

# Практика 4

Активные фильтры на ОУ

# Активные фильтры на ОУ

Активный фильтр – вид фильтра в электрической цепи которого присутствует элемент (транзистор, операционный усилитель или управляющая микросхема) с нелинейной характеристикой.

Коэффициент затухания определяет форму характеристики на переходном участке и вид выброса вблизи переходного участка: фильтр Баттерворта второго порядка имеет коэффициент затухания  $\alpha = 1.414$ , а фильтр Чебышева второго порядка с неравномерностью 3 дБ/декаду имеет  $\alpha = 0.766$ . Одна и та же схема в зависимости от выбора значений ее компонентов может действовать как фильтр Бесселя, фильтр Баттерворта или фильтр Чебышева, и форма частотной характеристики фильтра определяется коэффициентом затухания.

# Активные фильтры на ОУ

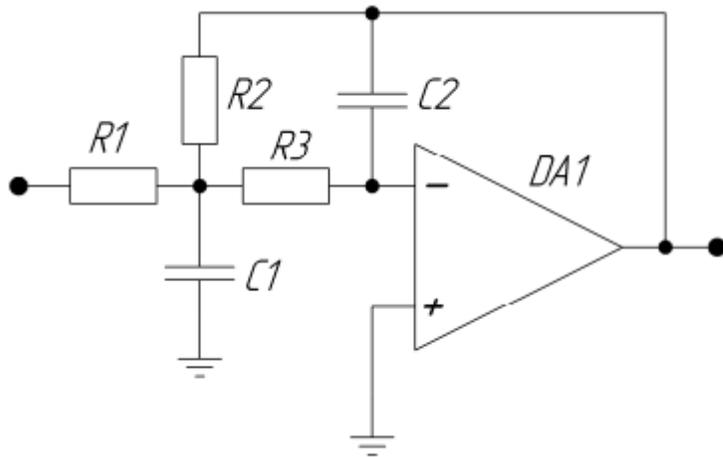
Добротность связывает среднюю частоту полосы пропускания и ее ширину на уровне 3 дБ:

$$Q = f_0 / (f_2 - f_1),$$

где  $f_0$  – средняя частота,  $f_1$  и  $f_2$  – нижняя и верхняя частота среза на уровне 1-4 дБ/декаду. Для активных фильтров  $Q = 1 / \alpha$ .

Циклическая частота имеет размерность Рад/с и определяется выражением:  $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ .

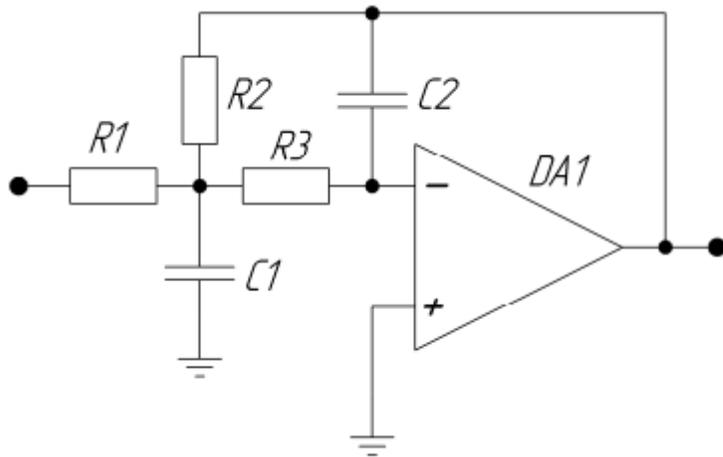
# Активные фильтры на ОУ. Задание 1



Рассчитать параметры ФНЧ согласно электрической принципиальной схемы Рис.1 с передаточной характеристикой:

$$K(s) = \frac{-1/(R_1 R_3 C_1 C_2)}{s^2 + s(1/C_1)(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) + 1/(R_2 R_3 C_1 C_2)}$$

# Активные фильтры на ОУ. Задание 1 ФНЧ



$K_0 = 1,5$  – коэффициент усиления в  
полосе пропускания;

$Q = 0,9$  – добротность

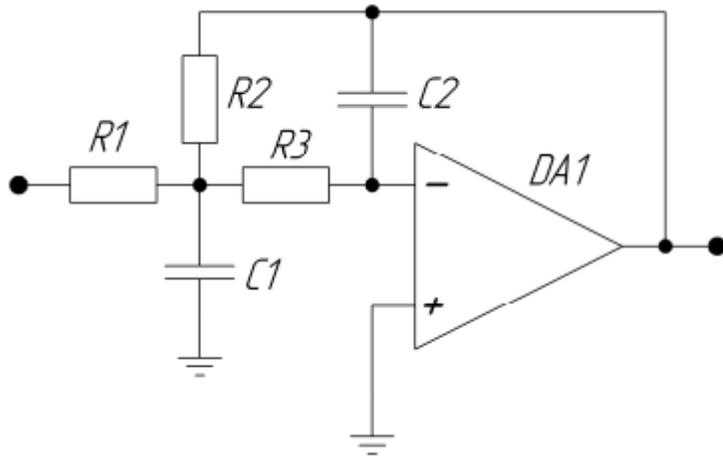
$\omega_{ср} = 1\text{кГц}$  – частота среза

