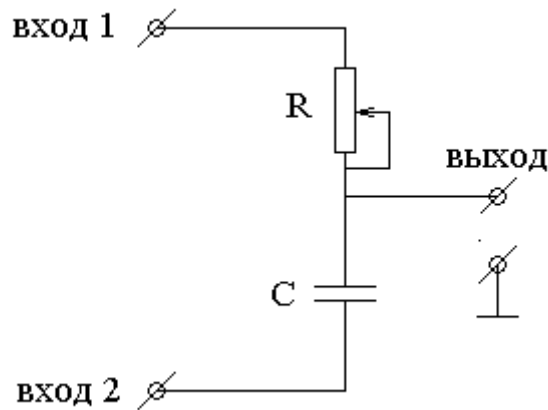
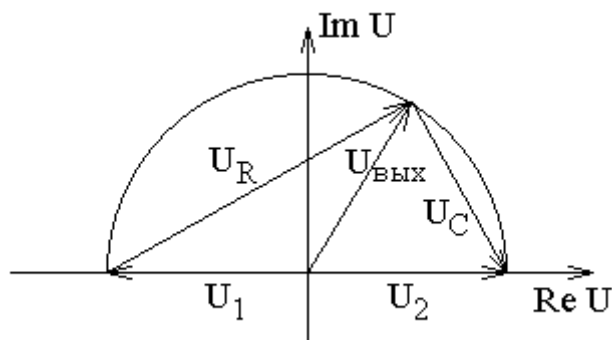


Расщепление фазы. Фазовращатель (продолжение).

Пусть на входе расщепителя фазы будет синусоидальное напряжение.

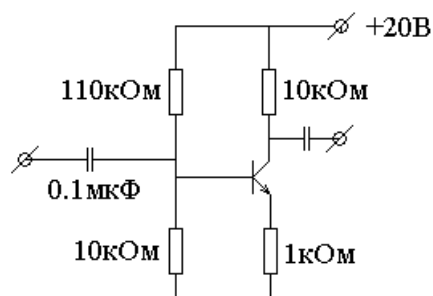


Рассмотрим напряжение на выходе 2 относительно напряжения на выходе 1:

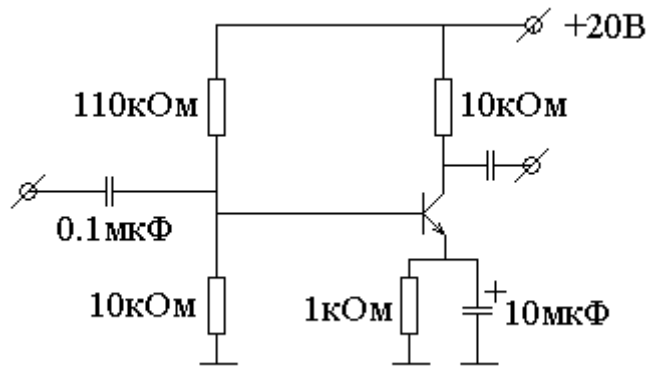


Смещение усилителя с общим эмиттером.

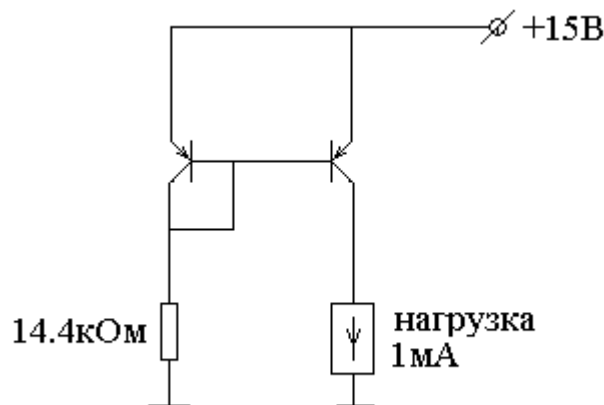
Рассмотрим схему усилителя с общим эмиттером и попробуем уменьшить эмиттерное сопротивление до нуля:



В этом случае усиление схемы велико, но не удастся рассчитать делитель на паре сопротивлений в базе транзистора.



Согласованные транзисторы. Токовое зеркало.



