

# ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВУЗЛИ

Операційний підсилювач (ОП) – уніфікований багатокаскадний підсилювач постійного струму.

## Ідеальний ОП

### У ідеального ОП

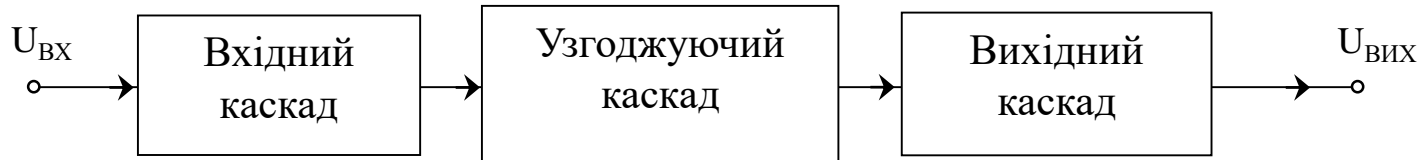
1. Коефіцієнт підсилення по напрузі наближується до нескінченості ( $K_{U0} \rightarrow \infty$ ).
2. Вхідний опір наближується до нескінченості ( $R_{BX} \rightarrow \infty$ ).
3. Вихідний опір наближується до нуля ( $R_{ВЫХ} \rightarrow 0$ ).
4. Безкінечна полоса підсилюємих частот ( $f_B \rightarrow \infty$ ).
5. Відсутність дрейфу нуля (если  $U_{BX} = 0$ , то и  $U_{ВЫХ} = 0$ ).

### Наслідки

$$I_{BX} = \frac{U_{BX}}{R_{BX}} = \frac{U_{BX}}{\infty} = 0$$

$$U_{BX} = \frac{U_{ВЫХ}}{K} = \frac{U_{ВЫХ}}{\infty} = 0$$

# Структурна схема ОП



**Вхідний** каскад диференційний. Він дозволяє:

1. Максимально зменшити дрейф нуля ОП,
2. Отримати достатньо високий коефіцієнт підсилення,
3. Забезпечити максимально високий вхідний опір.
4. Максимально подавити синфазні складові, обумовлені дестабілізуючими факторами (зміна температури зовнішнього середовища, зміна напруги живлення та ін.).

**Узгоджуючий** каскад служить для узгодження вхідного диференційного каскаду з вихідним каскадом. Він забезпечує:

1. необхідне підсилення сигналу по струму та напрузі.
2. узгодження фаз сигналів.