$C_1 = C_3 = 100\text{мкФ}$

$\alpha = 0,766$  - коэффициент затухания

# Активные фильтры на ОУ. Решение

Определим основные соотношения для фильтра из условий



$$m \leq \frac{1}{4 \cdot Q^2 (1 + K_0)},$$

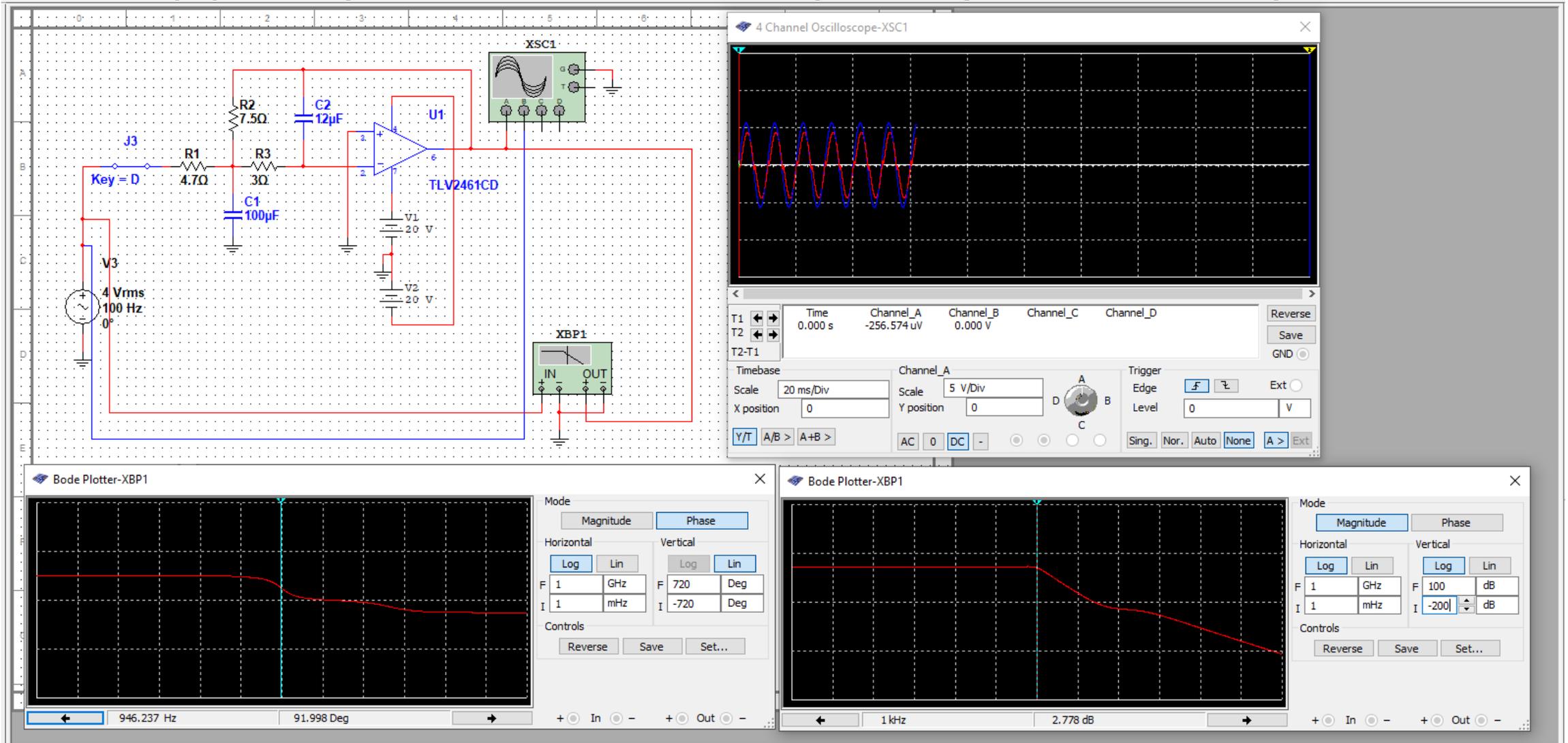
$$C_2 = m \cdot C,$$

$$R_2 = \left( \frac{1}{2\omega_{cp} \cdot C \cdot m \cdot Q} \right) \cdot \left( 1 \pm \sqrt{1 - 4m \cdot Q^2 \cdot (1 + K_0)} \right),$$