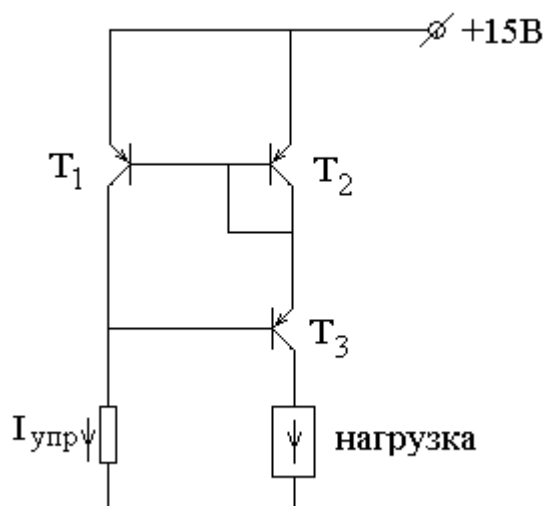
Согласованные транзисторы или согласованная пара транзисторов — это транзисторы с максимально одинаковыми характеристиками. Токовое зеркало часто используется внутри схемы операционного усилителя. Операционные усилители будут рассмотрены позднее.

Стабилизация тока нагрузки в этой схеме не слишком велика. Пусть напряжение на нагрузке уменьшилось примерно на 15 Вольт. Чтобы удержать ток нагрузки напряжение эмиттер — база правого транзистора должно уменьшиться на 15 мВ (эффект Эрли), но ему не дает измениться напряжение эмиттер — база левого транзистора. Соответственно эти 15 мВ приведут к изменению тока коллектора правого транзистора примерно в полтора раза

$$\frac{\Delta I_{нагр}}{I_{нагр}} \approx \frac{15 мВ}{25 мВ} \approx 0.5.$$

Обычно такой стабилизации тока нагрузки достаточно внутри схемы операционного усилителя.

Ток гораздо меньше зависит от сопротивления нагрузки в токовом зеркале Уилсона:



Попробуем грубо оценить диапазон изменений тока нагрузки.

Пусть напряжение на нагрузке уменьшилось на 15 Вольт, $\Delta U_{нагр} \approx -15V$.

Тогда коллекторное напряжение на транзисторе T_3 возрастает на 15 Вольт. При приблизительно постоянном токе коллектора T_3 на переходе эмиттер — база T_3 напряжение уменьшится на 15 мВ. Напряжение на коллекторе T_1 увеличится на те же 15 мВ. Если ток $I_{упр}$ протекает просто через резистор, то напряжение на резисторе увеличится на 15 мВ, и ток управления увеличится на 10^{-3} от величины тока управления. Это с одной стороны.

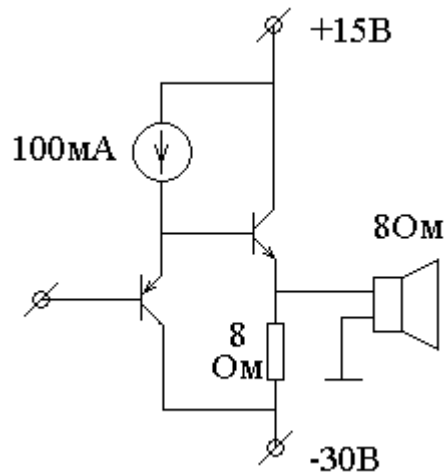
А с другой стороны ток управления уменьшится, так как уменьшится ток базы транзистора T_3 , так что $\delta I_{T_3 \text{ базы}} \approx -\frac{I_{нагр}}{2\beta}$, где $\frac{15\text{мВ}}{25\text{мВ}} \approx \frac{1}{2}$.

В результате ток управления изменится, так что $\Delta I_{упр} \approx 10^{-3} I_{упр} - \frac{I_{нагр}}{2\beta}$.

Соответственно изменение тока нагрузки $\frac{\Delta I_{нагр}}{I_{нагр}} \approx 10^{-3} - \frac{1}{2\beta}$.

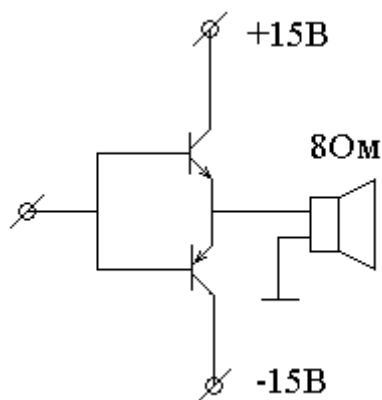
Двухтактные выходные каскады.

Если нагрузка имеет низкое сопротивление, то выходной каскад усилителя должен быть эмиттерным повторителем.