**Вихідний** каскад виконується, як правило, по двухтактній схемі та забезпечує необхідне підсилення по потужності.

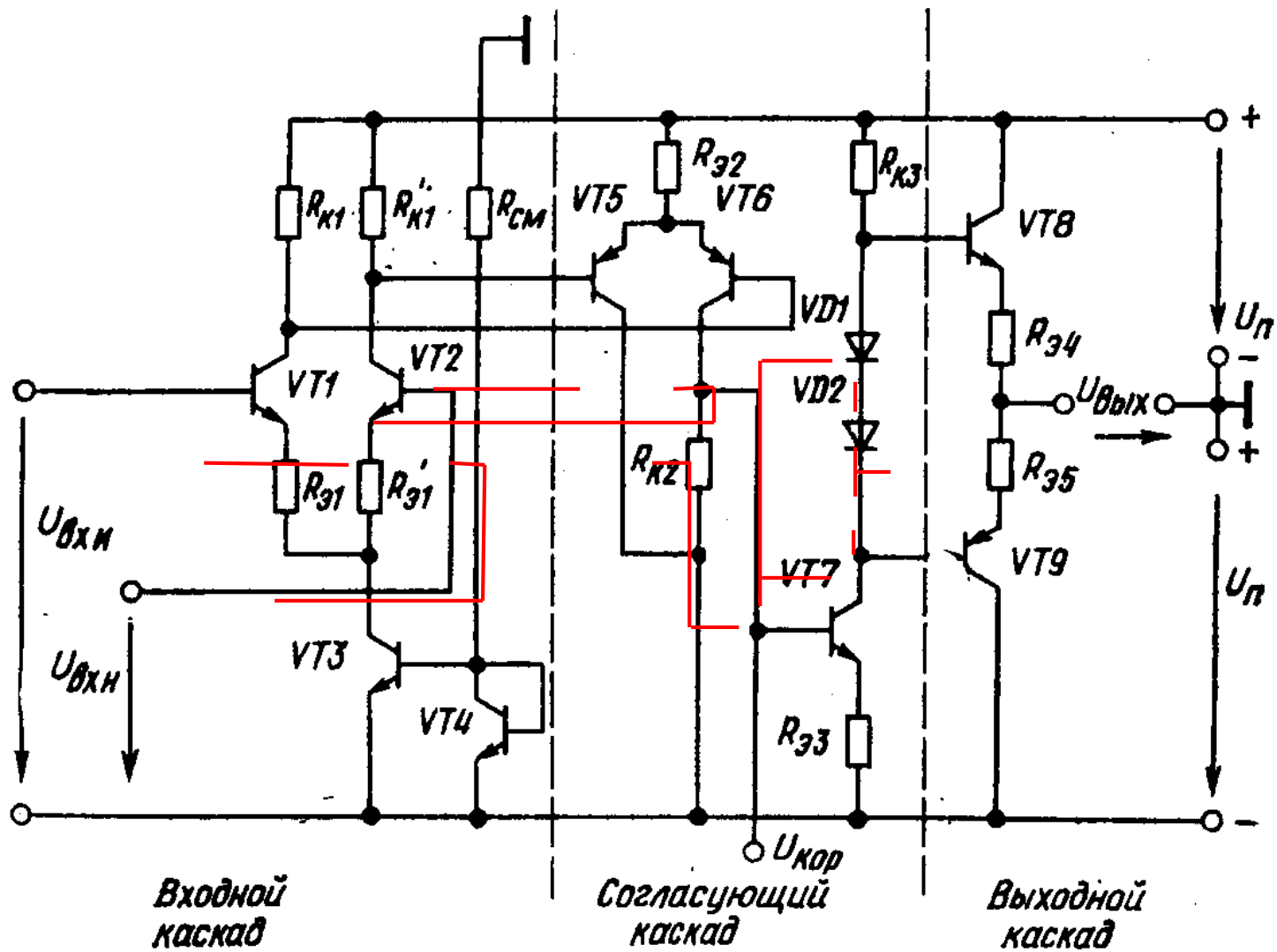
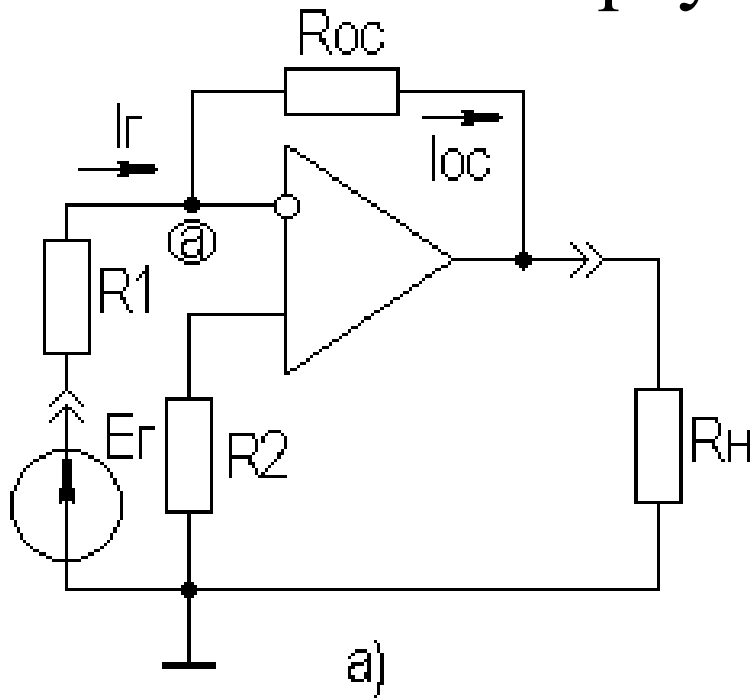


Рис. 3. Упрощенная схема трехкаскадного ОУ

# Інвертуючий підсилювач



$$I_2 = I_{oc}$$

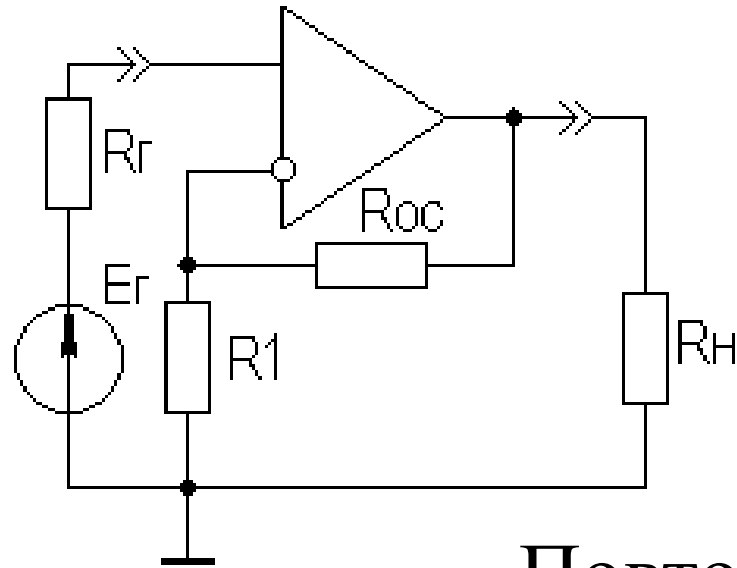
$$E_2 / R_1 = -U_{вых} / R_{oc}$$

$$K_{U_{инв}} = U_{вых} / E_2 = -R_{oc} / R_1$$

$$I_2 = I_{oc} + I_{вх}$$

$$K_{U_{инв}} = \frac{-R_{oc} / R_1}{1 + \frac{1}{K_U} \left( 1 + \frac{R_{oc}}{R_1} + \frac{R_{oc}}{R_{вхOУ}} \right)}$$