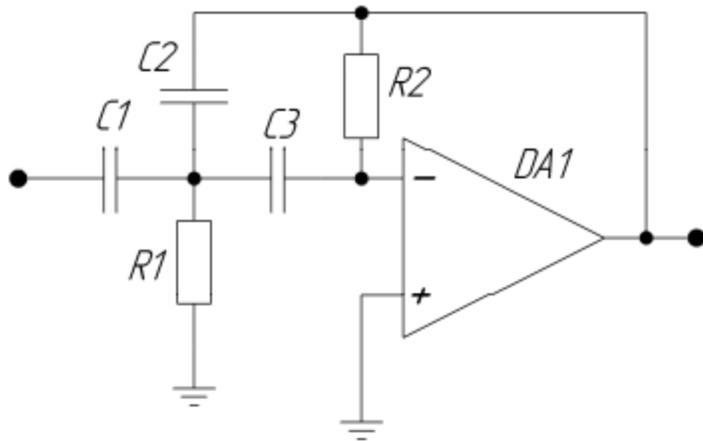
$$R_1 = \frac{R_2}{K_0},$$

$$R_3 = \frac{1}{\omega_{cp}^2 C^2 R_2 m}.$$

# Активные фильтры на ОУ. Результат моделирования ФНЧ (low pass filter)



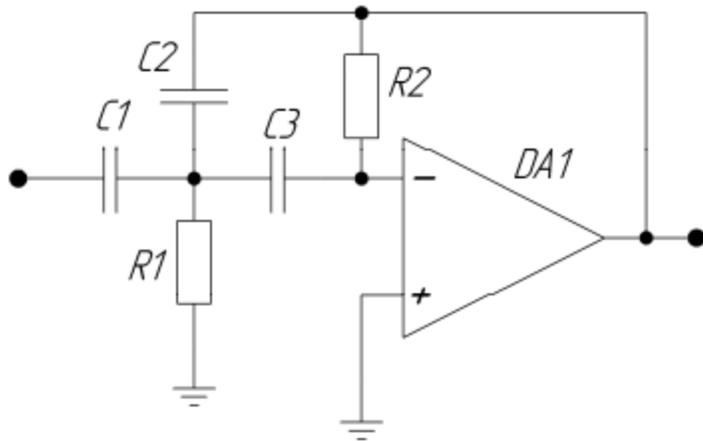
# Активные фильтры на ОУ. Задание 2 ФВЧ



Рассчитать параметры ФВЧ согласно электрической принципиальной схемы Рис.1 с передаточной характеристикой:

$$K(s) = \frac{-s^2 C_1 / C_2}{s^2 + s(1/R_2)(C_1 / (C_2 C_3) + 1/C_2 + 1/C_3) + 1 / (R_1 R_2 C_2 C_3)}$$

# Активные фильтры на ОУ. Задание



$K_0 = 1,5$  – коэффициент усиления  
в полосе пропускания;

