



+ 12...15V

Электроника и схемотехника

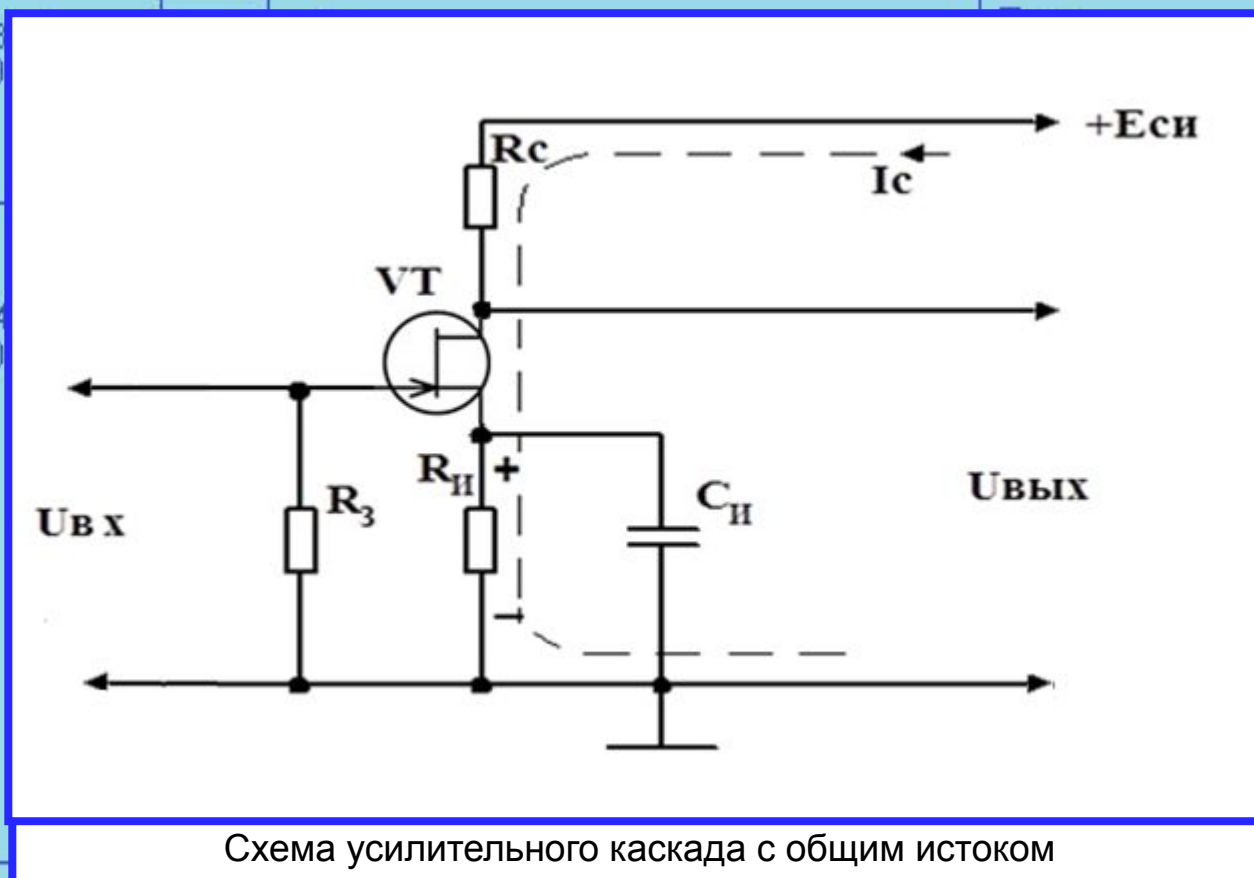
Семинар №6.

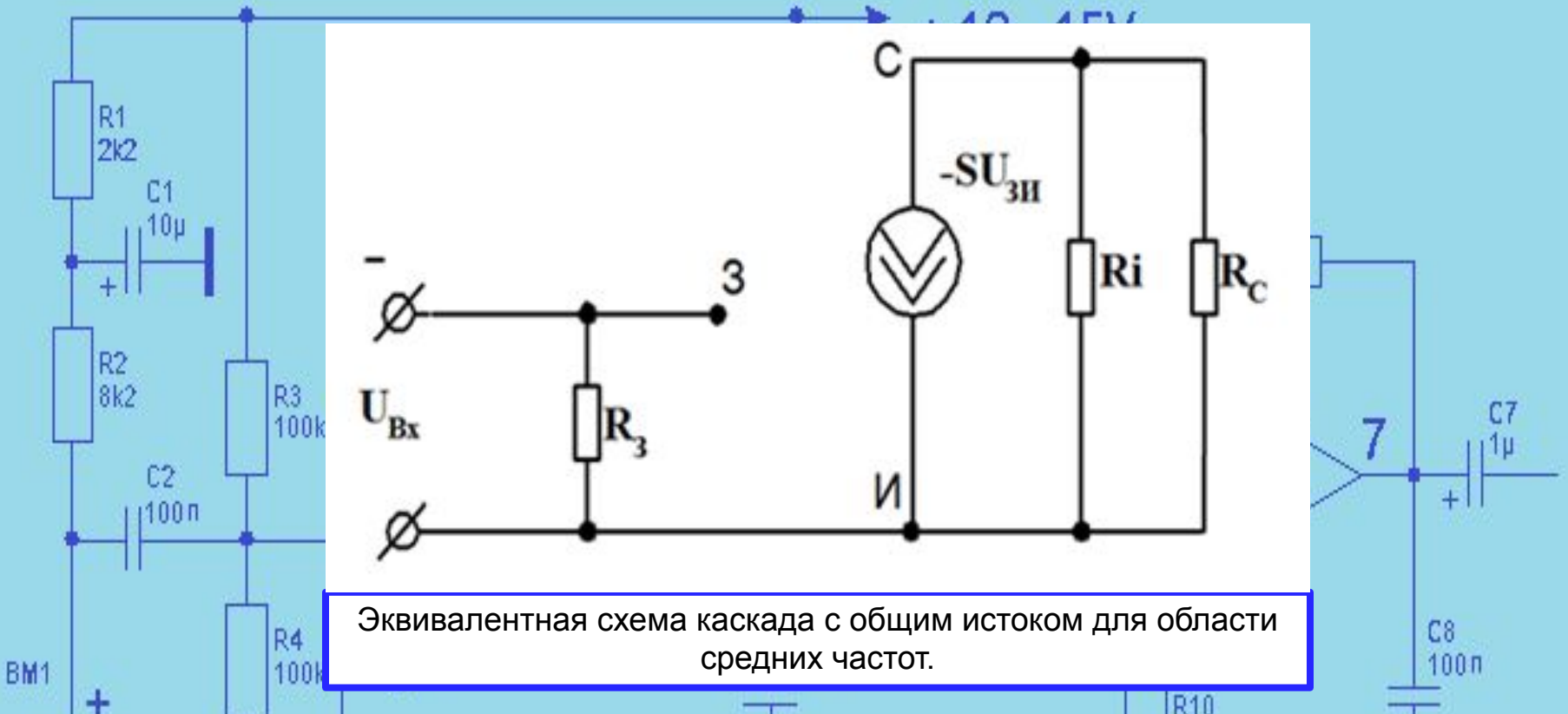
Тема:

Расчет усилительного каскада на полевом транзисторе по схеме с общим истоком.

1. Условие задачи.

