

Принципы построения многокаскадных усилительных трактов

Как правило, требуемое усиление сигнала трудно получить от одного каскада. В таких случаях усилительные тракты делают многокаскадными. Многокаскадные усилительные тракты различаются по способу электрической связи между каскадами или видом цепей межкаскадной связи. Рассмотрим их.

1. Емкостная связь

В этом случае работа каскадов на постоянном токе реализуется независимо, а связь между каскадами по переменному току осуществляется с помощью разделительных конденсаторов.

Например, два каскада по схемам ОЭ строятся, как показано на рис. 1.

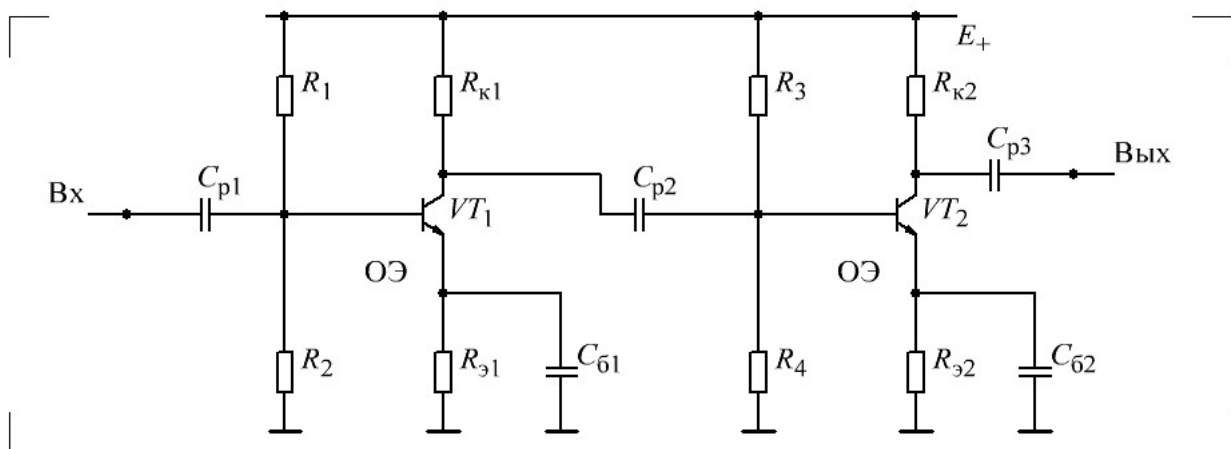


Рис. 1

В этой схеме связь между каскадами выполнена с помощью конденсатора C_{p2} . Поучительно для полных принципиальных схем строить их эквивалентные схемы на переменном токе. В этом случае все конденсаторы и источники ЭДС заменяются короткими замыканиями, а все катушки и источники постоянного тока – разрывами цепей. Для схемы, изображенной на рис. 1 эквивалентная схема на переменном токе приведена на рис. 2.

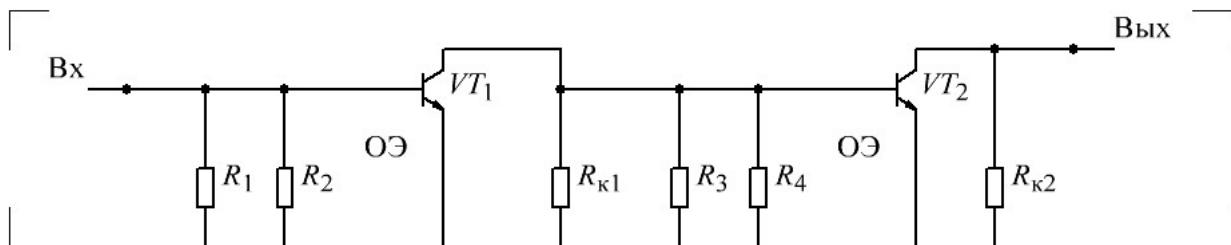


Рис. 2

Заметим, что замена конденсаторов короткими замыканиями, а катушек разрывами допустима только в том случае, если во всем диапазоне рабочих частот емкостное сопротивление конденсатора пренебрежимо мало по сравнению

с сопротивлениями окружающих его цепей, а индуктивное сопротивление катушки значительно превышает сопротивления окружающих ее цепей.

