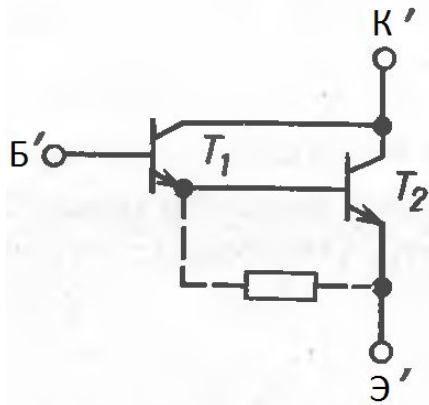


Схема Дарлингтона

Когда усиления по току одного транзистора не достаточно, цепь дополняют еще одним транзистором и схема представляется как составной транзистор.

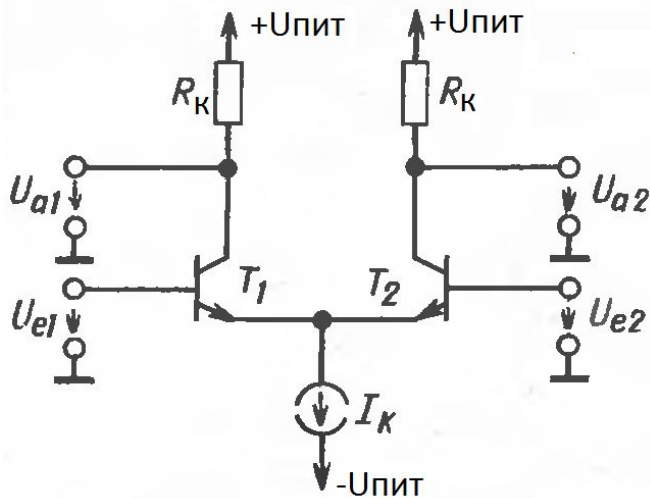


$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2; \quad S = \frac{I_K}{2U_{бэ}};$$

$$r_{бэ} = 2\beta \frac{U_{бэ}}{I_K}; \quad r_{кэ} = \frac{2}{3} r_{кэ2};$$

В составной транзистор могут входить два комплиментарных транзистора.

Дифференциальные усилители.



Это симметричные усилители постоянного напряжения с двумя входами и двумя выходами. В общую эмиттерную цепь включен источник стабильного тока. Он обеспечивает постоянство суммы эмиттерных токов. При отсутствии сигнала токи $I_{к1}=I_{к2}$ и $I_{э1}=I_{э2}$. Это равенство не изменяется, если оба входных напряжения получат приращения на одну и ту же величину (синфазный сигнал)

Выходное напряжение остается равным нулю, т.е. коэффициент усиления синфазного сигнала равен нулю. Если $U_{e1} > U_{e2}$, то I_{k1} увеличится, а I_{k2} уменьшится, т.е. разность входных напряжений вызывает изменение выходного сигнала.

Дифференциальный усилитель имеет малый дрейф нуля, хорошо приспособлен для усиления постоянного тока. Если нужно усилить не разность напряжений, а входное напряжение, один из входов заземляется.

$$A_{\text{д}} = \frac{dU_{a1}}{dU_{\text{д}}} = -\frac{dU_{a2}}{dU_{\text{д}}} = -\frac{1}{2} \cdot s \cdot (R_{\text{к}} || r_{\text{кэ}});$$

Коэффициент усиления:

$$A_{\text{д}} \approx 50 \div 100;$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала $A_{\text{синф.}} = \frac{dU_{a1}}{dU_{\text{синф.}}} = \frac{dU_{a2}}{dU_{\text{синф.}}} = -\frac{1}{2} \frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{ист.тока}}};$

$$A_{\text{синф.}} \approx 10^{-3};$$

Коэффициент ослабления синфазного сигнала:

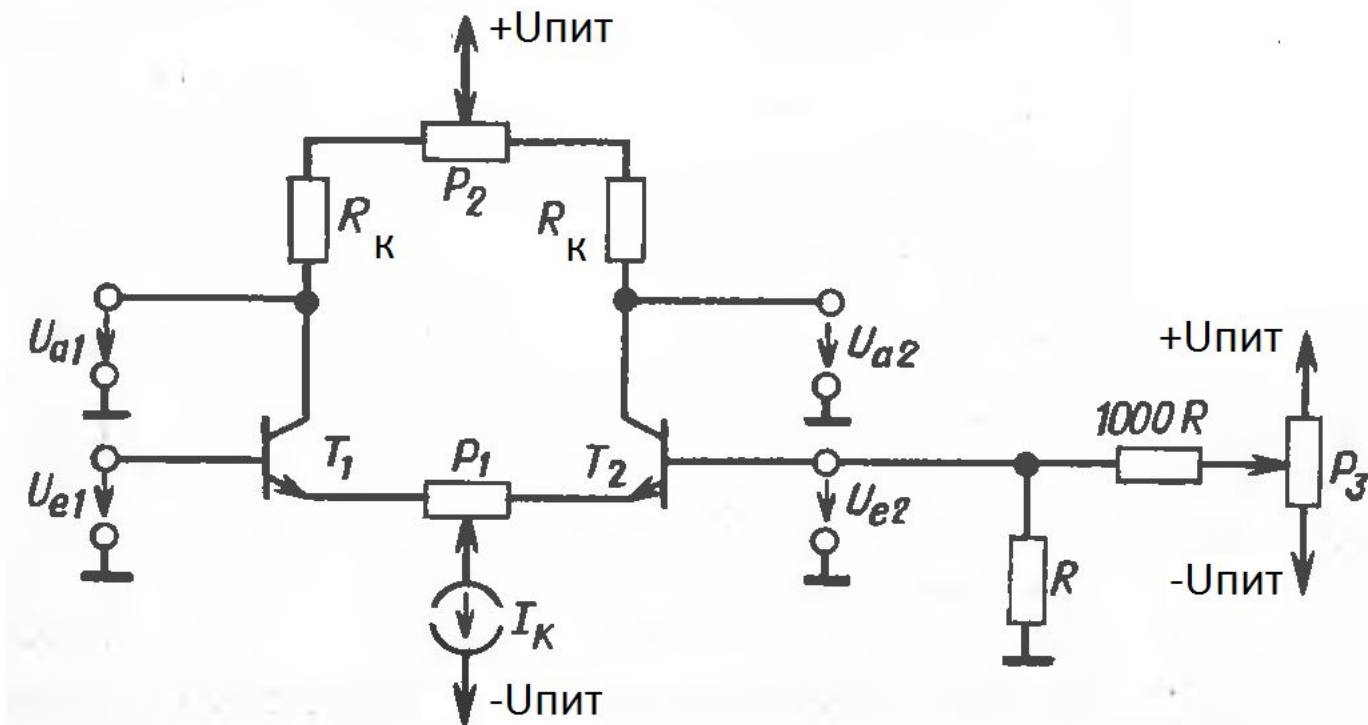
$$G = \frac{A_{\text{д}}}{A_{\text{синф.}}} = s \cdot r_{\text{ист.тока}};$$

$$G \approx 130000 = 102 \text{дб};$$

На частотах больших чем 1 МГц характеристики усилителя ухудшаются.

Напряжение разбаланса

У двух транзисторов при равных I_K напряжения $U_{Бэ}$ немного различаются. Поэтому при $U_{диф} = 0$, выходное напряжение может быть не равно нулю. Напряжение разбаланса – это разность входных напряжений, которую нужно приложить, чтобы получить на выходе. ($U_{a1} = U_{a2}$)



P_1 , P_2 , P_3 -потенциометры (варианты установки нуля).

Внешний вид транзисторов.

