

# Электронные фильтры

Подготовил:  
студент

ГБПОУ СПО КС№ 54 Зайцев В. И.

Предмет: Электротехника

# Электронные фильтры

Фильтры — это электронные схемы, которые пропускают определенные частотные

## Активные фильтры и / или отклоняют другие Пассивные фильтры

Активные фильтры — это электронные схемы, которые состоят из активного элемента, такого как операционный усилитель, наряду с пассивными элементами, такими как резистор и конденсатор. Активные фильтры в основном подразделяются на следующие четыре типа на основе полосы частот, которые они разрешают и / или отклоняют:

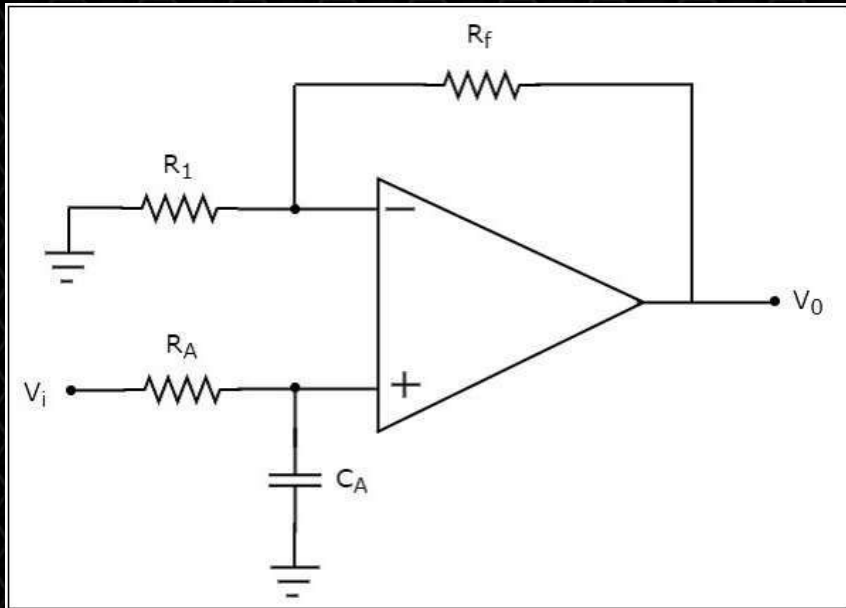
- Активный фильтр нижних частот
- Активный фильтр высоких частот
- Активный полосовой фильтр
- Активный полосовой стоп-фильтр

К пассивным фильтрам относятся RC- и LC-фильтры. Фильтры также можно классифицировать исходя из диапазона частот, которые они пропускают или подавляют. Существуют четыре типа фильтров:

- Фильтр нижних частот
- Фильтр верхних частот
- Полосно-заграждающий фильтр (режекторный)
- Полосно-пропускающий фильтр (полосовой),

# Активные фильтры нижних частот

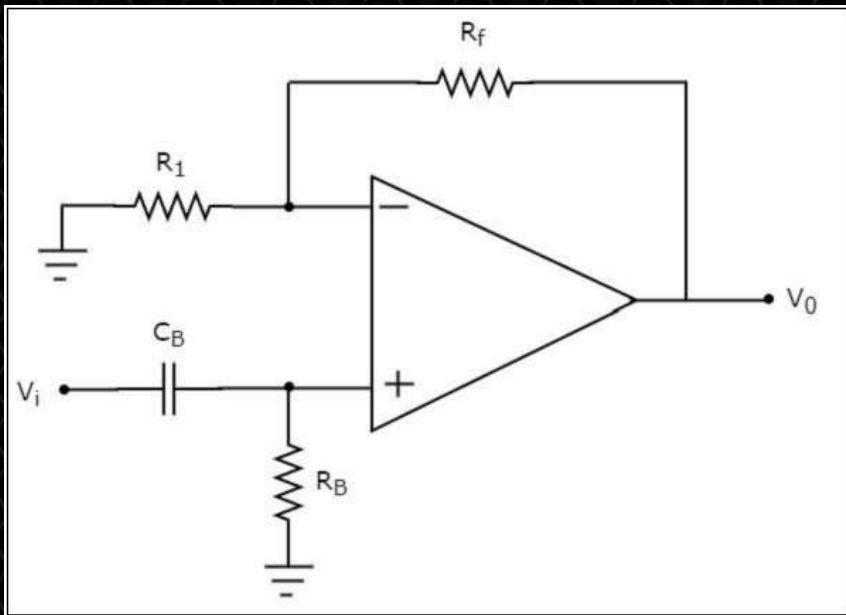
## ПС АФНЧ



Активный фильтр пропускает только низкочастотные компоненты и блокирует все другие высокочастотные компоненты, то он называется активным фильтром нижних частот. Электрическая сеть, которая подключена к не инвертирующему выводу операционного усилителя, является пассивным фильтром нижних частот. Таким образом, вход не инвертирующего терминала операционного усилителя является выходом пассивного фильтра нижних частот. Мы можем выбрать значения  $R_f$  и  $R_1$ , чтобы получить желаемое усиление на выходе.

