

Проходная проводимость, ее влияние на входные свойства усилительной схемы

Рассмотрим идеализированную схему усилителя с обратной связью, представленную на рис. 1.

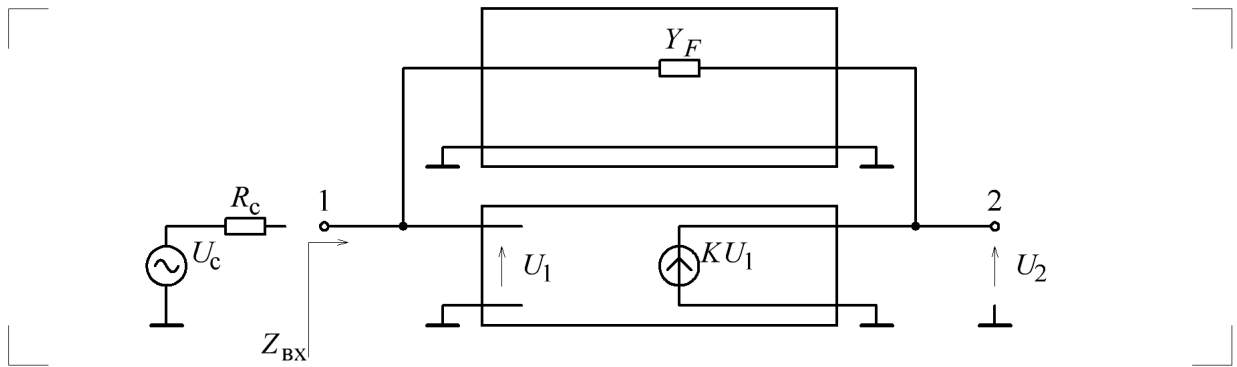


Рис. 1

Полагаем, что усилитель инвертирующий, т. е. $K < 0$. Будем интересоваться входным импедансом этой схемы

$$Z_{\text{вх}F} = Z_{\text{вх}} \frac{1 - T_{\text{вх}}(0)}{1 - T_{\text{вх}}(\infty)}$$

Для определения исходных параметров усилительного тракта сделаем разрыв петли обратной связи так, как это показано на рис. 2.

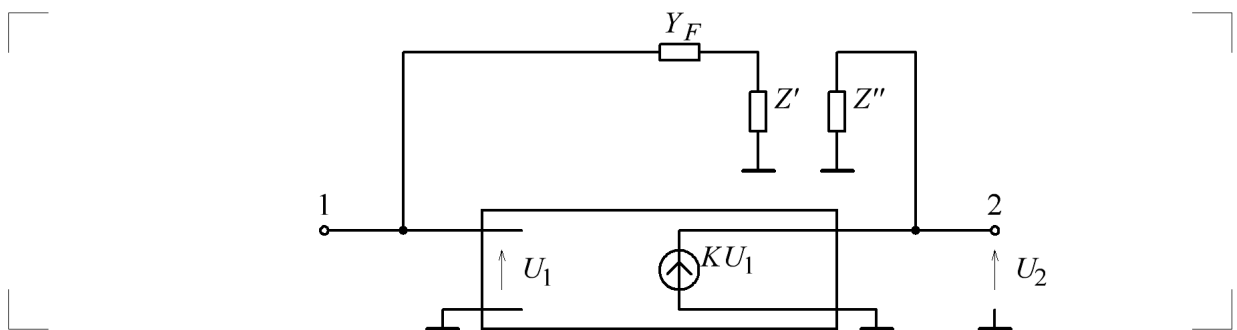


Рис. 2

Тогда $Z_{\text{вх}} = Z_F = \frac{1}{Y_F}$, т. е. при разомкнутой петле $Y_{\text{вх}} = Y_F$ и $T_{\text{вх}}(0) = 0$, $T_{\text{вх}}(\infty) = K$.