Другой пример схемы с емкостными связями между каскадами приведен на рис. 3.

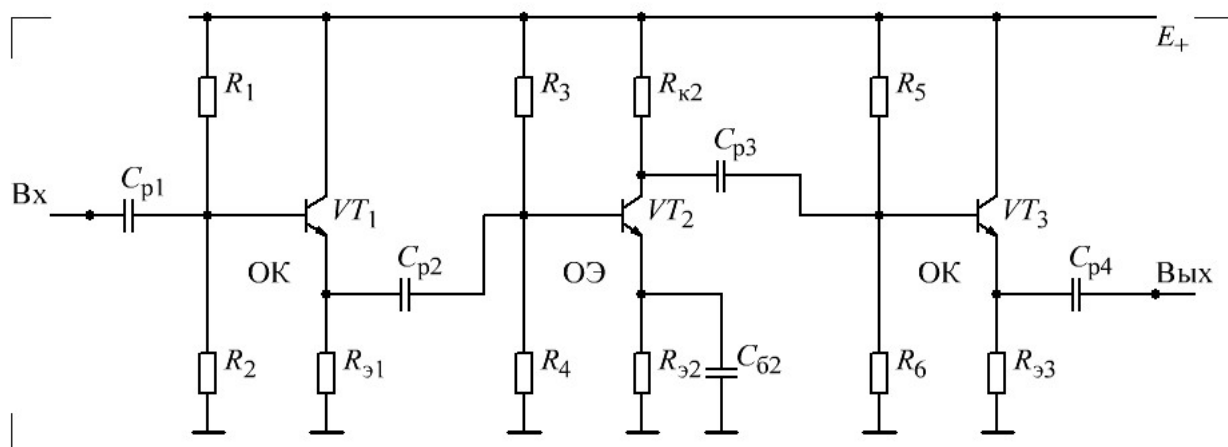


Рис. 3

Это комбинация каскадов ОК, ОЭ, ОК. Здесь конденсаторы C_{p2} и C_{p3} служат для связи между каскадами на переменном токе и разделения цепей на постоянном токе.

В общем случае емкостная связь между двумя каскадами может быть представлена эквивалентной схемой (рис. 4).

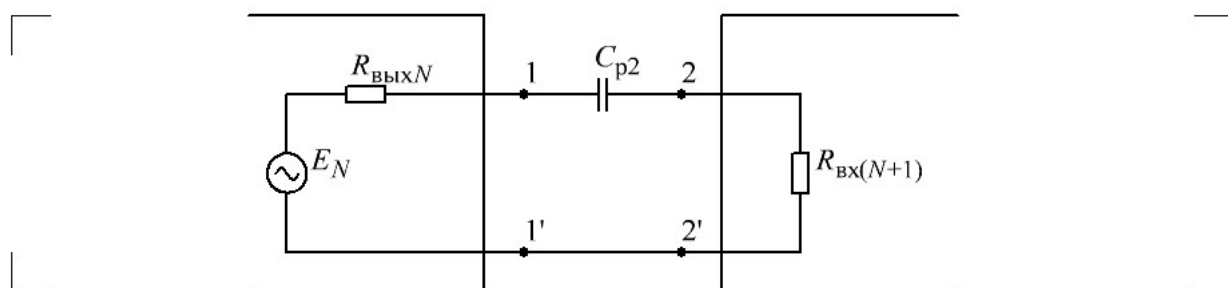


Рис. 4

Комплексный коэффициент передачи этой цепи от источника к выходным зажимам 2-2' выражается соотношением

$$K(jf) = \frac{U_2(jf)}{E_N(jf)} = \frac{R_{\text{вх}}(N+1)}{R_{\text{вх}}(N) + R_{\text{вх}}(N+1) + \frac{1}{j2\pi C_{p2}}}.$$

Зависимость модуля этого коэффициента передачи от частоты приведена на рис. 5.



