

Частотные свойства эмиттерного повторителя (как и каскада с общим эмиттером) полностью определяются

The diagram shows a differential amplifier circuit. It has two input terminals labeled 'Вход 1' and 'Вход 2', each connected to a transistor base (\$T\_1\$ and \$T\_2\$). The emitters of both transistors are connected to a common point 'А', which is then connected to a load resistor \$R\_3\$ leading to a negative supply voltage \$-U\_{ээ}\$. The collectors of the transistors are connected to a positive supply voltage \$+U\_{кк}\$ through resistors \$R\_k\$. The output terminals, labeled 'Выход', are taken from the collector nodes. The circuit is symmetrical.

**Существуют усилительные и точностные** параметры дифференциальных каскадов.

**К точностным параметрам относятся:** начальный разбаланс входного напряжения (или напряжение смещения нуля) и его температурные дрейф, средний входной ток и разбаланс входного тока.

**Усилительные параметры** стоит рассмотреть подробнее. Главными из них являются дифференциальный коэффициент усиления, синфазный коэффициент усиления, а также коэффициент подавления синфазной составляющей (синфазных напряжений).

1) Дифференциальный коэффициент. В симметричной схеме (такова показана на рисунке выше  $R_э \gg r_э$ ,

$$K_d = (R_k \cdot I_0) / 2 \cdot \Phi_T$$

Тут  $R_k$  – сопротивление коллектора,  $I_0$  – начальный ток эмиттера, а  $\Phi_T$  – температурный потенциал р-п перехода (для кремния равен 25мВ)

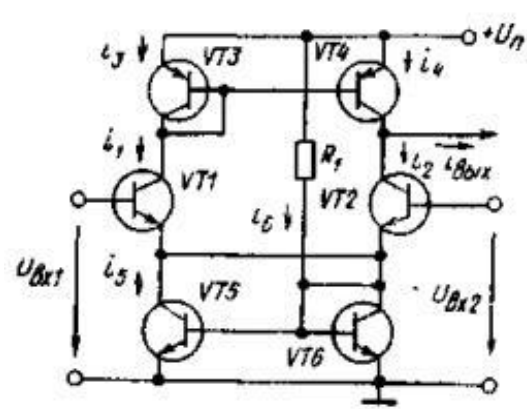


Рис. 6.32 Дифференциальный усилительный каскад с динамической нагрузкой

2) Синфазный коэффициент усиления

Для того чтобы определить синфазный коэффициент усиления – нужно на оба входа подать одинаковые сигналы  $U_{вх}$

$$K_c = R_k / (2 \cdot R_э) = \Delta(U_{вых}) / \Delta(U_c)$$

Величина синфазного коэффициента усиления уменьшается при увеличении величины эмиттерного резистора, поскольку при этом уменьшается величина изменения  $I_0$  при изменении потенциала  $U_э$ .

3) Легко определить коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС)

$$K_{осс} = K_d / K_c$$

Этот коэффициент характеризует способность ДК ослаблять одинаковые изменения параметров самого ДК и одинаковых составляющих входных сигналов.

Также в качестве параметров можно рассматривать

**сопротивления каскада.**

- 1) Входное дифференциальное сопротивление  $R_{вх,д} = 2r_{бэ}$
- 2) Входное синфазное сопротивление  $R_{вх,с} = \beta \cdot R_э$
- 3) Выходное сопротивление не может быть дифференциальным или синфазным. Его величина  $R_{вых} = R_k \cdot R_{кэ} / (R_k + R_{кэ})$  формируется между коллекторами транзисторов дифференциального каскада.

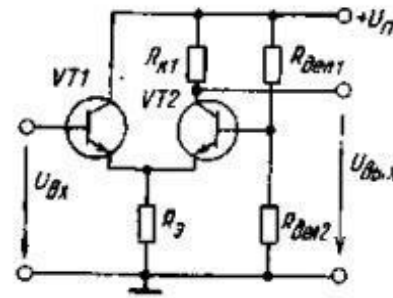


Рис. 6.33. Дифференциальный усилительный каскад с несимметричным входом и выходом

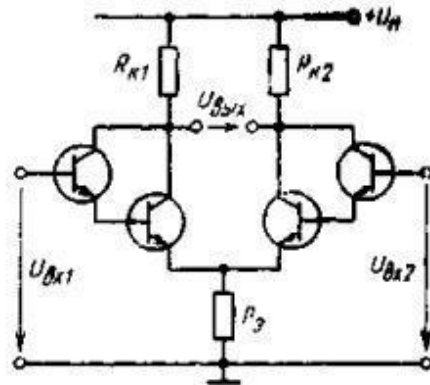


Рис. 6.35. Дифференциальный усилительный каскад на составных транзисторах

Существует множество других схем дифференциальных усилителей. Среди них - ДУ с нелинейным двухполюсником в цепи эмиттеров, ДУ с несимметричным входом и выходом, ДУ на составных транзисторах, ДУ каскада на полевых транзисторах и другие.

На всякий случай.