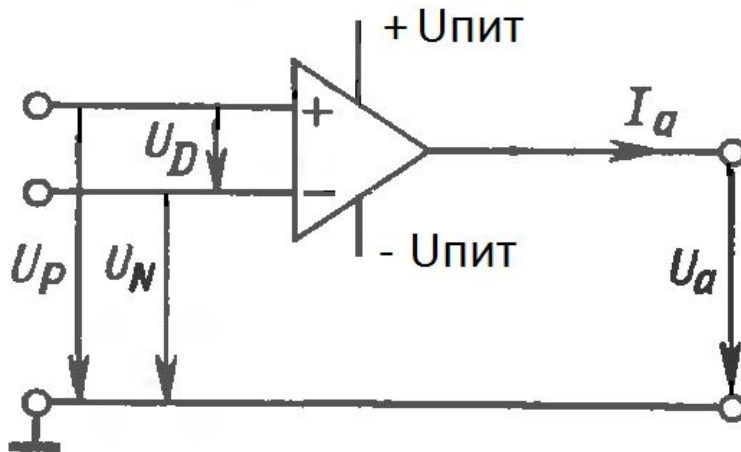


Операционный усилитель

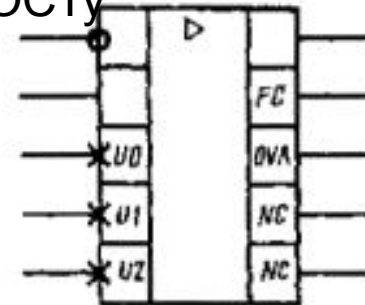
Свойства и параметры обычного усилителя определяются его схемой. Свойства и параметры операционного усилителя определяются, в основном, параметрами цепи обратной связи. ОУ выполняется по схеме усилителя постоянного тока с нулевым значением напряжения смещения нуля, с большим коэффициентом усиления, высоким входным и низким выходным сопротивлениями.

Свойства операционного усилителя

Входной каскад выполняется в виде дифференциального усилителя, поэтому ОУ имеет два входа.



обозначение по
ГОСТу



P- вход называется неинвертирующим и обозначен знаком "+",
N - вход называется инвертирующим и обозначен знаком "-".

$$U_{\text{пит}} = \pm 15\text{В.}$$

Технические характеристики ОУ

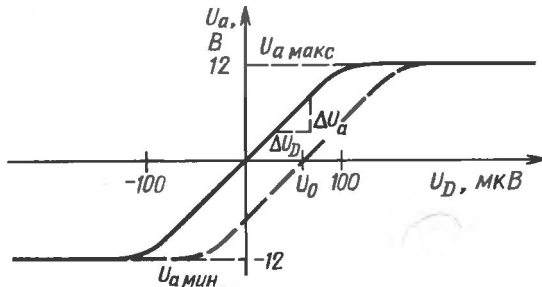
Дифференциальный коэффициент усиления :

$$A_{\text{Д}} = \frac{\Delta U_{\text{а}}}{\Delta U_{\text{Д}}} = \begin{cases} \frac{\Delta U_{\text{а}}}{\Delta U_{\text{Р}}}, & \text{при } |U_{\text{N}} = \text{const} \\ -\frac{\Delta U_{\text{а}}}{\Delta U_{\text{N}}}, & \text{при } |U_{\text{Р}} = \text{const} \end{cases};$$

$$A_{\text{Д}} \approx 10^4 \div 10^5;$$

Собственный коэффициент усиления ОУ характеризует крутизну нарастания.

Зависимость выходного напряжения от разности входных напряжений.



$U_{\text{а макс}}$ и $U_{\text{а мин}}$ зависят от соответствующего напряжения питания примерно на 3В. Для реальных ОУ характеристики могут не проходить через ноль. Чтобы сделать выходное напряжение равным нулю, на вход необходимо подать разность напряжений U_0 .

U_0 – напряжение смещения нуля.

От 3 до 10 мкВ/град.

Температурный дрейф ОУ:

Временной дрейф ОУ:

несколько мкВ/месяц.