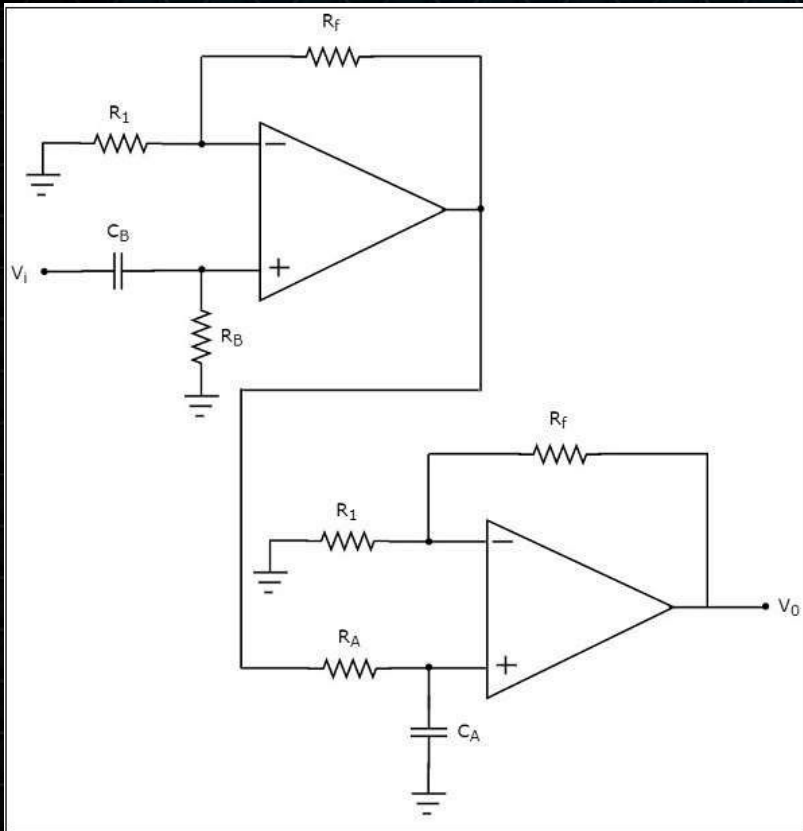
# Активный фильтр высоких частот

## ПС АФВЧ



Если активный фильтр пропускает только высокочастотные компоненты и блокирует все остальные низкочастотные компоненты, то он называется активным высокочастотным фильтром. Электрическая сеть, которая подключена к неинвертирующему выводу операционного усилителя, является пассивным фильтром верхних частот. Таким образом, вход неинвертирующего терминала операционного усилителя является выходом пассивного фильтра верхних частот.

# Активный полосовой фильтр



Активный фильтр пропускает только одну полосу частот, то он называется активным полосовым фильтром. В общем, эта полоса частот лежит между диапазоном низких частот и диапазоном высоких частот. У активного полосового фильтра есть две части:

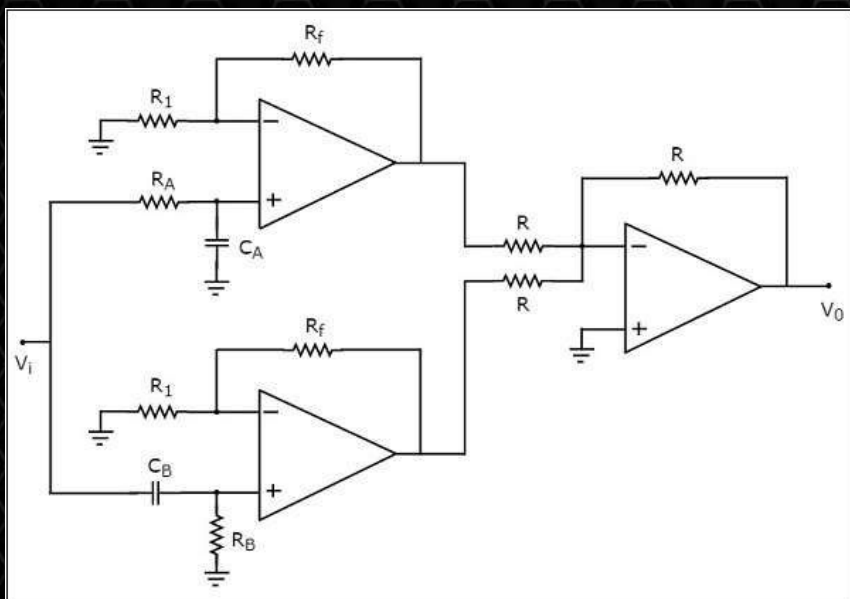
первая часть — активный фильтр верхних частот, а вторая часть — активный фильтр нижних частот.