Рис. 5

Разделительная емкостная связь есть фильтр нижних частот с граничной частотой среза f_H . Для того, чтобы самые нижние частоты спектра сигнала передавались без существенного затухания, емкости разделительных конденсаторов должны быть достаточно большими.

2. Трансформаторная связь

Разделять цепи на постоянном и переменном токах можно не только с помощью конденсаторов, но и с помощью трансформаторов. Пример схемного построения двух каскадов ОЭ с трансформаторной связью приведен на рис. 6.

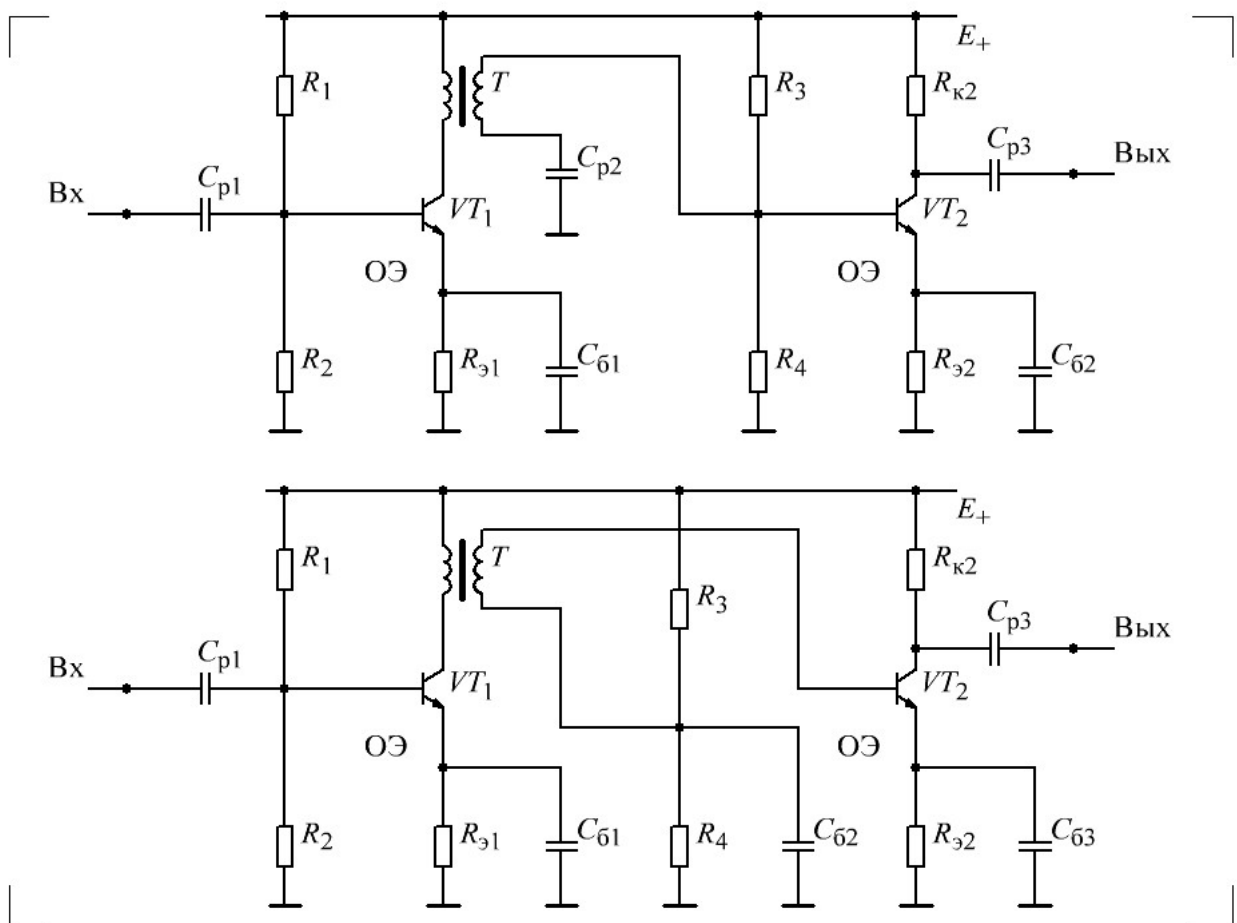


Рис. 6

Приведенные 2 варианта схемы отличаются только способом подачи постоянного напряжения на базу второго транзистора.

