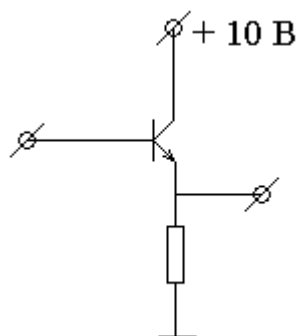


### Эмиттерный повторитель.

Предположим, что источник полезного сигнала имеет большое внутреннее сопротивление по сравнению с сопротивлением нагрузки. Если нагрузку подключить к такому источнику, то почти все напряжение полезного сигнала выделится на внутреннем сопротивлении источника. Чтобы избежать потери большей части сигнала хотелось бы усилить ток источника сигнала, а не напряжение.

Этой цели соответствует эмиттерный повторитель. Здесь ток в нагрузке (эмиттерный ток транзистора) больше тока источника сигнала (ток базы транзистора) в  $(1 + \beta)$  раз, где  $\beta$  — коэффициент усиления транзистора по току (табличная величина, своя для каждого типа транзисторов). По этой причине эмиттерный повторитель называют еще усилителем тока.



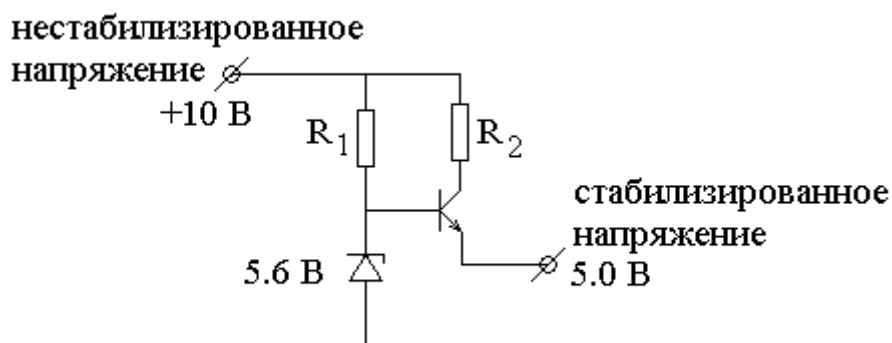
Изменение напряжения на эмиттере повторяет изменение напряжения на базе транзистора, так как напряжение на базе больше на 0.6 Вольта, на напряжение открытого диода база-эмиттер.

Можно сказать, что эмиттерный повторитель согласует нагрузку с источником сигнала в том смысле, что с точки зрения источника сигнала величина сопротивления нагрузки увеличивается в  $(1 + \beta)$  раз, а с точки зрения нагрузки величина внутреннего сопротивления источника сигнала уменьшается в  $(1 + \beta)$  раз. Эмиттерный повторитель нужен для того, чтобы сделать сопротивление нагрузки больше внутреннего сопротивления источника сигнала, так чтобы большая часть полезного сигнала падала на сопротивлении нагрузки, а не на внутреннем сопротивлении источника сигнала.

### Эмиттерный повторитель в качестве стабилизатора напряжения.

Пусть в вашем распоряжении есть источник питания напряжением, например, +10 В. Но напряжение источника питания не стабилизировано, например, при изменении переменного напряжения в сети 220 В, напряжение вашего источника питания будет меняться примерно пропорционально напряжению сети. Вам нужен стабилизированный источник питания +5 В. Обычный стабилитрон вам не подходит, потому что его рабочий ток меньше возможных изменений тока нагрузки. Стабилизатор напряжения, собранный на резисторе и стабилитроне, не сможет перераспределять ток между стабилитроном и нагрузкой, если изменение тока в нагрузке больше тока через стабилитрон.

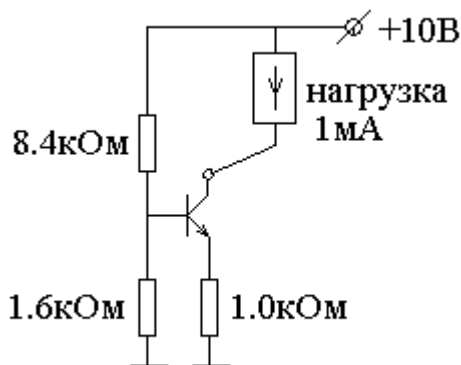
Усилить изменение тока в нагрузке по сравнению с изменением тока стабилитрона может эмиттерный повторитель.



