

## Усилитель напряжения и его выходное сопротивление с замкнутой и разомкнутой петлей ООС

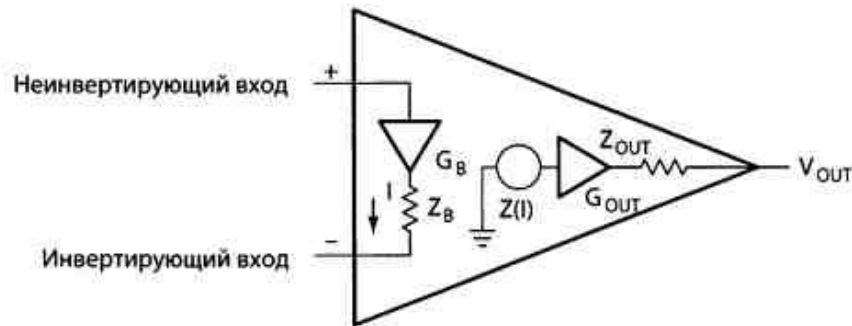
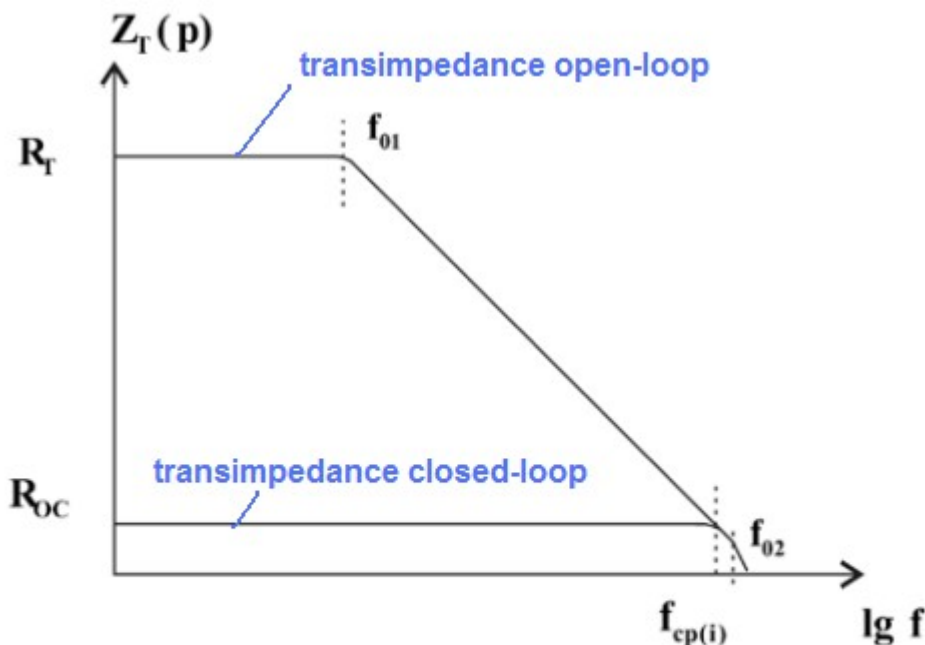


Рис. 9.1. Модель ОУ с ОС по току.

Выходной буфер обеспечивает низкий выходной импеданс усилителя, его коэффициент передачи также считается равным 1. Эти параметры начинают оказывать влияние на поведение схемы при малом сопротивлении нагрузки или её ёмкостном характере, но это пока не рассматривается. Впрочем, с точки зрения обеспечения стабильности схемы на высоких частотах выходным импедансом ОУ уже нельзя пренебрегать.

$Z$  — источник напряжения, управляемый током (трансимпедансный усилитель). Трансимпеданс в ОУ с ОС по току выполняет ту же функцию, что и коэффициент усиления в ОУ с ОС по напряжению. Обычно трансимпеданс очень высок, порядка мегаом, так что коэффициент передачи в ОУ с замкнутой ОС по току и прочие параметры схемы зависят только от параметров пассивных элементов в цепи ОС, так же как и в ОУ с ОС по напряжению.



### Частотная характеристика трансимпеданса для ОУ с токовой ОС

Трансимпеданс УН с токовой ОС эквивалентен  $R_{\text{вых}}$  УН с ООС напряжением и с разомкнутой петлей ООС отвечают за коэффициент усиления по напряжению. Чем выше трансимпеданс или  $R_{\text{вых}}$  УН, тем выше коэффициент усиления на самых низких частотах, тем выше и точность усиления по постоянному току с замкнутой петлей ООС. В усилителях охваченных ООС обе величины полностью определяются цепями внешней ОС.

В усилителе с токовой ОС в нагрузке входного каскада встречно включенные отражатели тока которые представляют собой встречную динамическую нагрузку с высоким выходным

сопротивлением которое и определяет коэффициент усиления с разомкнутой ООС. С разомкнутой петлей ООС выходное сопротивление этого каскада очень высокое (мегаомы), иногда приводят его значение в даташитах, например AD846 имеет трансимпеданс 200 МОм согласно даташита. С замкнутой петлей ООС каскад превращается в генератор напряжения с низким выходным сопротивлением параметры которого полностью определяются внешними цепями ООС усилителя в целом. Аналогичным образом работает и УН в схеме по структуре Лина.

Чтобы определить выходное сопротивление УН операционного усилителя в петле ООС будем исходить от обратного.

Предположим что выходное сопротивление ОУ равно 50 Ом (типовое значение). На выходе стоит повторитель выходное сопротивление которого равно:

$$Z_{\text{вых}} = Z_{\text{ист}} / (h_{21} + 1) = 50 \text{ Ом}$$

$$\text{откуда } Z_{\text{ист}} = Z_{\text{вых}}(h_{21} + 1) \text{ — выходное сопротивление УН}$$

предположим  $h_{21} = 100$ , тогда  $Z_{\text{ист}} = 50(100 + 1) = 5050 \text{ Ом}$  или 5,05 кОм

Поэтому независимо от того какой трансимпеданс или  $R_{\text{вых}}$  УН с разомкнутой петлей ООС выходной импеданс в петле ООС гораздо ниже, в том числе и в том же AD846 с 200 МОм снизится до тех же нескольких кОм. Высокий трансимпеданс говорит только о высоком коэффициенте усиления на постоянном токе и на НЧ (чаще всего до 10 Гц), а далее спад 6 дБ на октаву.

То же самое касается и УМЗЧ, предположим выходное сопротивление с «двойкой» (Шиклаи или Даплингтона без разницы) равно 0,04 Ома (демпинг-фактор = 100 скромное значение). Предположим  $h_{21}$  транзисторов равны по 100, суммарный равен  $100 \times 100 = 10000$  тогда выходное сопротивление УН (в том числе Валета) равно  $0,04 \times 10000 = 400 \text{ Ом}$ !

ВК УМЗЧ просто физически не может работать от источника с высоким выходным импедансом, в том числе и в петле ООС. В противном случае его выходное сопротивление было бы

$$Z_{\text{вых}} = Z_{\text{ист}} / (h_{21} \times h_{21} + 1) = 1 \text{ МОм} / 10000 = 1000000 / 10000 = 100 \text{ Ом}, \text{ а не } 0,04 \text{ Ома}$$