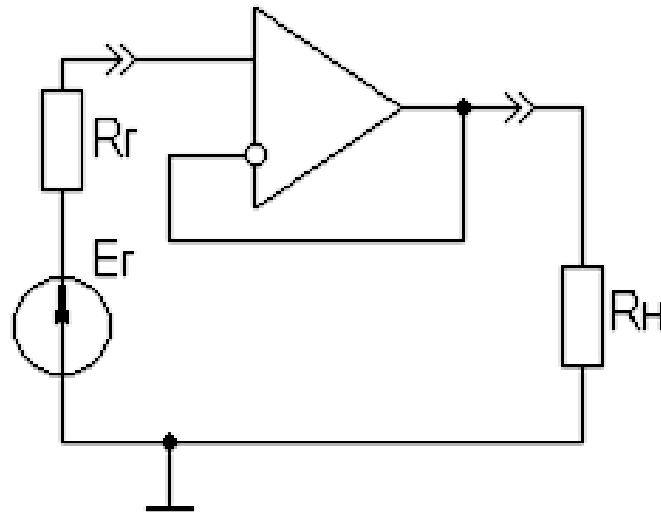
# Неінвертуючий підсилювач



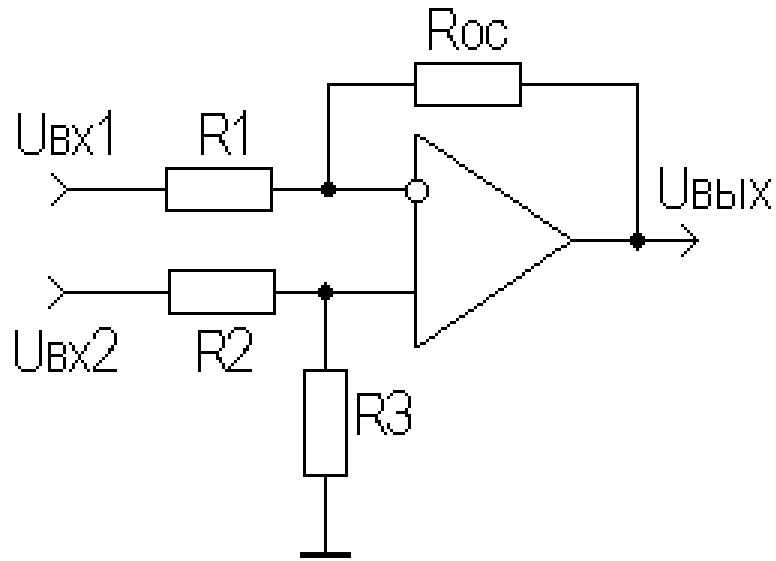
$$U_{вх} = U_{вых} R_1 / (R_1 + R_{oc})$$