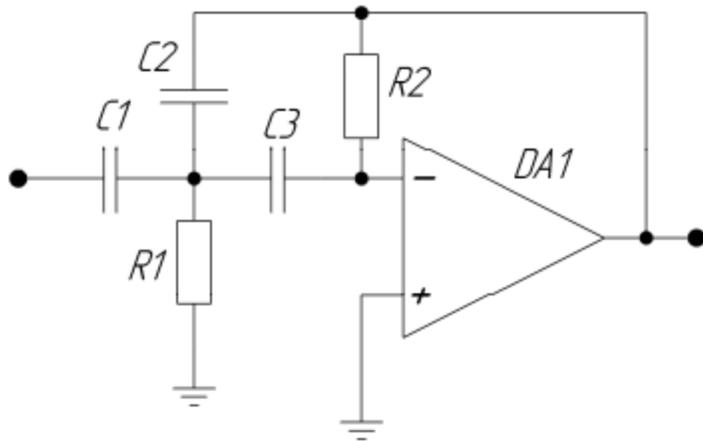
$Q = 0,9$  – добротность

$\omega_{ср} = 1\text{кГц}$  – частота среза

$C_1 = C_3 = 100\text{мкФ}$

$\alpha = 0,766$  - коэффициент  
затухания

# Активные фильтры на ОУ. Решение



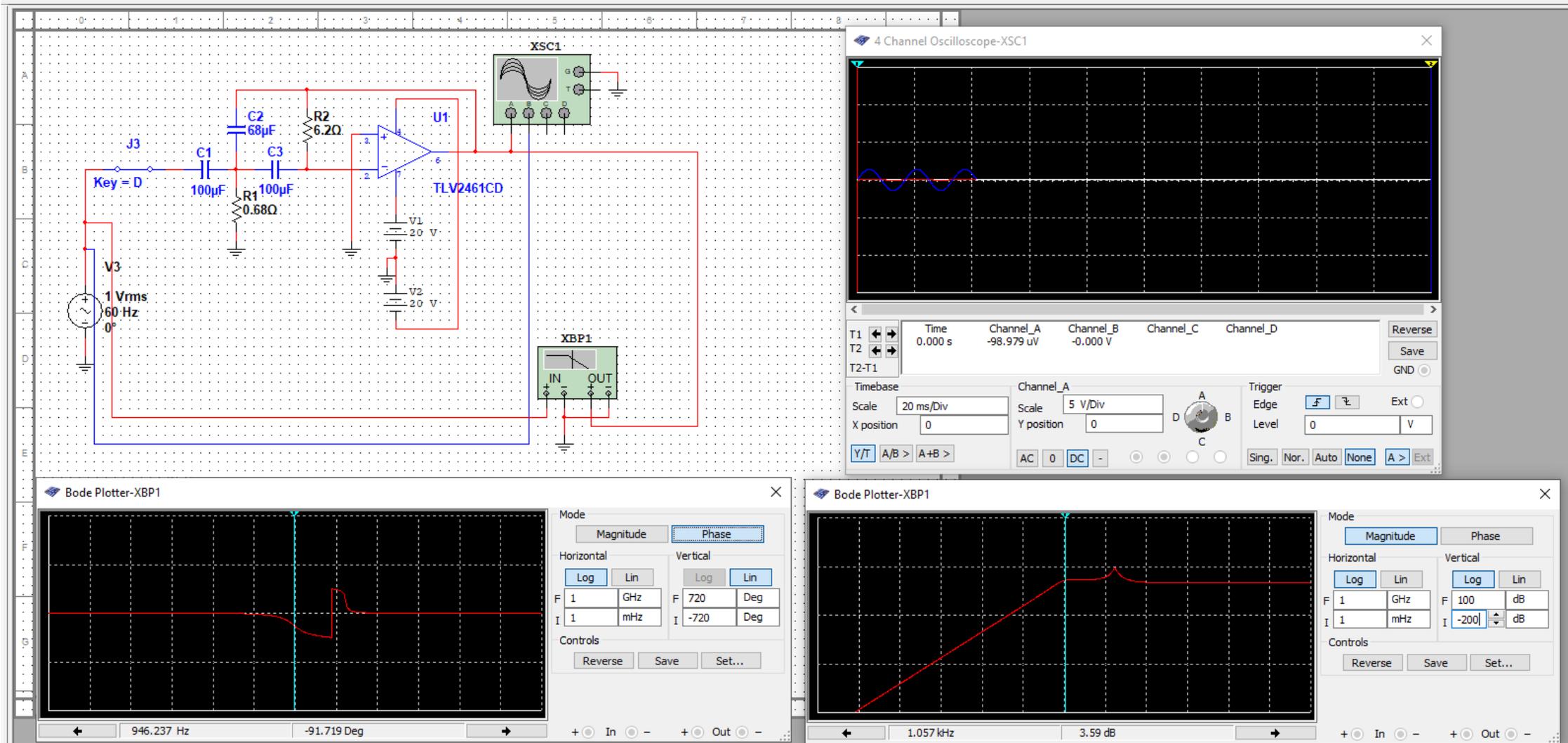
Определим основные соотношения для фильтра из условий

$$C_2 = C/K_0,$$

$$R_1 = \frac{K_0}{\omega_{cp}QC(2K_0 + 1)},$$

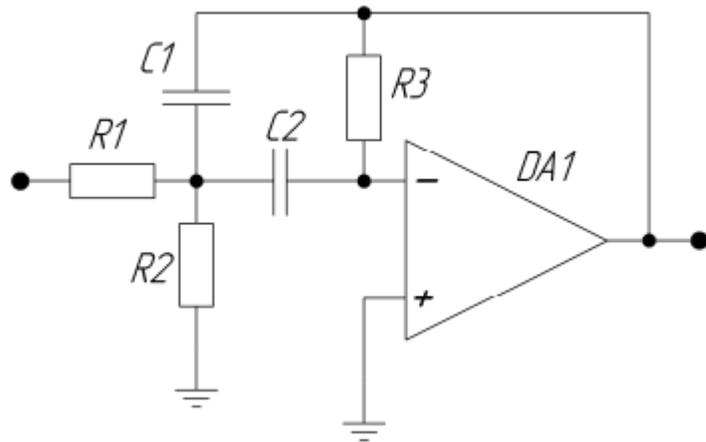
$$R_2 = \frac{Q(2K_0 + 1)}{\omega_{cp}C}.$$

# Активные фильтры на ОУ. Результат моделирования ФВЧ (high pass filter)



# Активные фильтры на ОУ. Задание 3

## Полосовой фильтр

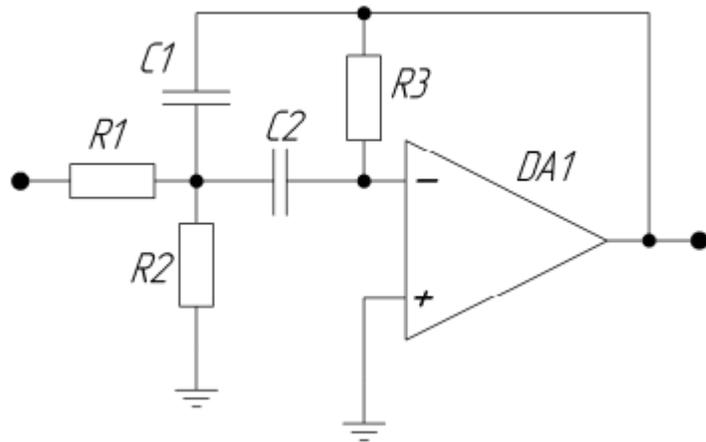


Рассчитать параметры полосового фильтра согласно электрической принципиальной схемы Рис.1 с передаточной характеристикой:

$$K(s) = \frac{-s/(R_1 C_1)}{s^2 + s(1/R_3)(1/C_1 + 1/C_2) + 1/(R_3 C_1 C_2)(1/R_1 + 1/R_2)}$$

# Активные фильтры на ОУ. Задание 3

## Полосовой фильтр



$K_0 = 1,5$  – коэффициент усиления в  
полосе пропускания;