При замыкании обратной связи входной импеданс станет равным

$$Z_{\text{вх}F} = \frac{1}{Y_F} \cdot \frac{1}{1 - K}$$

а входная проводимость

$$Y_{\text{вх}F} = Y_F \cdot (1 - K) .$$

Если усилитель инвертирующий ($K < 0$), то

$$Y_{\text{вх}F} = Y_F \cdot (1 + |K|) .$$

Это означает, что при замыкании обратной связи входная проводимость возрастает в $(1 + |K|)$ раз. Последнее обстоятельство имеет важное следствие. Если проводимость обратной связи представляет собой емкость (рис. 3), то входная проводимость схемы с замкнутой обратной связью

$$Y_{\text{вх}F} = Y_F \cdot (1 + |K|) = j 2 \pi f C_F \cdot (1 + |K|)$$

или

$$C_{\text{вх}F} = C_F \cdot (1 + |K|) .$$

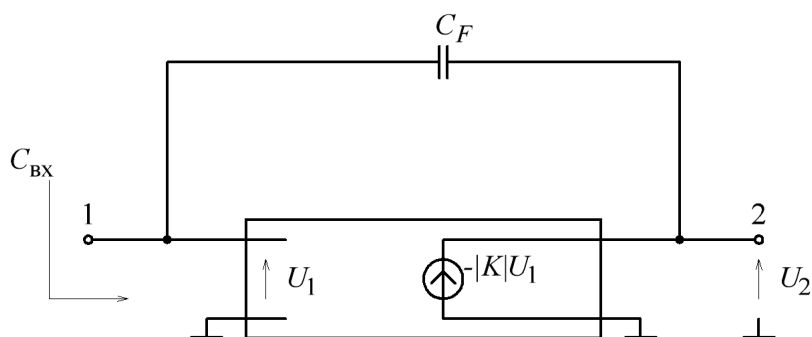


Рис. 3

Как видно входная емкость схемы возрастает в $(1 + |K|)$ раз. Эта емкость совместно с внутренним сопротивлением источника сигнала образует фильтр нижних частот (рис. 4), частота среза которого имеет значение

$$f_{\text{в}} = \frac{1}{R_c C_F (1 + |K|)} .$$

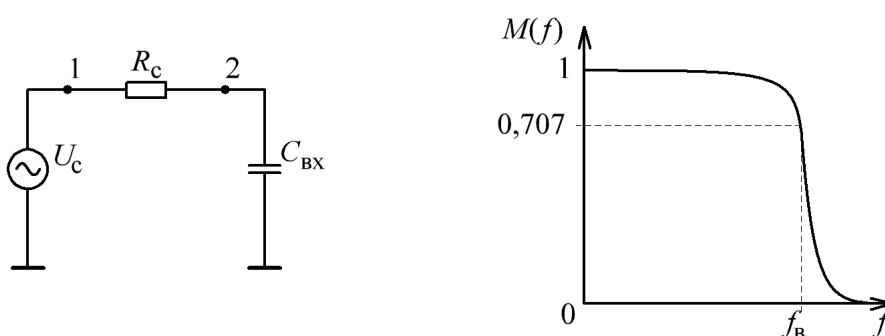


Рис. 4

Таким образом, если вход и выход усилительной инвертирующей схемы связаны между собой паразитной емкостью, то к входной емкости этой схемы добавится увеличенная в $(1 + |K|)$ раз паразитная емкость обратной связи, су-

щественным образом уменьшающая верхнюю граничную частоту среза.

Это явление получило в литературе наименование "эффект Миллера".

В транзисторных схемах эффект Миллера проявляется в частности в схеме ОЭ (рис. 5).

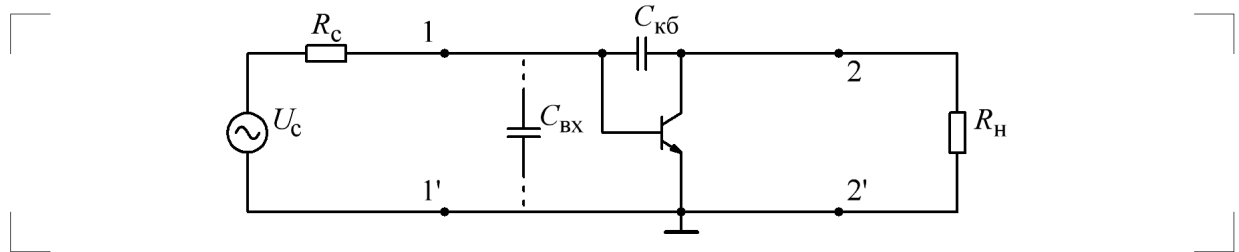


Рис. 5

Схема ОЭ является инвертирующей, паразитная обратная связь образуется через емкость обратно смещенного перехода коллектор-база. Тогда входная емкость каскада будет равна

