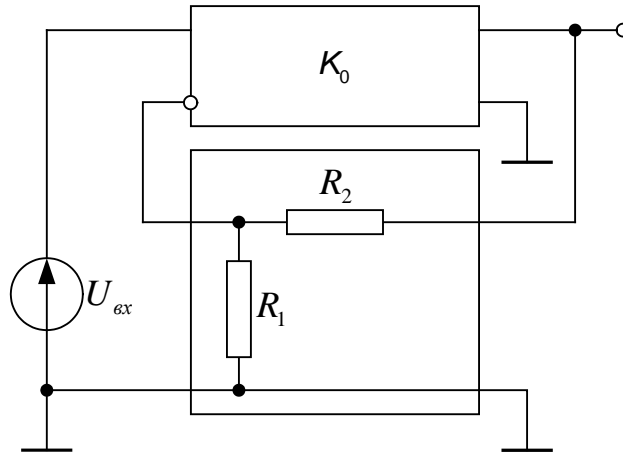


## Завдання № 1

### Текст завдання

Визначити коефіцієнт підсилення підсилювача на операційному підсилювачі з негативним зворотнім зв'язком, якщо  $R_1 = 9$  кОм,  $R_2 = 91$  кОм,  $K_0 = 100$ .



### **Розв'язок**

$$K_{\Sigma} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta}; \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2};$$

$$K_{\Sigma} = \frac{100}{1 + 100 \frac{9000}{9000 + 91000}} = \frac{100}{1 + 9} = 10$$

**Відповідь : 10.**

## Завдання № 2

**Текст завдання**

Вказати, збільшиться чи зменшиться частота зрізу підсилювача при введенні негативного зворотнього зв'язку. Обґрунтувати висновок.

**Розв'язок**

$$K_{\text{під}} = \frac{K_0}{1 + p\tau}; f_{\text{зр}} = \frac{1}{2\pi\tau}$$

$$K_{\text{пзз}} = \frac{K_{\text{під}}}{1 + K_{\text{під}}\beta} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta} \frac{1}{1 + p\tau_{\text{екв}}};$$

$$f_{\text{зрпзз}} = \frac{1}{2\pi\tau_{\text{екв}}}; \tau_{\text{екв}} = \frac{\tau}{1 + K_0\beta}$$

$$\tau_{\text{екв}} < \tau; f_{\text{зрпзз}} > f_{\text{зр}}$$

Значить частота зрізу підсилювача  $f_{\text{зрпзз}}$  збільшиться відносно  $f_{\text{зр}}$  при введенні негативного зворотнього зв'язку.

**Відповідь :** Частота зрізу підсилювача збільшиться при введенні негативного зворотнього зв'язку.

### Завдання № 3

#### Текст завдання

Вказати, як зміниться амплітудно-частотна характеристика підсилювача при введенні негативного зворотнього зв'язку - звужиться чи розшириться. Обґрунтувати висновок.

#### **Розв'язок**

Введення негативного зворотнього зв'язку призведе до збільшення частоти зрізу, бо

$$K_{\text{під}} = \frac{K_0}{1 + \rho\tau}; f_{\text{зр}} = \frac{1}{2\pi\tau}$$

$$K_{\text{пзз}} = \frac{K_{\text{під}}}{1 + K_{\text{під}}\beta} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta} \frac{1}{1 + \rho\tau_{\text{екв}}};$$

$$f_{\text{зрпзз}} = \frac{1}{2\pi\tau_{\text{екв}}}; \tau_{\text{екв}} = \frac{\tau}{1 + K_0\beta}$$

$$\tau_{\text{екв}} < \tau; f_{\text{зрпзз}} > f_{\text{зр}}$$

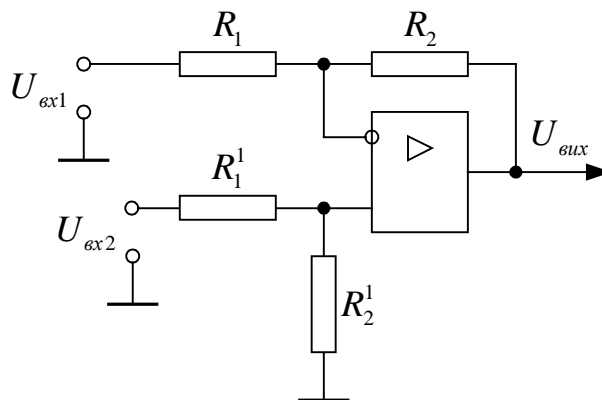
Значить амплітудно-частотна характеристика підсилювача при введенні негативного зворотнього зв'язку розшириться.

**Відповідь :** Амплітудно-частотна характеристика підсилювача при введенні негативного зворотнього зв'язку розшириться.

## Завдання № 4

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу диференційного підсилювача, якщо  
 $R_1 = R_1^1 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = R_2^1 = 100 \text{ кОм}$ ,  $U_{\text{вх1}} = 1 \text{ В}$ ,  $U_{\text{вх2}} = 1,5 \text{ В}$ .

**Розв'язок**

$$U_{\text{вих}}^1 = -U_{\text{вх1}} \frac{R_2}{R_1} = -1 \frac{100000}{10000} = -10(\text{В})$$

$$U_{\text{вих}}^2 = U_{\text{вх2}} \frac{R_2^1}{R_2^1 + R_1^1} \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1,5 \frac{100000}{110000} \frac{110000}{10000} = 15(\text{В})$$

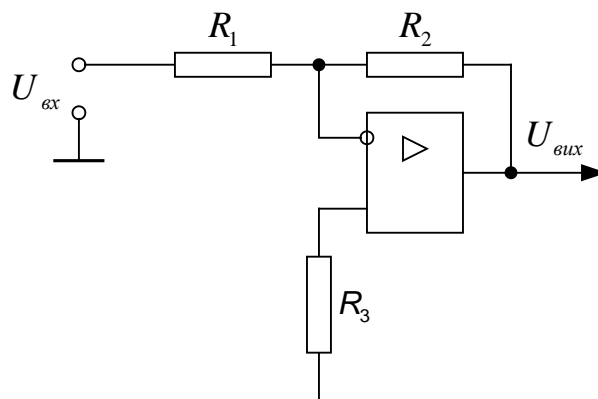
$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вих}}^1 + U_{\text{вих}}^2 = -10 + 15 = +5(\text{В})$$

**Відповідь : +5В.**

## Завдання № 5

**Текст завдання**

Визначити коефіцієнт підсилення підсилювача на операційному підсилювачі.  
Задано:  $R_1 = 2$  кОм,  $R_2 = 8$  кОм.

**Розв'язок**

$$K_{\Sigma} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{8000}{2000} = 4$$

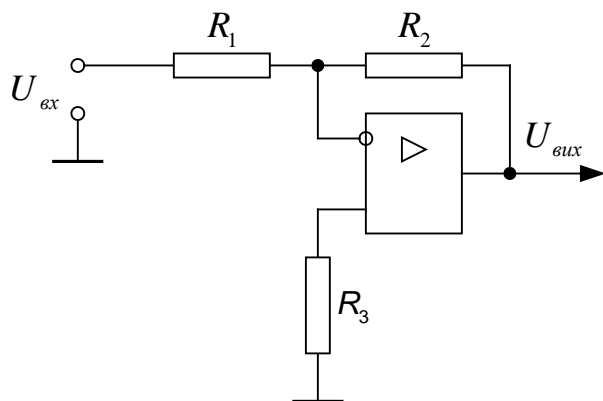
**Відповідь : 4.**

## Завдання № 6

**Текст завдання**

Пояснити призначення резистора  $R_3$  та розрахувати значення його опору.

Задано:  $R_1 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 8 \text{ кОм}$ .

**Розв'язок**

Призначення резистора  $R_3$  - компенсація струму зміщення операційного підсилювача. Значення його опору повинно біти таким, щоб падіння напруги на резисторі  $R_3$  від струму зміщення дорівнювало падінню напруги на

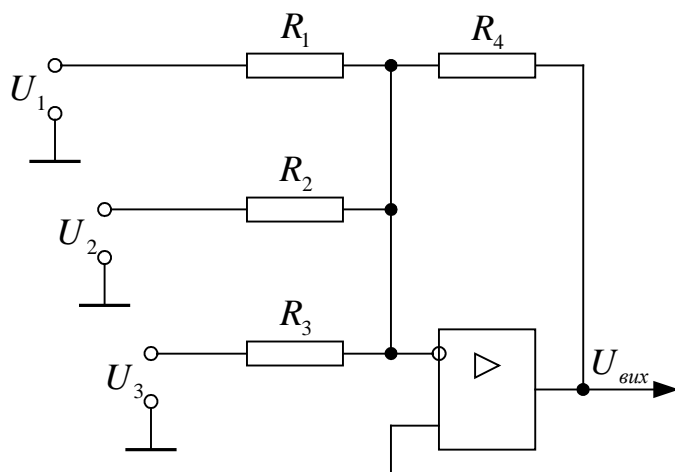
еквівалентному опорі  $R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ , тобто  $R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{16000}{10000} = 1,6(\text{кОм})$

**Відповідь :** 1,6 кОм.

## Завдання № 7

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу вагового суматора, якщо  $R_1 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 4 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 10 \text{ кОм}$ ,  $U_1 = 1 \text{ В}$ ,  $U_2 = -2 \text{ В}$ ,  $U_3 = 1 \text{ В}$ .

**Розв'язок**

$$U_{вих}^1 = -U_1 \frac{R_4}{R_1} = -1 \frac{10000}{1000} = -10(\text{В})$$

$$U_{вих}^2 = -U_2 \frac{R_4}{R_2} = +2 \frac{10000}{2000} = +10(\text{В})$$

$$U_{вих}^3 = -U_3 \frac{R_4}{R_3} = -1 \frac{10000}{4000} = -2,5(\text{В})$$

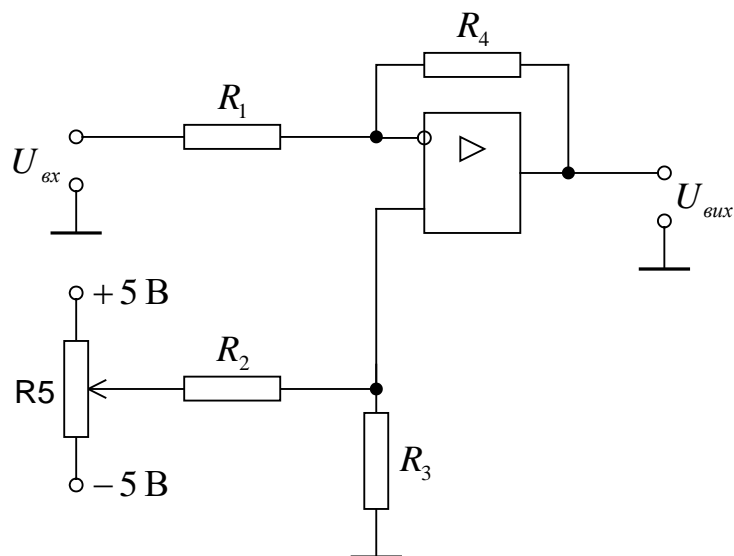
$$U_{вих} = U_{вих}^1 + U_{вих}^2 + U_{вих}^3 = -10 + 10 - 2,5 = -2,5(\text{В})$$

**Відповідь :** -2,5 В.

## Завдання № 8

**Текст завдання**

Вказати призначення елементів: джерела живлення  $+5\text{В}$ ,  $-5\text{В}$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_5$ . Пояснити мету їх використання.