$$K_{U_{неинв}} = 1 + R_{oc} / R_1$$

Повторитель на ОУ



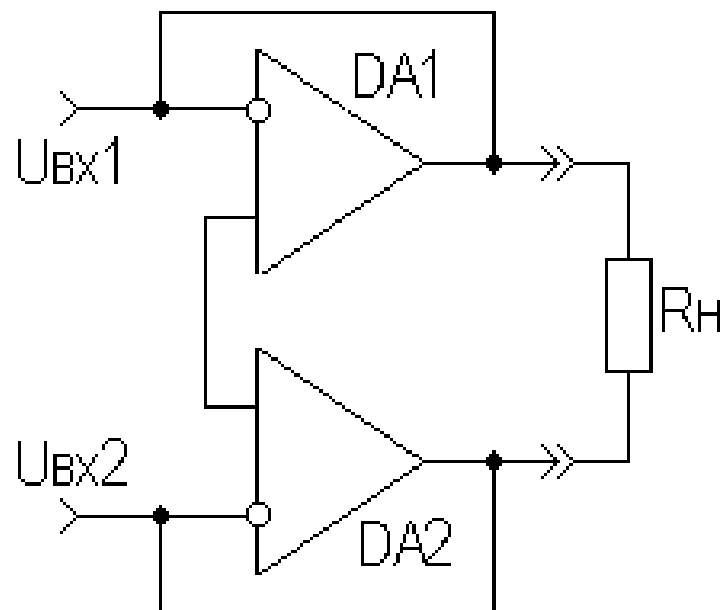
# Диференціальний підсилювач на ОП



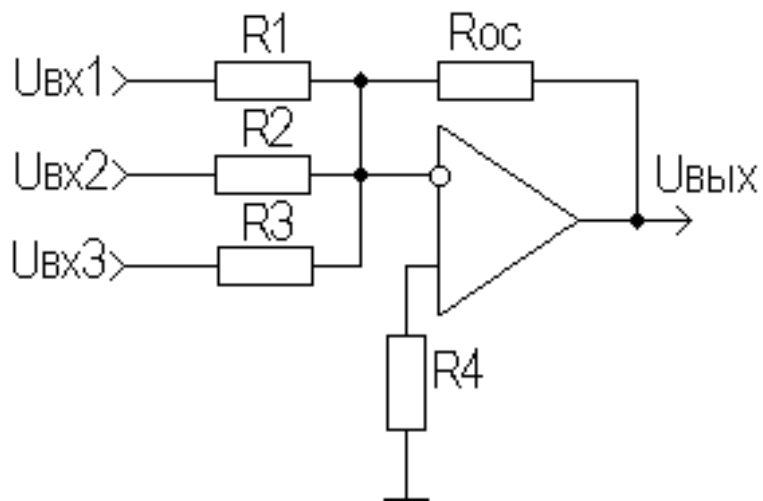
$$U_{вых} = K_{U_{инв}} U_{вх1} + K_{U_{неинв}} U_{вх2} R_3 / (R_2 + R_3)$$

$$\text{при } R_2 = R_3 \quad U_{вых} = U_{вх2} - U_{вх1}$$

# Різницецевий підсилювач на повторювачах



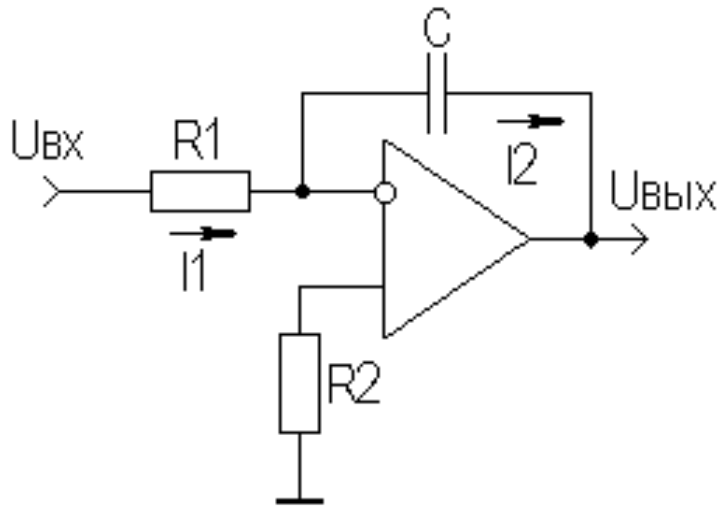
# Інвертуючий суматор на ОП



$$-U_{вых} = \frac{R_{oc}}{R_1} U_{вх1} + \frac{R_{oc}}{R_2} U_{вх2} + \frac{R_{oc}}{R_3} U_{вх3}$$

$$U_{ош} = U_{см} (K_{U_{ош}} + 1) \quad K_{U_{ош}} = R_{oc} / (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3)$$