Выходной сигнал активного фильтра верхних частот применяется как входной сигнал активного фильтра нижних частот. Это означает, что как активный фильтр верхних частот, так и активный фильтр нижних частот каскадируются, чтобы получить выходные данные таким образом, чтобы он содержал только конкретный диапазон частот.

ПС АПФ

# Активный полосовой стоп-фильтр

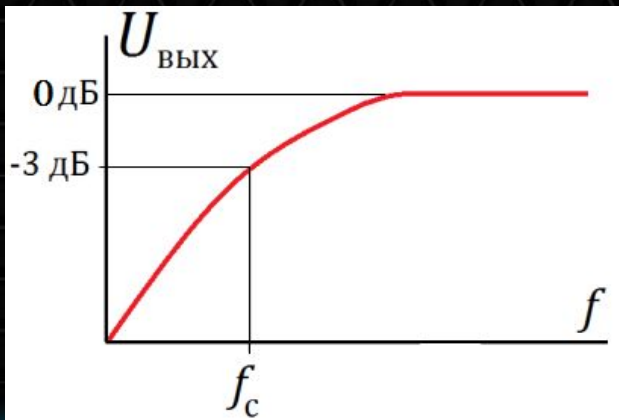
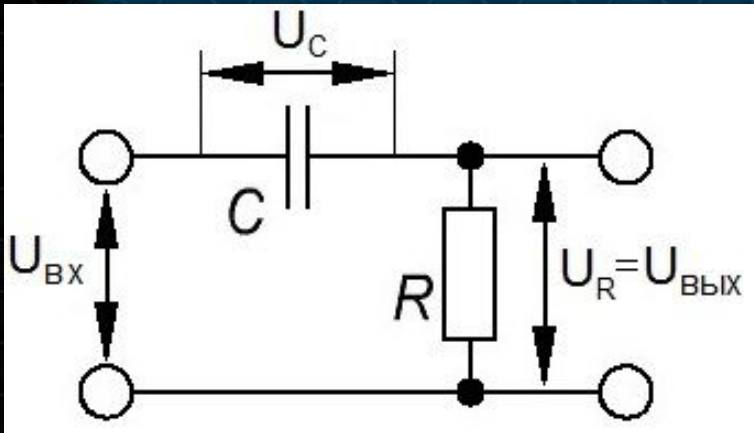
## ПС АПСФ



Активный полосовой фильтр блокирует определенную полосу частот, то он называется активным полосовым фильтром. В общем, эта полоса частот лежит между диапазоном низких частот и диапазоном высоких частот. Таким образом, фильтр запрета активной полосы пропускает как низкочастотные, так и высокочастотные компоненты. Схема активного полосового фильтра на первом этапе состоит из двух блоков: активного фильтра нижних частот и активного фильтра верхних частот. Выходы этих двух блоков применяются в качестве входов для блока, который присутствует на втором этапе. Таким образом, суммирующий усилитель создает выход, который является усиленной версией суммы выходов активного фильтра нижних частот и активного фильтра верхних частот.