***Розв'язок***

Джерела живлення  $+5\text{В}$ ,  $-5\text{В}$  використовуються для можливості компенсації різнополярної напруги зміщення.  $R_2$ , та  $R_3$  забезпечують значення напруги компенсації в тому самому діапазоні, що і напруга зміщення (резистивний подільник).  $R_5$  дає можливість змінювати значення напруги компенсації.

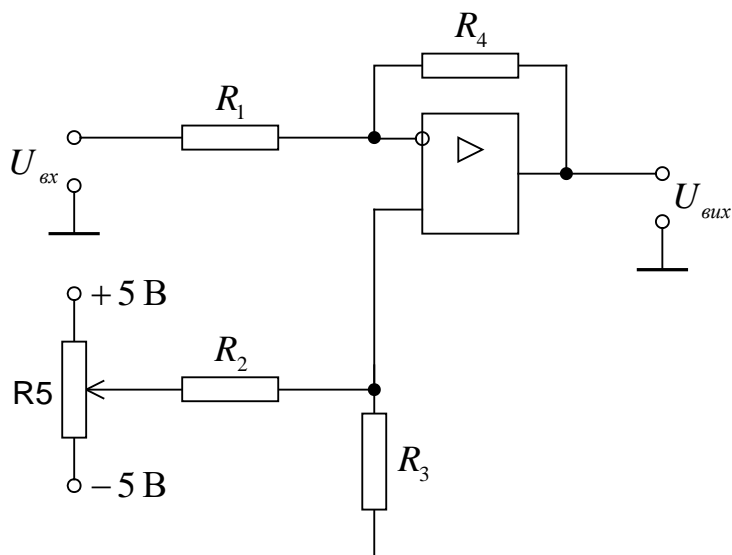
**Відповідь :** Компенсація напруги зміщення операційного підсилювача.



## Завдання № 9

**Текст завдання**

Вказати умову компенсації напруги зміщення  $U_{3M}$  операційного підсилювача елементами: джерела живлення  $+5V$ ,  $-5V$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , резистора  $R_5$ .

**Розв'язок**

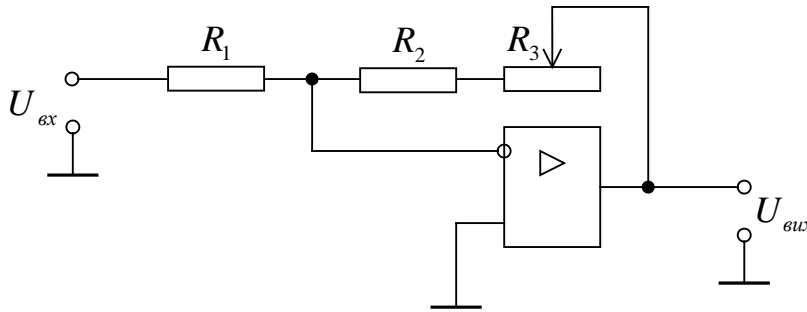
Якщо позначити напругу на середньому контакті змінного резистора  $R_5$  через  $U_{R5}$ , то напруга на резистивному подільнику  $U_{R2R3}$  від дії напруги компенсації буде рівна  $U_{R2R3} = \frac{U_{R5} R_3}{R_2 + R_3}$ . Умовою компенсації напруги зміщення буде рівність значень і протилежність знаків напруги  $U_{R2R3}$  та напруги зміщення  $U_{3M}$ , тобто  $U_{R2R3} = -U_{3M}$ .

**Відповідь :** Рівність протилежної за знаком до напруги зміщення потенціалу точки між резисторами  $R_2$  та  $R_3$ , створеного від джерел  $+5V$  та  $-5V$ , та напруги зміщення.

## Завдання № 10

**Текст завдання**

Дано:  $R_2 = 9$  кОм. Розрахувати опір резисторів  $R_1$  і  $R_3$  для забезпечення коефіцієнта підсилення  $K_0 =$  від 9 до 11.

**Розв'язок**

Для нижнього значення 9 коефіцієнта підсилення операційного підсилювача з негативним зворотнім зв'язком  $K_{\text{зз}}^{\text{min}} = \frac{R_2 + R_3}{R_1} = \frac{9000 + R_3}{R_1} = 9$ , значить повинно виконуватись співвідношення  $R_3 = 9R_1 - 9000$ . Для верхнього значення 11 коефіцієнта підсилення  $K_{\text{зз}}^{\text{max}} = \frac{R_2 + R'_3}{R_1} = \frac{9000 + R'_3}{R_1} = 11$ , і повинно виконуватись співвідношення  $R'_3 = 11R_1 - 9000$ . Найпростіше вибрати значення  $R_3 = 0$ , для цього значення впливає  $R_1 = \frac{9000}{9} = 1000$ . Тоді значення  $R'_3 = 11000 - 9000 = 2000$ .

**Відповідь :** Один з можливих варіантів:  $R_1 = 1$  кОм,  $R_3 = 2$  кОм.

## Завдання № 11

**Текст завдання**

Вказати функцію, яку виконує схема. Записати вираз для функції передачі в операторній формі через елементи схеми та вираз для перехідної характеристики схеми.

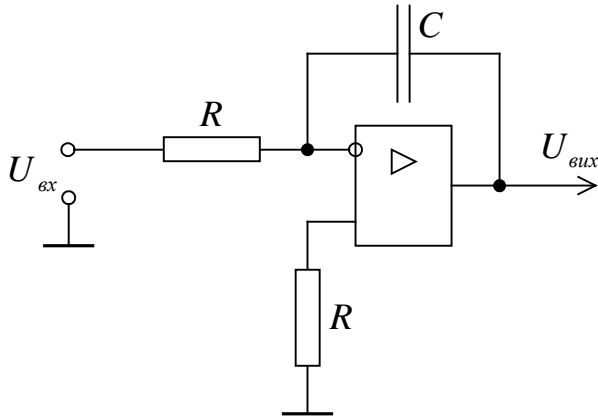
**Розв'язок**

Схема виконує функцію інтегрування вхідної напруги.

$$\Delta U = \Delta U' + \Delta U'', \text{ де } \Delta U' = U_{\text{вх}} \frac{1/pC}{1/pC + R} \text{ і } \Delta U'' = U_{\text{вих}} \frac{R}{R + 1/pC}.$$

Вихідна напруга:  $U_{\text{вих}} = -\Delta U \cdot K_{\text{оп}}$ , де  $K_{\text{оп}}$  – коефіцієнт підсилення операційного підсилювача. Після підстановки отримаємо вираз для вихідної напруги:

$$\begin{aligned} U_{\text{вих}} &= -\Delta U \cdot K_{\text{оп}} = -U_{\text{вх}} \frac{K_{\text{оп}}}{1 + p\tau} - U_{\text{вих}} \frac{p\tau}{1 + p\tau} K_{\text{оп}} = \\ &= -\frac{U_{\text{вх}} \frac{K_{\text{оп}}}{1 + p\tau}}{1 + K_{\text{оп}} \frac{p\tau}{1 + p\tau}} = -U_{\text{вх}} \frac{K_{\text{оп}}}{1 + p\tau(1 + K_{\text{оп}})} \approx -U_{\text{вх}} \frac{1}{p\tau}, \text{ де } \tau = RC. \end{aligned}$$

Для перехідної характеристики, прийнявши, що  $1 + K_{\text{оп}} \approx K_{\text{оп}}$  та позначивши  $\tau_{\text{екв}} = K_{\text{оп}} RC$  отримаємо вираз, враховуючи інвертування сигналу операційним

підсилювачем  $U_{\text{вих, ід}} \approx -U_{\text{вх}} \frac{K_{\text{оп}}}{K_{\text{оп}}} \frac{t}{RC} = -U_{\text{вх}} \frac{K_{\text{оп}} t}{\tau_{\text{екв}}}$ , або  $U_{\text{вих, ід}} = -E_{\text{вх}} \frac{t}{RC}$

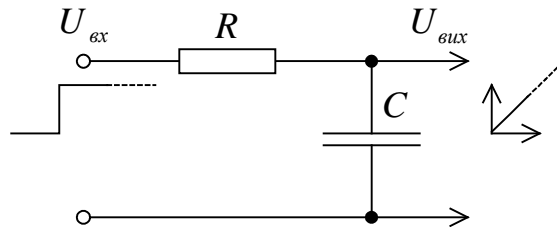
**Відповідь :** Функція інтегрування.

$$U_{\text{вих, ід}} = -E_{\text{вх}} \frac{t}{RC}$$

## Завдання № 12

**Текст завдання**

Для пасивного інтегратора вказати, збільшується чи зменшується похибка інтегрування з плином часу.