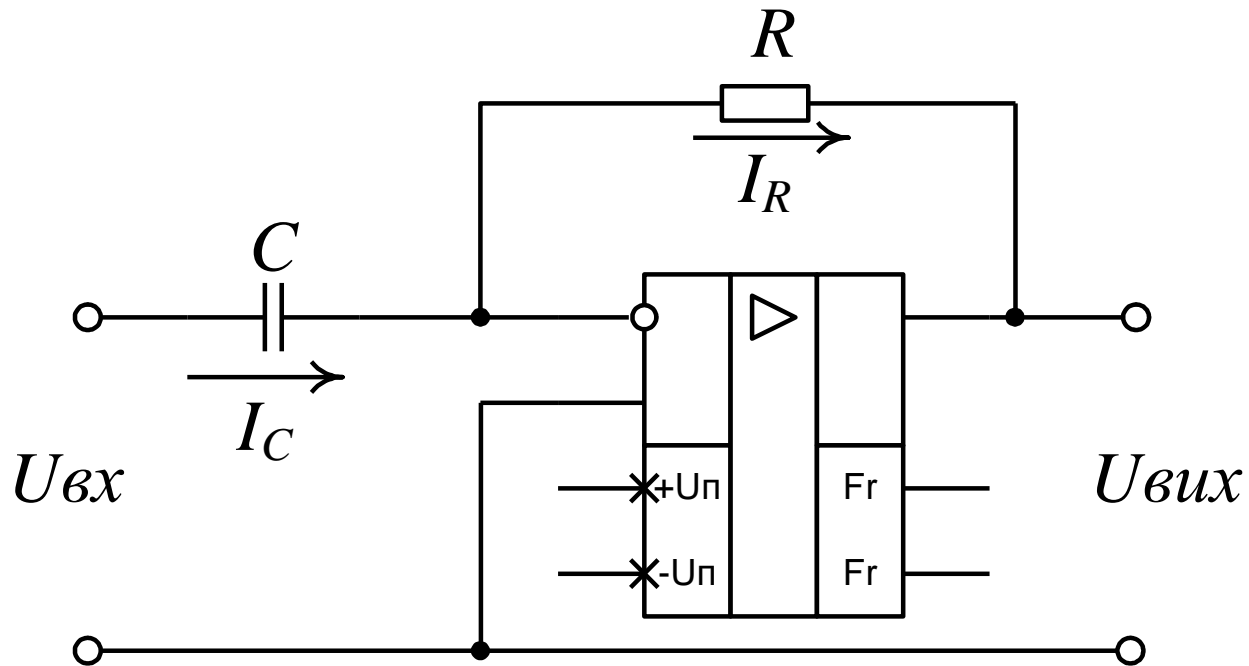
# Интегратор на ОП



$$U_{вх} / R_1 = -C \frac{dU_{вых}}{dt}$$

$$U_{вых} = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t U_{вх} dt$$

# Диференціатор на ОП



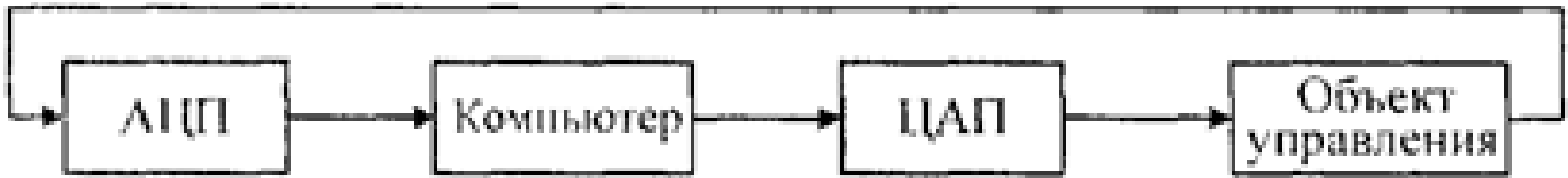
$$I_C = -I_R$$

$$I_R = \frac{U_{\text{вих}}}{R}$$

$$I_C = -\frac{U_{\text{вих}}}{R}$$

$$I_C = C \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$$

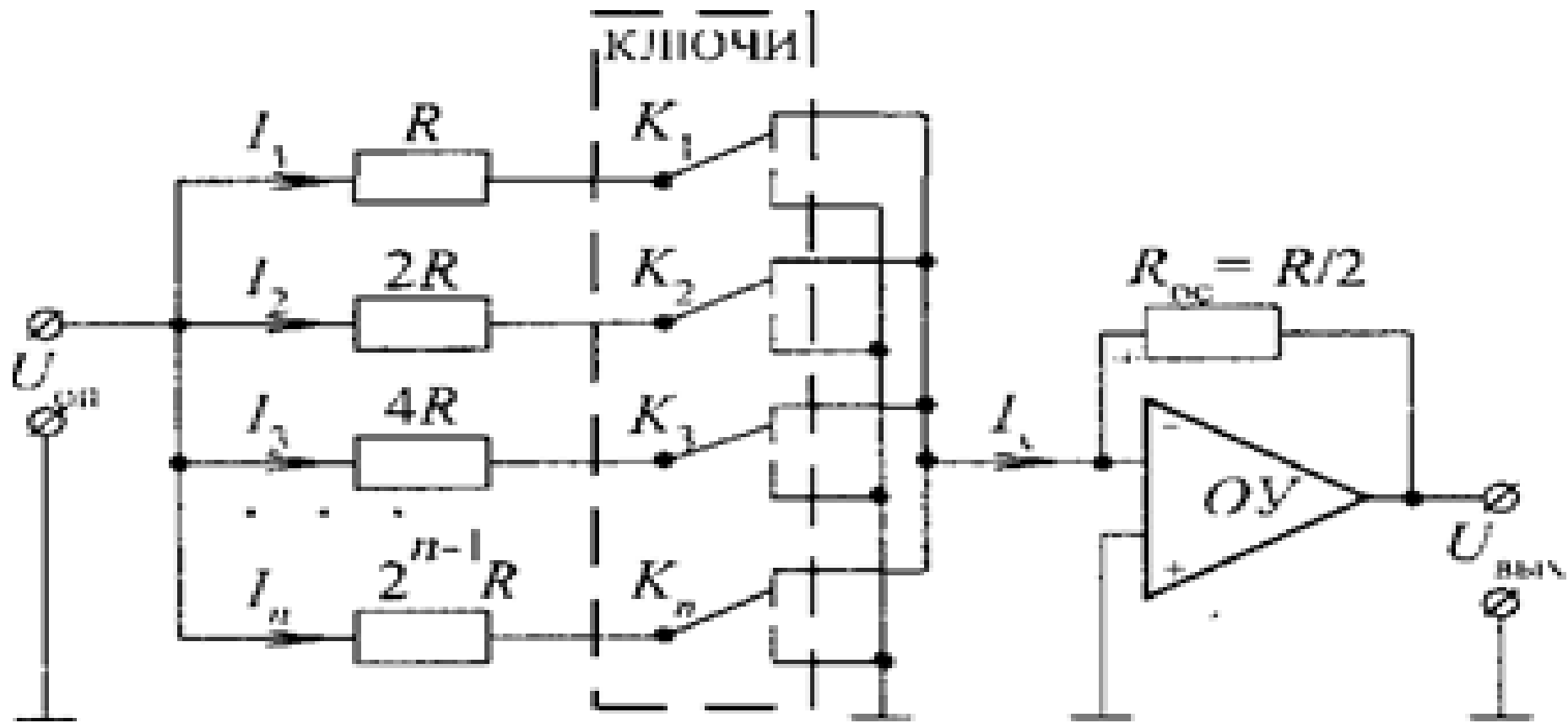
$$U_{\text{вих}} = -RC \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$$