# Пассивные фильтры

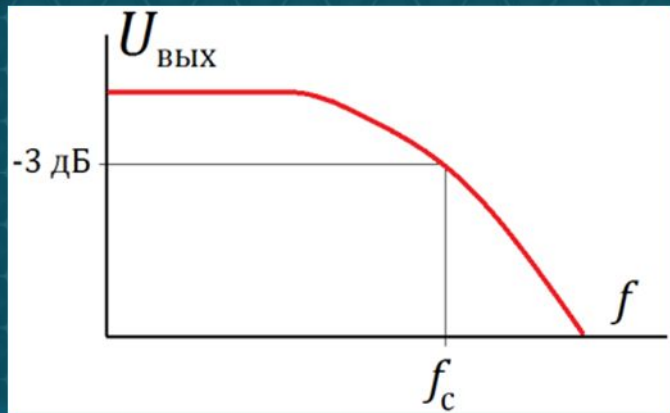
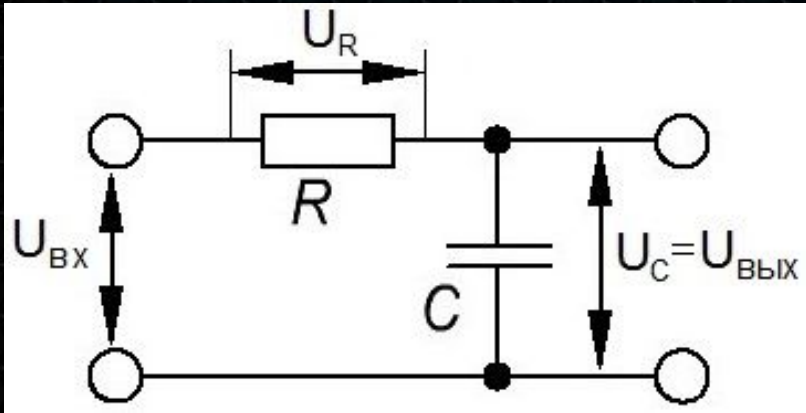
## RC-фильтр высоких частот



В этом фильтре входное напряжение прикладывается и к резистору, и к конденсатору. Выходное же напряжение снимается с сопротивления. При уменьшении частоты сигнала возрастает реактивное сопротивление конденсатора, а следовательно, и полное сопротивление цепи. Поскольку входное напряжение остается постоянным, то ток, протекающий через цепь уменьшается. Таким образом, снижается и ток через активное сопротивление, что приводит к уменьшению падения напряжения на нем. Фильтр характеризуется затуханием, выраженным в децибелах, которое он обеспечивает на заданной частоте. RC-фильтры рассчитываются таким образом, чтобы на выбранной частоте среза коэффициент передачи снижался приблизительно на 3 дБ (т.е. составлял 0,707 входного значения сигнала). Частота среза фильтра по уровню - 3 дБ определяется по формуле:

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi RC} \approx \frac{1}{6.28 RC}$$

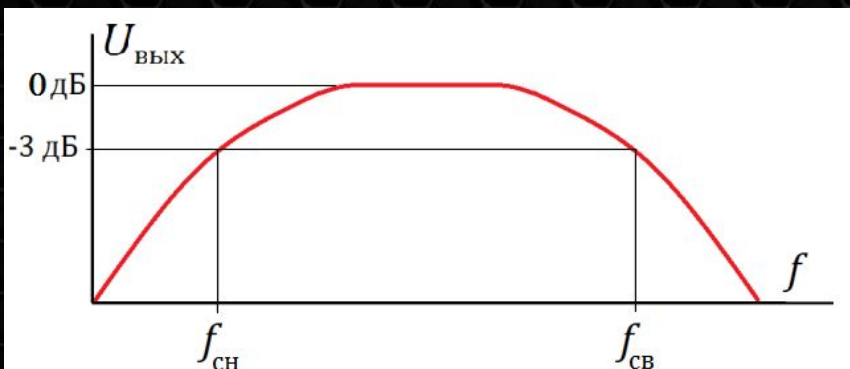
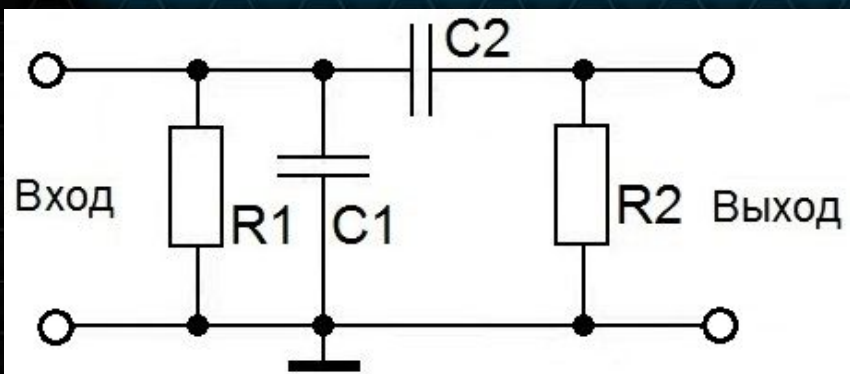
# RC-фильтр низких частот



В этой цепи входное напряжение также прикладывается и к резистору, и к конденсатору, но выходное напряжение снимается с конденсатора. При увеличении частоты сигнала реактивное сопротивление конденсатора, а следовательно, и полное сопротивление уменьшаются. Однако, поскольку это полное сопротивление состоит из реактивного и фиксированного активного сопротивлений, его значение уменьшается не так быстро, как реактивное сопротивление. Следовательно, при увеличении частоты снижение реактивного сопротивления (относительно полного сопротивления) приводит к уменьшению выходного напряжения. Частота среза этого фильтра по уровню -3 дБ также определяется по формуле предыдущего фильтра.



