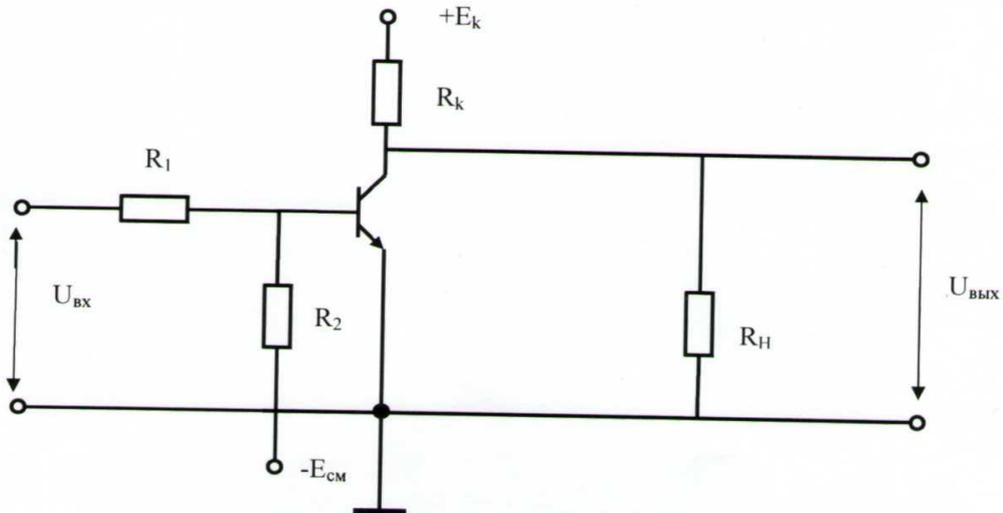


# РАСЧЁТ КЛЮЧА НА БИПОЛЯРНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Цель работы: определить значения элементов схемы транзисторного ключа



Рисунок

## Исходные данные:

- напряжение питания  $E_k=10\text{В}$ ;
- амплитуда входного сигнала  $U_{вх}=3\text{В}$ ;
- амплитуда выходного сигнала  $U_{ввых}\geq 8\text{В}$ ;
- сопротивление нагрузки  $R_n=3,3\text{кОм}$ ;
- степень насыщения транзистора  $S=3$ ;
- температура окружающей среды  $t^0=20\div 60^0\text{C}$ ;
- обратный ток  $I_{кбо}=10\text{мкА}$ ;
- коэффициент передачи тока базы в схеме ОЭ  $\beta_{\min}=30$ ;
- напряжение  $U_{бэ}=0,7\text{В}$ .

Определить значения резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_k$ .

## Пример выполнения задания.

Напряжение смещения обеспечивает закрытое состояние транзистора при отсутствии входного сигнала. Оно должно соответствовать неравенству:

$$|E_{см}| \geq I_{кбо \max} \cdot R_2,$$
$$\text{откуда } R_2 \leq \frac{E_{см}}{I_{кбо \max}},$$

где  $I_{кбо \max}$  – значение обратного тока транзистора при максимальной температуре.

Этот ток вычисляется по формуле:

$$I_{кбо \max} = I_{кбо} \cdot e^{0,08 \cdot \Delta t}$$

Подставляем исходные значения, получаем:

$$I_{кбо \max} = 10 \cdot e^{0,08 \cdot 40} = 245 \text{ мкА}$$

Напряжение смещения выбираем из условия:

$$|E_{см}| = (0,1 \div 0,3) E_k$$

$$\text{Предположим } E_{см} = 0,2 E_k$$

$$\text{Значит, } E_{см} = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ В}$$

Находим  $R_2$

$$R_2 \leq \frac{2}{245 \cdot 10^{-6}} = 8,2 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Согласно ГОСТ выбираем значение сопротивления

$$R_2 = 6,8 \text{ кОм} \pm 10\%.$$

Для закрытого транзисторного ключа верно уравнение

$$E_k - U_{вых} = (I_{кбо} + I_H) \cdot R_k$$

Для обеспечения минимального выходного напряжения необходимо брать максимальное значение обратного тока  $I_{кбо \max}$ . Поэтому

$$R_k \leq \frac{E_k - U_{вых \min}}{I_{кбо \max} + \frac{U_{вых \min}}{R_H}}$$

Подставляем данные, получаем:

$$R_k \leq \frac{10 - 8}{245 \cdot 10^{-6} + \frac{8}{3,3 \cdot 10^3}} = 749 \text{ Ом}$$

Выбираем согласно ГОСТ  $R_k = 680 \text{ Ом} \pm 10\%$ .