Трансформаторы позволяют не только гальванически разделять цепи, но обеспечивать трансформацию сопротивлений, обеспечивая согласование импедансов. В частности нагрузкой первого каскада будет входное сопротивление второго с учетом коэффициента трансформации.

Если трансформаторы считать идеальными, то эквивалентная схема на переменном токе для второй из схем рис. 6 может быть изображена так, как это представлено на рис. 7.

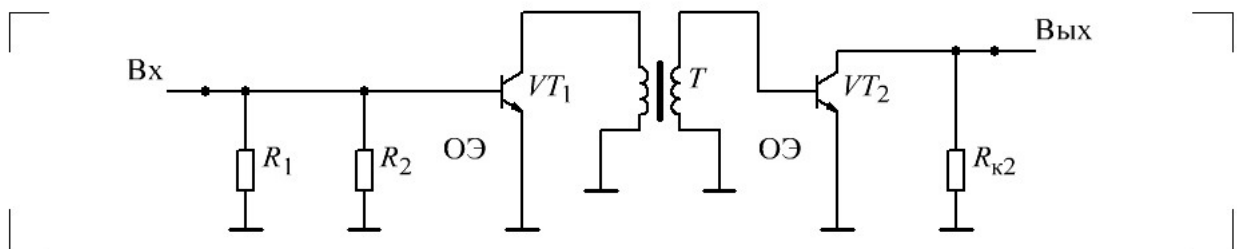


Рис. 7

Рассмотренные виды связей – это связи с гальванической развязкой каскадов или с развязкой по постоянному току. Другой тип связей – непосредствен-

ные связи или связи без гальванической развязки.

3. Непосредственная связь с местными обратными связями

При соединении каскадов без гальванической развязки возникает задача обеспечения стабилизации положения ИРТ. Это может быть сделано с помощью местных обратных связей в каждом каскаде. Примеры непосредственной связи между двумя каскадами ОЭ приведены на рис. 8.

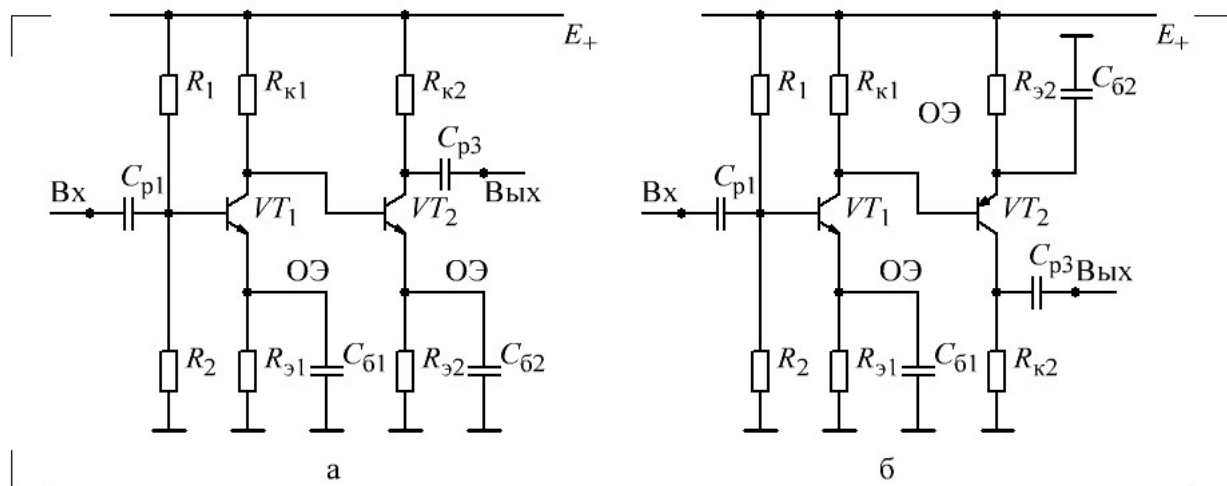


Рис. 8

В первом случае используются транзисторы одного типа проводимости, во втором случае – противоположного.

