

Электротехника и электроника

Фильтры





Определение

Фильтр в электронике — устройство для выделения желательных компонентов спектра электрического сигнала и/или подавления нежелательных.



Типы фильтров

По принципу действия:

- Аналоговые
- Цифровые

По наличию источника энергии:

- Активные
- Пассивные



Типы фильтров

По типу применяемой операции:

- Линейные
- Нелинейные

По наличию обратной связи:

- Нерекурсивные
- Рекурсивные



Типы фильтров

По частоте:

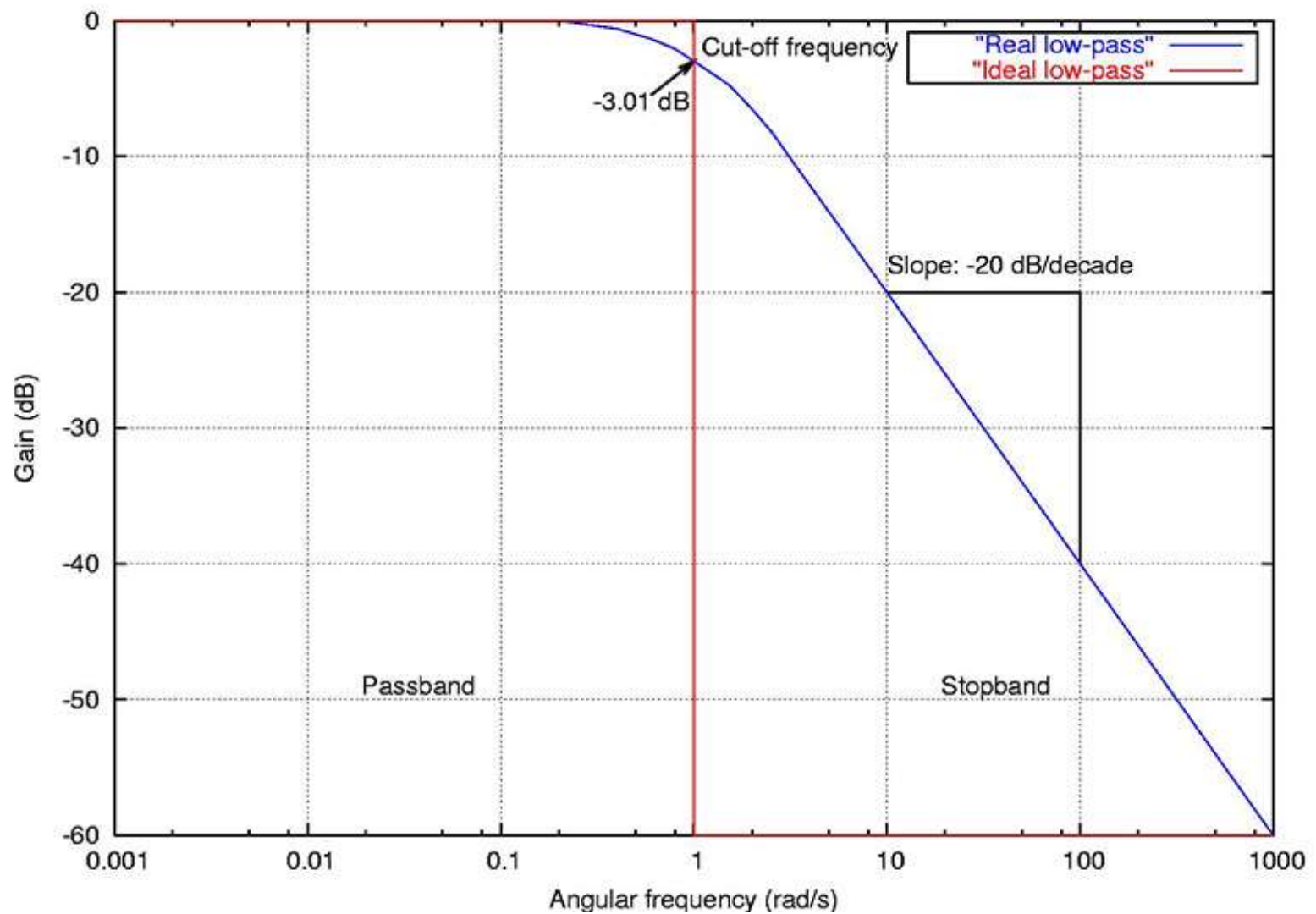
- Фильтры низких частот (ФНЧ)
- Фильтры высоких частот (ФВЧ)
- Полосно-пропускающие фильтры (ППФ)
- Полосно-задерживающие (режекторные) фильтры (ПЗФ)
- Фазовые фильтры



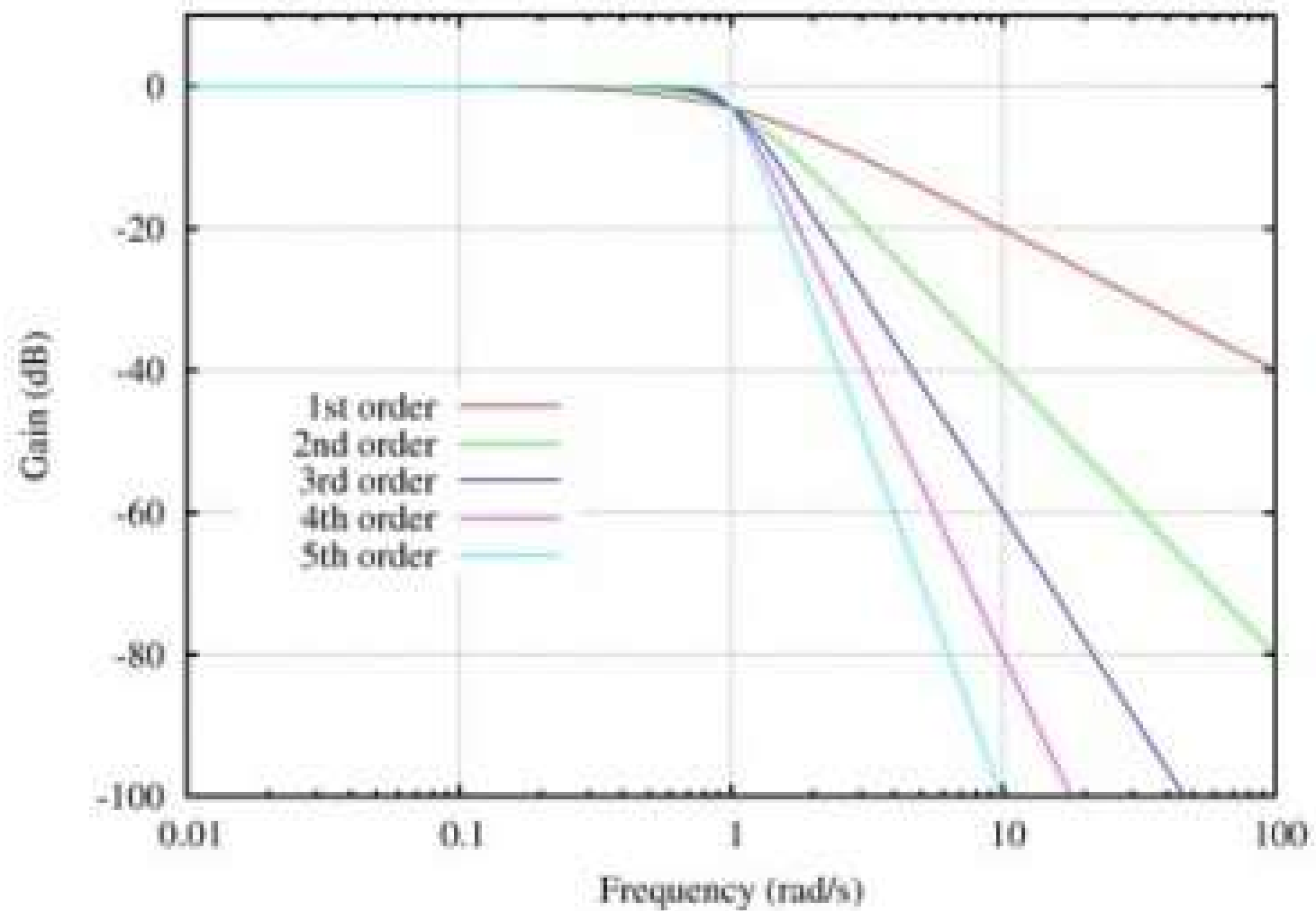
Пассивные аналоговые фильтры

- На основе сосредоточенных реактивных элементов
- На основе распределенных реактивных элементов

