

# **ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ**

## **Модуль 3. Схеми радіоелектроніки**

### **Лекція №3**

Викладач:

Кан.-фіз. мат. наук, доцент КЯФ

Єрмоленко Руслан Вікторович

# План лекції

- Підсилювач потужності – однотактний, двотактний.
- Підсилювач постійного струму.
- Диференційний підсилювач
- Операційний підсилювач.

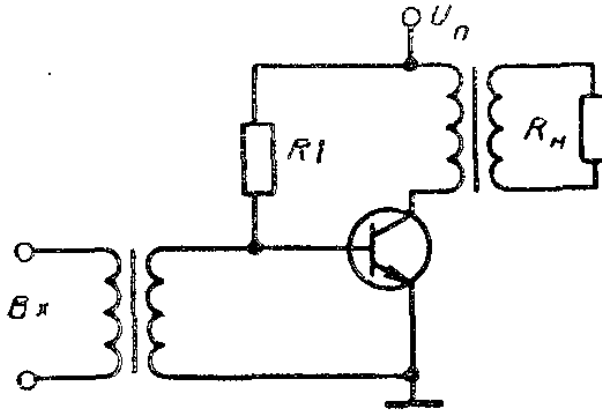
# Література

- Исаков.Ю.А., Платонов А.П. Основы промышленной электроники. К.:Техніка, 1976., гл.9, п.1-2, гл.10, п.1-3.
- И.П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., Энергия, 1977. гл.11, п.11-1, 11-2, гл.12, п.12-1...12-3, гл.13, гл.14, п.14-1...14-3
- Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. Изд. 2-е. гл.5, п.13, гл.6, п.8. М.: Радио и связь, 1985., гл.11, п.1-4, гл.10, п.1-5.
- Москатов Е.А. Электронная техника. Таганрог, 2004, ст.81-84.

# Підсилювач потужності

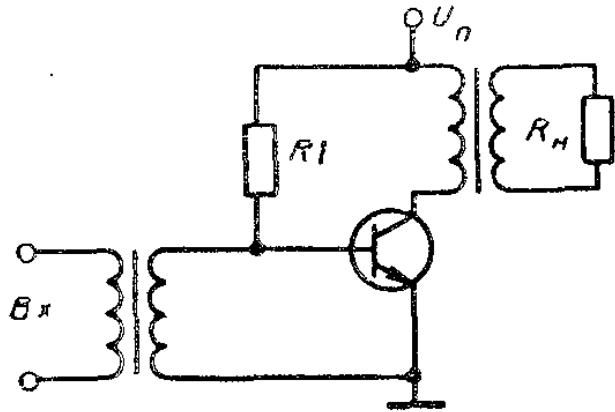
- **Однотактні підсилювачі** – підсилювальні каскади, які складаються з одного або декількох паралельно ввімкнених підсилюючих елементів, на вхід яких подають одну вхідну напругу і з виходу знімають одну вихідну напругу підсиленого сигналу
- Однотактні підсилювачі класифікуються за способом підключення навантаження: трансформаторні та безтрансформаторні
- Аперіодичні підсилювачі підсилюють широкополосні сигнали(підсилення звуків та відеосигналів)
- Резонансні підсилювачі підсилюють вузькополосні радіочастотні коливання

# Підсилювач потужності з трансформаторним включенням нагрзуки



- Обмотка має малий опір постійній складовій струму, тому при відсутності змінної складової вхідного сигналу в ній створюється мала напруга
- Змінна вхідна напруга створює змінну складову колекторного струму і магнітний потік в трансформаторі – > з'являється змінна ЕДС з частотою сигналу. Якщо трансформатор підвищувальний то можна отримати підсилення потужності

# ККД підсилювача потужності, режим А



Потужність від дж.  
Постійного струму

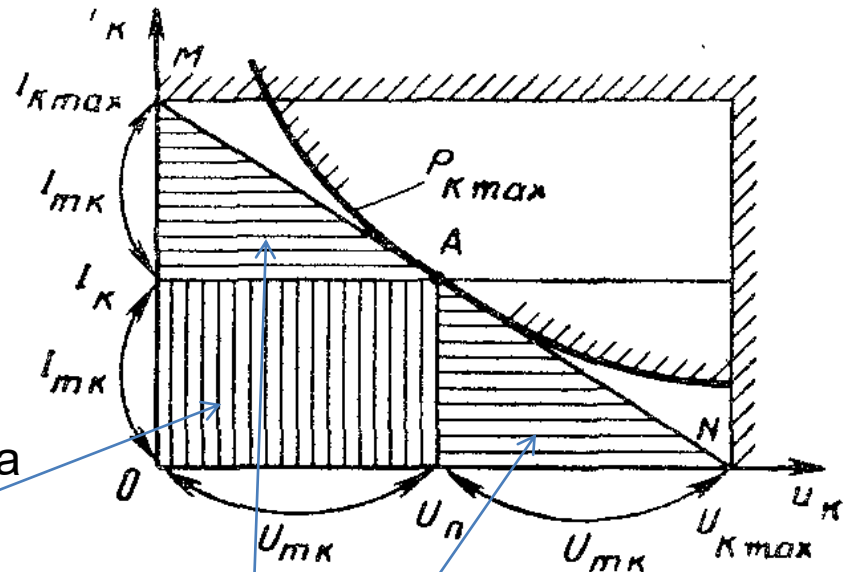
$$P_{\text{==}} = I_K U_n$$

Площа

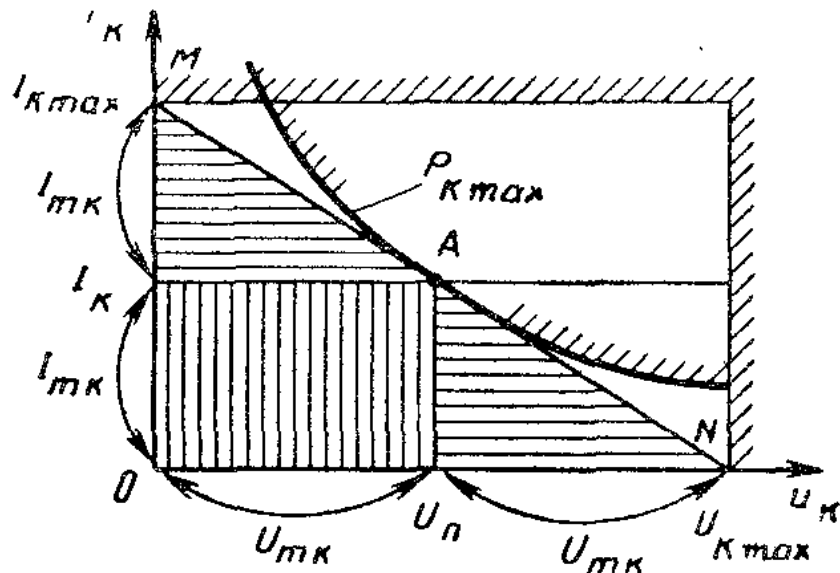
$$P_{\sim \text{max}} = 0,5 I_{\text{тк}} U_{\text{тк}}$$

Потужність  
змінного  
струму

$$\eta = P_{\sim} / P_{\text{==}} \quad \text{ККД}$$



# ККД підсилювача потужності, режим А



Якщо колекторна напруга та струм максимальні:

$$\eta_{\max} = P_{\sim \max} / P_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \frac{I_{\text{мк}}}{I_K} \frac{U_{\text{мк}}}{U_n}$$

$$I_{\text{мк}} = I_K$$

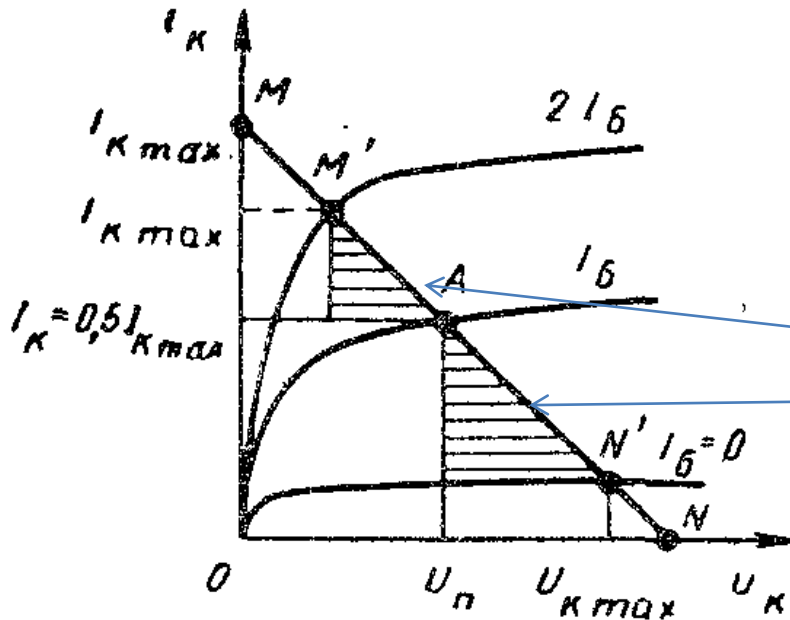
$$U_{\text{мк}} = U_n$$



$$\eta_{\max} = 0,5$$

При ідеальних  
характер.  
транзистора

# ККД підсилювача потужності, режим А



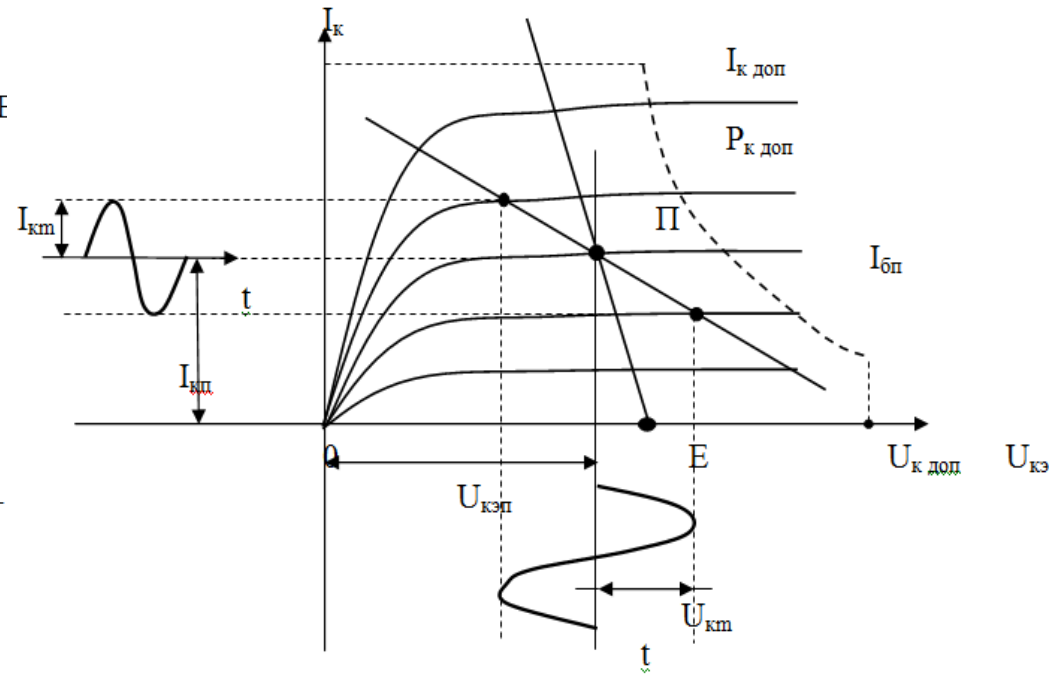
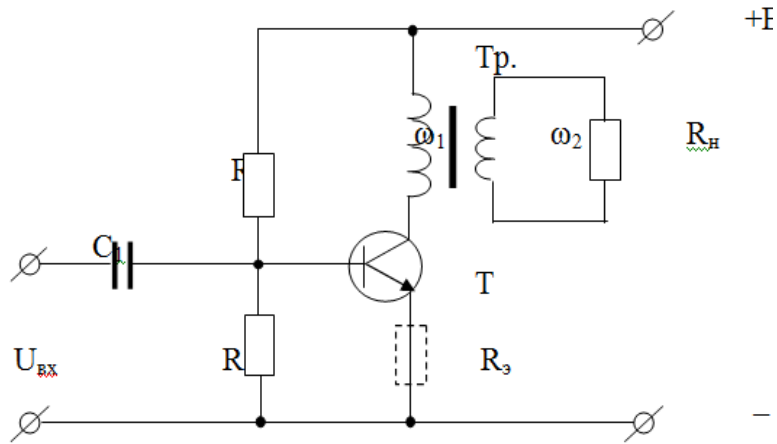
Зі збільшенням струму колектора зменшується коефіцієнт передачі струму  $h_{21\vartheta}$

Тому площі  
відрізняються.

$$I_{m\kappa \max} \leq I_K$$

**ККД < 50%**



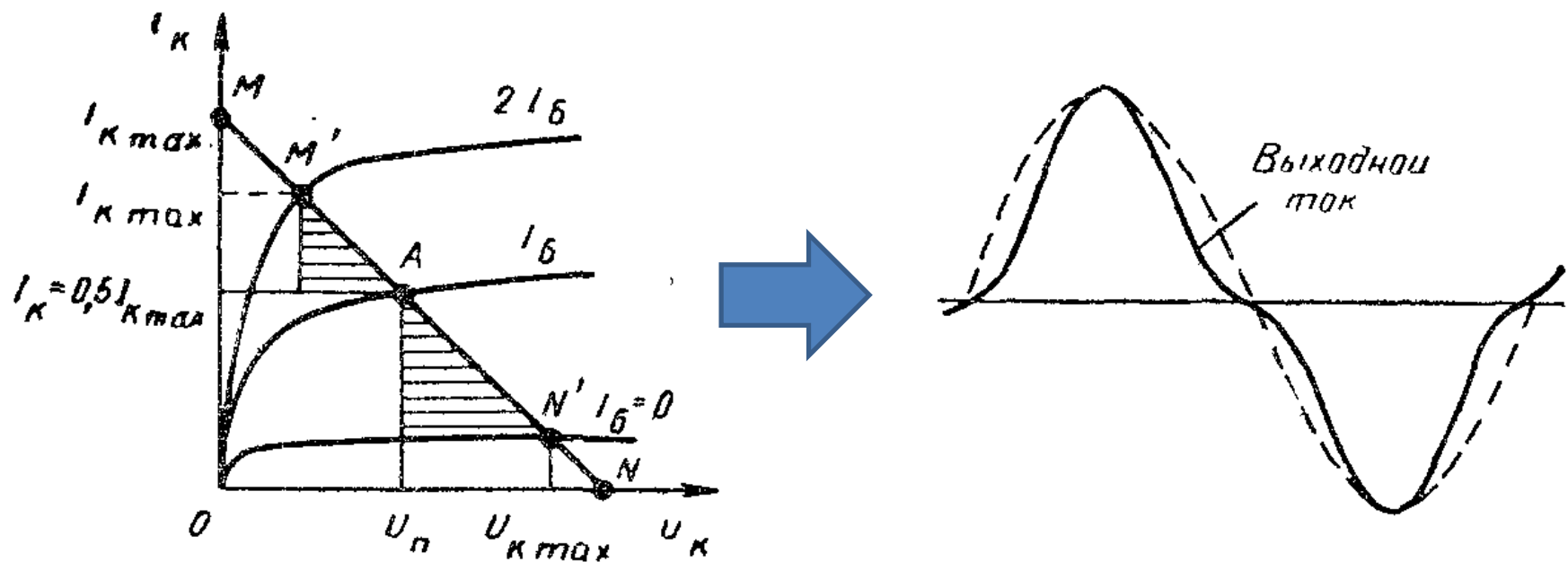


підсилювач працює в режимі А

$$P_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{км}} \cdot I_{\text{км}}}{2}, \quad P_{\text{и}} = E \cdot I_{\text{кп}} = U_{\text{кэп}} \cdot I_{\text{кп}},$$

$$\text{КПД} \quad \eta_{\text{к}} = \frac{U_{\text{км}} \cdot I_{\text{км}}}{2U_{\text{кэп}} \cdot I_{\text{кп}}}$$

макс КПД: 30-40%



Не лінійність приростів (відносно точки А) колекторного струму при збільшенні та зменшенні струму бази призводить до спотворення форми вихідного сигналу, тобто до утворення гармонік.

