

# Справка

по русской версии программы

«Active filter 4.0.0.0»

## О программе

Перед Вами русская версия программы «Active filter 4.0.0.0», позволяющая рассчитывать активные фильтры на биполярных транзисторах, предназначенные для фильтрации пульсаций напряжения в источниках питания.

Автор программы – Москатов Евгений Анатольевич из города Таганрога Ростовской области, Россия.

Web site: <http://www.moskatov.narod.ru>

## Системные требования

### Рекомендуемые требования к оборудованию

Компьютер с процессором семейств Intel® Pentium® / Celeron® или совместимым с ними процессором, тактовая частота которого составляет не менее 200 МГц, или более мощным.

Оперативная память: 32 Мбайт.

Свободное место на диске: 2 Мбайт.

Видеоплата и монитор с разрешением не менее 800 × 600 точек.

Клавиатура, мышь или другое указательное устройство.

### Рекомендуемые требования к системному программному обеспечению

Операционная система Microsoft Windows© 98 Second Edition, Microsoft Windows© Millennium, Windows© 2000 Professional, Windows© XP Home Edition, Windows© XP Professional, Windows© 2003 Server, Windows© Vista Starter, Windows© Vista Home Basic, Windows© Vista Home Premium, Windows© Vista Business, Windows© Vista Enterprise, Windows© Vista Ultimate.

Так как программа имеет русскоязычный интерфейс, операционная система должна обеспечивать необходимую языковую поддержку.

### Требования к исходным данным

$h_{11б}$ транзистора VT1, Ом	>0 ... 100
$h_{21э}$ транзистора VT1	>1 ... 1000000
$h_{22э}$ транзистора VT1, См	>0 ... 10
Амплитуда пульсации первой гармоники на входе фильтра, В	>0 ... 100

## Справка по программе «Active filter 4.0.0.0»

Амплитуда пульсации первой гармоники на выходе фильтра, В	>0 ... 100
Запас по напряжению, току и мощности	0,1 ... 1
Максимальная температура окружающей среды, °С	–25 ... 120
Максимальная температура перегрева транзистора VT1, °С	60 ... 500
Минимальное напряжение коллектор-эмиттер VT1, В	>0 ... 150
Номинальное напряжение на выходе фильтра, В	>0 ... 10000
Номинальный ток нагрузки, А	>0 ... 1000
Тепловое сопротивление переход-окружающая среда, °С / Вт	>0 ... 500
Частота пульсации, Гц	>0 ... 50000000
Коэффициент теплопроводности материала радиатора, Вт / (°С · см <sup>2</sup> )	0,0005 ... 0,002
Тепловое сопротивление корпус транзистора-радиатор, °С / Вт	0 ... 500
Тепловое сопротивление переход-корпус транзистора, °С / Вт	0 ... 500

### Лицензия на русскоязычную версию программы «Active filter 4.0.0.0»

1. Все права, не оговоренные в настоящем лицензионном соглашении, сохраняются за Москатовым Евгением Анатольевичем.
2. Авторские права на «Active filter 4.0.0.0» принадлежат исключительно автору – Москатову Евгению Анатольевичу.
3. Москатов Е. А. предоставляет лицензию на свободное использование данного программного обеспечения (русскоязычная версия «Active filter 4.0.0.0»), однако приветствует оплату. Программа «Active filter 4.0.0.0» распространяется по лицензии donationware (класс freeware), то есть программа распространяется свободно и оплата не обязательна. Но автор не откажется от материального вознаграждения за свой труд. В связи со сложным материальным положением многие пользователи не имеют возможности покупать программное обеспечение легальным путём. Именно поэтому оплата не обязательна, но желательна.
4. «Active filter 4.0.0.0» не имеет заблокированных функций, то есть данная программа полностью функциональна.
5. «Active filter 4.0.0.0» РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА УСЛОВИЯХ «AS