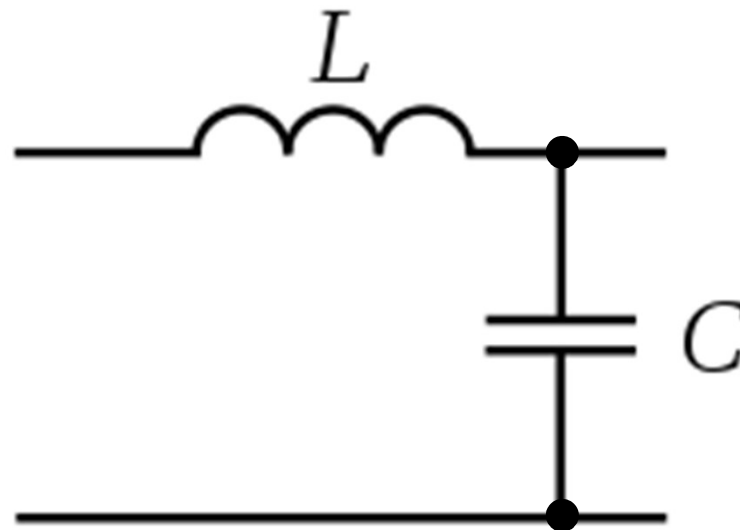
Характеристика фильтра



Характеристика фильтра

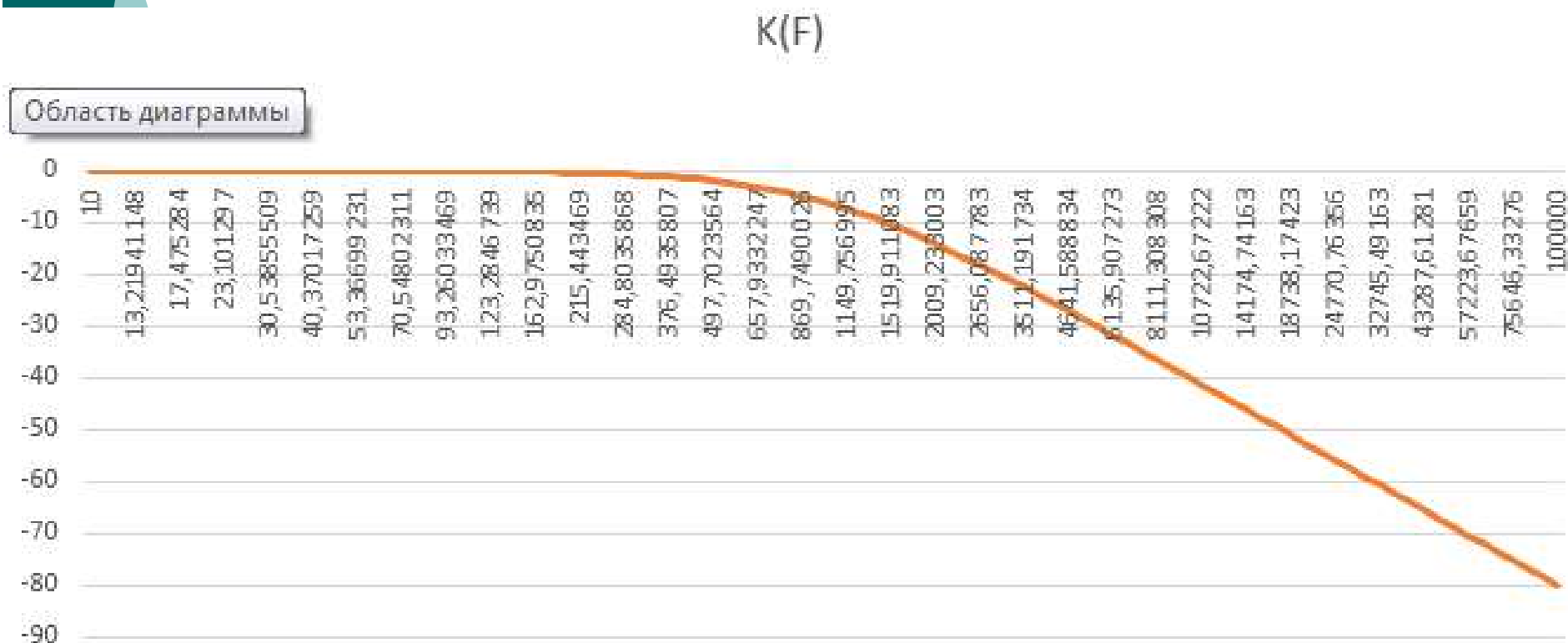


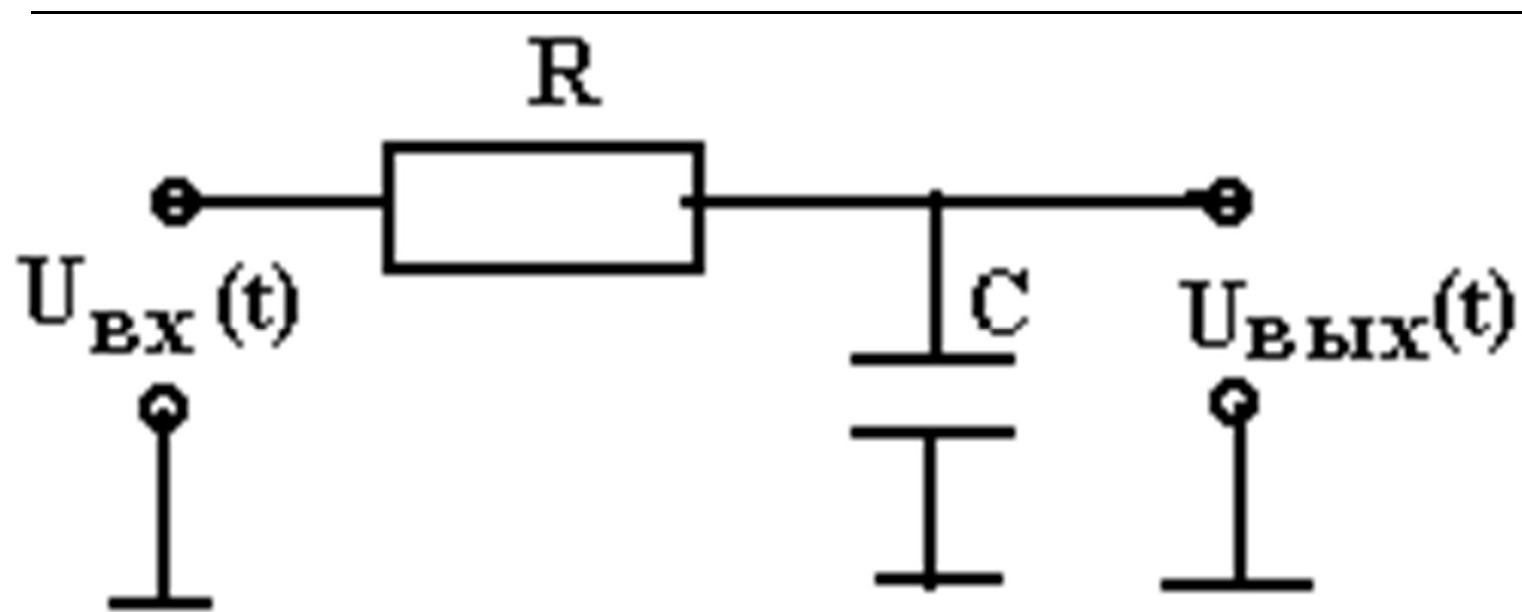
LC-фильтр нижних частот



$$K(\omega) = \frac{1}{1 + \omega^2 LC} = \frac{1}{1 + (\omega/\omega_0)^2}$$

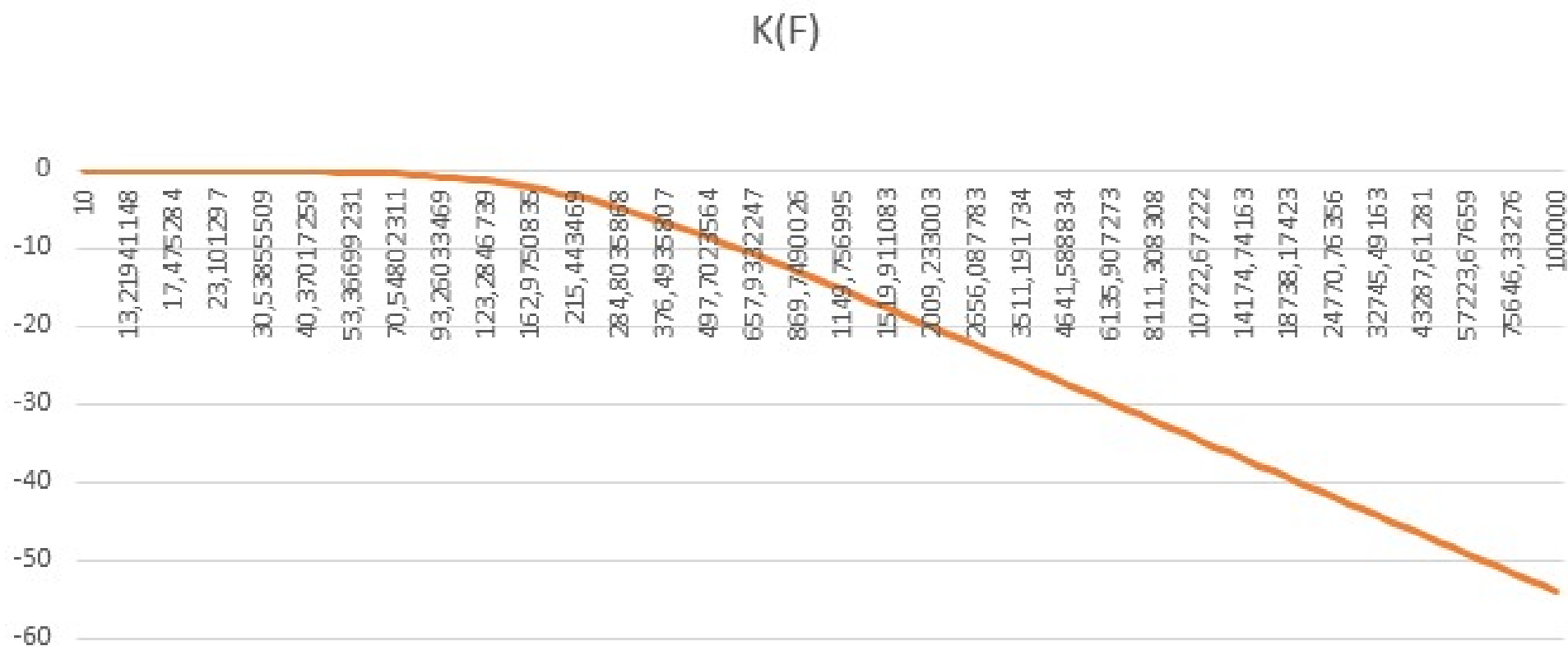
Характеристика LC-фильтра НЧ



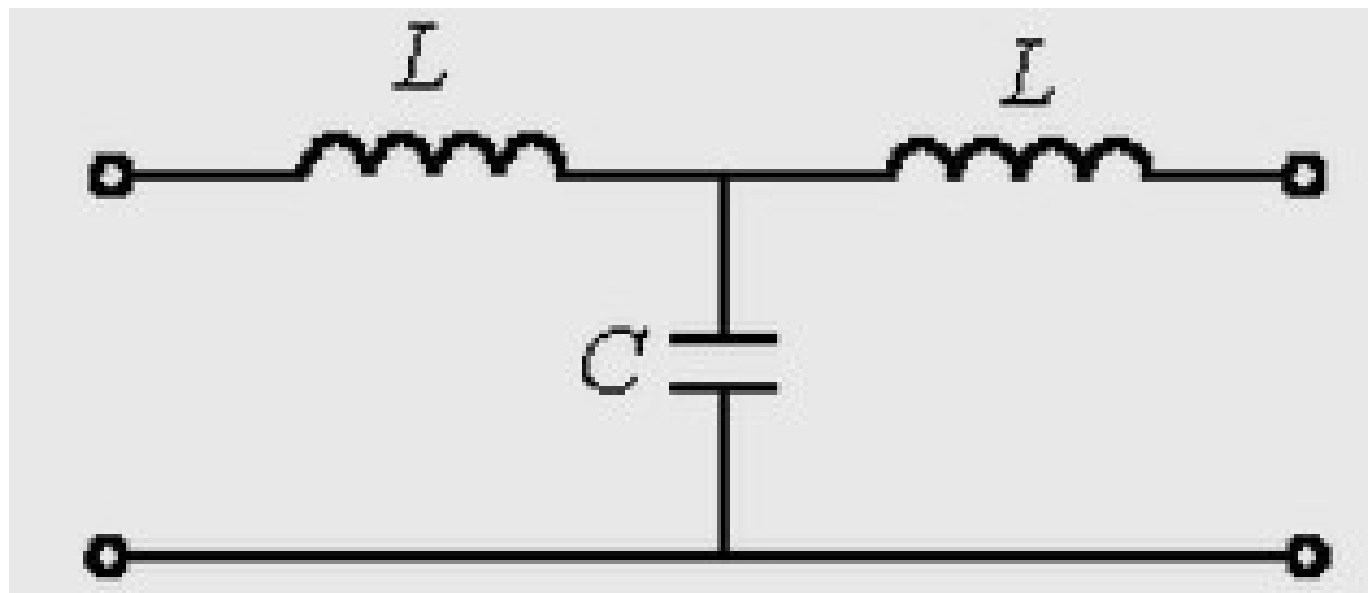


$$|K| = 1 / \sqrt{1 + (\omega RC)^2}$$

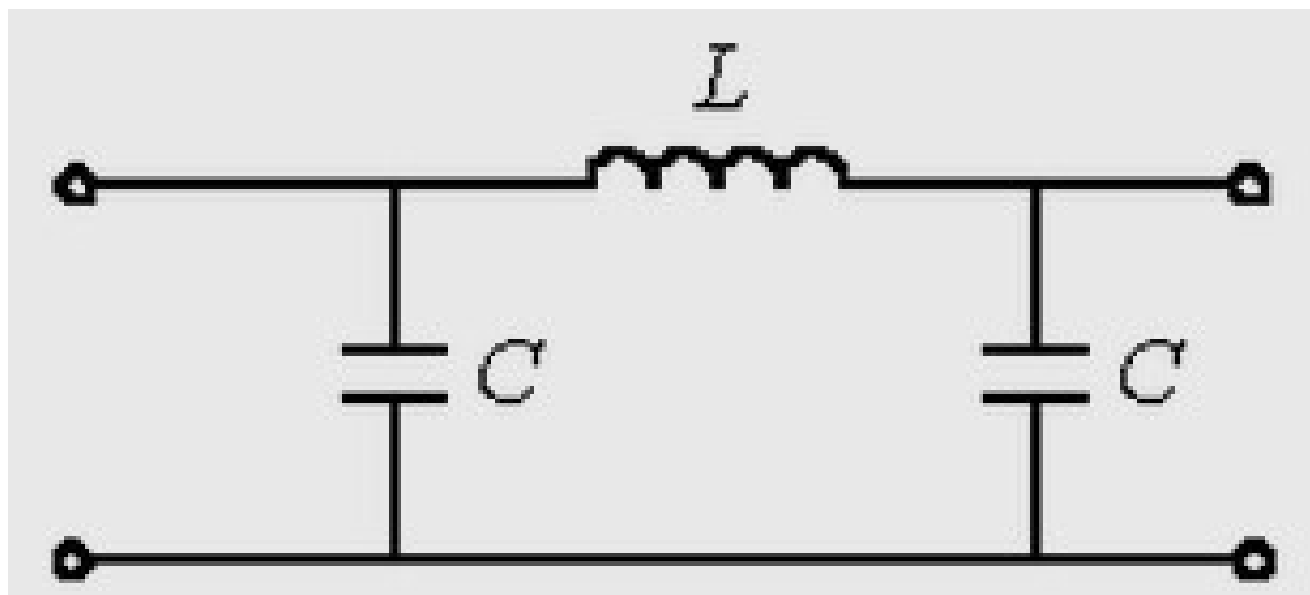
Характеристика RC-фильтра НЧ