**Розв'язок**

$$\text{Похибка інтегрування } \gamma_{\text{інт}} = \frac{U_{\text{вих}2} - U_{\text{вих}1}}{U_{\text{вих}1}} = \frac{U_{\text{вх}}(1 - e^{-t_{\text{інт}}/\tau}) - U_{\text{вх}} \cdot \frac{t_{\text{інт}}}{\tau}}{U_{\text{вх}} \cdot \frac{t_{\text{інт}}}{\tau}}$$

Розкладаючи експоненту в ряд:

$$\gamma_{\text{інт}} = \frac{1 - 1 + \frac{t_{\text{інт}}}{\tau} - \frac{t_{\text{інт}}^2}{2\tau^2} - \frac{t_{\text{інт}}}{\tau}}{t_{\text{інт}}/\tau} \approx -\frac{t_{\text{інт}}}{2\tau}$$

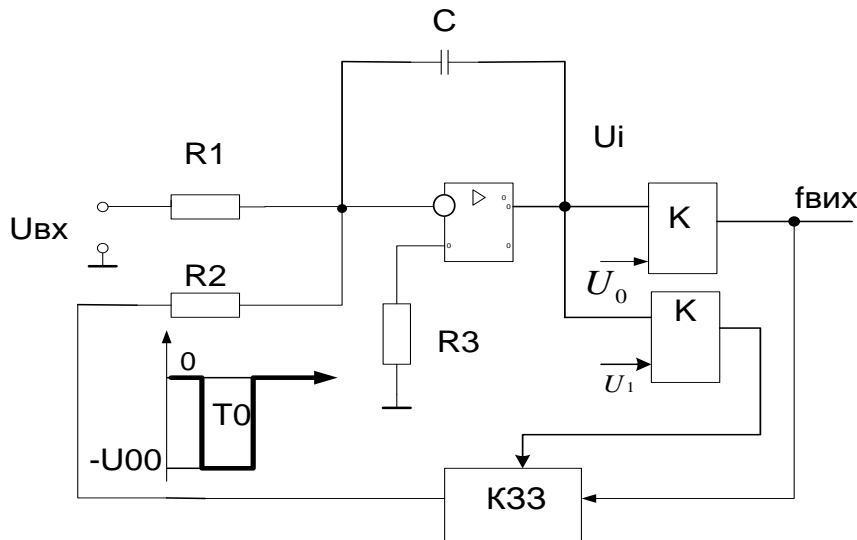
$\gamma_{\text{інт}} \% \approx -50t_{\text{інт}}/\tau$ , де  $\tau = RC$ . Значить з плином часу похибка інтегрування схеми збільшується.

**Відповідь :** Похибка інтегрування схеми збільшується.

## Завдання № 13

**Текст завдання**

Для схеми перетворювача напруга – частота (ПНЧ) з імпульсним зворотнім зв'язком перерахувати елементи, які визначають залежність вхідної напруги і частоти вихідної напруги.

**Розв'язок**

На виході інтегратора напруга  $U_i$  лінійно зростає від рівня  $-U_1$  до рівня  $U_0$ . При  $U_i=U_0$  спрацьовує компаратор і через коло зворотнього зв'язку КЗЗ генерується від'ємний імпульс тривалістю  $T_0$  і амплітудою  $-U_{00}$ , котрий перезаряджає конденсатор  $C$  до рівня  $-U_1$ . Заряд конденсатора від  $U_{вх}$  відбувається за формулою:  $U_{вх} \frac{t}{R_1 C} - U_1$ , а розряд від  $U_{00}$  відповідно  $U_0 - U_{00} \frac{t}{R_2 C}$ .

В момент часу  $t = T_1$ :  $U_{вх} \frac{T_1}{R_1 C} - U_1 = U_0$ . В момент часу  $t = T_2$ :  $U_0 - U_{00} \frac{T_0}{R_2 C} = -U_1$

Значить для інтервалу заряда конденсатора протягом часу  $T_1$  можна записати

$$U_{вх} \frac{T_1}{R_1 C} + U_0 - U_{00} \frac{T_0}{R_2 C} = U_0, \text{ тобто } T_1 = \frac{U_{00} T_0 R_1}{U_{вх} R_2}.$$

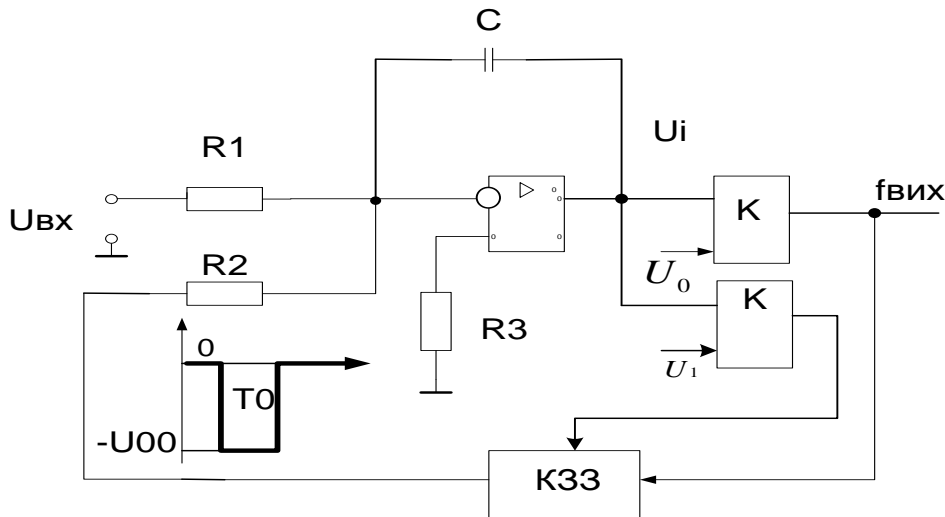
З останнього виразу випливає перелік елементів, параметри яких визначають залежність вхідної напруги і частоти вихідної напруги, а саме КЗЗ( $U_{00}$ ,  $T_0$ ),  $R_1$ ,  $R_2$ .

**Відповідь :** КЗЗ( $U_{00}$ ,  $T_0$ ),  $R_1$ ,  $R_2$ .

## Завдання № 14

**Текст завдання**

Для схеми перетворювача напруга – частота (ПНЧ) з імпульсним зворотнім зв'язком вказати, чи впливає похибка ємності конденсатора С на похибку перетворення напруга – частота. Обґрунтувати.

**Розв'язок**

На виході інтегратора напруга  $U_i$  лінійно зростає від рівня  $-U_1$  до рівня  $U_0$ . При  $U_i = U_0$  спрацьовує компаратор і через коло зворотнього зв'язку КЗЗ генерується від'ємний імпульс тривалістю  $T_0$  і амплітудою  $-U_{00}$ , котрий перезаряджає конденсатор С до рівня  $-U_1$ . Заряд конденсатора від  $U_{вх}$  відбувається за формулою:  $U_{вх} \frac{t}{R_1 C} - U_1$ , а розряд від  $U_{00}$  відповідно  $U_0 - U_{00} \frac{t}{R_2 C}$ .

В момент часу  $t = T_1$ :  $U_{вх} \frac{T_1}{R_1 C} - U_1 = U_0$ . В момент часу  $t = T_2$ :  $U_0 - U_{00} \frac{T_0}{R_2 C} = -U_1$

Значить для інтервалу заряду конденсатора протягом часу  $T_1$  можна записати  $U_{вх} \frac{T_1}{R_1 C} + U_0 - U_{00} \frac{T_0}{R_2 C} = U_0$ , тобто  $T_1 = \frac{U_{00} T_0 R_1}{U_{вх} R_2}$

З останнього виразу випливає, що ємність конденсатора С не ходить в функцію перетворення напруга-частота, а тому похибка ємності конденсатора С на похибку перетворення не впливає.

**Відповідь :** Не впливає.

## Завдання № 15

**Текст завдання**

Вказати функцію, яку виконує схема, приведена на рисунку. На який параметр функції впливає зміна частоти комутації  $f_k$ .

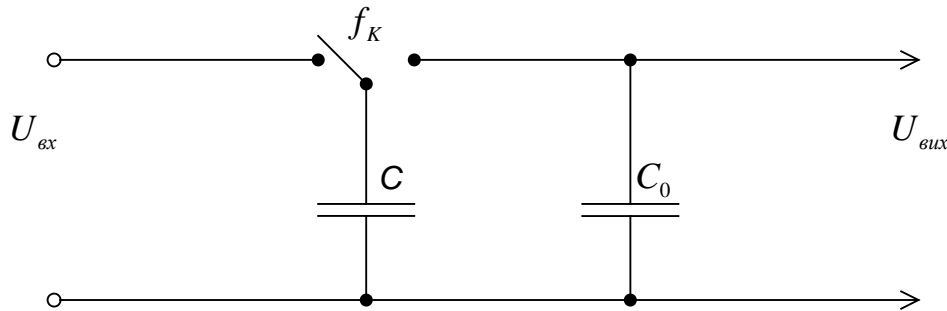
**Розв'язок**

Схема виконує функцію інтегрування. Середній струм, який протече за рахунок розряду конденсатора  $C$ :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Q}{T} = \frac{CU_k}{T},$$

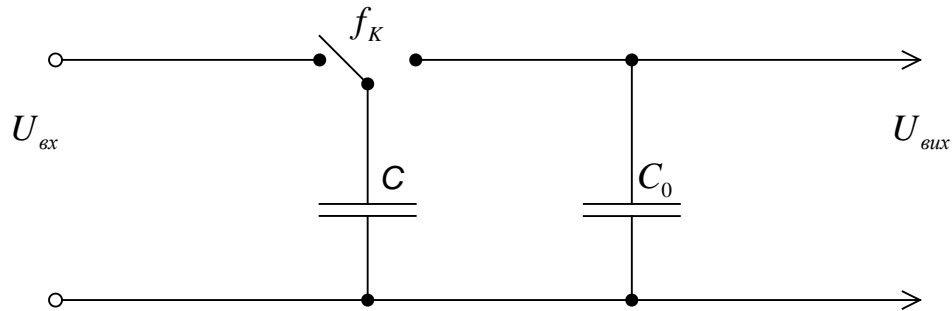
$T$  – час, протягом якого відбувається замикання-розмикання ключа. Як видно з останньої формули, величина  $\frac{C}{T}$  створює опір для вхідної напруги  $U_{вх}$  в результаті чого протікає середній струм  $I$ . Порівнюючи середній струм  $I$  з законом Ома для резистивного кола  $I = \frac{U}{R}$ , можна сказати, що величина  $\frac{C}{T}$  виконує роль еквівалентного опору  $R_{екв} = \frac{T}{C}$ , або  $R_{екв} = \frac{1}{f_k C}$ , де  $f_k = \frac{1}{T}$  частота комутації конденсатора  $C$ . Виходячи з сказаного, для середнього струму  $I$  можна розглядати приведену схему як резистор з еквівалентним опором  $R_{екв} = \frac{1}{f_k C}$ , а схема виконує функцію інтегрування. З цього випливає, що зміна частоти  $f_k$  замикання-розмикання ключа впливає на сталу часу інтегрування вхідної напруги.

**Відповідь:** Функція інтегрування. Зміна частоти  $f_k$  комутації ключа впливає на сталу часу інтегрування вхідної напруги.

## Завдання № 16

**Текст завдання**

Підвищення частоти комутації  $f_k$  призводить до збільшення постійної часу інтегрування чи її зменшення? Обґрунтувати.

***Розв'язок***

Еквівалентний опір середньому струму через конденсатор  $C$   $R_{\text{екв}} = \frac{1}{f_k C}$ . Тому збільшення частоти комутації  $f_k$  приведе до збільшення еквівалентного опору, відтак до збільшення постійної часу інтегрування  $\tau = R_{\text{екв}} C$ .

