

**Кравец Андрей Владимирович**

Руководство к лабораторной работе  
**РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ  
ФИЛЬТРОВ В СИСТЕМЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ MICRO-CAP 8**  
по курсу  
**ПРИКЛАДНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
АНАЛИЗА РЭУ**

Ответственный за выпуск Кравец А.В.  
Редактор Проценко И.А.  
Корректор Чиканенко Л.В.

ЛР № 020565 от 23 июня 1997 г. Подписано к печати 18.04.2007г.  
Формат 60X84 1/16 . Бумага офсетная. Офсетная печать.  
Усл. п.л. – 1,0. Уч. - изд. л. – 0,9.  
Заказ №                      Тир. 100 экз.  
«С»

---

Издательство Технологического института ЮФУ  
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44  
Типография Технологического института ЮФУ  
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса, 1

612.372.57 (07)  
Р - 851

№ 4066

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**



Технологический институт  
Федерального государственного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Южный федеральный университет»

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»**

**Руководство к лабораторной работе  
Разработка активных и пассивных  
фильтров в системе схемотехнического  
моделирования Micro-Cap 8**

по курсу  
**Прикладные математические методы  
анализа РЭУ**  
Для студентов радиотехнического факультета всех  
форм обучения

Кафедра радиоприемных устройств и телевидения



Таганрог 2007

**УДК 621. 375(07)**

Кравец А.В. Руководство к лабораторной работе «Разработка активных и пассивных фильтров в системе схемотехнического моделирования Micro-Cap 8» по курсу «Прикладные методы математического анализа РЭУ». – Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ 2007. – 16 с.

В данном руководстве изложено краткое описание лабораторной работы и краткие сведения о системе схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. Приведены домашнее и лабораторное задания, методические указания по выполнению лабораторного задания.

Лабораторная работа соответствует программам курса «Прикладные методы математического анализа РЭУ» для студентов специальностей «Бытовая радиоэлектронная аппаратура» и «Радиотехника».

Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.

Рецензент В. Т. Лобач, канд. техн. наук, профессор кафедры РТС Технологического института ЮФУ.

Окончание табл. П 2

№ варианта	Спецификация	Тип фильтра	Полином	Кол. каскадов	Схемная реализация
6	<b>Mode1</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Баттерворта	2	<b>Dual</b>
7	<b>Mode1</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Чебышева	3	<b>Standard</b>
8	<b>Mode1</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	Баттерворта	3	<b>Dual</b>
9	<b>Mode2</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Чебышева	2	<b>Dual</b>
10	<b>Mode2</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Баттерворта	3	<b>Standard</b>
11	<b>Mode2</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Чебышева	2	<b>Dual</b>
12	<b>Mode2</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	Баттерворта	3	<b>Standard</b>
13	<b>Mode2</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Чебышева	3	<b>Dual</b>
14	<b>Mode2</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Баттерворта	2	<b>Standard</b>
15	<b>Mode2</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Чебышева	3	<b>Dual</b>
16	<b>Mode2</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	Баттерворта	2	<b>Standard</b>
17	<b>Mode1</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Чебышева	3	<b>Dual</b>
18	<b>Mode1</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Баттерворта	3	<b>Standard</b>
19	<b>Mode1</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Чебышева	2	<b>Dual</b>

Окончание табл. П 1

№ варианта	Спецификация	Тип фильтра	Полином	Кол. каскадов	Схемная реализация
15	Mode2	Delay (задержка)	Чебышева	2	MFB
16	Mode2	Low-Pass (низкочастотный)	эллиптический	3	Fleischer-Tow
17	Mode1	High-Pass (высокочастотный)	Инверсный Чебышева	2	Tow-Thomas 2
18	Mode1	Bandpass (полосовой)	Чебышева	3	Tow-Thomas
19	Mode2	Notch (режекторный)	Баттерворта	2	Tow-Thomas

Таблица П2

№ варианта	Спецификация	Тип фильтра	Полином	Кол. каскадов	Схемная реализация
1	Mode1	Low-Pass (низкочастотный)	Баттерворта	3	Standard
2	Mode1	High-Pass (высокочастотный)	Чебышева	3	Dual
3	Mode1	Bandpass (полосовой)	Баттерворта	2	Standard
4	Mode1	Notch (режекторный)	Чебышева	2	Dual
5	Mode1	Low-Pass (низкочастотный)	Чебышева	3	Standard

## 1. Цель работы

Изучить способы синтеза активных и пассивных фильтров в системе схемотехнического моделирования Micro-Cap 8.