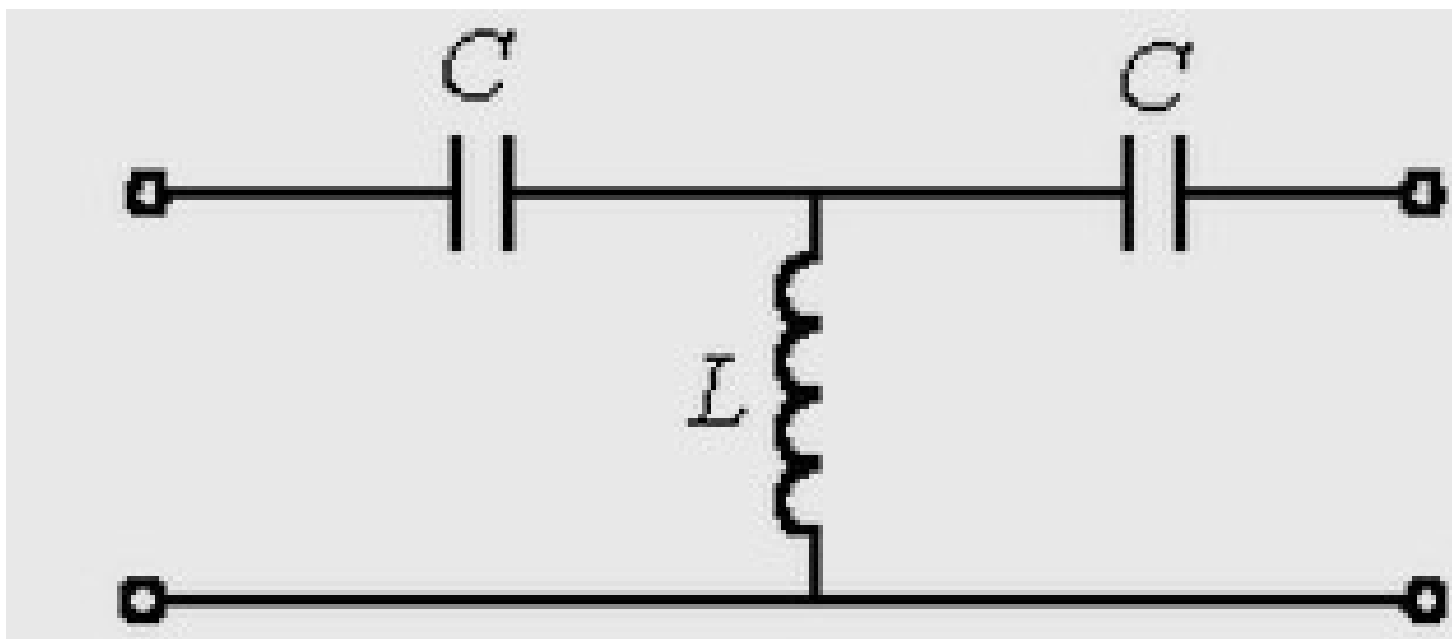
Т-фильтр низких частот



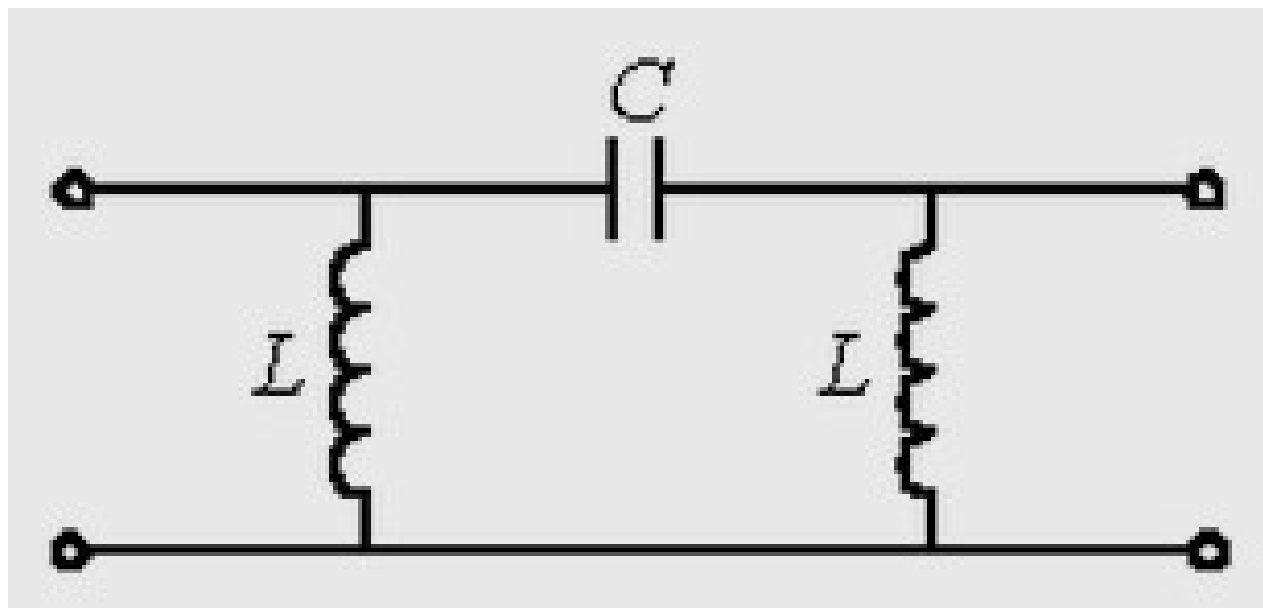
П-фильтр низких частот



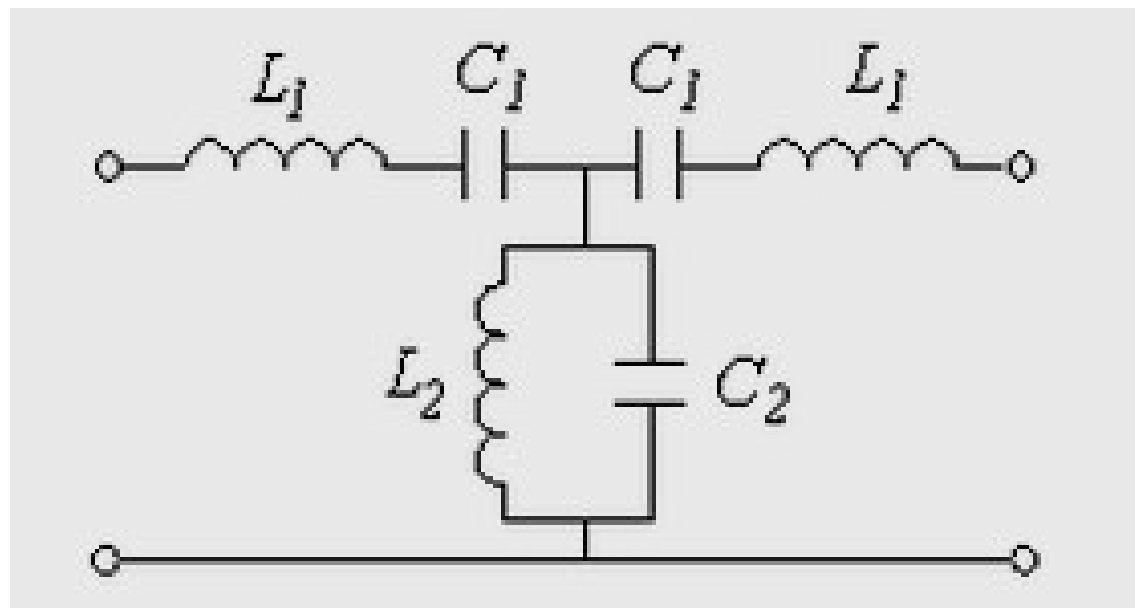
Т-фильтр высоких частот



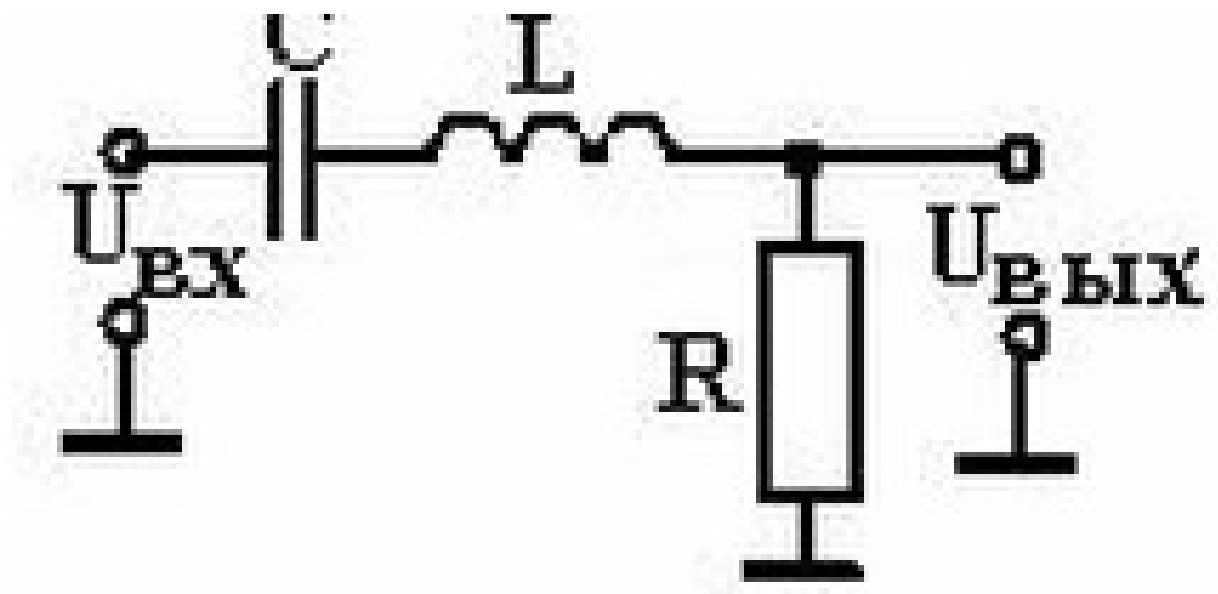
Т-фильтр высоких частот



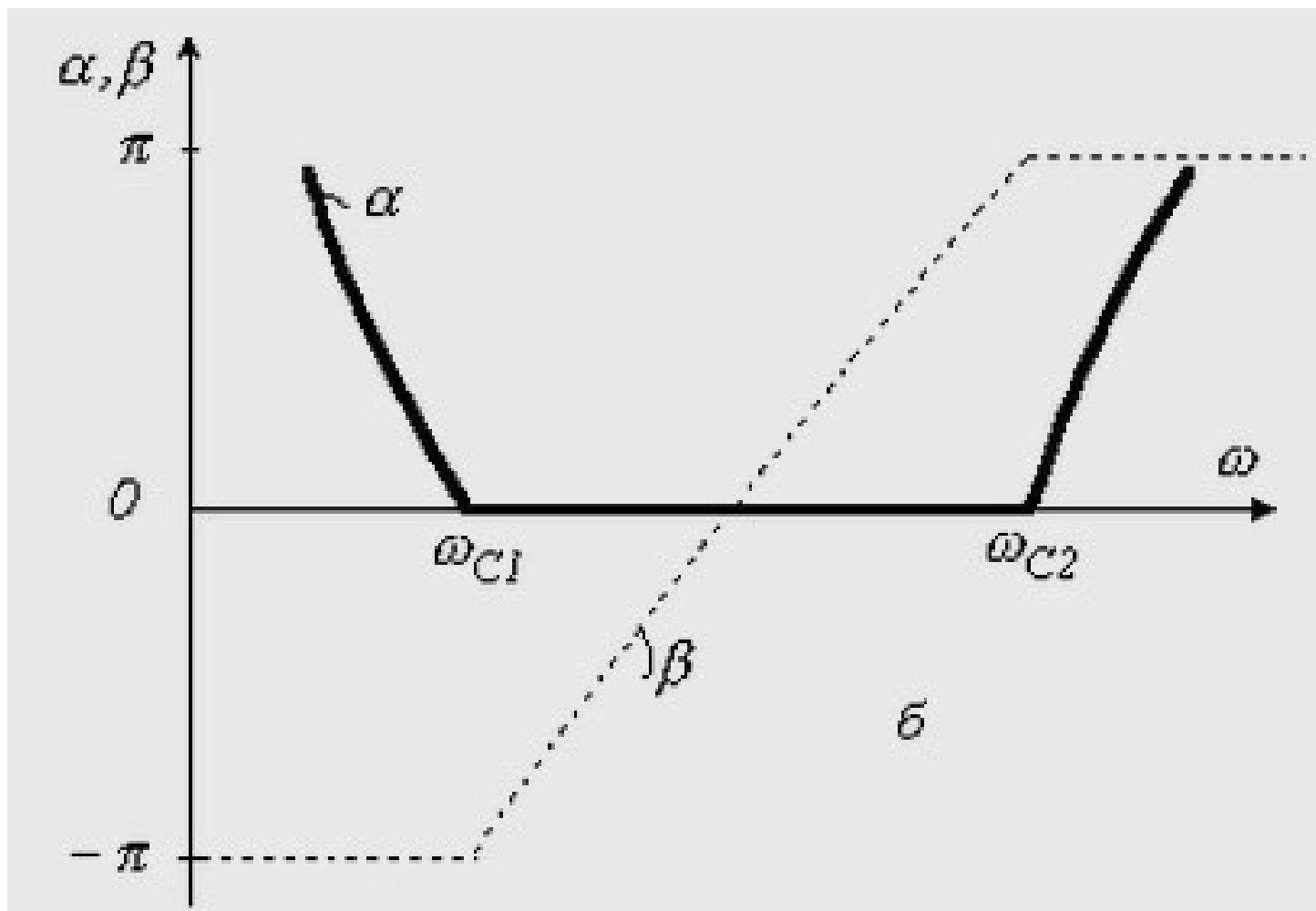
Полосовой фильтр



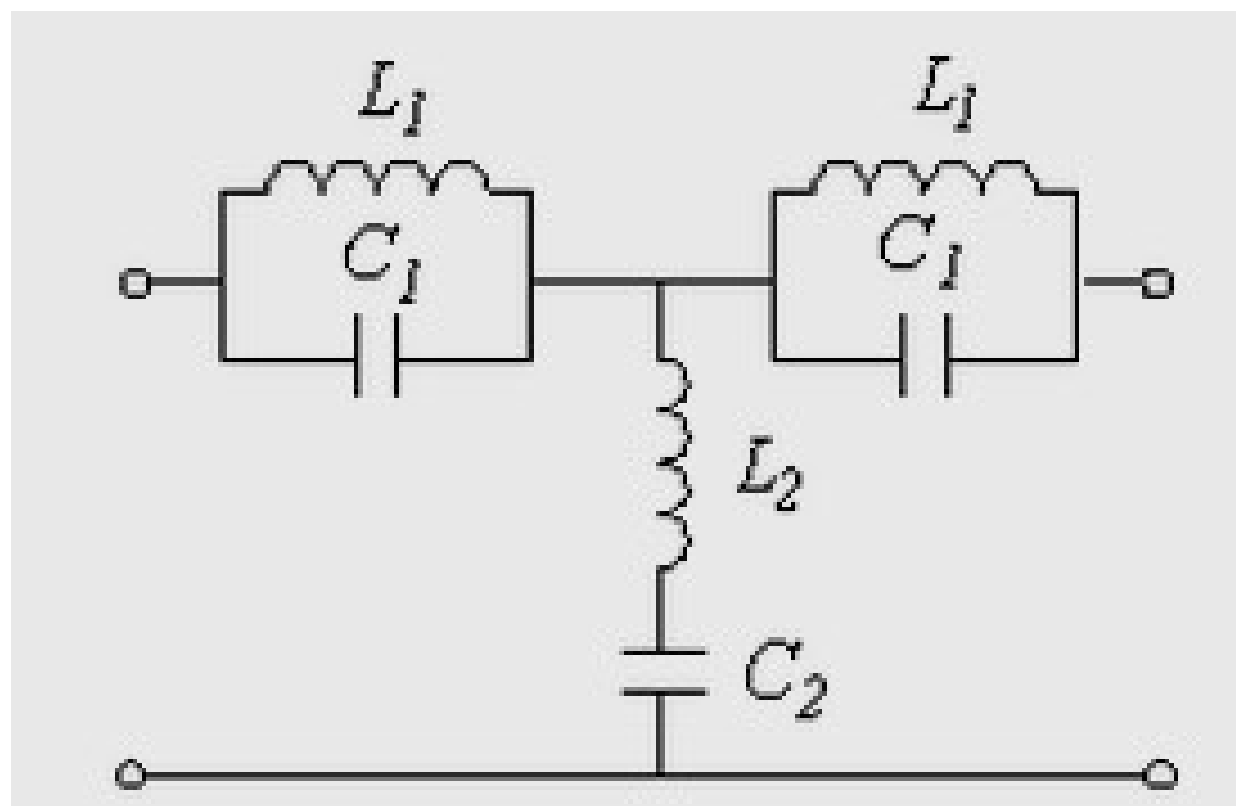
Полосовой фильтр RLC



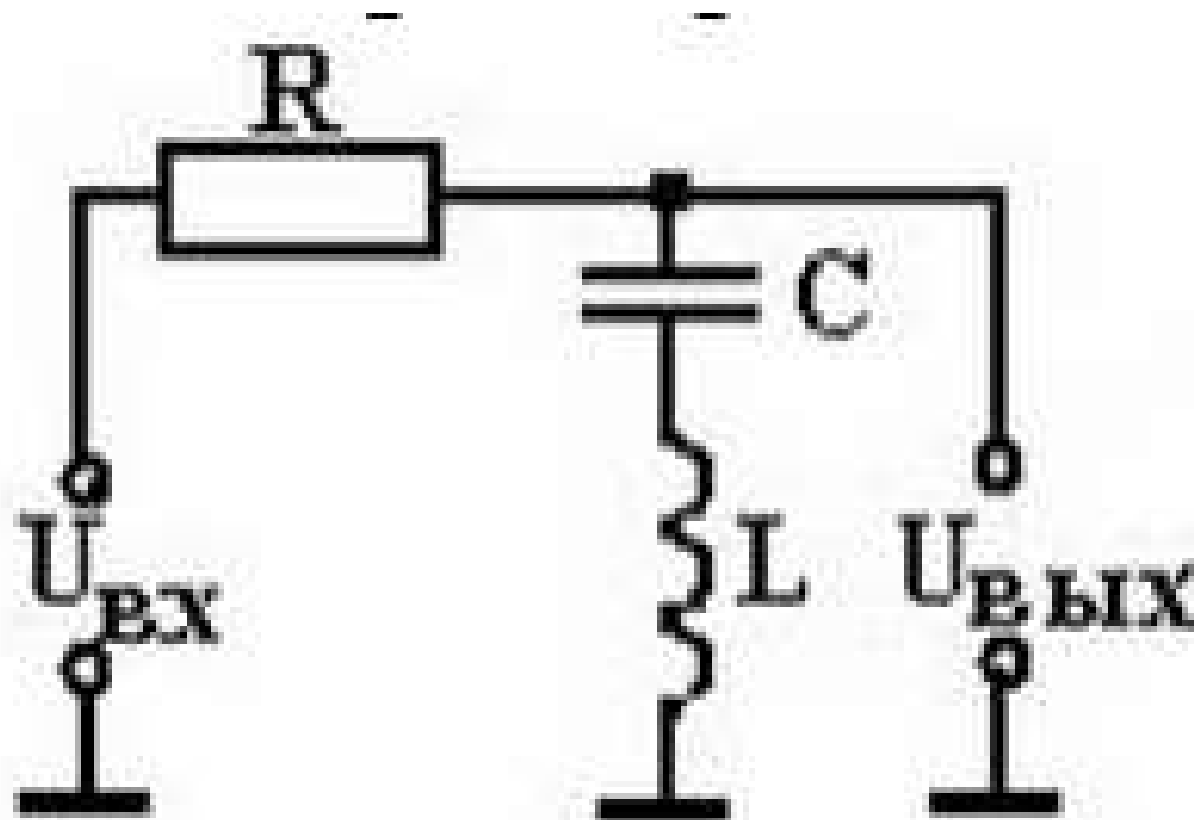
Характеристика полосового фильтра



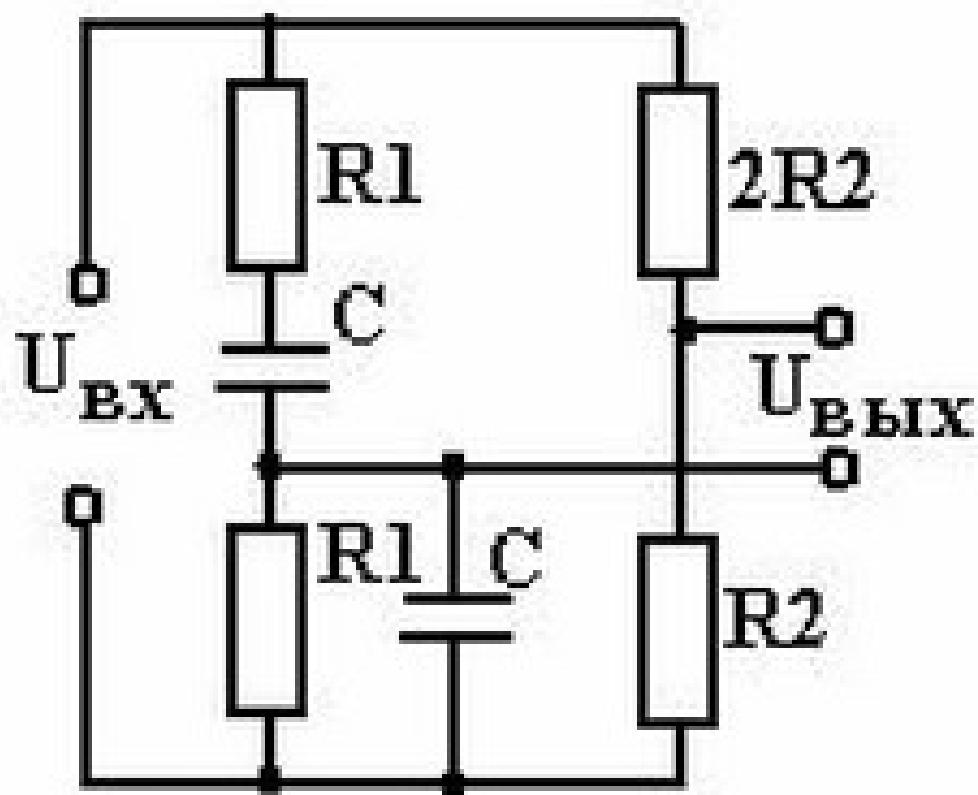
Режекторный фильтр



