

## Активні фільтри

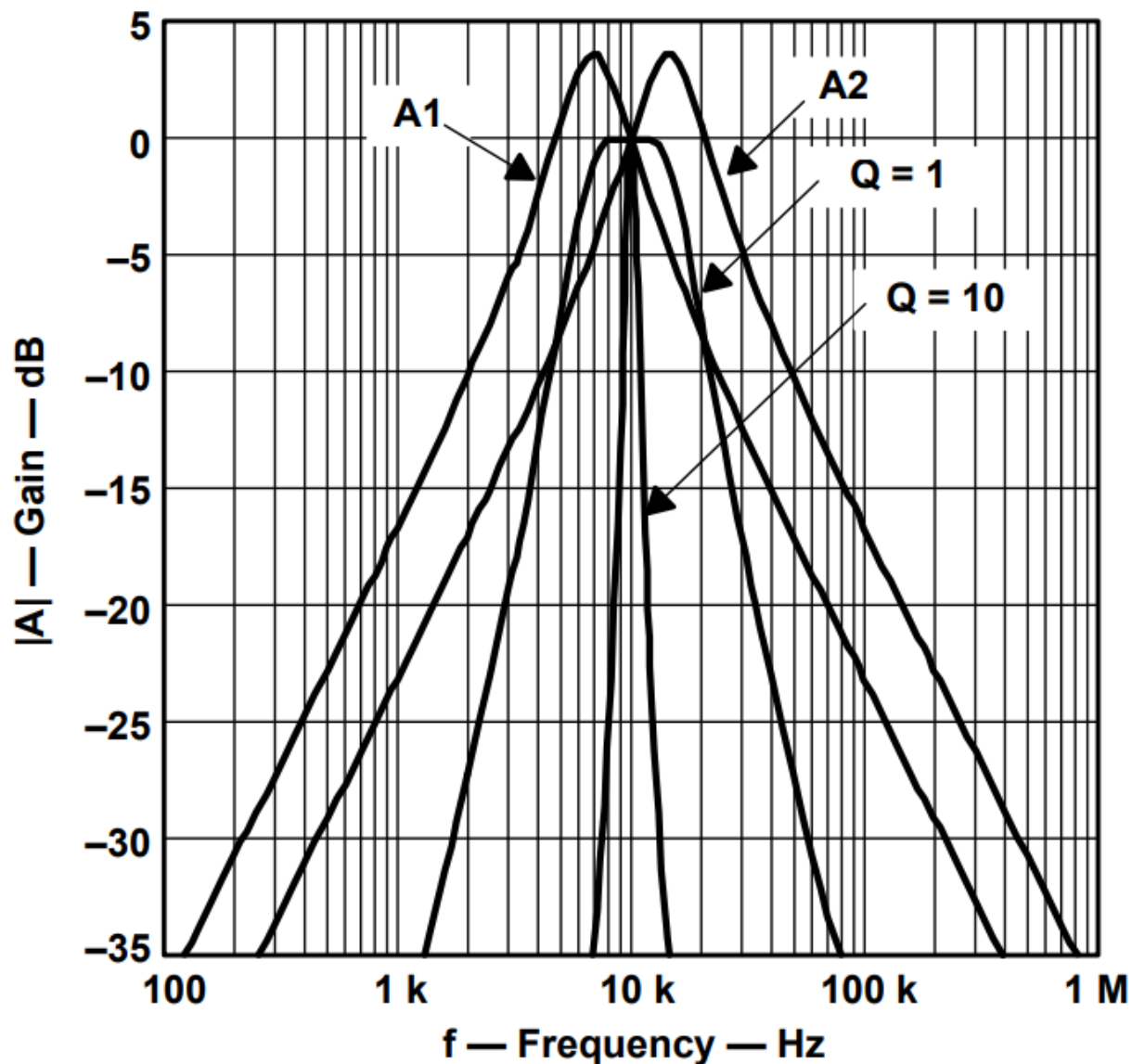
Ч.4. Смугові фільтри з взаємним розбалансуванням частот.  
Режекторні фільтри.