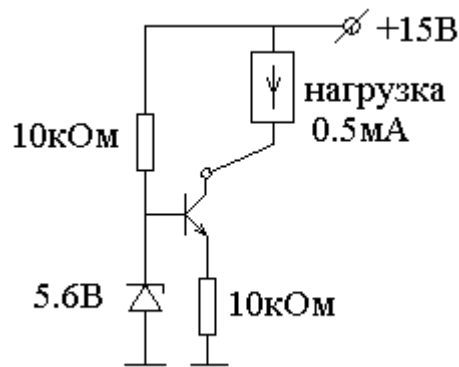
Здесь величина сопротивления  $R_1$  подбирается так, чтобы обеспечить оптимальную величину тока через стабилитрон, оптимальную для стабилизации напряжения стабилитроном (паспортная характеристика стабилитрона). Сопротивление  $R_2$  отлично от нуля чтобы защитить транзистор от перегрева в случае короткого замыкания выходного напряжения схемы.

### Транзисторный источник тока.

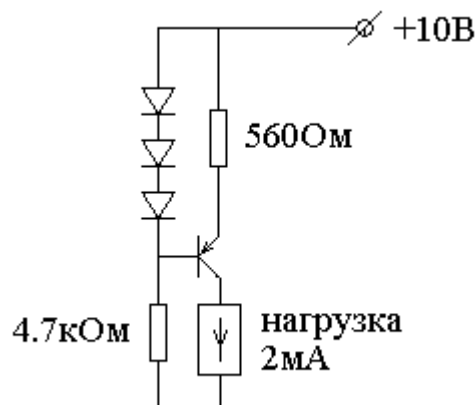
Источник тока должен иметь большое внутреннее сопротивление, так чтобы при изменении сопротивления нагрузки сила тока в нагрузке почти не изменялась. Во многих случаях вместо большой величины внутреннего сопротивления достаточно иметь большую величину дифференциального внутреннего сопротивления источника тока. Такую возможность предоставляет транзистор.



Можно улучшить эту схему. Можно сделать ее не слишком чувствительной к случайному изменению напряжения питания +10В.



Если нужно использовать заземленную нагрузку, то источник тока придется сделать на *p-n-p* транзисторе.

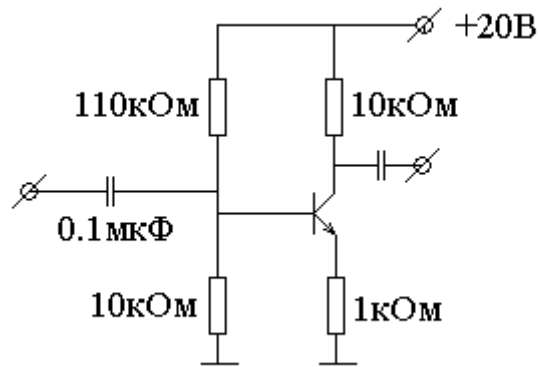


Чтобы оценить качество стабилизации тока нужно учесть эффект Эрли влияния напряжения между коллектором и базой на ток коллектора. Если не учитывать эффект Эрли, то дифференциальное сопротивление источника тока на основе биполярного транзистора бесконечно. На самом деле уменьшение напряжения коллектор–база приводит к небольшому уменьшению тока коллектора. Чтобы вернуть значение тока коллектора нужно увеличить напряжение база–эмиттер примерно на 0.001 долю уменьшения напряжения коллектор–база  $\Delta U_{бэ} = -0.001 \cdot \Delta U_{кб}$ .

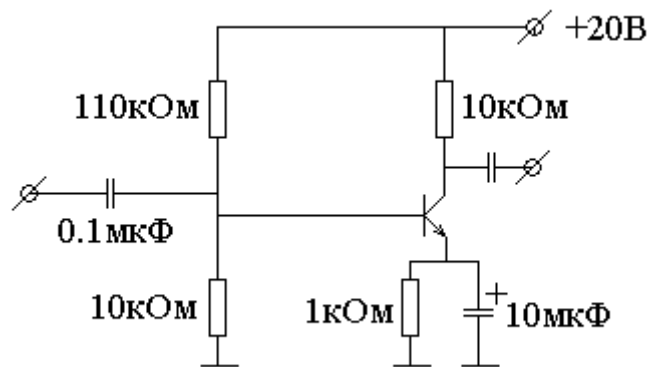
### Усилитель с общим эмиттером.