## 2. Общие сведения

Меню **Design** содержит две команды **Active Filters** и **Passive Filters** для синтеза активных и пассивных аналоговых фильтров. Обе эти команды имеют однотипные диалоговые окна, показанные на рис. 1.

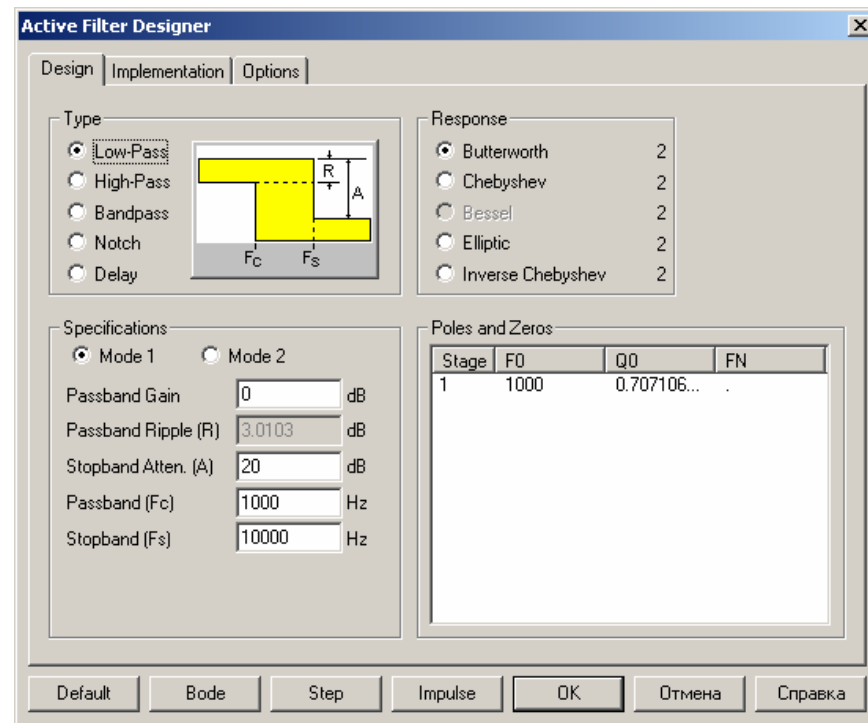


Рис.1

В нижней части окна расположен ряд кнопок команд: **Default** – возврат к параметрам, заданным по умолчанию; **Bode** – вывод графиков АЧХ, ФЧХ и времени групповой за-

держки в логарифмическом масштабе (диаграммы Боде); **Step** – вывод графика отклика схемы на единичный скачок напряжения; **Impulse** – вывод графика импульсной характеристики схемы (для моделирования используется импульс амплитудой 1 гигаВольт).

На закладке *Design* (рис. 1) выбирается тип фильтра **Type: Low-Pass** (низкочастотный), **High-Pass** (высокочастотный), **Bandpass** (полосовой), **Notch** (режекторный), **Delay** (задержка), тип аппроксимирующего полинома **Response**, способ задания требований к его АЧХ (**Mode 1** или **Mode 2**) и задаются эти требования.

Для **Mode 1** задаются следующие параметры: **Gain** (усиление), **Ripple** (неравномерность), **Atten** (ослабление), **Passband** (полоса пропускания), **Stopband** (полоса режекции), для полосового и режекторного фильтра еще задается параметр **Center Freq** (центральная частота).

Для **Mode 2** задаются следующие параметры: **Gain** (усиление), **Ripple** (неравномерность), **Passband** (полоса пропускания), **Order** (порядок), для полосового и режекторного фильтра еще задаются параметры **Center Freq** (центральная частота) и **Q** (добротность).

Здесь же в окне **Poles and Zeros** выводятся результаты расчета полюсов и нулей синтезированного фильтра, а также количество каскадов будущего фильтра.