# Загальна ідея побудови СФ з взаємним розбалансуванням частот

АЧХ смугового фільтра другого порядку стає гострішою при збільшенні його добротності. Однак у деяких випадках потрібні фільтри з плоскою АЧХ поблизу центральної частоти смуги пропускання і одночасно з різким переходом до частот режекції. Такі завдання вирішуються застосуванням смугових фільтрів високого порядку.

Загальна ідея побудови такого СФ полягає в тому, що послідовно ставляться 2 однакові схеми 2-го порядку, але їх центральні частоти дещо зміщені відносно центральної частоти основного фільтра.

Така відмінність центральних частот називається взаємним розбалансуванням (Staggered Tuning).



Передаточна функція такого фільтра 4-го порядку розщепляється на два множника:

$$A(s) = \frac{\frac{A_{mi}}{Q_i} \cdot \alpha s}{\left[ 1 + \frac{\alpha s}{Q_1} + (\alpha s)^2 \right]} \cdot \frac{\frac{A_{mi}}{Q_i} \cdot \frac{s}{\alpha}}{\left[ 1 + \frac{1}{Q_i} \left( \frac{s}{\alpha} \right) + \left( \frac{s}{\alpha} \right)^2 \right]}$$

де  $A_{mi}$  – коефіцієнт підсилення на центральній частоті  $f_{mi}$  для кожної ланки фільтра;

$Q_i$  – добротність кожної ланки фільтра;

$\alpha$  і  $1/\alpha$  – коефіцієнти, за допомогою яких центральні частоти окремих ланок фільтра ( $f_{m1}$  та  $f_{m2}$ ) виводяться з центральної частоти пропускання основного фільтра  $f_m$ .

# Розрахунок СФ з взаємним розбалансуванням контурів

Коефіцієнт  $\alpha$  можна визначити, розв'язавши рівняння:

$$\alpha^2 + \left[ \frac{\alpha \cdot \Delta\Omega \cdot a_1}{b_1(1 + \alpha^2)} \right]^2 + \frac{1}{\alpha^2} - 2 - \frac{(\Delta\Omega)^2}{b^1} = 0$$

А можна скористатися готовою таблицею:

Bessel				Butterworth				Tschebyscheff			
<b>a<sub>1</sub></b>	1.3617			<b>a<sub>1</sub></b>	1.4142			<b>a<sub>1</sub></b>	1.0650		
<b>b<sub>1</sub></b>	0.6180			<b>b<sub>1</sub></b>	1.0000			<b>b<sub>1</sub></b>	1.9305		
<b>Q</b>	100	10	1	<b>Q</b>	100	10	1	<b>Q</b>	100	10	1
$\Delta\Omega$	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>	$\Delta\Omega$	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>	$\Delta\Omega$	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>
$\alpha$	1.0032	1.0324	1.438	$\alpha$	1.0035	1.036	1.4426	$\alpha$	1.0033	1.0338	1.39

# Розрахунок СФ з взаємним розбалансуванням контурів

Центральні частоти першої та другої ланок фільтра:

$$f_{m1} = \frac{f_m}{\alpha} \quad f_{m2} = f_m \cdot \alpha$$

Добротність  $Q_i$  обох ланок фільтра однакова:

$$Q_i = Q \cdot \frac{(1 + \alpha^2)b_1}{\alpha \cdot a_1}$$

де  $Q$  – добротність всього фільтра.

Коефіцієнти підсилення  $A_i$  на центральних частотах однакові:

$$A_{mi} = \frac{Q_i}{Q} \cdot \sqrt{\frac{A_m}{B}}$$

де  $B$  – ширина смуги пропускання фільтра.