## Справка по программе «Active filter 4.0.0.0»

IS». Москатов Евгений Анатольевич НЕ БЕРЁТ НА СЕБЯ И НЕ ПОДРАЗУМЕВАЕТ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ. ВЫ ИСПОЛЬЗУЕТЕ «Active filter 4.0.0.0» НА СВОЙ РИСК. АВТОР НЕ БЕРЁТ НА СЕБЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПОТЕРЮ ДАННЫХ, УЩЕРЬ, ПОТЕРЮ ПРИБЫЛИ ИЛИ ЛЮБЫЕ ДРУГИЕ ПОТЕРИ, ПРОИЗОШЕДШИЕ ВО ВРЕМЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ НЕПРАВИЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.

6. Вы не можете эмулировать, создавать новые версии, сдавать в наём или аренду, продавать, изменять, декомпилировать, вскрывать технологию, дизассемблировать, изучать код программы другими способами, передавать программу или любые из её составляющих иначе, чем определено настоящим лицензионным соглашением. Любое такое нелегальное использование означает автоматическое и немедленное прекращение действия настоящего соглашения и может преследоваться по закону. Исключение составляет случай, в котором указанные действия явно разрешены законодательством, несмотря на наличие в лицензионном соглашении данного ограничения.

7. Условия настоящего соглашения, равно как и дизайн интерфейса, могут быть изменены в последующих версиях программы Active filter.

8. В настоящей программе «Active filter 4.0.0.0» нет «шпионских» вкладок, всплывающих окон и рекламы.

9. При распространении «Active filter 4.0.0.0» должны соблюдаться следующие условия: (а) дистрибутив должен включать только оригинальный инсталлятор, предоставленный Москатовым Евгением Анатольевичем. Дистрибутив программы лицензируется как единое изделие. Вы не имеете права изменять, удалять или добавлять файлы в оригинальный дистрибутив. Составляющие части программы запрещается изымать из дистрибутива для отдельного использования; (б) вы не имеете права брать плату за программу, за исключением разумной суммы за носитель данных, каналы связи и т. п.

10. Принимая данное лицензионное соглашение, Вы соглашаетесь с тем, что случае судебных разбирательств вне зависимости от решения суда и воли сторон максимальная взимаемая с Москатова Евгения Анатольевича денежная сумма не будет превышать 1 рубль. В случае иска на Москатова Евгения Анатольевича все судебные издержки обеих сторон оплачивает истец.

11. Автор придерживаемся строгих правил по секретности информации о своих пользователях и НЕ собирает персонально-идентифици-

## Справка по программе «Active filter 4.0.0.0»

руемой информации о своих пользователях, за исключением случаев, когда она была добровольно ему сообщена.

12. Если Вы не согласны с условиями настоящего лицензионного соглашения или если условия настоящего соглашения противоречат законам Вашей страны, Вы должны немедленно удалить файлы «Active filter 4.0.0.0» с Ваших устройств хранения информации и прекратить пользоваться данным программным продуктом.

13. Установка и использование «Active filter 4.0.0.0» означает принятие условий настоящего лицензионного соглашения.

Благодарю Вас за использование «Active filter 4.0.0.0»!

Copyright © 2002 – 2008 Москатов Евгений Анатольевич.

### Поддержать материально

Оплата русской версии программы «Active filter 4.0.0.0» является добровольной – не обязательной, но весьма желательной. Осуществить материальную поддержку автора, переведя ему более 100 рублей, можно следующим способом. Заходите на форум программы <http://narod.yandex.ru/userforum/?owner=moskatov> и оставляете сообщение об оплате и свой e-mail (для всеобщего просмотра они отображаться не будут). На Ваш e-mail я вышлю реквизиты для перевода. Спасибо за Вашу поддержку!