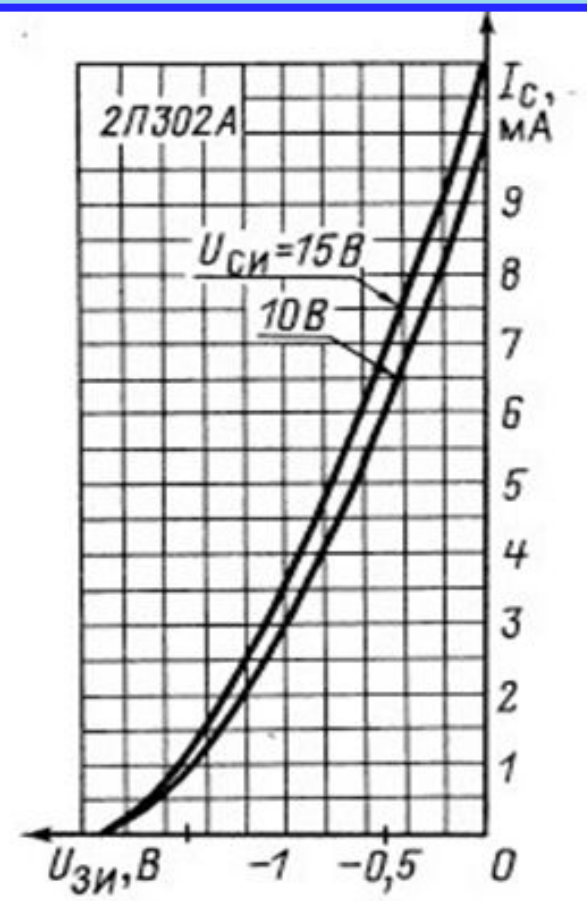
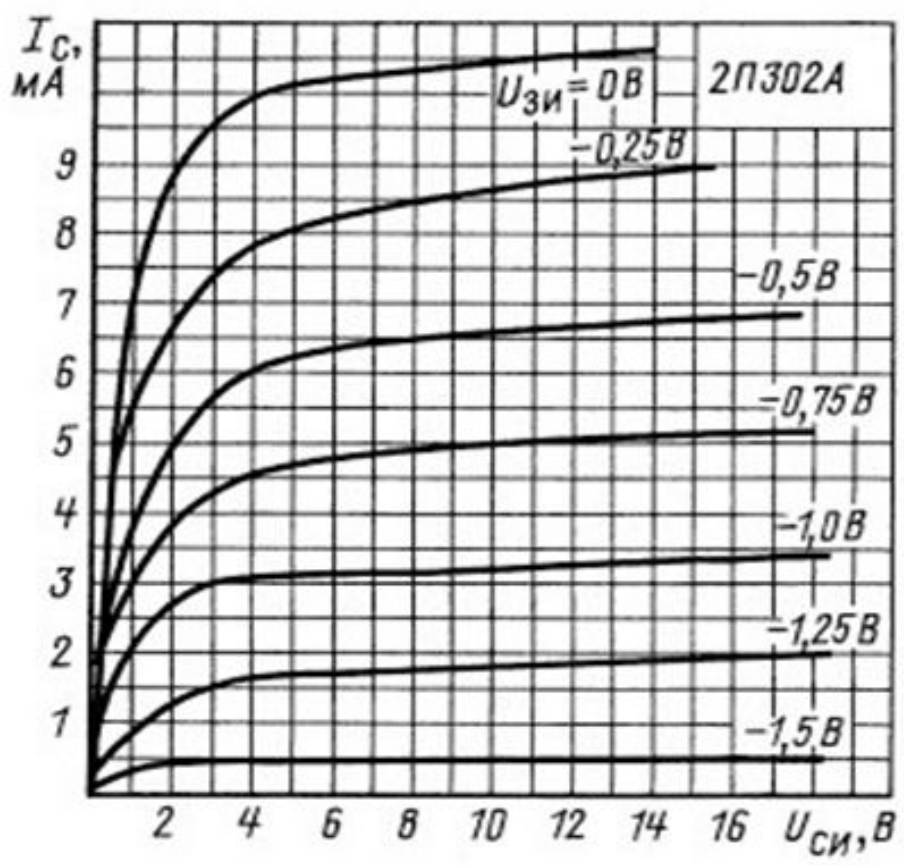
Усилительный каскад выполнен на полевом транзисторе типа 2П302А (PMBF5486) по схеме с общим истоком. Напряжение смещения на затворе создается за счет включения в цепь истока резистора $R_{И}$. Напряжение на затворе в режиме покоя $U_{зи} = -0.75$ В, ток затвора $I_з = 1$ мкА и ЭДС источника $E_{си} = 15$ В, амплитуда входного сигнала $U_{мвх} = 0,25$ В.





Эквивалентная схема каскада с общим истоком для области средних частот.

- Параметры усилительного каскада на полевом транзисторе, подлежащие определению:
1. Положение рабочей точки на стоко - затворной и стоковой характеристиках транзистора.
 2. Сопротивление резистора - $R_{и}$, емкость конденсатора $C_{и}$, сопротивление - R_c и сопротивление - R_3 .
 3. Параметры полевого транзистора в районе рабочей точки: крутизну характеристики - S , внутреннее (выходное) сопротивление - R_i , коэффициент усиления - μ .
 4. Входное сопротивление усилительного каскада, $R_{вх}$.
 5. Выходное сопротивление усилительного каскада, $R_{вых}$.
 6. Коэффициент усиления каскада по напряжению, K_u .
 7. Коэффициент усиления каскада по току, K_i .
 8. Коэффициент усиления каскада по мощности, K_p .
 9. Величина выходного напряжения усилительного каскада $U_{твых}$.



Статические стоковые и стоко-затворные характеристики полевого транзистора 2П302А

Решение:

1. Положение рабочей точки на стоко - затворной и стоковой характеристиках транзистора.

Уравнение нагрузочной линии
то:

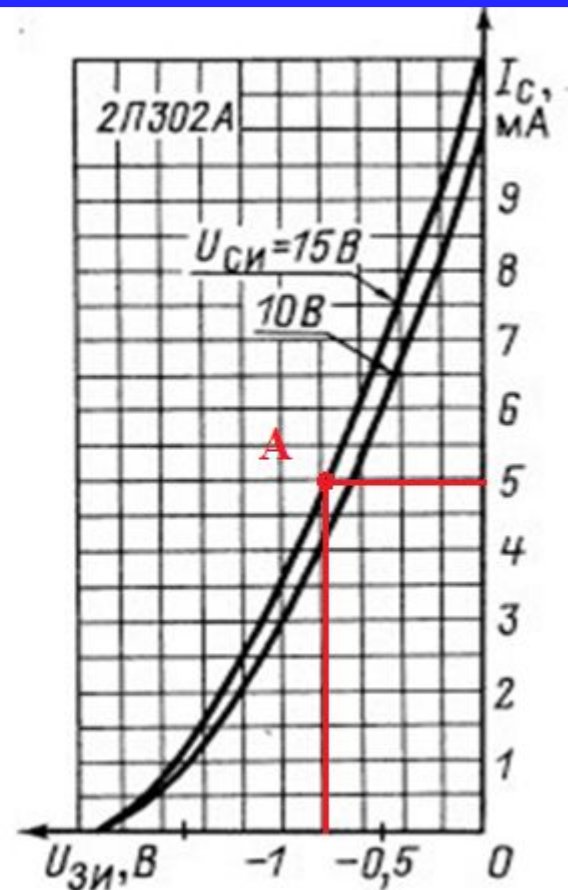
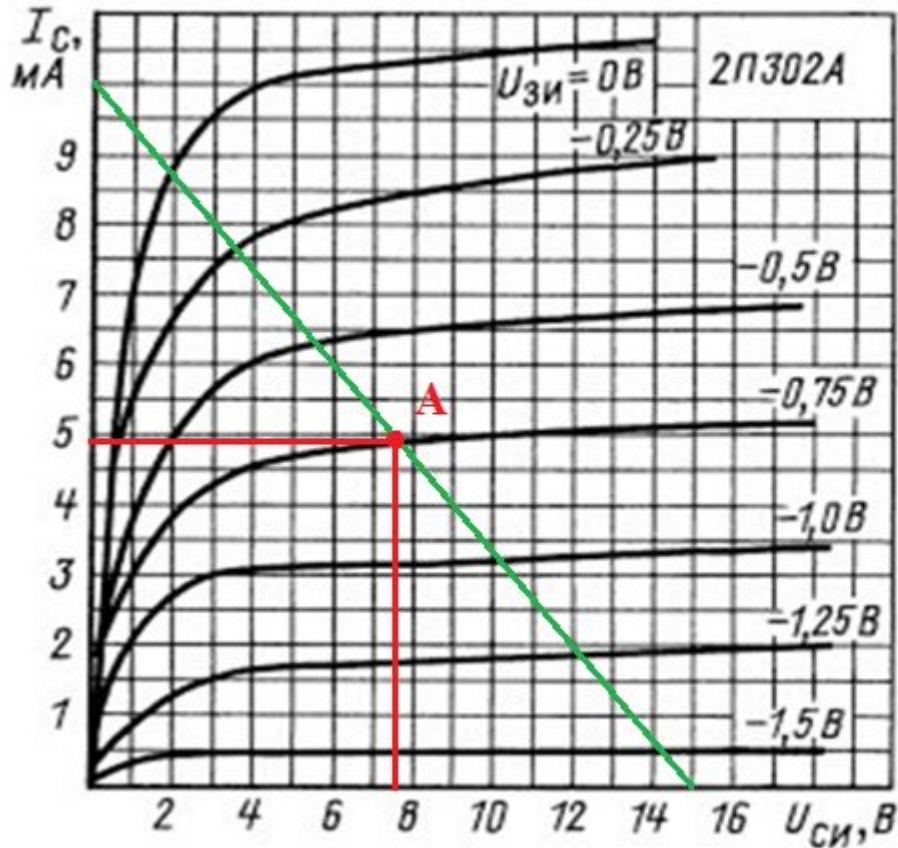
$$E_{си} = I_c \cdot (R_c + R_{и}) + U_{си}$$

и, если бы были известны R_c и $R_{и}$,

Режим ХХ: $I_c = 0 \Rightarrow U_{си} = E_{си}$.

Режим КЗ: $U_{си} = 0 \Rightarrow I_c = I_{кз} = \frac{E_{си}}{R_c + R_{и}}$, при известных R_c и $R_{и}$. И мы бы построили нагрузочную линию.

Но, поскольку значения R_c и R_u не заданы, то сами построим нагрузочную линию на стоковых характеристиках, в области усиления.