Коефіцієнт гармонік:

$$K_a = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_{mk}^2} / I_{m1}$$

# Однотактный підсилювач потужності

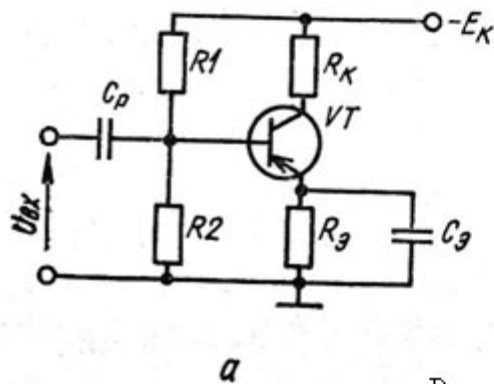
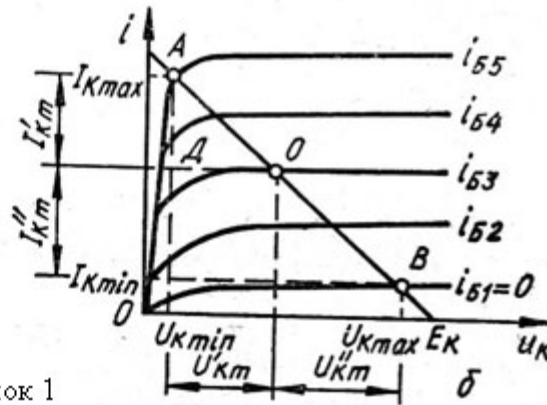


Рисунок 1



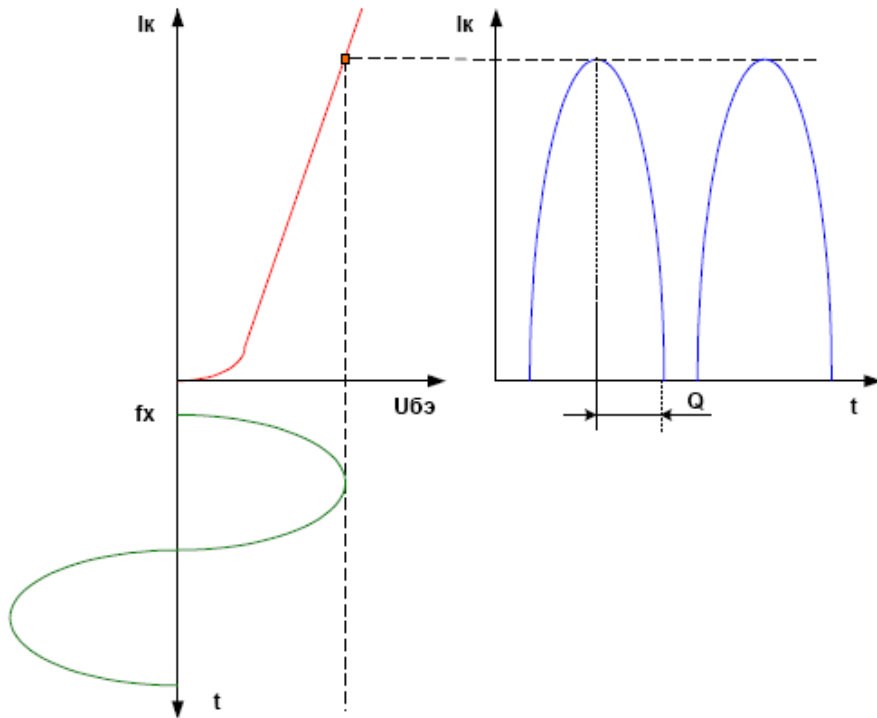
Максимальная амплитуда напряжения на коллекторе

$$U_{km} = (U_{kmax} - U_{kmin})/2.$$

Амплитуда выходного тока  $I_{km} = I_{ok} - I_{kmin}$

- **Переваги:** простота; відсутність втрат потужності у вихідному пристрої, додаткових частотних і нелінійних спотворень; можливість підсилення сигналів в широкій полосі частот
- **Недоліки:** низький ККД; протікання через навантаження постійної складової струму живлення; наявність на навантаженні постійного потенціалу

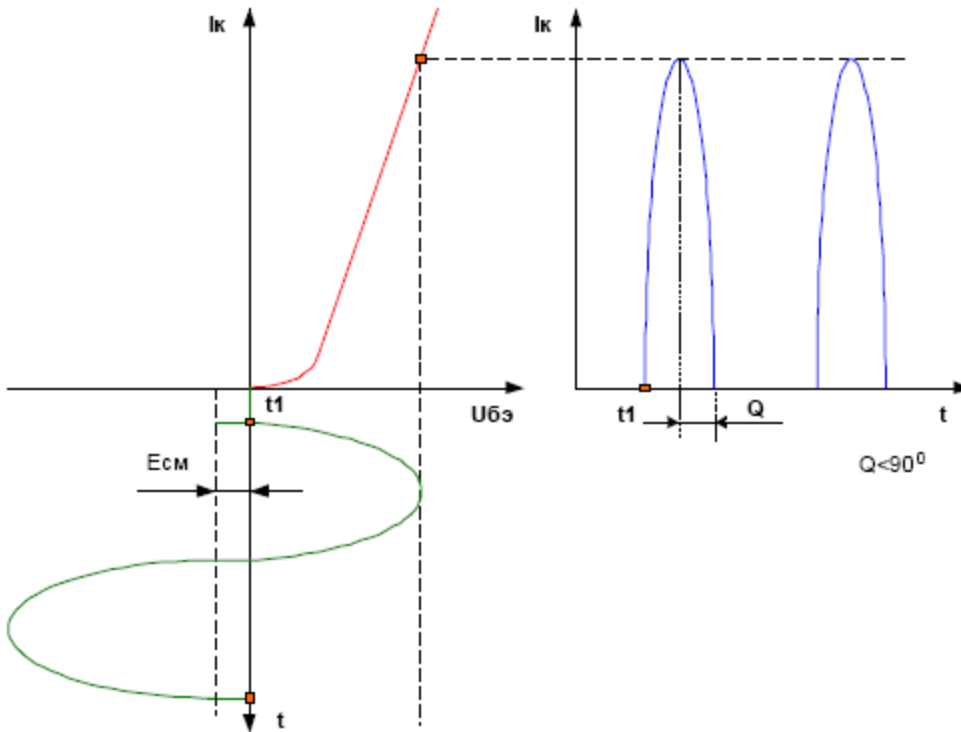
# Режим В



Робоча точка вибирається так, щоб струм спокою був близьким до 0.

Переваги – ККД=60 – 70 %  
Недоліки – нелінійні спотворення

# Режим С



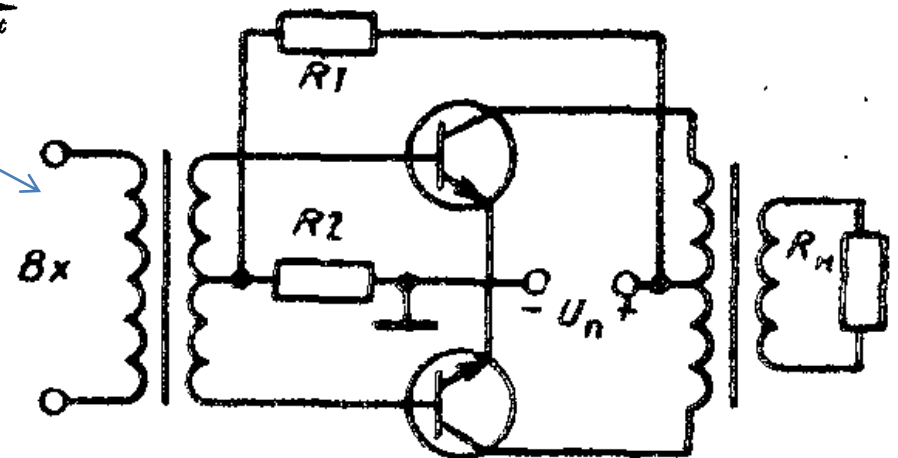
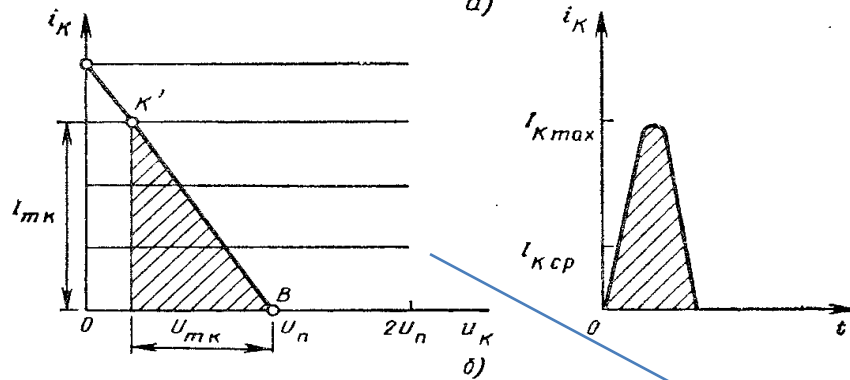
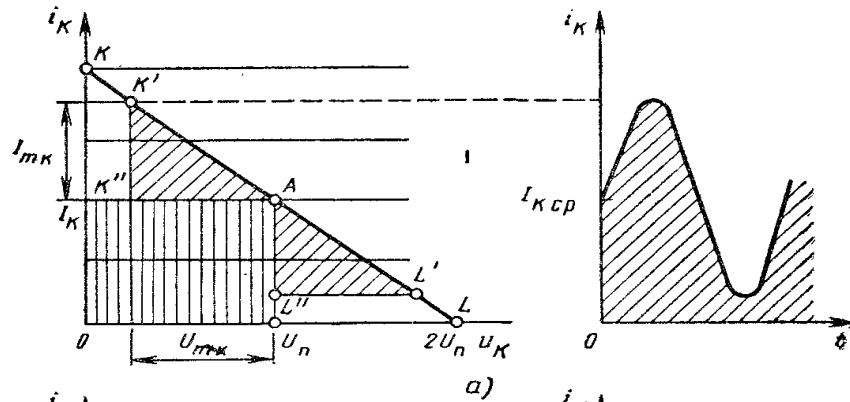
$E_{зм} < 0$ .

Переваги – ККД=80 %

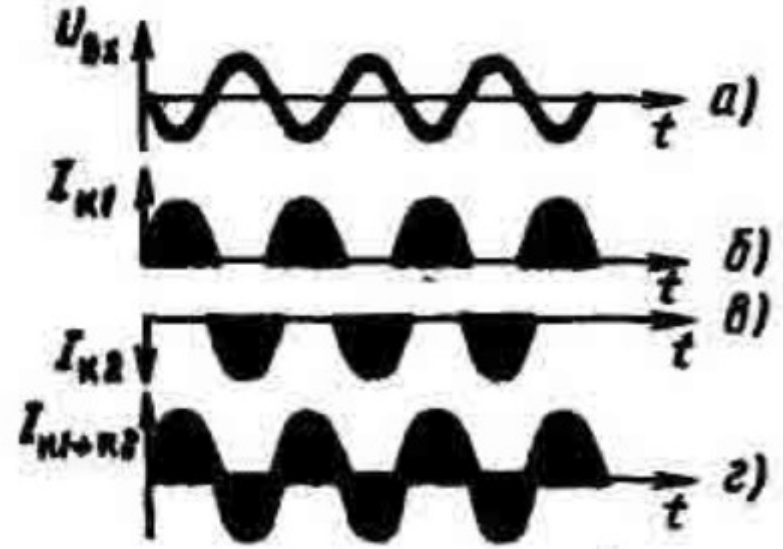
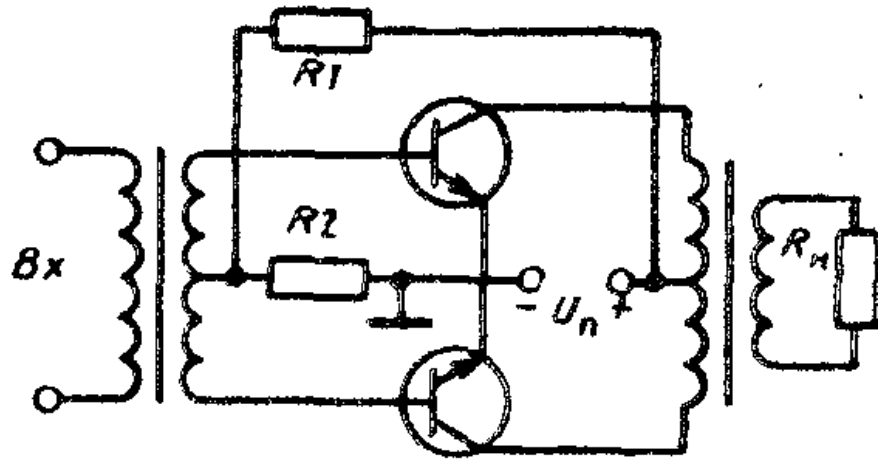
Недоліки – великі  
нелінійні спотворення

Використовується у вихідних ланцюжках передавачів сигналу.

# Двотактний трансформаторний підсилювач потужності (Режим В)



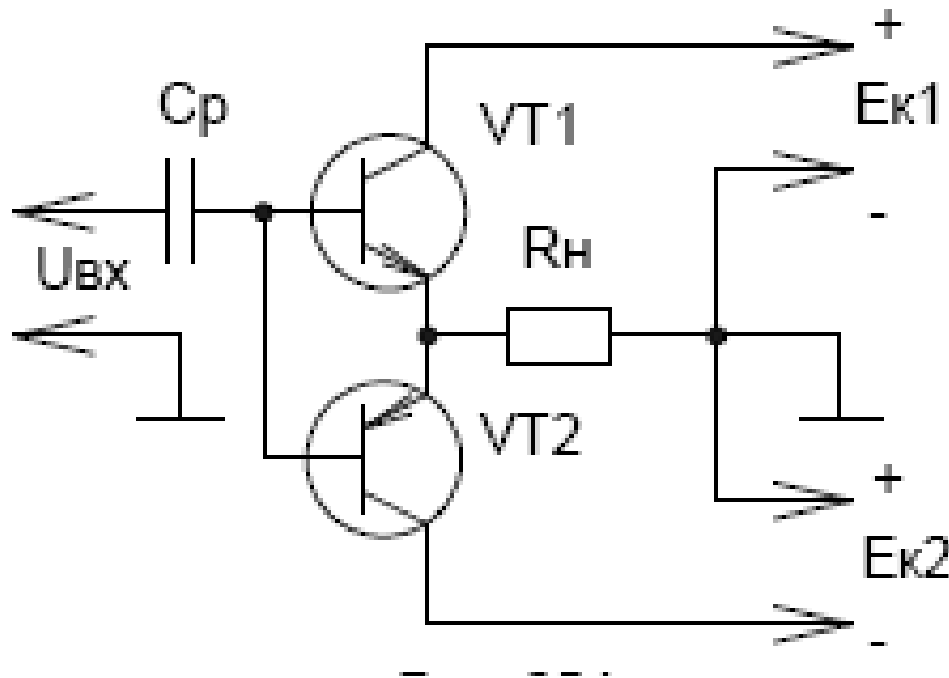
# Двотактний трансформаторний підсилювач потужності (Режим В)



Напруга на транзисторах змінюється в протифазі, при цьому транзистори працюють почерзі. В вихідному трансформаторі колекторні струми сумуються -> на виході потужніший сигнал в порівнянні з однотоктним підсилювачем

$$\eta_{\max} = \pi/4 \quad \sim 78,5 \%$$

# Двотактний безтрансформаторний підсилювач потужності (Режим В)

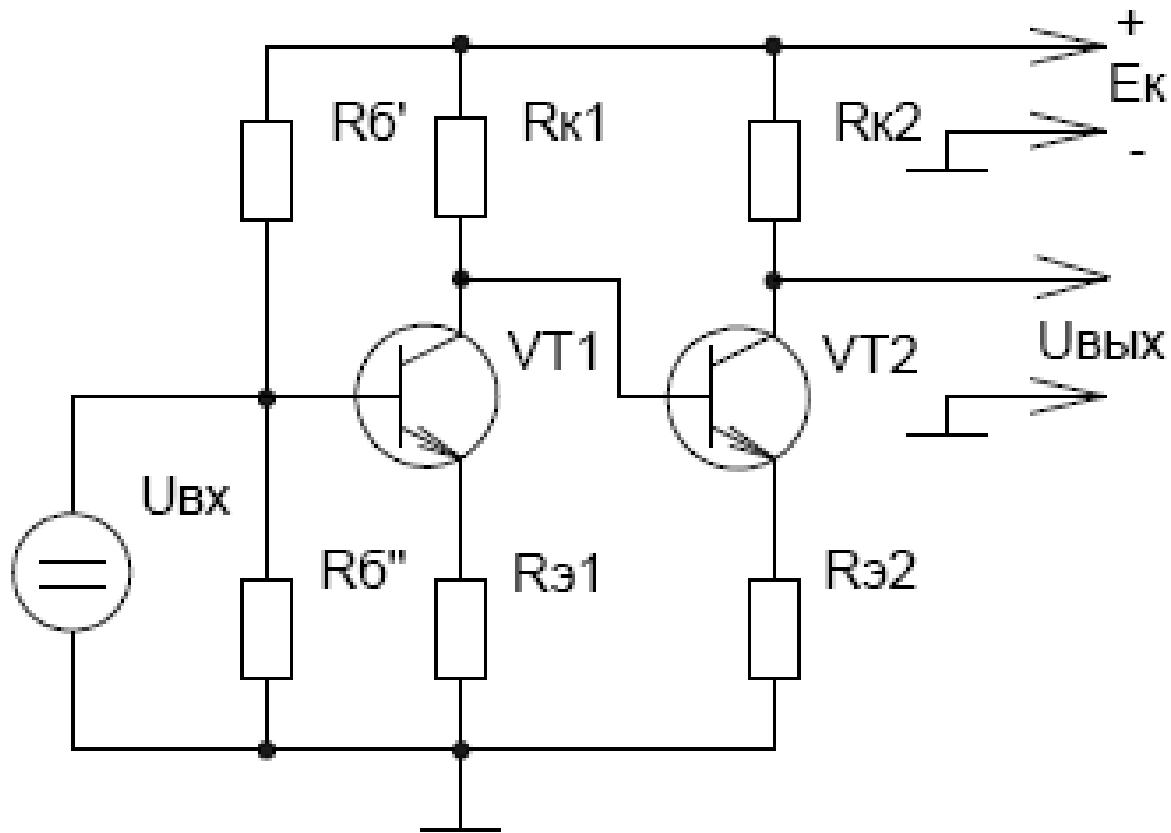


Основна складність – підбір 2-х транзисторів з різними типами провідності та однаковими характеристиками