Дрейф, обусловленный суммарным изменением напряжения питания:

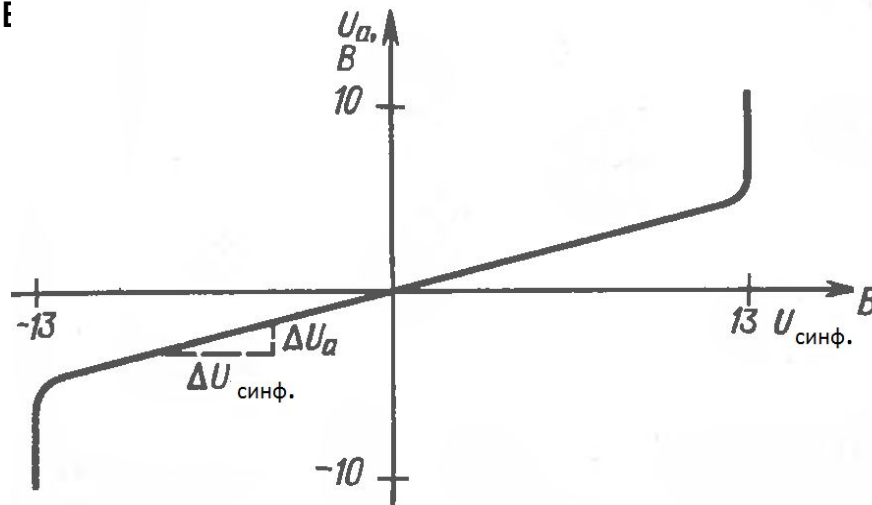
10
÷100мкВ/В.

$$U_a = A_D(U_P - U_N);$$

$$A_{\text{синф}} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_{\text{синф}}} \neq 0 \quad \text{— коэффициент усиления синфазного сигнала}$$

$$G = \frac{A_D}{A_{\text{синф}}} \sim 10^5 \quad \text{— коэффициент ослабления синфазного сигнала.}$$

При больших значениях синфазного сигнала сигнал на выходе резко

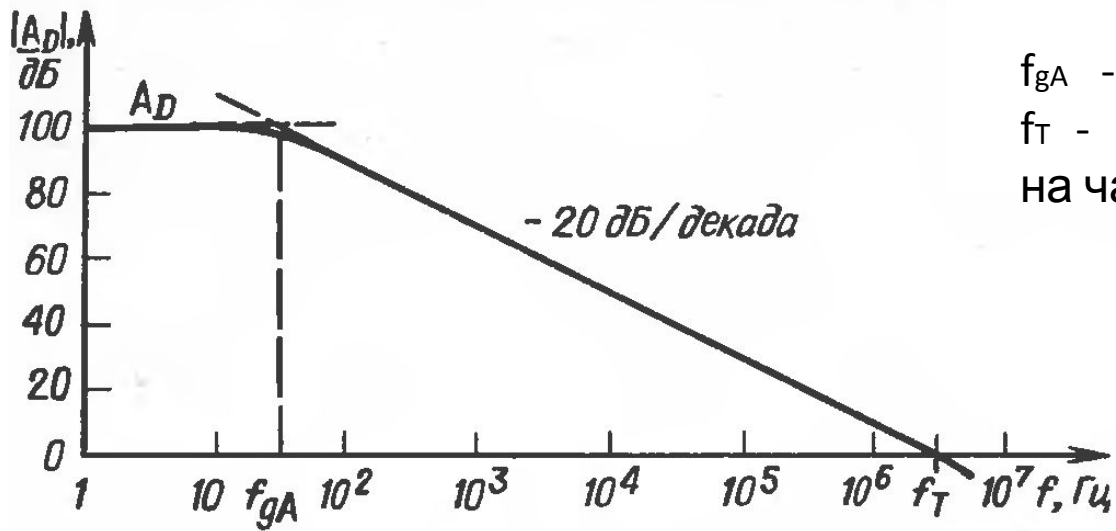


Граница области ослабления синфазного сигнала отстоит на 2 В от напряжения питания.

Частотные свойства

ОУ:

ОУ, предназначенные для универсального использования, из соображений устойчивости должны иметь частотную характеристику, подобную характеристике фильтра нижних частот первого порядка. Это требование должно выполняться до частоты, на которой модуль $|A_D|=1$. Для выполнения этого требования в схему усилителя вводят частотную коррекцию.