Нагрузочная линия и рабочая точка на статических стоковых и стоко-затворных характеристиках полевого транзистора 2П302А

Точка пересечения нагрузочной линии с линией $U_{зи} = -0,75\text{В}$ (по условию) даст рабочую точку на стоковых характеристиках. Перенесем рабочую точку на стоко-затворные характеристики.

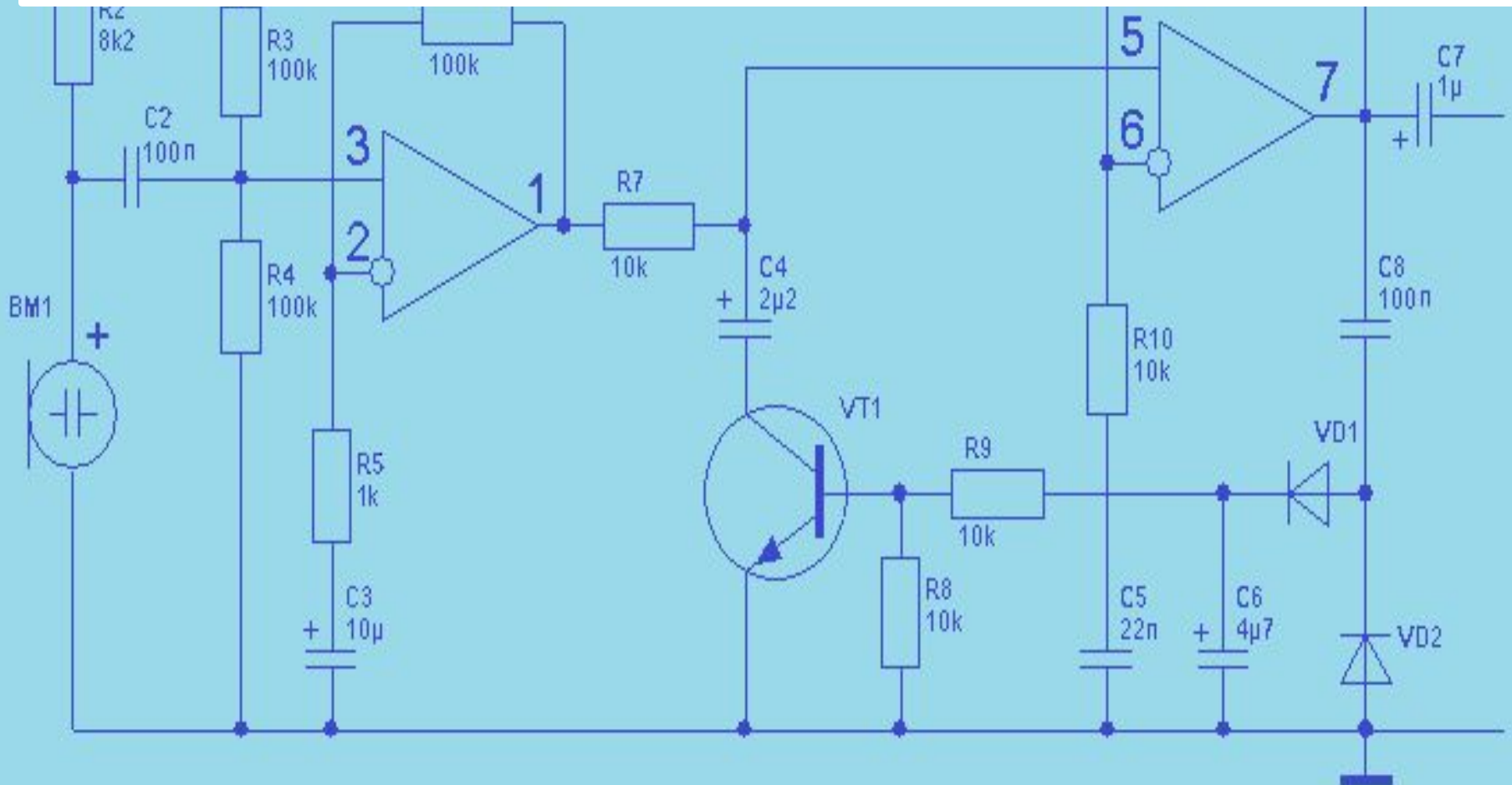
+ 12...15V

2. Определим сопротивление резистора - $R_{и}$, емкость конденсатора $C_{и}$, сопротивление - R_c и сопротивление - R_3 .

Из уравнения нагрузочной линии получим:

$$R_c + R_{и} = \frac{E_{сн}}{I_c}$$

Вычисляем:



+ 12...15V

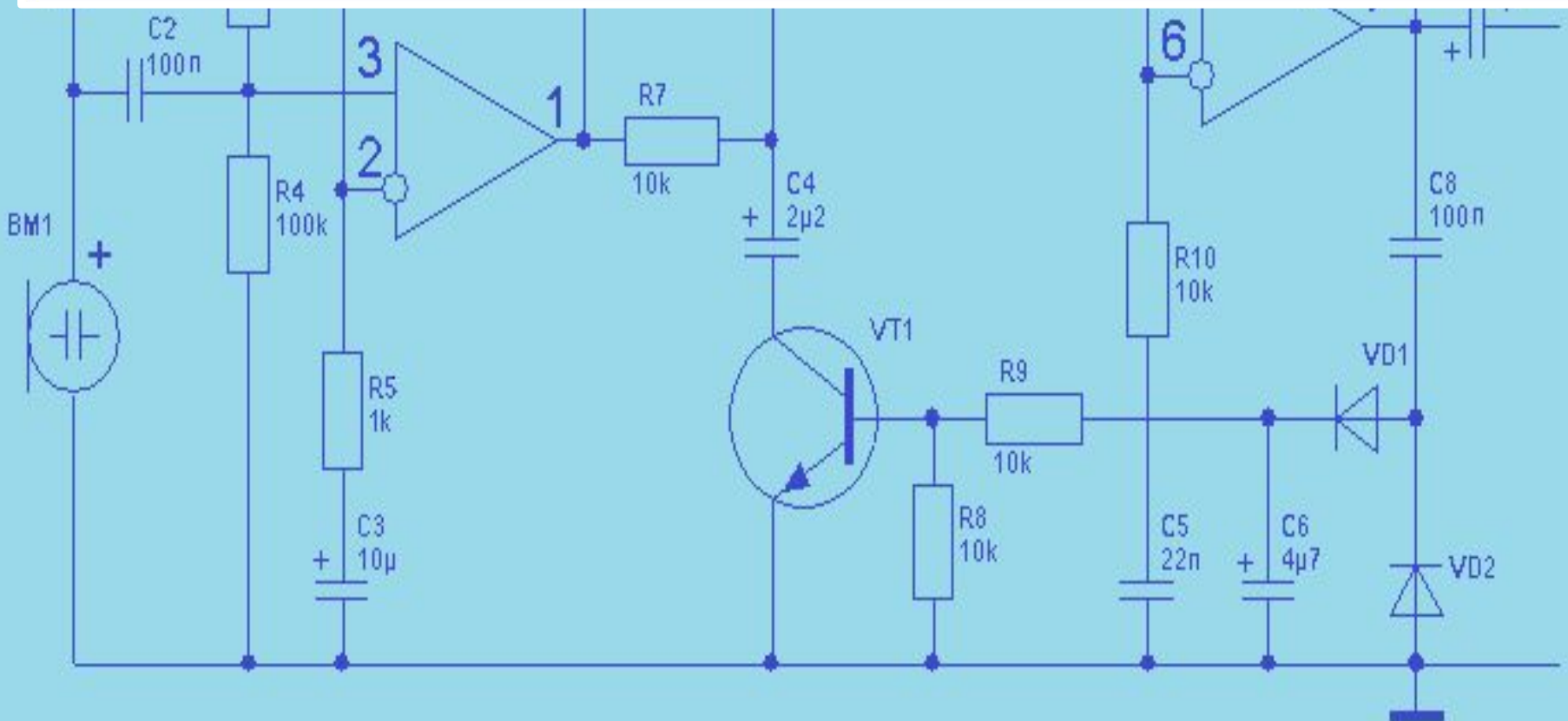
Получим результат:

$$R_C + R_{II} = \frac{E_{сш}}{I_C} = \frac{15}{10 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Ом};$$

На сопротивлении R_{II} током стока в рабочей точке создается напряжение смещения на затворе, которое передается на затвор через R_3 . Поэтому:

$$R_{II} = \frac{U_{зIIA}}{I_{C_A}}$$

Вычисляем:



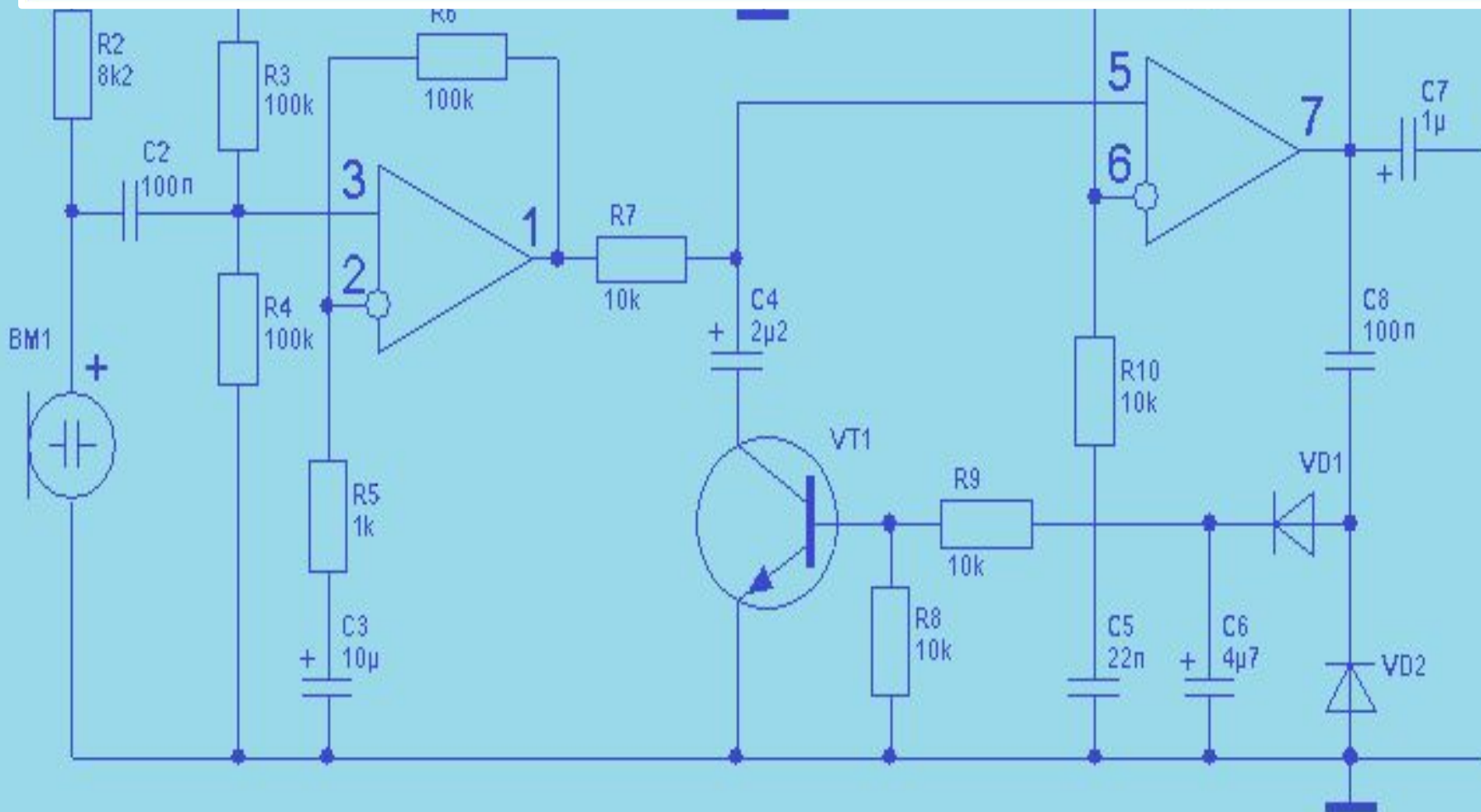
Получим результат:

$$R_{И} = \frac{U_{3ИА}}{I_{C_A}} = \frac{0,75}{4,9 \cdot 10^{-3}} = 153 \text{ Ом};$$

Далее определяем сопротивление R_C .

$$R_C = (R_C + R_{И}) - R_{И}$$

Вычисляем.



Получим результат:

$$R_C = (R_C + R_H) - R_H = 1500 - 153 = 1347 \text{ Ом};$$

Далее определяем емкость C_H .

Емкость C_H выбирается из условия, чтобы при подаче входного переменного сигнала выполнялось неравенство:

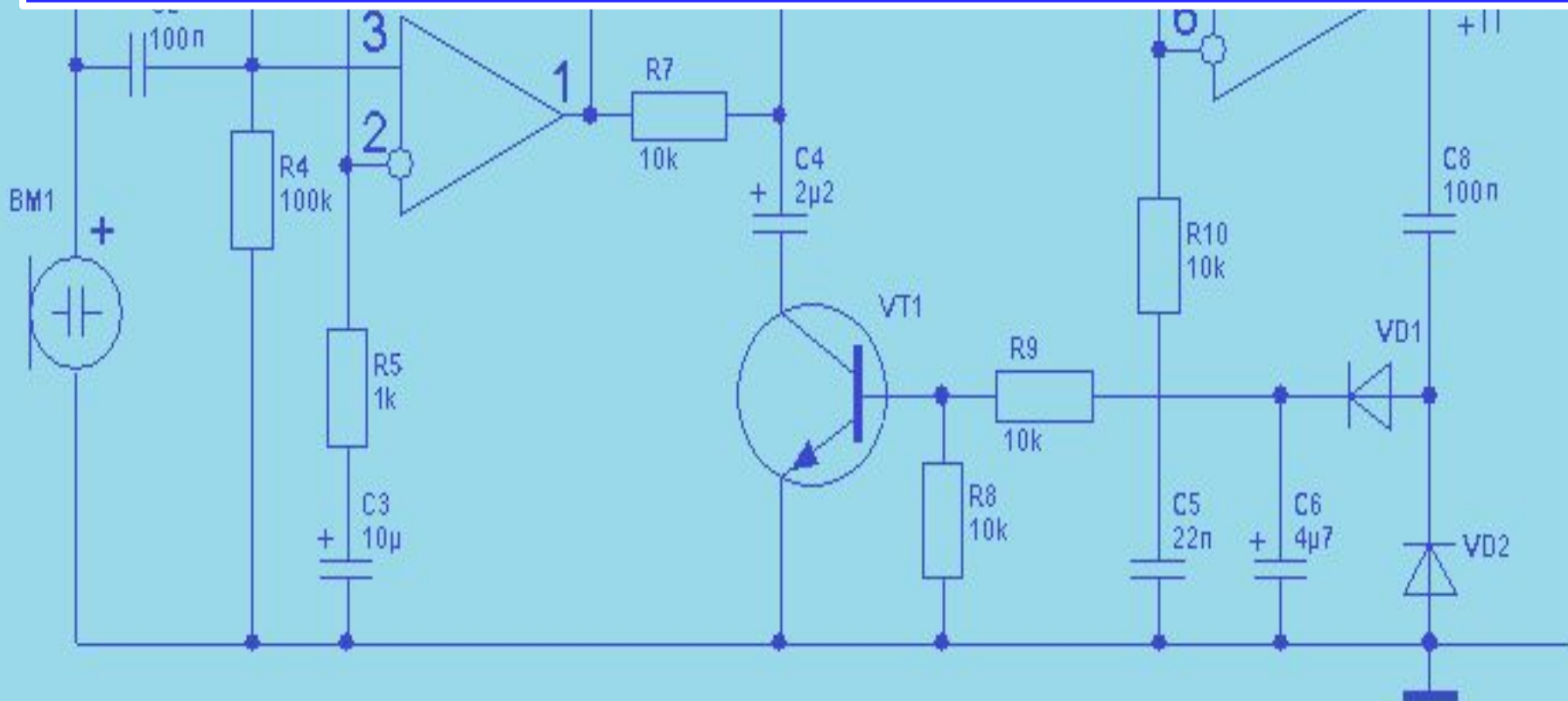
$$\frac{1}{\omega_{\min} \cdot C_H} \ll R_H,$$

тогда

$$C_H = \frac{10}{\omega_{\min} \cdot R_H},$$

где ω_{\min} – минимальная частота усиливаемого входного сигнала.

Вычисляем:



Получим результат:

$$C_H = \frac{10}{\omega_{\min} \cdot R_H} = 10/2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 153 = 1/960840 = 10 \text{ мкФ},$$