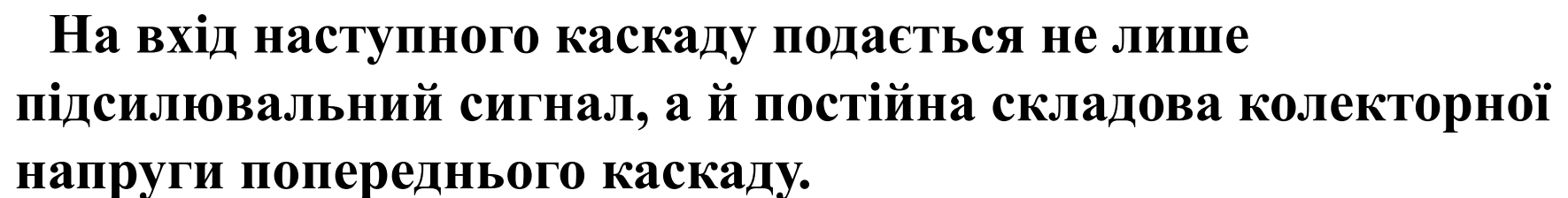


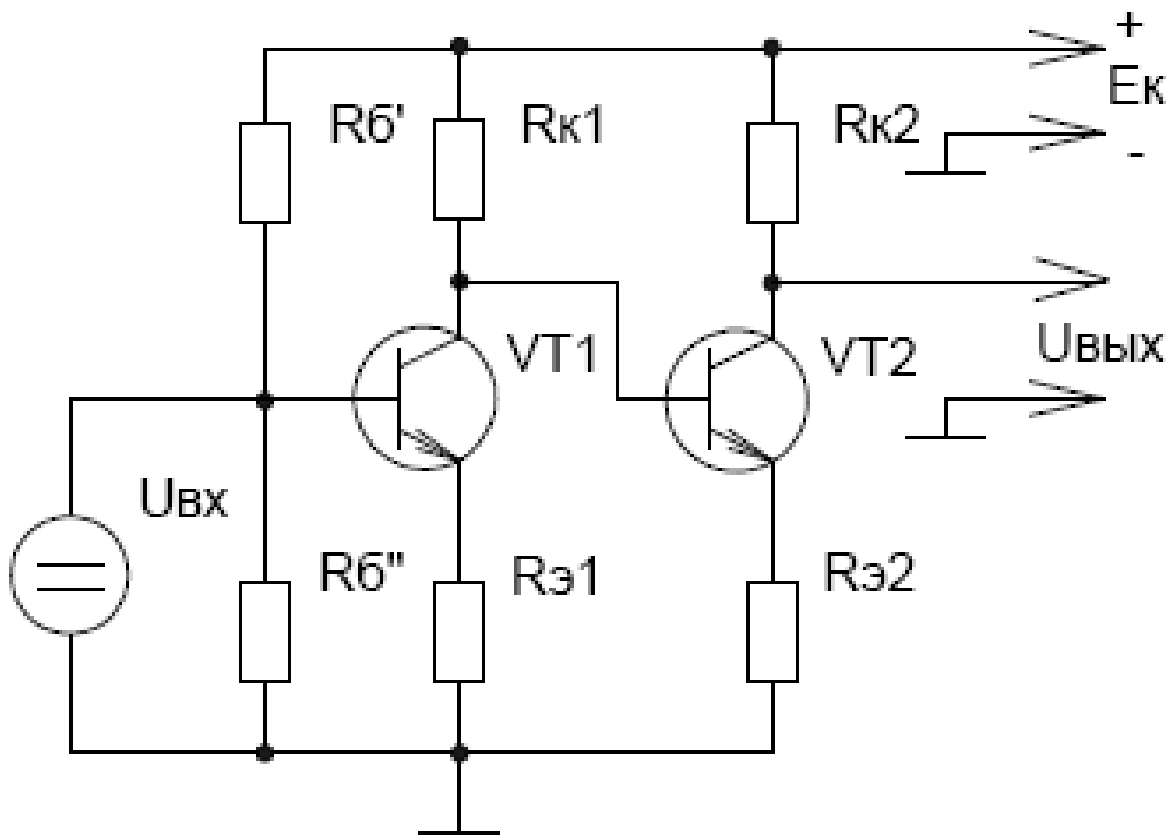
Підсилювач постійного струму

# Підсилювач постійного струму




**Підсилювачем постійного струму** називається підсилювач, який працює в діапазоні частот від 0 до якогось значення, тобто він може підсилювати постійну і мало змінювану напругу





**Щоб зберегти положення робочої точки необхідно, щоб опір в ланцюзі емітера був більшим.**



$$U_{\text{бе}} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_{\kappa} R_e$$

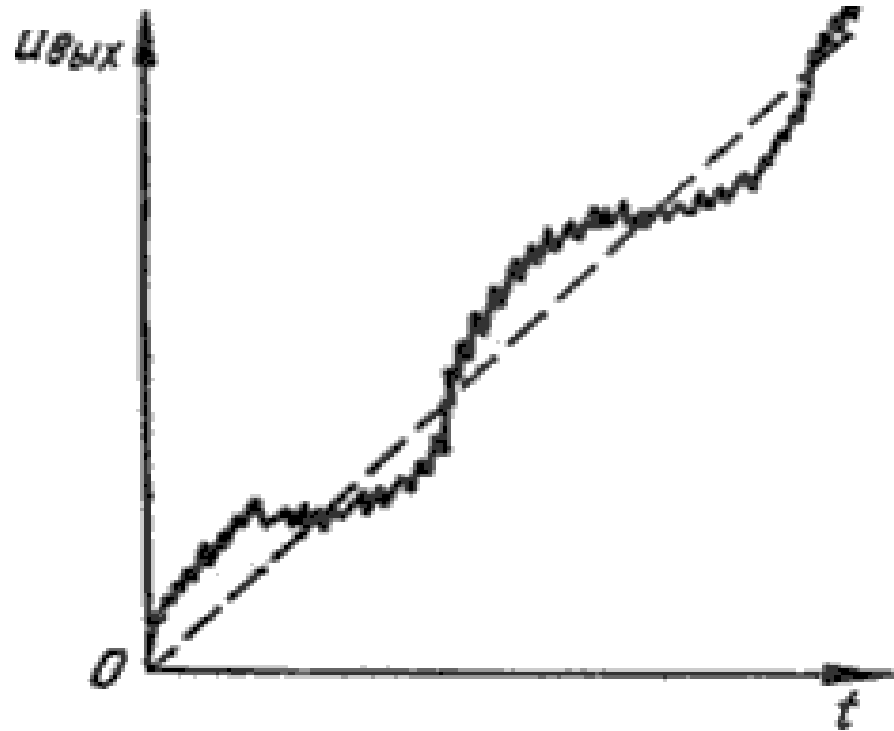
**Коефіцієнт підсилення кожного наступного каскаду менший, ніж у попереднього.**

# Підсилювач постійного струму

Проблема підсилювачів постійного струму – **дрейф нуля** – відхилення напруги на виході підсилювача від початкового (нульового) значення при відсутності вхідного сигналу

$$U_{др.вх.} = \frac{U_{др.вых.}}{K}$$

Максимальна зміна вихідної напруги за час спостереження при замкненому вході.



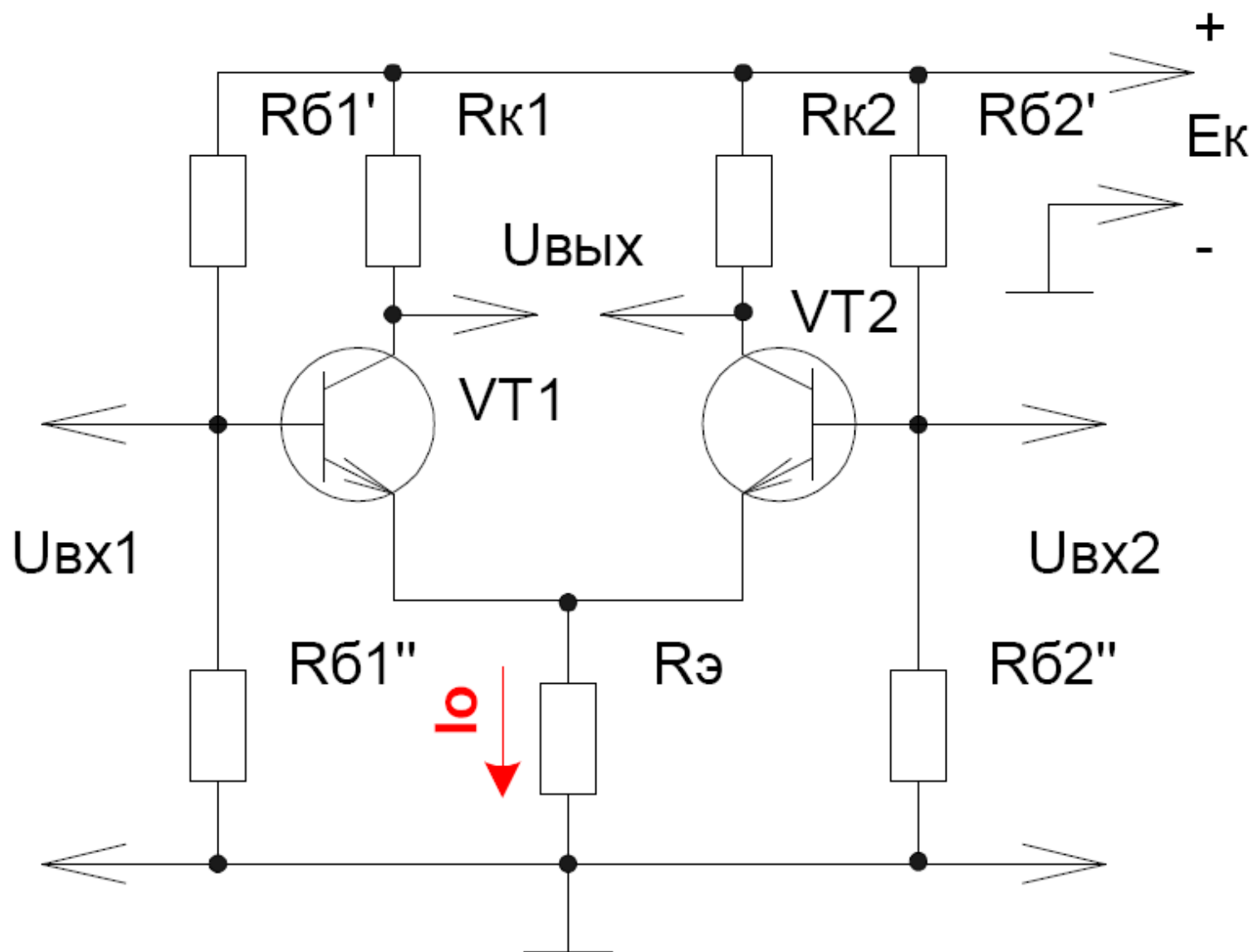
Диференціальний підсилювач

Диференційний підсилювач призначений для підсилення різниці напруг двох вхідних сигналів

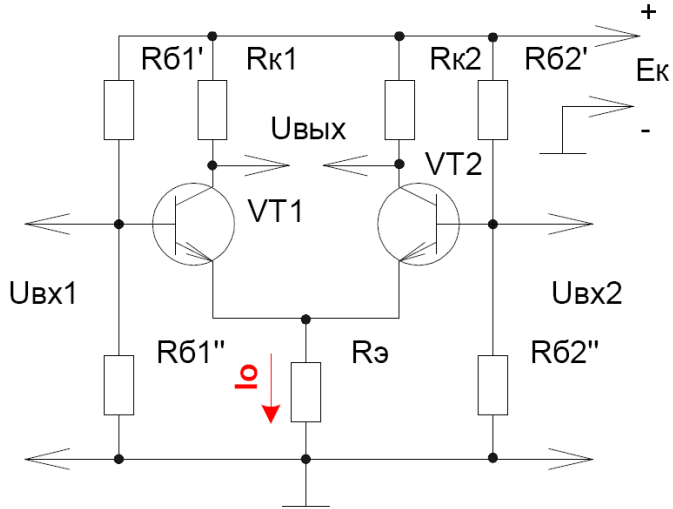
Вихідний сигнал не залежить від рівня кожного з вхідних сигналів, а визначається лише їх різницею, яку називають диференціальним (або різницеvim) сигналом  $U_{\text{вх диф}}$ .

Диференціальний підсилювач характеризується коефіцієнтом підсилення диференціального сигналу

$$K_{\text{диф}} = U_{\text{вих диф}} / U_{\text{вх диф}}$$







$$R_{\kappa 1} = R_{\kappa 2} = R_{\kappa}$$

Транзистори однакові за характеристиками

якщо  $U_{\text{вх}1} = U_{\text{вх}2}$



Струми через VT1 та VT2 однакові

$$I_{\kappa 1} = I_{\kappa 2} = \frac{I_0}{2}$$

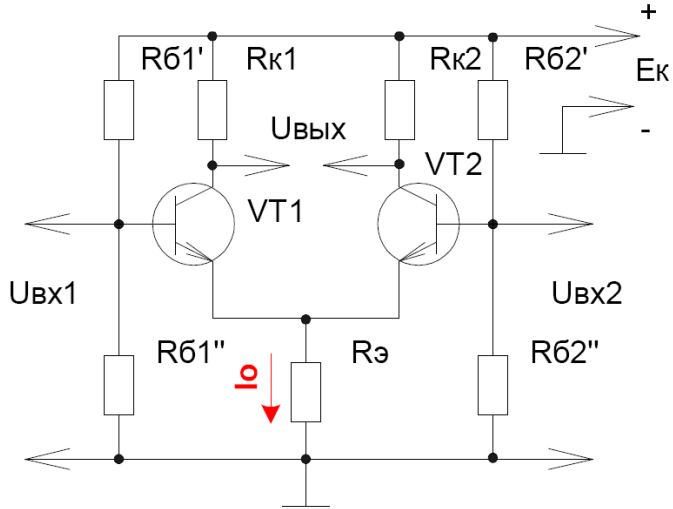
$$U_{\text{вх}1} = U_{\kappa 1} - U_{\kappa 2} \quad U_{\kappa 1} = E_{\kappa} - I_{\kappa 1} \cdot R_{\kappa}$$

$$U_{\kappa 1} = E_{\kappa} - \frac{I_0}{2} \cdot R_{\kappa}$$

$$U_{\kappa 2} = E_{\kappa} - \frac{I_0}{2} \cdot R_{\kappa}$$



$$U_{\text{вх}1} = E_{\kappa} - \frac{I_0}{2} \cdot R_{\kappa} - E_{\kappa} + \frac{I_0}{2} \cdot R_{\kappa} = 0$$



якщо  $U_{BX1} > \bar{U}_{BX2}$ .