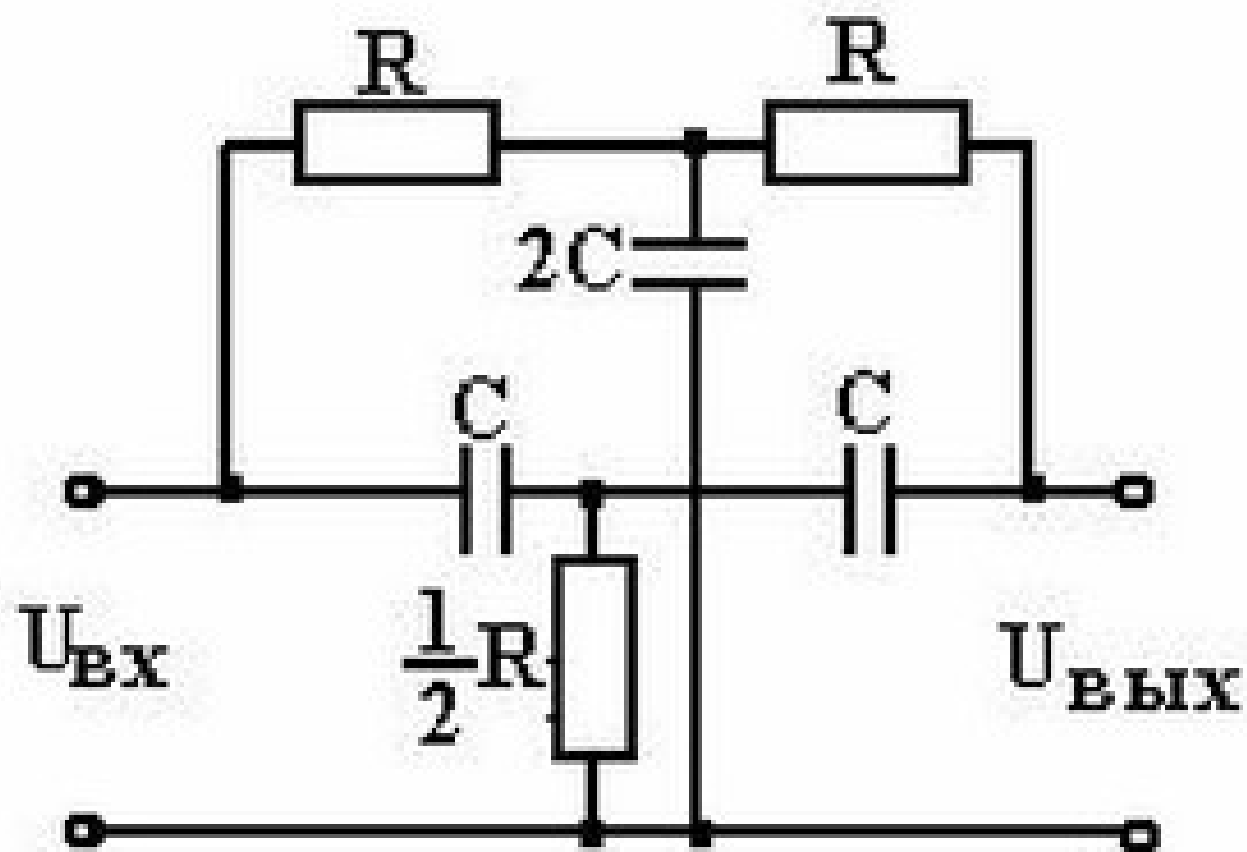
Заграждающий фильтр RLC



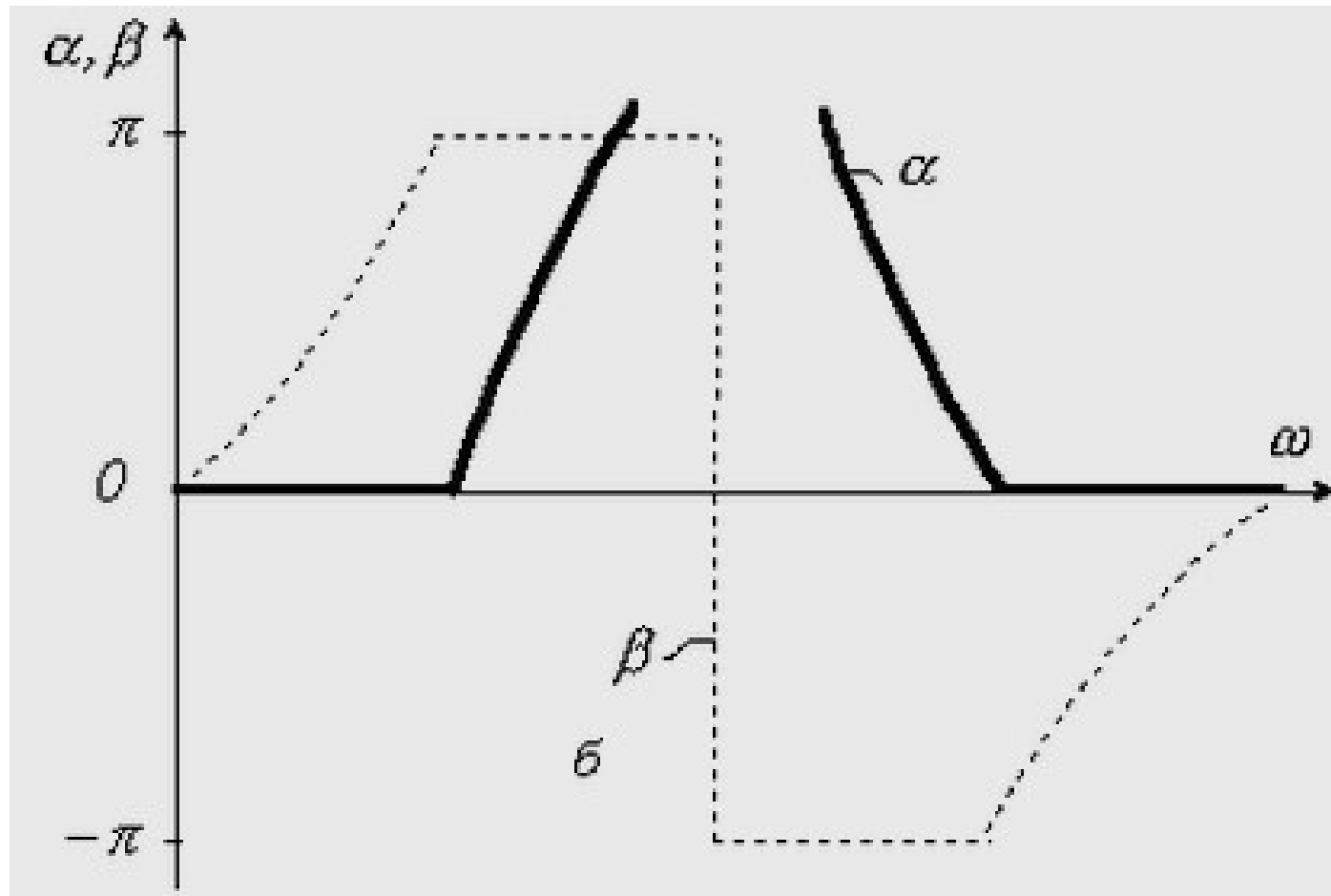
Мост Вина-Робинсона



Двойной Т-мост



Характеристика режекторного фильтра

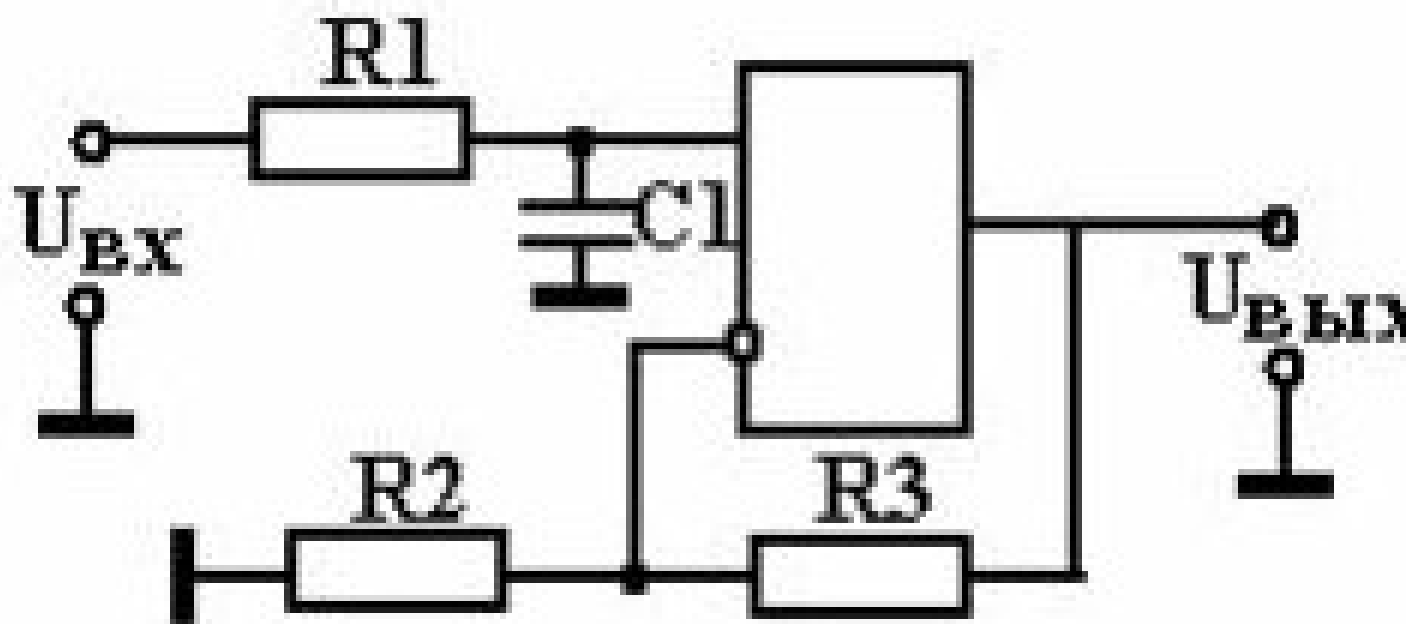




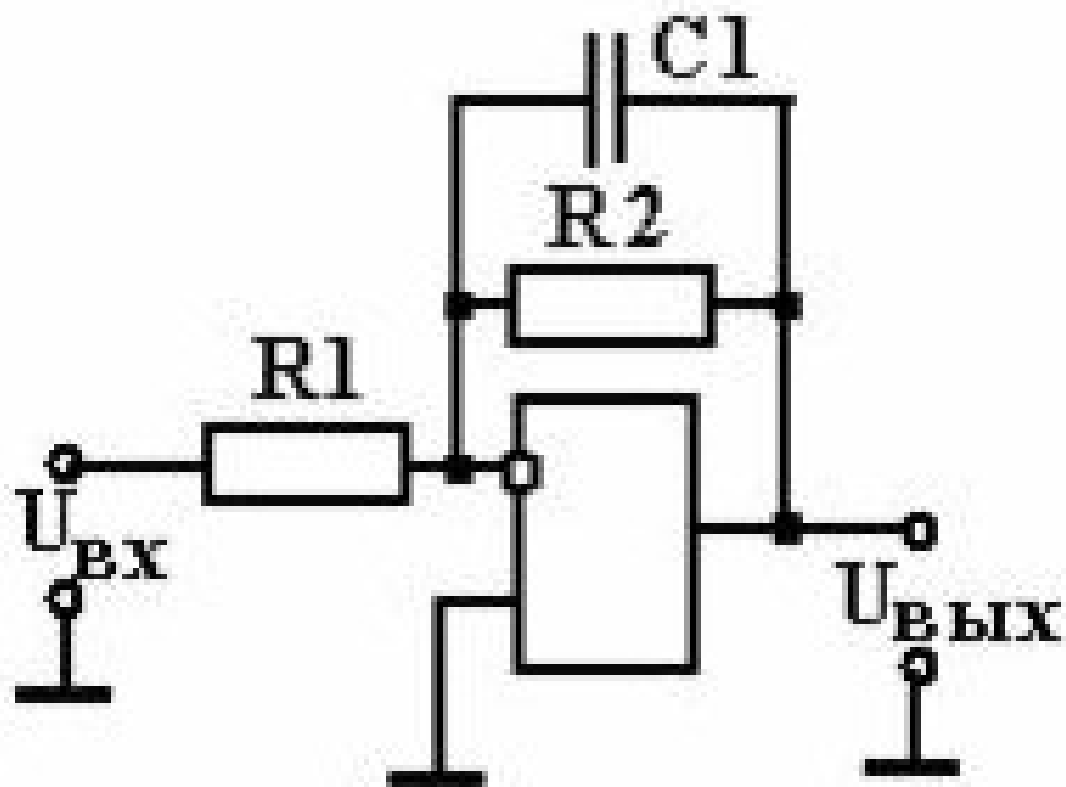
Активные фильтры

- Использовать индуктивности дорого и неудобно
- Пассивные RC-фильтры могут быть только первого порядка
- Коэффициент передачи пассивного фильтра всегда меньше единицы
- Для низких частот среза активные фильтры более компактны