$$C_{вх F} = C_{кб} \cdot (1 + |K|) + C_{бэ} .$$

Заметим, что в схемах ОК и ОБ эффект Миллера не проявляется, поскольку они не инвертируют сигнал, но коэффициент усиления по мощности в этих схемах ниже, чем в схеме ОЭ. Существуют схемные конфигурации, в которых при сохранении усилительных возможностей каскада ОЭ эффект Миллера оказывается подавленным.

1. Соединение ОК-ОБ (рис. 6)

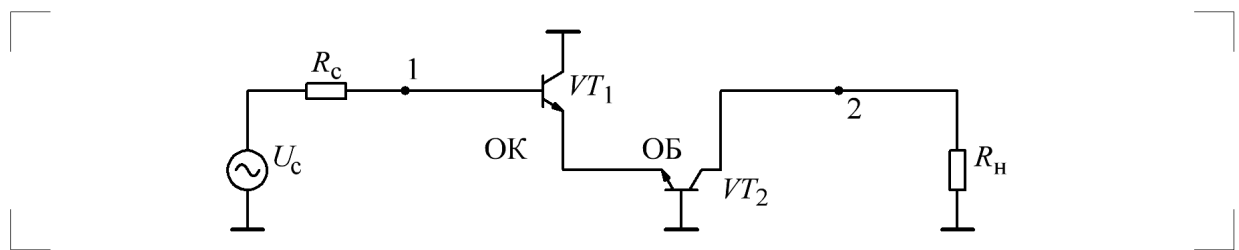


Рис. 6

Первый каскад обеспечивает неинвертирующее усиление по току, второй – неинвертирующее усиление по напряжению. Практически схема может быть построена из двух каскадов с емкостной связью (рис. 7).

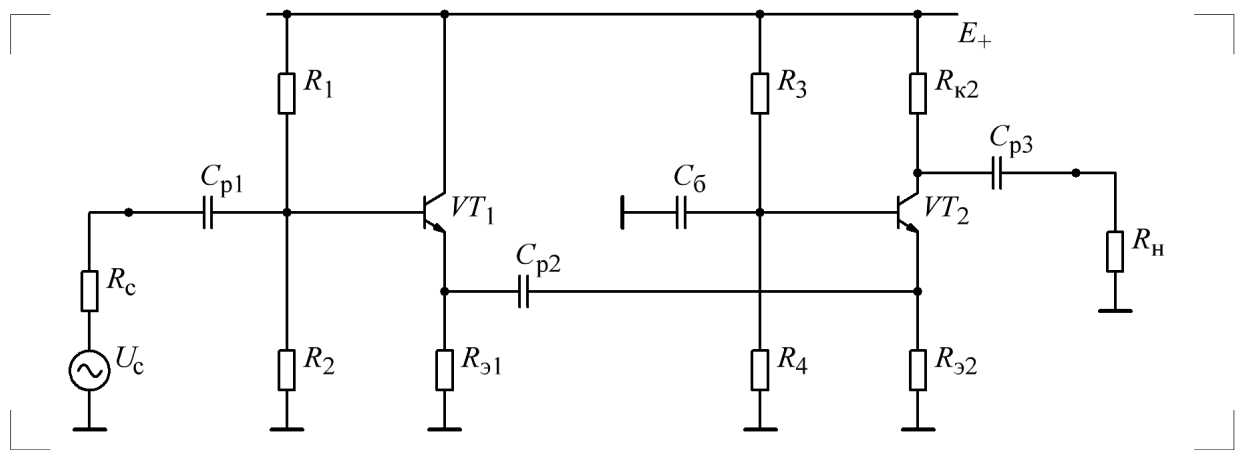


Рис. 7

Однако большее распространение получила схема ОК-ОБ с непосредственной связью между каскадами (рис. 8).

