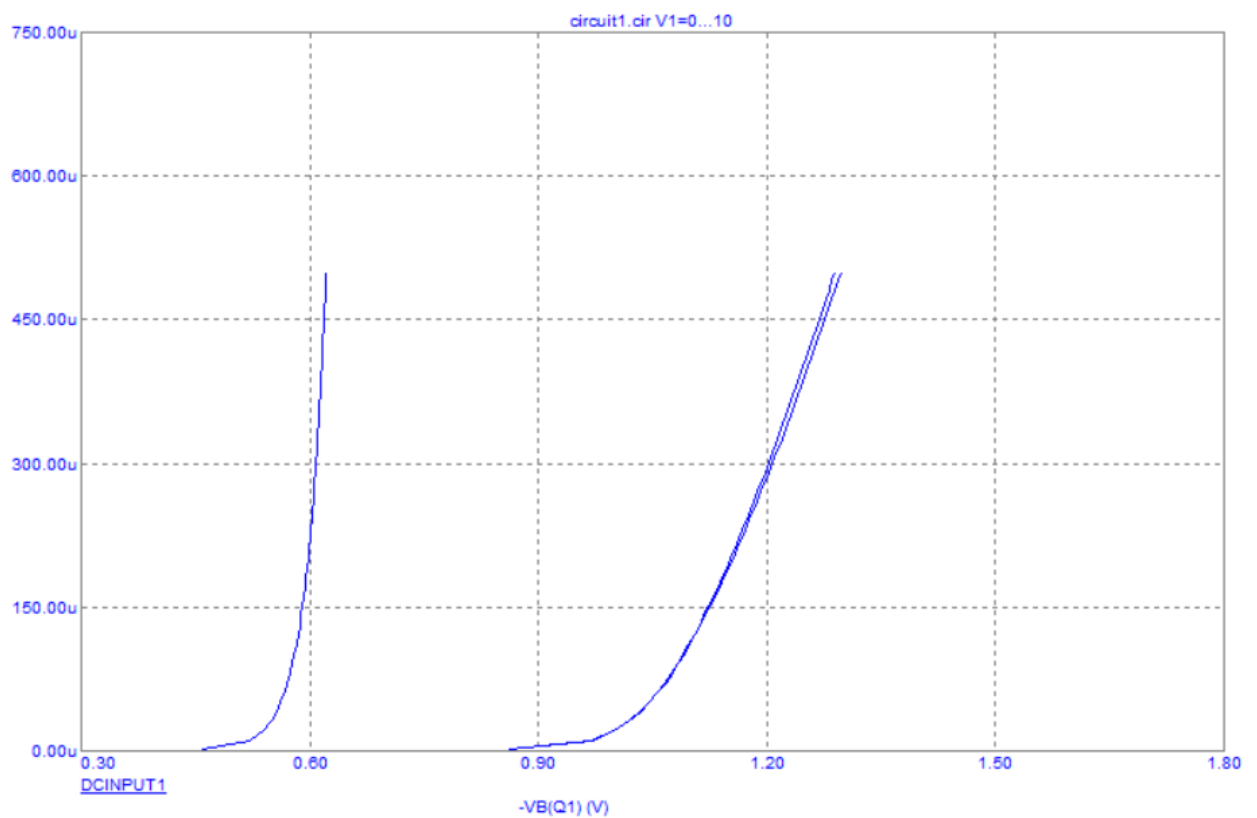
Эксперимент 1

Построим схему:



Построим входную ВАХ транзистора:





Построим выходную ВАХ транзистора:

DC Analysis Limits

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

Sweep

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

Temperature

Method	Range
Linear	27

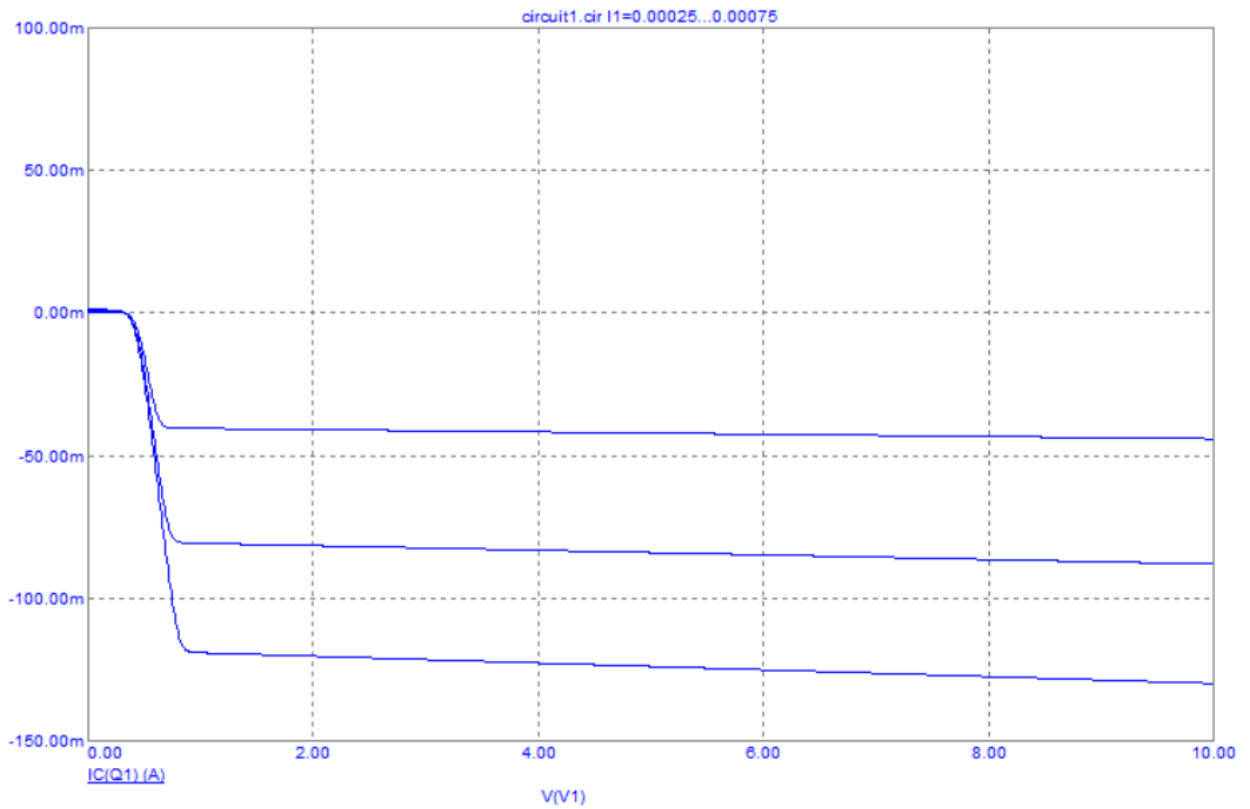
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

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



Предельные параметры транзистора 2N3307:

*MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value		Unit
		2N3307	2N3308	
Collector-Base Voltage	V_{CB}	40	30	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V_{CES}	40	30	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	35	25	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	3.0		Vdc
Collector Current	I_C	50		mA dc
Power Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300 1.71		mW mW/ $^\circ\text{C}$
Power Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	200 1.14		mW mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	200		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +200		$^\circ\text{C}$

*Indicates JEDEC Registered Data

Построим кривую предельно допустимой мощности. $P_{\max} = 300\text{m}$; $I_{k\max} = 50\text{m}$.