# Приклад розрахунку СФ з взаємним розбалансуванням контурів

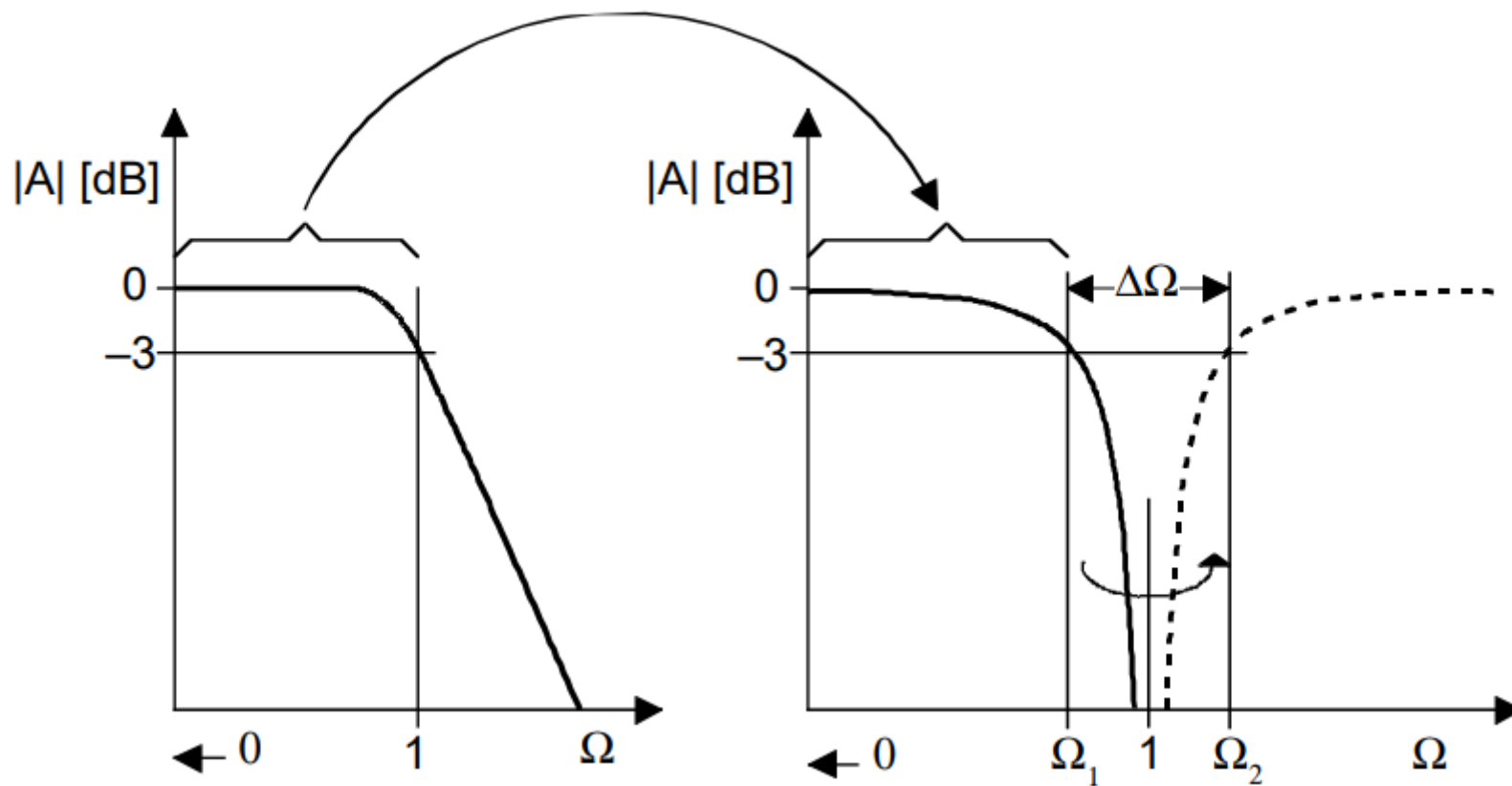
The task is to design a fourth-order Butterworth band-pass with the following parameters:

- mid frequency,  $f_m = 10$  kHz
- bandwidth,  $B = 1000$  Hz
- and gain,  $A_m = 1$

From Table 16–2 the following values are obtained:

- $a_1 = 1.4142$
- $b_1 = 1$
- $\alpha = 1.036$

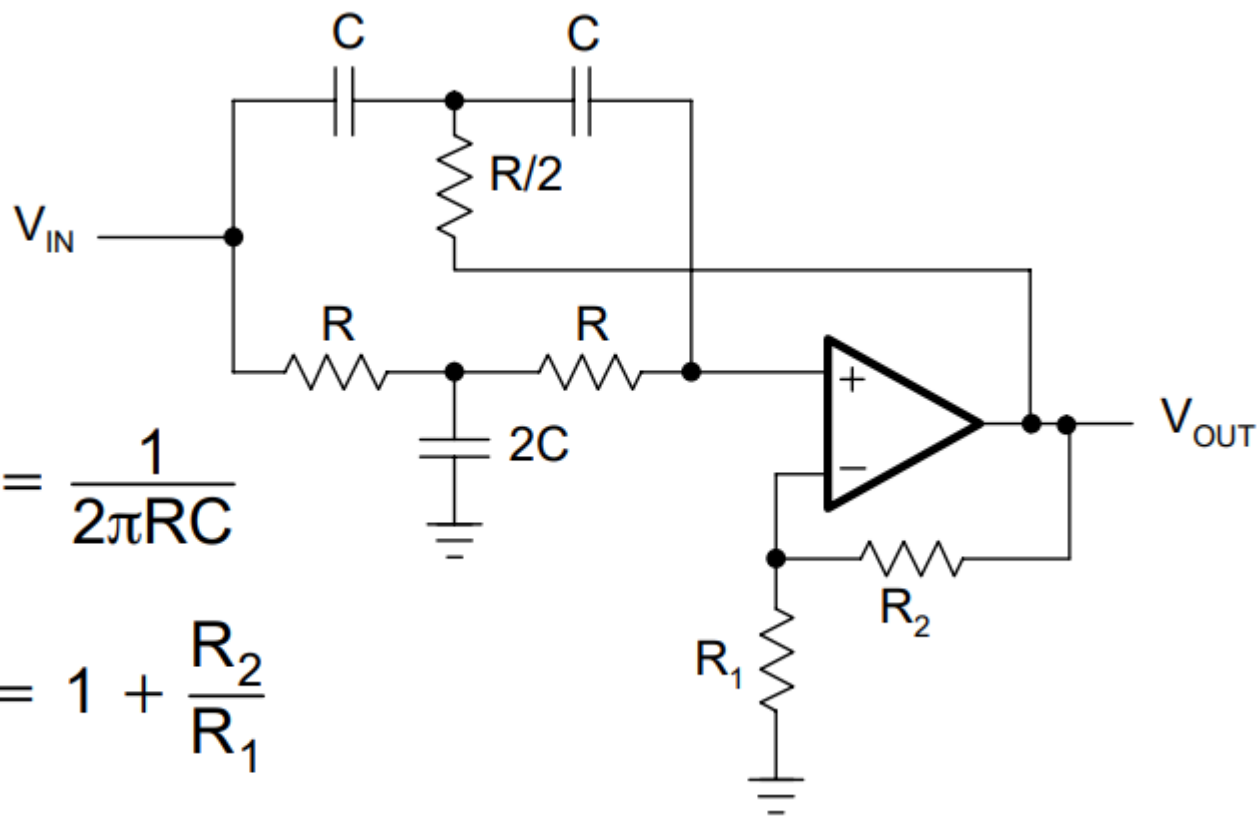
