

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника
Лабораторный практикум №5

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-31Б

Палладий Евгений

Работу проверил:

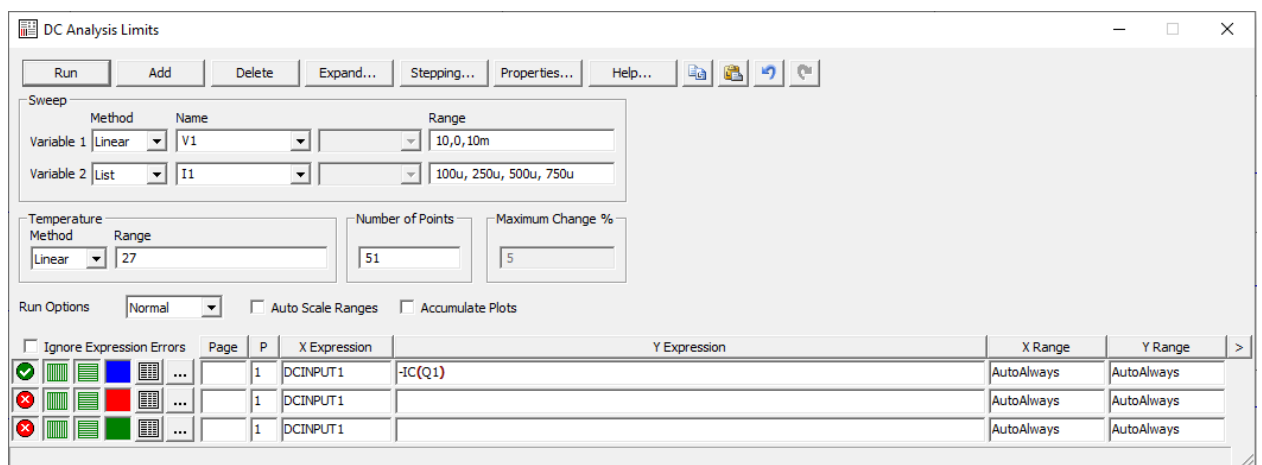
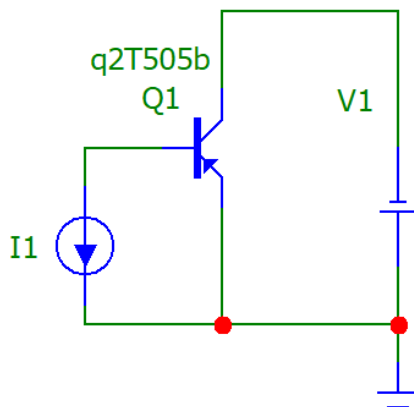
ЭКСПЕРИМЕНТ 1.

Снятие вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора

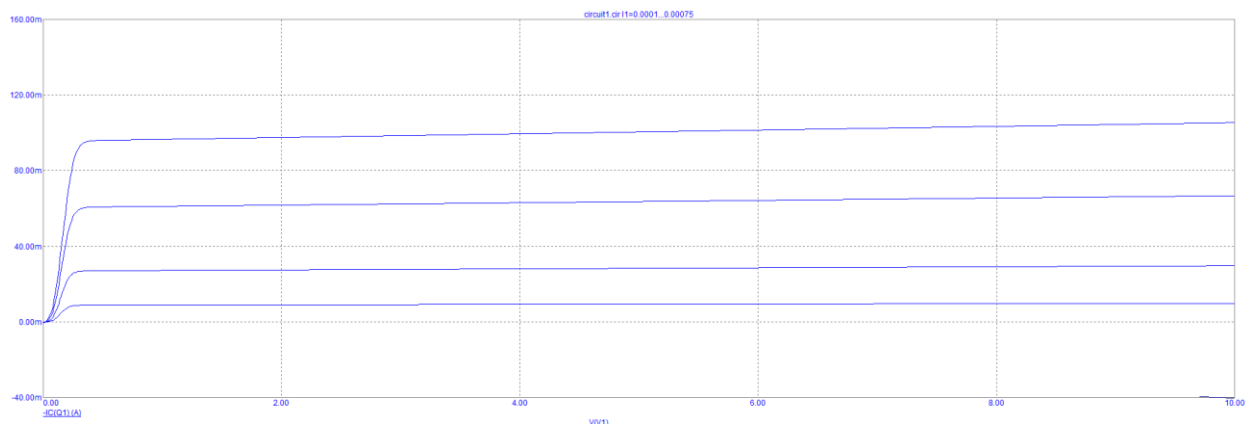
Внесём транзистор в базу

```
.model q2T505b PNP(Is=77.95f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=98 Bf=280 Ise=890f  
+ Ne=1.403 Ikf=2.079 Nk=.6286 Xtb=1.5 Br=1.93 Isc=53.03p Nc=1.441  
+ Ikr=81.42m Rb=8.3 Rc=.6239 Cjc=59.15p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5  
+ Cje=474.3p Mje=.33 Vje=.65 )
```