Для обеспечения заданной степени насыщения транзистора необходим ток базы  $I_b$ , определяемый по формуле:

$$I_b = \frac{S \cdot E_k}{\beta_{\min} \cdot R_k}$$

$$\text{Получаем } I_b = \frac{3 \cdot 10}{30 \cdot 680} = 1,47 \text{ мА.}$$

Теперь можно определить  $R_1$

$$R_1 = \frac{U_{вх} - U_{бэ}}{I_b + \frac{E_{см} - U_{бэ}}{R_2}}$$

$$\text{Получаем } R_1 = \frac{3 - 0,7}{1,47 \cdot 10^{-3} + \frac{2 - 0,7}{6,8 \cdot 10^3}} = 1,39 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Выбираем согласно ГОСТ ближайшее к полученному значение  $R_1$

$$R_1 = 1,5 \text{ кОм} \pm 10\%.$$

Задание:

Получить у преподавателя свой вариант задачи и произвести решение согласно приведённой методике.

вариант параметр	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$E_K, В$	12	11	10	11	12	12	12	10	11
$U_{BX}, В$	5	5,3	3,5	6	4,5	4	3	5	5,4
$U_{ВЫХ}, В$	10	9	7,6	9	9	10	8	8	8
$R_H, КОМ$	3,9	2,7	2,7	3,9	3,3	4,7	3,9	4,7	3,9
$S$	3	4	3	3	4	3	4	4	4
$t^0$	20÷70	20÷70	20÷60	20÷60	20÷60	20÷70	20÷70	20÷60	20÷70
$I_{кбо}, МКА$	3	5	10	7	8	8	9	9	5
$\beta_{min}$	40	30	35	40	40	35	30	30	30
$U_{бэ}, В$	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9

## Номинальное сопротивление резисторов по ряду E6, E2, U24

(омы, килоомы, мегаомы)

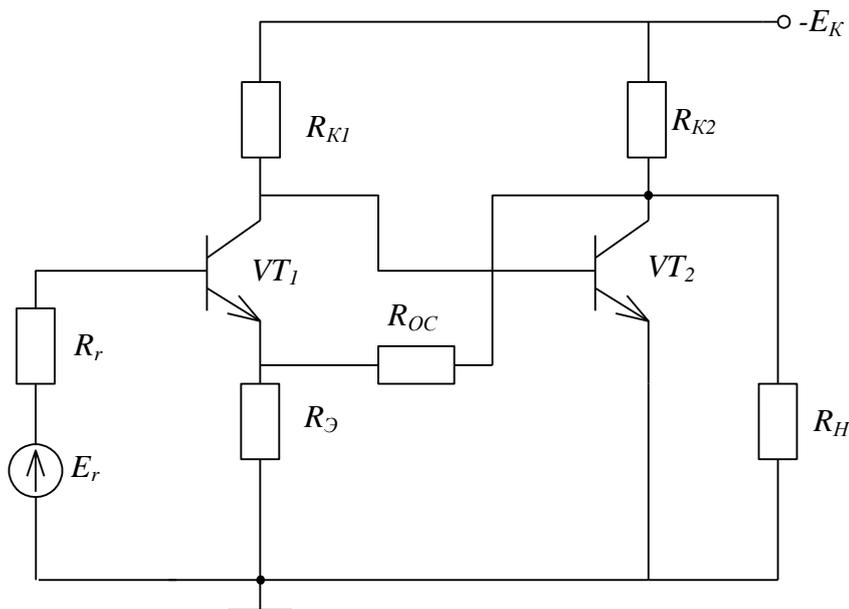
1,0	1,0 1,2	1,0 1,1 1,2 1,3	10	10 12	10 11 12 13	100	100 120	100 110 120 130
1,5	1,5 1,8	1,5 1,6 1,8 2,0	15	15 18	15 16 18 20	150	150 180	150 160 180 200
2,2	2,2 2,7	2,2 2,4 2,7 3,0	22	22 27	22 24 27 30	22	220 270	220 240 270 300
3,3	3,3 3,9	3,3 3,6 3,9 4,3	33	33 39	33 36 39 43	330	330 390	330 360 390 430
4,7	4,7 5,6	4,7 5,1 5,6 6,2	47	47 56	47 51 56 62	470	470 560	470 510 560 620
6,8	6,8 8,2	6,8 7,5 8,2 9,1	68	68 82	68 75 82 91	680	680 820	680 750 820 910
±20%	±10%	±5%	±20%	±10%	±5%	±20%	±10%	±5%

## РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

Цель работы: рассчитать коэффициент усиления, коэффициент передачи цепи обратной связи, входное и выходное сопротивление двухкаскадного усилителя с последовательной отрицательной обратной связью по напряжению.

В двухкаскадном усилителе с ОЭ («двойка по напряжению») применена последовательная отрицательная обратная связь по напряжению. Транзисторы  $VT_1$  и  $VT_2$  идентичны:  $\beta=40$ ;  $R_{Э}=1\text{кОм}$ ;  $R_{ОС}=10\text{кОм}$ ;  $R_K=20\text{кОм}$ ;  $R_{\text{ВЫХ}}=24,8\text{кОм}$ .

Определить усилительные параметры схемы.



Решение.

Глубина обратной связи в схеме с последовательной ООС по напряжению определяется выражением

$$F=1+K \cdot \chi,$$

где  $K$  – коэффициент усиления по напряжению в схеме без ООС;  $\chi$  – коэффициент передачи цепи ООС.

Для определения глубины ООС вычислим указанные параметры при следующих допущениях:

$$R_r \ll R_{\text{вх}1}; R_{\text{вх}2} \ll R_H; R_{ОС} \gg R_{Э}.$$

Коэффициент усиления схемы по напряжению

$$K \approx \beta_2 R_{K2} / R_{Э} = 40 \cdot (3,9 \cdot 10^3) / 10^3 = 156.$$

Коэффициент передачи цепи ОС

$$\chi = R_{\text{Э}} / (R_{\text{Э}} + R_{\text{ОС}}) = 10^3 / (10^3 + 10^4) = 0,091.$$

Отсюда глубина ООС равна:

$$F = 1 + 156 \cdot 0,091 = 15,182.$$

Коэффициент усиления схемы с ООС

$$K_{\text{ОС}} = K / F = 156 / 15,182 = 10,275.$$

Входное сопротивление схемы

$$R_{\text{вх ОС}} = R_{\text{вх}} F \approx (1 + \beta_1) R_{\text{Э}} \cdot F = 41 \cdot 10^3 \cdot 15,182 = 622,455 \text{ кОм}.$$

При большом сопротивлении участка база-эмиттер-земля начинает сказываться шунтирующее действие участка база-коллектор, и входное сопротивление ограничивается величиной  $r_{\text{К1}}$ .

Выходное сопротивление

$$R_{\text{вых ОС}} = \frac{\left(\frac{R_{\text{ВЫХ}}}{F}\right) \cdot R_{\text{К2}}}{\left(\frac{R_{\text{ВЫХ}}}{F}\right) + R_{\text{К2}}} = \frac{(24,8 \cdot 10^3 / 15,182) \cdot (3,9 \cdot 10^3)}{(24,8 \cdot 10^3 / 15,182) + (3,9 \cdot 10^3)} = \frac{1,63 \cdot 10^3 \cdot 3,9 \cdot 10^3}{(1,63 + 3,9) \cdot 10^3} = 1,151 \text{ кОм}.$$

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\beta$	50	60	40	50	40	45	50	55	60	65	45	40
$R_{\text{К}}$ , кОм	4,7	5,6	6,8	5,6	3,9	5,6	4,7	5,6	3,9	4,7	4,7	5,6
$R_{\text{Э}}$ , кОм	1,5	1,8	2,2	1,2	1,5	1	2,2	1,8	1,5	1	2,2	1,2
$R_{\text{ОС}}$ , кОм	12	15	15	12	12	12	10	15	12	15	10	10
$R_{\text{ВЫХ}}$ , кОм	26	30	36	24	30	25	26	28	30	30	36	32