# Режекторні фільтри АЧХ





# Режекторні фільтри

## Схема з подвійним Т-мостом



mid-frequency:  $f_m = \frac{1}{2\pi RC}$

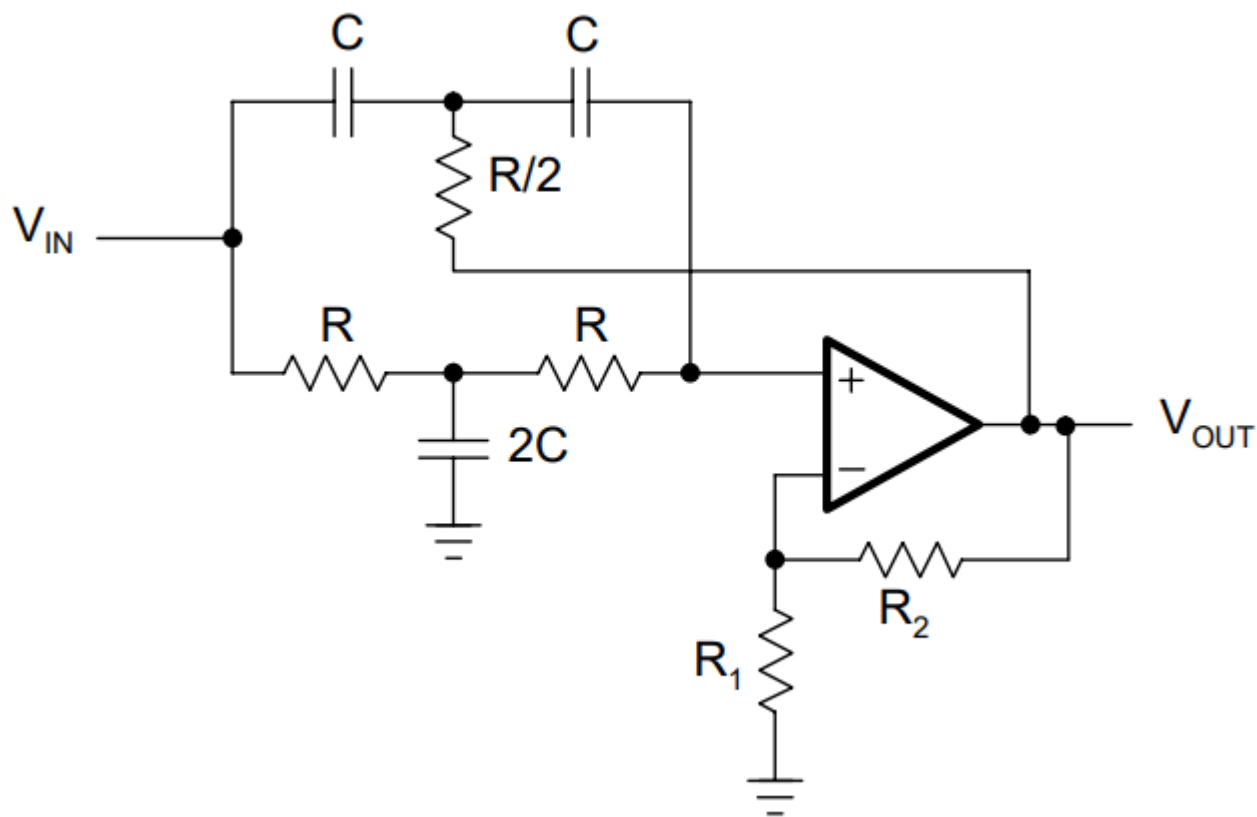
inner gain:  $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