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

Sweep

Method Name Range

Variable 1 Linear V1 10,0,10m

Variable 2 List I1 250u,500u,750u

Temperature Method Range

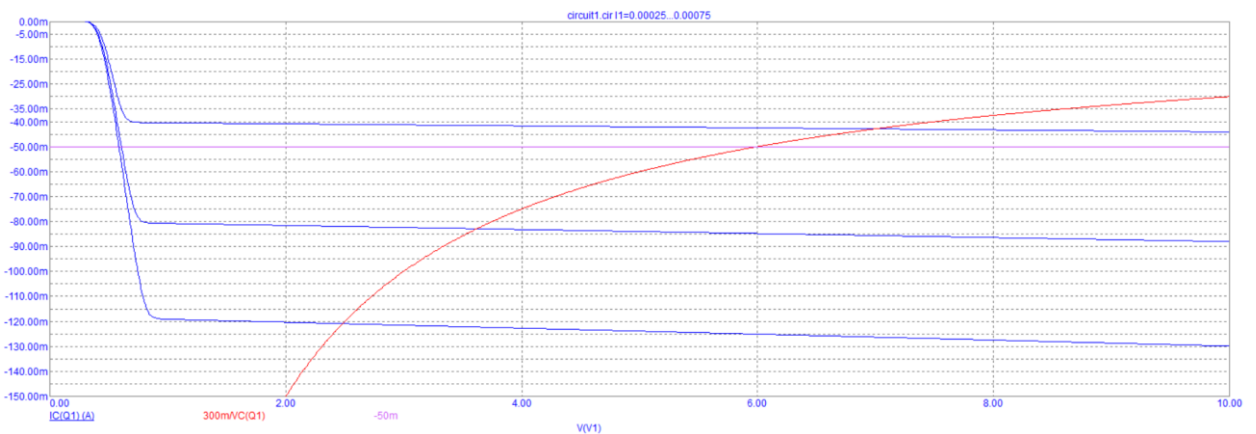
Linear 27

Number of Points 510

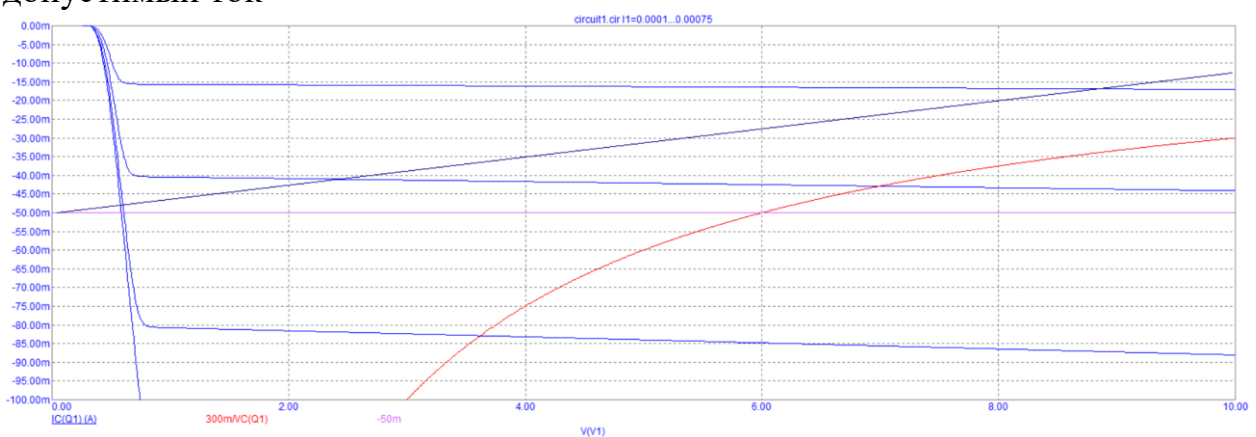
Maximum Change % 5

Run Options Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

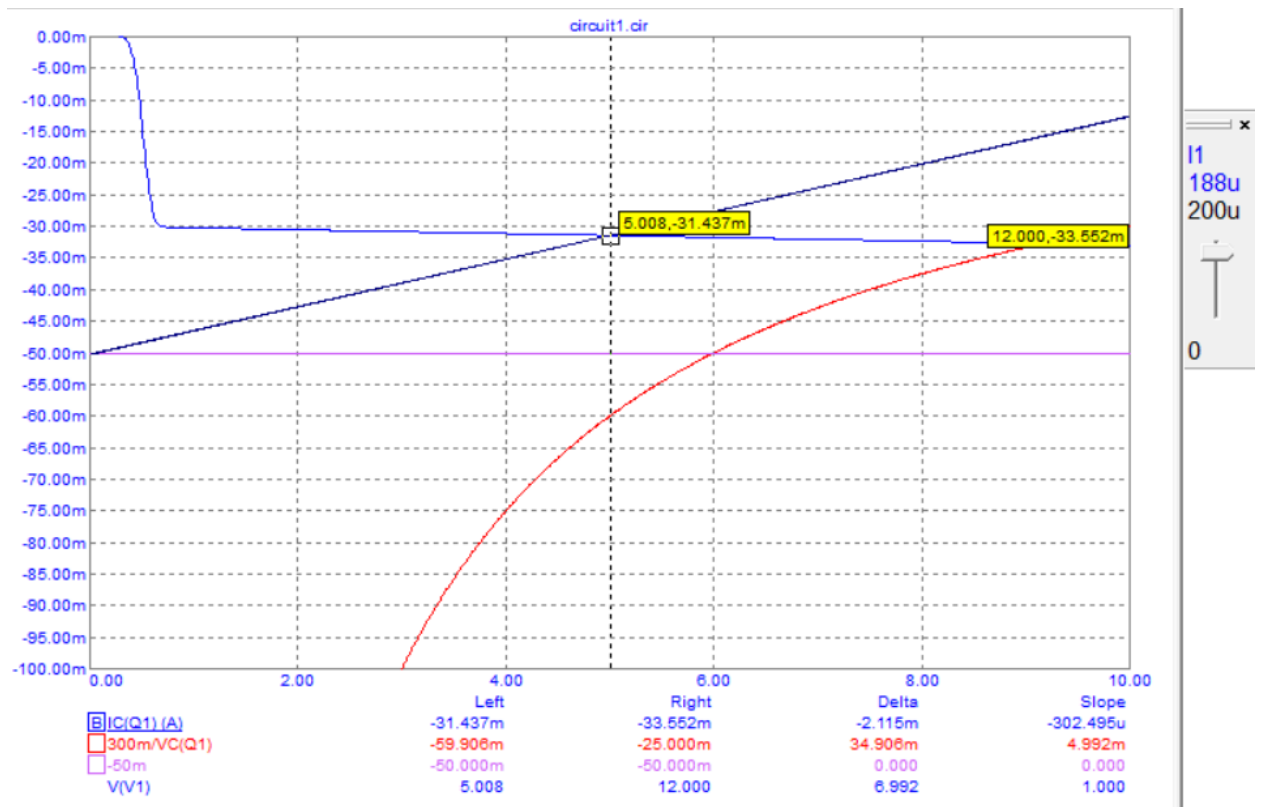
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	IC(Q1)	10,0,2	0,-150m,5m	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	300m/Vc(Q1)	10,0,2	0,-150m,5m	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	-50m	10,0,2	0,-150m,5m	