# Полосовой RC-фильтр



Соединяя фильтры верхних и нижних частот, можно создать полосовой RC-фильтр

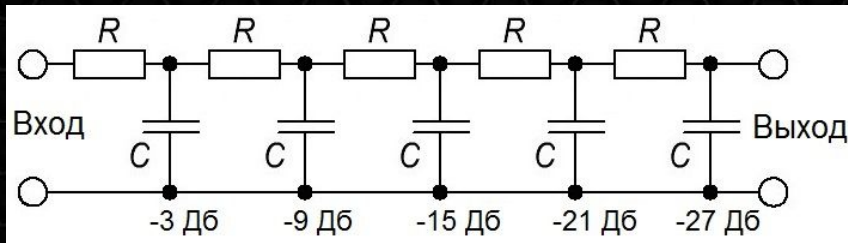
Следует отметить, что значение верхней частоты среза ( $f_{св}$ ) должно быть по крайней мере быть в 10 раз больше нижней частоты среза ( $f_{сн}$ ), поскольку только в этом случае полосно-пропускающий фильтр будет работать достаточно эффективно.

$$f_{сн} = \frac{1}{6,28C_2(R_1 + R_2)}$$

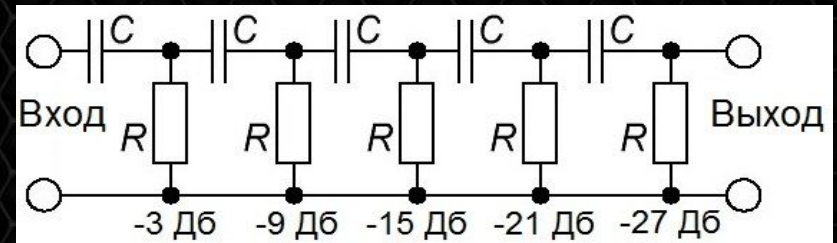
$$f_{св} = \frac{R_1 + R_2}{6,28C_1R_1R_2}$$

# Многозвенные RC-фильтры

## Высокочастотный

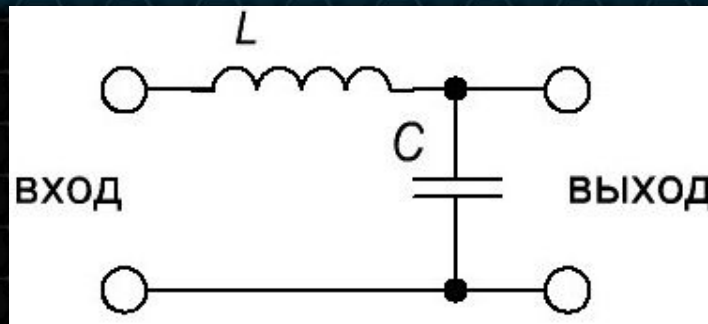


## Низкочастотный



Одиночный RC-фильтр не может обеспечить достаточного подавления сигналов вне заданного диапазона частот, поэтому для формирования более крутой переходной области довольно часто используют многозвенные фильтры. Частота среза многозвенного фильтра определяется по формуле ВЧ, НЧ RC-фильтра. Добавление каждого звена приводит к увеличению затухания на заданной частоте среза примерно на 6 дБ

