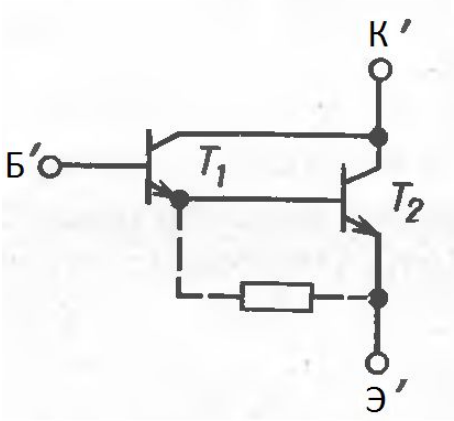
Схема Дарлингтона

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

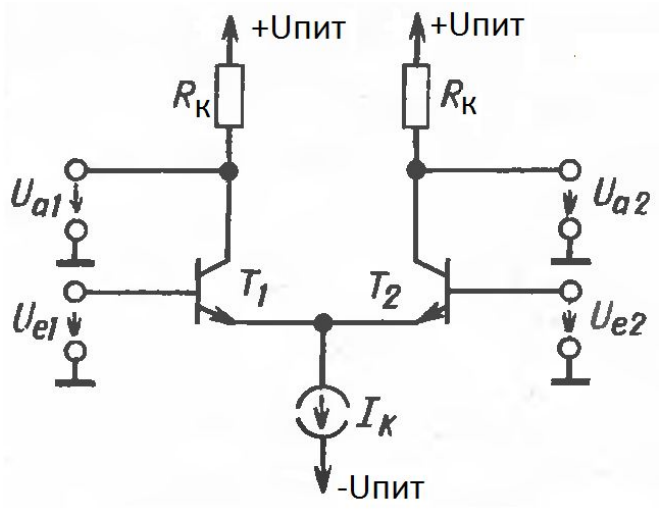


$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2; \qquad s = \frac{I_к}{2U_{бэ}};$$

$$r_{бэ} = 2\beta \frac{U_{бэ}}{I_к}; \qquad r_{кэ} = \frac{2}{3} r_{кэ2};$$

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 относительно нуля, то один из входов заземляется.

Коэффициент усиления:

$$A_д = \frac{dU_{a1}}{dU_д} = -\frac{dU_{a2}}{dU_д} = -\frac{1}{2} \cdot s \cdot (R_к || r_{кэ});$$

$$A_д \approx 50 \div 100;$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала:

$$A_{синф.} = \frac{dU_{a1}}{dU_{синф.}} = \frac{dU_{a2}}{dU_{синф.}} = -\frac{1}{2}\frac{R_к}{r_{ист.тока}};$$

$$A_{синф.} \approx 10^{-3};$$

Коэффициент ослабления синфазного сигнала:

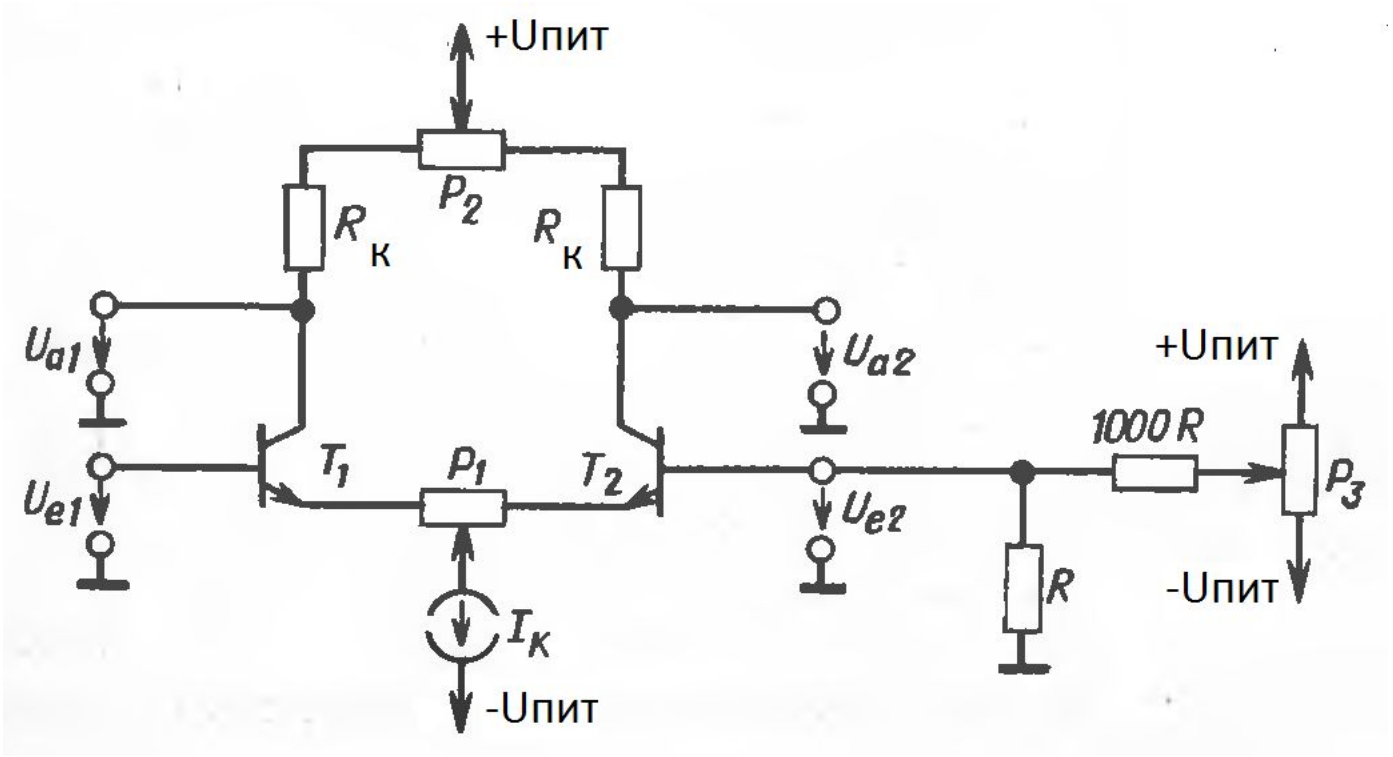
$$G = \frac{A_д}{A_{синф.}} = s \cdot r_{ист.тока};$$

$$G \approx 130000 = 102дб;$$

На частотах больших чем 1 МГц характеристики усилителя ухудшаются.

Напряжение разбаланса

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



P1, P2, P3-потенциометры (варианты установки нуля).

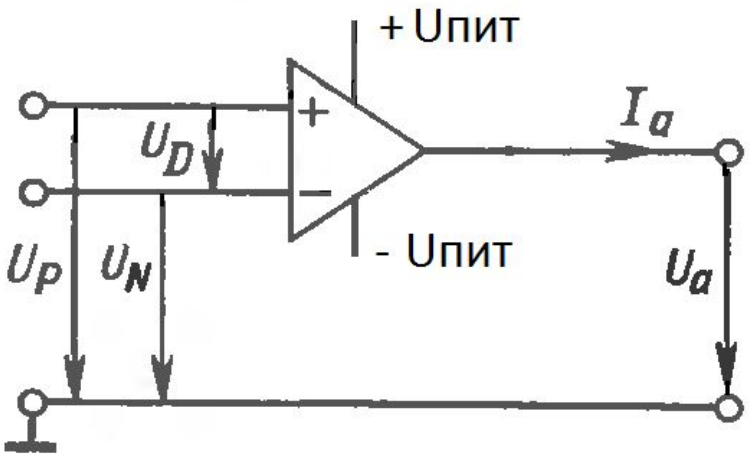
Внешний вид транзисторов.