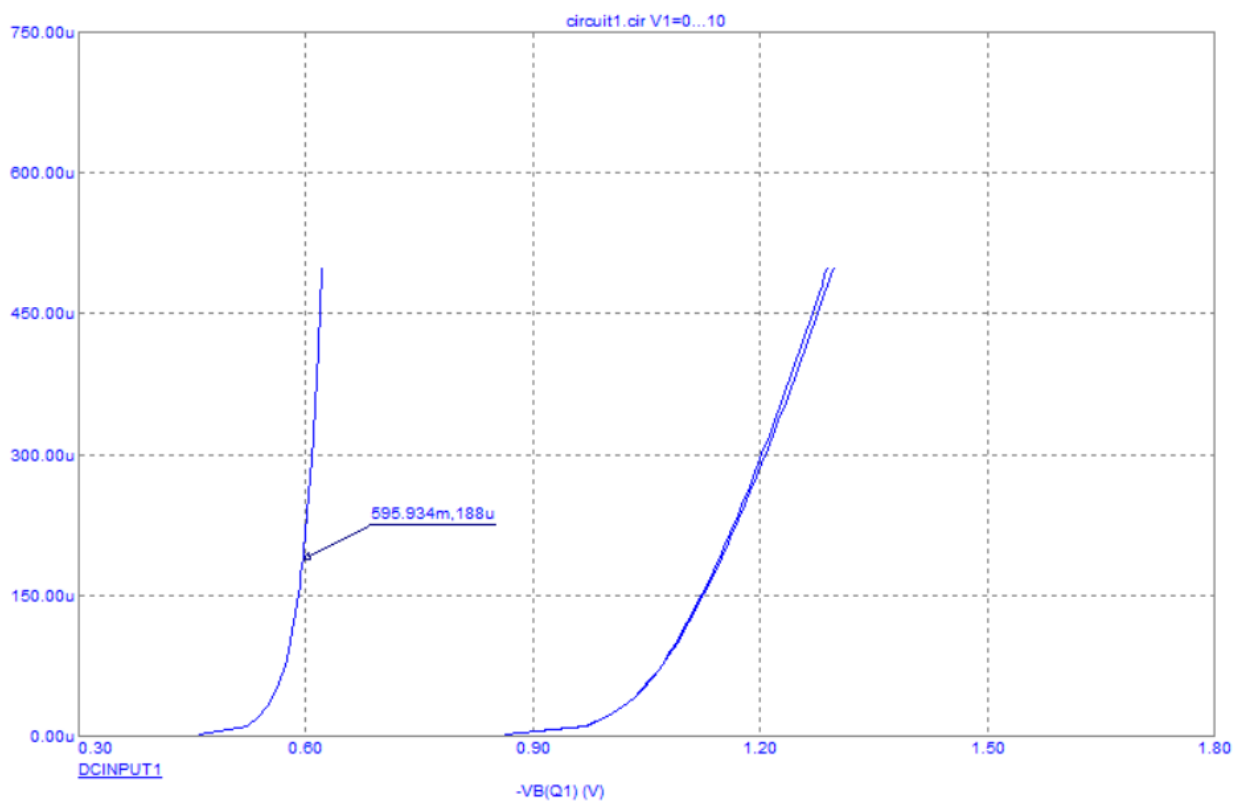
Проводим нагрузочную прямую так, чтобы она не пересекала кривую предельно допустимой мощности и не превышала максимальный допустимый ток



Определим ток и напряжение на середине нагрузочной прямой:



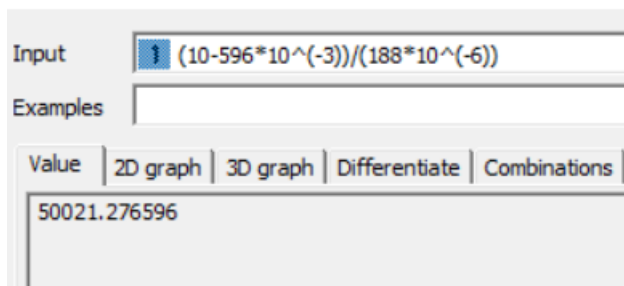
Получим $I_b = 188\mu\text{A}$; $I_k = 31.437\text{mA}$. Далее на графике входной ВАХ откладываем полученный ток I_b , получаем значение $U_b = 595.934\text{mV}$.