**Відповідь :** До збільшення постійної часу інтегрування.



## Завдання № 17

**Текст завдання**

Мінімізувати бульову функцію мажоритарного елемента  
 $F(A,B,C) = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC\bar{C} + ABC$

**Розв'язок**

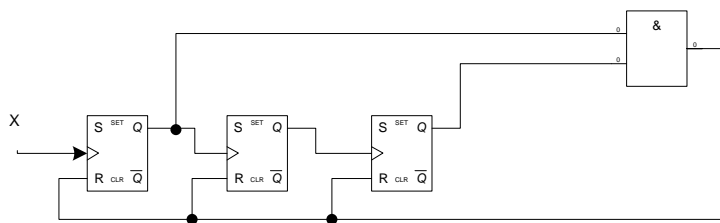
$$\begin{aligned} F(A,B,C) &= \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC\bar{C} + ABC = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC\bar{C} + (ABC + ABC + ABC) = \\ &= (\bar{A}BC + ABC) + (A\bar{B}C + ABC) + (ABC\bar{C} + ABC) = \\ &= BC(\bar{A} + A) + AC(\bar{B} + B) + AB(\bar{C} + C) = \\ &= BC + AC + AB \end{aligned}$$

**Відповідь :**  $BC + AC + AB$

## Завдання № 18

**Текст завдання**

Замалювати тригерний подільник частоти імпульсів з коефіцієнтом 5. Вказати скільки тригерів достатньо для реалізації.

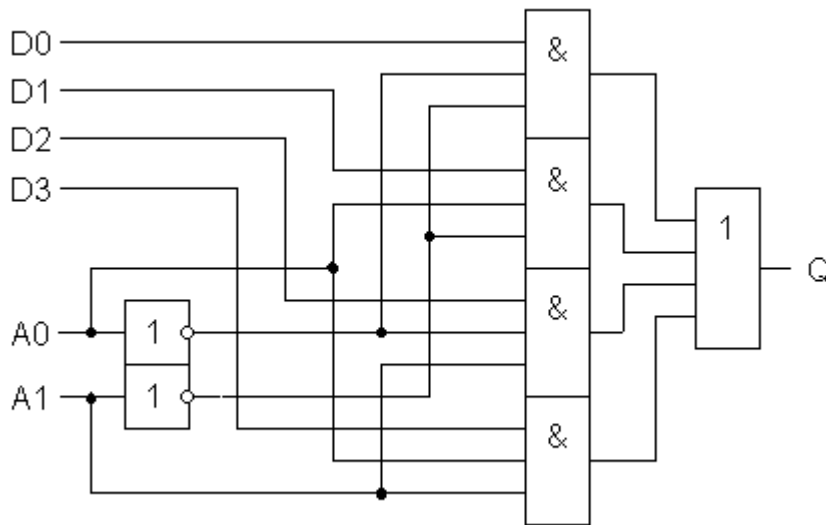
**Розв'язок**

**Відповідь :** Три.

## Завдання № 19

**Текст завдання**

Замалювати структурну схему мультиплексора на 4 входи з використанням логічних елементів ЗІ, 4АБО, НІ. Вказати, скільки логічних елементів кожного типу достатньо для реалізації.

***Розв'язок***

**Відповідь :** НІ-2, ЗІ-4, 3АБО-1.

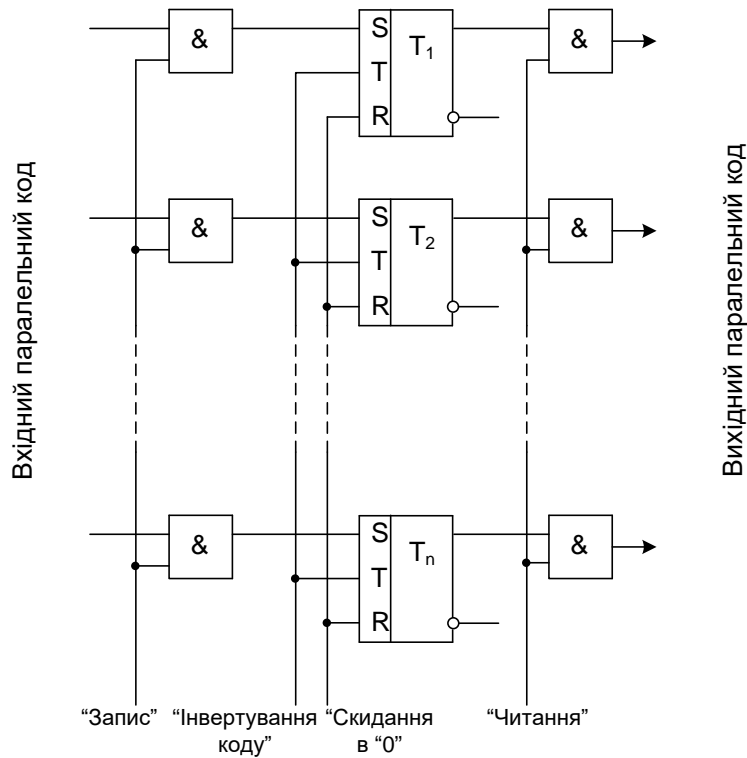
## Завдання № 20

**Текст завдання**

Замалювати регістр паралельного типу на чотири розряди двійкового числа.  
Вказати кількість тригерів, яких достатньо для реалізації.

***Розв'язок***

Загальна схема регістра паралельного типу.



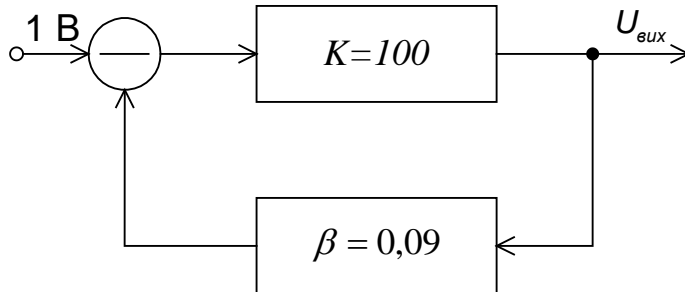
Достатньо чотирьох тригерів.

**Відповідь :** Чотири тригера.

## Завдання № 21

**Текст завдання**

Знайти коефіцієнт підсилення підсилювача.

**Розв'язок**

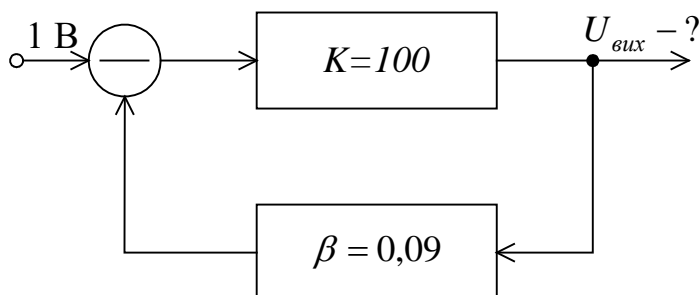
$$K_{\Sigma} = \frac{K}{1 + K\beta} = \frac{100}{1 + 100 * 0,09} = \frac{100}{1 + 9} = 10$$

**Відповідь : 10.**

## Завдання № 22

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу підсилювача.

**Розв'язок**

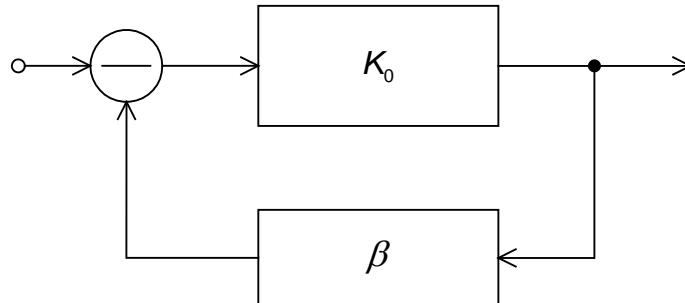
$$U_{вих} = U_{вх} \frac{K}{1 + K\beta} = 1 \frac{100}{1 + 100 * 0,09} = 1 \frac{100}{1 + 9} = 10(\text{В})$$

**Відповідь : 10 В.**

## Завдання № 23

**Текст завдання**

Записати вираз для коефіцієнта підсилення схеми. Вказати вираз для підрахунку коефіцієнта підсилення за умови, що  $K_0 \rightarrow \infty$

**Розв'язок**

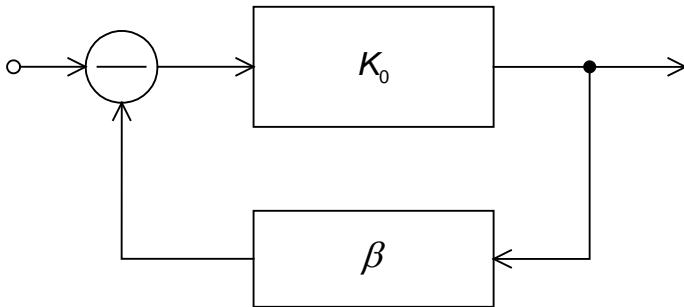
$$K_{\Sigma} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta} \approx \frac{1}{\beta}, \text{ якщо } K_0 \rightarrow \infty$$

**Відповідь :**  $K_{\Sigma} = \frac{1}{\beta}$

## Завдання № 24

**Текст завдання**

Вказати більша чи менша частота зрізу підсилювача з негативним зворотнім зв'язком від частоти зрізу підсилювача  $K_0$  без зворотнього чи менша? Обґрунтувати.

**Розв'язок**

$$K_{\text{під}} = \frac{K_0}{1 + p\tau}; f_{\text{зр}} = \frac{1}{2\pi\tau}$$

$$K_{\text{пзз}} = \frac{K_{\text{під}}}{1 + K_{\text{під}}\beta} = \frac{K_0}{1 + K_0\beta} \frac{1}{1 + p\tau_{\text{екв}}};$$

$$f_{\text{зрпзз}} = \frac{1}{2\pi\tau_{\text{екв}}}; \tau_{\text{екв}} = \frac{\tau}{1 + K_0\beta}$$

$$\tau_{\text{екв}} < \tau; f_{\text{зрпзз}} > f_{\text{зр}}$$

Значить частота зрізу підсилювача  $f_{\text{зрпзз}}$  з негативним зворотнім зв'язком більша частоти зрізу  $f_{\text{зр}}$  підсилювача без зворотнього зв'язку.