Построим схему:



Получим входную и выходную ВАХ биполярного транзистора



Для моего транзистора $P_{max} = 1$ Вт, $I_{max} = 1$ А

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 | 100u,250u,500u,750u |

Temperature

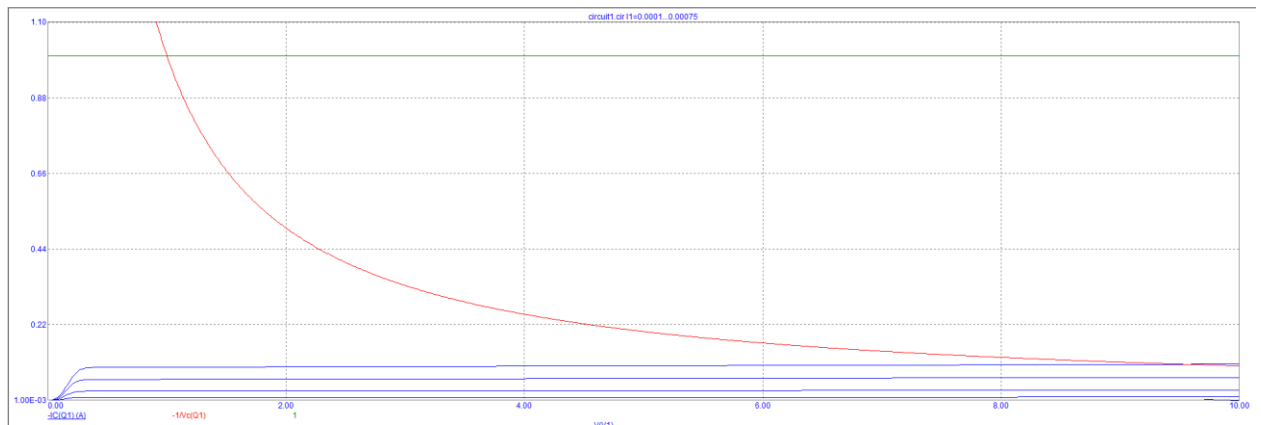
| Method | Range |
|--------|-------|
| Linear | 27 |

Number of Points: 51

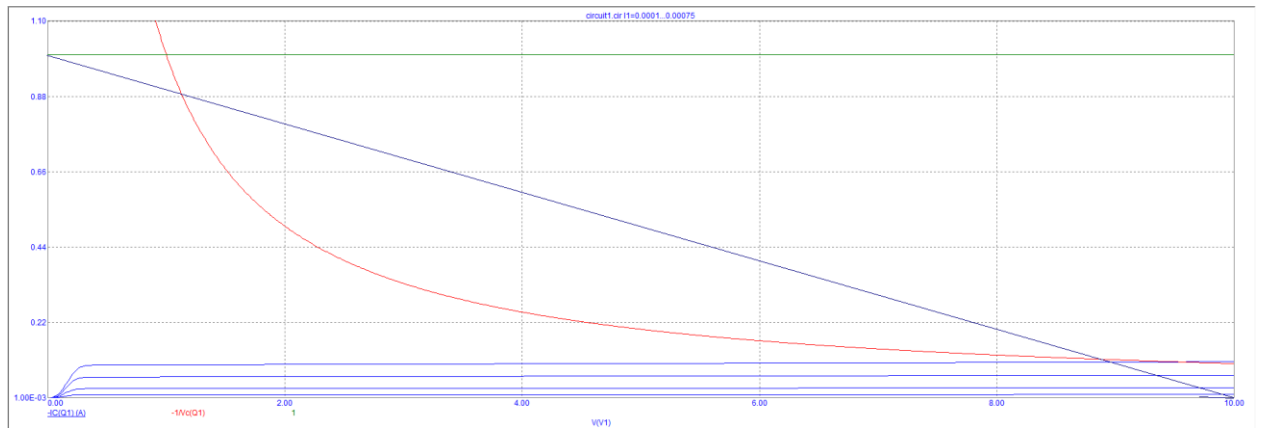
Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