На закладке *Implementation* (реализация) (рис. 2) выбирается тип реализации пассивного фильтра (**Standard** или **Dual**), указываются также значения сопротивлений генератора и нагрузки (**Source/Load Resistor**) или тип схем отдельных звеньев активного фильтра (**Sallen-Key**, **MFB**, **Tow-Thomas**, **Fleischer-Tow**, **KHN**, **Acker-Mossberg**, **DABP**, **Tow-Thomas 2**). Тип схемной реализации выбирается нажатием левой кнопки мыши на названии схемной реализации и выбор производится в появившемся меню.

Таблица П1

№ варианта	Спецификация	Тип фильтра	Полином	Кол. каскадов	Схемная реализация
1	<b>Mode1</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Баттерворта	3	<b>Sallen-Key</b>
2	<b>Mode2</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Чебышева	3	<b>MFB</b>
3	<b>Mode1</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Инверсный Чебышева	2	<b>Fleischer-Tow</b>
4	<b>Mode1</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	эллиптический	2	<b>Tow-Thomas 2</b>
5	<b>Mode2</b>	<b>Delay</b> (задержка)	Бесселя	3	<b>Tow-Thomas</b>
6	<b>Mode2</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Чебышева	3	<b>KHN</b>
7	<b>Mode1</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	Баттерворта	2	<b>MFB</b>
8	<b>Mode2</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	эллиптический	3	<b>Fleischer-Tow</b>
9	<b>Mode1</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	Инверсный Чебышева	3	<b>Sallen-Key</b>
10	<b>Mode2</b>	<b>Delay</b> (задержка)	Баттерворта	3	<b>DABP</b>
11	<b>Mode1</b>	<b>Low-Pass</b> (низкочастотный)	Инверсный Чебышева	2	<b>Sallen-Key</b>
12	<b>Mode2</b>	<b>High-Pass</b> (высокочастотный)	эллиптический	3	<b>Sallen-Key</b>
13	<b>Mode1</b>	<b>Bandpass</b> (полосовой)	Баттерворта	2	<b>Acker-Mossberg</b>
14	<b>Mode1</b>	<b>Notch</b> (режекторный)	Чебышева	3	<b>KHN</b>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования MICRO-CAP V. – М.: Изд-во Солон, 1997. – 273 с.
2. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования MICRO-CAP VI.– М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.
3. Григорьев И. Компьютер в домашней лаборатории // Радио. 1999. №6. С. 56–57.
4. Григорьев И. Компьютер в домашней лаборатории // Радио. 1999. №7. С. 51–53.
5. Григорьев И. Компьютер в домашней лаборатории // Радио. 1999. №8. С. 66–68.
6. Григорьев И. Компьютер в домашней лаборатории // Радио. 1999. №10. С. 55–56.
7. Григорьев И. Компьютер в домашней лаборатории // Радио. 1999. №11. С. 55–56.
8. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования и проектирования печатных плат Design Center (PSPice). – М.: СК Пресс. 1996. – 272 с.