Эксперимент 2

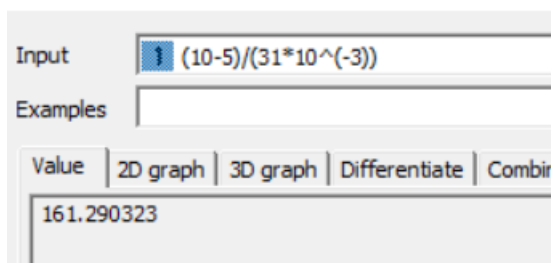
Считаем R_b :

Calculator

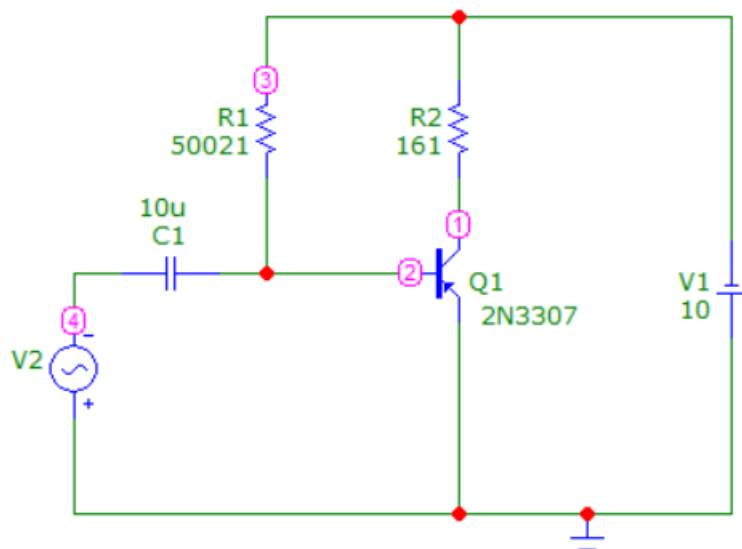


Считаем R_k :

Calculator



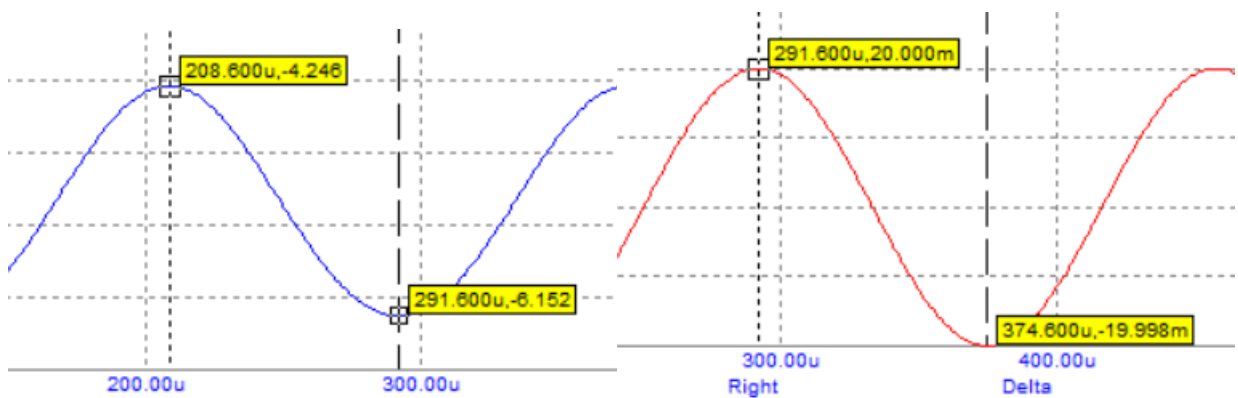
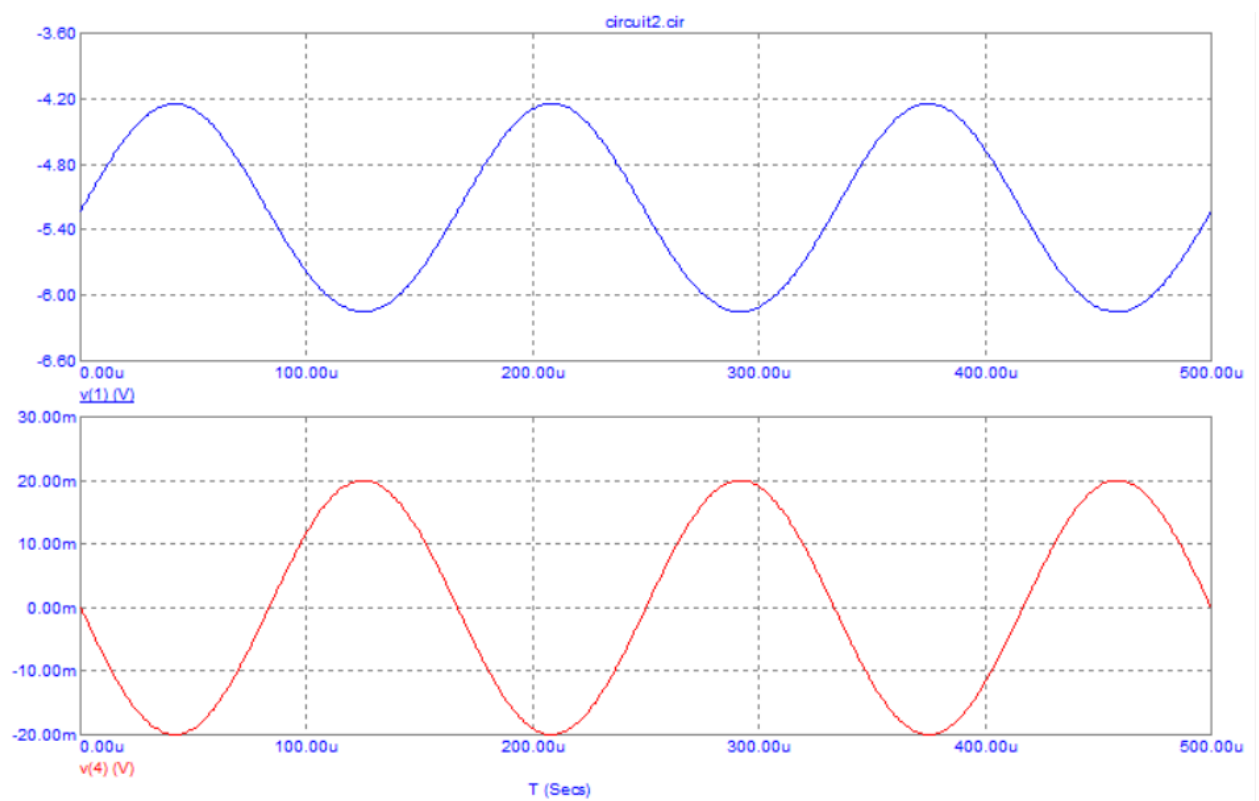
Строим схему:



Устанавливаем генератор на амплитуду 0.02В и частоту 6кГц. Вводим вычисленные значения сопротивления базы и коллектора

