

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
"ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ"

Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова

Департамент электронной инженерии

Учебная дисциплина «Электроника»

Домашнее задание

«Расчет и моделирование схемы на биполярных транзисторах»

Исполнитель:

студент группы БИТ-203 Ефремов В.В.

Вариант 6

Руководитель работы:

доцент, к.т.н. Самбурский Л.М.

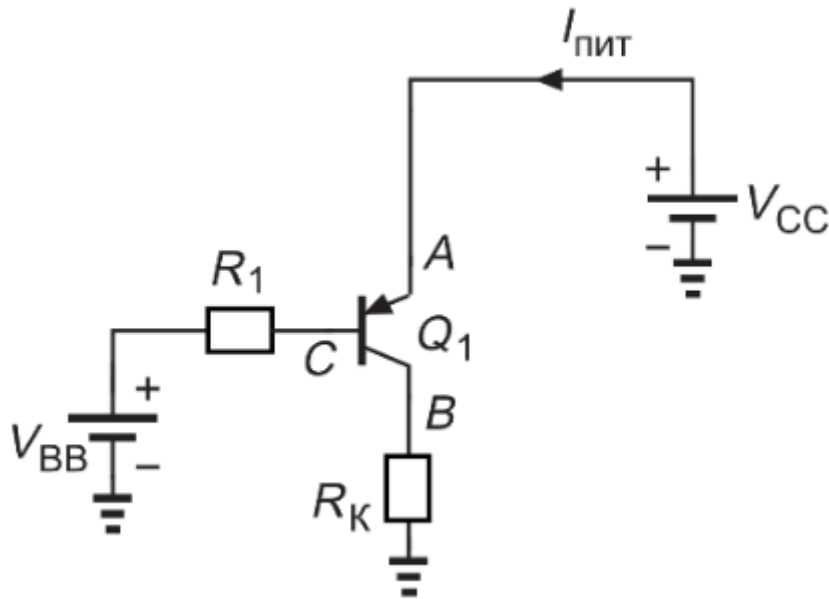
Москва 2022 г

## Contents

Задание 1 .....	3
1.а .....	3
1.б .....	3
1.в .....	4
Задание 2 .....	4
2.а .....	4
2.б .....	5
2.в .....	5

# Задание 1

Схема



$$V_{CC}=2,5 \text{ В}; R_1=10 \text{ кОм}; V_{BB}=2,04 \text{ В}; \\ I_{\text{ПИТ}}=1,9 \text{ мА}; R_K=884 \text{ Ом}; ;$$

$I_s$

1.а

Транзистор npn. Эмиттер в точке А, коллектор в В.

Предполагая ток базы нулем, ток коллектора равен току эмиттера, поэтому падение напряжения на  $R_K$  равно  $884 \cdot 1,9 \cdot 10^{-3} = 1,68 \text{ В}$ . Таким образом напряжения относительно земли  $U(A) = 2,5 \text{ В}$ ,  $U(B) = 1,68 \text{ В}$ ,  $U(C) = 2,04 \text{ В}$ . Т.е.  $U_{эб} = 2,5 - 2,04 = 0,46 \text{ В}$ ,  $U_{кб} = 1,68 - 2,04 = -0,36 \text{ В}$ . Поэтому это прямой активный режим.

$$I_K = I_s \exp\left(\frac{V_{эб}}{\phi_T}\right)$$

$$I_s = 1,9 \cdot 10^{-3} \cdot \exp\left(-\frac{0,46}{0,026}\right) = 39,36 \cdot 10^{-12} \text{ А} = \mathbf{39,26 \text{ пА}}$$

$V_{BB}$  известно из условий задачи.

1.б

Кажется, вопрос не имеет смысла, т.к.  $I_s$  – это характеристика транзистора и от приложенных напряжений не особо зависит.

Конечно, если  $I_{\text{ПИТ}}$  будет достаточно большим, то ток коллектора будет больше и будет больше падение напряжения на  $R_K$ . Но это не та величина.