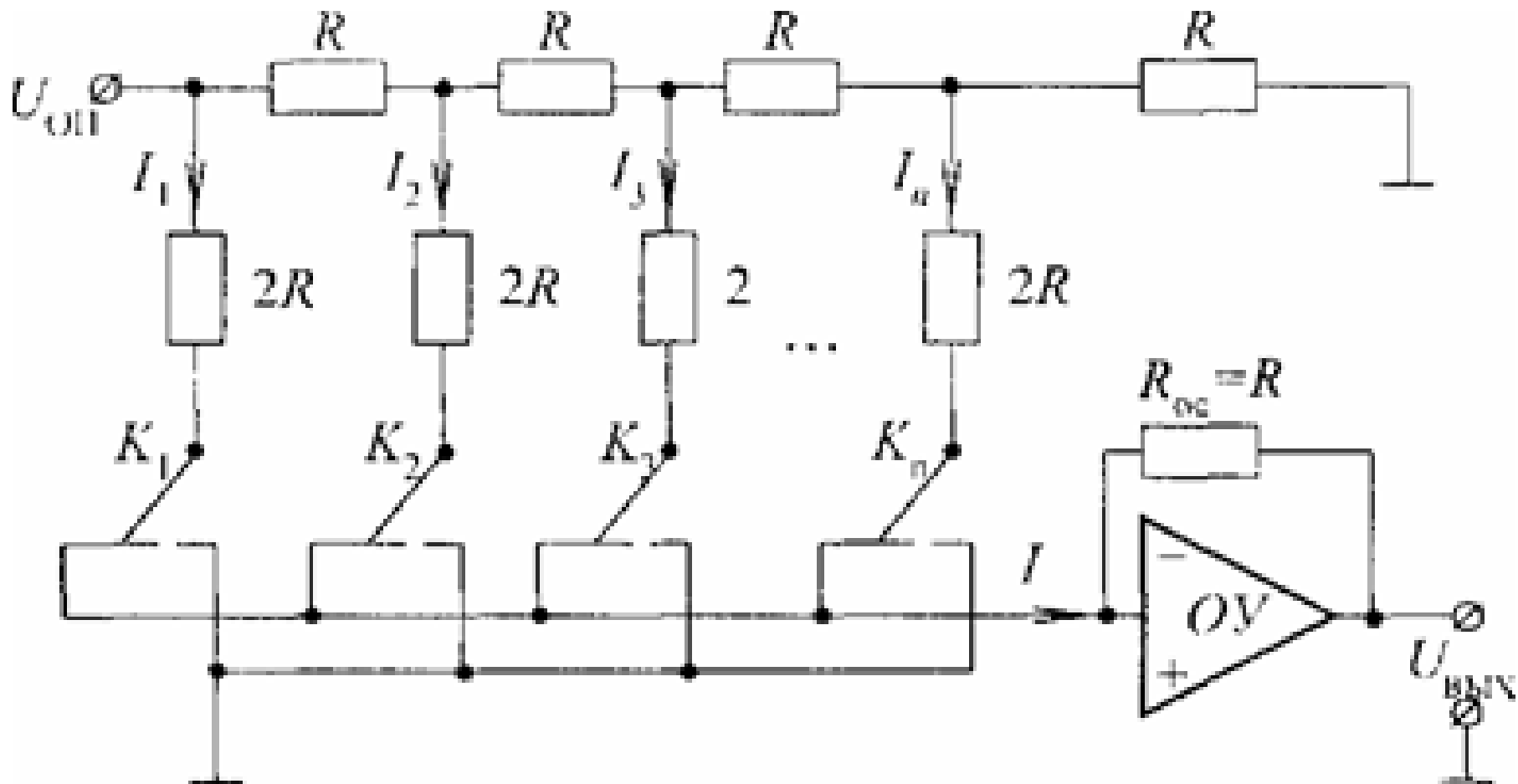
Структура ЦАП включає: резистивну або транзисторну матрицю для формування еталонних струмів; ключі для комутації еталонних струмів згідно вхідному коду до загальної точки підсумовування; операційний підсилювач для перетворення струму у вихідну напругу; допоміжні схеми для узгодження з вхідними рівнями сигналів; стабілізоване джерело  $U_{оп}$ .