Transient Analysis Limits

Run		Add		Delete		Expand...		Stepping...		PSS...		Properties	
Maximum Run Time		500u		Run Options		Normal							
Output Start Time (tstart)		0		State Variables		Zero							
Maximum Time Step		1u		<input checked="" type="checkbox"/> Operating Point				<input type="checkbox"/> Accumulate					
Number of Points		5100		<input type="checkbox"/> Operating Point Only				<input type="checkbox"/> Fixed Time					
Temperature		Linear		<input checked="" type="checkbox"/> Auto Scale Ranges				<input type="checkbox"/> Periodic S					
Retrace Runs		1											
<input type="checkbox"/> Ignore Expression Errors				Page		P		X Expression		Y Expression			
<input checked="" type="checkbox"/>				1		1		T		v(1)			
<input checked="" type="checkbox"/>				2		2		T		v(4)			

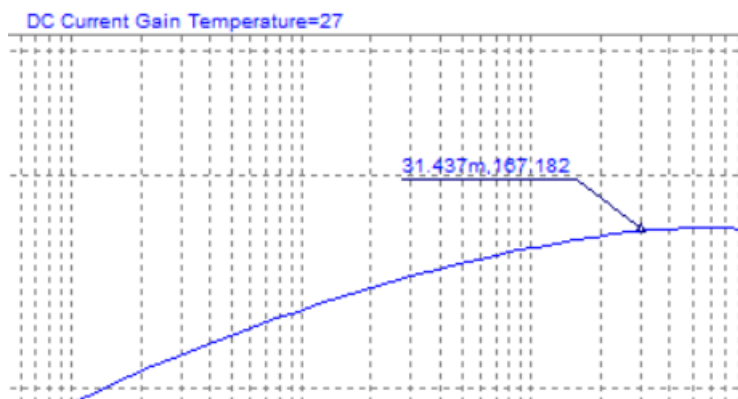


$$M(\text{входной}) = -4.246 + 6.152 = 1.906$$

$$M(\text{усиленный}) = 20.000 + 19.998 = 39.998$$

$$K = M(\text{усиленный}) / M(\text{входной}) = 39.998 / 1.906 = 20.985 \approx 21$$

Определяем BF для конкретного значения I_k :



$$BF = 167.182$$

Рассчитаем сопротивление делителя:

$$E_k := 10 \quad BF := 167.182$$

$$I_k := 31 \cdot 10^{-3} \quad U_b := 595.934 \cdot 10^{-3}$$

$$U_d := E_k \quad U_{rt} := 5$$

$$R_k := \frac{(E_k - U_{rt})}{I_k} = 161.29$$

$$I_b := \frac{I_k}{BF} = 1.854 \times 10^{-4}$$

$$R_b := \frac{(E_k - U_b)}{I_b} = 5.072 \times 10^4$$

$$R_3 := \frac{U_d}{10 \cdot I_b} = 5.393 \times 10^3$$

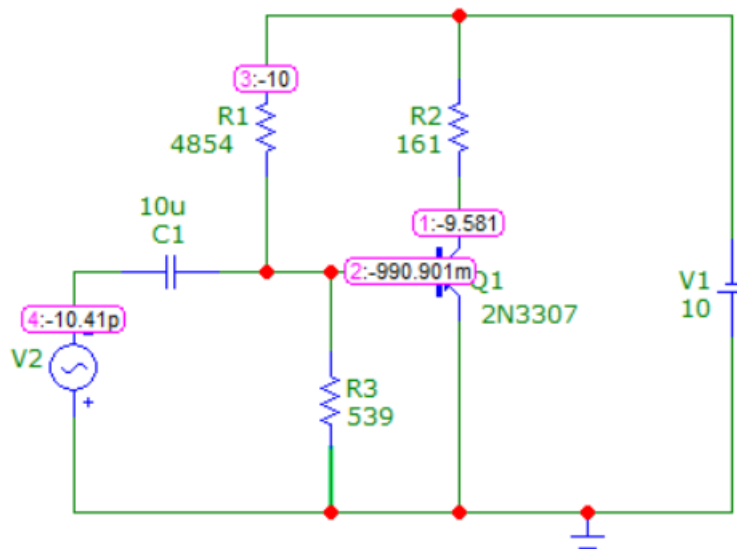
$$R_d := 1000$$

Given

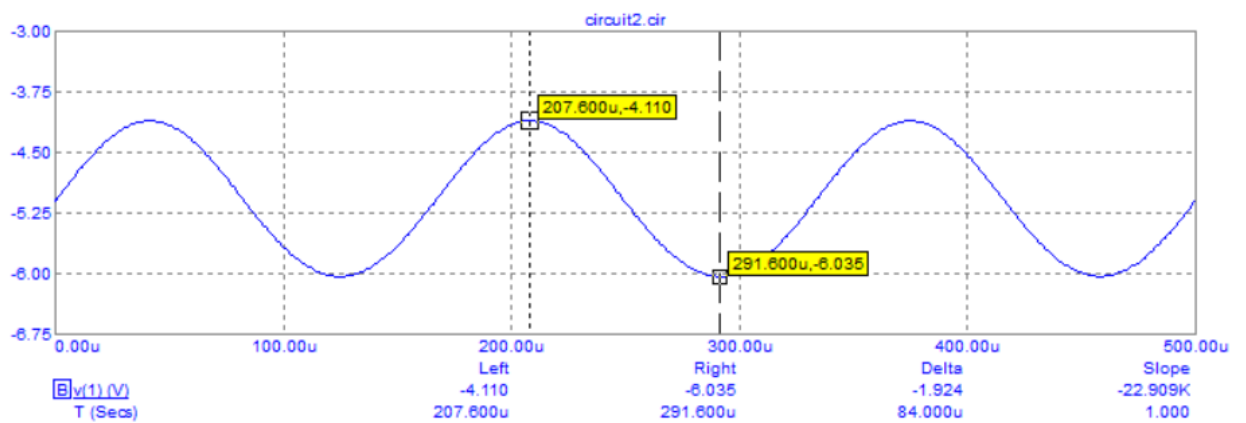
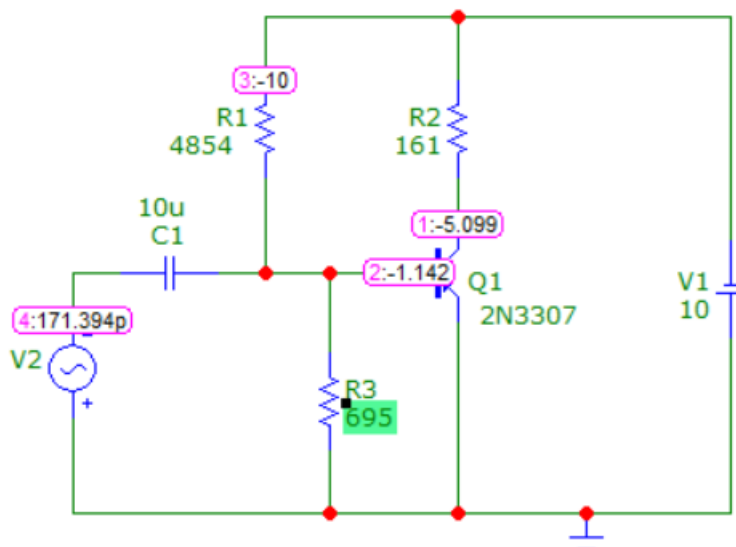
$$R_b + R_d = 5.393 \times 10^3$$