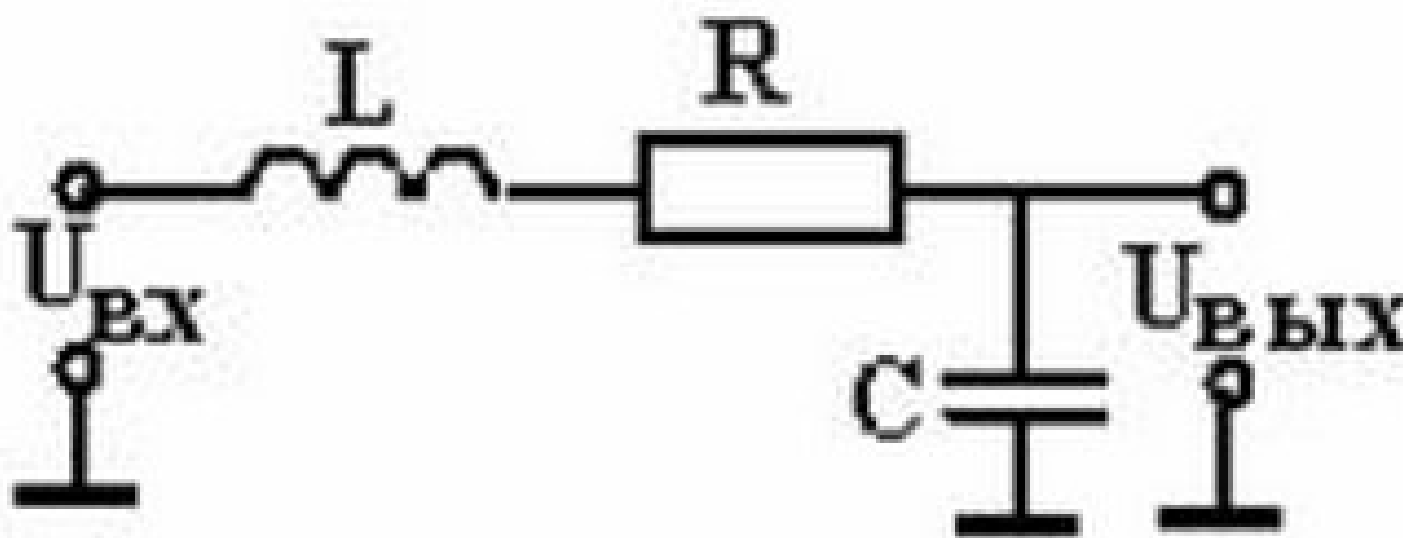
Активный ФНЧ



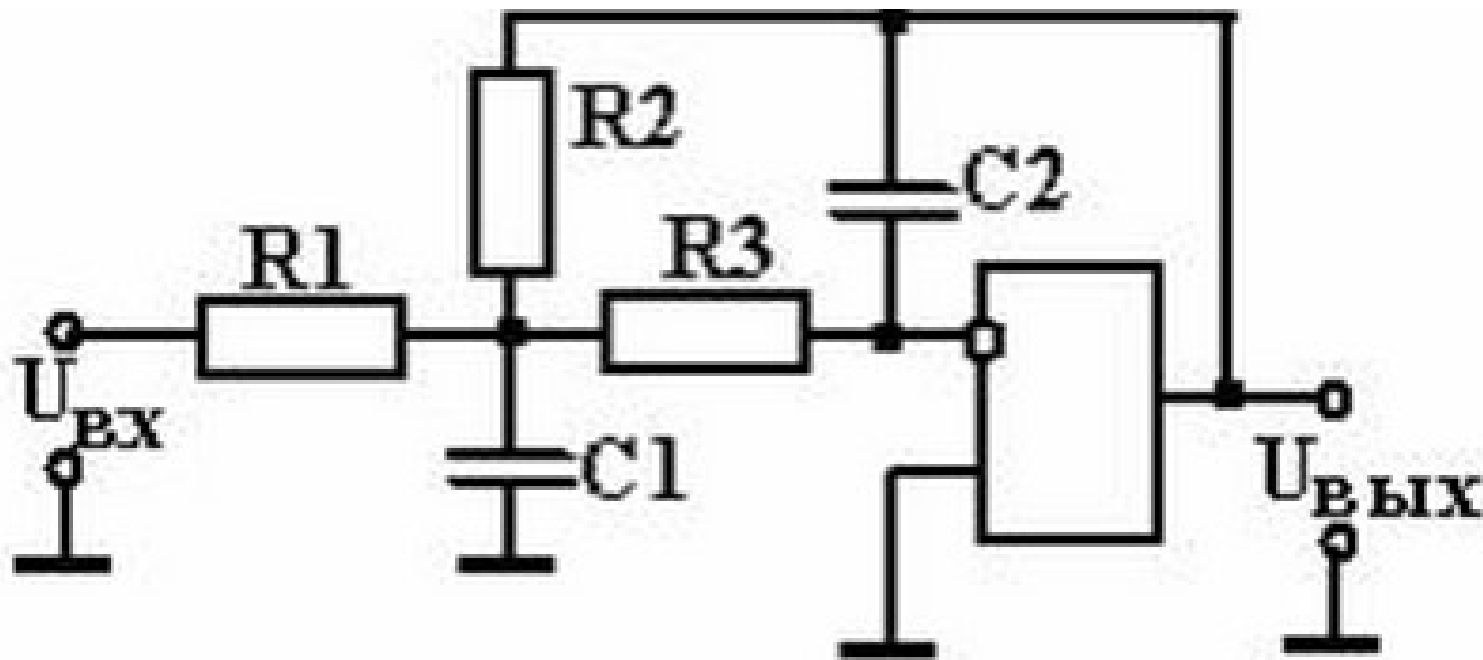
Емкость в цепи обратной связи



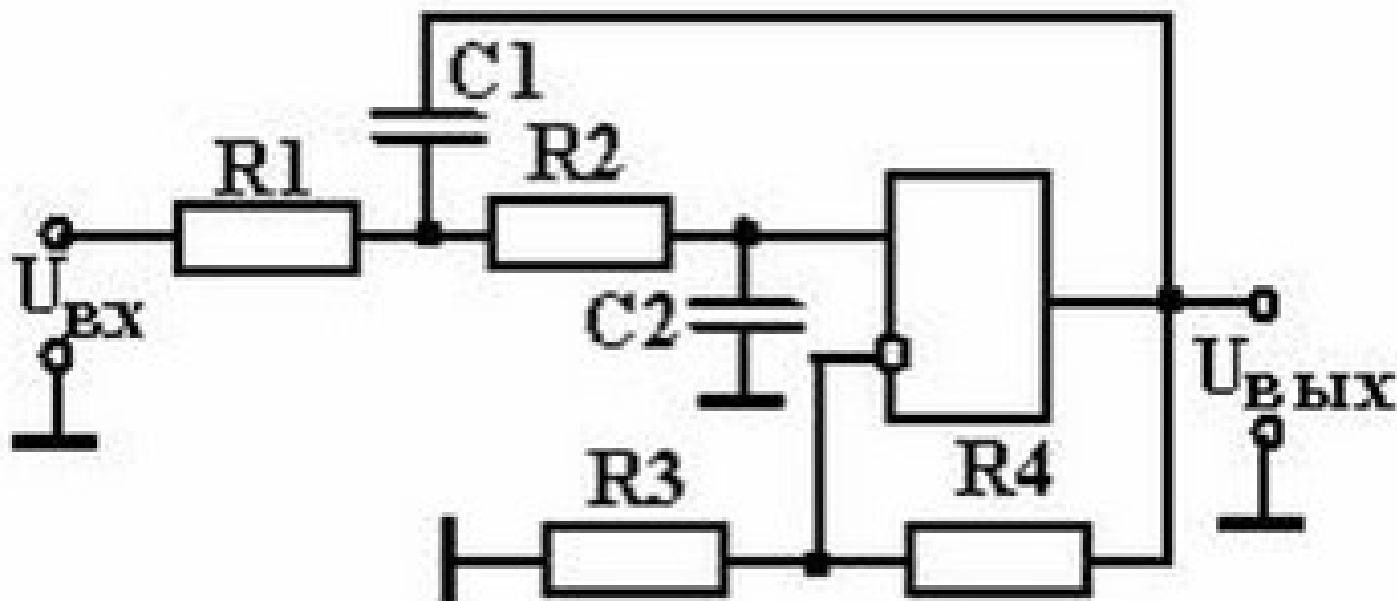
Пассивный ФНЧ второго порядка



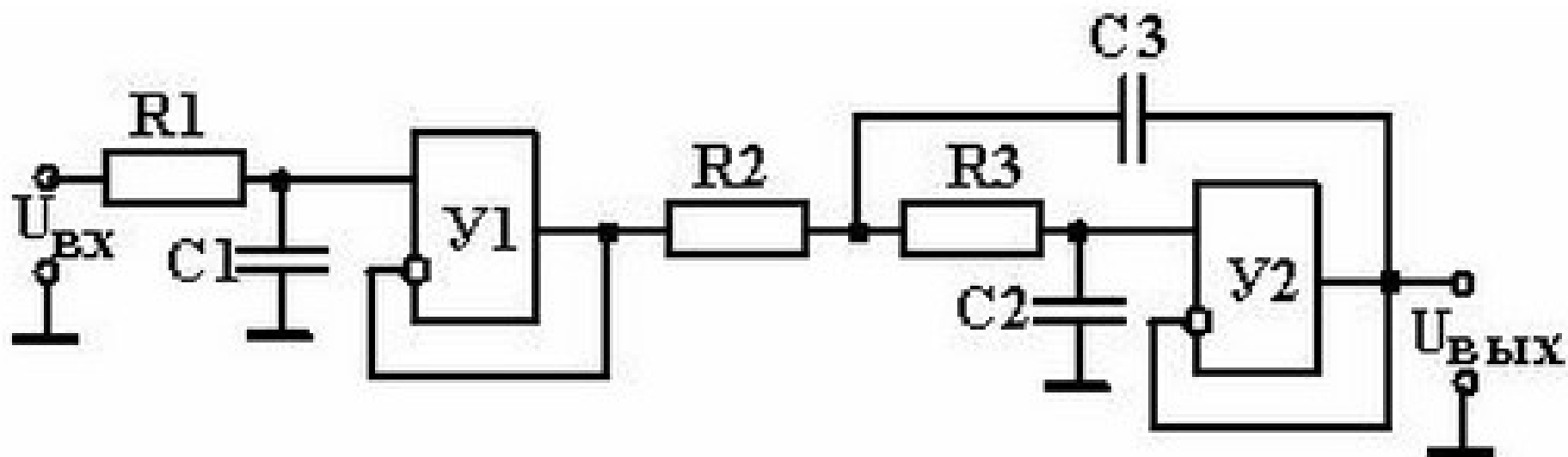
Активный ФНЧ второго порядка (ООС)



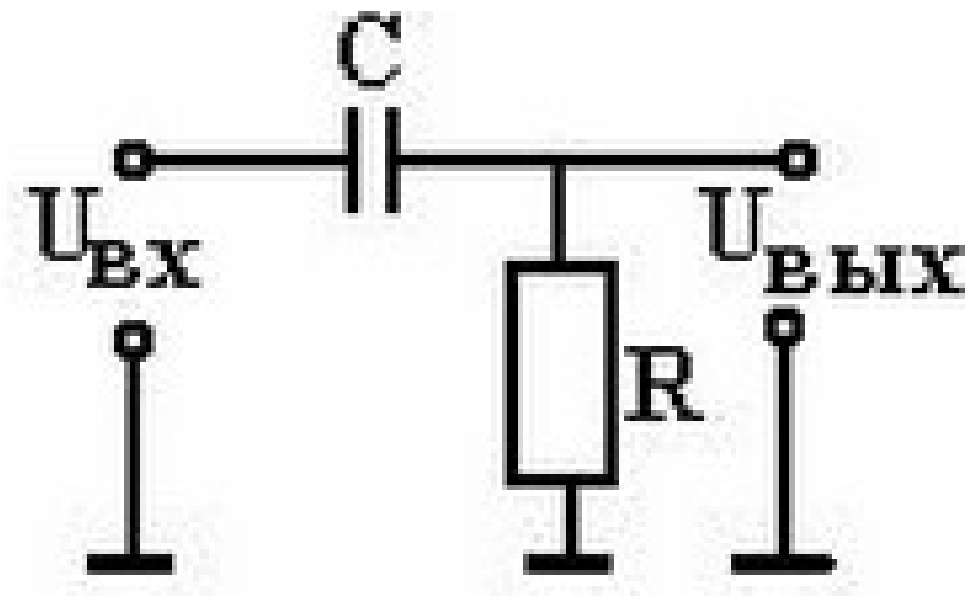
Активный ФНЧ второго порядка (ПОС по ВЧ)