Резистивні матриці будують або з набору двійково-зважених по номіналах резисторів, або у вигляді сходового (багатоланкового) ланцюжка резисторів лише двох номіналів

Основними параметрами ЦАП є число розрядів вхідного цифрового коду, роздільна здатність, погрішності перетворення, діапазон вихідних сигналів, динамічні параметри.



Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) призначені для перетворення цифрової інформації в аналогову форму у вигляді напруги. Їх використовують в системах управління технологічними процесами, в аналогових мікропроцесорах, в дисплеях, графічних пристроях.

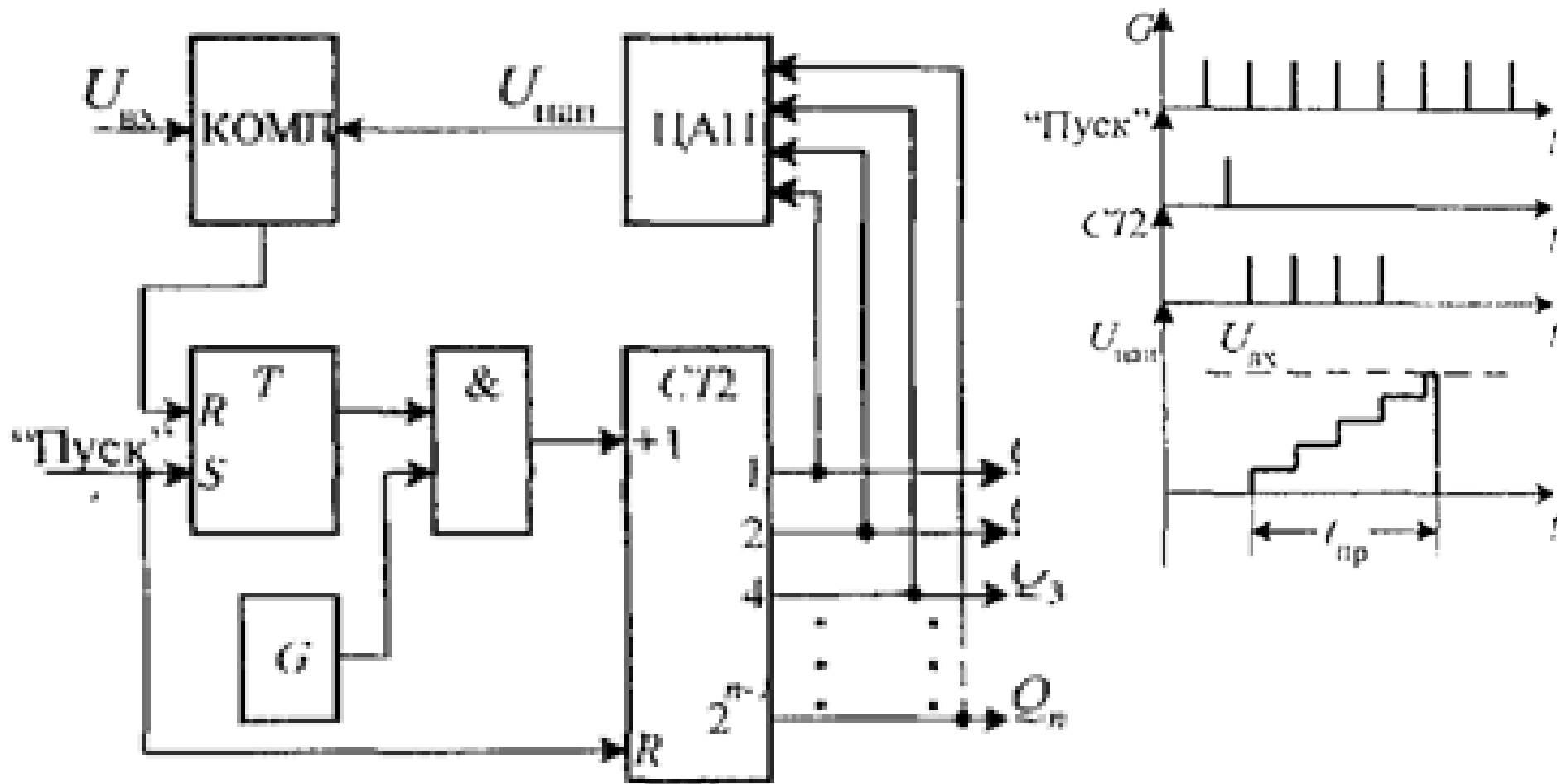


У схемі ЦАП на основі сходової матриці  $R-2R$  використовуються резистори тільки двох номіналів, тобто при переході від старшого розряду до молодшого еталонний струм зменшується в два рази.