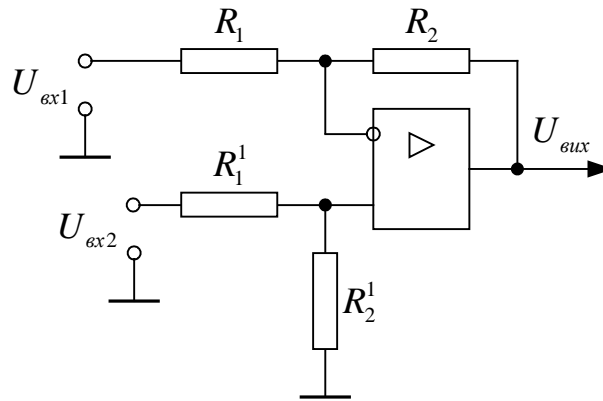
**Відповідь :** Частота зрізу підсилювача  $f_{\text{зрпзз}}$  з негативним зворотнім зв'язком більша частоти зрізу  $f_{\text{зр}}$  підсилювача без зворотнього зв'язку.

## Завдання № 25

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу диференційного підсилювача, якщо

$$R_1 = R_1^1 = 2 \text{ кОм}, R_2 = R_2^1 = 20 \text{ кОм}, U_{\text{ex1}} = 1 \text{ В}, U_{\text{ex2}} = 1,5 \text{ В}.$$

**Розв'язок**

$$U_{\text{вих}}^1 = -U_{\text{ex1}} \frac{R_2}{R_1} = -1 \frac{20000}{2000} = -10(\text{В})$$

$$U_{\text{вих}}^2 = U_{\text{ex2}} \frac{R_2^1}{R_2^1 + R_1^1} \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1,5 \frac{20000}{21000} \frac{21000}{2000} = 15(\text{В})$$

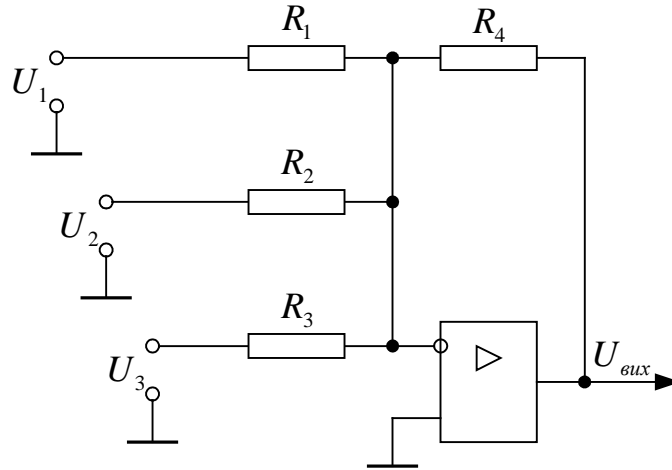
$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вих}}^1 + U_{\text{вих}}^2 = -10 + 15 = +5(\text{В})$$

**Відповідь :** +5 В.

## Завдання № 26

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу вагового суматора, якщо  $R_1 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 4 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 20 \text{ кОм}$ ,  $U_1 = 1 \text{ В}$ ,  $U_2 = -2 \text{ В}$ ,  $U_3 = 1 \text{ В}$ .

**Розв'язок**

$$U_{вих}^1 = -U_1 \frac{R_4}{R_1} = -1 \frac{20000}{1000} = -20(\text{В})$$

$$U_{вих}^2 = -U_2 \frac{R_4}{R_2} = +2 \frac{20000}{2000} = +20(\text{В})$$

$$U_{вих}^3 = -U_3 \frac{R_4}{R_3} = -1 \frac{20000}{4000} = -5(\text{В})$$

$$U_{вих} = U_{вих}^1 + U_{вих}^2 + U_{вих}^3 = -20 + 20 - 5 = -5(\text{В})$$

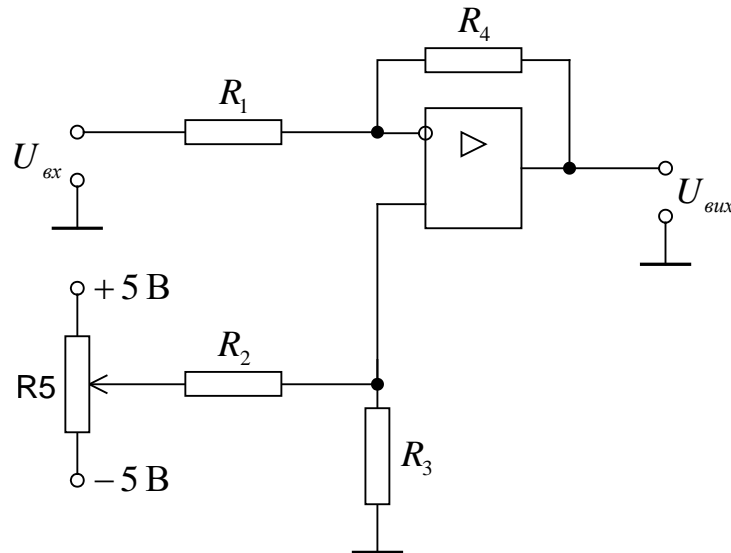
**Відповідь : -5 В.**



## Завдання № 27

**Текст завдання**

Обґрунтувати необхідність використання різнополярних джерел напруги  $+5\text{В}$  та  $-5\text{В}$  для компенсації напруги зміщення  $U_{зм}$  операційного підсилювача.

**Розв'язок**

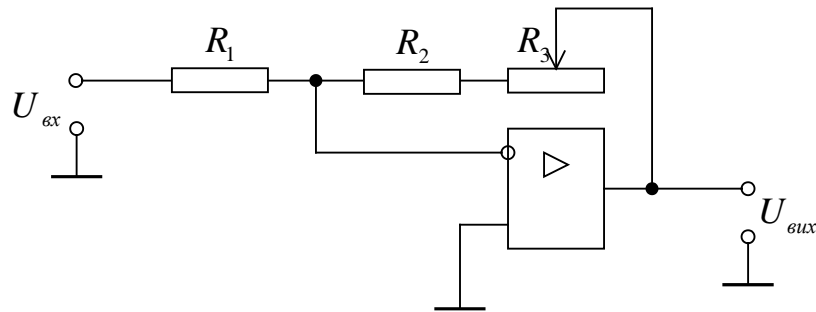
Джерела живлення  $+5\text{В}$ ,  $-5\text{В}$  використовуються для можливості компенсації різнополярної напруги зміщення. Напруга на неінверсному вході операційного підсилювача може дякуючи цьому мати знак  $+$  або  $-$ .

**Відповідь :** Джерела живлення  $+5\text{В}$ ,  $-5\text{В}$  використовуються для можливості компенсації різнополярної напруги зміщення.

## Завдання № 28

**Текст завдання**

Розрахувати  $R_1$  і  $R_3$  для забезпечення коефіцієнта підсилення  $K_0 =$  від 9 до 11.  
 $R_2 = 18$  кОм.

**Розв'язок**

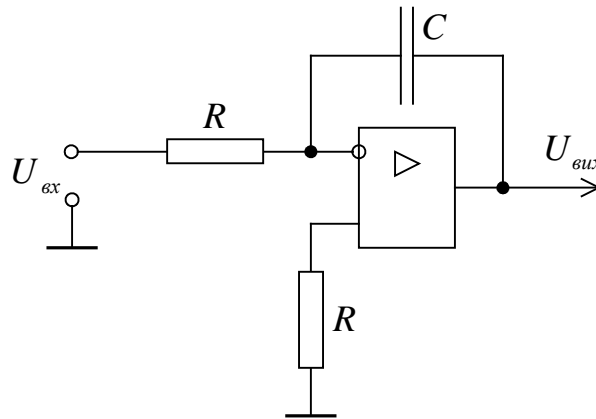
Для нижнього значення 9 коефіцієнта підсилення операційного підсилювача з негативним зворотнім зв'язком  $K_{зз}^{\min} = \frac{R_2 + R_3}{R_1} = \frac{18000 + R_3}{R_1} = 9$ , значить повинно виконуватись співвідношення  $R_3 = 9R_1 - 18000$ . Для верхнього значення 11 коефіцієнта підсилення  $K_{зз}^{\max} = \frac{R_2 + R'_3}{R_1} = \frac{18000 + R'_3}{R_1} = 11$ , і повинно виконуватись співвідношення  $R'_3 = 11R_1 - 18000$ . Найпростіше вибрати значення  $R_3 = 0$ , для цього значення впливає  $R_1 = \frac{18000}{9} = 2000$ . Тоді значення  $R'_3 = 22000 - 18000 = 4000$ .

**Відповідь :** Один з можливих варіантів:  $R_1 = 2$ кОм,  $R_3 = 4$ кОм.

## Завдання № 29

**Текст завдання**

Вказати, більша чи менша похибка інтегрування активного інтегратора похибки інтегрування інтегратора на пасивних елементах?

**Розв'язок**

Для пасивного інтегратора похибка інтегрування:

$$\gamma_{\text{інт}} \% \approx -50t_{\text{інт}} / \tau, \text{ де } \tau = RC$$

Для активного інтегратора на оперційному підсилювачі похибка інтегрування:

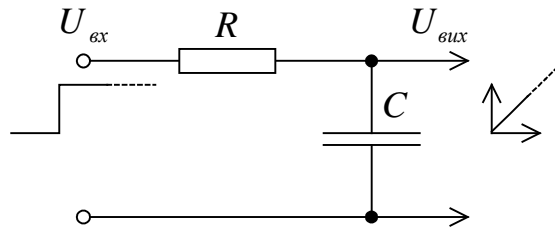
$\gamma_{\text{інт}} \% \approx -50t_{\text{інт}} / \tau_{\text{екв}}$ , де  $\tau_{\text{екв}} = K_0 RC$ ,  $K_0$  - коефіцієнт підсилення операційного підсилювача. Отже похибка інтегрування активного інтегратора менше похибки інтегрування інтегратора на пасивних елементах.

**Відповідь :** Похибка інтегрування активного інтегратора менше похибки інтегрування інтегратора на пасивних елементах.

## Завдання № 30

**Текст завдання**

Вказати, збільшує чи зменшує постійну часу інтегрування пасивного інтегратора збільшення ємності конденсатора  $C$ . Обґрунтувати.

**Розв'язок**

Для пасивного інтегратора постійна часу інтегрування:  $\tau = RC$ . Отже збільшення ємності конденсатора  $C$  збільшує значення постійної часу інтегрування.

**Відповідь :** Збільшує.

## Завдання № 31

**Текст завдання**

Для наведеної схеми визначити частоту вихідних імпульсів,  $f_{вх} = 1$  кГц.