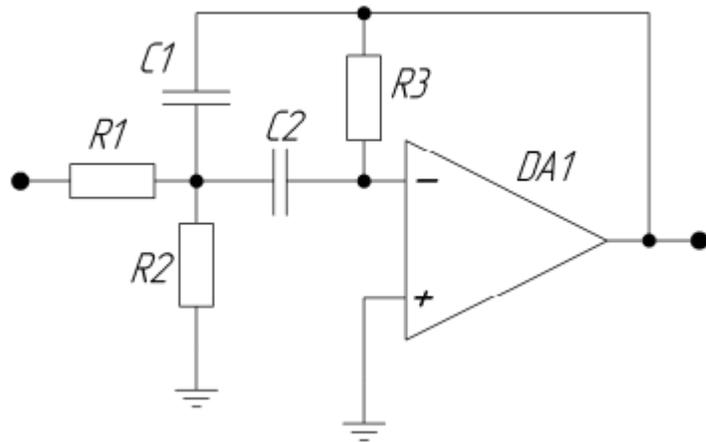
$Q = 0,9$  – добротность

$\omega_{ср} = 1\text{кГц}$  – частота среза

$C_1 = C_2 = 100\text{мкФ}$

$\alpha = 0,766$  - коэффициент затухания

# Активные фильтры на ОУ. Решение



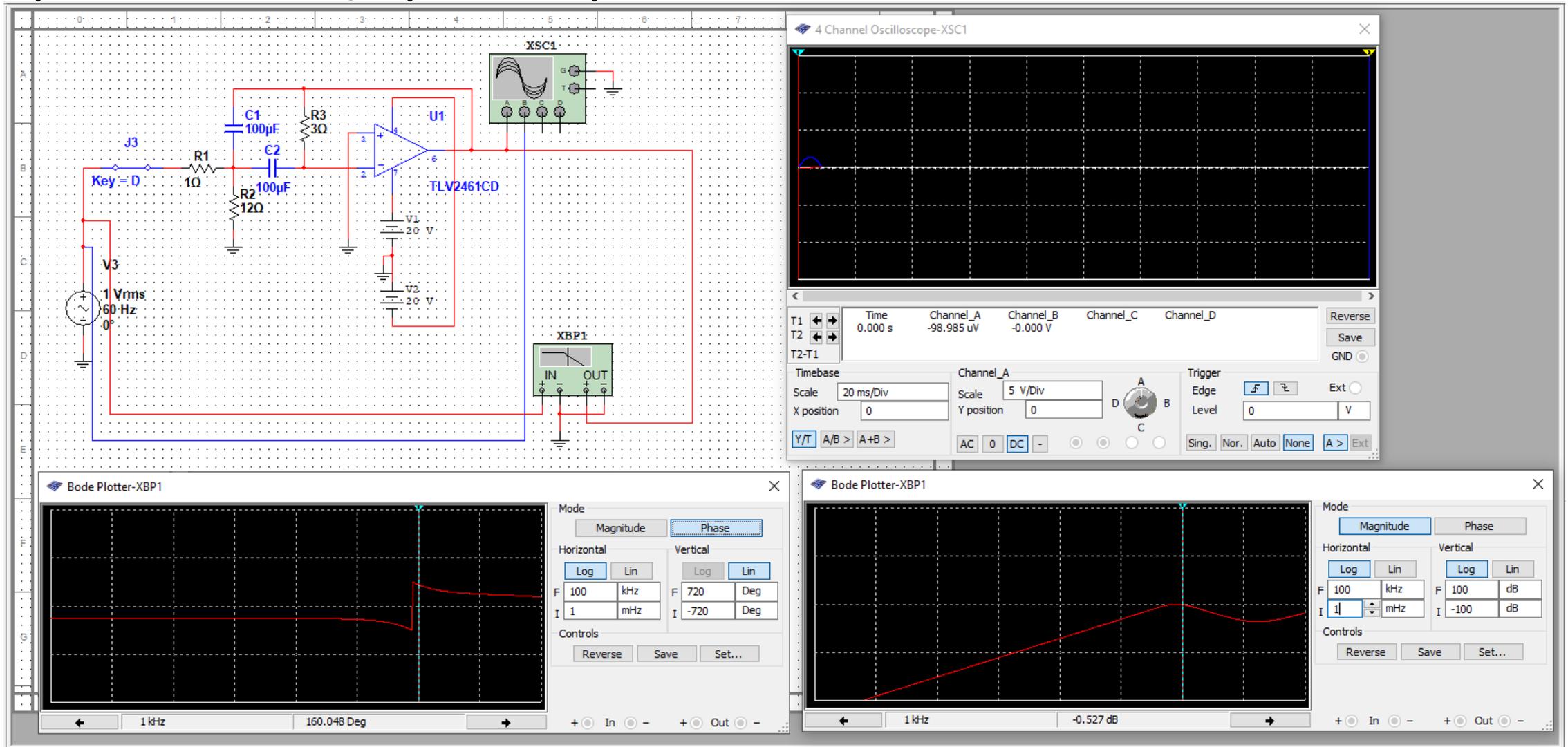
Расчёт параметров полосового фильтра согласно электрической принципиальной схемы:

$$R_1 = \frac{Q}{K_0 C \omega_0},$$

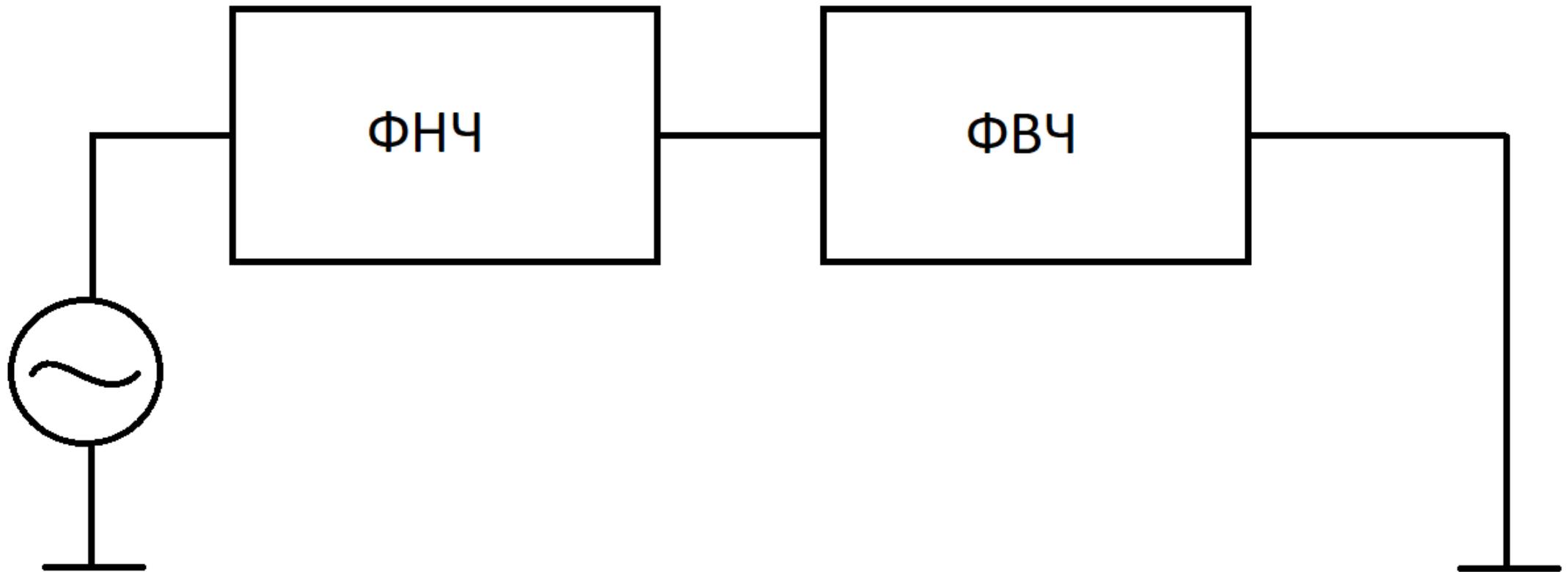
$$R_2 = \frac{Q}{\omega_0 C (2Q^2 - K_0)},$$

$$R_3 = \frac{2Q}{\omega_0 C}.$$

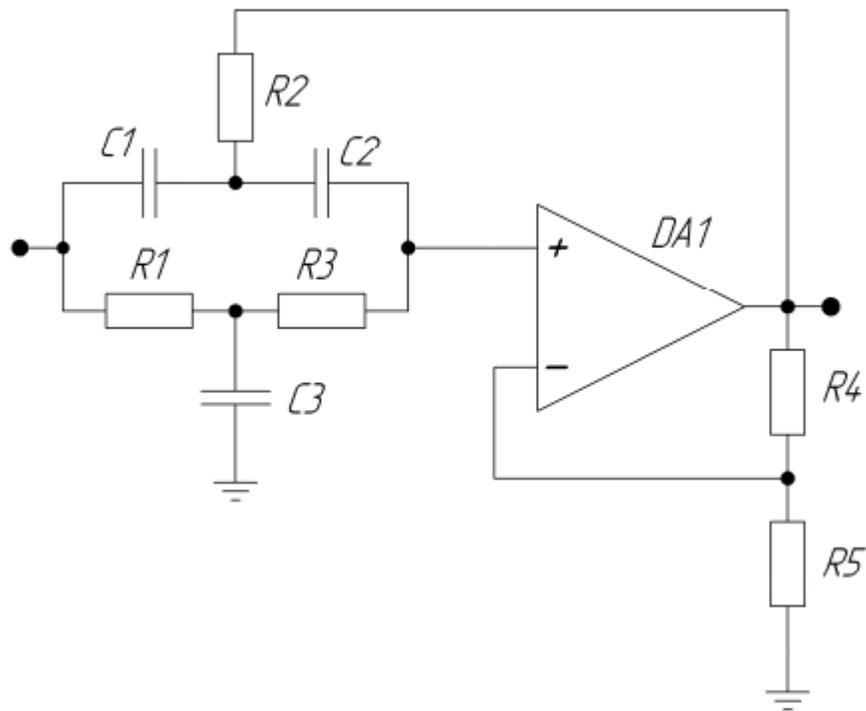
# Активные фильтры на ОУ. Полосовой (band pass filter) фильтр