# Г-образный LC-фильтр нижних частот



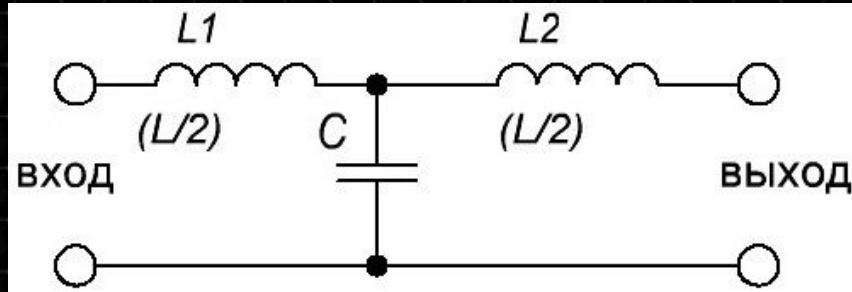
$$f_c = \frac{1}{3,14\sqrt{LC}}$$

$$L = \frac{R}{3,14f_c}$$

$$C = \frac{1}{3,14f_c R}$$

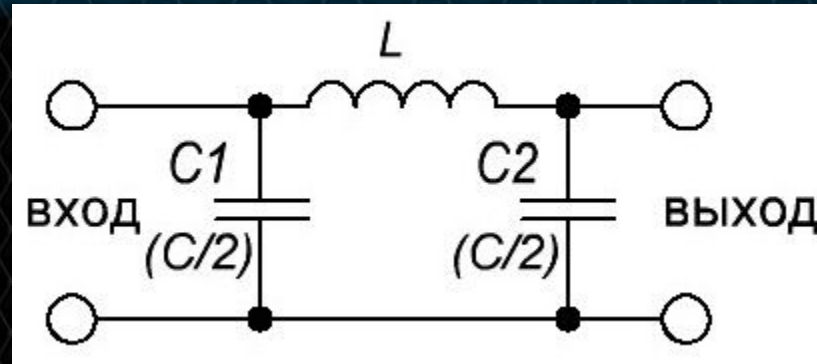
Все LC-фильтры обладают тем преимуществом, что на переменном токе конденсаторы и катушки индуктивности работают взаимнообратно, т.е. при увеличении частоты сигнала индуктивное сопротивление возрастает, а емкостное падает. Таким образом, в LC-фильтре нижних частот реактивное сопротивление параллельного элемента при увеличении частоты сигнала уменьшается и этот элемент шунтирует высокочастотные сигналы. На низких частотах реактивное сопротивление параллельного элемента достаточно высокое. Последовательный элемент обеспечивает прохождение низкочастотных сигналов, а для сигналов высоких частот его реактивное сопротивление велико.

# Т-образный LC-фильтр нижних частот



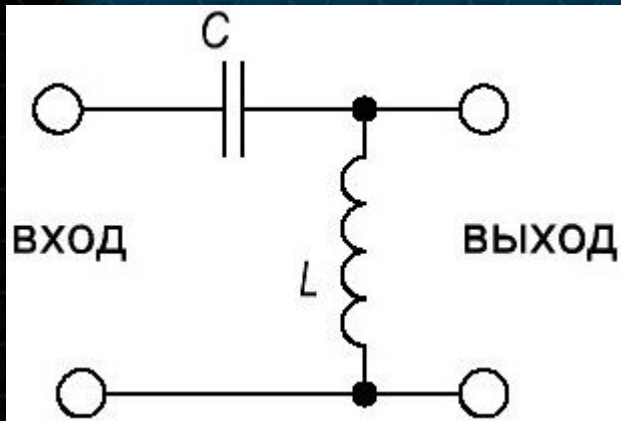
Простой Г-образный фильтр не обеспечивает достаточную крутизну амплитудно-частотной характеристики. Для увеличения крутизны в основную Г-образную структуру вводят дополнительную катушку индуктивности. Такой фильтр называется Т-образным. В Т-образном фильтре значение конденсатора  $C$  такое же, как и в исходной Г-образной структуре, и все ее расчетные формулы сохраняются. Суммарная индуктивность катушек  $L_1$  и  $L_2$  должна быть эквивалентна индуктивности единственной катушки исходной Г-образной структуры. Обычно требуемая общая индуктивность распределяется между двумя этими катушками поровну таким образом, чтобы каждая из катушек в Т-образном фильтре нижних частот имела индуктивность в два раза меньше, чем катушка в Г-образном фильтре.

# П-образный LC-фильтр нижних частот



Крутизну амплитудно-частотной характеристики можно увеличить также путем введения в цепь дополнительного конденсатора. Такой фильтр называется П-образным. В П-образном фильтре значение индуктивности  $L$  такое же, как и в исходной Г-образной структуре, тогда как суммарная емкость конденсаторов  $C1$  и  $C2$  должна быть эквивалентна емкости конденсатора исходной Г-образной структуры. Обычно требуемая общая емкость распределяется между двумя этими конденсаторами поровну таким образом, чтобы каждый из конденсаторов в П-образном фильтре имел емкость, равную половине емкости конденсатора в Г-образном фильтре.