passband gain:  $A_0 = G$

rejection quality:  $Q = \frac{1}{2(2 - G)}$

# Режекторні фільтри

## Розрахунок схеми з подвійним Т-мостом



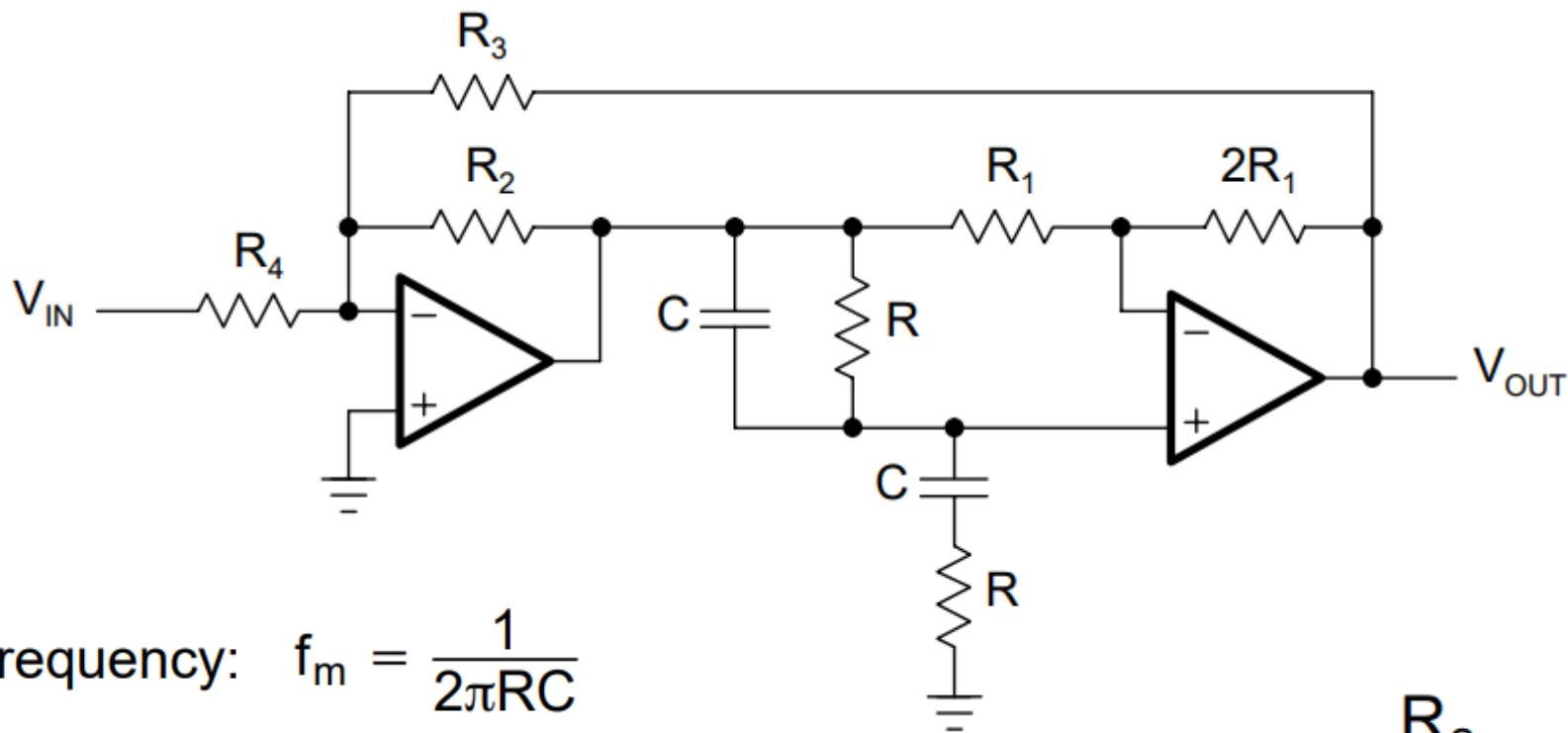
$$R = \frac{1}{2\pi f_m C}$$

$$R_2 = (A_0 - 1)R_1$$

$$R_2 = R_1 \left( 1 - \frac{1}{2Q} \right)$$

# Режекторні фільтри

## Фільтр з мостом Віна-Робінсона



mid-frequency:  $f_m = \frac{1}{2\pi RC}$

passband gain:  $A_0 = -\frac{\beta}{1 + \alpha}$

rejection quality:  $Q = \frac{1 + \alpha}{3}$