Операционный усилитель

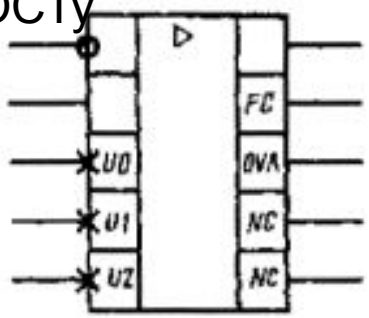
Свойства и параметры обычного усилителя определяются его схемой. Свойства и параметры операционного усилителя определяются, в основном, параметрами цепи обратной связи. ОУ выполняется по схеме усилителя постоянного тока с нулевым значением напряжения смещения нуля, с большим коэффициентом усиления, высоким 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 “-”.
Uпит = $\pm$ 15В.

Технические характеристики ОУ

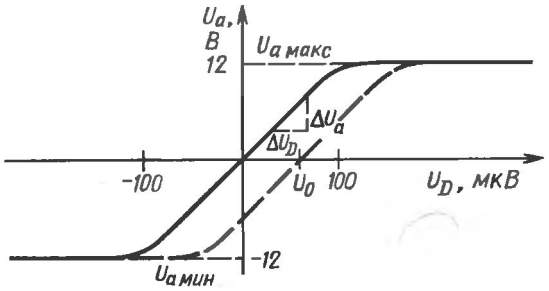
Дифференциальный коэффициент усиления :

$$А_Д = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_Д} = \begin{cases} \frac{\Delta U_а}{\Delta U_Р}, & \text{при } |_{U_N=const} \\ -\frac{\Delta U_а}{\Delta U_N}, & \text{при } |_{U_Р=const} \end{cases};$$

$$А_Д \approx 10^4 \div 10^5;$$

Собственный коэффициент усиления ОУ характеризует крутизну нарастания.

Зависимость выходного напряжения от разности входных напряжений.



$U_{a\,\max}$ и $U_{a\,\min}$ отстоят 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 Uo.

Uo – напряжение смещения нуля.

Температурный дрейф ОУ:

От 3 до 10 мкВ/град.

Временной дрейф ОУ:

несколько мкВ/месяц.

Дрейф, обусловленный суммарным изменением напряжения питания:

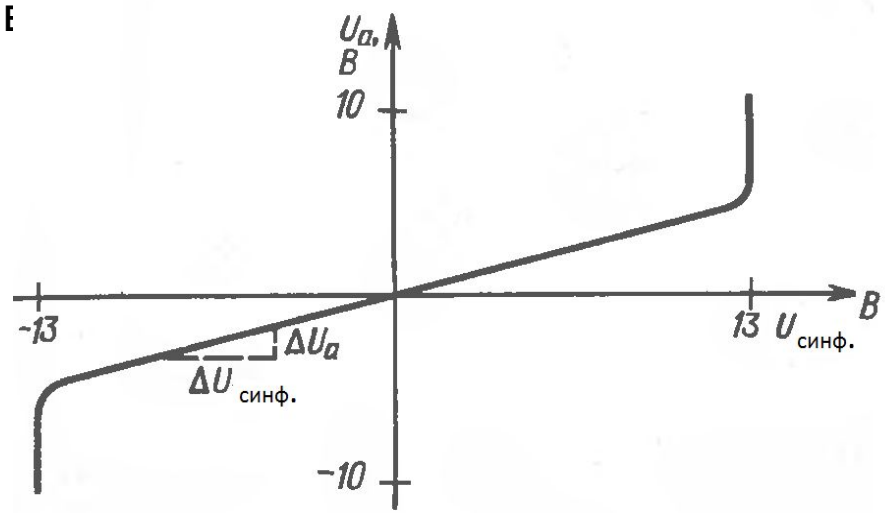
10 ÷100мкВ/В.

$$U_a = A_Д(U_P - U_N);$$

$$A_{синф} = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_{синф.}} \neq 0$$ –коэффициент усиления синфазного сигнала

$$G = \frac{A_Д}{A_{синф}} \sim 10^5$$ - коэффициент ослабления синфазного сигнала.