# Г-образный LC-фильтр верхних частот



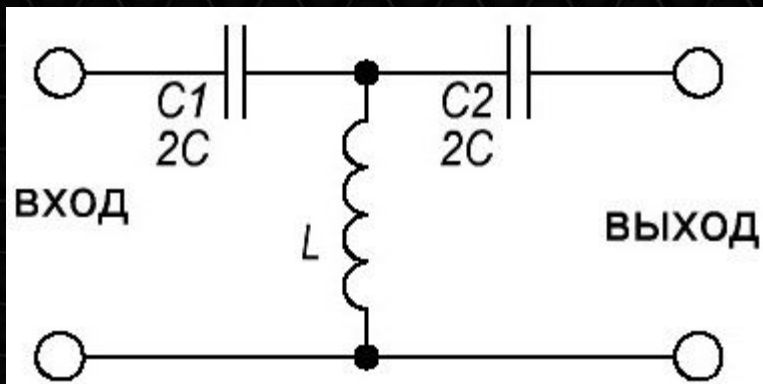
$$f_c = \frac{1}{12,56\sqrt{LC}}$$

$$L = \frac{R}{12,56f_c}$$

$$C = \frac{1}{12,56f_c R}$$

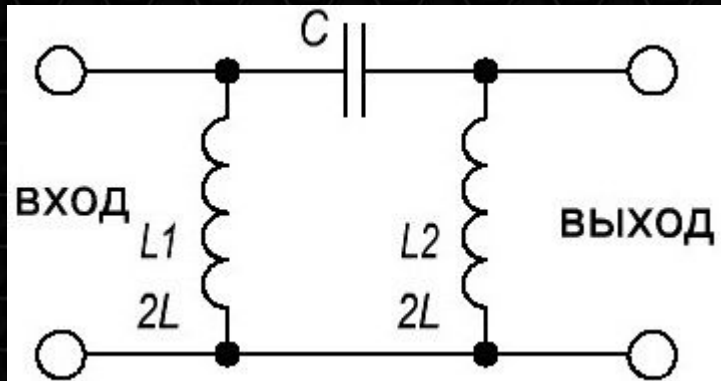
В этом фильтре при увеличении частоты сопротивление последовательного элемента уменьшается. Он пропускает высокочастотные сигналы, а для сигналов низких частот его реактивное сопротивление велико. Параллельный элемент оказывает шунтирующее влияние на сигналы низких частот, а для высокочастотных сигналов его реактивное сопротивление велико.

# Т-образный LC-фильтр верхних частот



Для увеличения крутизны амплитудно-частотной характеристики в Г-образную структуру можно ввести дополнительный конденсатор. Такой фильтр имеет Т-образную структуру. В Т-образном фильтре значение индуктивности  $L$  не отличается от ее значения в исходной Г-образной структуре и все расчетные формулы остаются такими же. Суммарная емкость конденсаторов  $C1$  и  $C2$  должна быть эквивалентна емкости одиночного конденсатора исходной Г-образной структуры. Обычно эта требуемая общая емкость распределяется поровну между двумя конденсаторами так, что Т-образном фильтре верхних частот каждый конденсатор имеет емкость, равную удвоенному значению емкости в Г-образной структуре.