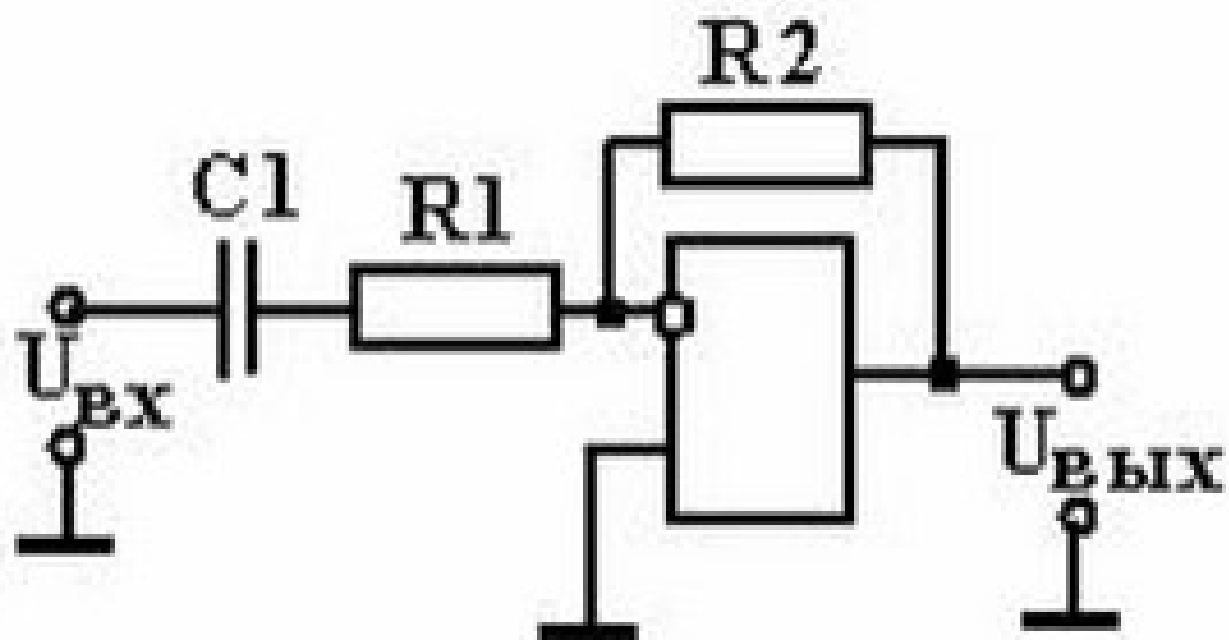
ФНЧ третьего порядка



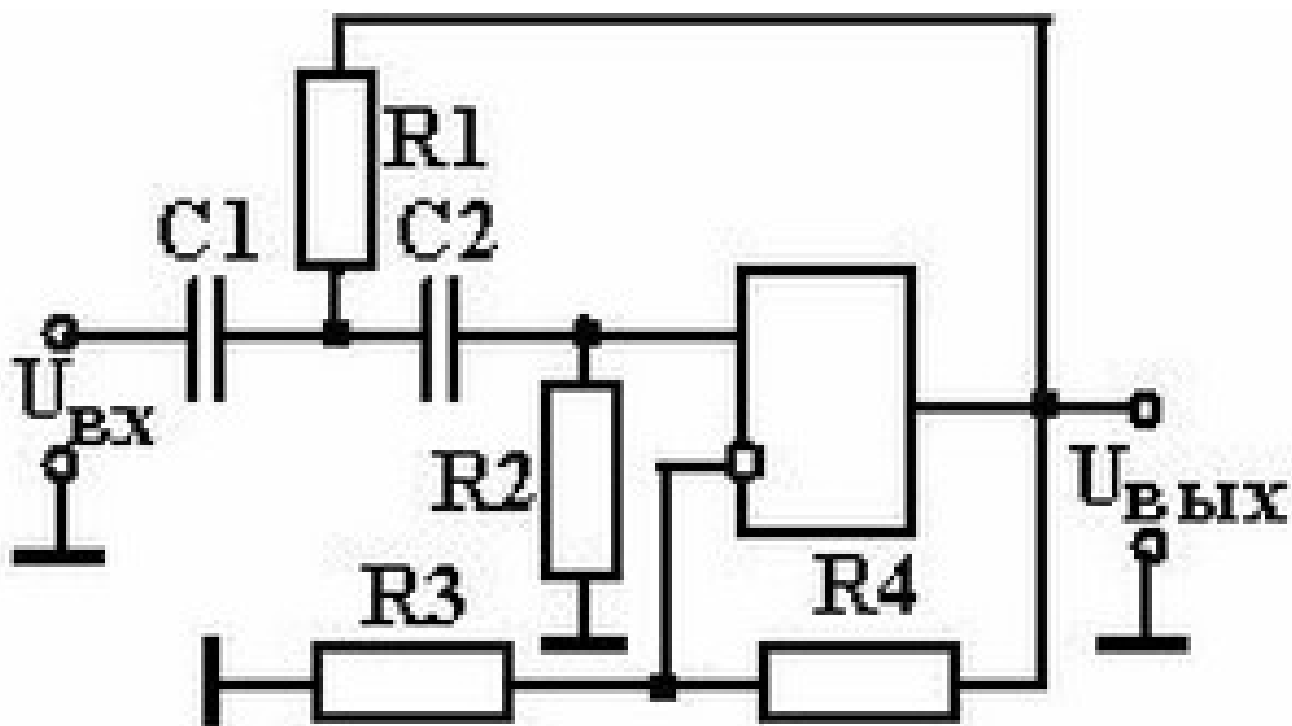
Пассивный ФВЧ



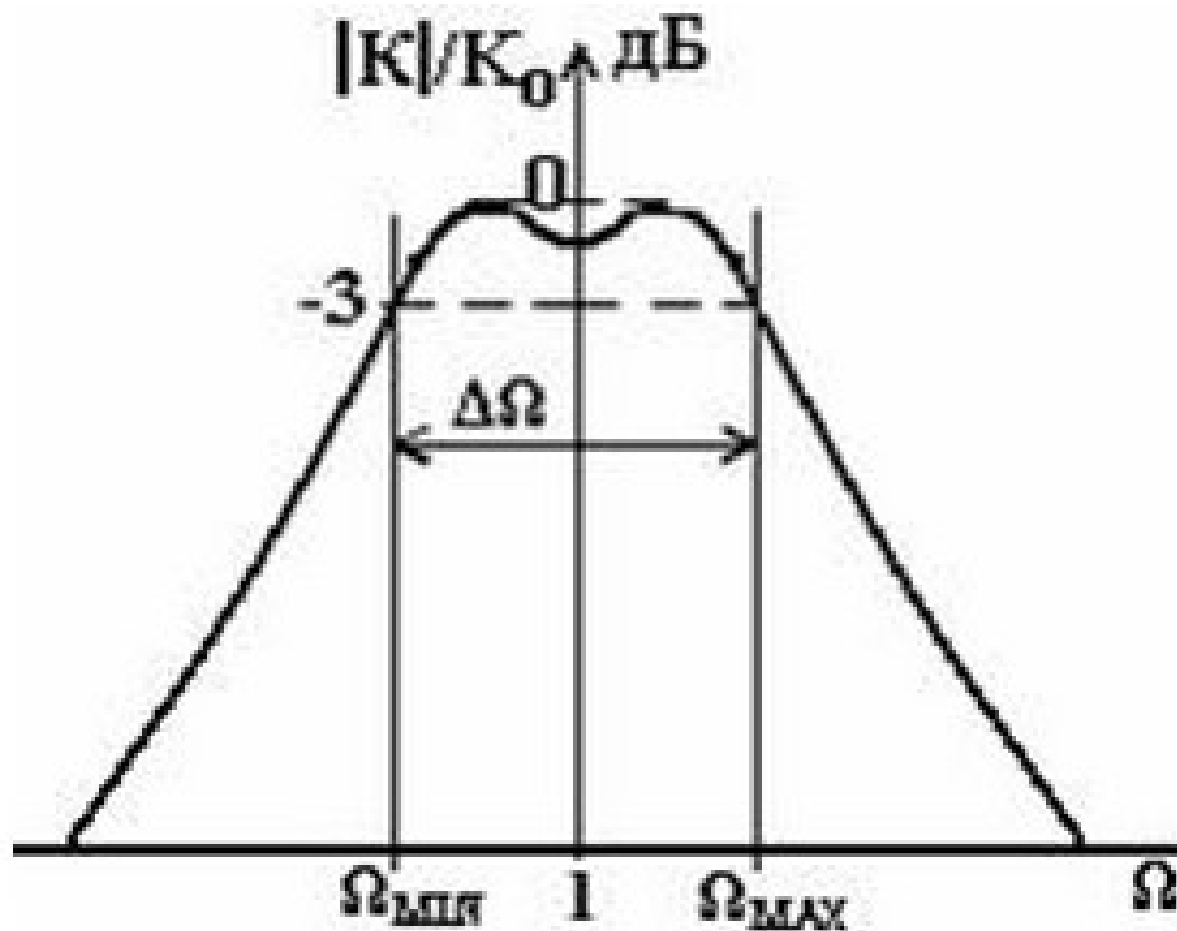
Активный ФВЧ



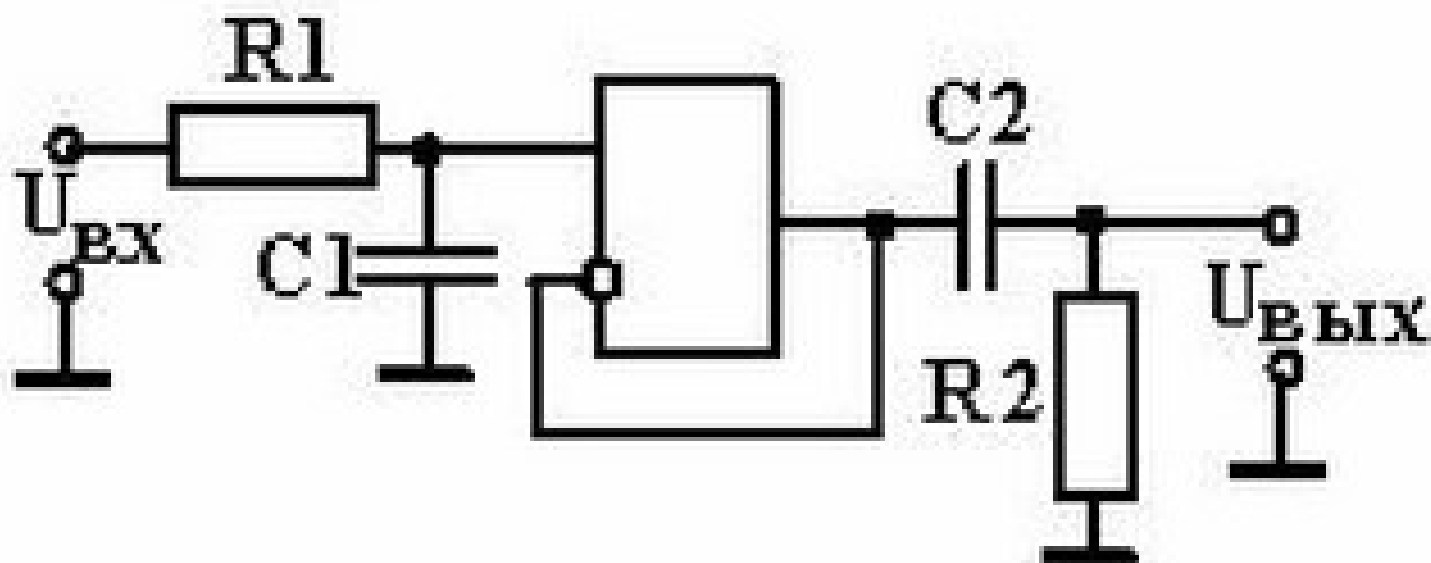
Активный ФВЧ второго порядка



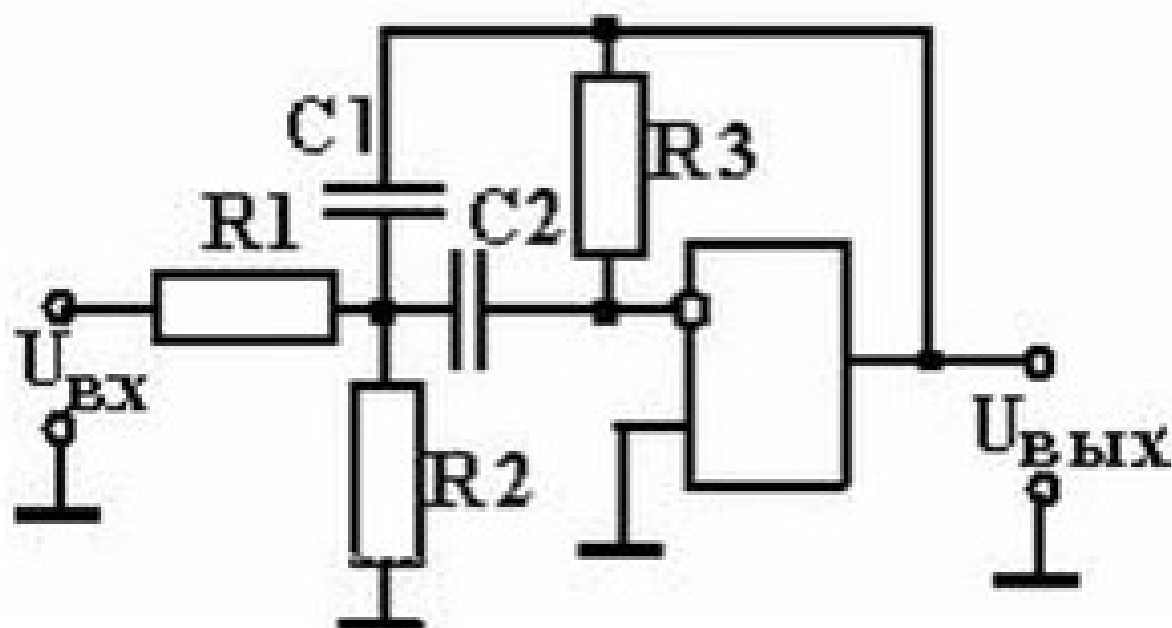
Характеристика полосового фильтра



Активный полосовой фильтр

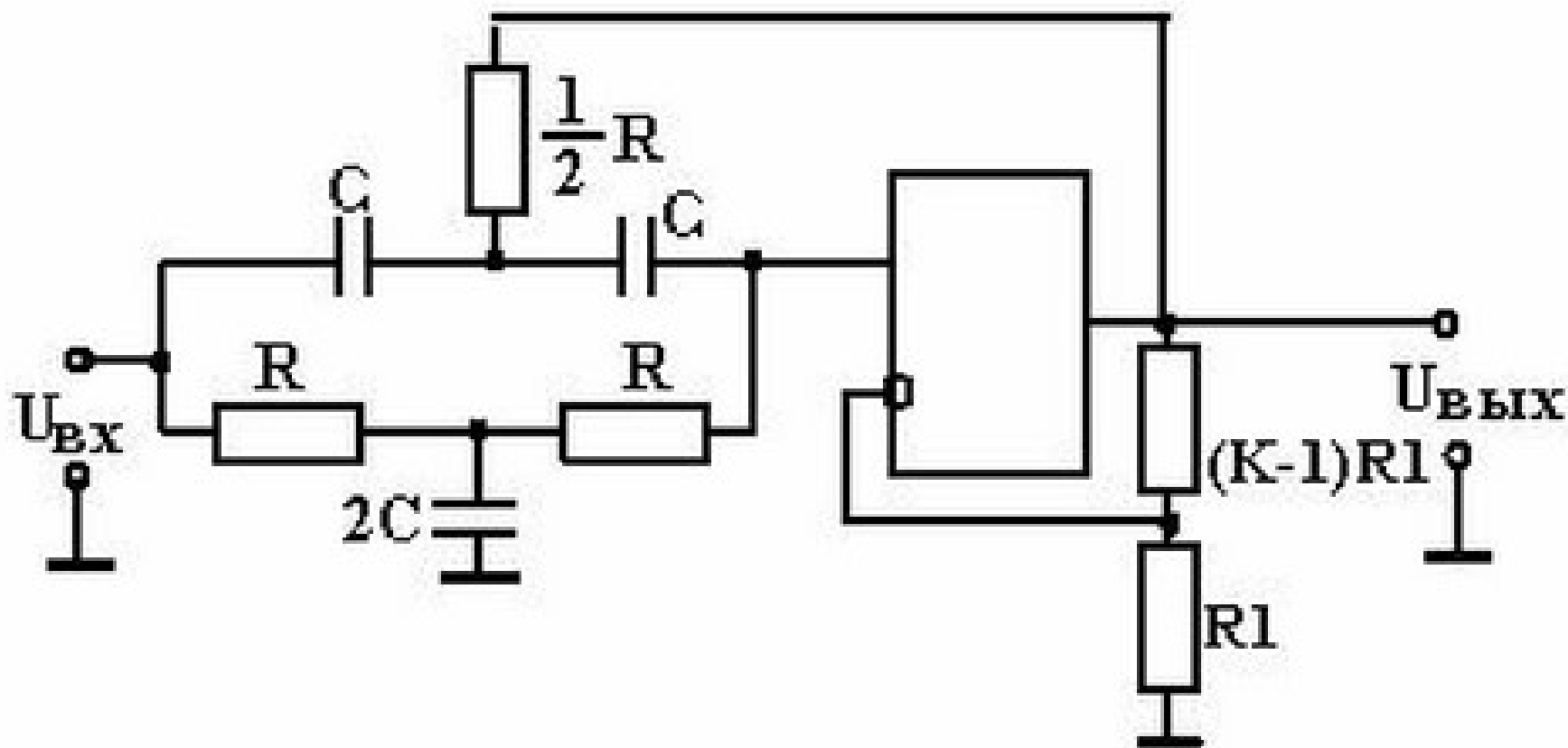


Активный ПФ для низкой резонансной частоты

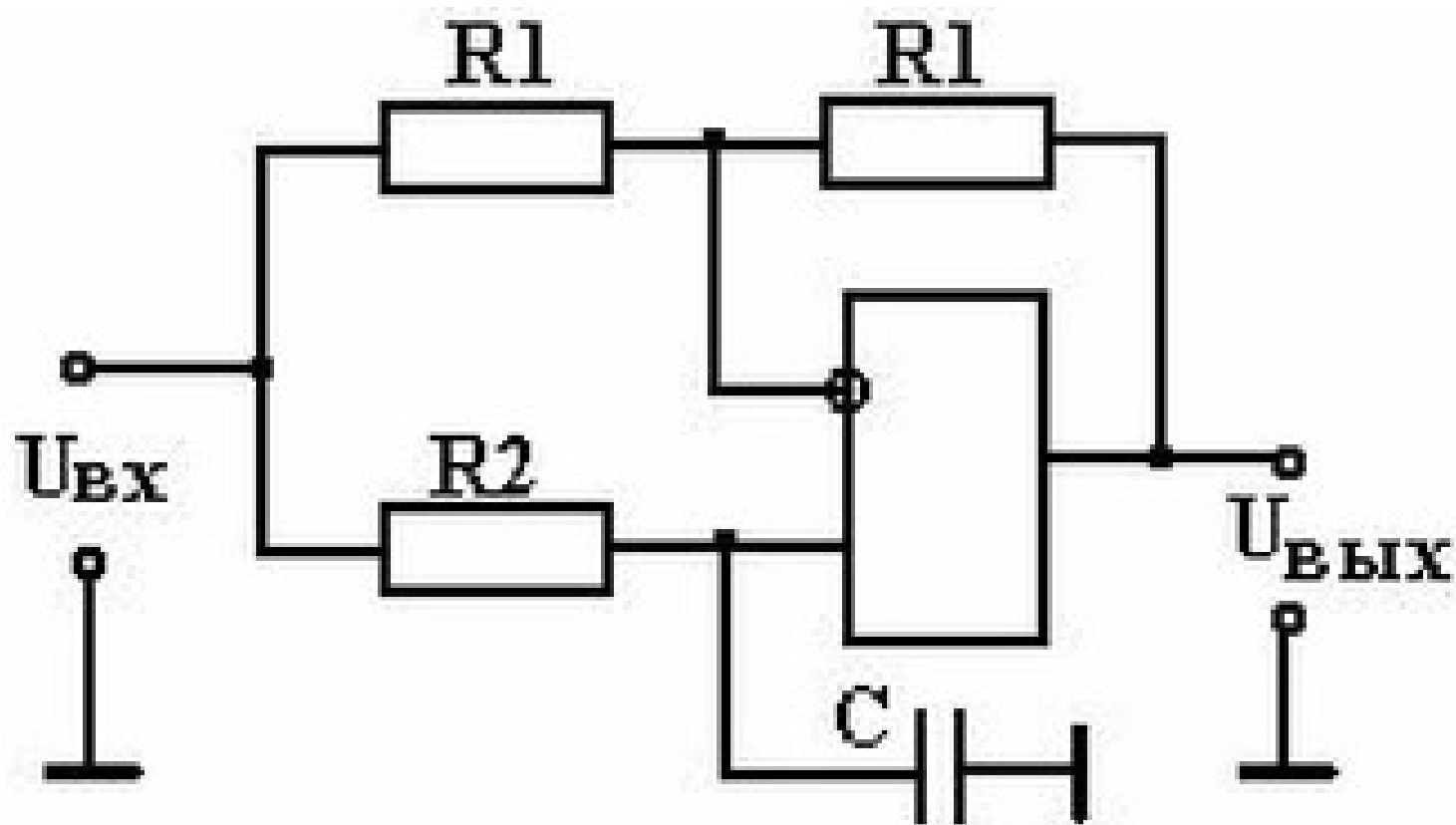