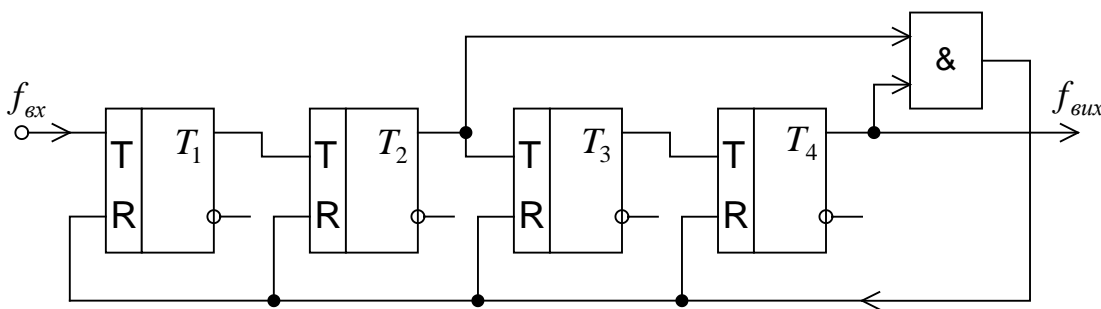
**Розв'язок**

Схема виконує функцію подільник частоти  $f_{вх}$  на 10. Значить вихідна частота  $f_{вих} = 100$  Гц.

**Відповідь :** 100 Гц.

## Завдання № 32

**Текст завдання**

Для наведеної схеми визначити частоту вихідних імпульсів,  $f_{\text{вх}} = 1$  кГц.

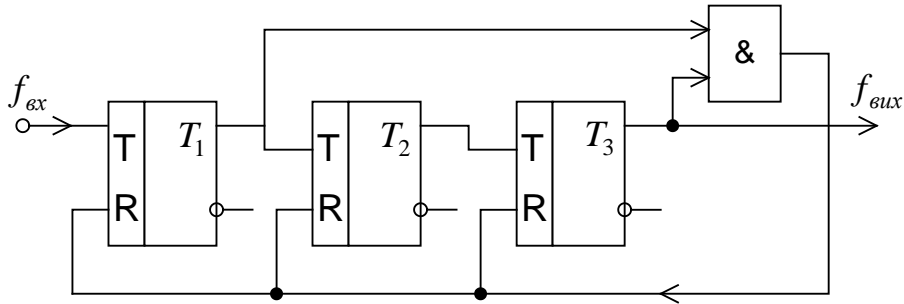
***Розв'язок***

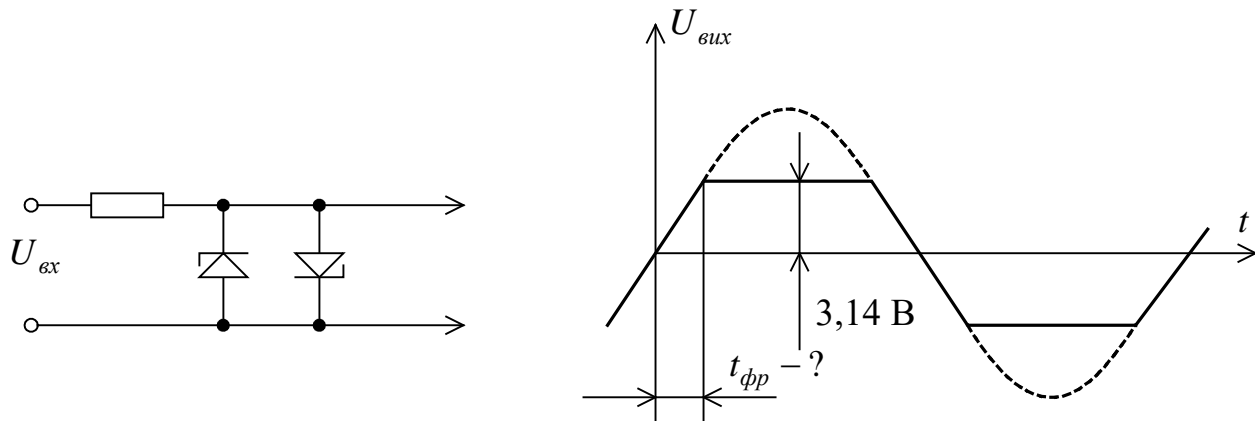
Схема виконує функцію подільник частоти  $f_{\text{вх}}$  на 5. Значить вихідна частота  $f_{\text{вих}} = 200$  Гц.

**Відповідь :** 200 Гц.

## Завдання № 33

**Текст завдання**

Визначити час переднього фронту вихідних імпульсів паралельного діодного обмежувача, якщо дано:  $U_{вх} = 100 \sin 2\pi ft$ ;  $f = 50$  Гц; амплітуда вихідних імпульсів 3,14 В.

**Розв'язок**

Амплітуда вихідних імпульсів набагато менша амплітуди вхідного сигналу 100В, отже можна вважати, що  $2\pi ft_{фр} \rightarrow 0$ . Тоді

$$U_{вх} = 100 \sin 2\pi ft_{фр} \approx 100 * 2\pi ft_{фр} \text{ для } 2\pi ft_{фр} \rightarrow 0.$$

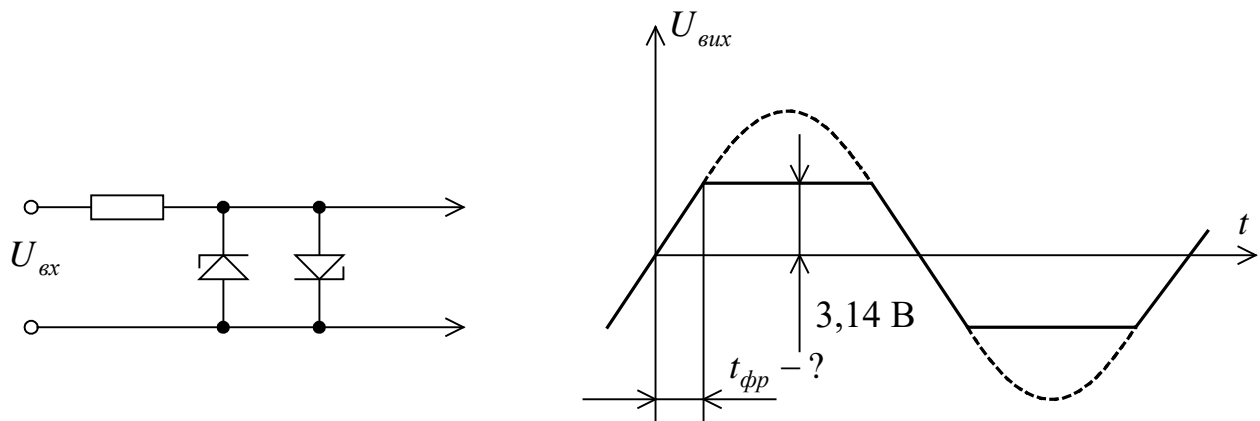
$$\text{Отже приблизно } t_{фр} \approx \frac{3,14}{100 * 2\pi * 50} = 10^{-4} (\text{с})$$

**Відповідь :**  $t_{фр} \approx 10^{-4} \text{ с}.$

## Завдання № 34

**Текст завдання**

Визначити час переднього фронту вихідних імпульсів паралельного діодного обмежувача, якщо дано:  $U_{вх} = 100 \sin 2\pi ft$ ;  $f = 100$  Гц; амплітуда вихідних імпульсів 3,14 В.

**Розв'язок**

Амплітуда вихідних імпульсів набагато менша амплітуди вхідного сигналу 100В, отже можна вважати, що  $2\pi ft_{фр} \rightarrow 0$ . Тоді

$$U_{вх} = 100 \sin 2\pi ft_{фр} \approx 100 * 2\pi ft_{фр} \text{ для } 2\pi ft_{фр} \rightarrow 0.$$

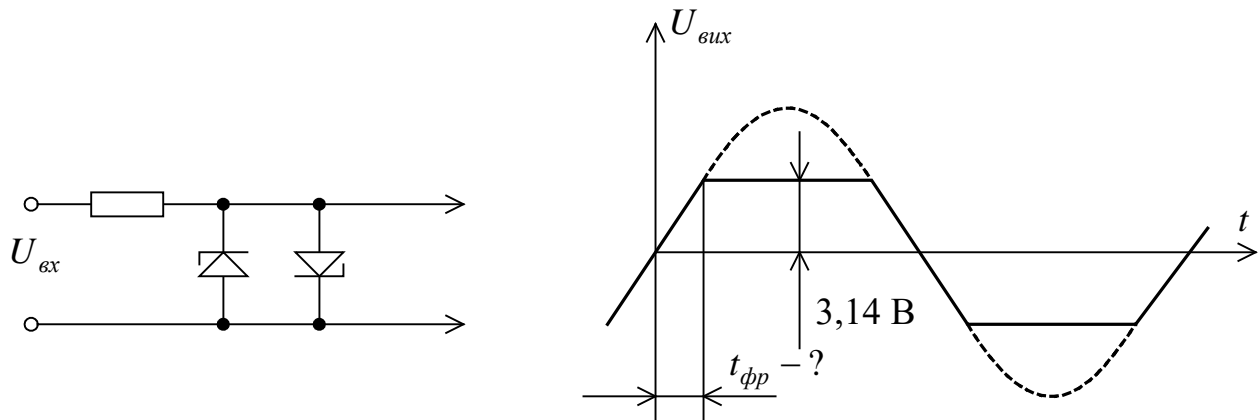
$$\text{Отже приблизно } t_{фр} \approx \frac{3,14}{100 * 2\pi * 100} = 5 * 10^{-5} (\text{с})$$

**Відповідь :**  $t_{фр} \approx 5 * 10^{-5} \text{ с.}$

## Завдання № 35

**Текст завдання**

Визначити фронти вихідних імпульсів паралельного діодного обмежувача, якщо дано:  $U_{вх} = 200 \sin 2\pi ft$ ;  $f = 10$  Гц; амплітуда вихідних імпульсів 3,14 В.

**Розв'язок**

Амплітуда вихідних імпульсів набагато менша амплітуди вхідного сигналу 100В, отже можна вважати, що  $2\pi ft_{фр} \rightarrow 0$ . Тоді

$$U_{вх} = 100 \sin 2\pi ft_{фр} \approx 100 * 2\pi ft_{фр} \text{ для } 2\pi ft_{фр} \rightarrow 0.$$

$$\text{Отже приблизно } t_{фр} \approx \frac{3,14}{100 * 2\pi * 10} = 5 * 10^{-4} (\text{с})$$

**Відповідь :**  $t_{фр} \approx 5 * 10^{-4} \text{ с.}$



## Завдання № 36

**Текст завдання**

Представити бульову функцію  $F(A, B, C) = \bar{A}BC + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC$  в мінімізованому виді.