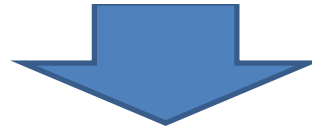


Транзистор VT1 відкриється більше за VT2



$$I_{K1} = I_0/2 + \Delta I_0 \quad I_{K2} = I_0/2 - \Delta I_0$$

$$U_{K1} = E_K - \left( \frac{I_0}{2} + \Delta I_0 \right) \cdot R_K = E_K - \frac{I_0}{2} \cdot R_K - \Delta I_0 \cdot R_K$$



Вхід 1 - інвертований

$$U_{ВЫХ} = E_K - \frac{I_0}{2} \cdot R_K - \Delta I_0 \cdot R_K - E_K + \frac{I_0}{2} \cdot R_K - \Delta I_0 \cdot R_K = -2 \cdot \Delta I_0 \cdot R_K$$

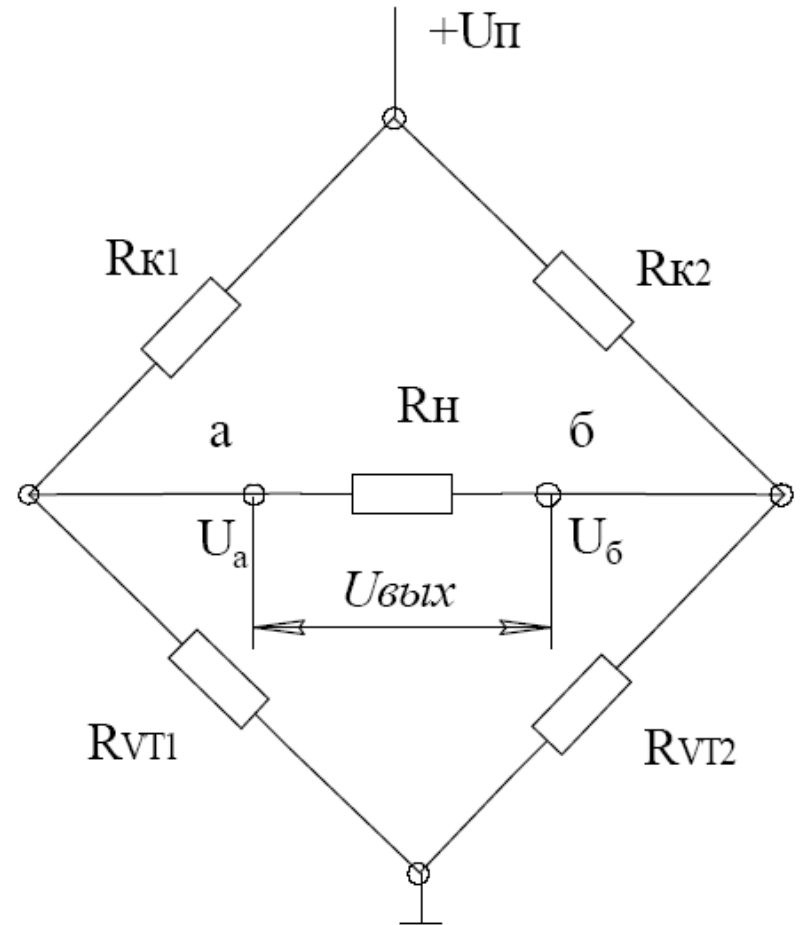
$U_{BX1} < U_{BX2}$ , то  $U_{ВЫХ} = +2 \cdot \Delta I_0$

# Еквівалентна схема

Для балансування моста  
необхідно:

$$(U_{\text{ВЫХ}}=0)$$

$$R_{\text{VT1}} R_{\text{K2}} = R_{\text{VT2}} R_{\text{K1}}$$



- Якщо на обох входах такого підсилювача вхідні напруги змінюються одночасно на одну й ту ж величину (або зростають, або зменшуються), то такий вхідний сигнал називають *синфазним*.
- Диференціального сигналу при цьому не виникає, проте на виході реального (а не ідеального) диференціального підсилювача при цьому буде спостерігатися відмінний від нуля вихідний сигнал  $U_{вих\ синф}$ .

Коефіцієнт передачі  
синфазного сигналу

$$K_{синф} = \frac{U_{вих.синф}}{U_{вх.синф}}$$

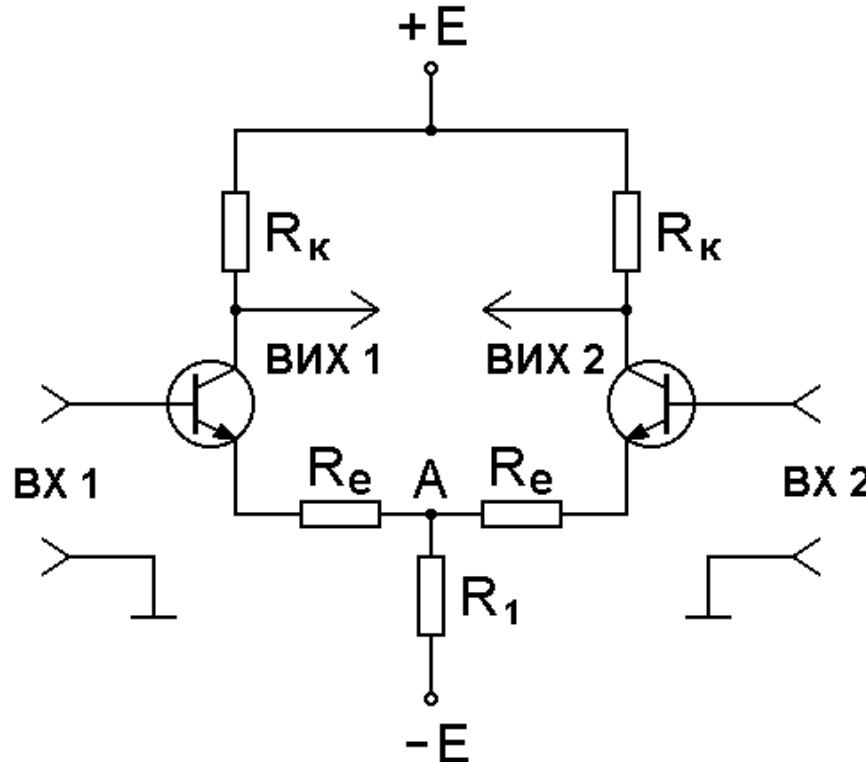
Коефіцієнт послаблення  
синфазного сигналу

$$КППС = \frac{U_{вих.диф}}{U_{вих.синф}} = \frac{K}{K_{синф}} \sim 10^4 - 10^6$$

Коефіцієнт підсилення  
диференційного сигналу

$$K = (K_1 + K_2) / 2$$

$$K_{\text{диф}} \approx -R_k / (2(r_e + R_e)).$$



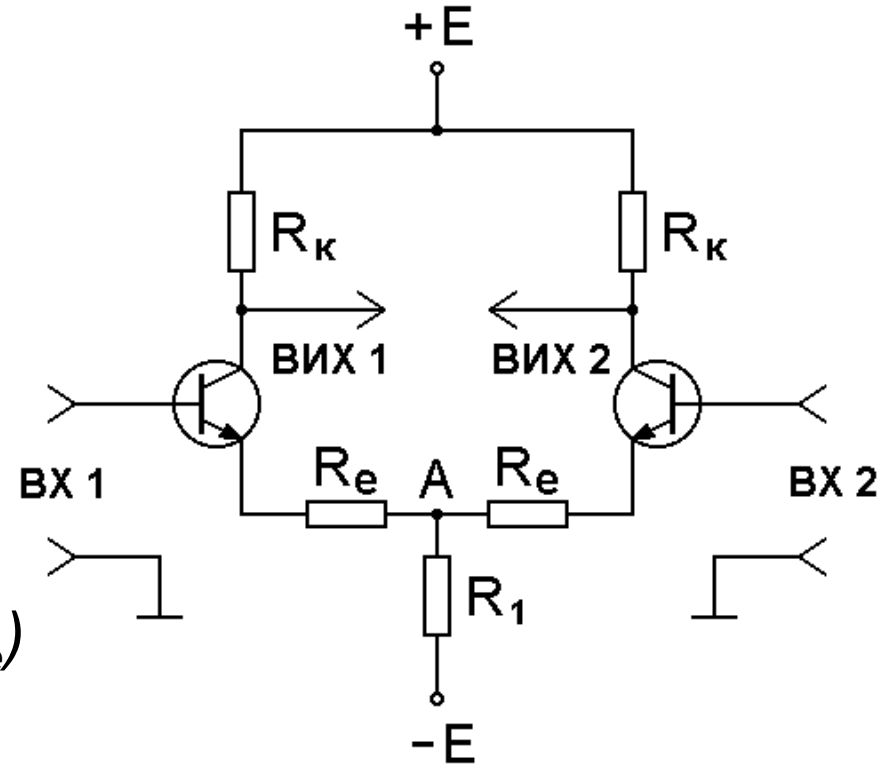
на входи подаються вхідні сигнали однакової амплітуди, але протилежної полярності ( $U_{\text{вх}2} = -U_{\text{вх}1}$ ,  $U_{\text{вх диф}} = 2 U_{\text{вх}1}$ ), а вихідний сигнал знімається з колектора першого транзистора.

Вихідний сигнал можна також знімати між колекторами транзисторів (*симетричний* вихідний сигнал). Амплітуда симетричного вихідного сигналу буде вдвічі більшою за амплітуду несиметричного, оскільки вихідний сигнал на колекторі одного транзистора (відносно землі) буде у протифазі до вихідного сигналу на колекторі іншого транзистора.

$$K_{\text{синф}} \approx -R_k / (2R_1 + R_e + r_e)$$

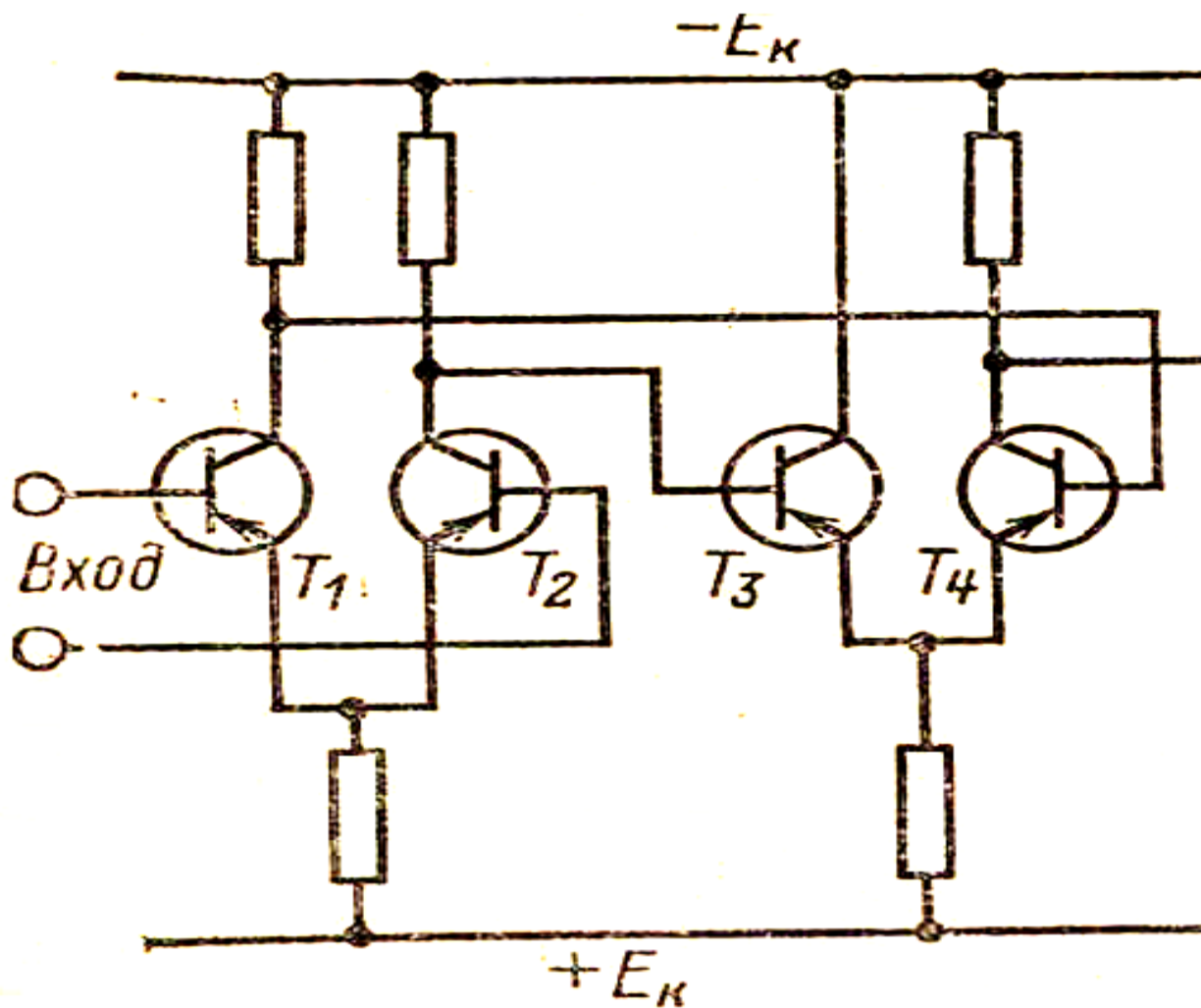
$$K_{\text{ПСС}} = |K_{\text{диф}}| / |K_{\text{синф}}| \approx R_1 / (R_e + r_e)$$

Коефіцієнт послаблення синфазного сигналу



оскільки на практиці  $R_1 \gg R_e \gg r_e$ . Величини опорів  $R_k$ ,  $R_e$  та  $R_1$  підбирають так, щоб початкова напруга на колекторах обох транзисторів дорівнювала  $+E/2$ , а потенціал точки А був близьким до нуля.

## 2-х каскадний диф. підсилювач



# Диференціальний підсилювач: висновки

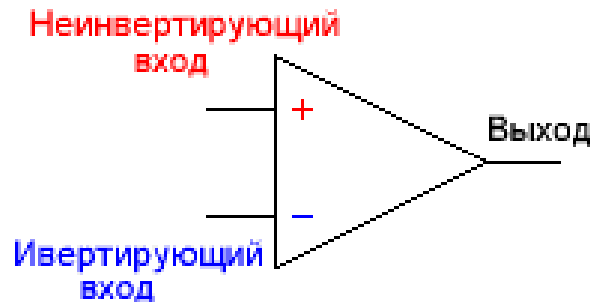
- Диференціальні підсилювачі призначені для підсилення малозмінюваних в часі сигналів, частотний діапазон яких починається від 0 Гц
- **Переваги:** малий дрейф нуля; висока степінь подавлення синфазних поміх
- **Недоліки:** потребує двухполярного джерела живлення; необхідна дуже висока симетрія схеми



**Операційний підсилювач**

# Операційний підсилювач

- **Операційний підсилювач** — підсилювач постійного струму з диференціальним входом, що має високий коефіцієнт підсилення.



$$U_{\text{out}} = (U_2 - U_1)K$$

- Має 3 основні виводи: два входи (інвертуючий та неінвертуючий) і вихід.
- ОП характерні 3 наступні властивості:
  1. Дуже високий вхідний опір
  2. Дуже високий коефіцієнт підсилення ( $10^5$ )
  3. Дуже низький вихідний опір

*Операційним підсилювачем* називають багатокаскадний диференціальний підсилювач постійного струму, який має в діапазоні частот до кількох десятків кілогерц коефіцієнт підсилення більший за  $10^4$  і за своїми властивостями наближається до уявного «ідеального» підсилювача.

Під «ідеальним» розуміють такий підсилювач, який має:

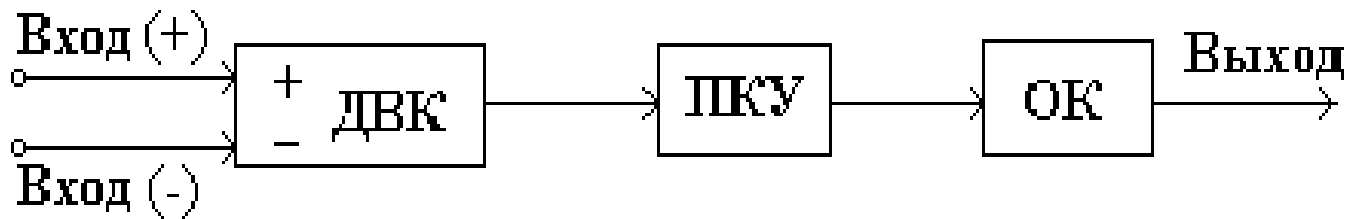
- 1) нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального входного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ );
- 2) нескінченний входний імпеданс ( $Z_{\text{вх}} \rightarrow \infty$ );
- 3) нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{\text{вих}} = 0$ );
- 4) рівну нулеві напругу на виході ( $U_{\text{вих}} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{\text{вх1}} = U_{\text{вх2}}$ );
- 5) нескінченний діапазон робочих частот.

# Операційний підсилювач

- Призначення: виконання різноманітних операцій над аналоговими сигналами, переважно, в схемах з від'ємним зворотним зв'язком (ВЗЗ).
- Застосування: в різноманітних схемах радіотехніки, автоматики, інформаційно-вимірювальної техніки, - там, де необхідно підсилювати сигнали, в яких є постійна складова.