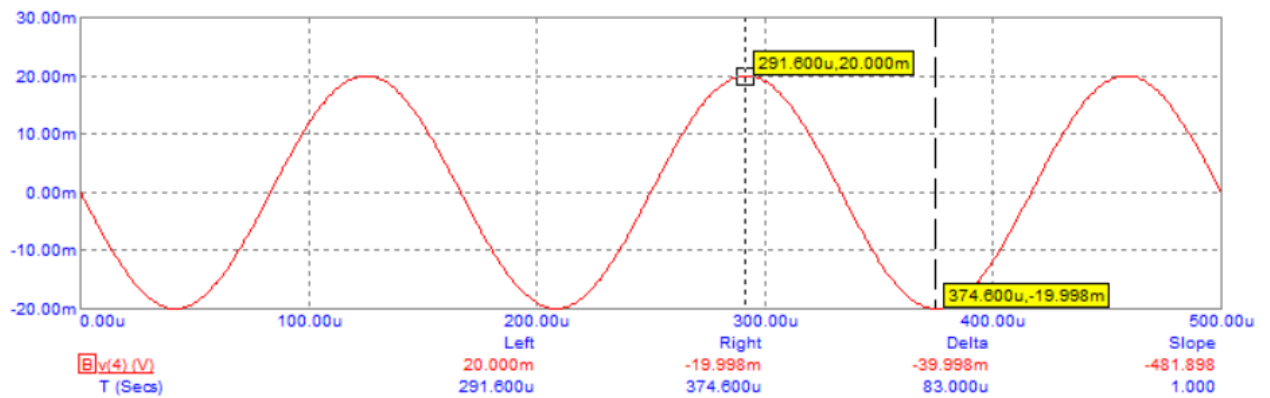
$$\frac{R_b}{R_d} = 9$$

$$\text{Minerr}(R_d, R_b) = \begin{pmatrix} 539.3 \\ 4.854 \times 10^3 \end{pmatrix}$$



Корректируем значение R3, пока напряжение на коллекторе не будет равно $E_k/2$:





$$M(\text{входной}) = -4.110 + 6.035 = 1.925$$

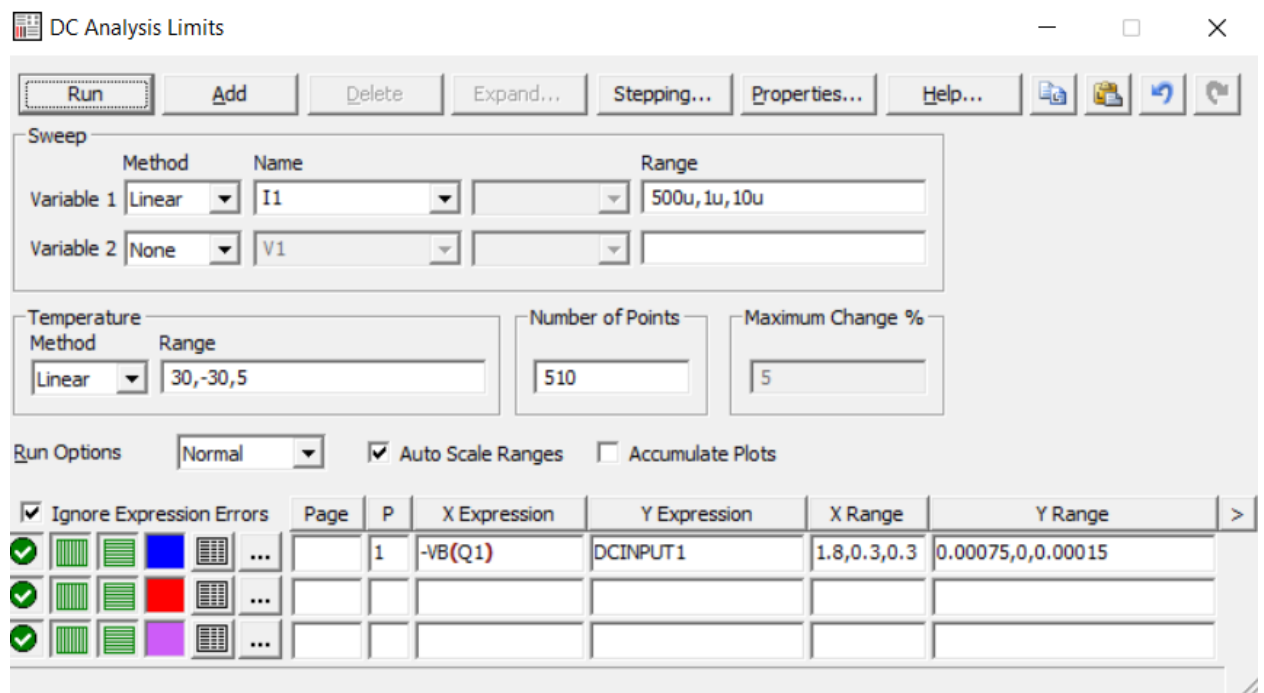
$$M(\text{усиленный}) = 20.000 + 19.998 = 39.998$$