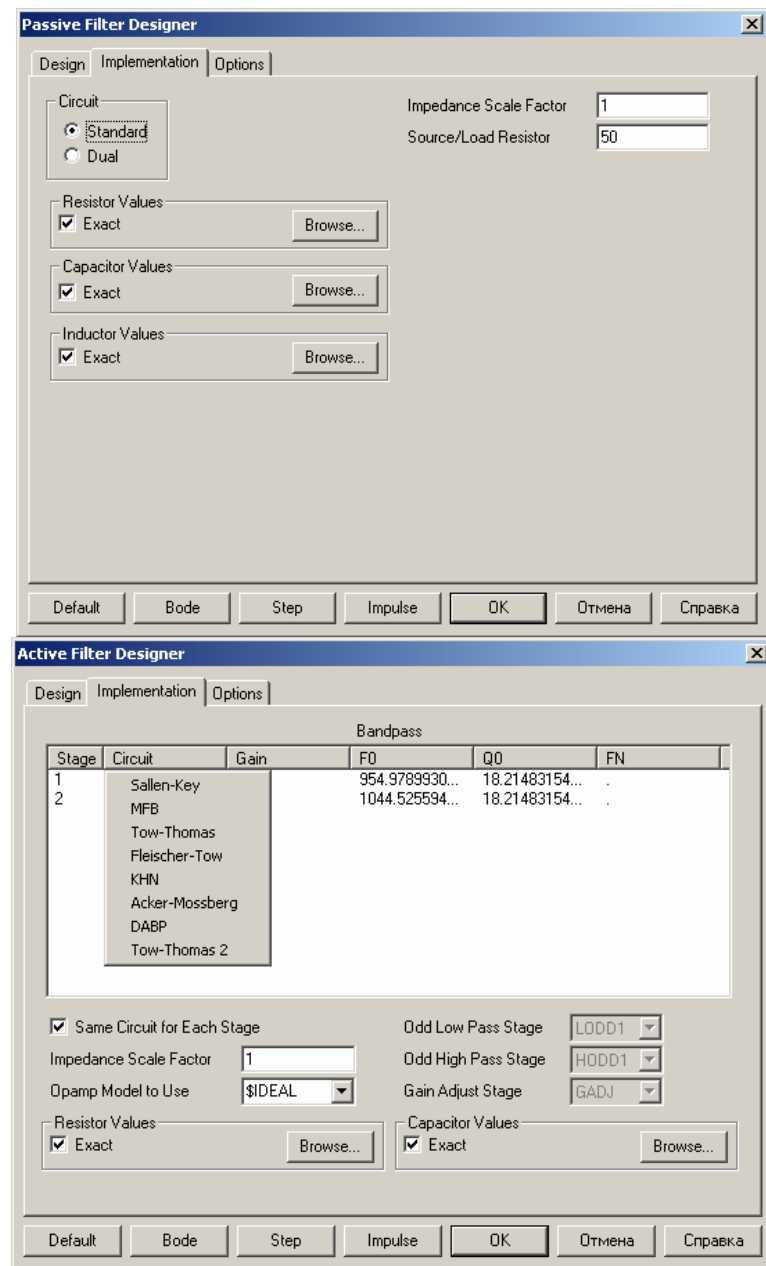


Рис.2

Кроме того, при синтезе активных фильтров указывается необходимость размещения схем разных звеньев на одной и той же схеме (**Same Circuit for Each Stage**), выбирается тип операционного усилителя (**Opamp Model to Use**). На панелях **Resistor Values**, **Capacitor Values** и **Inductor Values** (для пассивных фильтров) указывается необходимость использования точных значений рассчитанных номиналов компонентов (**Exact**) или использовать ближайшие значения, перечень которых приведен в отдельных файлах (имена которых указываются после нажатия на панели **Browse**). Поле для заполнения **Odd Low Pass Stage** позволяет добавить дополнительные каскады в схемную реализацию низкочастотного фильтра. Поле для заполнения **Odd High Pass Stage** позволяет добавить дополнительные каскады в схемную реализацию высокочастотного фильтра. Поле для заполнения **Gain Adjust Stage** позволяет добавить дополнительные каскады в схемную реализацию режекторного фильтра.

Масштабный коэффициент (**Impedance Scale Factor**) используется для изменений значений параметров всех пассивных компонентов: на него умножаются сопротивления резисторов и индуктивности катушек, на него делятся значения емкостей всех конденсаторов. Он используется, как правило, в тех случаях, когда полученные значения элементов трудно реализовать на практике (например, очень большие номиналы сопротивлений).

На закладке *Options* (рис. 3) выбирается формат представления численных значений номиналов компонентов (**Component Value Format**) и параметров передаточных функций фильтров (**Polynomial Format**).

На панели **Plot** выбирается перечень характеристик, графики которых необходимо построить нажатием на одноименную клавишу (пример построения ФЧХ фильтра приведен на рис. 4).

## Контрольные вопросы

1. Как задаются параметры фильтров в системе схемотехнического моделирования MICRO-CAP 8?
2. В чем отличие режимов Mode 1 и Mode 2, какие параметры в них задаются?
3. Как задаются схемные решения при построении фильтра?
4. Какие форматы записи чисел допускаются в системе схемотехнического моделирования MICRO-CAP 8 и где они задаются при разработке фильтров?
5. Какие характеристики фильтров синтезируются при разработке фильтра и как они выводятся на экран?
6. Как задается требуемая добротность фильтров?
7. Какие ограничения накладываются на параметры разрабатываемых фильтров при использовании моделей реальных компонентов?
8. Как можно модифицировать разработанный фильтр, если полученные параметры компонентов трудно реализовать на практике?
9. Перечислите параметры, задаваемые в поле «Specifications», и расскажите, что они обозначают.
10. Какие параметры задаются на закладке «Implementation» и что они обозначают?
11. Перечислите преимущества и недостатки различных типов реализации синтезируемых фильтров.
12. Какие преимущества дает использование синтезируемых макросов в системе схемотехнического моделирования MICRO-CAP 8 ?