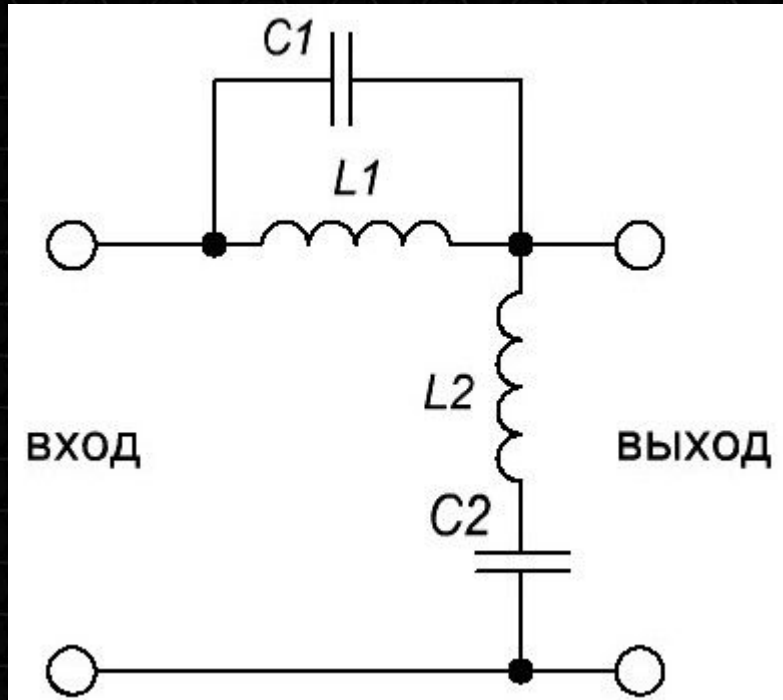
# П-образный LC-фильтр верхних частот



Крутизну амплитудно-частотной характеристики фильтра можно также повысить путем введения в схему дополнительной катушки индуктивности. В П-образном LC-фильтре значение емкости конденсатора не изменяется, а суммарная индуктивность катушек  $L_1$  и  $L_2$  должна быть эквивалентна индуктивности одиночной катушки исходной Г-образной структуры. Обычно требуемая общая индуктивность распределяется поровну между двумя катушками так, что каждая из них имеет индуктивность, равную удвоенному значению индуктивности Г-образной структуры.

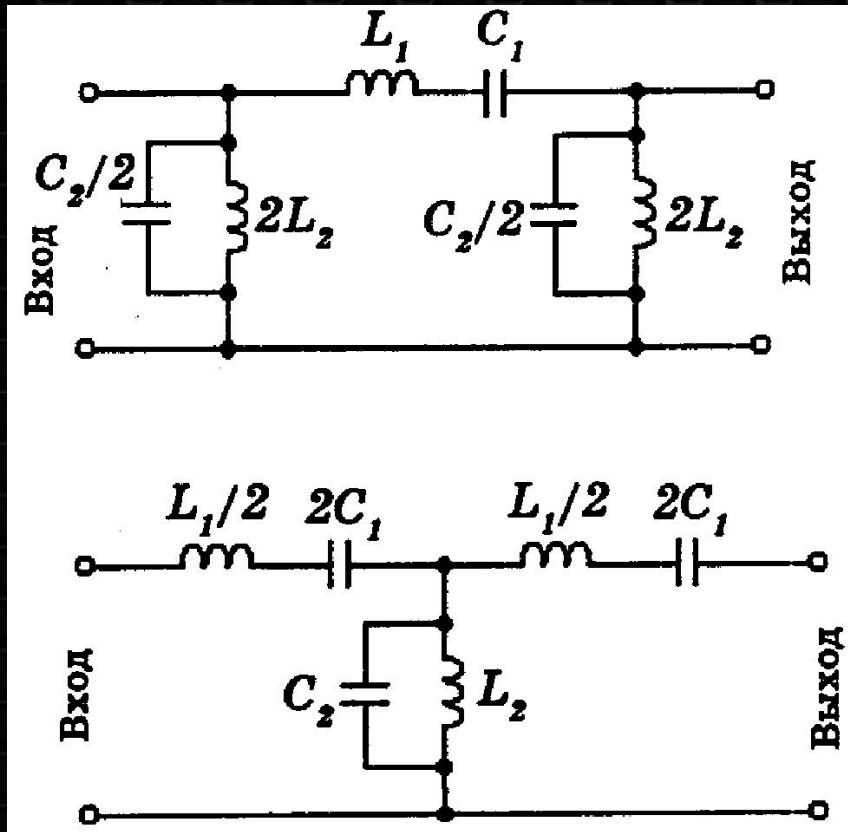


# Г-образный режекторный LC-фильтр



Работа полосно-заграждающего (режекторного) фильтра основана на различии зависимостей полных сопротивлений параллельной и последовательной резонансных цепей от частоты. Полное сопротивление параллельной LC-цепи на резонансной частоте максимально, тогда как у последовательной цепи оно минимально. Эти две LC-цепи, соединенные определенным образом образуют Г-образный режекторный фильтр. На центральной частоте требуемого диапазона полное сопротивление последовательной LC-цепи (она включена параллельно нагрузке) минимально, и она оказывает шунтирующее воздействие и ослабляет сигналы. Полное сопротивление параллельной LC-цепи (которая включена последовательно с нагрузкой) на центральной частоте требуемого диапазона максимально, и она препятствует прохождению сигналов.

# Полосно-пропускающие LC-фильтры



- Т-образные и П-образные полосно-пропускающие фильтры обладают более высокой крутизной амплитудно-частотной характеристики.

$$L_1 = \frac{R}{3,14(f_2 - f_1)}; L_2 = \frac{R(f_2 - f_1)}{12,56f_1f_2}; C_1 = \frac{(f_2 - f_1)}{12,56f_1f_2R}$$

$$C_2 = \frac{1}{3,14R(f_2 - f_1)}; F_R(\kappa\Gamma\text{ц}) = \frac{159}{\sqrt{L(\text{мкГн})C(\text{мкФ})}}$$

Спасибо за внимание!