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) призначені для перетворення аналогової інформації (у вигляді напруги) в цифровий код. Використовують АЦП в мікропроцесорних системах, в цифрових вимірювальних приладах

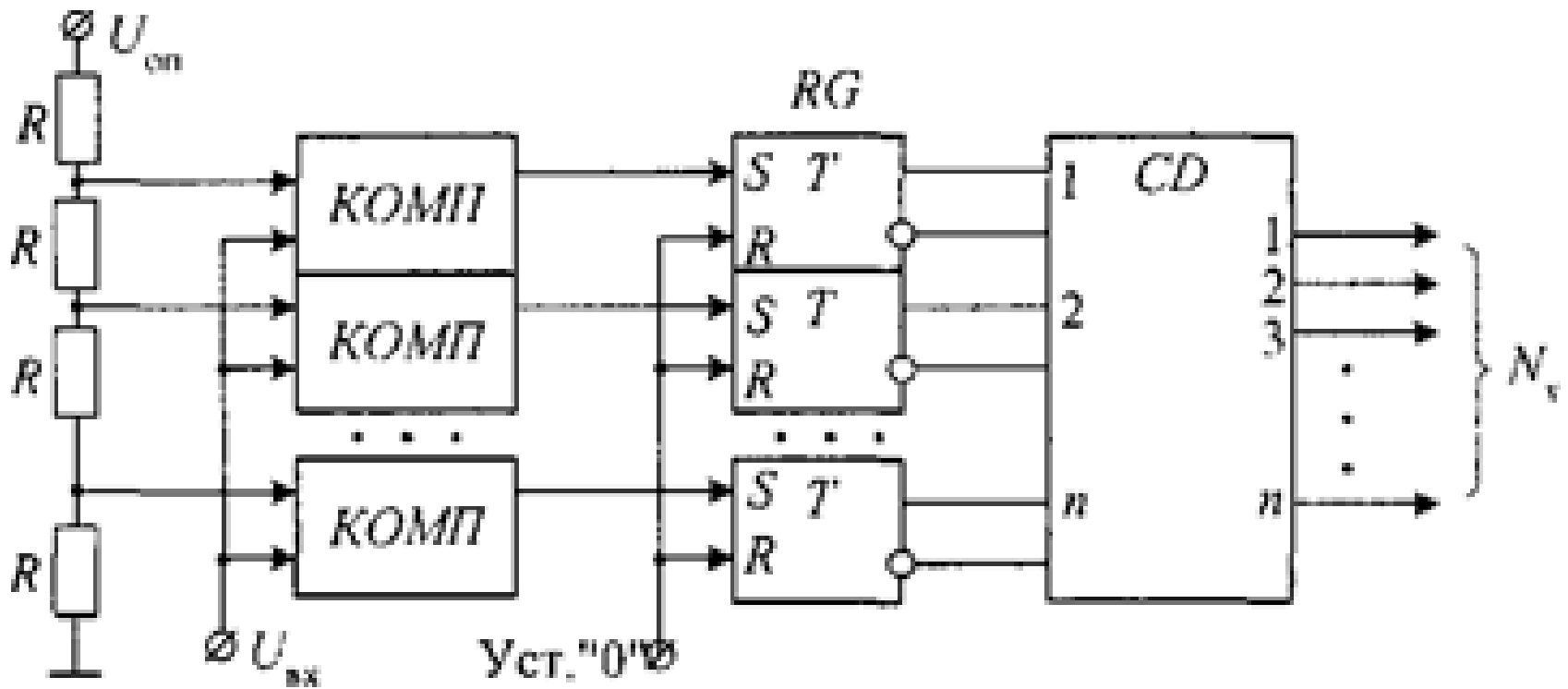
Основними параметрами і характеристиками АЦП є:

- число розрядів  $n$  вихідного коду;
- роздільна здатність  $h$  — мінімальний квант вхідної напруги, за який вихідний код змінюється на одиницю молодшого розряду;
- нелінійність  $\delta_l$  — максимальне відхилення вихідного коду від розрахункового значення у всьому діапазоні шкали;
- абсолютна погрішність  $\delta_a$  — найбільше відхилення вихідного коду від розрахункового в кінцевій точці шкали;
- час перетворення  $t_{пр}$  — інтервал від моменту початку перетворення до появи на виході сталого коду; часто замість  $t_{пр}$  швидкодія АЦП характеризується частотою перетворення;
- діапазон і полярність вхідної напруги, число джерел живлення, струм споживання, можливість загальної роботи з мікропроцесорами.



Аналого-цифровий перетворювач послідовного рахунку





Аналого-цифровий перетворювач паралельної дії