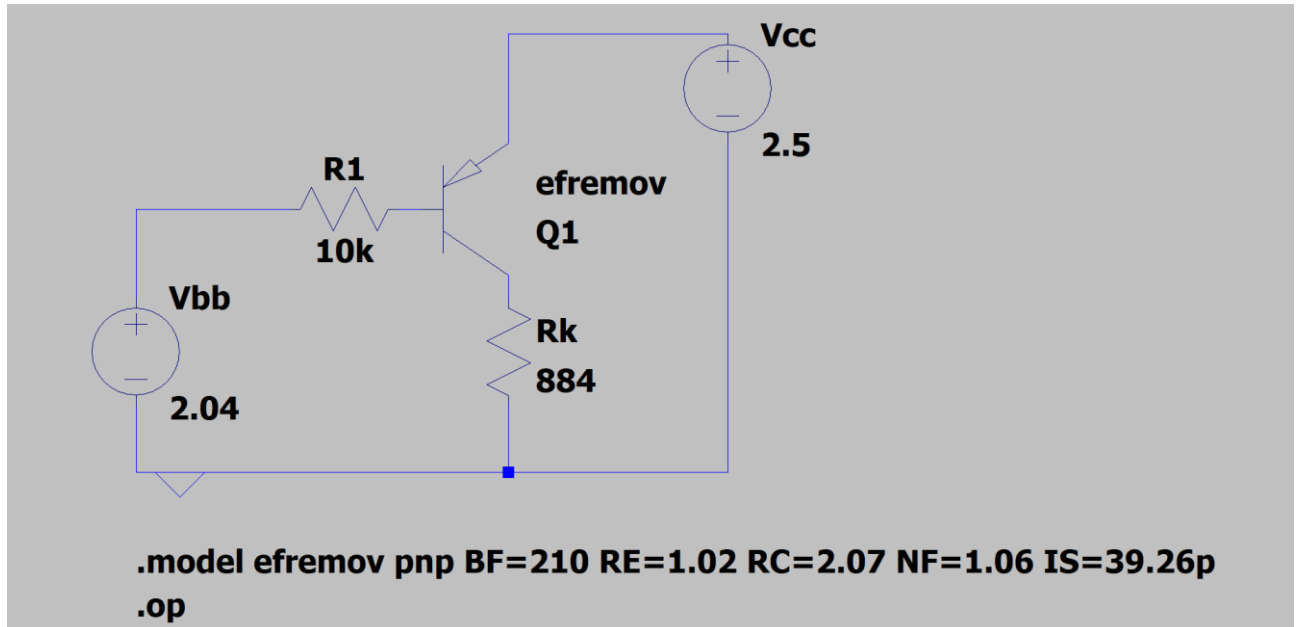
1.в

$$\text{Коэффициент усиления } K_U = -g_m R_k = \frac{I_k}{\varphi_T} R_k = \frac{1.9 \cdot 10^{-3}}{0.026} \cdot 884 = 64.6$$