### Замечания и разъяснения

1. Транзисторные фильтры обладают малыми массой и габаритами в отличие от реактивных низкочастотных LC-фильтров, не имеют крупногабаритного и тяжёлого дросселя и способны обеспечить малое выходное сопротивление [1, с. 68]. Кроме того, транзисторные фильтры имеют более высокий коэффициент сглаживания пульсаций [2, с. 55]. Транзисторный фильтр с последовательным включением транзистора и нагрузкой в цепи эмиттера эквивалентен П-образному индуктивно-ёмкостному фильтру [2, с. 55]. В рассчитываемом фильтре (смотрите рис. 1) с нагрузкой в цепи эмиттера, включённой последовательно с транзистором, на базу транзистора подаётся напряжение, отфильтрованное RC-цепочкой, состоящей из резистора Rб и конденсатора Сб.

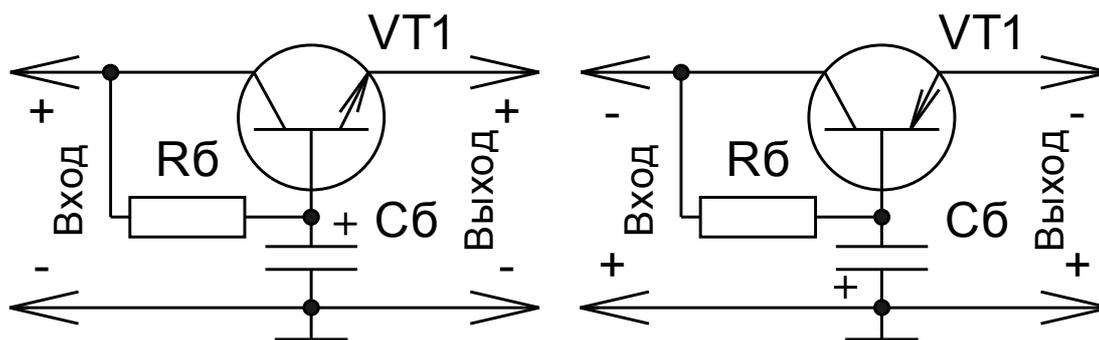


Рис. 1. Принципиальные схемы транзисторных фильтров.  
Слева – на n-p-n транзисторе, справа – на p-n-p транзисторе.

Так как напряжение  $U_{бэ}$  биполярного транзистора весьма мало, то выходное напряжение будет мало отличаться от напряжения на базе транзистора. Пульсации на выходе этого фильтра зависят от сглаживающего действия RC-цепи. Рассчитываемая схема транзисторного фильтра представляет собой эмиттерный повторитель, выходное сопротивление которого мало, поэтому такой фильтр менее чувствителен к изменениям нагрузки. Так как база транзистора VT1 соединена с коллектором через резистор R6, то в цепи имеется автоматическое смещение. Следовательно, активный фильтр устойчиво работает при изменении температуры внешней среды и не требует подгонки режима работы транзистора. Иногда конденсатор параллельно нагрузке не ставят, так как конденсатор C6 в цепи базы транзистора оказывает фильтрующее действие при колебаниях тока нагрузки [1, с. 70]. Его ёмкость, пересчитанная на выход, примерно в  $h_{21э}$  раз больше ( $h_{21э}$  – коэффициент усиления транзистора по току в схеме с общим эмиттером). Переменная составляющая напряжения пульсаций прикладывается к переходу база-коллектор и выделяется на транзисторе VT1. В коллекторном и эмиттерном токах переменная составляющая практически отсутствует, поэтому пульсации в нагрузке малы. Коэффициент полезного действия (КПД) транзисторного фильтра будет тем больше, чем меньше падение постоянного напряжения на транзисторе VT1. Но при этом амплитуда переменной составляющей напряжения на транзисторе не должна превышать значение постоянного напряжения на нём, иначе фильтр потеряет свою работоспособность. Применение транзисторных фильтров на выходе однофазных выпрямителей без предварительного фильтра невозможно [4, с. 71], [5, с. 60].