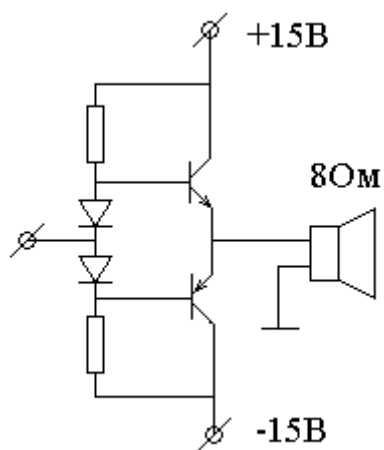
В представленной схеме сигнал на громкоговоритель подается через два эмиттерных повторителя. Низкие частоты сигнала при такой низкоомной нагрузке трудно передать через конденсатор. Достоинством представленной схемы является то, что разделительный конденсатор не нужен, так как при нулевом напряжении на входе схемы формируется нулевое напряжение на громкоговорителе. Недостаток схемы в том, что при отсутствии сигнала на входе выходной транзистор рассеивает 55 Вт, а резистор в его эмиттере рассеивает мощность 110 Вт.

Двухтактные выходные каскады позволяют минимизировать рассеиваемую схемой мощность при нулевом сигнале на входе.



В данной схеме при нулевом сигнале на входе мощность не рассеивается вовсе. Однако малые сигналы с амплитудой меньше 0.6 В в этой схеме не проходят на выход, а большие сигналы испытывают нелинейные переходные искажения, когда сигнал переходит через нуль. В результате искажается звук.

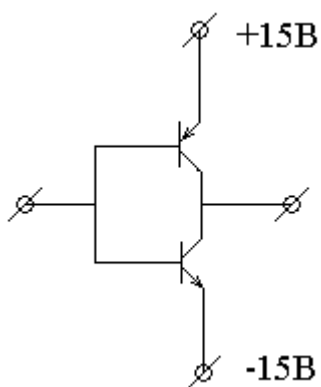
Минимизировать искажения позволяет следующая схема.



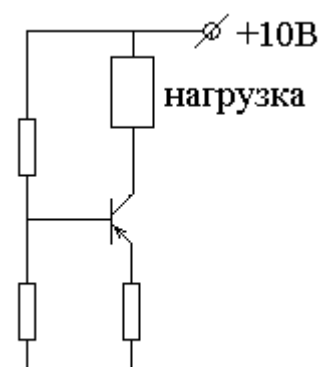
В двухтактной схеме выходного каскада стараются использовать комплементарные транзисторы — это транзисторы с примерно одинаковыми характеристиками, но противоположной полярностью питания: $n-p-n$ и $p-n-p$.

Негодные транзисторные схемы.

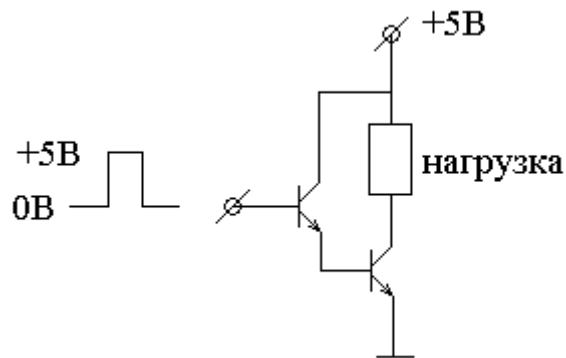
Двухтактный повторитель:



Источник тока:

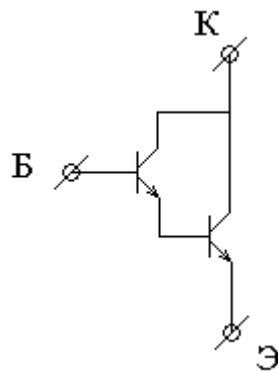


Переключатель для больших токов:

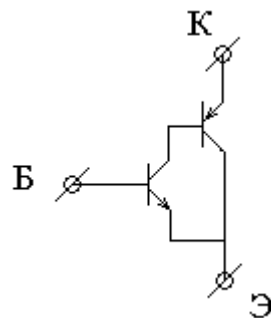


Составной транзистор.

Составной транзистор Дарлингтона. Напряжение между базой и эмиттером этого составного транзистора 1.2 В.



Реже используется соединение транзисторов по схеме Шиклаи, при котором также как и в составном транзисторе, схема имеет высокий коэффициент передачи по току. В этой схеме напряжение между базой и эмиттером 0.6 В.



Если составной транзистор по схеме Шиклаи играет роль *n-p-n* транзистора, то более мощный в паре транзистор имеет тип *p-n-p*. Транзисторы типа *p-n-p* имеют худшие характеристики по сравнению с транзисторами типа *n-p-n*.