Активные фильтры на ОУ. Полосовой (band pass filter) фильтр – составной фильтр



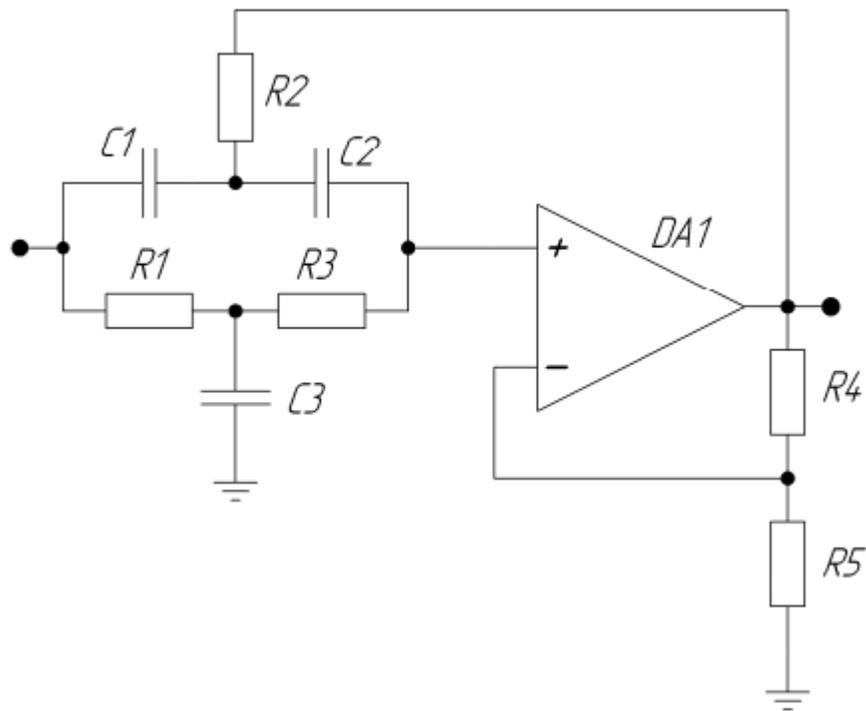
# Активные фильтры на ОУ. Режекторный фильтр



Рассчитать параметры полосового фильтра согласно электрической принципиальной схемы Рис.1 с передаточной характеристикой:

$$K(s) = \frac{K_0(1 + (sRC)^2)}{1 + 2(2 - K_0)sRC + (sRC)^2}$$

# Активные фильтры на ОУ. Режекторный фильтр



$K_0 = 1,5$  – коэффициент передачи в  
полосе пропускания;

$Q = 0,9$  – добротность

$\omega_{ср} = 1\text{кГц}$  – частота среза

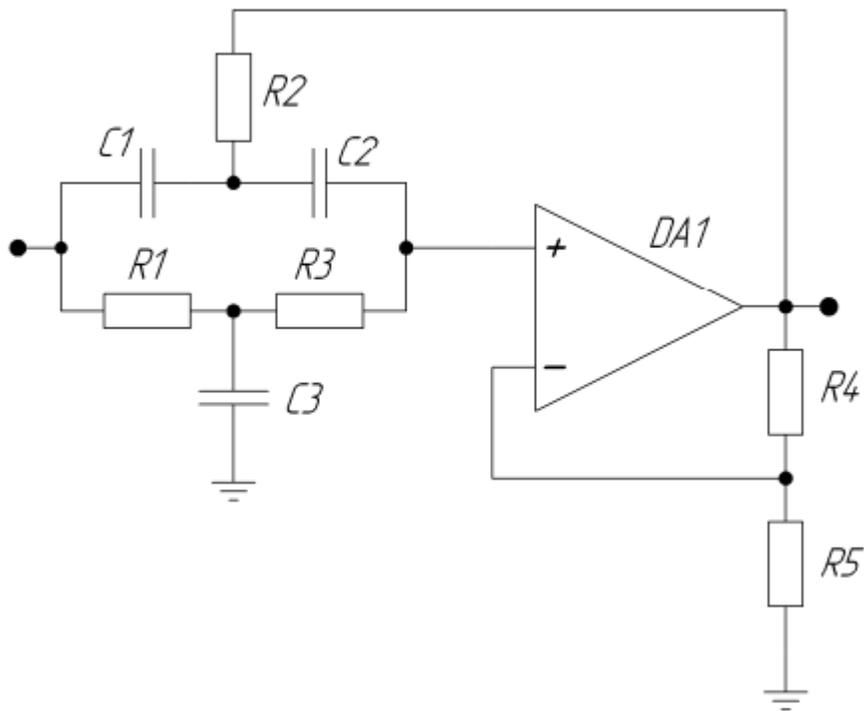
$C_1 = C_2 = 100\text{мкФ}$

$\alpha = 0,766$  - коэффициент затухания

$R_5 = 100\text{ Ом}$

# Активные фильтры на ОУ. Режекторный фильтр

Расчёт параметров полосового фильтра согласно электрической принципиальной схеме:



$$K_0 = 2 - \frac{1}{2Q},$$

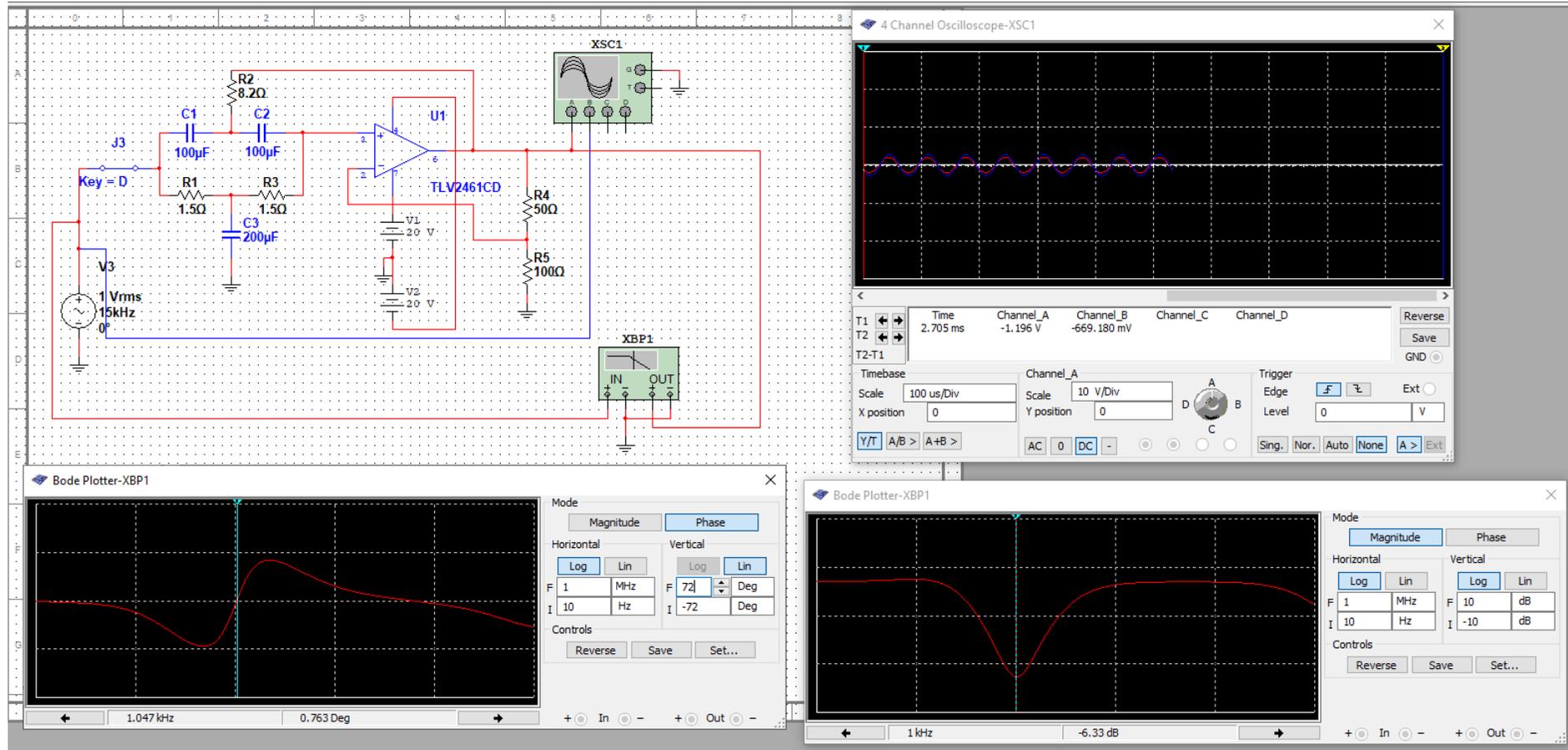
$$C_3 = 2C_1,$$

$$R_1 = R_3 = \frac{1}{\omega_0 C},$$

$$R_2 = \frac{R_1}{2},$$

$$R_4 = R_5 (K_0 - 1),$$

# Активные фильтры на ОУ. Режекторный (band stop filter / band rejection filter) фильтр



Номер						
п/п	Ко, неим ед	Q, неим ед	$\alpha$ , неим ед	C1, мкФ	Fсреза, кГц	R5, кОм
1	1,5	0,9	0,766	1000	10	100
2	2	0,9	1.414	900	15	510
3	4	0,9	0,766	800	9	220
4	1,5	0,9	1.414	700	1	360
5	2	0,9	0,766	600	8	390
6	4	0,9	1.414	500	2	130
7	3	0,9	0,766	400	7	560
8	1	0,9	1.414	300	3	750
9	1,5	0,9	0,766	200	6	470
10	2,5	0,9	1.414	100	4	330
11	3,5	0,9	0,766	200	5	200
12	4	0,9	1.414	300	6	160
13	2	0,9	0,766	400	4	180
14	4	0,9	1.414	500	7	240
15	3	0,9	0,766	600	3	430
16	1	0,9	1.414	700	8	820
17	1,5	0,9	0,766	800	2	390
18	2	0,9	1.414	900	9	910
19	4	0,9	0,766	1000	1	160
20	3	0,9	1.414	1100	10	180

- Для второго варианта расчета изменить коэффициент  $\alpha$  на противоположный (1.414 или 0,766), принять  $C1=10*XX$  мкФ, XX – две последние цифры студенческого билета