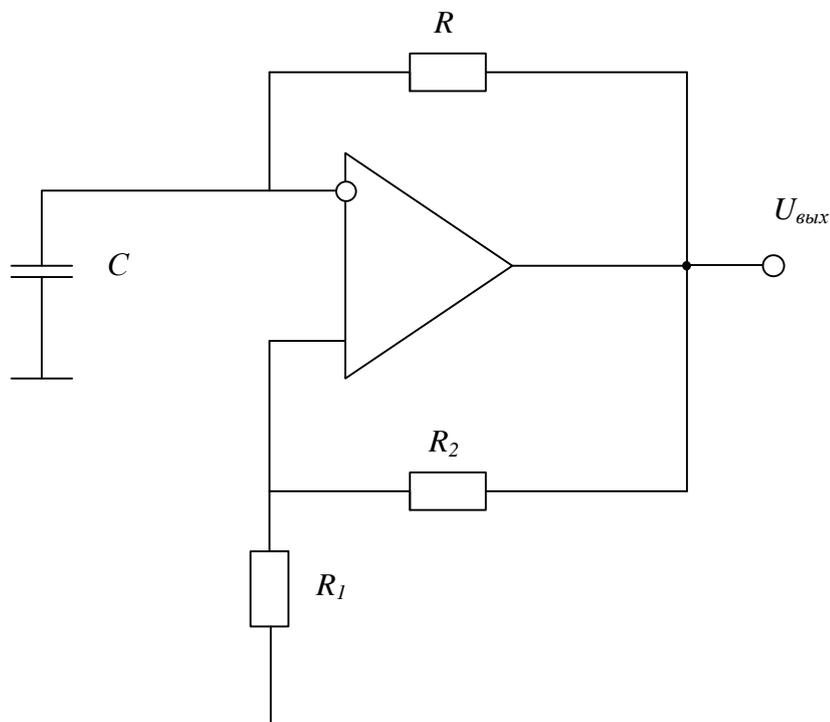
вариант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\beta$	50	55	65	60	45	40	55	50	65	60	45	55
$R_{\text{К}}$ , кОм	3,9	4,7	3,9	3,9	5,6	6,8	6,8	4,7	3,3	4,7	5,6	4,7
$R_{\text{Э}}$ , кОм	1,2	1,5	1,5	1,8	2,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,2	1,2
$R_{\text{ОС}}$ , кОм	12	15	18	18	12	15	18	18	12	15	18	18
$R_{\text{ВЫХ}}$ , кОм	34	35	29	32	31	33	28	25	35	29	30	27

## РАСЧЁТ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ МУЛЬТИВИБРАТОРА

Цель работы: рассчитать постоянную времени и период колебаний мультивибратора.

В схеме мультивибратора  $R_1=24$  кОм;  $R_2=62$  кОм;  $R=100$  кОм;  $C=50$  нФ.

Чему равен период колебаний?



Решение.

Период колебаний определяется по формуле

$$T = 2\tau \cdot \ln \left[ \frac{(1 + \gamma)}{(1 - \gamma)} \right],$$

где  $\tau = C \cdot R$ ;  $\gamma = R_1 / (R_1 + R_2)$ .

Определяем

$$\tau = C \cdot R = 50 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^3 \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 5 \text{ мс.}$$

$$\gamma = 24 \cdot 10^3 / (24 \cdot 10^3 + 62 \cdot 10^3) \approx 0,279;$$

$$(1 + \gamma) / (1 - \gamma) = (1 + 0,279) / (1 - 0,279) = 1,279 / 0,721 \approx 1,774;$$

$$\ln \left[ \frac{(1 + \gamma)}{(1 - \gamma)} \right] = 0,570;$$

$$T = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,57 = 5,730 \text{ мс}$$

<b>вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>R<sub>1</sub>, кОм</b>	22	27	33	22	27	33	22	27	33	24	30	24
<b>R<sub>2</sub>, кОм</b>	56	68	75	82	91	62	56	68	75	82	91	62
<b>R, кОм</b>	91	100	110	120	130	91	100	110	91	130	91	100
<b>C, нФ</b>	68	47	33	22	68	47	33	22	68	47	33	22

<b>вариант</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>R<sub>1</sub>, кОм</b>	22	22	27	33	22	27	33	22	27	33	24	30
<b>R<sub>2</sub>, кОм</b>	56	68	75	82	91	62	56	68	75	82	91	62
<b>R, кОм</b>	82	75	130	91	100	110	120	130	91	100	110	120
<b>C, нФ</b>	68	47	33	22	68	47	33	22	68	47	33	22