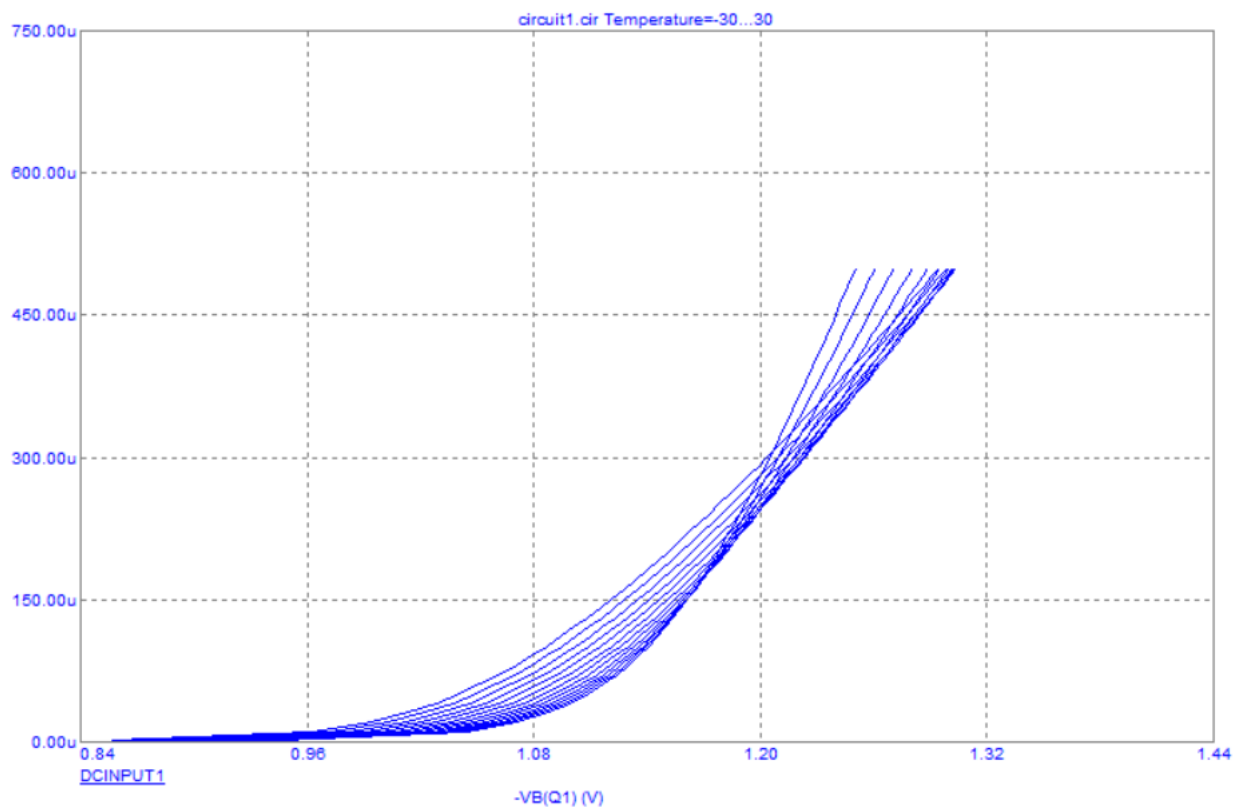
$$K = M(\text{усиленный}) / M(\text{входной}) = 20.78 \approx 21$$

Эксперимент 3

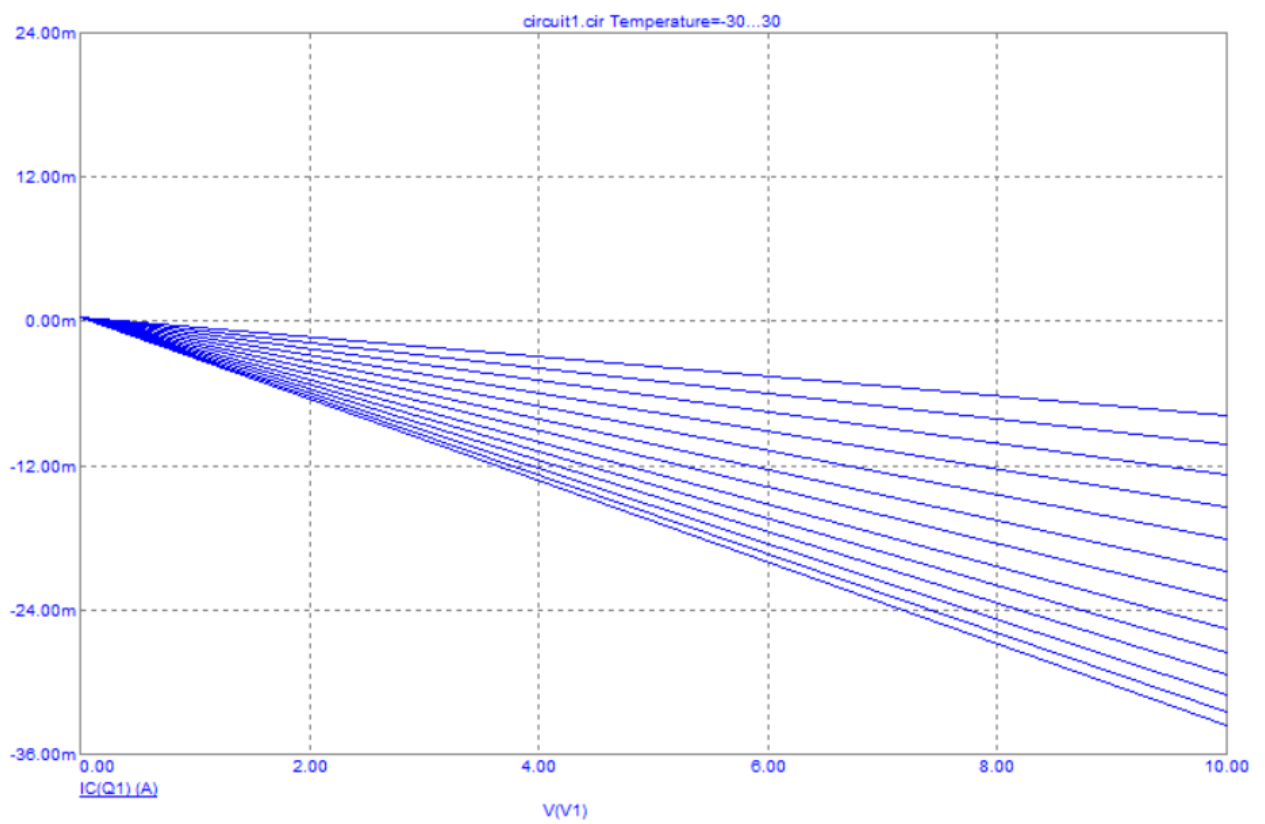
Используем схему их эксперимента 1, изменяем температуру от -30 до 30 с шагом 5 градусов Цельсия. Строим зависимость входной и выходной ВАХ от температуры.