# Структурна схема.

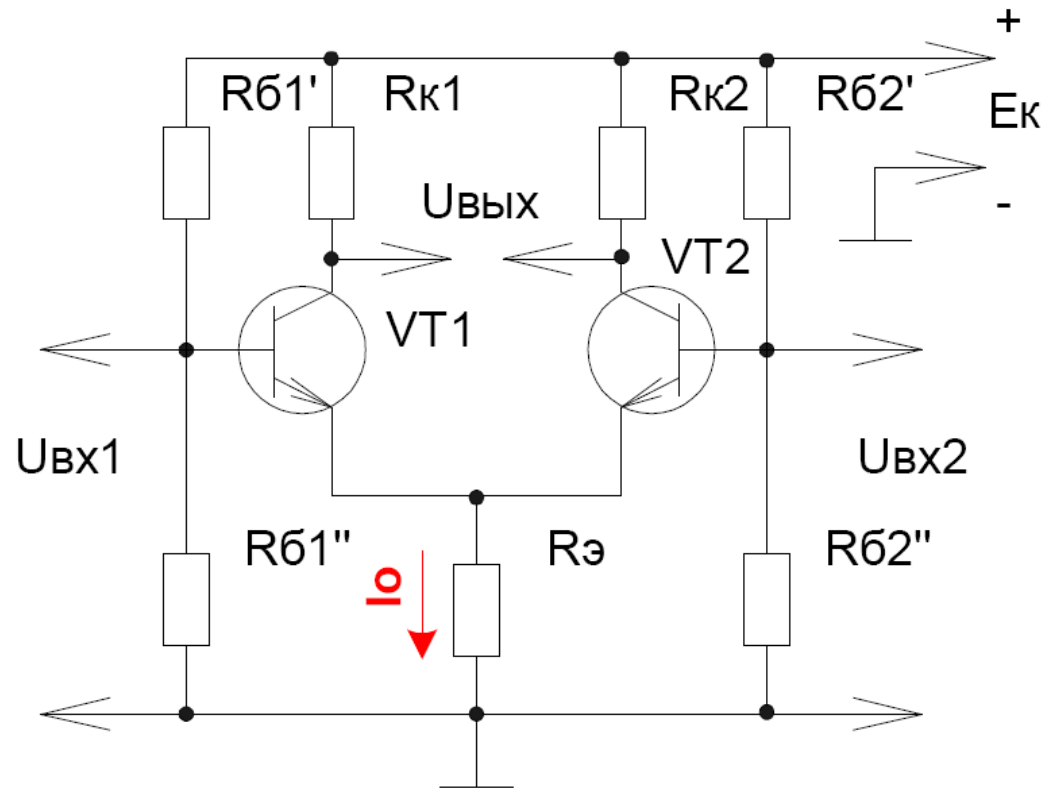
- Операційний підсилювач, виконаний у вигляді інтегральної мікросхеми, має у своєму складі: диференційний вхідний каскад (ДВК), проміжні каскади підсилення (ПКУ) і крайовий каскад (ОК).



# Диференційний каскад ОП

- забезпечує: великий коефіцієнт підсилення по відношенню до різниці вхідних сигналів (диференціальному сигналу), малий коефіцієнт підсилення відносно синфазних перешкод, малий дрейф нуля і великий вхідний опір.

# Диференційний каскад ОП



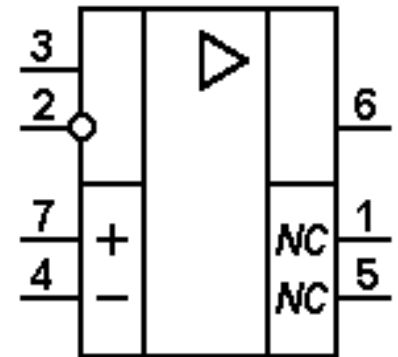
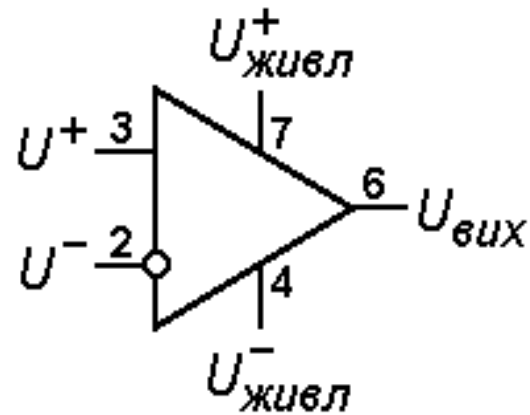
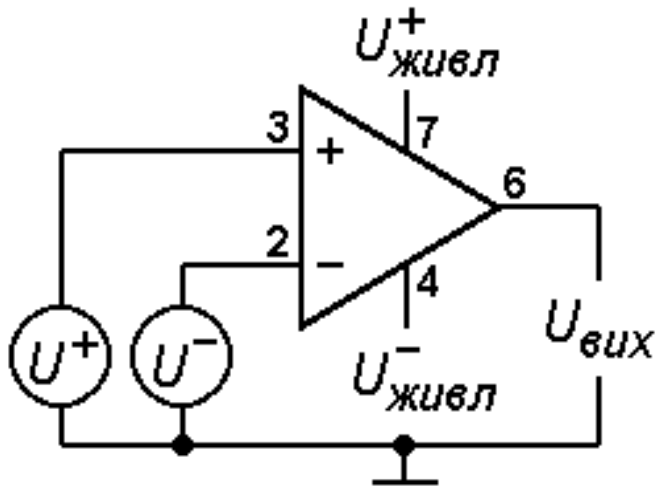
Найпростіша схема диференційного підсилювального каскаду

# Стандартна схема операційного підсилювача.

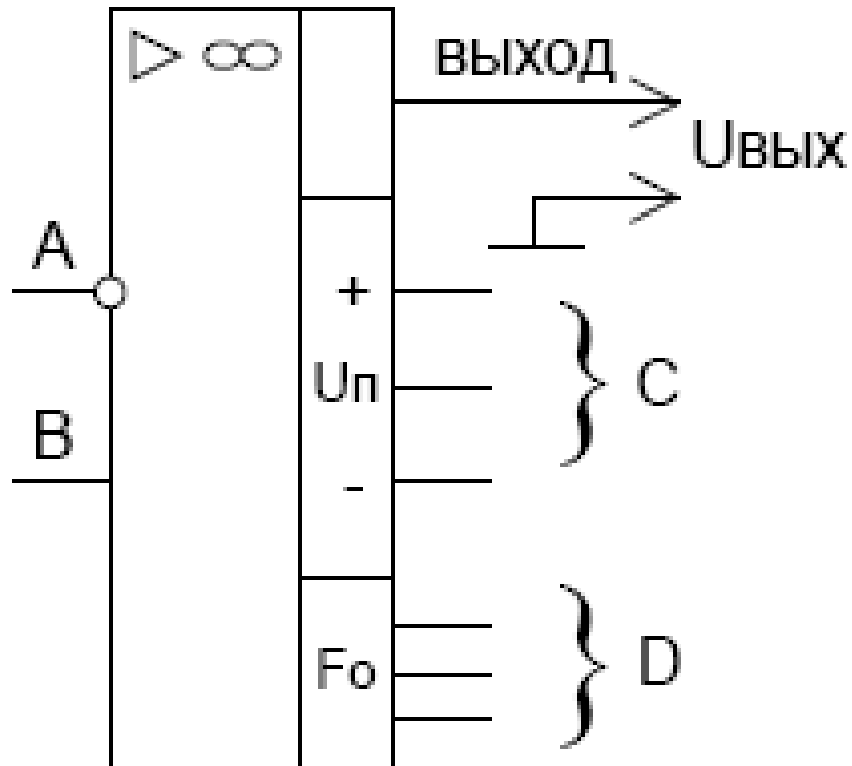
- Операційні підсилювачі універсального застосування повинні забезпечувати значно більший диференціальний коефіцієнт підсилення, ніж здатний дати один каскад.
- Тому вони будуються в основному за двокаскадного схемою



# Варіанти позначення



# Схема ОП К553УД2

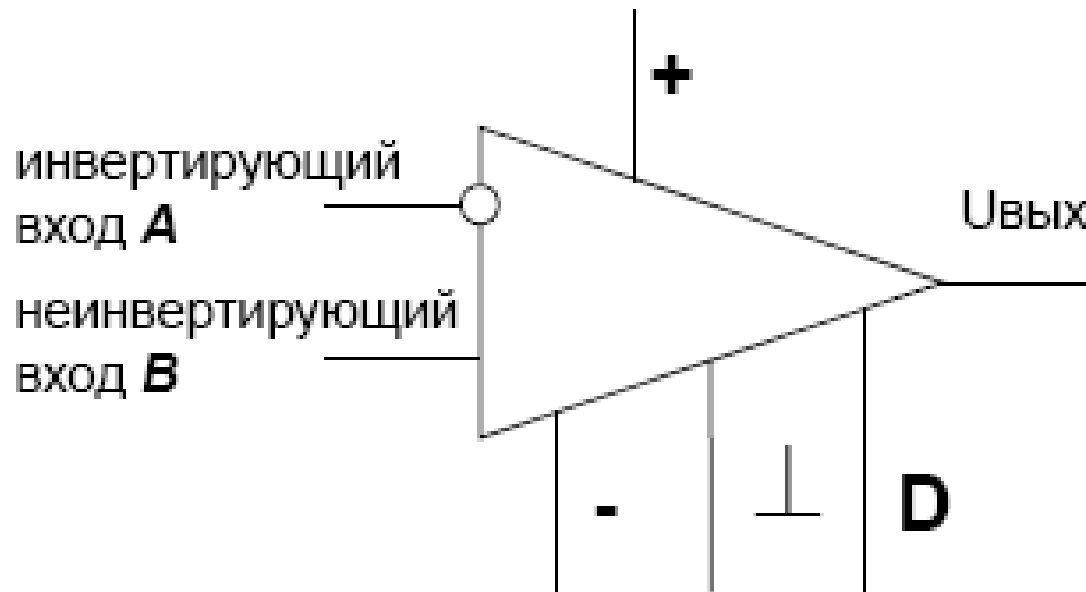


А, В – інвертований та не інвертований входи

С – живлення

Д – схеми корекції

# Схема ОП



A, B – інвертований та не інвертований входи

C – живлення

D – схеми корекції

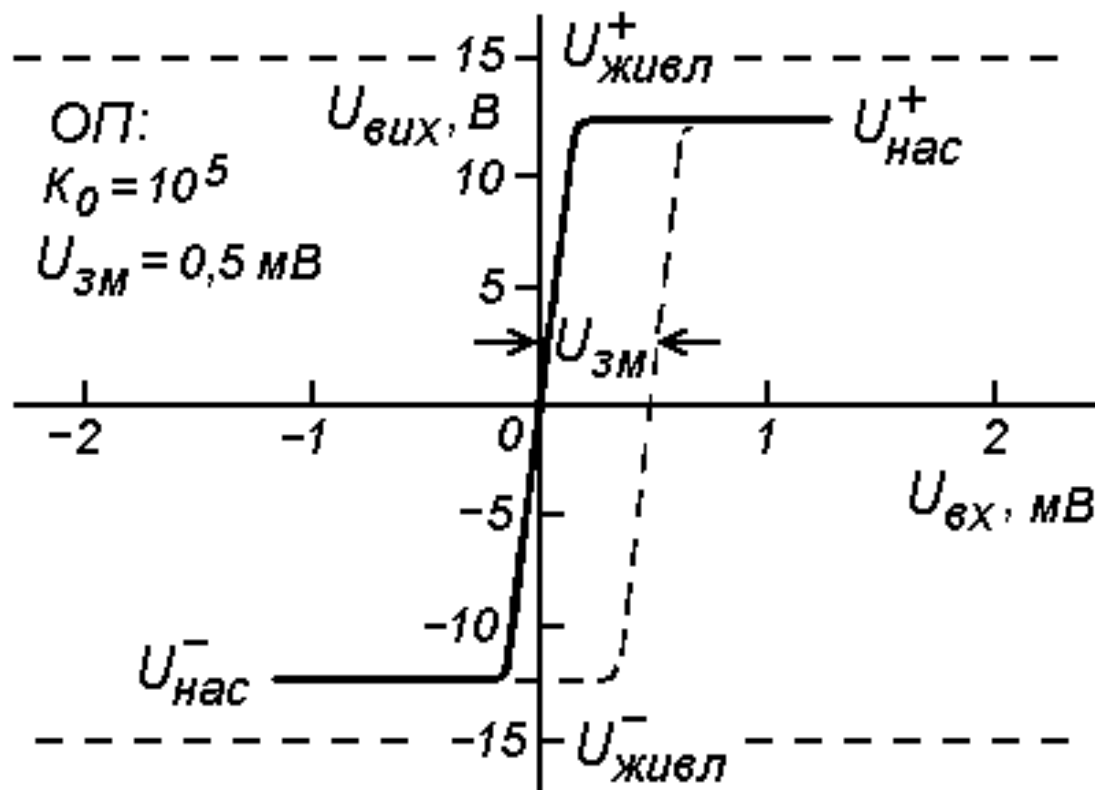
## Залежність вихідної напруги ОП від вхідної

$$U_{\text{вих}} = K_0 (U^+ - U^- + U_{3M}) + K_{\text{синф}} U_{\text{синф}}$$

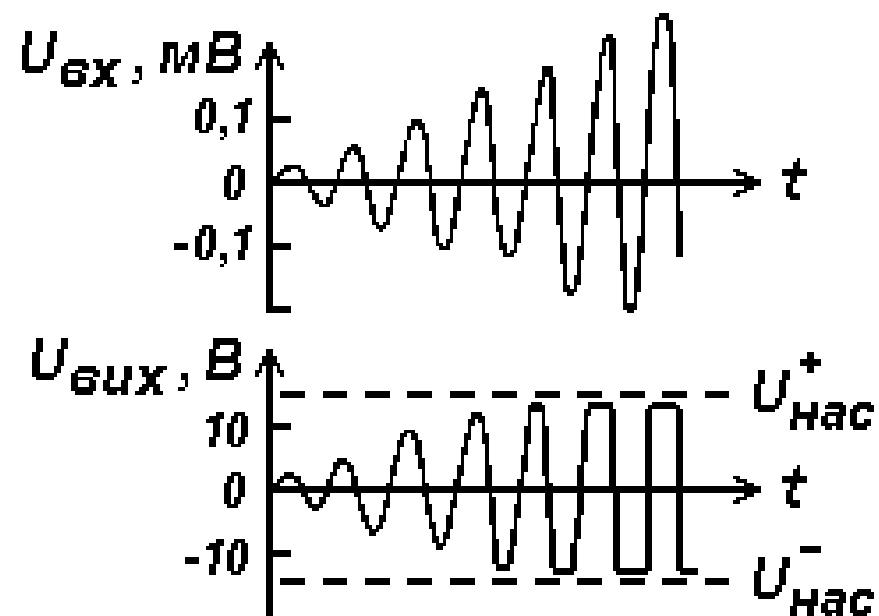
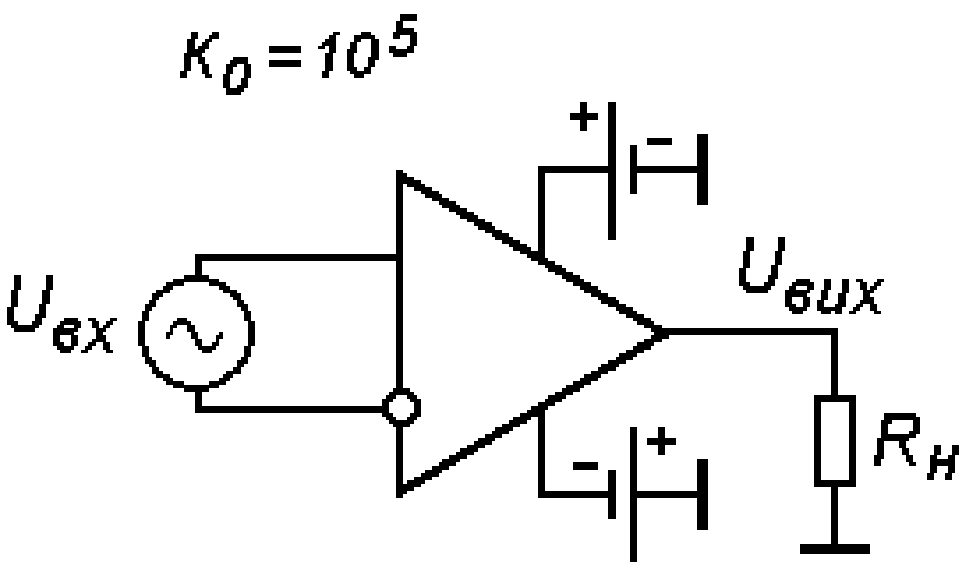
$K_{\text{синф}}$  – коефіцієнт передачі синфазного сигналу

$U_{\text{синф}} = (U^+ + U^-)/2$  – синфазна вхідна напруга.