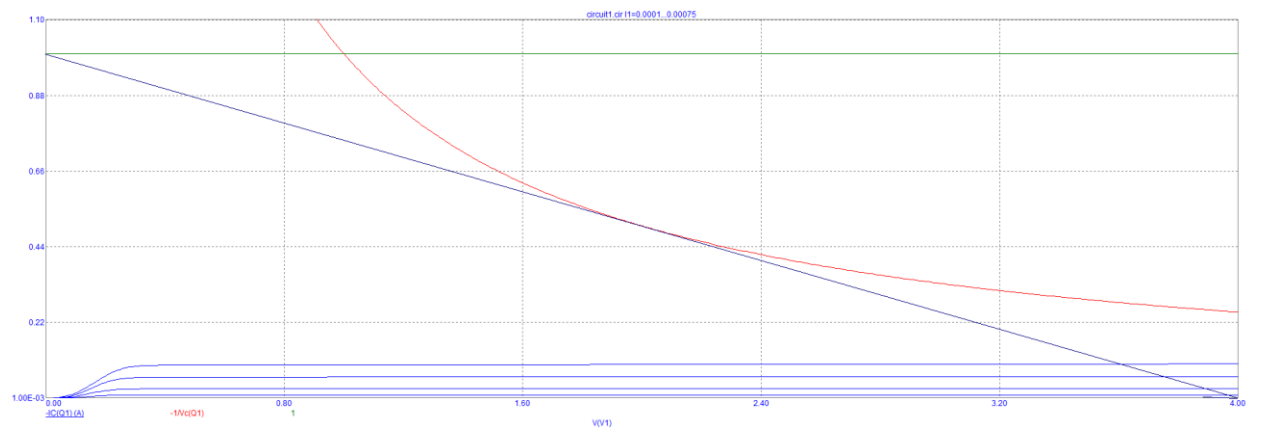
| Ignore Expression Errors | Page | P | X Expression | Y Expression | X Range | Y Range |
|-------------------------------------|------|---|--------------|--------------|-----------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | -IC(Q1) | 10, 0, 1m | 1.1, 1m, 5m |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | -1/Vc(Q1) | 10, 0, 1m | 1.1, 1m, 5m |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | 1 | 10, 0, 1m | 1.1, 1m, 5m |



Строю нагрузочную прямую:



Нагрузочная прямая пересекает параболу, поэтому снижаю максимально напряжение до 4 В.



Рабочая точка: 2V, 500 mA

$\beta = BF = 280$ – Коэффициент усиления транзистора (табличная характеристика)

$$R_K = \frac{E_K - U_{pT}}{I_K} = \frac{4 - 2}{500 * 10^{-3}} = 4 \text{ Ом}$$

$$I_6 = \frac{I_K}{\beta} = \frac{500 * 10^{-3}}{280} = 1.786 * 10^{-3} \text{ A}$$

DC Analysis Limits

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

Sweep

| Variable | Method | Name | Range |
|------------|--------|------|---------------|
| Variable 1 | Linear | I1 | 900u, 1u, 10u |
| Variable 2 | List | V1 | 0, 5, 10 |

Temperature

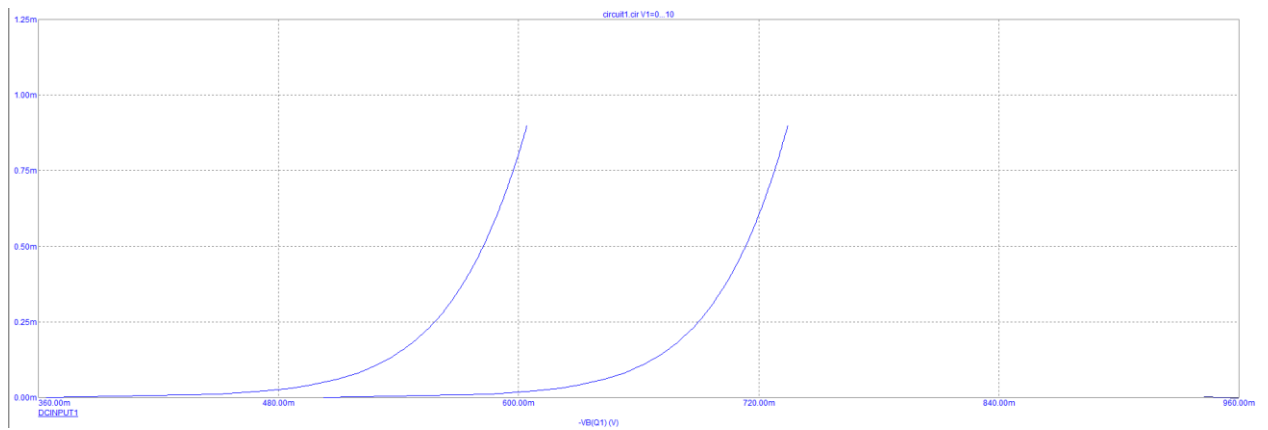
| Method | Range |
|--------|-------|
| Linear | 27 |

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 | 1 | -VB(Q1) | DCINPUT1 | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | -200m/Vc(Q1) | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | 150m | AutoAlways | AutoAlways |



ЭКСПЕРИМЕНТ 2.

Установка рабочей точки каскада усиления с общим эмиттером дополнительными элементами схемы

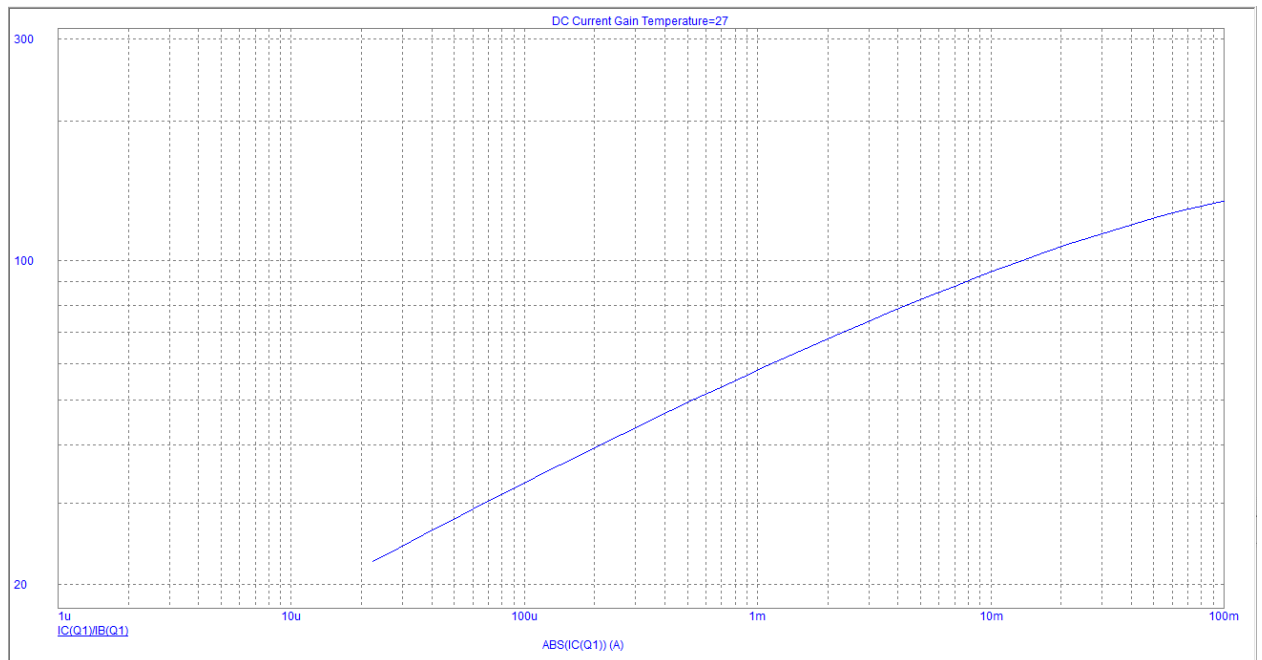
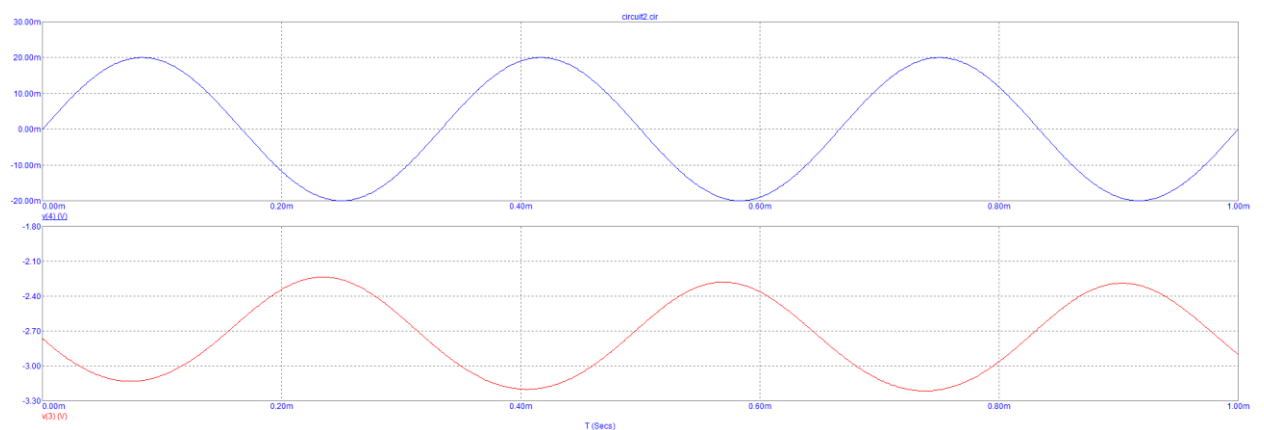
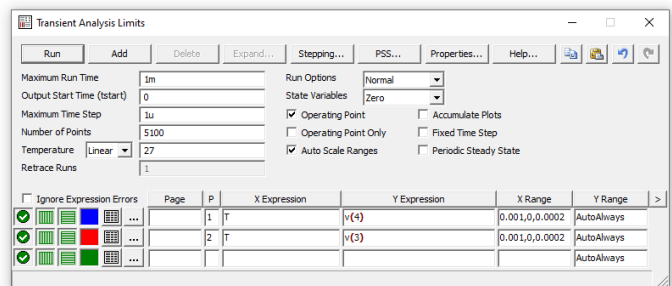
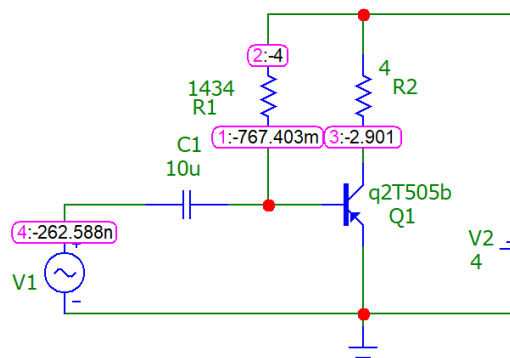
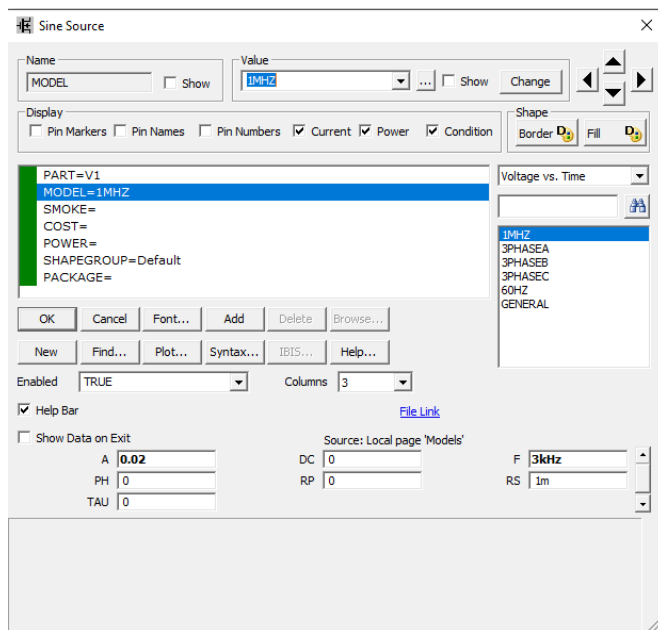


График усиления только до 100mA, беру $\beta = 0.8 * BF = 224$

$$I_{\text{б}} = \frac{I_{\text{к}}}{\beta} = \frac{500 * 10^{-3}}{224} = 2.232 * 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_{\text{б}} = \frac{E_{\text{к}} - U_{\text{бэ}}}{I_{\text{б}}} = \frac{4 - 0.8}{2.232 * 10^{-3}} = 1434 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{к}} = \frac{E_{\text{к}} - U_{\text{к}}}{I_{\text{к}}} = \frac{4 - 2}{500 * 10^{-3}} = 4 \text{ Ом}$$



Получим коэффициент усиления

$$\beta = \frac{0.935 \text{ B}}{0.04 \text{ B}} = 23.375$$

Повторяем расчет для схемы с делителем напряжения, приняв ток делителя в 10 раз больше тока базы:

$$I_6 = \frac{I_K}{\beta} = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{224} = 2.232 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

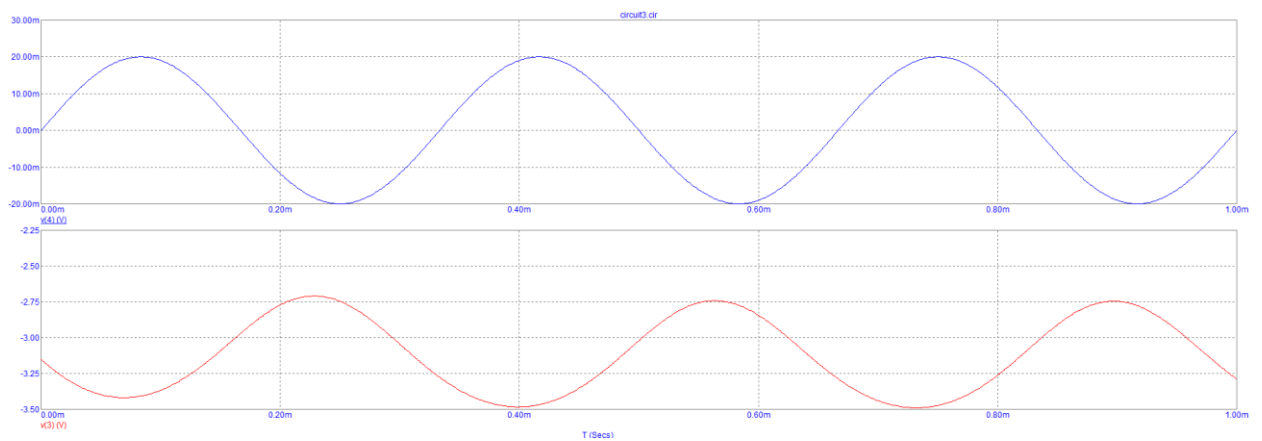
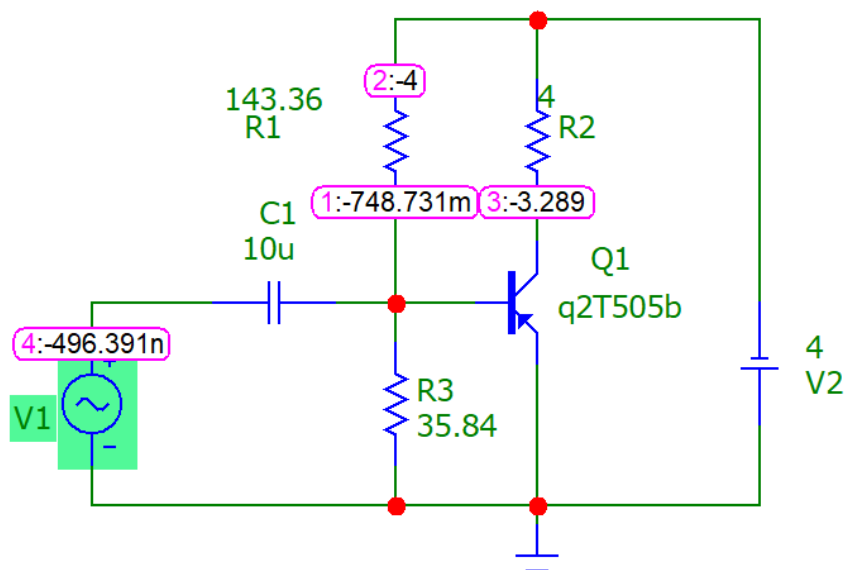
$$I_D = 2.232 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 2.232 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

$$R_1 + R_3 = \frac{E_K}{I_D} = 179.2 \text{ Ом}$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{E_K - U_6}{U_6} = 4$$

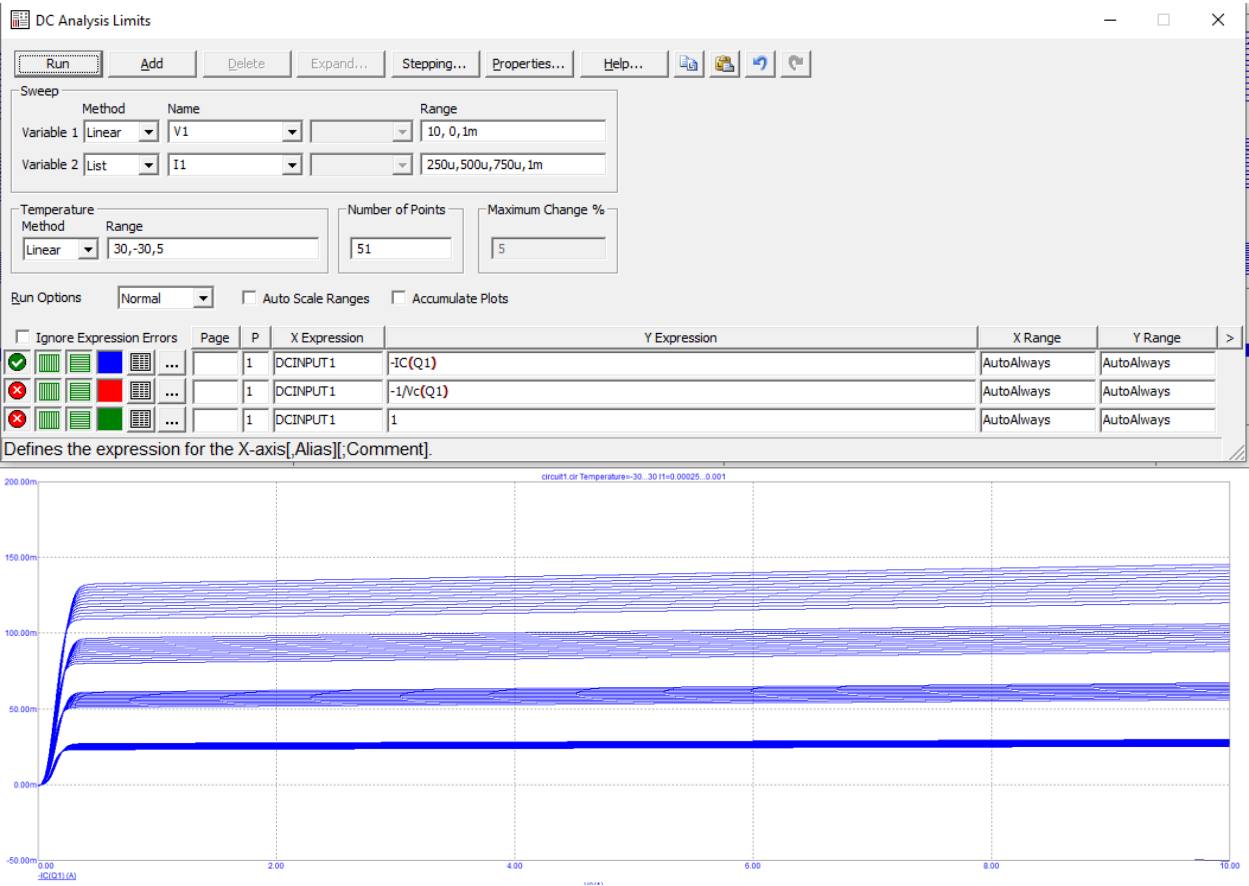
$$R_1 = 143.36$$

$$R_3 = 35.84$$



ЭКСПЕРИМЕНТ 3. Исследование влияния температуры на положение рабочей точки каскада с общим эмиттером биполярного транзистора

Устанавливаем изменение температуры и получаем следующие графики:



DC Analysis Limits

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

Sweep

| Variable | Method | Name | Range |
|------------|--------|------|---------------|
| Variable 1 | Linear | I1 | 900u, 1u, 10u |
| Variable 2 | List | V1 | 0,5,10 |

Temperature

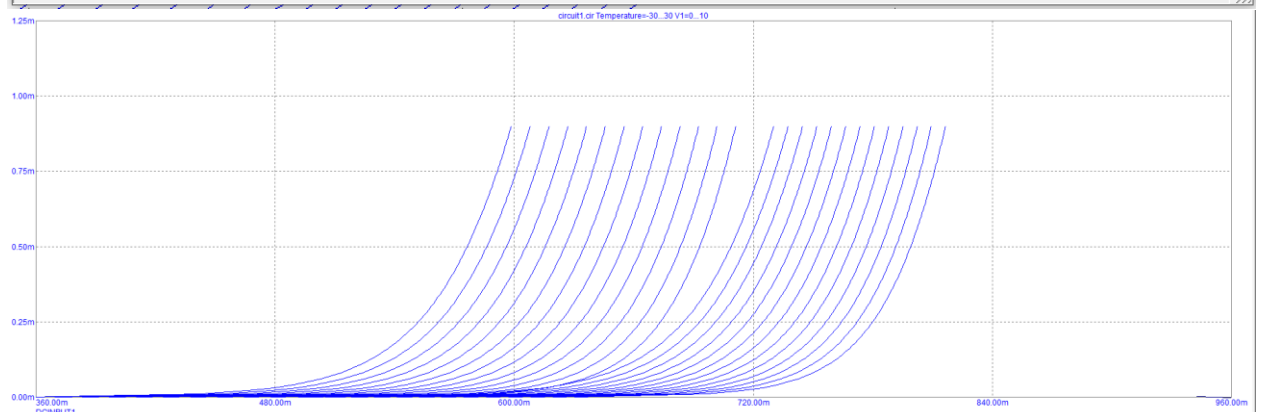
Method: Linear Range: 30,-30,5

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 |
|-------------------------------------|------|---|--------------|--------------|------------|------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | -VB(Q1) | DCINPUT1 | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | -1/Vc(Q1) | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1 | 1 | DCINPUT1 | 1 | AutoAlways | AutoAlways |



Transient Analysis Limits

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

Maximum Run Time: 1m

Output Start Time (tstart): 0

Maximum Time Step: 1u

Number of Points: 5100

Temperature: Linear 30,-30,5

Retrace Runs: 1

Run Options: Normal

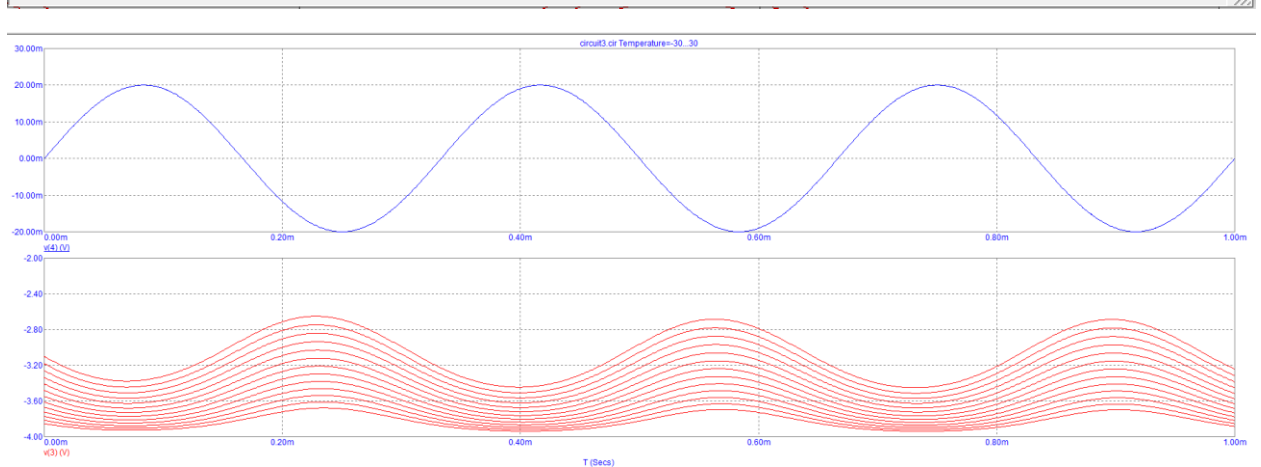
State Variables: Zero

☒ 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 | 1 | T | v(4) | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 1 | T | v(3) | AutoAlways | AutoAlways |
| <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | AutoAlways | AutoAlways |



Добавил слайдер и установил его на середину