Входная ВАХ





Выходная ВАХ



Строим зависимость для схемы с делителем:

Transient Analysis Limits

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

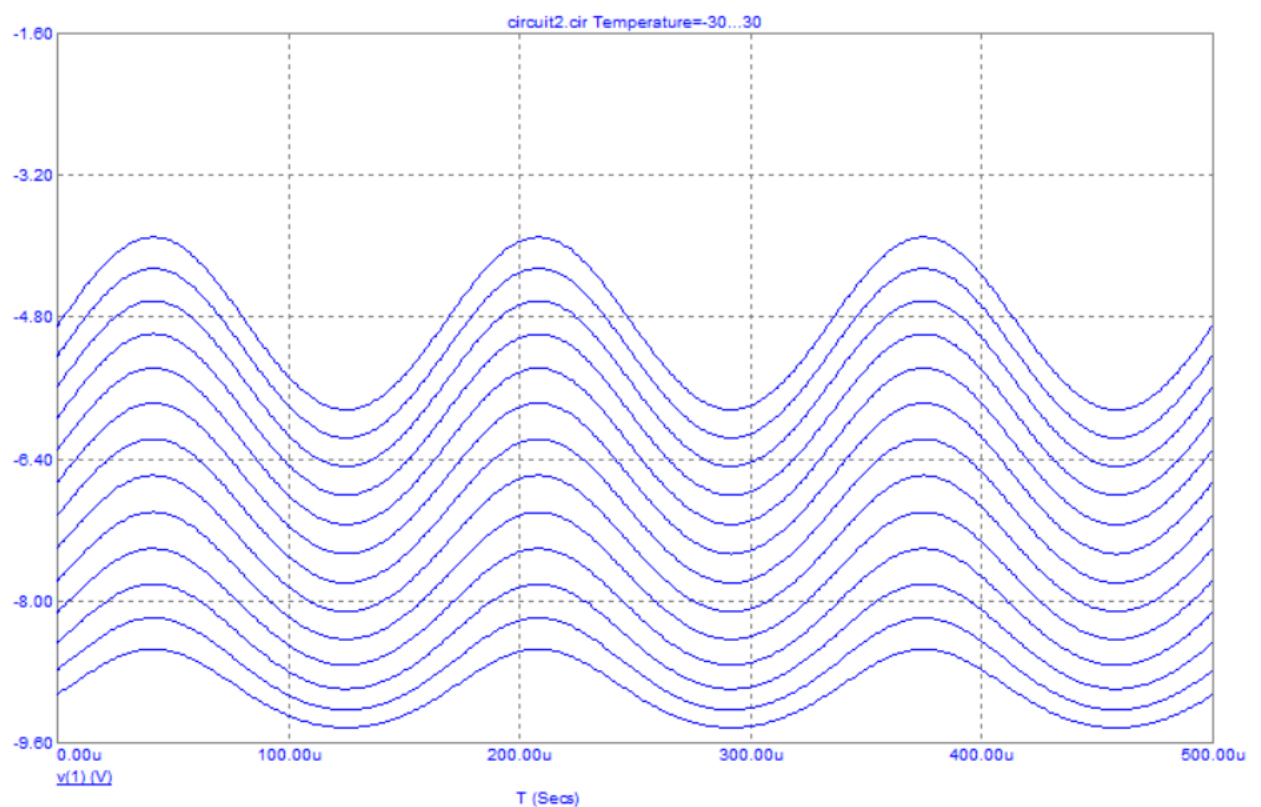
Maximum Run Time: 500u
Output Start Time (tstart): 0
Maximum Time Step: 1u
Number of Points: 5100
Temperature: Linear -30,30,5
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal
State Variables: Zero

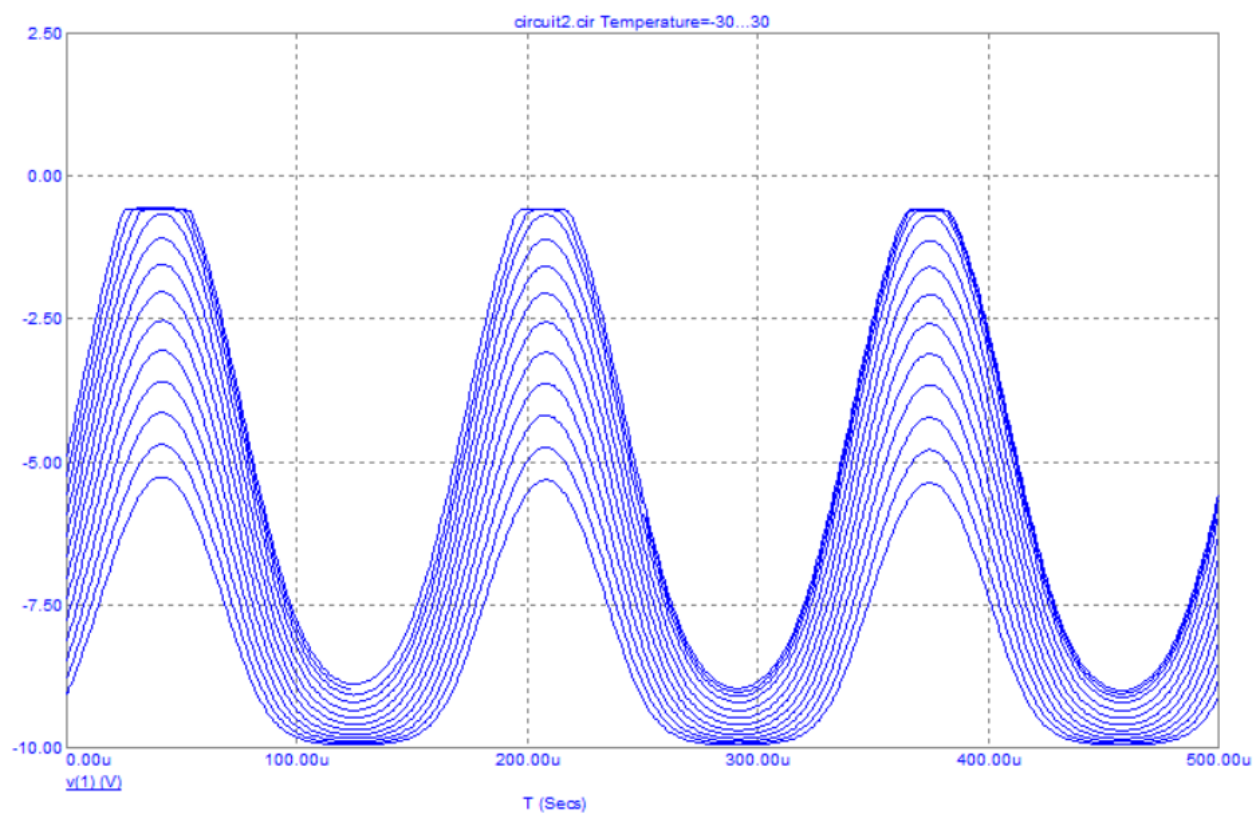
☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step
☒ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	T	v(1)	0.0005,0,0.0001	-1.6,-9.6,1.6
<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/>						



Увеличив амплитуду в 5 раз, получим:



Увеличивая амплитуду в 10 раз, получим:

