

УДК 621.382.2/.3

*Вагенлейтнер Анастасия Олеговна
студентка факультета ФИТЭ
Пензенский государственный университет
г. Пенза, Российская Федерация*

ОЦЕНКА ПРЕИМУЩЕСТВ ПЕРЕХОДА К СХЕМЕ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ НА БАЗЕ ОУ

***Аннотация:** Был произведен сравнительный анализ схем частотно-избирательного усилителя и активного фильтра по схеме Саллена-Ки, смоделирована их работа в программном пакете TINA-Ti. Для активного фильтра рассчитаны номиналы резисторов и конденсаторов, обеспечивающие выходные характеристики аналогичные характеристикам рассматриваемого транзисторного усилителя, построена АЧХ.*

***Ключевые слова:** частотно-избирательный усилитель, активный фильтр, операционный усилитель, амплитудно-частотная характеристика, транзисторный усилитель*

Vagenleytner Anastasia Olegovna
student of the faculty's FITE
Penza State University
Penza, Russian Federation

**EVALUATION OF THE ADVANTAGES OF TRANSITION TO A
FREQUENCY SELECTIVE AMPLIFIER SCHEME ON THE BASIS OF
OU**

***Abstract:** A comparative analysis of the circuits of a frequency-selective amplifier and an active filter according to the Sallen-Key scheme was made, their work was simulated in the TinaTi software package. For an active filter, the values of resistors and capacitors are calculated, providing output characteristics similar to those of the considered transistor amplifier, and the frequency response is plotted.*

***Keywords:** frequency selective amplifier, active filter, operational amplifier, frequency response, transistor amplifier*

В основе работы многих современных приборов лежат прием, анализ и передача информации. Следовательно, эти приборы должны воспринимать какой-либо сигнал, усиливать его, и передавать на дальнейшую обработку. Для выполнения этих задач, в состав данных устройств часто вводятся частотно-избирательные усилители. Они позволяют не только настроить прибор на восприятие определенной частоты сигнала, ограничивая частоты среза, но и увеличить амплитуду данного сигнала для упрощения дальнейших операций с ним.

В качестве простейшего частотно-избирательного усилителя можно использовать схему, построенную на транзисторах. Одним из главных ее достоинств будет возможность коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), т.е. меняя номиналы резисторов и конденсаторов,

можно будет добиться изменения коэффициента усиления и частот среза, обеспечивающих полосу пропускания. Но в тоже время данная схема будет достаточно громоздкой и сложной в настройке.

В последнее время в качестве частотно-избирательных усилителей все чаще используют активные фильтры на базе операционных усилителей (ОУ). Помимо вышеизложенных преимуществ, присущих схемам на транзисторах, схемы на ОУ более компактны, содержат в себе меньшее количество элементов, а, следовательно, более просты в настройке. Кроме того, присутствует возможность выбора аппроксимации АЧХ в зависимости от реализации активного фильтра на базе фильтров Баттерворта или фильтров Чебышева.

Проведен сравнительный анализ рассмотренных схем частотно-избирательных усилителей, выявлены их основные преимущества и недостатки. При заданных входных параметрах (напряжение питания $E_p=12$ В, усиление – не менее 70), были рассчитаны номиналы резисторов и конденсаторов, с которыми данная схема могла бы использоваться в радиоприемниках.

Транзисторный частотно-избирательный усилитель представляет собой схему, сочетающую пассивный RC-фильтр и усилительный каскад на транзисторах (рисунок 1).

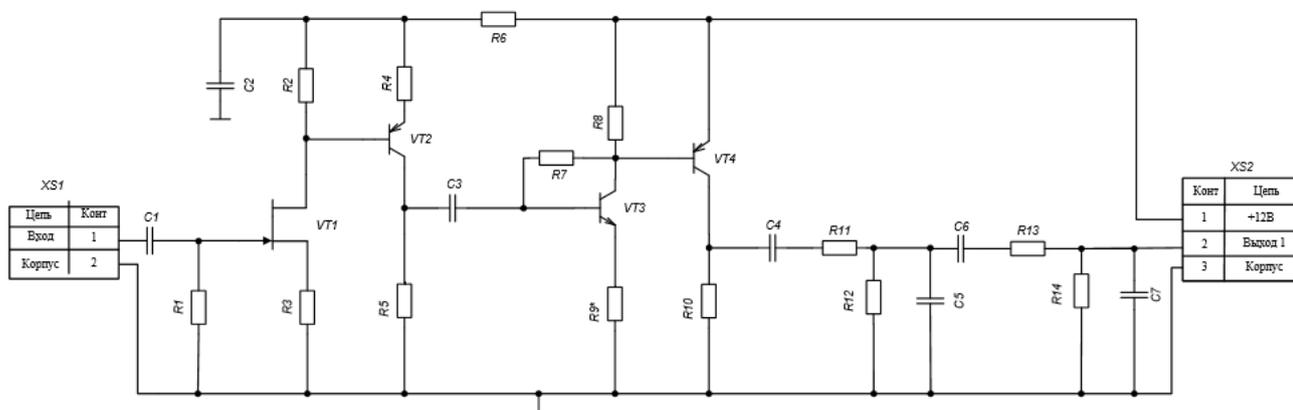


Рисунок 1 – Схема частотно-избирательного усилителя на транзисторах

Пассивный фильтр, представленный на рисунке 2, выполняет роль ограничителя частот.

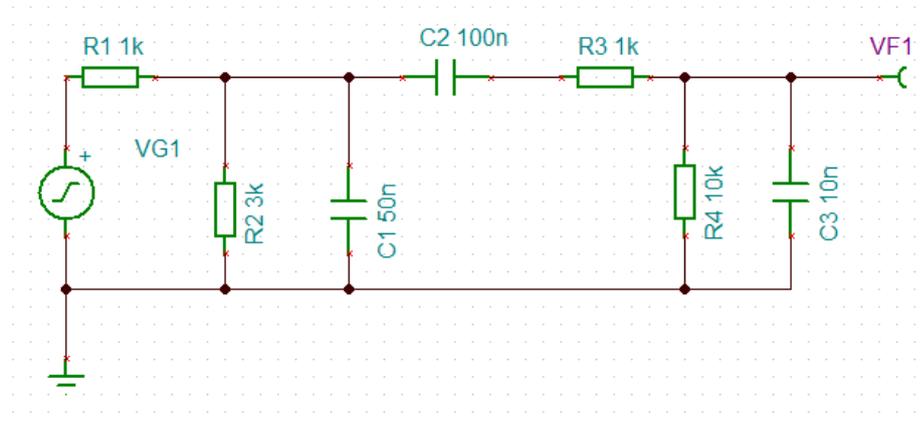


Рисунок 2 – Схема пассивного фильтра

Усилительный каскад, представленный на рисунке 3 необходим для увеличения амплитуды сигнала.

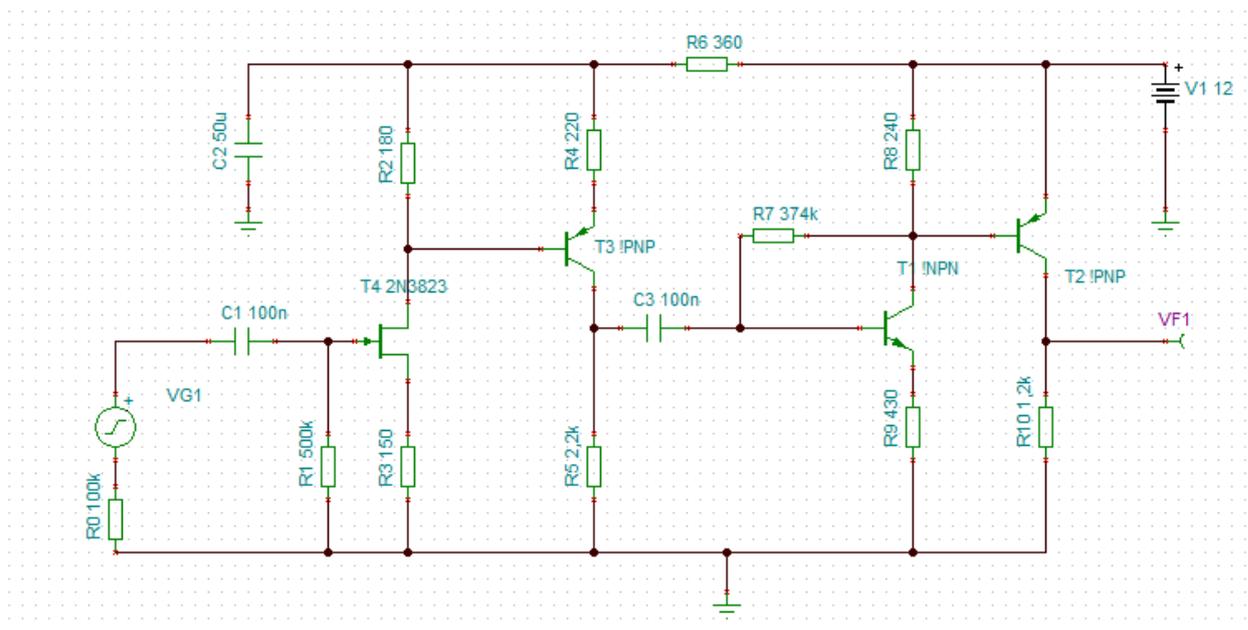


Рисунок 3 – Схема транзисторного усилителя

Данный усилитель состоит из 4 каскадов, два из которых выполнены на р-п-р-транзисторах (КТ216В), один – на п-р-п-транзисторе (КТ302А) и один – на полевом транзисторе (2NN823). VT1 подключен по схеме с

общим истоком, $VT2$ и $VT3$ – по схеме с общим эмиттером, $VT4$ – по схеме с заземленным эмиттером. Связь между 1 и 2, а также 3 и 4 каскадами – гальваническая, а между 2 и 3 каскадами – емкостная. R_6 и C_2 , присутствующие в шине питания обеспечивают развязку между 2 и 3 каскадами. C_1 – разделительный конденсатор.

В программном пакете для анализа электрических цепей Tina-TI, снята АЧХ данного частотно-избирательного усилителя, и на ней отмечены максимальный коэффициент усиления K_U (рисунок 4) и частоты среза $f_{сн}$ и $f_{св}$ (рисунок 5).

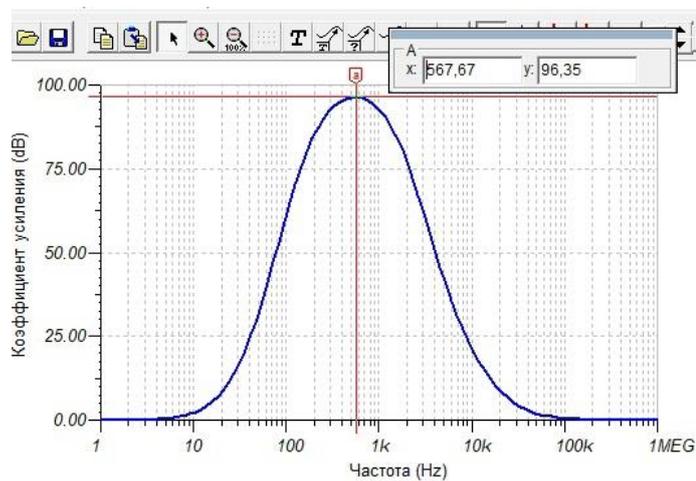


Рисунок 4 – K_U частотно-избирательного усилителя

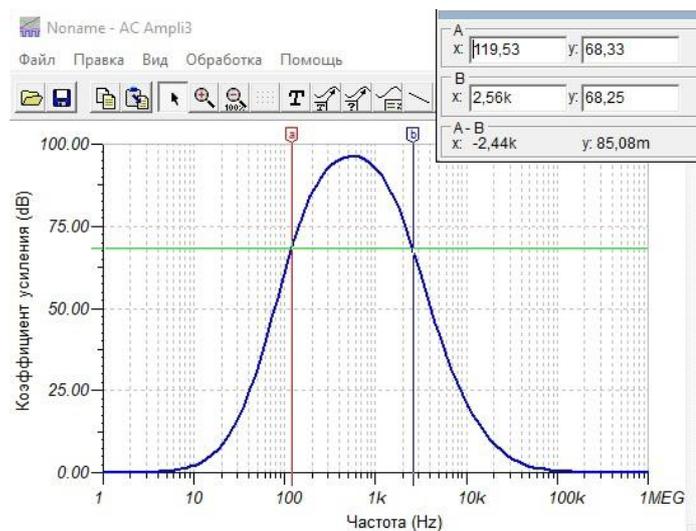


Рисунок 5 - Частоты среза частотно-избирательного усилителя

С использованием полученных значений ($K_U = 96,35$; $f_{СВ} = 2560$ Гц; $f_{СН} = 119,53$ Гц) и формул для расчета фильтра по схеме Саллена-Ки, составлена программа в пакете MatLab, с помощью которой определены номиналы резисторов для получения активного фильтра с аналогичными характеристиками.

Текст программы:

```

K=96.35,%Коэффициент усиления
fv=2560,%Частота среза верхняя, Гц
fn=119.53,%Частота среза нижняя, Гц
f0=sqrt(fv*fn),%Центральная частота среза, Гц
df=fv-fn,%Ширина полосы пропускания, Гц
Q=f0/df,%Добротность фильтра
B=1/Q,
p=K/Q,
C1=10/f0,%Емкость 1 конденсатора, мкФ
R1=1/(2*pi*df*C1),% 1 резистор, МОм
R2=(2*(K-1))/(2*pi*f0*C1*(p*(2/K-1)-B+sqrt((p-B)^2+8*(K-1)))),% 2 резист, МОм
R3=(1/(2*pi*f0*C1)^2)*(1/R1+1/R2),% 3 резистор, МОм
R4=R3*(K/(K-1)),% 4 резистор, МОм
R5=K*R3,% 5 резистор, МОм

```

В результате выполнения программы были получены следующие значения:

$f_0 = 553,17$ Гц;	$R_1 = 0,0036$ МОм;
$\Delta f = 2440,5$ Гц;	$R_2 = 3,35$ МОм;
$Q = 0,227$;	$R_3 = 0,0703$ МОм;
$\rho = 425$;	$R_4 = 0,0710$ МОм;
$\square = 4,41$;	$R_5 = 6,773$ МОм.
$C_1 = 0,0181$ мкФ;	

Далее, с учетом рассчитанных номиналов резисторов, был смоделирован активный фильтр по схеме Саллена-Ки (рисунок 6).