**Розв'язок**

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \bar{A}BC + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC = \\ &= BC(\bar{A} + A) + A\bar{B}(\bar{C} + C) = BC + A\bar{B} \end{aligned}$$

**Відповідь :**  $BC + A\bar{B}$

## Завдання № 37

**Текст завдання**

Представити бульову функцію  $F(A, B, C) = \bar{A}BC + A\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + ABC$  в мінімізованому виді.

**Розв'язок**

$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \bar{A}BC + A\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + ABC = \\ &= \bar{A}B(C + \bar{C}) + AC(\bar{B} + B) = \bar{A}B + AC \end{aligned}$$

**Відповідь :**  $\bar{A}B + AC$

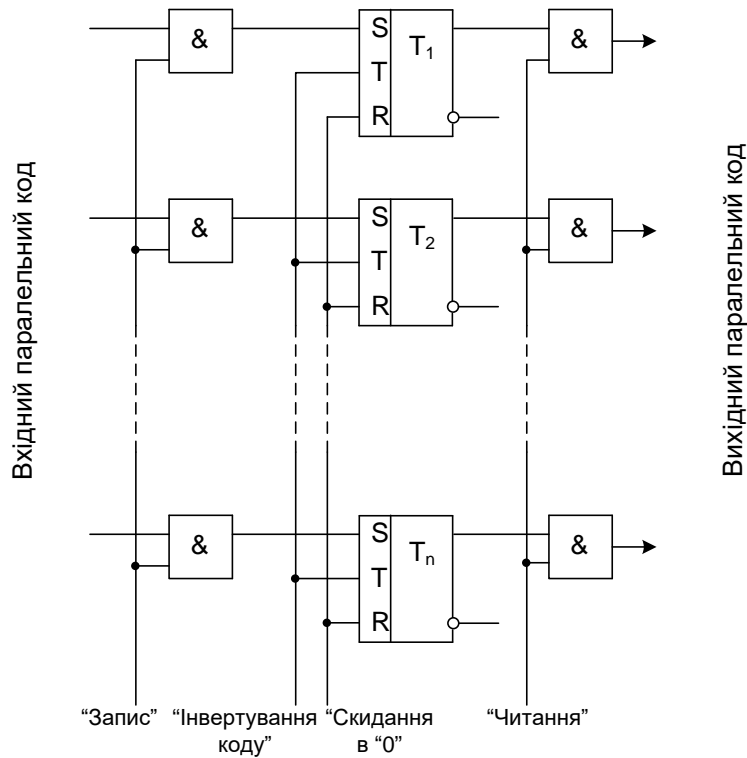
## Завдання № 38

**Текст завдання**

Замалювати регістр паралельного типу на три розряди двійкового числа. Вказати кількість тригерів, яких достатньо для реалізації.

***Розв'язок***

Загальна схема регістра паралельного типу



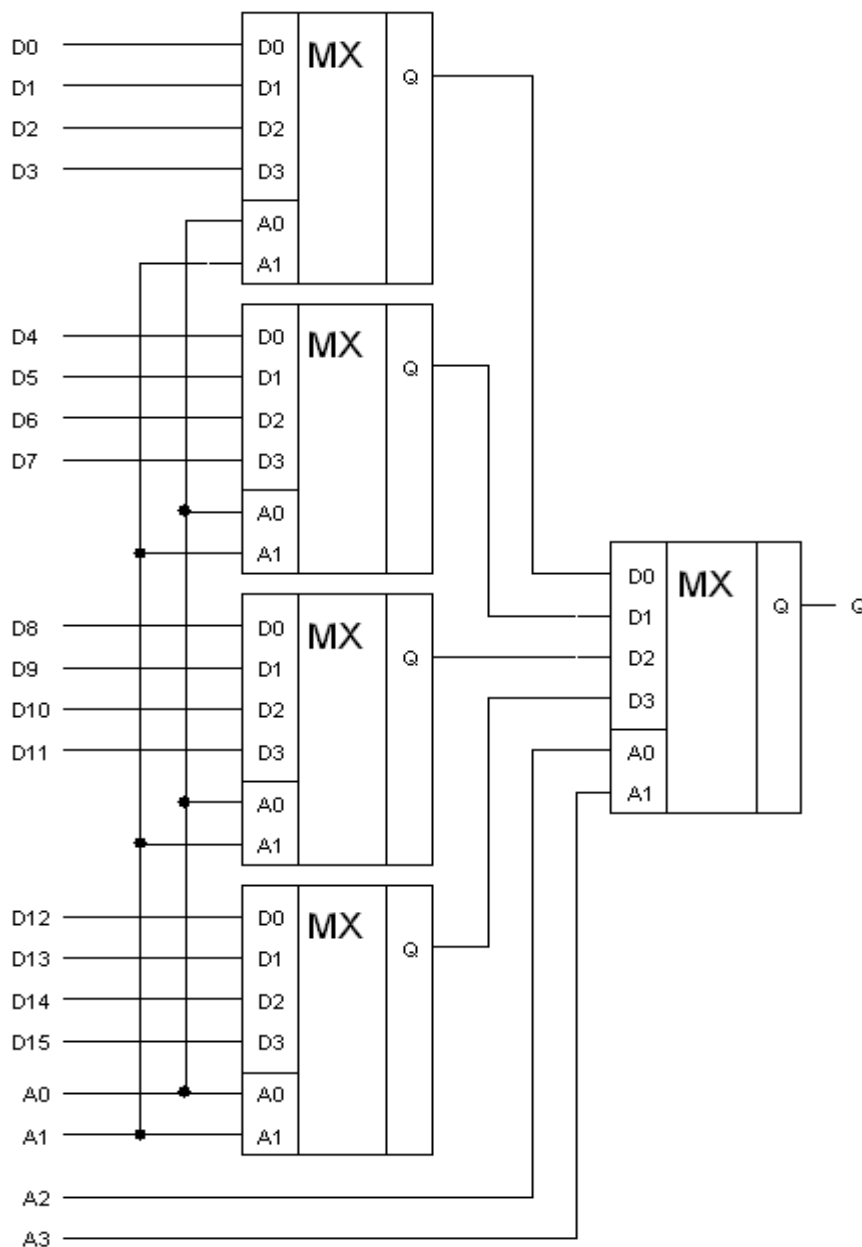
Достатньо трьох тригерів.

**Відповідь :** Три тригера.

## Завдання № 39

**Текст завдання**

Замалювати мультиплексор на 16 входів з використанням мультиплексора на 4 входи. Вказати кількість мультиплексорів на 4 входи, необхідних для реалізації.

***Розв'язок***

**Відповідь :** 5 мультиплексорів.

**Завдання № 40****Текст завдання**

Представити бульову функцію  $F(A, B, C) = \bar{A}BC + ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC$  в мінімізованому вигляді.

***Розв'язок***

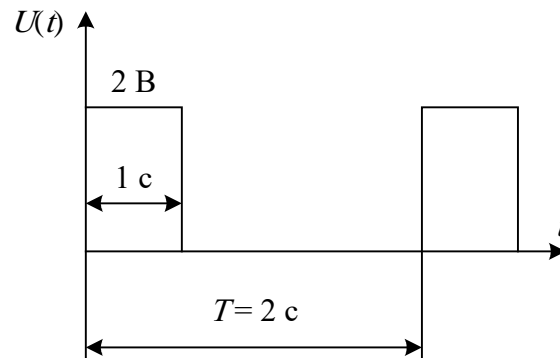
$$\begin{aligned} F(A, B, C) &= \bar{A}BC + ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC = \\ &= BC(\bar{A} + A) + \bar{A}B(\bar{C} + C) = BC + \bar{A}B \end{aligned}$$

**Відповідь :**  $BC + \bar{A}B$

## Завдання № 41

**Текст завдання**

Визначити середнє, середньовипрямлене та середньоквадратичне значення періодичного сигналу прямокутної форми та його щільність.

**Розв'язок**

Середнє та середньовипрямлене значення

$$U_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 1}{2} = 1(\text{В})$$

Середньоквадратичне значення

$$U_{\text{скв}}^2 = \frac{2^2 \cdot 1}{2} = 2; U_{\text{скв}} = \sqrt{2} = 1,41(\text{В})$$

Щільність

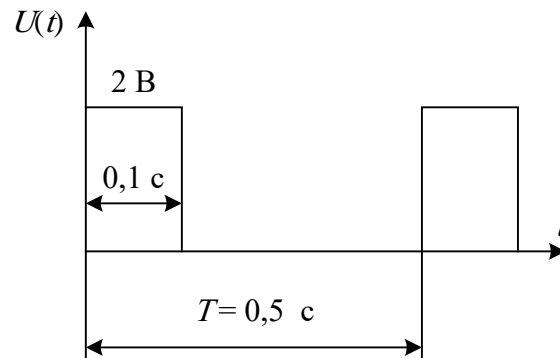
$$Q = \frac{2}{1} = 2$$

**Відповідь :** 1В; 1,41В; 2.

## Завдання № 42

**Текст завдання**

Визначити середнє, середньовипрямлене та середньоквадратичне значення періодичного сигналу прямокутної форми та його щільність.

***Розв'язок***

Середнє та середньовипрямлене значення

$$U_{cp} = \frac{2 * 0,1}{0,5} = 0,4(V)$$

Середньоквадратичне значення

$$U_{скв}^2 = \frac{2^2 * 0,1}{0,5} = 0,8; U_{скв} = \sqrt{0,8} = 0,89(V)$$

Щільність

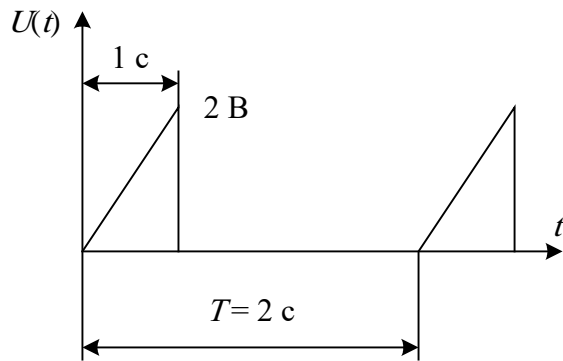
$$Q = \frac{0,5}{0,1} = 5$$

**Відповідь :** 0,4В; 0,89В; 5.

## Завдання № 43

**Текст завдання**

Визначити середнє, середньовипрямлене та середньоквадратичне значення періодичного сигналу прямокутної форми та його щільність.