зировать схемы пассивных фильтров.

4. Получить амплитудно-частотную, фазочастотную, импульсную и переходную характеристики полученных фильтров.

5. Проанализировать результаты эксперимента и сделать заключение.

### 5. Содержание отчета

1. Схемы синтезированных фильтров.

2. Амплитудно-частотная, фазочастотная, импульсная и переходная характеристики полученных фильтров.

3. Выводы по полученным результатам. Дать рекомендации по областям применения различных типов фильтров.

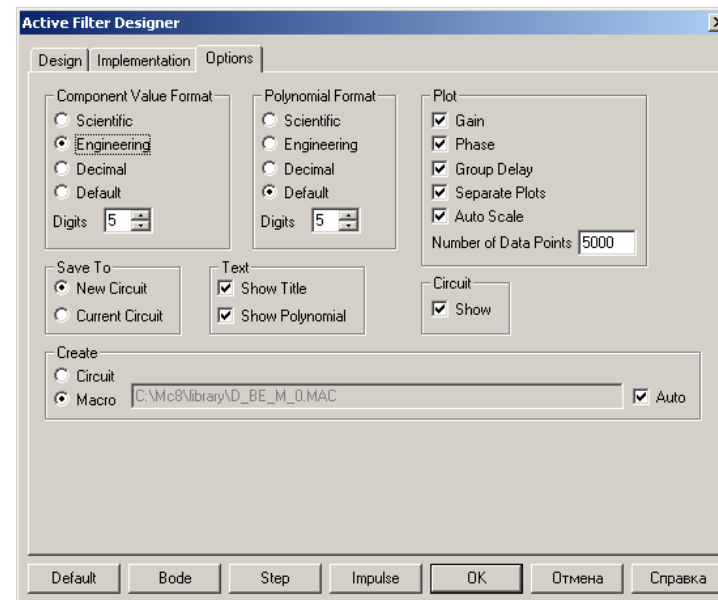


Рис. 3

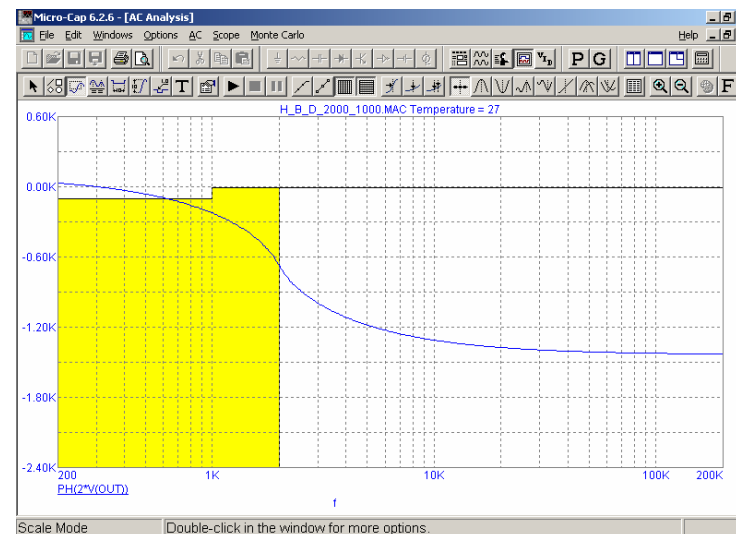


Рис. 4

На панели **Save To** выбирается один из двух вариантов создания схемы реализации фильтра: **New Circuit** – в новой схеме, **Current Circuit** – в текущей схеме. На панели **Create** выбирается тип реализации фильтра: **Circuit** – в виде принципиальной схемы, как показано на рис. 5.