Усилитель с общим эмиттером означает, что эмиттер транзистора соединен с общим проводом схемы, с проводом который является общим и для входного сигнала и для выходного сигнала схемы.

На представленной ниже схеме эмиттер транзистора соединен с общим проводом схемы через резистор сопротивлением 1 кОм. Тем не менее, эта схема называется усилителем с общим эмиттером. Подразумевается, что это сопротивление мало.

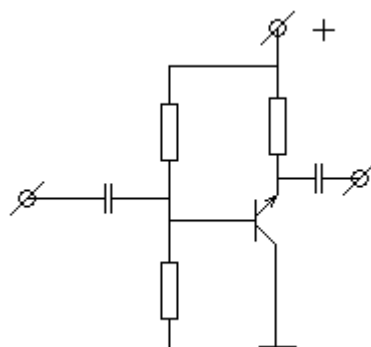
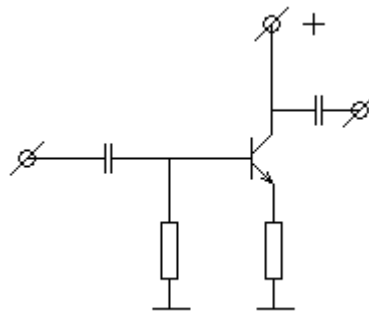


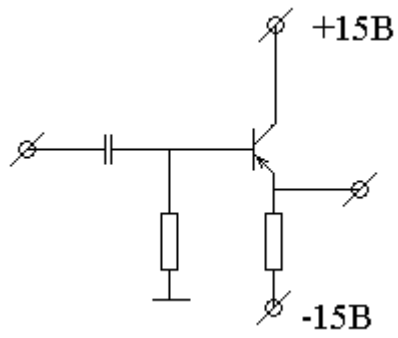
**Смещение усилителя с общим эмиттером.**



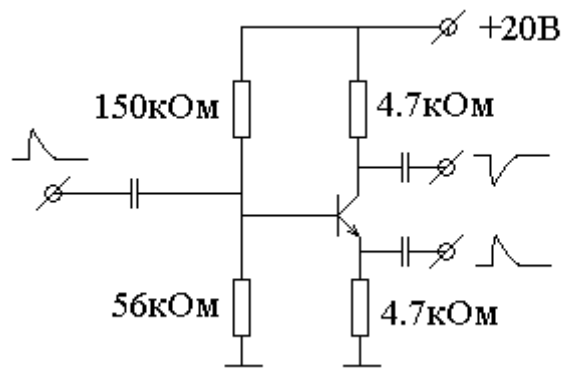
**Негодные транзисторные схемы (на дом).**

Повторители со связью по переменному току:

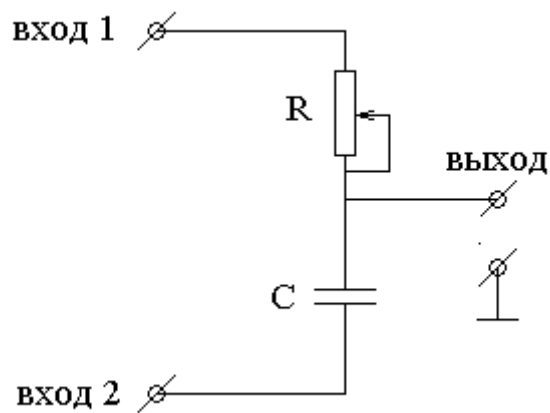




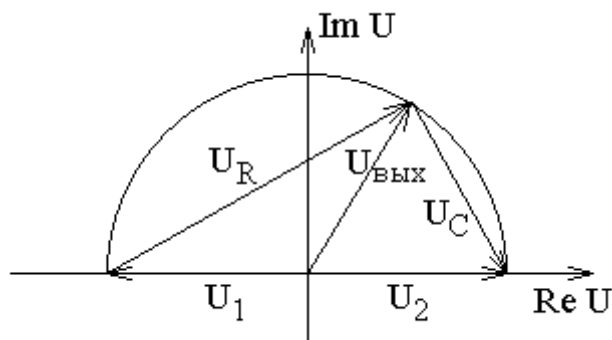
**Расщепление фазы. Фазовращатель.**



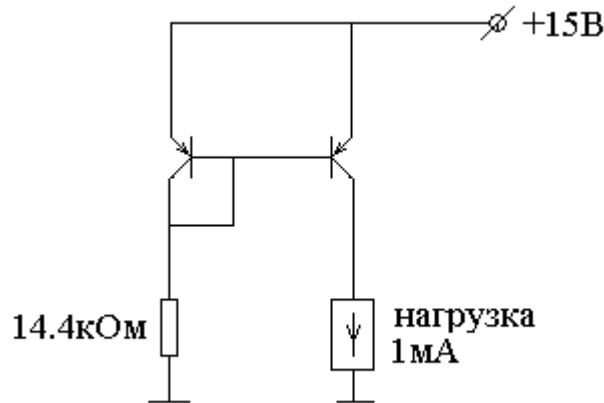
Пусть на входе расщепителя фазы будет синусоидальное напряжение.



1: Рассмотрим напряжение на выходе 2 относительно напряжения на выходе



## Согласованные транзисторы. Токовое зеркало.



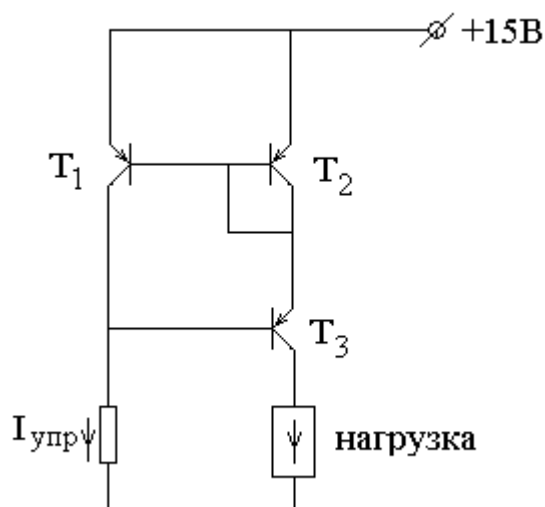
Согласованные транзисторы или согласованная пара транзисторов — это транзисторы с максимально одинаковыми характеристиками. Токовое зеркало часто используется внутри схемы операционного усилителя. Операционные усилители будут рассмотрены позднее.

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,  $\Delta U_{нагр} \approx -15 В$ .

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.

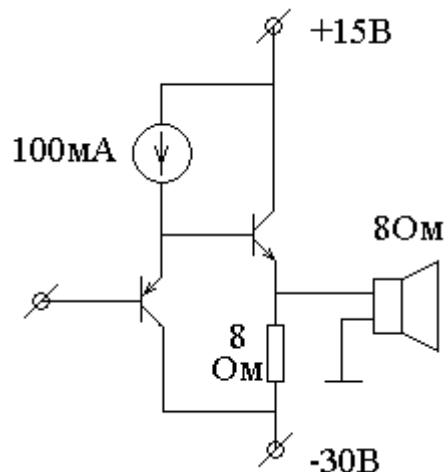
А с другой стороны ток управления уменьшится, так как уменьшится ток базы транзистора  $T_3$ , так что  $\delta I_{T_3 \text{ базы}} \approx -\frac{I_{нагр}}{2\beta}$ , где  $\frac{15 \text{ мВ}}{25 \text{ мВ}} \approx \frac{1}{2}$ .

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

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

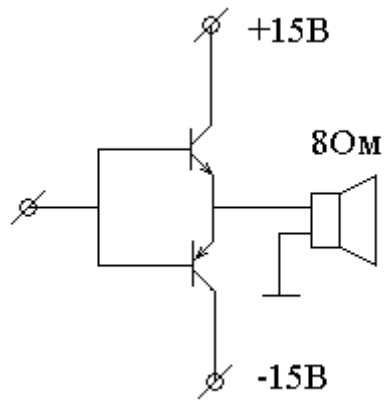
### Двухтактные выходные каскады.

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.