$$K(P) = \frac{-\frac{R2R3}{R1+R2}C\omega_p P}{1 + \frac{2R1R2}{R1R2}C\omega_p P + \frac{R1R2R3}{R1+R2}C^2\omega_p^2 P^2}$$

Активный полосовой заграждающий фильтр

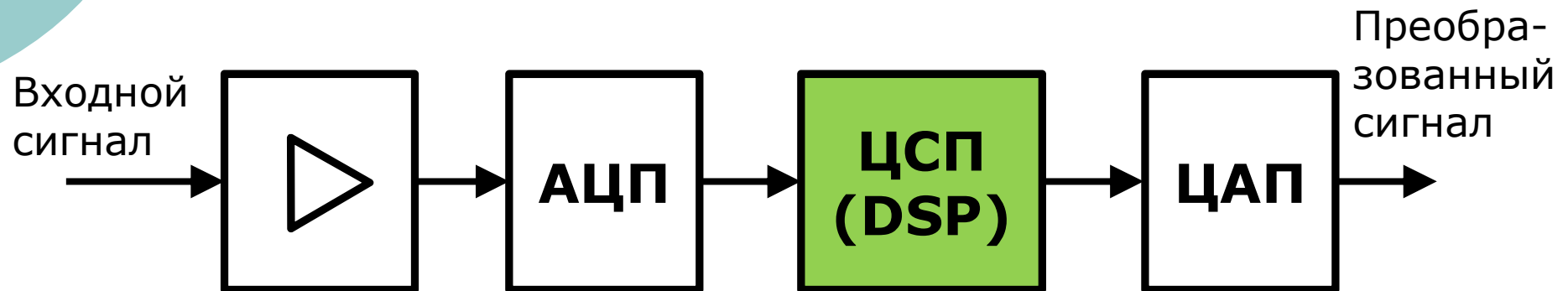


Фазовый фильтр



$$\varphi = -2arctg(\omega R2C)$$

Цифровые фильтры

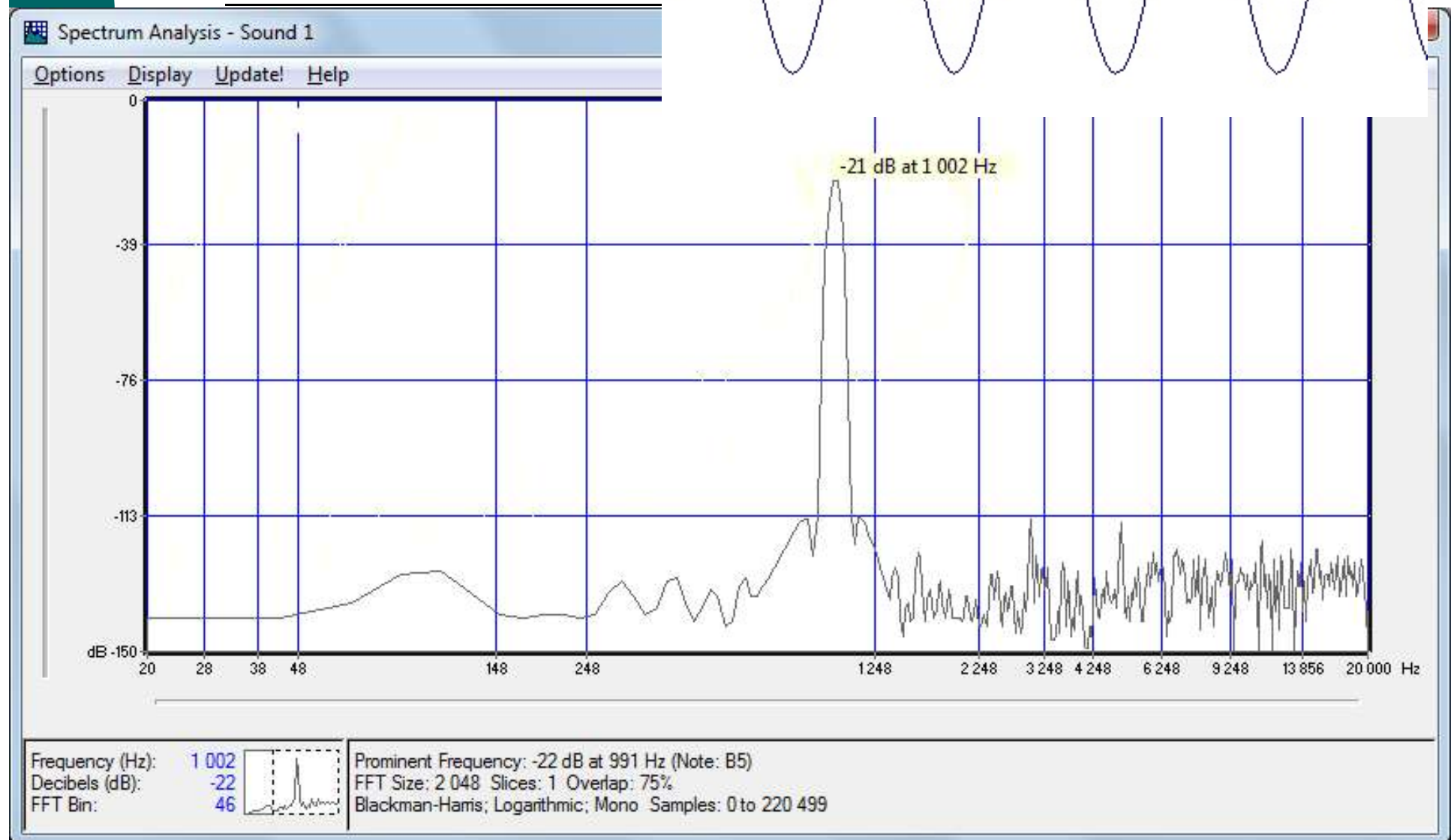
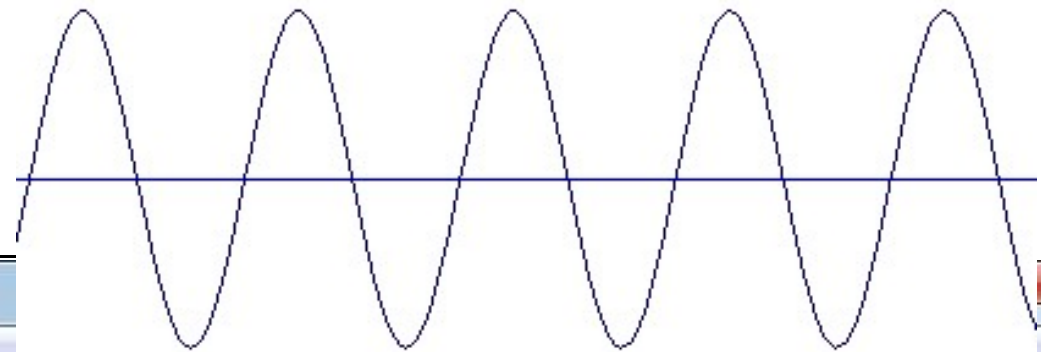


Преобразование Фурье

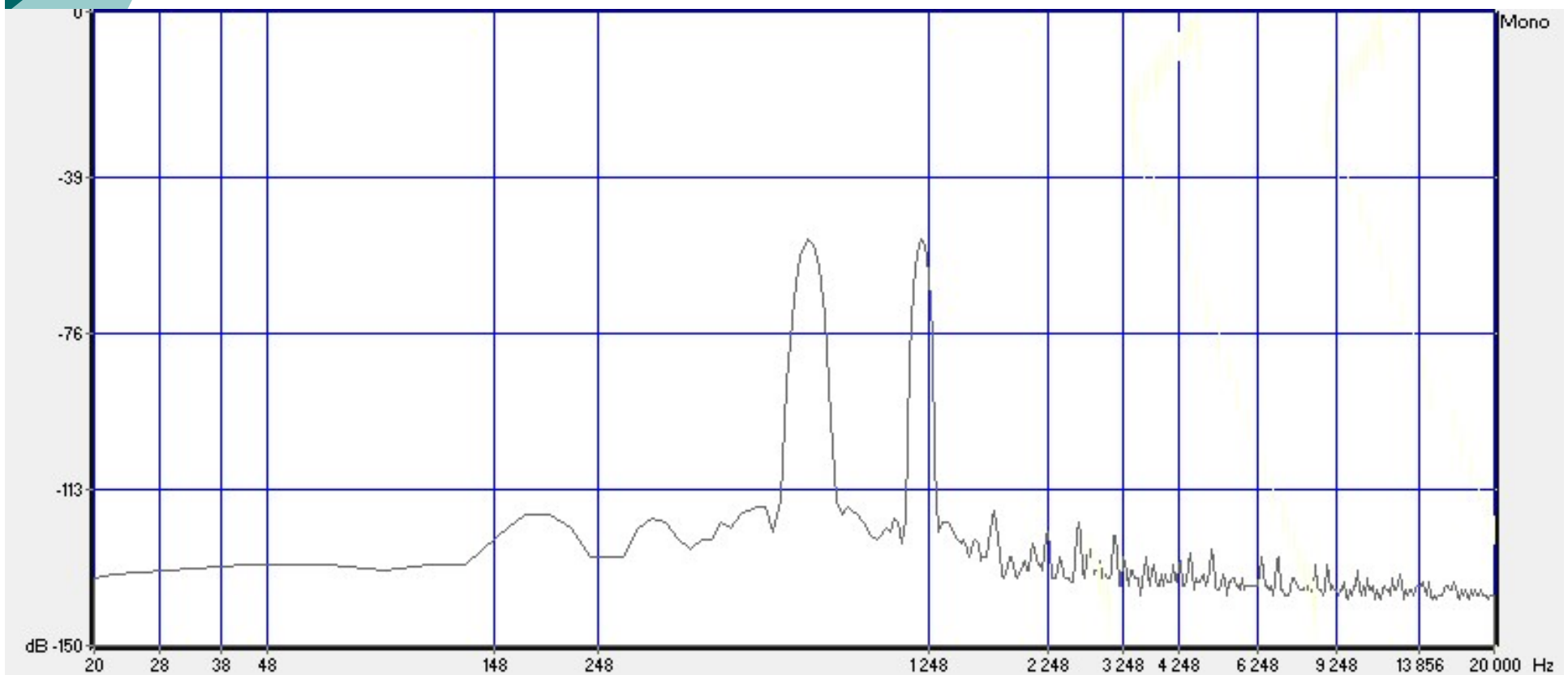
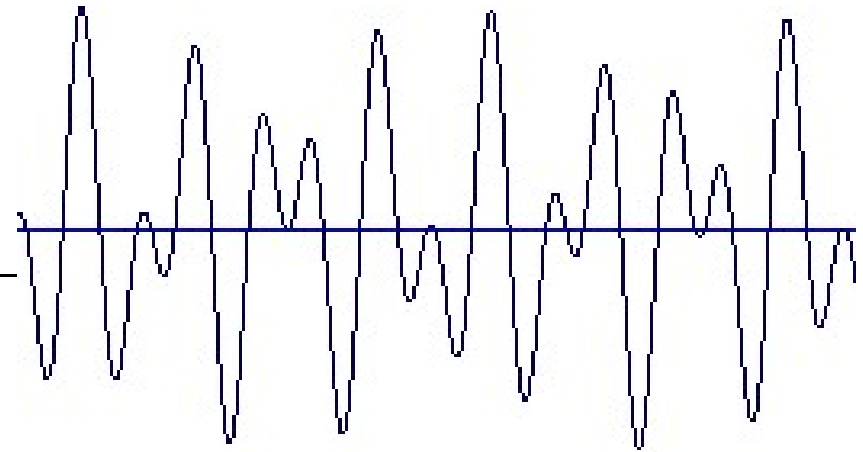
$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ix\omega} dx.$$