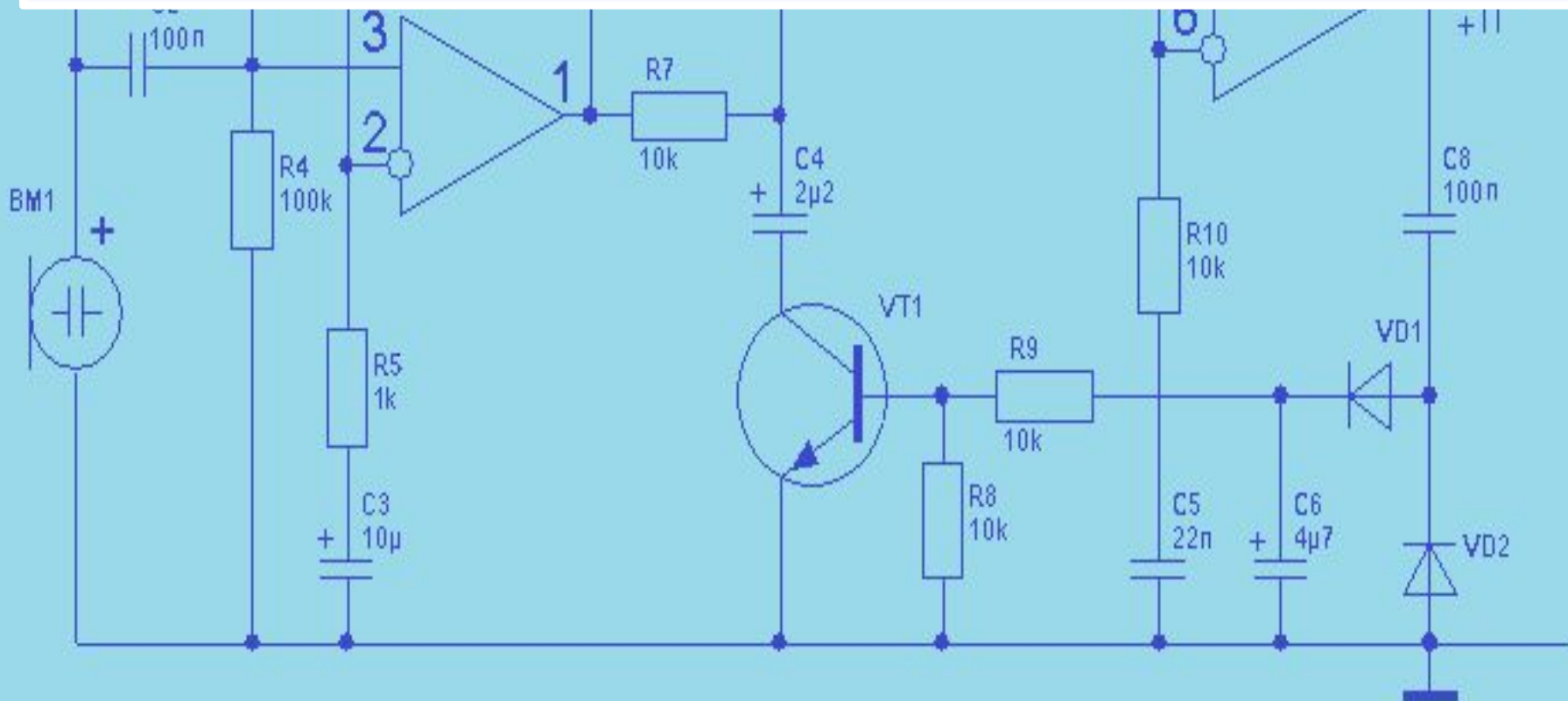
Перейдем к определению сопротивления R_3 .

Нужно иметь в виду, что напряжение смещения передается на затвор через резистор R_3 . Тогда, зная I_3 (приводится в справочнике) можно определить максимальное значение R_3 , при котором

$I_3 \cdot R_3 \ll U_{CM} = U_{3ИА}$. Из этого соотношения получим:

$$R_3 = \frac{U_{CM}}{10 \cdot I_3}$$

Вычисляем.



Получим результат:

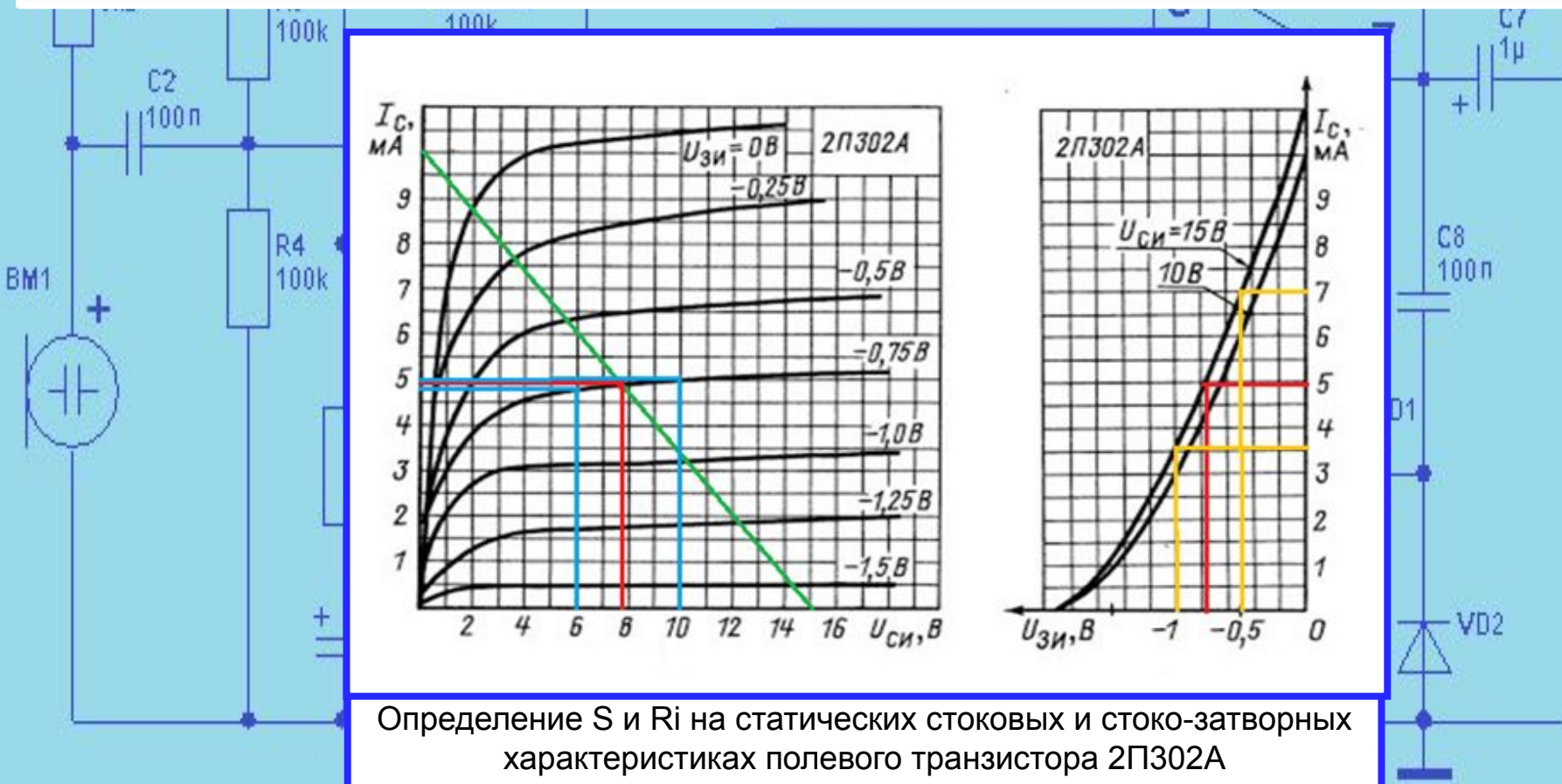
$$R_3 = \frac{U_{CM}}{10 \cdot I_3} = \frac{0,75 \text{ В}}{10 \cdot 10^{-6} \text{ А}} = 75000 \text{ Ом} = 75 \text{ кОм};$$

3. Определим параметры полевого транзистора в районе рабочей точки: крутизну характеристики - S , внутреннее (выходное) сопротивление - R_i , коэффициент усиления - μ .

Крутизна характеристики определяется на стоко-затворных характеристиках. Задавая приращение напряжения между затвором и истоком, определим приращение тока стока. После этого воспользуемся формулой:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{ЗИ}} \Big|_{U_{СИ} = \text{const}}$$

Вычисляем:



Определение S и R_i на статических стоковых и стоко-затворных характеристиках полевого транзистора 2П302А