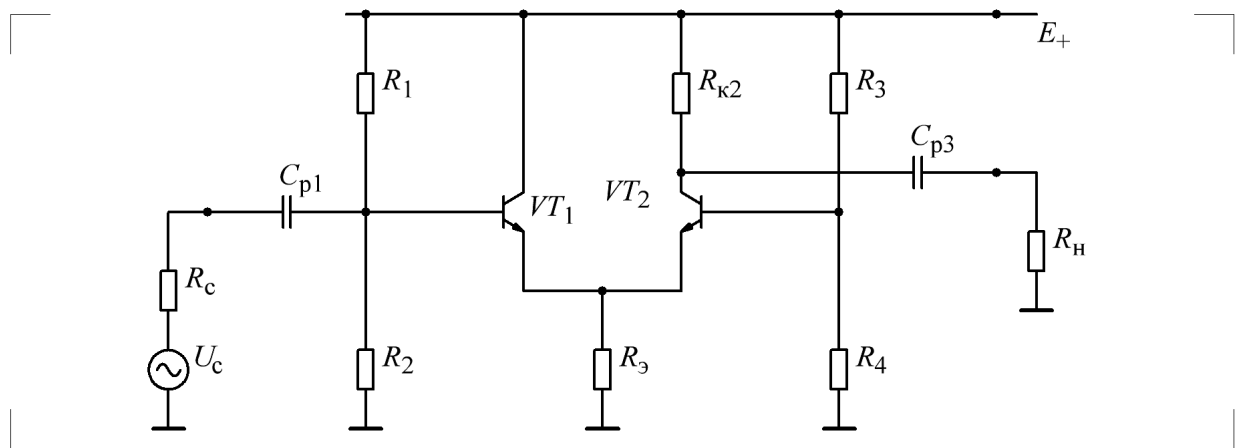


Рис. 8

В этой схеме выбором сопротивлений базовых резисторов устанавливают равные начальные коллекторные токи, которые суммируются в резисторе R_3 .

2. Соединение ОЭ-ОБ (каскадная схема) (рис. 9).

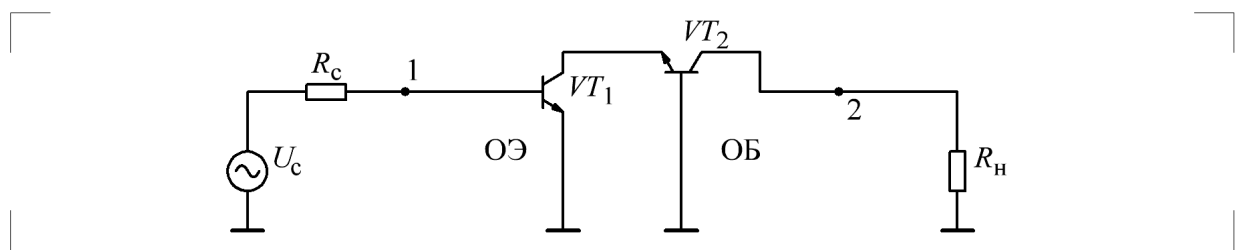


Рис. 9

Здесь второй транзистор, включенный по схеме ОБ, создает для первого транзистора низкоомную нагрузку. Это приводит к низкому коэффициенту передачи напряжения первого каскада, что подавляет проявление эффекта Миллера. Второй транзистор, являясь повторителем тока, отделяет нагрузку схемы от вы-

хода первого каскада, а первый обеспечивает преобразование напряжения в ток.

Схема может быть реализована емкостной связью двух независимых каскадов ОЭ и ОБ (рис. 10).