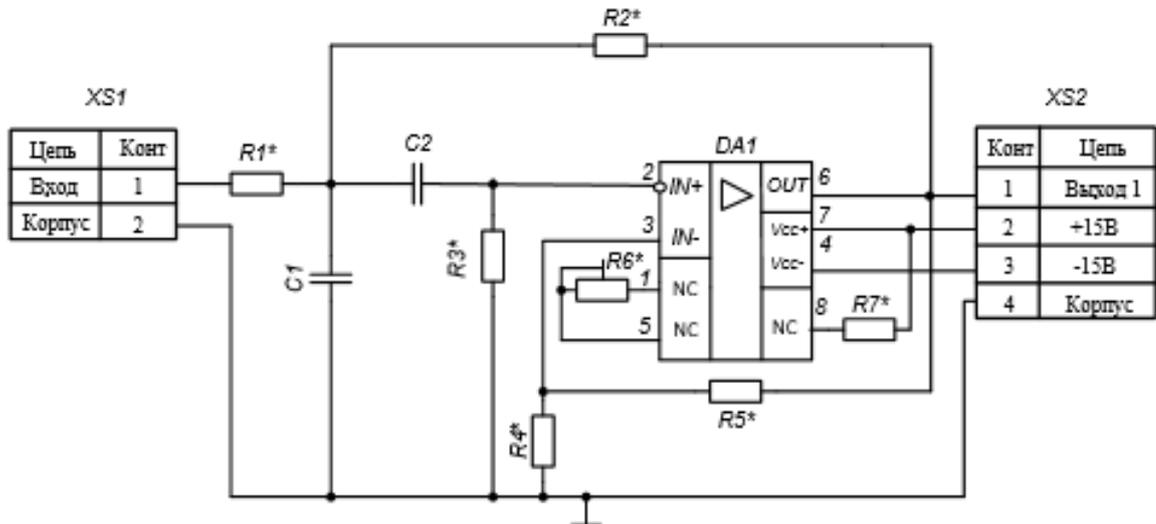


Рисунок 6 - схема активного фильтра на ОУ

Снята АЧХ для данной схемы (рисунки 7-8).

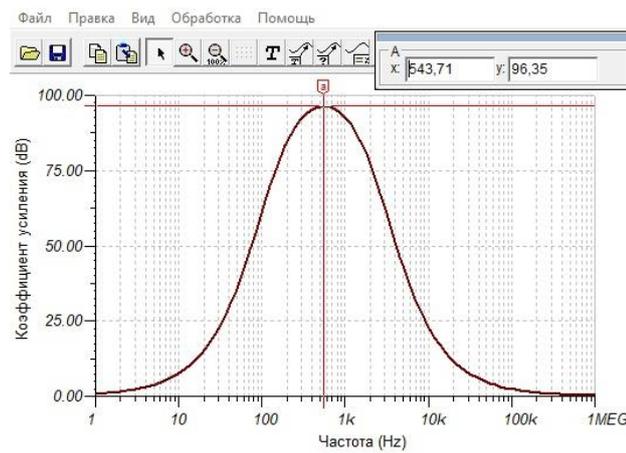


Рисунок 7 – K_U активного фильтра

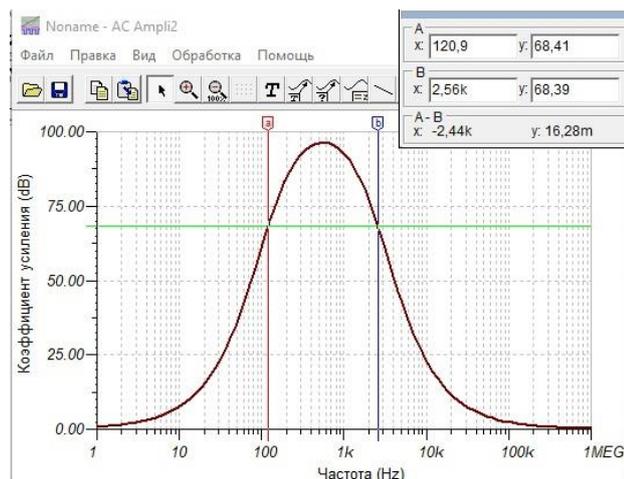


Рисунок 8 – Частоты среза активного фильтра

Сопоставив АЧХ частотно-избирательного усилителя на транзисторах и активного фильтра на ОУ можно увидеть, что коэффициент усиления и частоты среза данных схем практически совпадают, что говорит о возможности замены одной схемы на другую без потерь необходимых характеристик. Это еще больше доказывает, что схема на ОУ в настоящее время является более рентабельной, поскольку введение в ее состав малого количества элементов и их унификация дают преимущества в габаритах и делают схему экономически более выгодной. Возможность корректировки АЧХ дает широкий спектр областей применения данного усилителя. Значительно упрощается процесс настройки и использования приборов, в работе которых применяется рассмотренный усилитель.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 28884-1990. Ряды предпочтительных значений резисторов и конденсаторов. - Москва: Стандартинформ, 2006. - 12 с.
2. Транзисторы: Справочник/ О. П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, С.Л. Пожидаев – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.
3. Джонсон Д., Джонсон Дж., Мур Г. Справочник по активным фильтрам. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Электротехника и электроника: Учебник для сред. проф. образования / Б.И. Петленко. – М.; Издательский центр «Академия», 2003. – 230с