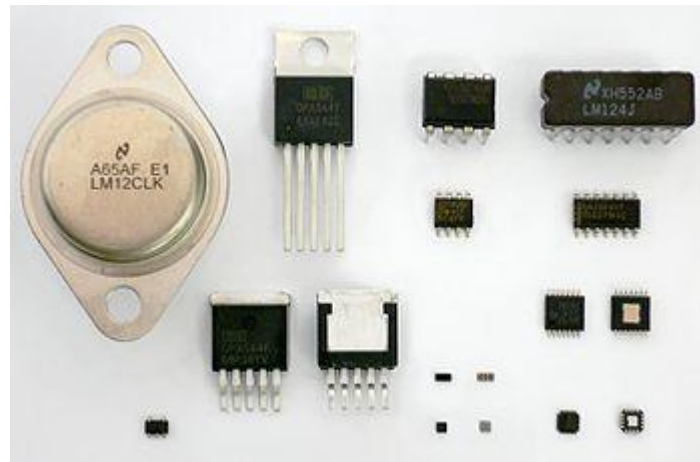
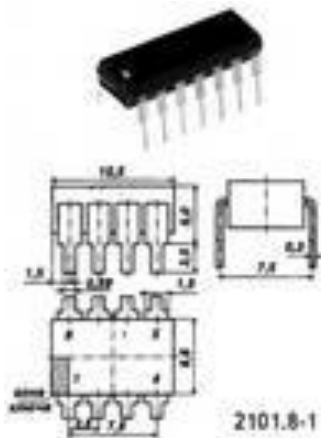
f_{gA} - граница полосы пропускания.
 f_T - частота единичного усиления.
 на частоте f_T $|A_D|=1$.

$$f_T = |A_D|f$$

Входное сопротивление ОУ.

Входное сопротивление для дифференциального сигнала $r_{д} \sim \text{МОм}$.

Входное сопротивление для синфазного сигнала $r_{синф} \sim \text{ГОм}$.



Типовые параметры интегральных операционных усилителей без внешних обратных связей при напряжении питания ± 15 В.

Параметр	Символ	Стандартные усилители		Специальные усилители	
		на базе биполярных транзисторов μ А 741	на базе полевых транзисторов LF 356	на базе биполярных транзисторов μ А 714А	на базе полевых транзисторов 3528 СМ
Дифференциальный коэффициент усиления	A_D	10^5	10^5	$5 \cdot 10^5$	10^5
Коэффициент ослабления синфазного сигнала	G	$3 \cdot 10^4$	10^5	10^6	10^4
Полоса пропускания с ослаблением на границах 3 дБ	$f_{\partial A}$	10 Гц	50 Гц	2 Гц	7 Гц
Произведение усиление-полоса пропускания	f_T	1 МГц	5 МГц	1 МГц	700 кГц
Дифференциальное входное сопротивление	r_D	10^6 Ом	10^{12} Ом	$6 \cdot 10^7$ Ом	10^{13} Ом
Синфазное входное сопротивление	r_{GI}	10^9 Ом	10^{14} Ом	$2 \cdot 10^{11}$ Ом	10^{15} Ом
Входной ток при отсутствии сигнала	I_B	80 нА	30 пА	$\pm 0,7$ нА	0,05 пА
Напряжение смещения	U_0	1 мВ	3 мВ	10 мкВ	0,2 мВ
Дрейф напряжения смещения	$\Delta U_0 / \Delta \vartheta$	6 мкВ/К	5 мкВ/К	0,2 мкВ/К	5 мкВ/К
Коэффициент ослабления изменения напряжения питания	$\Delta U_0 / \Delta U_b$	15 мкВ/В	10 мкВ/В	3 мкВ/В	25 мкВ/В
Область ослабления синфазного сигнала	$U_{GI \max}$	± 13 В	+15 В, -12 В	± 14 В	± 12 В
Область усиления по выходному напряжению	$U_{a \max}$	± 13 В	± 13 В	± 13 В	± 12 В
Максимальный выходной ток	$I_{a \max}$	± 20 мА	± 20 мА	± 20 мА	± 10 мА
Выходное сопротивление	r_a	1 кОм	50 Ом	60 Ом	1,5 кОм
Потребляемый ток	I_b	1,7 мА	5 мА	2,5 мА	1 мА