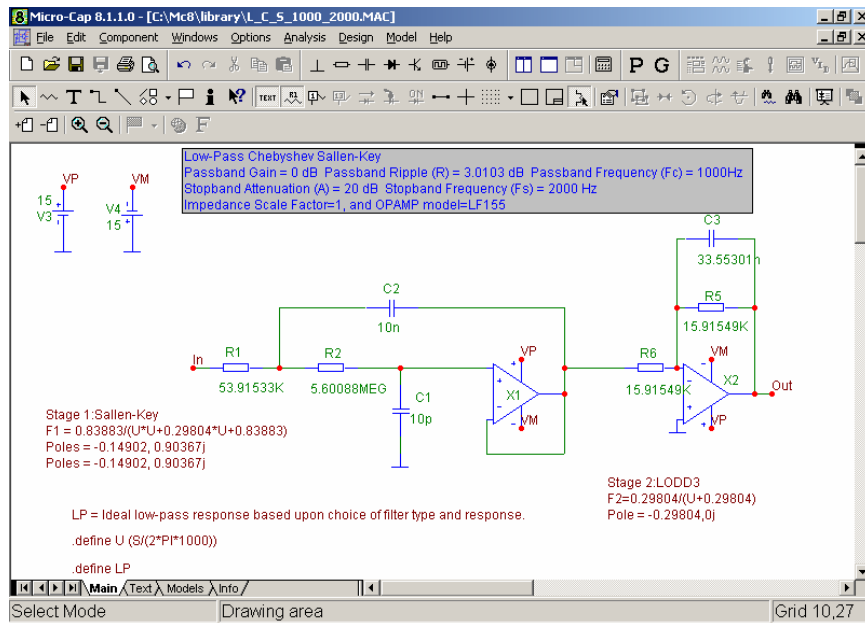


Рис. 5

**Macro** – в виде макромодели, как показано на рис. 6 (в последнем случае имя файла макромодели создается автоматически или по указанию пользователя).

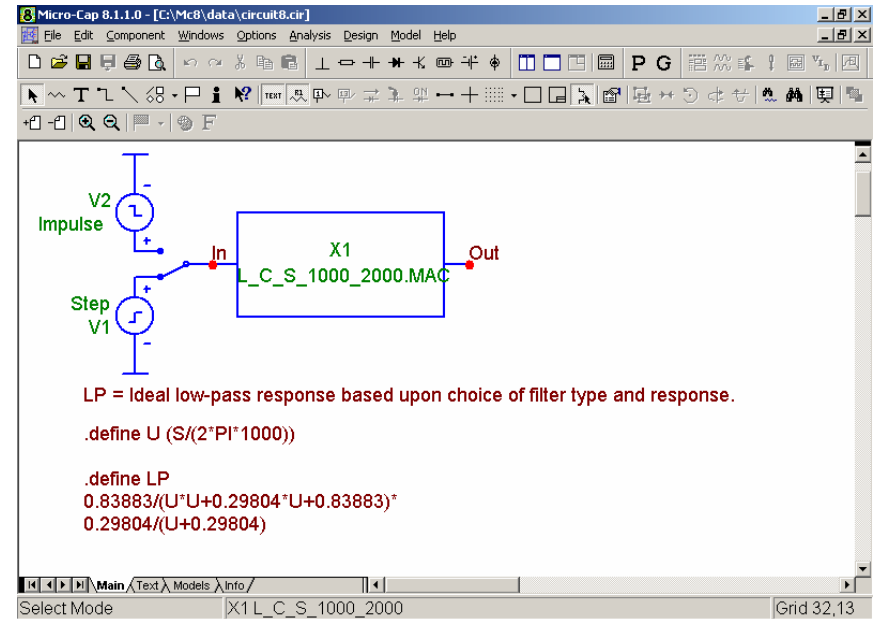


Рис. 6

### 3. Домашнее задание

1. Повторить теоретические сведения по расчету активных и пассивных фильтров по курсу схемотехника.
2. Изучить способы синтеза активных и пассивных фильтров в системе схемотехнического моделирования Micro-Cap 8.

### 4. Лабораторное задание

1. По данным, приведенным в табл. 1(приложения) синтезировать схемы активных фильтров.
2. Получить амплитудно-частотную, фазочастотную, импульсную и переходную характеристики полученных фильтров.
3. По данным, приведенным в табл. 2 (приложение) синте-