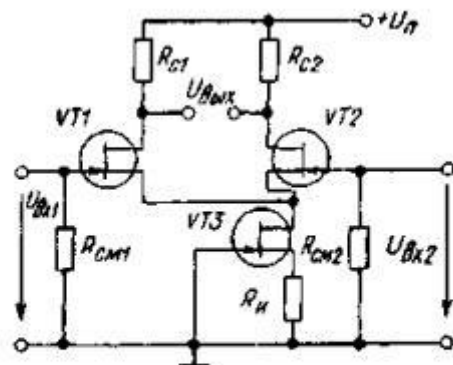


Рис. 6.34 Дифференциальный усилительный каскад на полевых транзисторах

# КЛЮЧИ БИПОЛЯРНЫЕ

## 1. Ключи на биполярных транзисторах их структура, Особенности работы транзисторов в ключевом режиме

**Ключ** — устройство для замыкания и размыкания электрической цепи.

Ключи на биполярных транзисторах являются управляемыми. (то есть статические характеристики определяются значением управляющего сигнала  $e_{упр.}$ ).

### Структура

Биполярный транзистор, работающий в режиме насыщения, представляет собой два встречноключенных п-н-перехода (эмиттерный и коллекторный), каждый из которых смещен в прямом направлении.

1. Включенное состояние ключа, как правило, соответствует работе биполярного транзистора в режиме насыщения. В этом случае транзистор может быть заменен некоторым эквивалентным сопротивлением, которое зависит от его конструкции. В режиме отсечки ток базы мал, и равен току обратного смещенного п-н перехода база-эмиттер.

2. Сопротивление  $R_{нас}$  для включенного транзистора, как правило, меньше аналогичного сопротивления диодного ключа. Что касается выключенного состояния, соответствующего, как правило, режиму отсечки биполярного транзистора, то здесь свойства диодных и транзисторных ЭК примерно одинаковы.

Указанные особенности приводят к тому, что ключ на биполярном транзисторе по своим свойствам ближе к идеальному по сравнению с диодным.

Следует также отметить еще одну особенность ключей на биполярных транзисторах. Так как их выходные ВАХ при включении по схеме с общим эмиттером расположены в одном квадранте, то в практических схемах их используют при неизменной полярности коммутируемого напряжения  $e_{вк.}$ . Конкретная полярность  $e_{вк.}$  определяется типом проводимости используемого биполярного транзистора.

В соответствие со сделанными замечаниями ниже приводятся схемы и статические характеристики передачи транзисторных ключей, выполненных по последовательной и параллельной СК

При вкл. транзисторном ключе

для последовательной СК  $\alpha_{вкл.} = \arctan(1/(1+(R_{нас}+R_{вн})/R_n))$

для параллельной СК  $\alpha_{вкл.} = \arctan(1/(1/R_{нас}+1/R_n))$

При выкл. транзисторном ключе

для последовательной СК  $\alpha_{выкл.} = \arctan(1/(1+(R_{выкл.}+R_{вн})/R_n))$

для параллельной СК  $\alpha_{выкл.} = \arctan(1/(1/R_{выкл.}+1/R_n))$

где  $\alpha$  — угол наклона характеристик на схемах

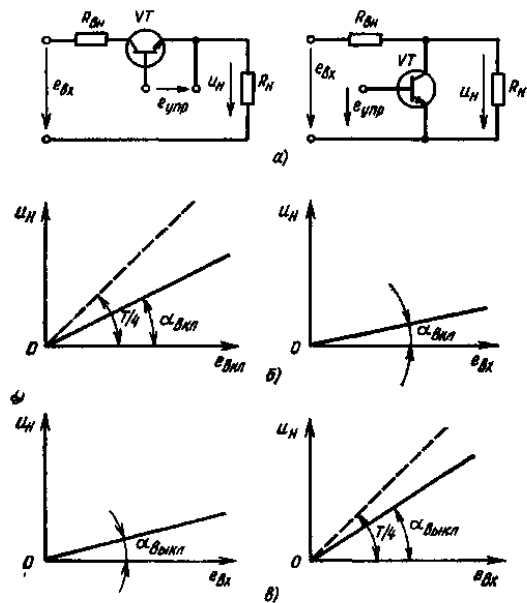


Рис. 10.10. Последовательная и параллельная схемы коммутации на биполярном транзисторе (а) и соответствующие статические характеристики передачи для включенного (б) и выключенного (в) состояний транзистора

### Работа биполярного транзистора в ключевом режиме. (ОСОБЕННОСТИ)

При построении транзисторных ключей наибольшее распространение получила схема включения с общим эмиттером.

Для работы в ключевом режиме рабочая точка транзисторного каскада должна находиться либо левее точки  $H_e$  (режим насыщения), либо правее точки  $O_t$  (режим отсечки).

Превышение базового тока насыщенного транзистора над его граничным значением принято характеризовать коэффициентом насыщения

$$q_{нас} = I_{Б нас} / I_{Б гр.}$$

Коллекторный ток биполярного транзистора принципиально не может быть меньше значения  $I_{ко}$ . Различают две разновидности выключенного состояния биполярного транзистора: режим глубокой отсечки, режим пассивного запираания.

$$0 < U_{БЭ} < U_{БЭ пор.} \quad (10.24)$$

Очевидно, что при пассивном запираании мощность, рассеиваемая в биполярном транзисторе больше, чем в режиме глубокой отсечки.