$$\alpha = \frac{R_2}{R_3}$$

$$\beta = \frac{R_2}{R_4}$$

# Режекторні фільтри

## Розрахунок схеми з мостом Віна-Робінсона

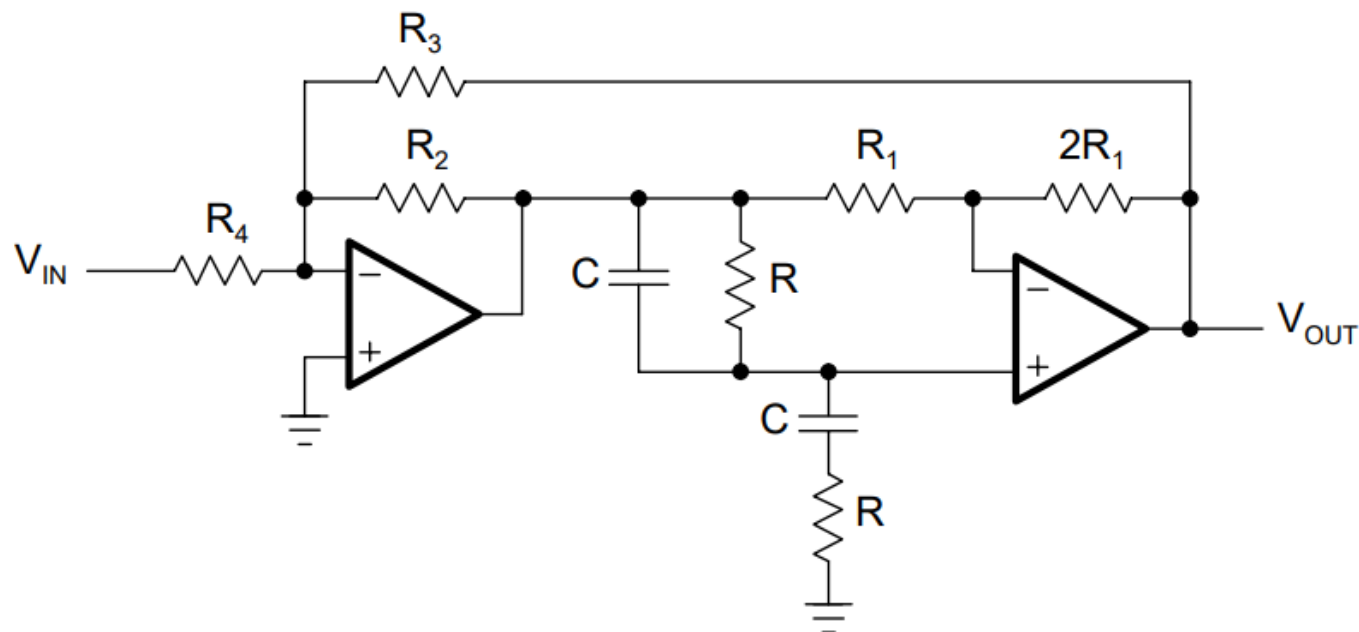
$$R = \frac{1}{2\pi f_m C}$$

$$\alpha = 3Q - 1$$

$$\beta = -A_0 \cdot 3Q$$

$$R_3 = \frac{R_2}{\alpha}$$

$$R_4 = \frac{R_2}{\beta}$$



Для розрахунку треба самому задати значення  $C$  та  $R_2$ . Оскільки  $R_2$  стоїть в ланці зворотного зв'язку ОП, то його значення краще задавати не менше 10 кОм.

Далі буде...

...Генератори на ОП