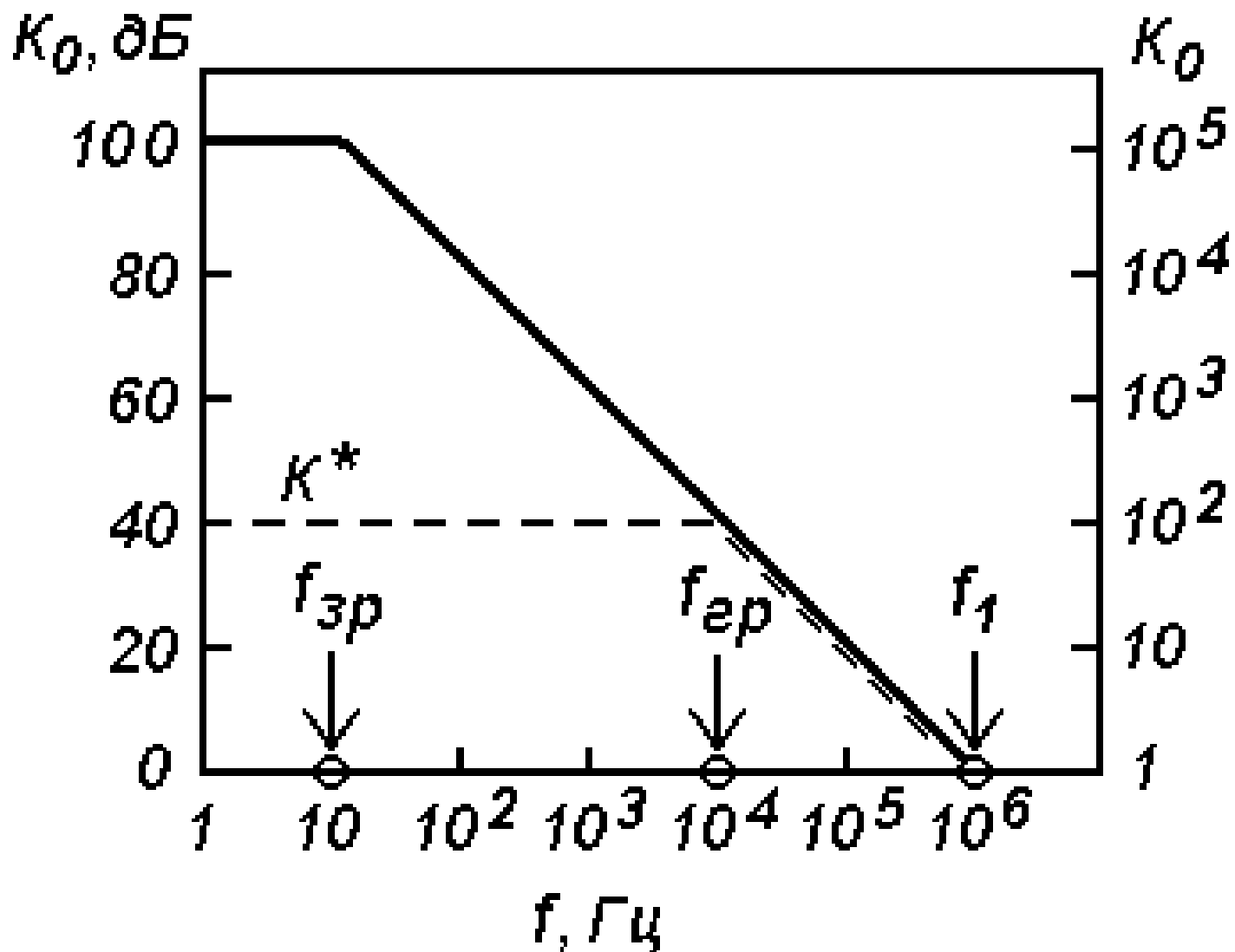
Як правило,  $K_{\text{синф}}$  зростає при зростанні частоти сигналу.



Реакція ОП на синусоїдний сигнал, що наростає з часом



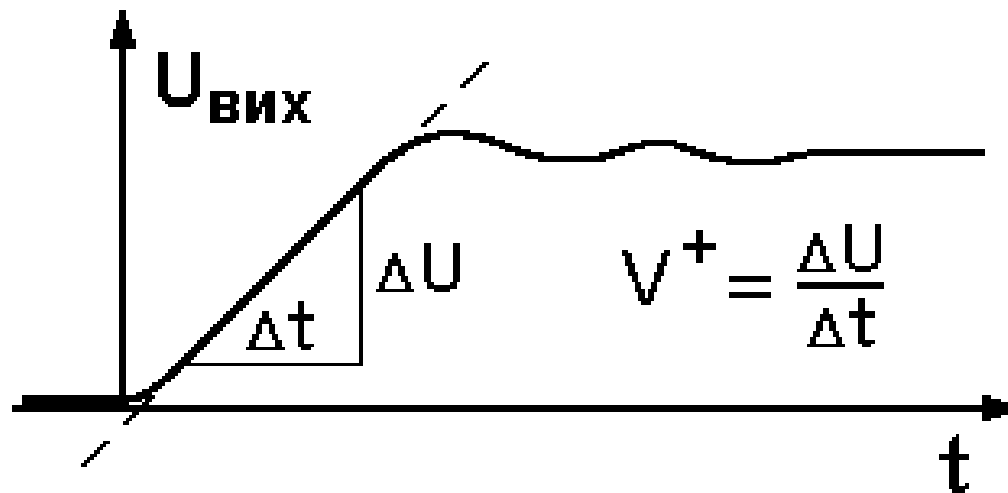
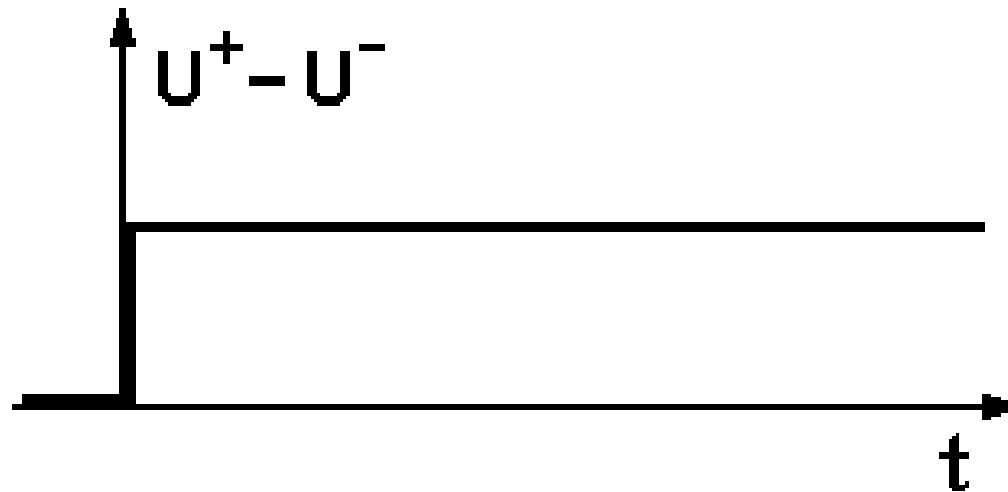
## АЧХ ОП з частотною корекцією



суцільна лінія – ОП без зворотного зв'язку

пунктирна – ОП зі зворотним зв'язком

# Перехідна характеристика ОП



# Параметри і характеристики ОП

- Параметри ОП можна умовно розділити на параметри для малого( 1 В) та великого сигналів:

До першої групи динамічних параметрів відносяться:

1. полоса пропускання,
2. частота одиночного підсилення,
3. час установлення.

До другої групи можна віднести:

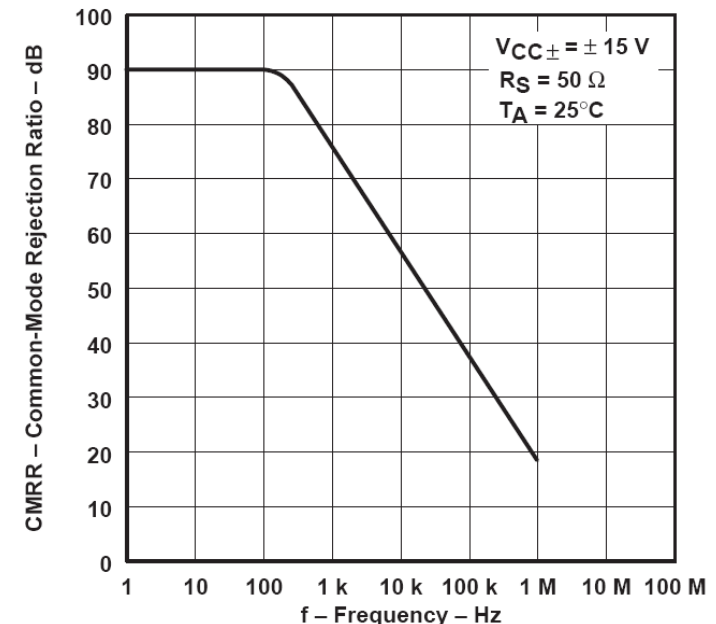
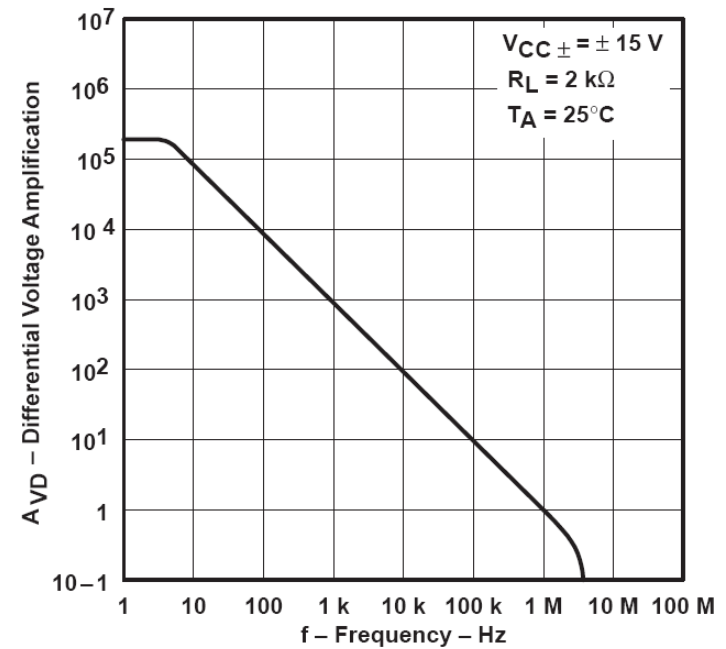
1. Швидкість наростання вихідної напруги
2. «Мощностная полоса пропускания»



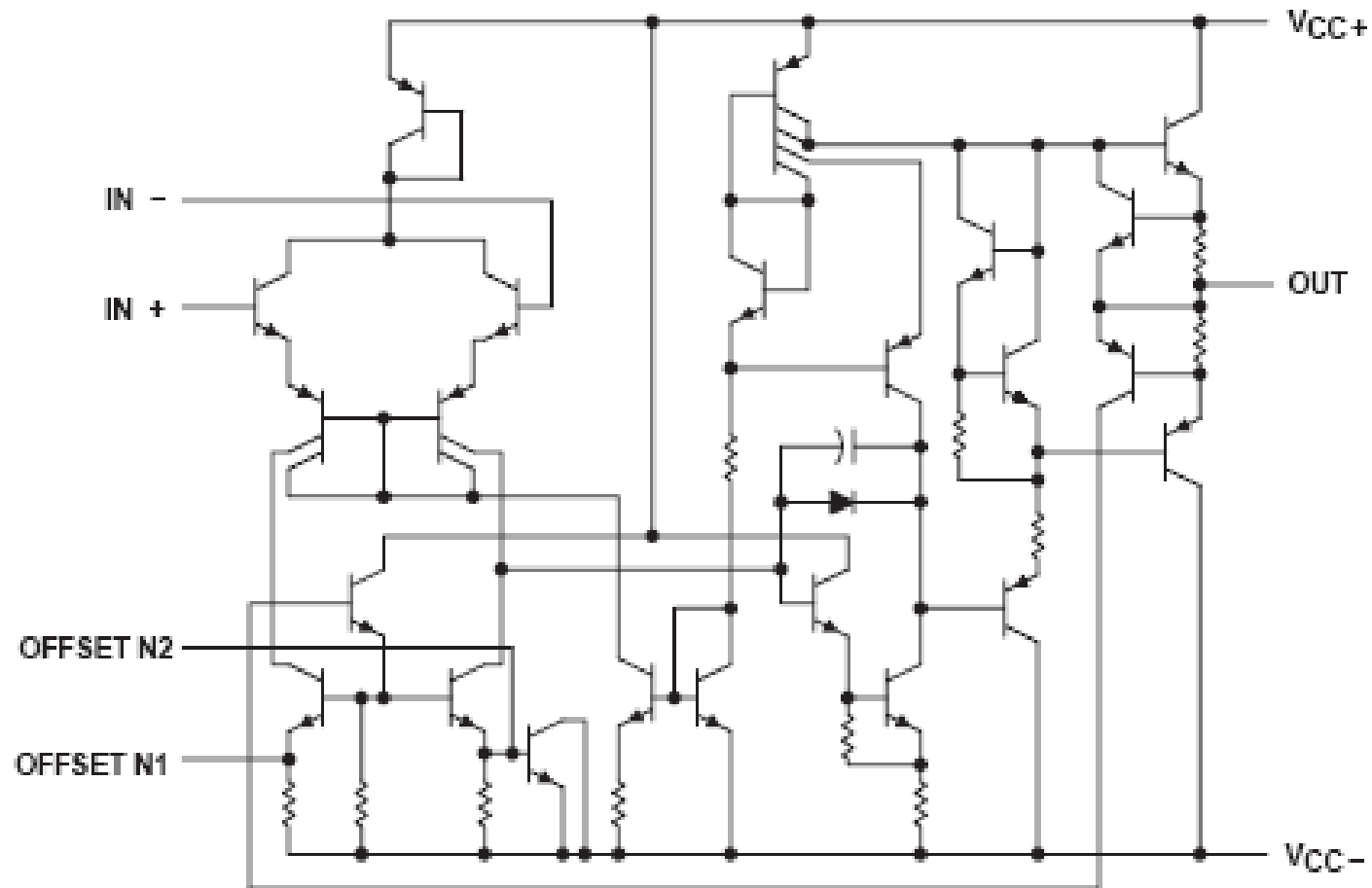
# Операційні підсилювачі

Основні параметри ОП  
( $\mu A747$ ):

- ✓ Напруга ДЖ ( $\pm 15$  В)
- ✓ Коефіцієнт підсилення ( $K = 250000$ )
- ✓ Вхідний опір (200 кОм)
- ✓ Вихідний опір (75 Ом)
- ✓ Струм живлення  
(потужність) (1.7 мА)
- ✓ Коефіцієнт послаблення  
синфазного сигналу (90 дБ)
- ✓ Швидкість наростання  
вихідної напруги (0,5 В/мкс)