## Задание 2

2.а

Схема в спайсе

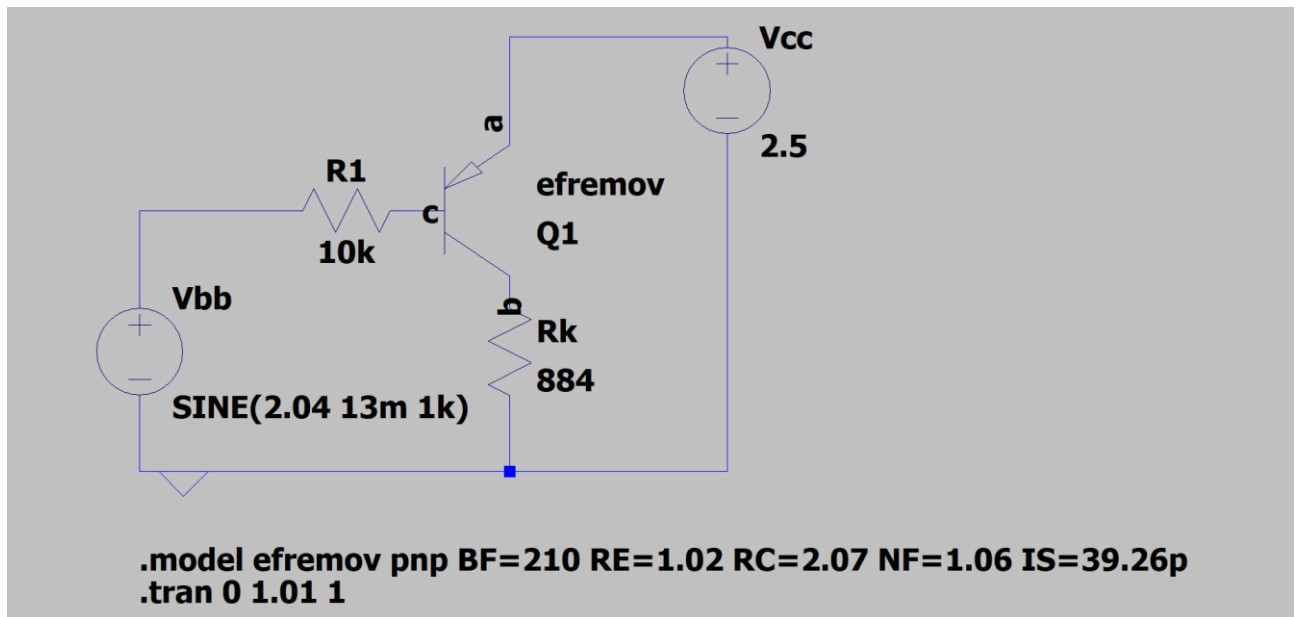


И результаты симуляции. Совершенно не похоже на расчеты руками. Либо допущения (типа ток базы 0) были слишком значительны, либо в схеме что-то не так. Ток эмиттера например раза в 4 меньше чем должен.

```
* C:\Users\Wicirellis\Documents\current\Электроника\hw_2\ltspice\2a.asc
--- Operating Point ---
V(n004): 0.339611 voltage
V(n003): 2.05829 voltage
V(n001): 2.5 voltage
V(n002): 2.04 voltage
Ic(Q1): -0.000384175 device_current
Ib(Q1): -1.82936e-006 device_current
Ie(Q1): 0.000386004 device_current
I(Rk): 0.000384175 device_current
I(R1): 1.82936e-006 device_current
I(Vbb): 1.82936e-006 device_current
I(Vcc): -0.000386004 device_current
```

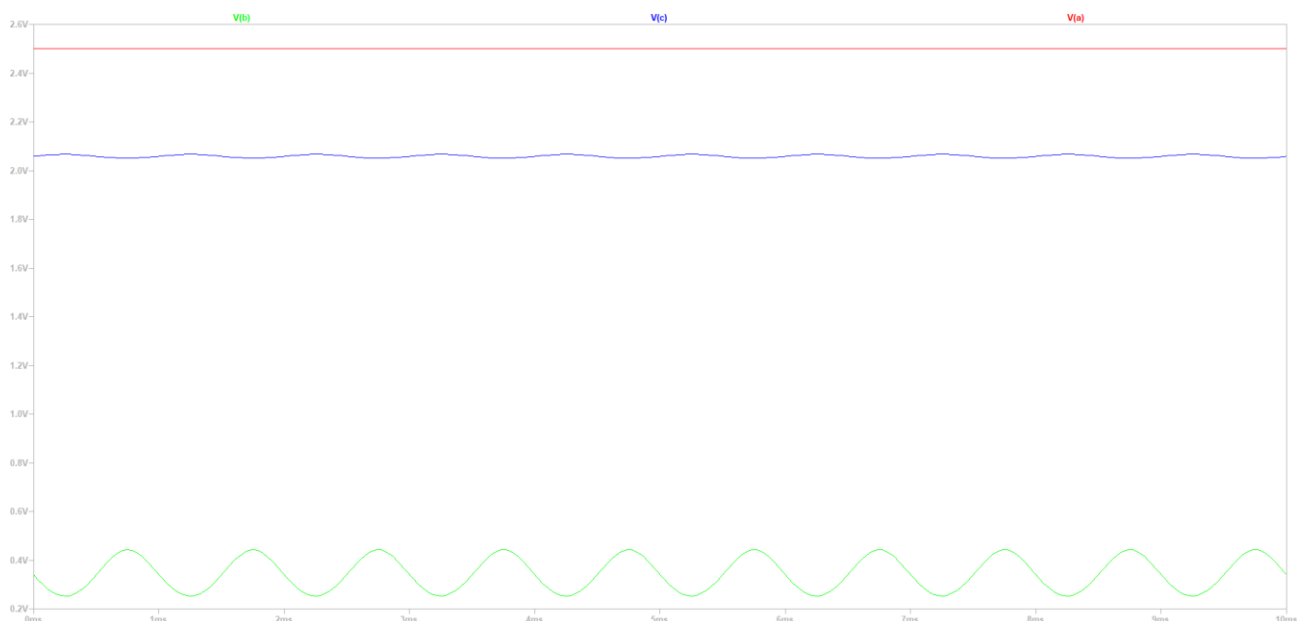
## 2.6

Отличается от 2.а только переменным током в источнике



## 2.в

Про коэф. усиления по напряжению. Я не знаю как в спайсе его правильно измерить, но некоторые рассуждения (которые могут быть сильно неверны).