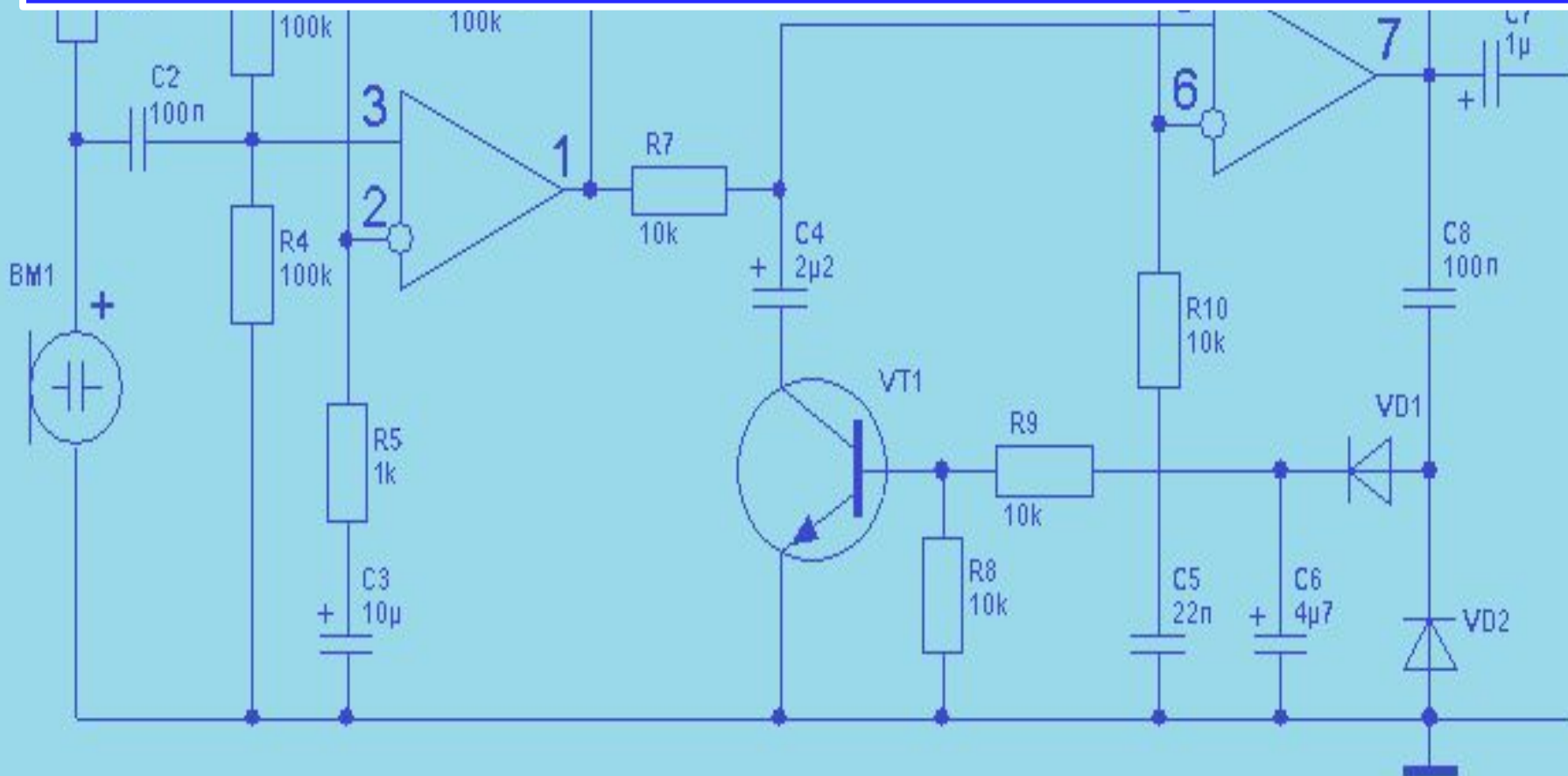
Получим результат:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{3И}} \Big|_{U_{сИ} = const} = \frac{3,4 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 6,8 \frac{mA}{B};$$

Внутреннее (выходное) сопротивление R_i определим на стоковых характеристиках. Задавая приращение напряжения между стоком и истоком, определим приращение тока стока. После этого воспользуемся формулой:

$$R_i = \frac{\Delta U_{сИ}}{\Delta I_C} \Big|_{U_{3И} = const};$$

Вычисляем:



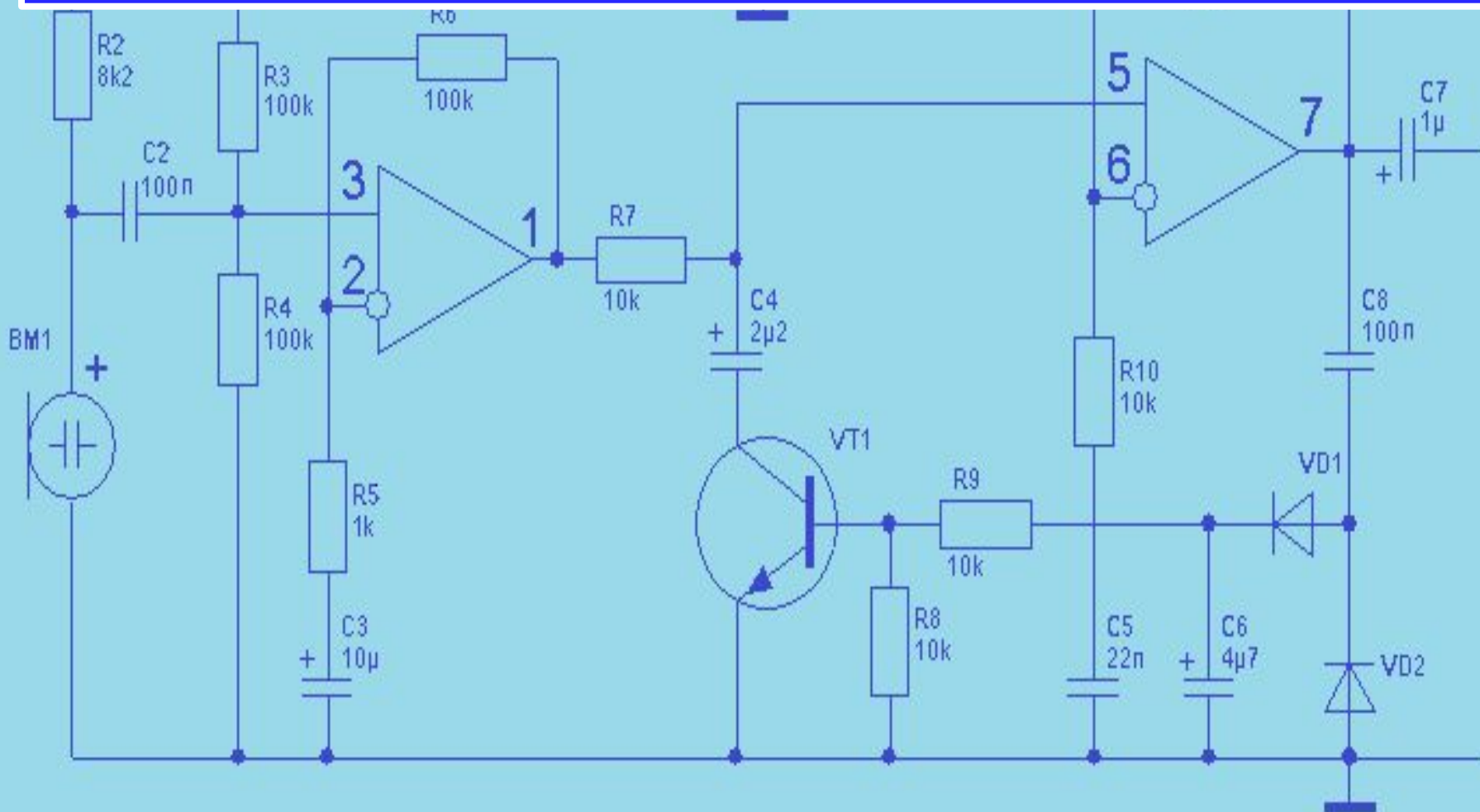
Получим результат:

$$R_i = \frac{\Delta U_{сш}}{\Delta I_C} \Big|_{U_{зш} = const} = \frac{4}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 16000 \text{ Ом};$$

Коэффициент усиления μ : определим по формуле:

$$\mu = S \cdot R_i;$$

Вычисляем:



Получим результат:

$$\mu = S \cdot R_i = 6,8 \cdot 10^{-3} \cdot 16000 = 108,8;$$

4. Определим входное сопротивление усилительного каскада, $R_{вх}$.

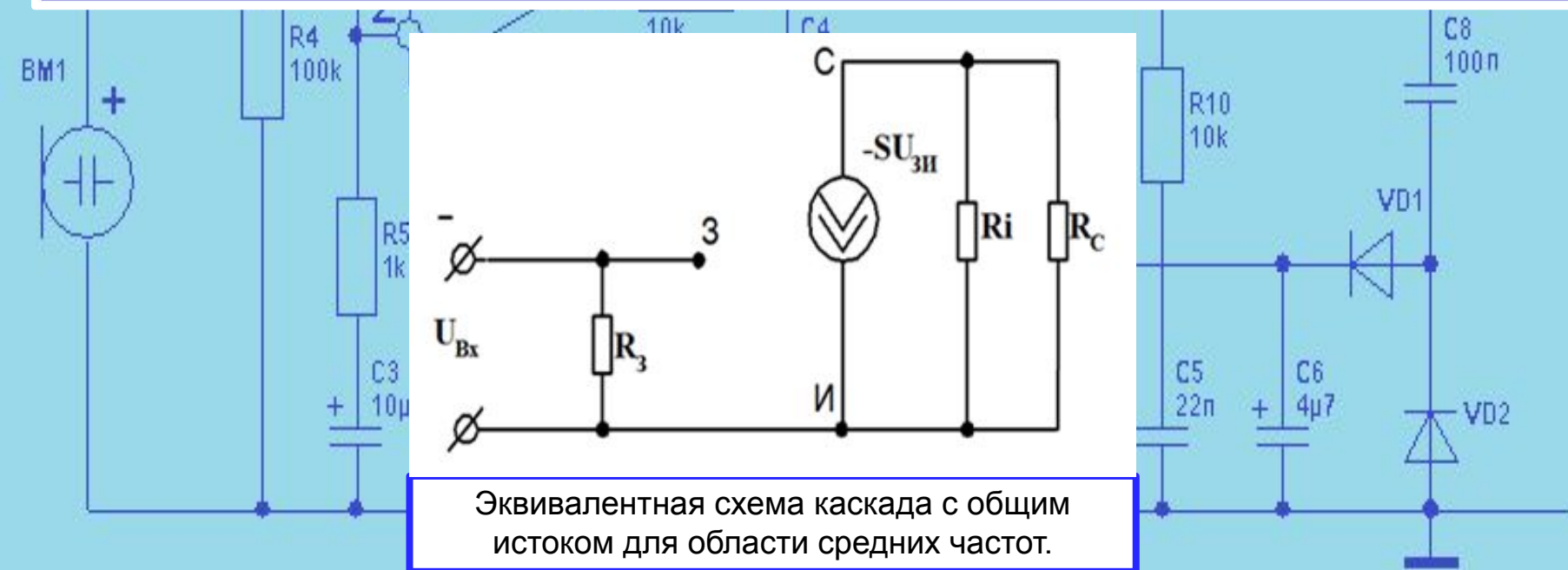
Из эквивалентной схемы усилительного каскада следует, что:

$$R_{вх} = R_3 = 75 \text{кОм.}$$

5. Выходное сопротивление усилителя $R_{вых}$ определяется в виде:

$$R_{вых} = \frac{R_i \cdot R_c}{R_i + R_c};$$

Вычисляем:



Получим результат:

$$R_{\text{Вых}} = \frac{R_i \cdot R_C}{R_i + R_C} = \frac{16000 \cdot 1347}{16000 + 1347} = 1242 \text{ Ом.}$$

6. Определим коэффициент усиления схемы по напряжению.

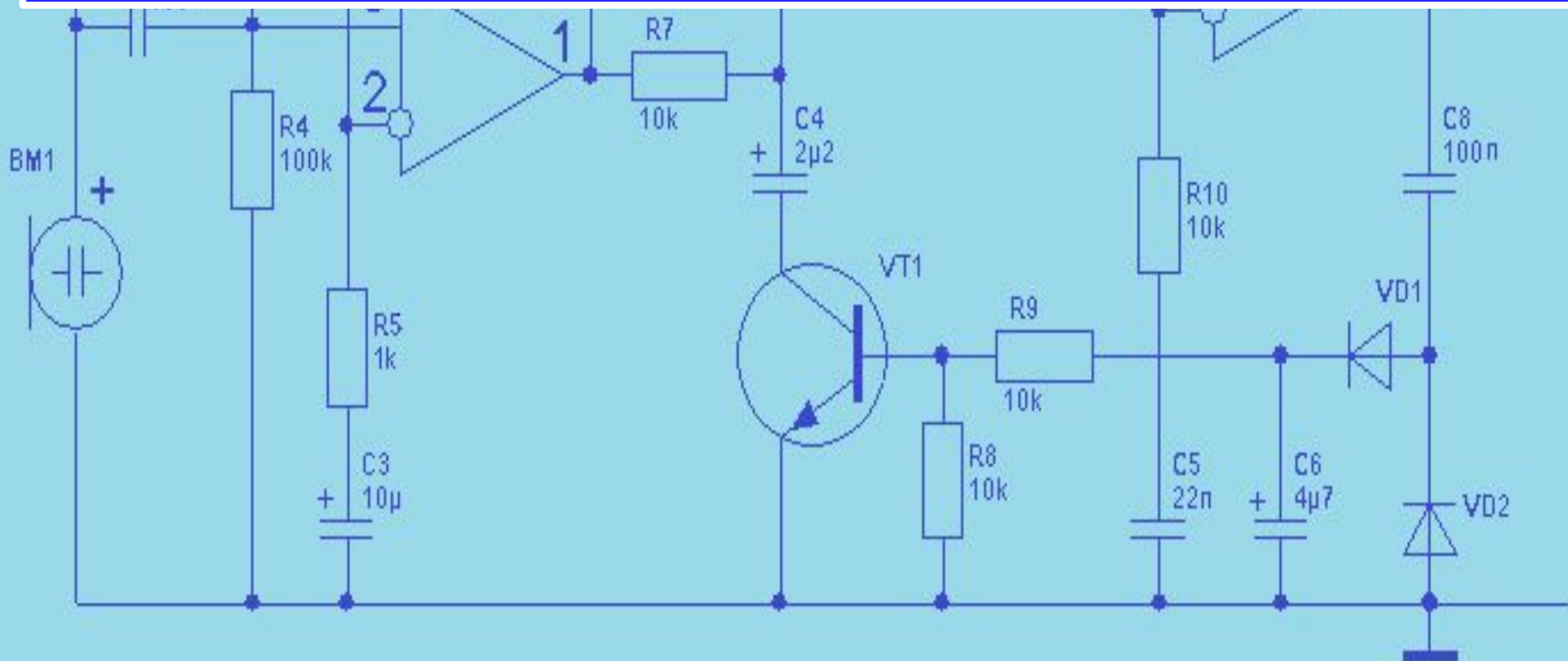
Выходное напряжение можно записать в следующем виде:

$$U_{\text{Вых}} = -S \cdot U_{\text{Вх}} \cdot R_{\text{Вых}}$$

Исходя из этого можно записать:

$$K_u = \frac{U_{\text{Вых}}}{U_{\text{Вх}}} = -S \cdot R_{\text{Вых}}$$

Вычисляем:



Получим результат:

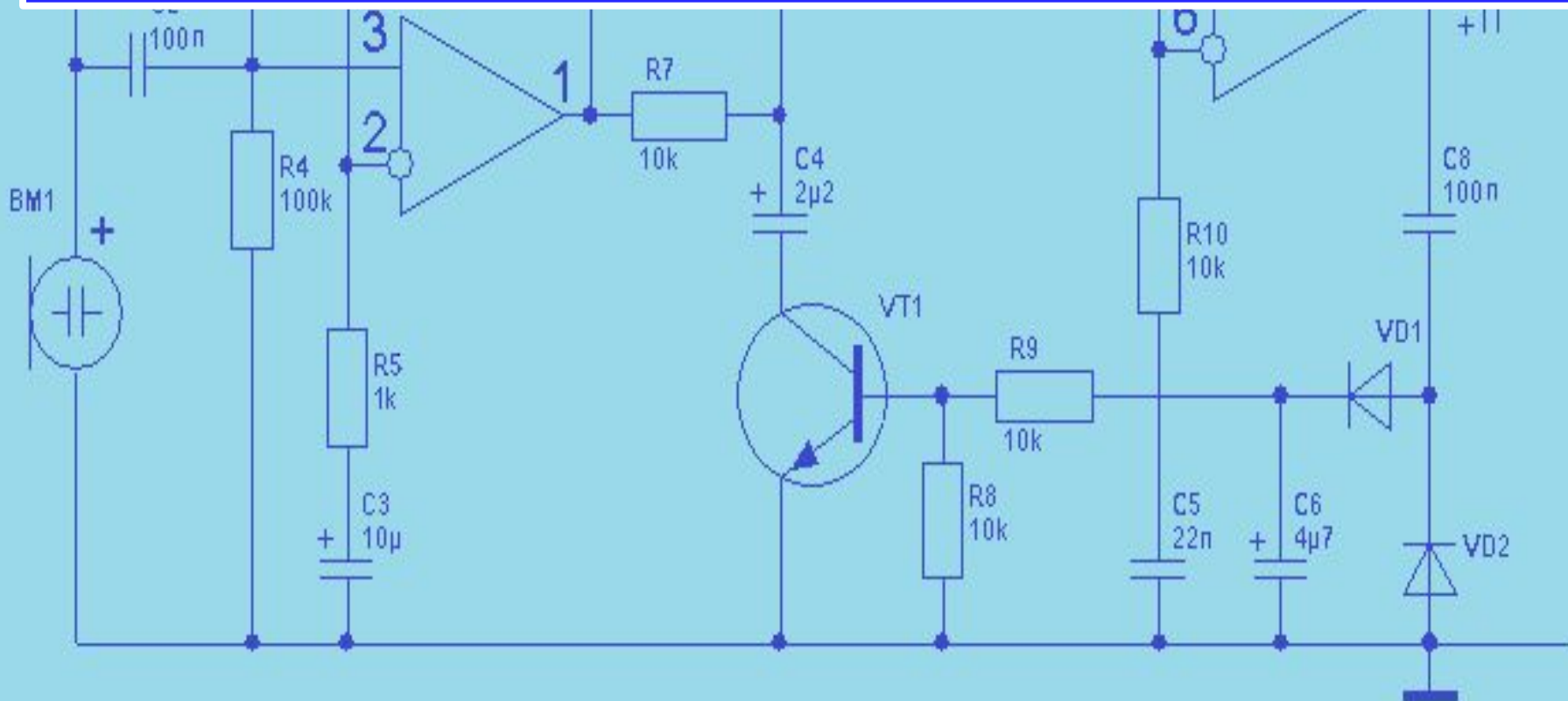
$$K_u = \frac{U_{\text{Вых}}}{U_{\text{Вх}}} = -S \cdot R_{\text{свх}} = 6,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1242 = 8,45.$$

7. Определим коэффициент усиления схемы по току.