На рис. 9а приведен пример непосредственной связи каскадов ОК и ОБ, а на рис. 9б – несколько иное начертание этой же схемы. В последнем случае видна полная симметрия схемы на постоянном токе.

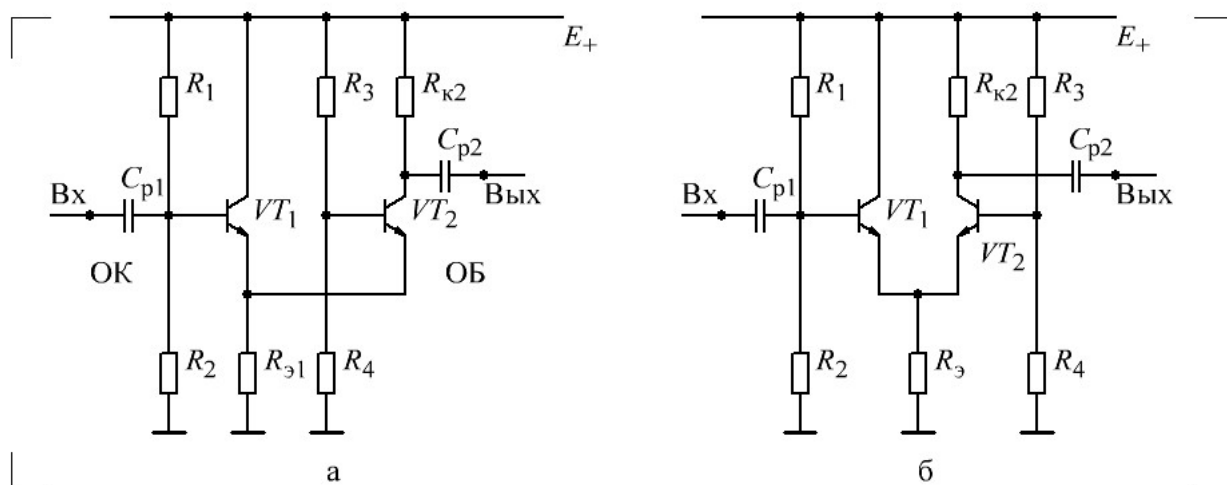


Рис. 9

4. Непосредственная связь с общими обратными связями

Использование общей обратной связи, охватывающей несколько каскадов,

для стабилизации положения ИРТ также удобнее всего рассмотреть на примерах. На рис. 10 приведены 2 варианта непосредственной связи между каскадами ОЭ-ОЭ, но с различными способами организации общей обратной связи.