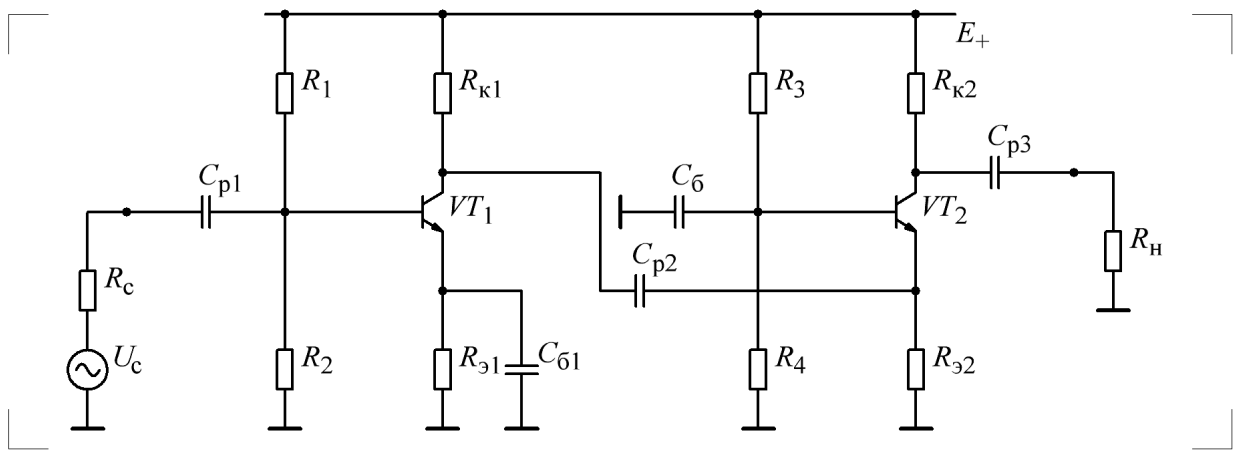


Рис. 10

Однако большее распространение получила схема с последовательным питанием транзисторов (рис. 11).

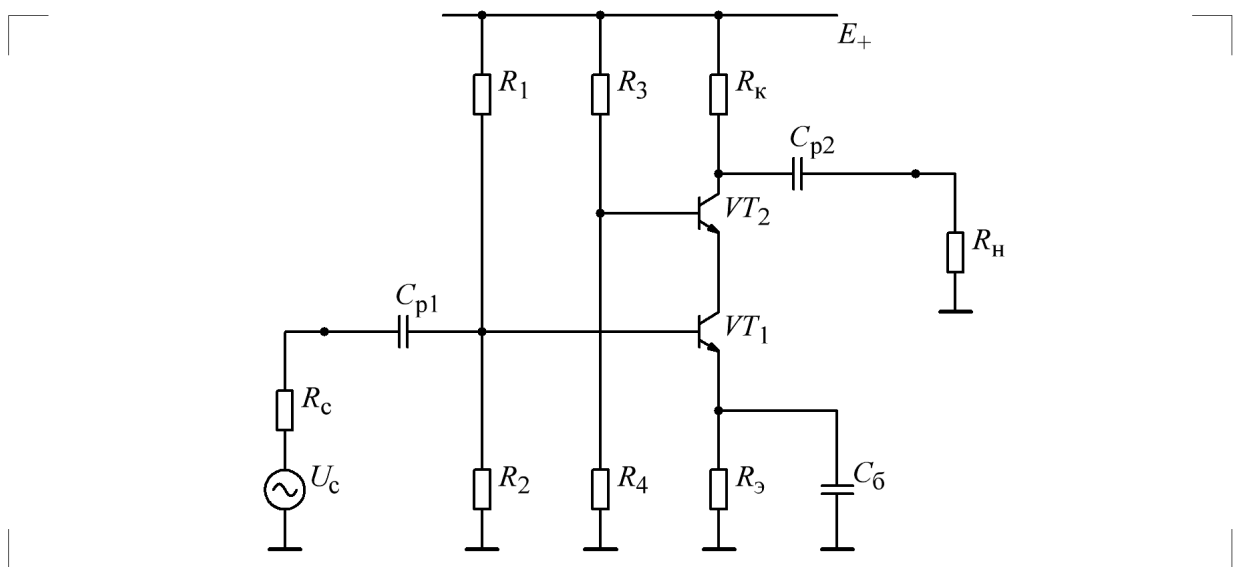


Рис. 11

В этой схеме через транзисторы протекает общий начальный ток коллектора, режим работы первого транзистора на постоянном токе выбирается из обычных соображений, а потенциал базы второго транзистора должен быть достаточно высоким, чтобы обеспечить достаточное напряжение коллектор-эмиттер первого транзистора.