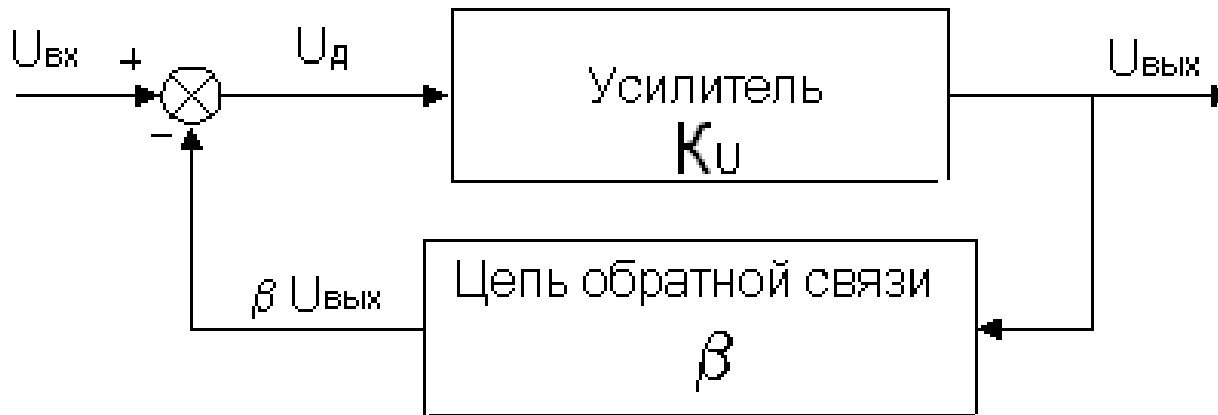


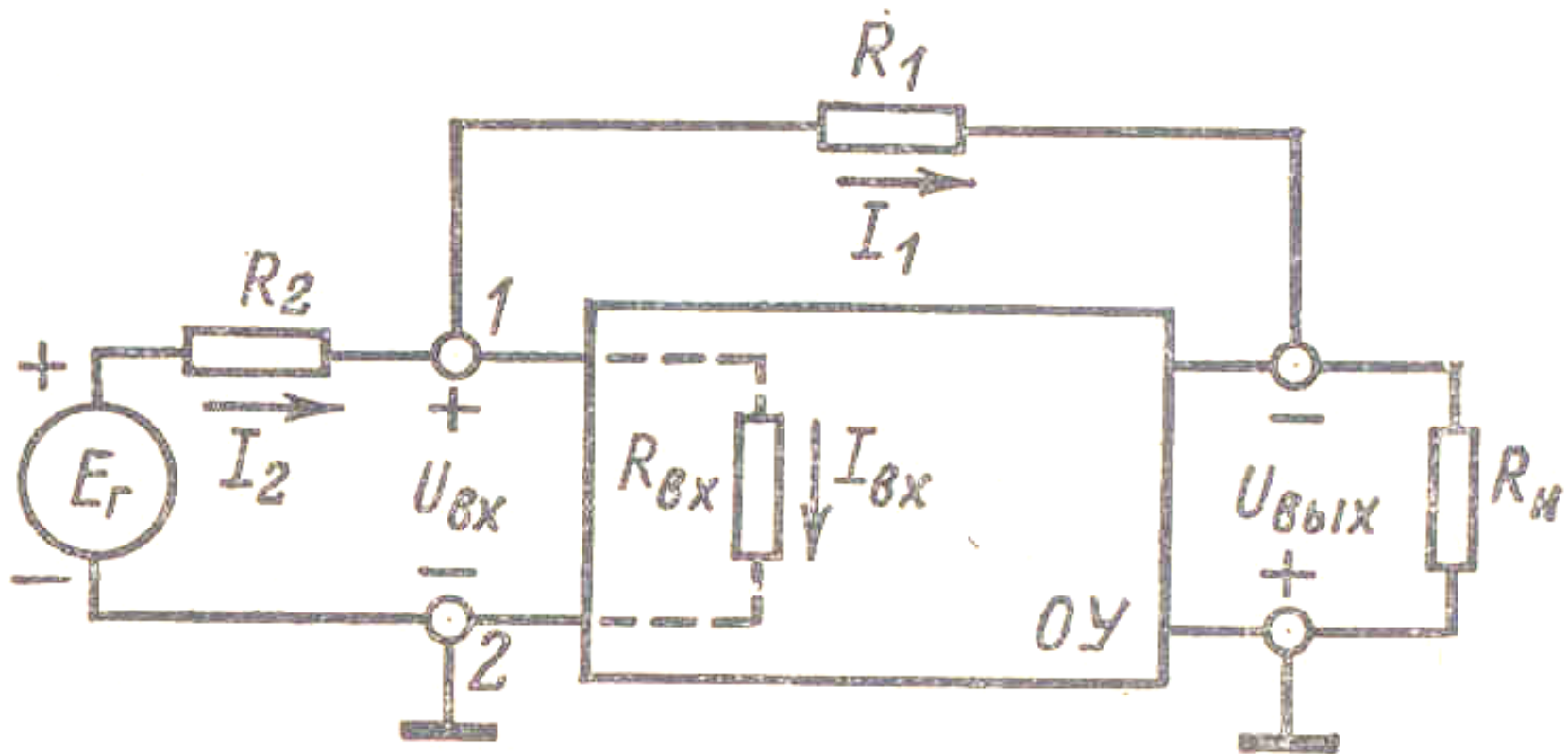
# $\mu A747$



# Застосування ОП

- Негативний зворотній зв'язок





$$E_r = U_{BX} + I_2 R_2; \quad U_{ВЫХ} = -I_1 R_1 + U_{BX}; \quad I_{BX} = \frac{U_{BX}}{R_{BX}} = I_2 - I_1$$

$$K_{o.c} = \frac{-R_1/R_2}{1 + \frac{1}{K} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_{BX}} \right)}$$

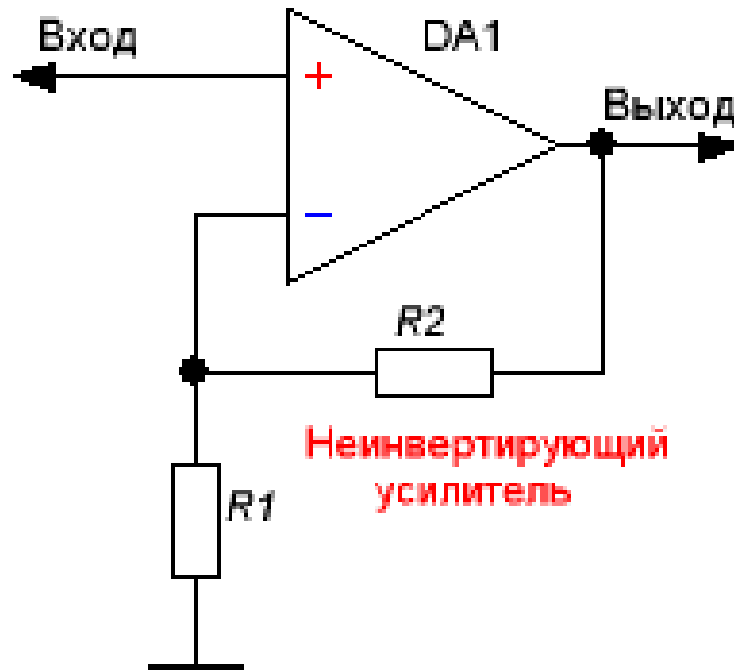


$$K_{o.c.} = -R_1/R_2$$

Коеф. підсил. без звор. зв'язку.

# Застосування ОП

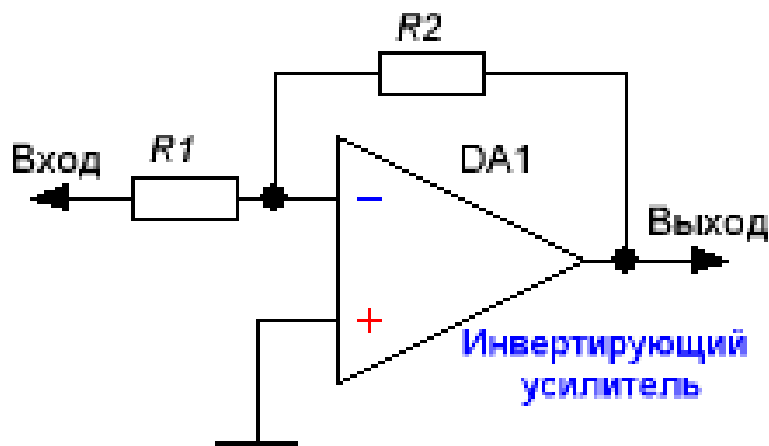
- Неінвертуючий підсилювач



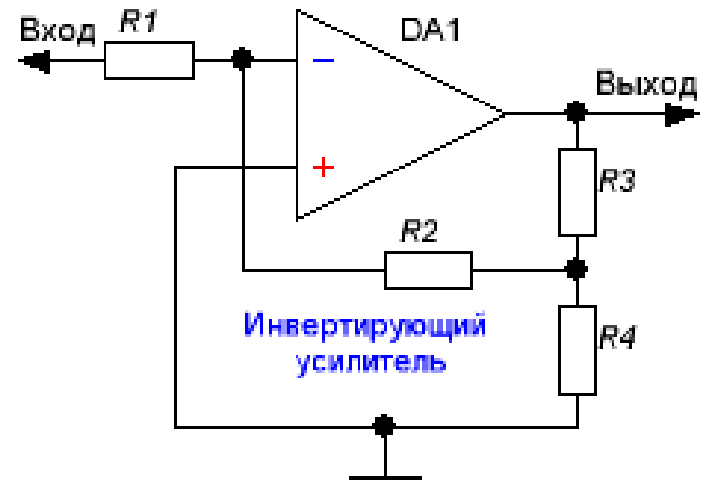
$$K = 1 + \frac{R2}{R1}$$

# Застосування ОП

- Інвертуючий підсилювач

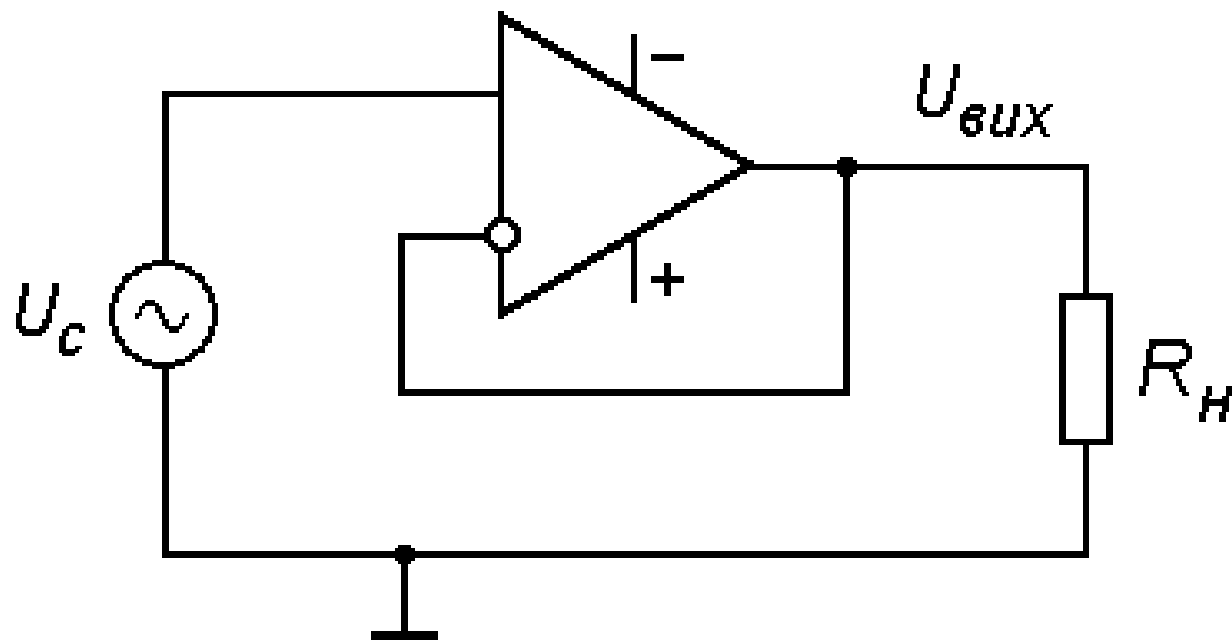


$$K = -\frac{R2}{R1}$$



$$K = -\frac{R2(R3 + R4)}{R1 \cdot R4}$$

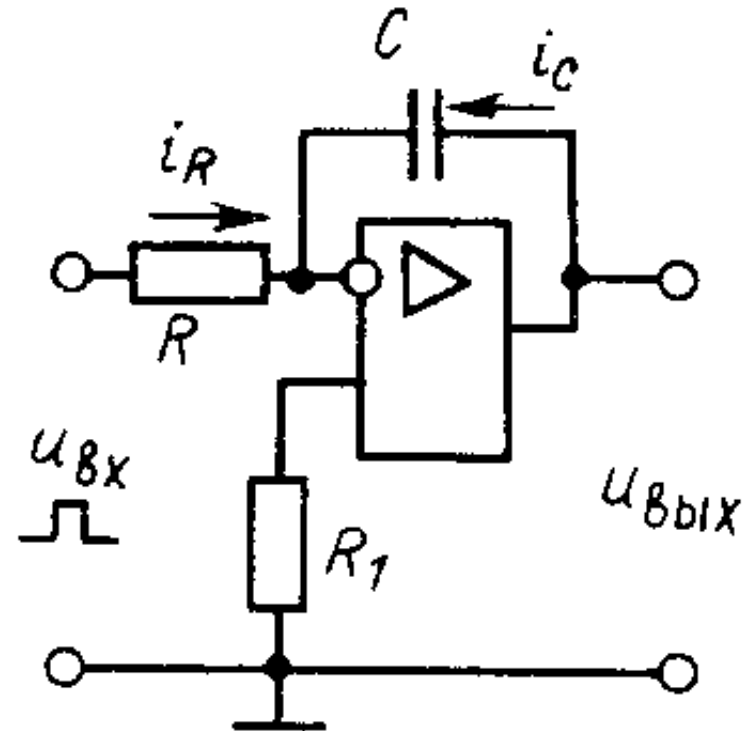
# Повторювач напруги



**Інтегратор** використовується для одержання вихідного сигналу, пропорційного інтегралу вхідної напруги.

$$i_R = u_{\text{вх}} / R$$

$$i_C + i_R = 0$$



$$u_{\text{вых}}(t) = u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i_C dt = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{\text{вх}}(t) dt$$