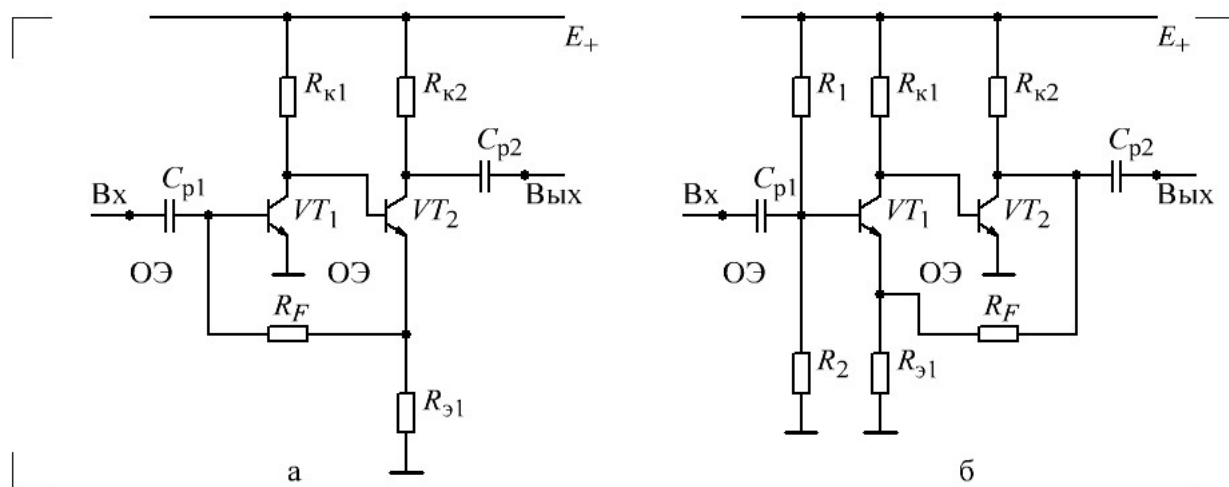


Рис. 10

Важно, чтобы общая обратная связь была отрицательной. Поэтому для петли обратной связи в обоих случаях один из транзисторов включается по схеме, отличной от ОЭ. В общем случае в цепочке каскадов должно быть нечетное количество транзисторов, включенных по схеме ОЭ.

5. Последовательное питание

Другим способом непосредственной связи является схема с последовательным питанием (каскадная схема). Примеры каскадного соединения приведены на рис. 11.

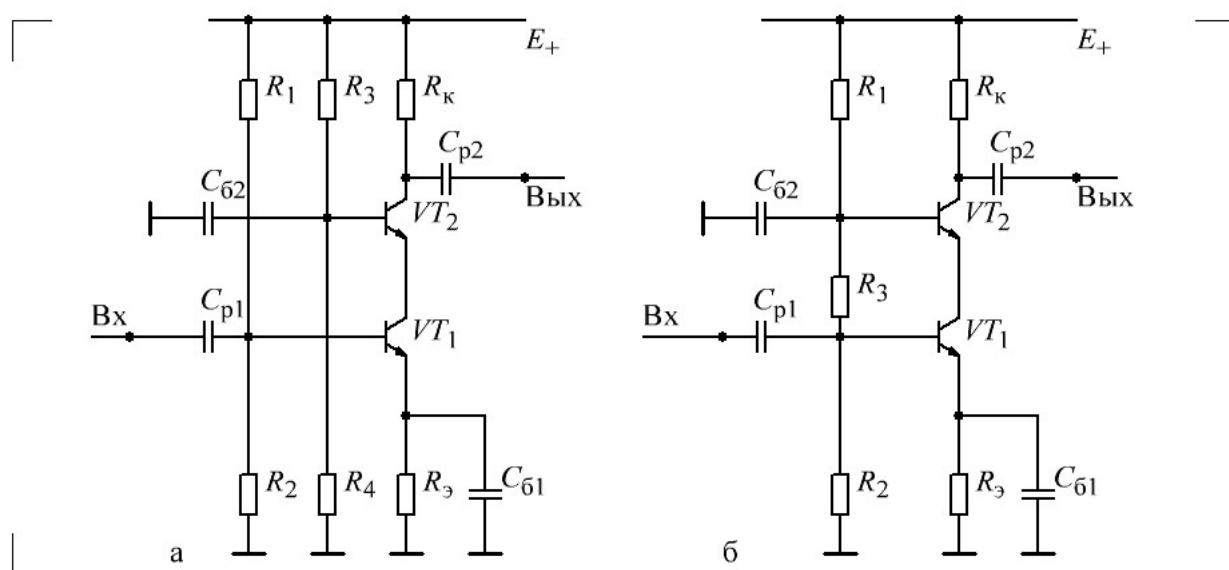


Рис. 11

Две приведенные схемы иллюстрируют различные способы подачи началь-

ных смещений на базы транзисторов. В этих схемах нижний транзистор включен по схеме ОЭ, а верхний – по схеме ОБ.