Коэффициент усиления по току определяется аналогично биполярным транзисторным каскадам:

$$K_i = \frac{I_H}{I_{\text{Вх}}} = \frac{\frac{U_{\text{Вых}}}{R_{\text{Вых}}}}{\frac{U_{\text{Вх}}}{R_{\text{Вх}}}} = K_u \cdot \frac{R_3}{R_{\text{Вых}}}$$

Вычисляем:



Получим результат:

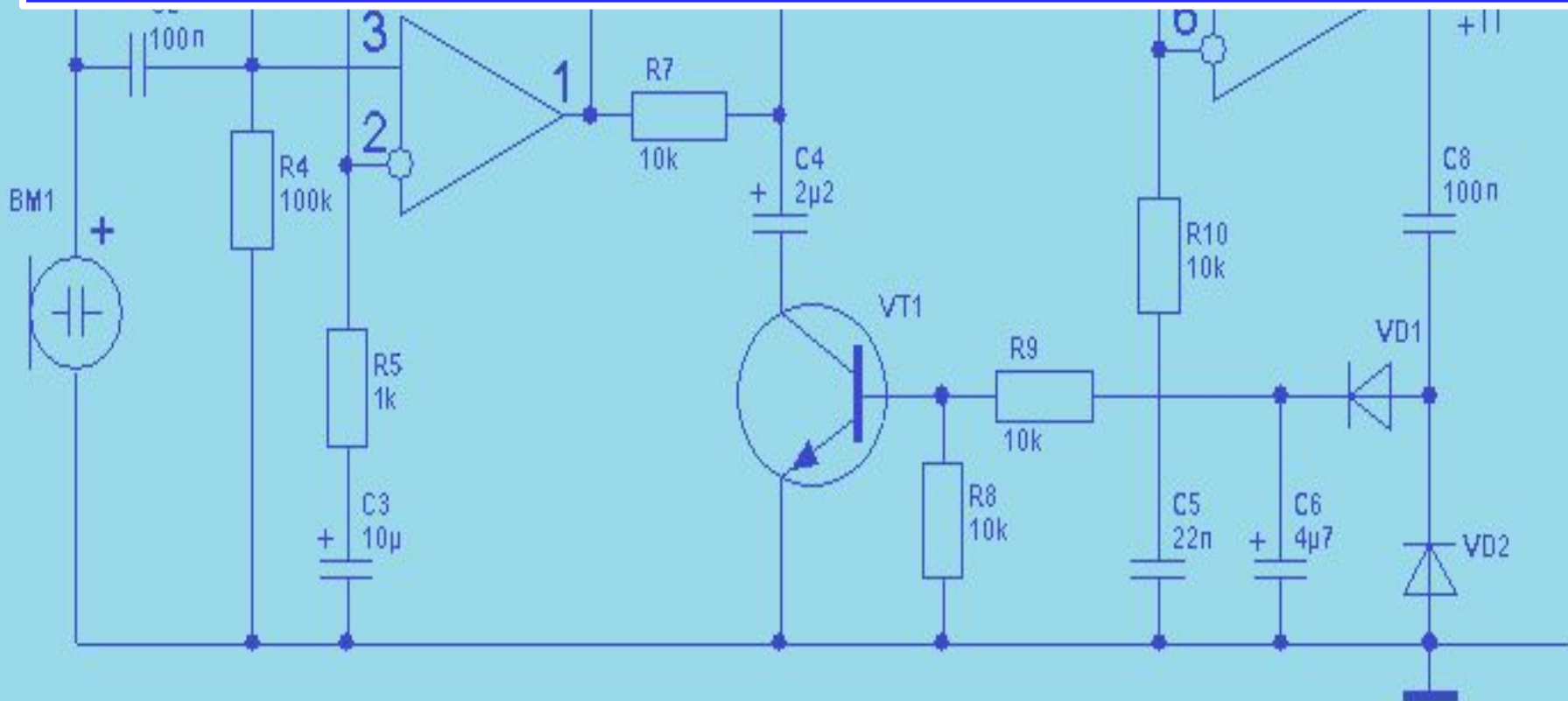
$$K_i = \frac{I_H}{I_{Bx}} = \frac{\frac{U_{B_{\text{вх}}}}{R_{B_{\text{вх}}}}}{\frac{U_{Bx}}{R_{Bx}}} = K_u \cdot \frac{R_3}{R_{B_{\text{вх}}}} = 8,45 \cdot \frac{75000}{1242} = 510.$$

8. Определим коэффициент усиления схемы по мощности.

Коэффициент усиления по мощности также определяется аналогично биполярным транзисторным каскадам:

$$K_p = K_u \cdot K_i,$$

Вычисляем:



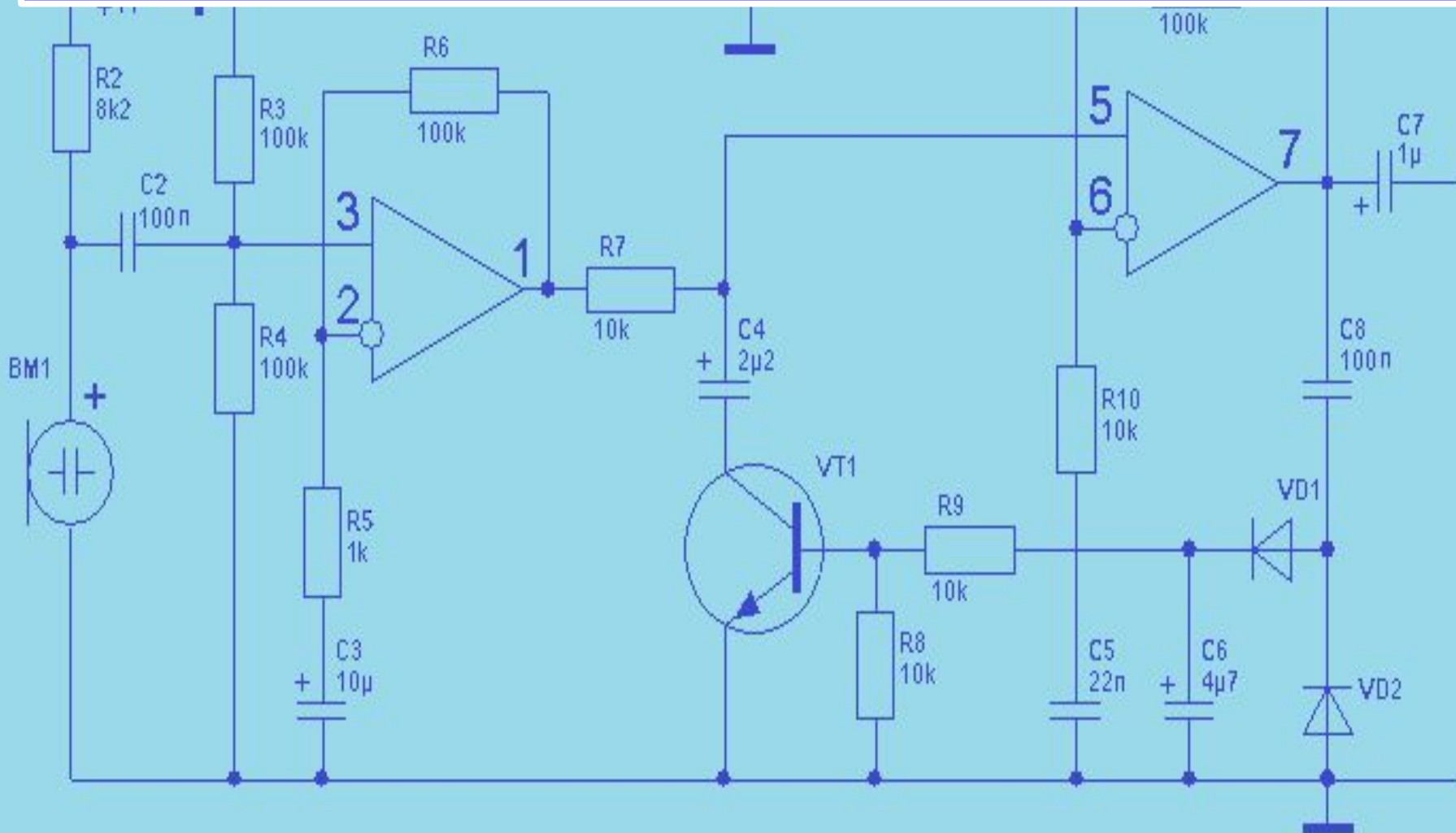
Получим результат:

$$K_p = K_u \cdot K_i = 8,45 \cdot 510 = 4309,5.$$

9. Определим амплитуду выходного сигнала.

$$U_{m \text{ Вых}} = K_u \cdot U_{m \text{ Вх}}$$

Вычисляем:



Получим результат:

$$U_{m\text{Вых}} = K_u \cdot U_{m\text{Вх}} = 8,45 \cdot 0,25 = 2,11\text{В}.$$