**Розв'язок**

Середнє та середньовипрямлене значення

$$U_{cp} = \frac{2 * 1}{2 * 2} = 0,5(V)$$

Середньоквадратичне значення

$$U_{скв}^2 = \frac{1}{2} \int_0^1 (2t)^2 dt = \frac{4}{2} \int_0^1 t^2 dt = 2 * \frac{t^3}{3} \Big|_0^1 = 2 * \frac{1}{3} (B^2)$$

$$U_{скв} = \sqrt{\frac{2}{3}} = \sqrt{0,66} = 0,81(V)$$

Щільність

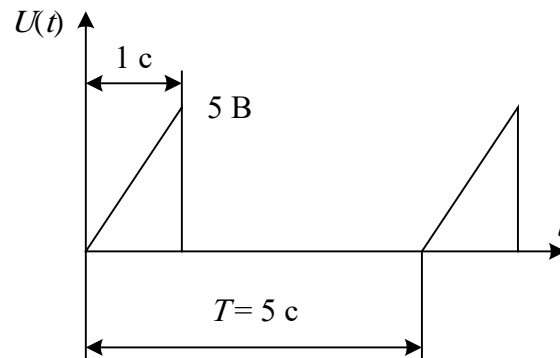
$$Q = \frac{2}{1} = 2$$

**Відповідь :** 0,5В; 0,81В; 2.

## Завдання № 44

**Текст завдання**

Визначити середнє, середньовипрямлене та середньоквадратичне значення періодичного сигналу прямокутної форми та його щільність.

**Розв'язок**

Середнє та середньовипрямлене значення

$$U_{\text{ср}} = \frac{5 \cdot 1}{2 \cdot 5} = 0,5(\text{В})$$

Середньоквадратичне значення

$$U_{\text{скв}}^2 = \frac{1}{5} \int_0^1 (5t)^2 dt = \frac{25}{5} \int_0^1 t^2 dt = 5 \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_0^1 = 5 \cdot \frac{1}{3} (\text{В}^2)$$

$$U_{\text{скв}} = \sqrt{\frac{5}{3}} = \sqrt{1,66} = 1,29(\text{В})$$

Щільність

$$Q = \frac{5}{1} = 5$$

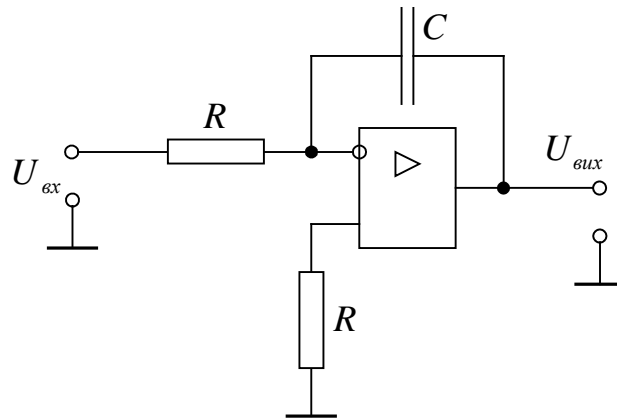
**Відповідь :** 0,5В; 1,29В; 5.



## Завдання № 45

**Текст завдання**

Вказати, як зміниться (збільшиться чи зменшиться) похибка інтегрування при зменшенні опору резистора  $R$  для фіксованого часу інтегрування? Обґрунтувати.

**Розв'язок**

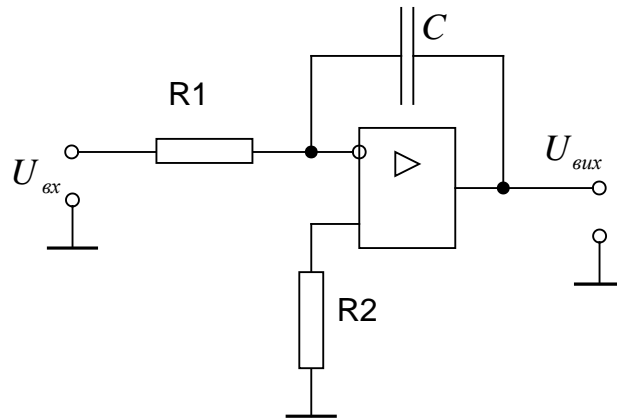
Для активного інтегратора на операційному підсилювачі похибка інтегрування:

$\gamma_{\text{інт}} \% \approx -50t_{\text{інт}} / \tau_{\text{екв}}$ , де  $\tau_{\text{екв}} = K_0 RC$ ,  $K_0$  - коефіцієнт підсилення операційного підсилювача. При зменшенні опору резистора  $R$  зменшиться стала часу  $\tau_{\text{екв}}$  відтак похибка інтегрування збільшиться.

**Відповідь :** Похибка інтегрування збільшиться.

**Завдання № 46****Текст завдання**

Вказати, як впливає зміна опору R2 на постійну часу інтегрування?

***Розв'язок***

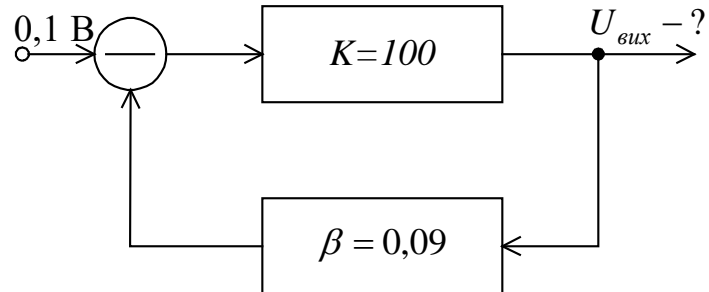
Постійна часу інтегрування  $\tau = R_1 C$ , відтак опір резистора R2 не впливає на постійну часу інтегрування.

**Відповідь :** Не впливає.

## Завдання № 47

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу підсилювача.

**Розв'язок**

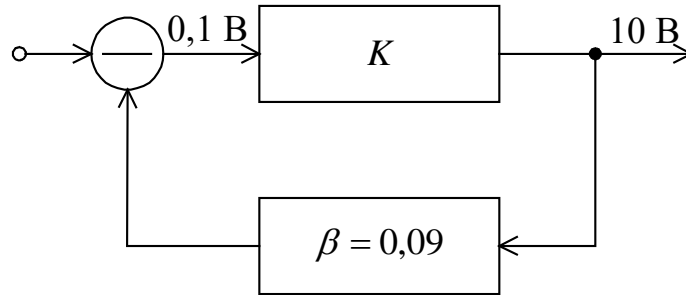
$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} \frac{K}{1 + K\beta} = 0,1 \frac{100}{1 + 100 * 0,09} = 0,1 \frac{100}{1 + 9} = 1(\text{В})$$

**Відповідь : 1В.**

## Завдання № 48

**Текст завдання**

Визначити коефіцієнт підсилення підсилювача за напругою.

***Розв'язок***

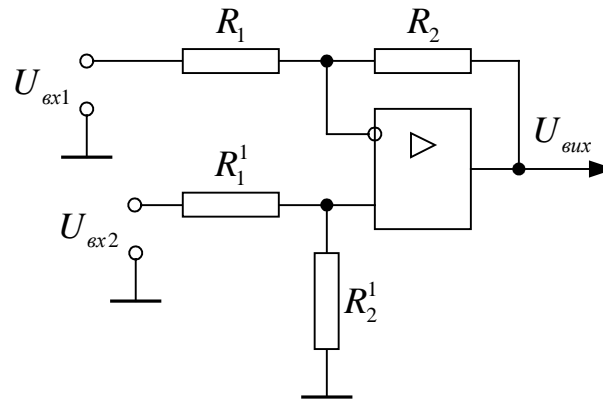
$$K = \frac{10}{0,1} = 100; K_z = \frac{K}{1 + K\beta} = \frac{100}{1 + 100 * 0,09} = \frac{100}{10} = 10$$

**Відповідь : 10.**

## Завдання № 49

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу диференційного підсилювача, якщо  
 $R_1 = R_1^1 = 12 \text{ кОм}$ ,  
 $R_2 = R_2^1 = 120 \text{ кОм}$ ,  $U_{\text{ex1}} = 1 \text{ В}$ ,  $U_{\text{ex2}} = 1,5 \text{ В}$ .

**Розв'язок**

$$U_{\text{вих}}^1 = -U_{\text{ex1}} \frac{R_2}{R_1} = -1 \frac{120000}{12000} = -10(\text{В})$$

$$U_{\text{вих}}^2 = U_{\text{ex2}} \frac{R_2^1}{R_2^1 + R_1^1} \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1,5 \frac{120000}{132000} \frac{132000}{12000} = 15(\text{В})$$

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вих}}^1 + U_{\text{вих}}^2 = -10 + 15 = +5(\text{В})$$

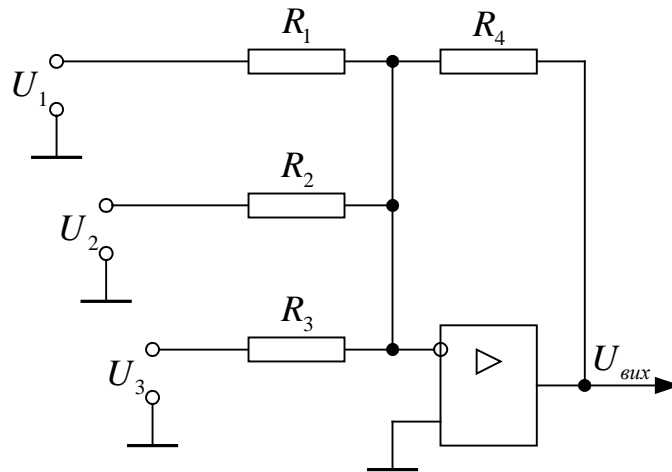
**Відповідь : 5В.**

## Завдання № 50

**Текст завдання**

Знайти вихідну напругу вагового суматора, якщо  $R_1 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 4 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 8 \text{ кОм}$ ,

$R_4 = 40 \text{ кОм}$ ,  $U_1 = 1 \text{ В}$ ,  $U_2 = -2 \text{ В}$ ,  $U_3 = 1 \text{ В}$ .

**Розв'язок**

$$U_{вих}^1 = -U_1 \frac{R_4}{R_1} = -1 \frac{40000}{2000} = -20(\text{В})$$

$$U_{вих}^2 = -U_2 \frac{R_4}{R_2} = +2 \frac{40000}{4000} = +20(\text{В})$$

$$U_{вих}^3 = -U_3 \frac{R_4}{R_3} = -1 \frac{40000}{8000} = -5(\text{В})$$

$$U_{вих} = U_{вих}^1 + U_{вих}^2 + U_{вих}^3 = -20 + 20 - 5 = -5(\text{В})$$

**Відповідь : -5В.**