Это график напряжений базы(синий)\эмиттера(красный)\коллектора(зеленый). Видно что синяя синусоида (вход, напряжение на базе) малой амплитуды превращается в зеленую (выход, напряжение на коллекторе) сильно большей. Я бы сказал, что коэф. усиления – это отношение зеленой и синей амплитуд. Я использовал .meas команду чтобы его померять, получилось 12.17. Что все так же отличается от ручного расчета в разы.

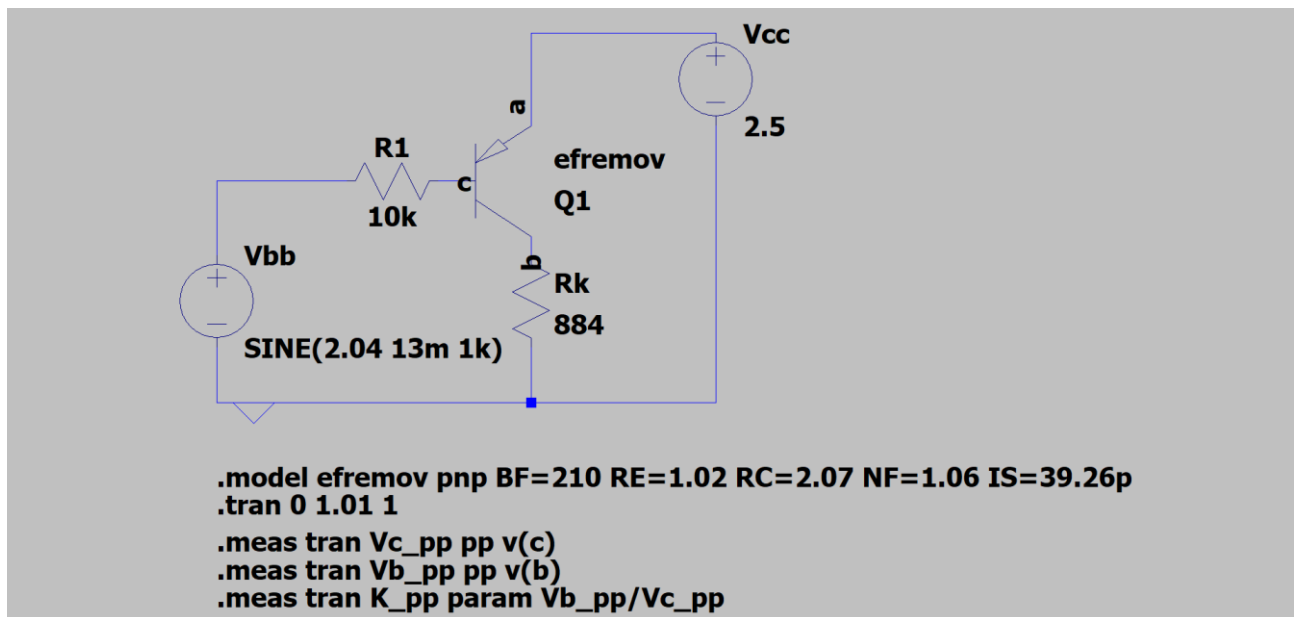


Схема которой мерял амплитуды.

```

SPICE Error Log: C:\Users\Wicirelllis\Documents\current\Электроника\hw_2\ltspice\2b.log
Circuit: * C:\Users\Wicirelllis\Documents\current\Электроника\hw_2\ltspice\2b.a
Direct Newton iteration for .op point succeeded.

vc_pp: PP(v(c))=0.0156603 FROM 0 TO 0.01
vb_pp: PP(v(b))=0.190706 FROM 0 TO 0.01
k_pp: vb_pp/vc_pp=12.1777

Date: Fri Feb 11 21:00:19 2022
Total elapsed time: 0.070 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 80825
traniter = 80818
tranpoints = 40410
accept = 24319
rejected = 16091
matrix size = 8
fillins = 0
solver = Normal
Matrix Compiler1: 326 bytes object code size 0.1/0.1/[0.0]
Matrix Compiler2: 560 bytes object code size 0.1/0.1/[0.1]

```

Отношение амплитуд (коэф. усиления?) – k\_pp.