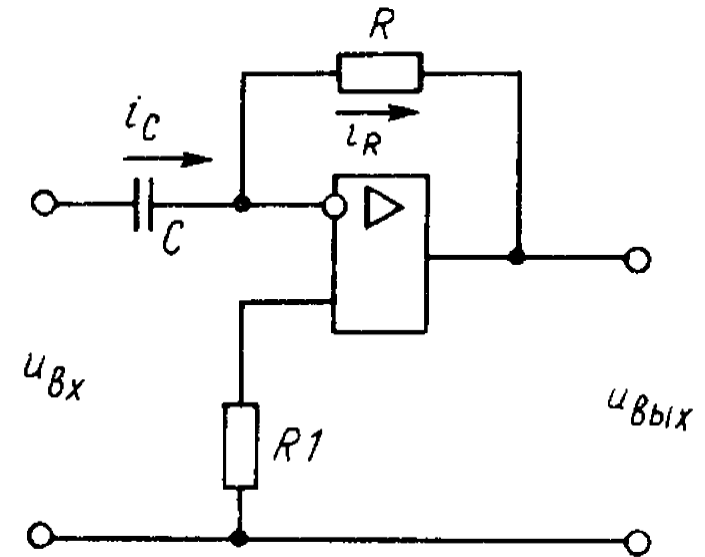


**Диференціатор** дозволяє одержати вихідну напругу, пропорційну швидкості зміни вхідної.

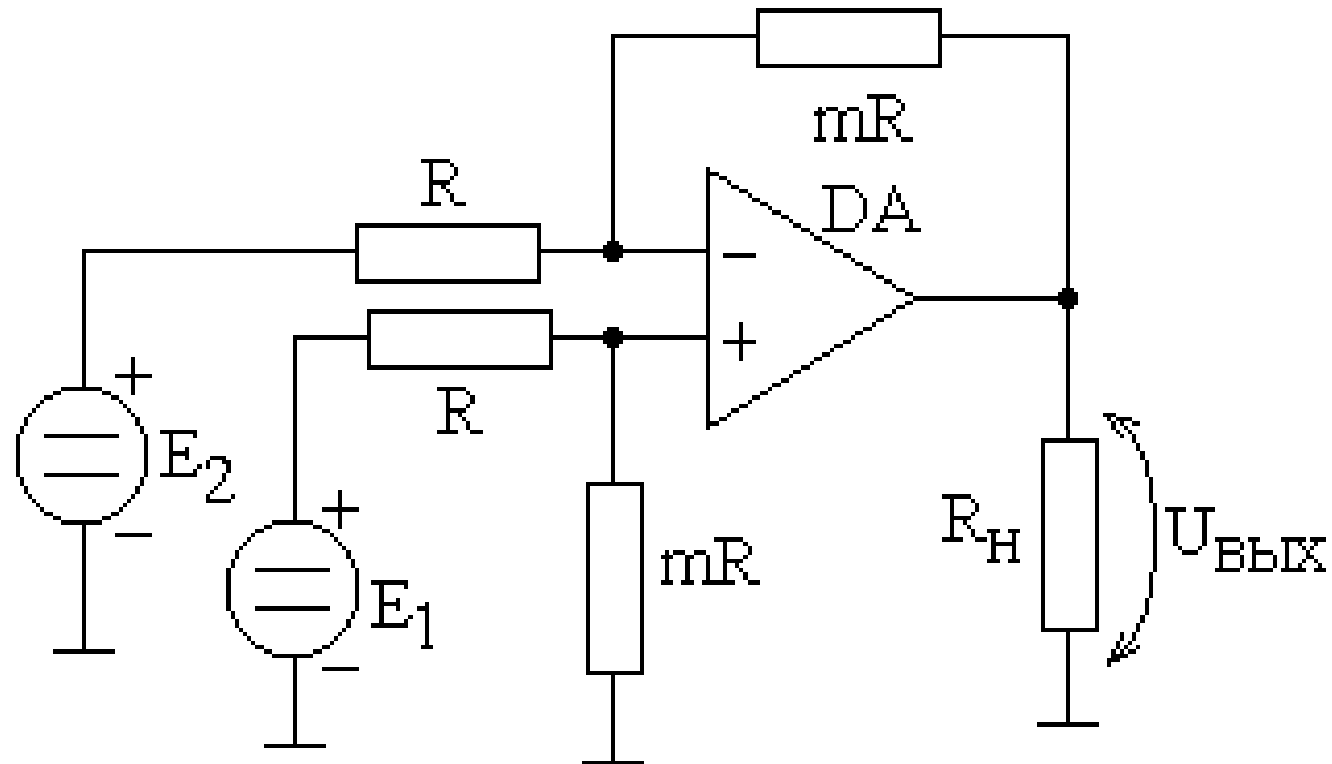
$$i_C + i_R = 0$$

$$i_R = -i_C = -C \frac{du_{\text{вх}}}{dt}$$

$$u_{\text{вих}} = i_R R = -RC \frac{du_{\text{вх}}}{dt}$$

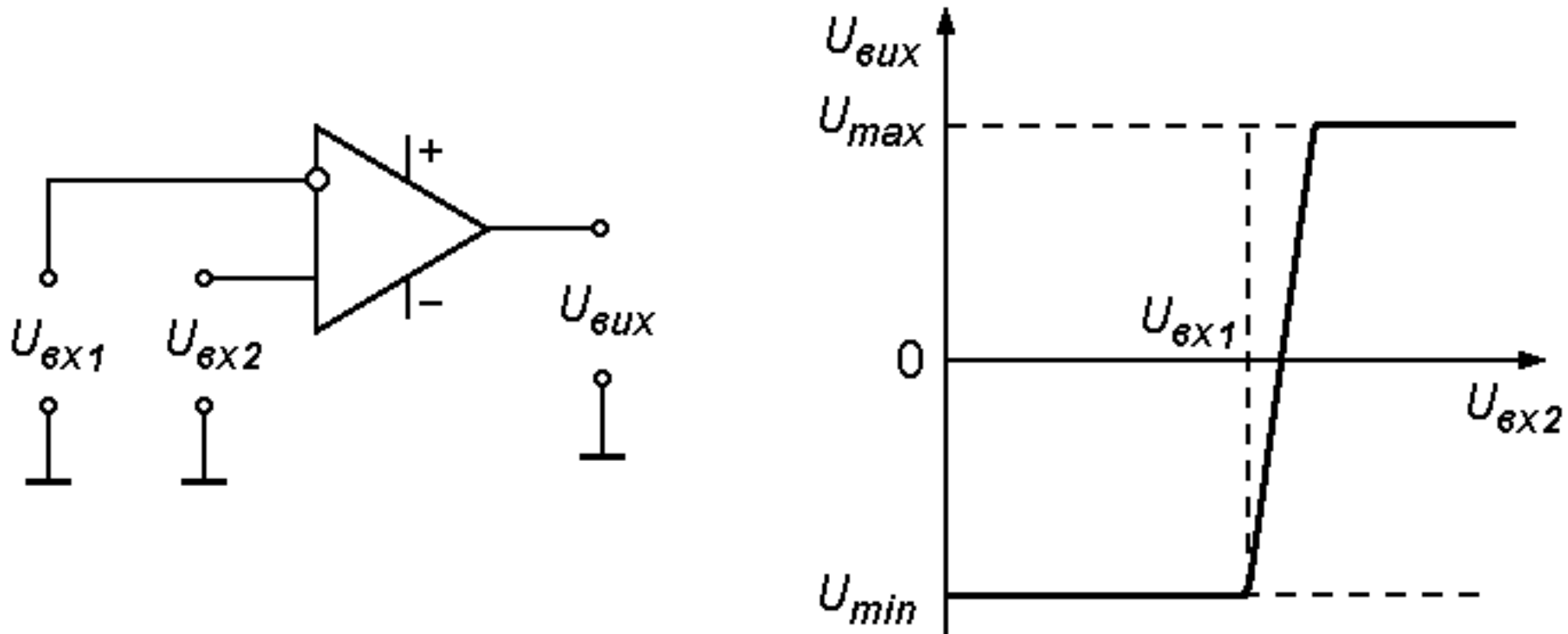


# Диференційний підсилювач



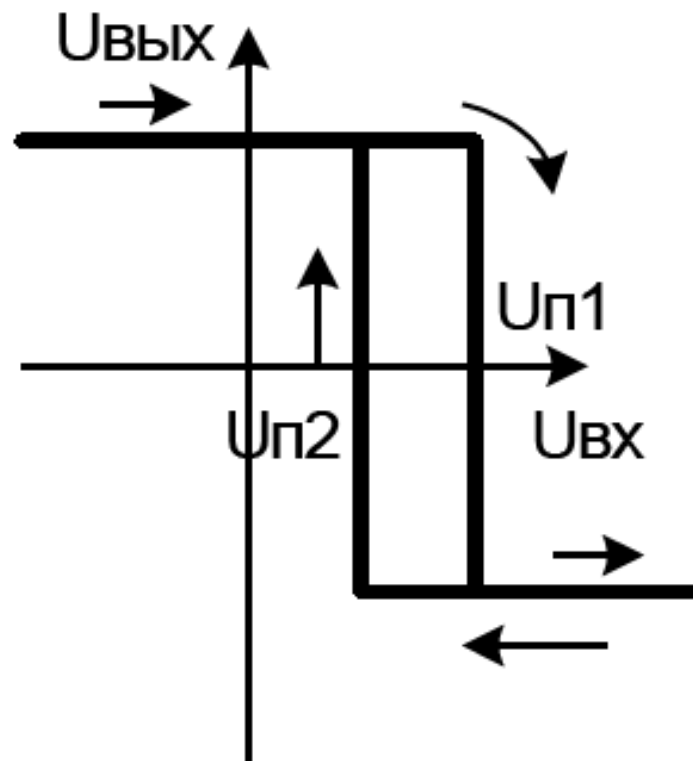
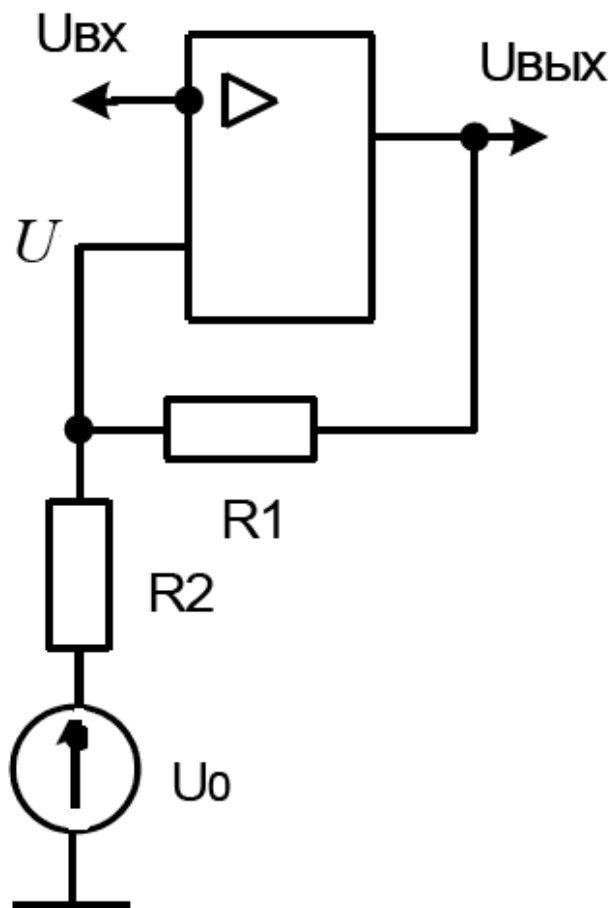
**ОП в схемах з позитивним  
зворотнім зв'язком**

# Однопороговый компаратор



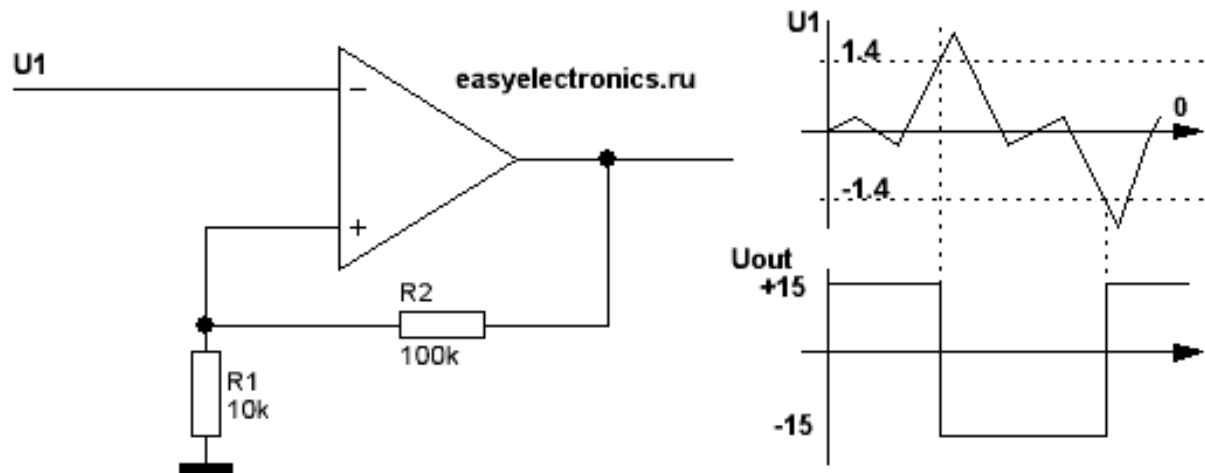
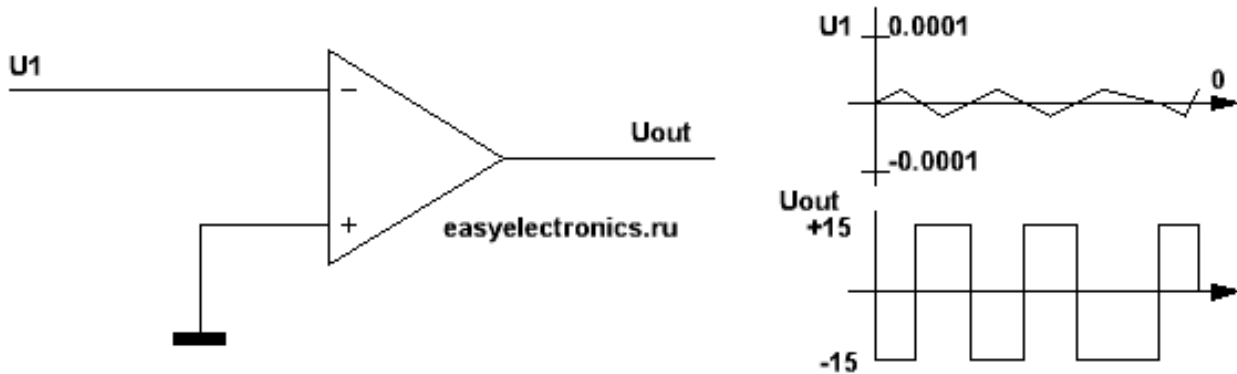
При зміні знаку різниці вхідних напруг (наприклад, коли напруга  $U_{вх2}$  стає більшою за  $U_{вх1}$ ) вихідна напруга стрибком змінюється від свого найменшого значення  $U_{min}$  (яке є ні чим ішим як напругою насичення ОП  $U_{нас}^-$ ) до  $U_{max}$  (напруги насичення  $U_{нас}^+$ ).

# Компаратор



$$U = U_0 \frac{R1}{R1 + R2} + U_{ВЫХ} \frac{R2}{R1 + R2}$$

# Тригер Шмітта



# Сучасні ОП

1. Усилители общего применения (General Purpose — LM, LMC) — коэффициент усиления до 100 дБ, напряжение смещения более 1 мВ, частота единичного усиления до 10 МГц.
2. Маломощные (Low Power — LP, LPV) — ток потребления менее 1,5 мА.
3. Микромощные (Micro Power — LP, LPV) — ток потребления менее 25 мкА.
4. Низковольтные (Low Voltage — LMV) — напряжение питания менее 3 В.
5. Прецизионные (Precision — LMP) — коэффициент усиления более 100 дБ, напряжение смещения менее 1 мВ.
6. Быстродействующие (High Speed — LMH) — частота единичного усиления более 50 МГц.
7. Малошумящие (Low Noise) — напряжение шумов менее 10 нВ/Гц<sup>1/2</sup>.
8. Мощные (High Output Power) — выходной ток более 100 мА.
9. С выходным и входным напряжением, близким к напряжению питания (Rail to Rail Output/Input).

# Сучасні ОП

Исполнение			Корпус	Диапазон температур	Напряжение питания, В		Потребляемый ток на один канал / в режиме «О» включения, мА	Выходной ток (в режиме выключения), мА	Rail to Rail	Входной ток, нА	Напряжение смещения, мВ	Синфазное входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		Частота единичного усиления, МГц	Напряжение шума, мВ/Гц	Примечание
Одиноч.	Сдвоен.	Счетвер.			мин	макс	макс	макс		тип	макс	мин	макс	мин	макс	тип	тип	
LMV341	LMV342	LMV344	SOIC, SC70, MSOP, TSOP	E	2,7	5,0	107/0,033	113/75	Выход	0,00002	4,5	−0,2	4,2	0,7	4,93	1,0	39	Отключение. Сверхмалый входной ток
LMV931	LMV932	LMV934	SOIC, SC70, SOT23, MSOP, TSOP	E	1,8	5,0	116	100/65	Вход/Выход	15,0	4,5	−0,2	5,3	0,035	4,965	1,5	50	Напряжение питания 1,8 В
LMV981	LMV982	—	microSMD, SOT23, SC70, TSSOP	E	1,8	5,0	116/0,2	100/65	Вход/Выход	15,0	4,5	−0,2	5,3	0,035	4,965	1,5	50	То же. Отключение
LMV321	LMV358	LMV324	SOIC, SC70, SOT23, MSOP, TSOP	I	2,7	5,0	102—130	60/60	Выход	10,0	7,0	−0,2	4,2	0,065	4,9	1,0	39	
LPV321	LPV358	LPV324	SOIC, SC70, SOT23, MSOP, TSOP	I	2,7	5,0	7—9	16/60	Выход	2,0	7,0	−0,2	4,2	0,09	4,996	0,1	146	Микромощный
LMV301	—	—	SC70	I	1,8	5,0	163	108/69	Выход	0,0002	8,0	−0,3	3,8	0,034	4,966	1,0	40	Малый входной ток
—	LM2904	LM2902	microSMD, SOIC	I, E	3,0	32	250—175	40/40	—	50,0	7,0	0	3,5	0,005	28	1,0	40	Широкий диапазон напряжения питания
		LP2902	SOIC, MDIP	I, E	3,0	26	85	20/15	—	10,0	4,0	−0,1	3,5	0,07	3,6	0,1	80	То же
LMV821	LMV822	LMV824	SOIC, SOT23, SC70, TSSOP	I	2,5	5,5	250—300	45/40	Выход	30,0	3,5	−0,3	4,3	0,1	4,9	5,6	24	Быстродействующий
LMC7101	—	—	SC70	I	2,7	15	500	25/22	Вход/Выход	0,0010	7,0	−0,3	5,3	0,1	4,9	1,0	37	
LMC7111	—	—	SOT23	I	2,7	10	20	7	Вход/Выход	0,0010	7,0	−0,1	2,8	0,01	2,69	0,04	110	Микромощный
LM7301	—	—	SOIC, SOT23	I	1,8	32	600	11/9,5	Вход/Выход	100	6,0	−0,1	5,1	0,07	4,93	4,0	36	Широкий диапазон напряжения питания
LMC8101	—	—	microSMD, MSOP	I	2,7	10	700/0,1	20/10	Вход/Выход	0,0010	5,0	0	3,0	0,03	2,67	1,0	36	Отключение
LM8261	LM8262	—	SOIC, SOT23	I	2,5	30	400	53/75	Вход/Выход	1200	5,0	−1	5,3	0,1	4,8	21	15	Может работать на большую емкостную нагрузку
LM8272	—	—	mini-SOIC, MSOP	I	2,5	24	900	100/100	Вход/Выход	1200	5,0	−0,3	5,3	0,215	4,93	13	15	То же. Мощный
LMV721	LMV722	—	LLP, SOT23, SC70, MSOP	I	2,2	5,0	1000	52/23	Выход	260	3,0	−0,3	4,1	0,08	4,96	10	8,5	Малощумящий
LMV710/11/15	LMV712	—	SOT23, microSMD, LLP, MSOP	I	2,7	5,0	1170/0,2	35/40	Вход/Выход	0,0040	3,0	−0,3	5,3	0,01	4,98	5,0	20	Отключение (711, 712); отключение с третьим состоянием выхода (715)
—	LMV422 Full	—	MSOP	I	2,7	5,2	400	5/16	Выход	0,0050	1,0	−0,3	3,8	0,03	4,97	8,0	25	Программируемый
	LMV422 Low						2	0,14/0,13				0	3,5	0,15	4,94	0,027	60	