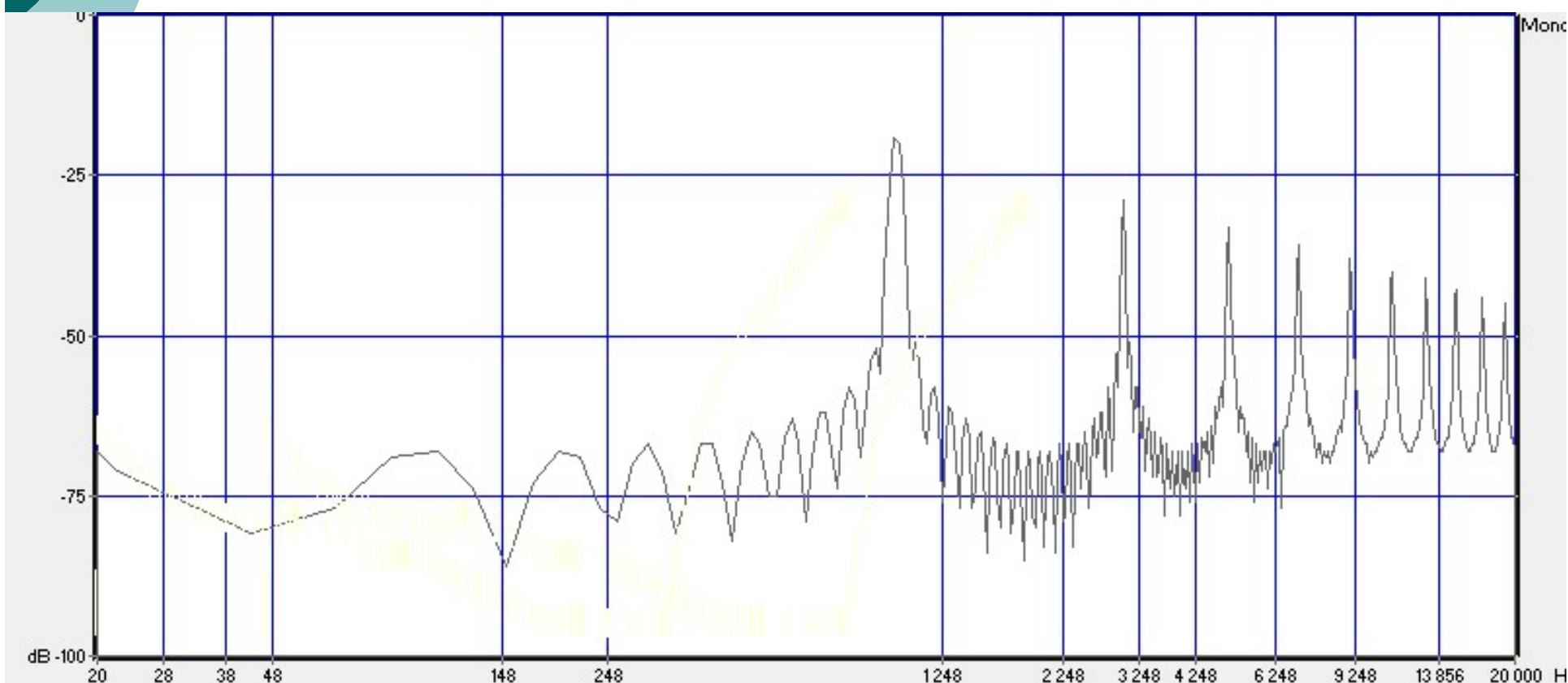
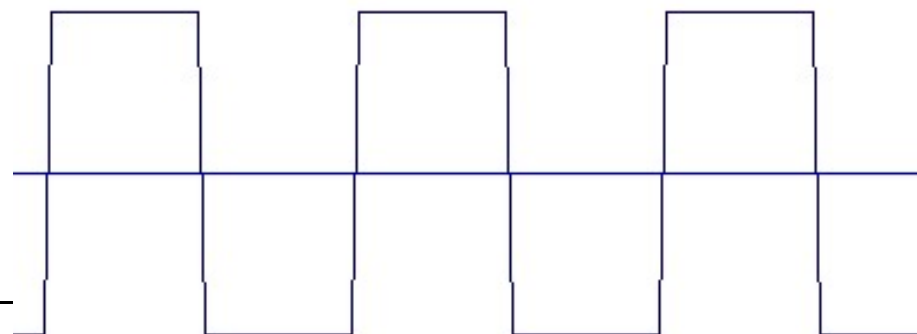
Sin 1кГц



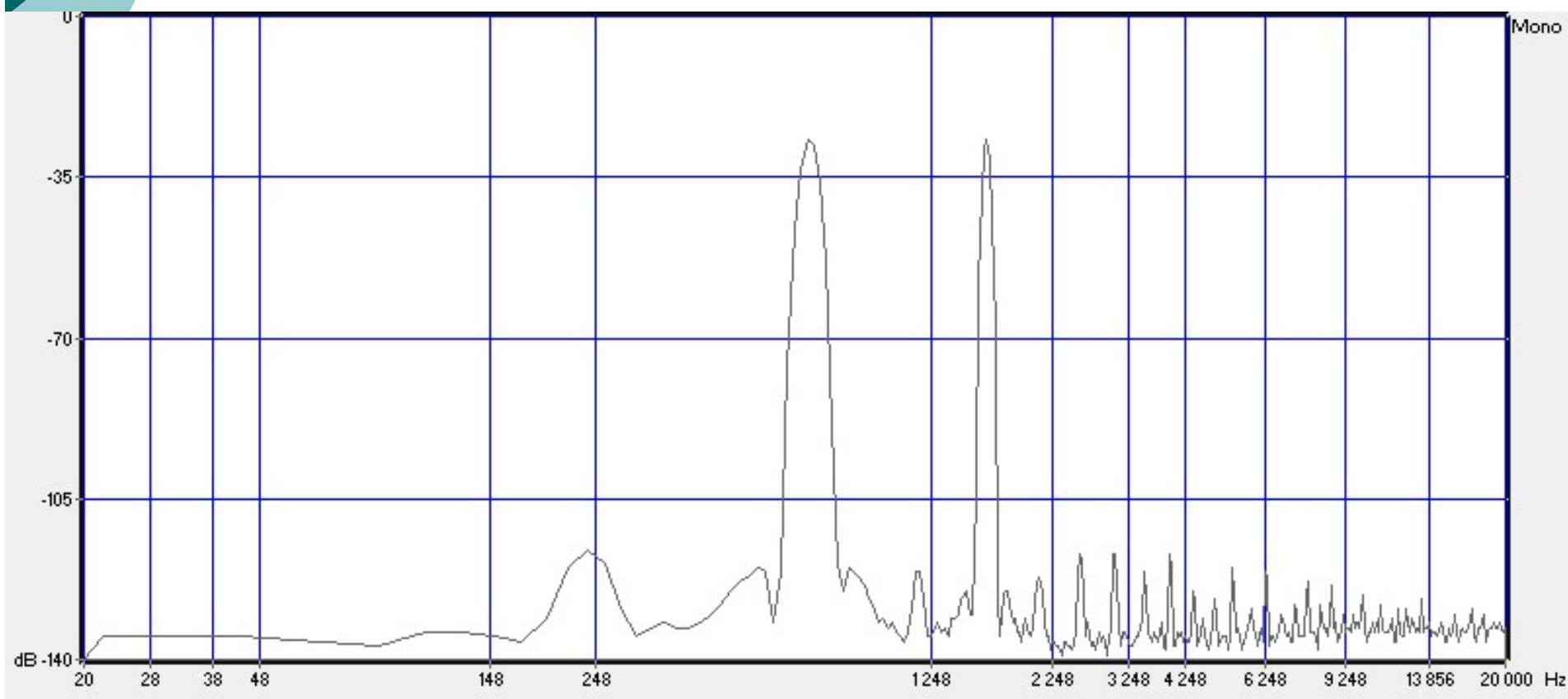
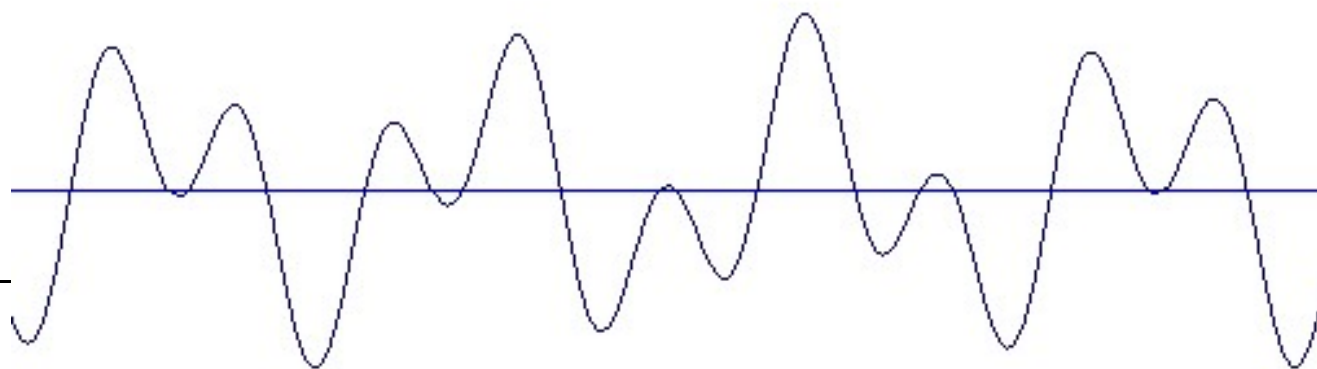
DTMF “1”



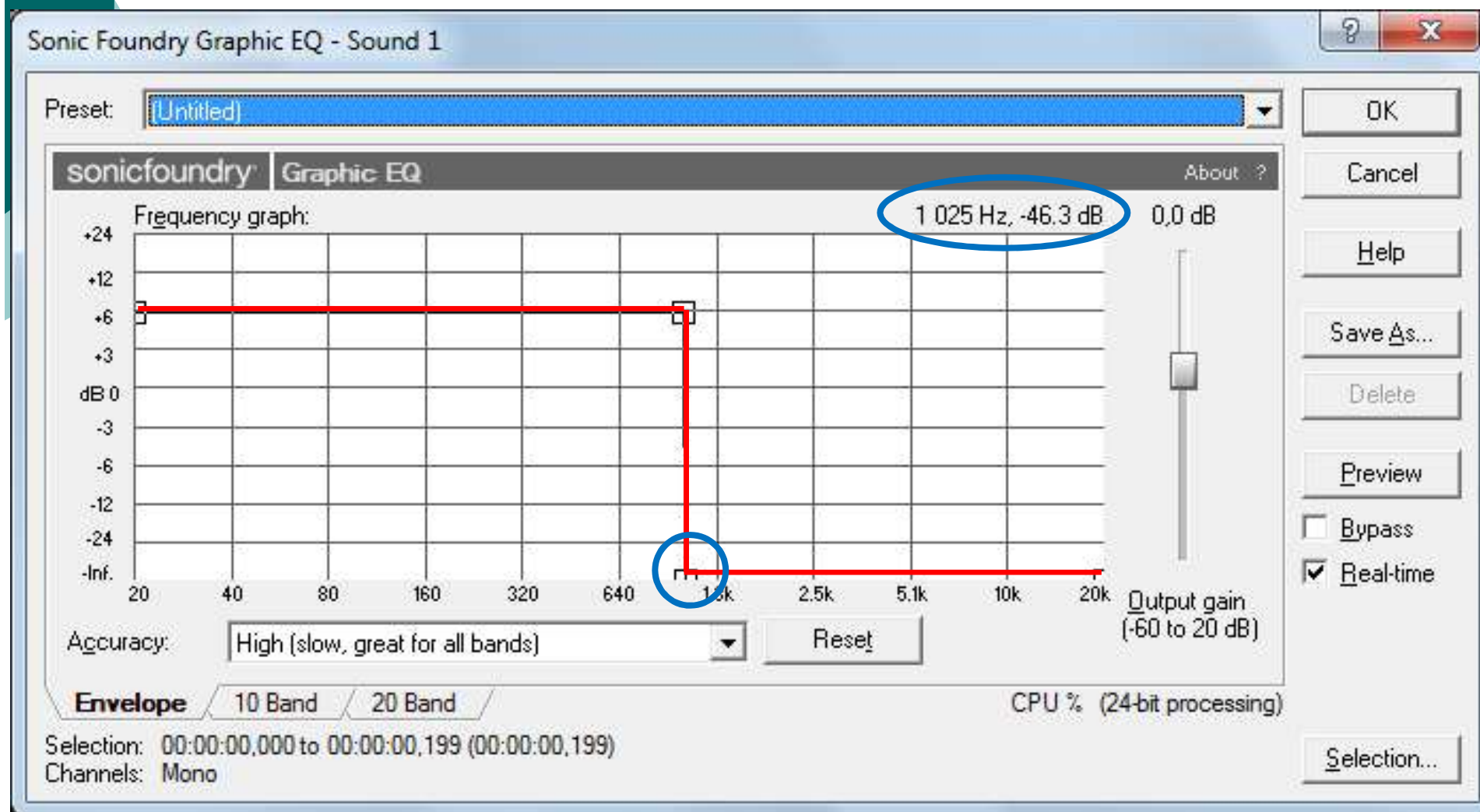
Прямоугольный сигнал



DTMF "A" (до)



Кривая фильтра



DTMF "A" (после)