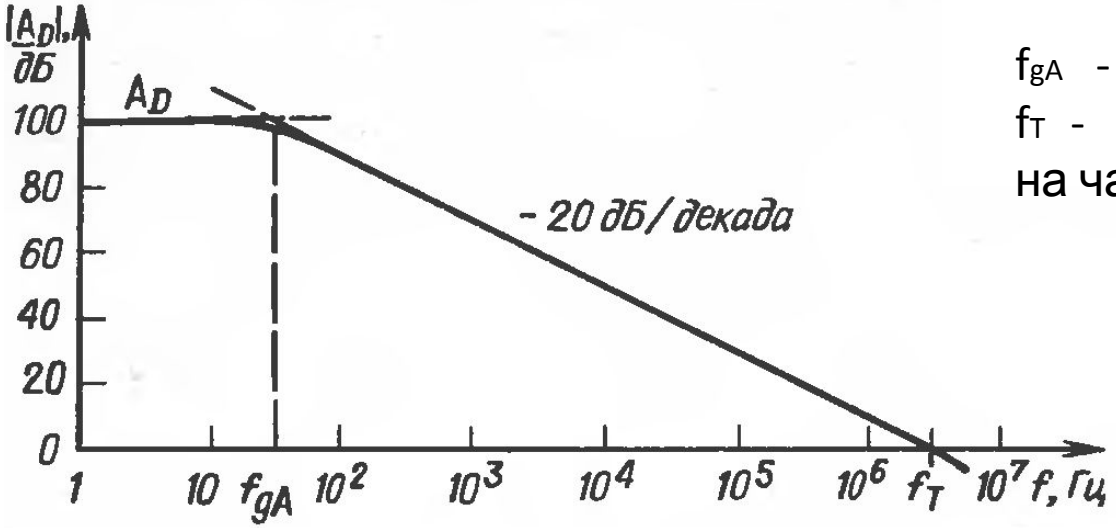
При больших значениях синфазного сигнала сигнал на выходе резко



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 |Ад|=1. Для выполнения этого требования в схему усилителя вводят частотную коррекцию.



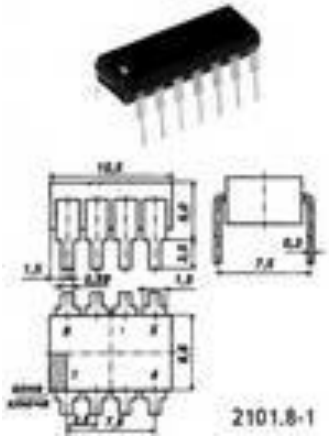
f_{gA} - граница полосы пропускания.
f_T - частота единичного усиления.
на частоте f_T |Ад|=1.

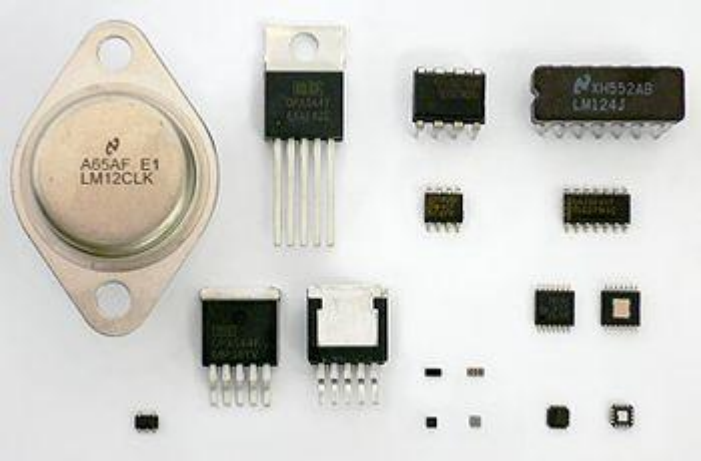
$$f_T = |A_д| f$$

Входное сопротивление ОУ.

Входное сопротивление для дифференциального сигнала rд~МОм.

Входное сопротивление для синфазного сигнала rсинф~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 μA 741	на базе полевых транзисторов LF 356	на базе биполярных транзисторов μA 714A	на базе полевых транзисторов 3528 CM
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_{gA}	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_{Gl}	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	±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	$U_{Gl\text{макс}}$	±13 В	+15 В, −12 В	±14 В	±12 В
Область усиления по выходному напряжению	$U_{a\text{макс}}$	±13 В	±13 В	±13 В	±12 В
Максимальный выходной ток	$I_{a\text{макс}}$	±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