2. Принцип работы активного транзисторного фильтра. Подадим на коллектор транзистора VT1 напряжение с большой переменной составляющей. Будем помнить, что у транзисторов токи коллектора и эмиттера при

постоянном токе базы мало зависят от напряжения коллектора. Установим режим транзистора таким, чтобы его рабочая точка лежала на плоской части выходной характеристики. Через элементы  $R_b$  и  $C_b$  на базу транзистора поступает постоянный ток с малой переменной составляющей (переменная составляющая сглажена RC-цепочкой). Токи коллектора и эмиттера будут почти постоянными. Значит, ток через нагрузку будет почти постоянным и выходное напряжение фильтра, прикладываемое к нагрузке, будет иметь малую переменную составляющую.

3. При большом токе через нагрузку можно применить составной транзистор (смотрите рис. 2), который может быть собран по схеме Дарлингтона. Общий коэффициент усиления составного транзистора равен произведению коэффициентов усиления входящих в его состав отдельных транзисторов [6, с. 43]. То есть если один транзистор имеет  $h_{21э} = 80$ , а другой  $h_{21э} = 30$ , то общий  $h_{21э} = 2400$ . Общий  $h_{21э}$  и вносим в исходные данные программы. Применение составного транзистора увеличивает коэффициент сглаживания пульсации [1, с. 75]. У составного транзистора ток базы меньше, что также позволяет увеличить сопротивление резистора и уменьшить ёмкость конденсаторов в цепи базы.

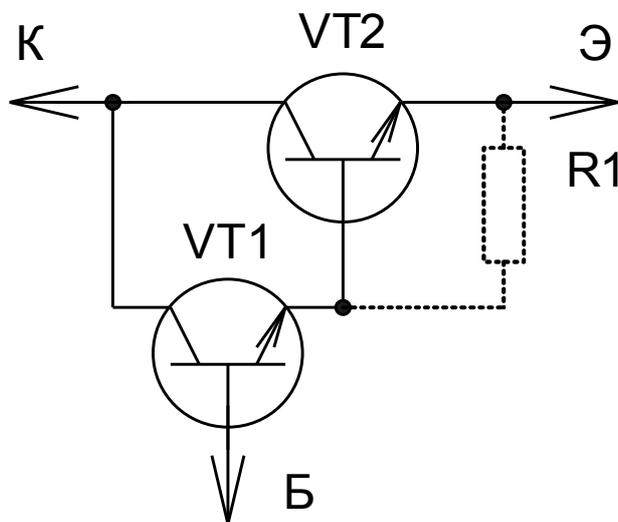


Рис. 2. Принципиальная схема составного транзистора Дарлингтона.

Относительно маломощный транзистор  $VT1$  должен иметь больший коэффициент усиления, чем мощный транзистор  $VT2$ .

Коэффициент сглаживания пульсаций транзисторного фильтра тем больше, чем больше статический коэффициент усиления транзистора и соотношение

$$\frac{R}{X_c} = R \cdot m \cdot \omega \cdot C \ .$$

Коэффициент сглаживания в сильной степени зависит от соотношения входного сопротивления транзистора  $R_{вх}$  и сопротивления конденсатора

$X_c = \frac{1}{m \cdot \omega \cdot C}$ . Чем больше соотношение  $R_{вх} / X_c$ , тем лучше коэффициент фильтрации [4, с. 71]. Однако входное сопротивление транзистора мало, что приводит к необходимости установки конденсаторов большой ёмкости.

4. Транзисторные фильтры не стабилизируют постоянной составляющей выпрямленного напряжения, и напряжение на нагрузке изменяется соответственно изменению входного напряжения выпрямителя. Если вместо конденсатора  $C_b$  в активный фильтр включить стабилитрон, обладающий малым динамическим сопротивлением, то устройство (смотрите рис. 3) будет не только сглаживать пульсацию напряжения, но и стабилизировать выходное напряжение, поддерживая напряжение на нагрузке неизменным с определённой степенью точности [4, с. 72].

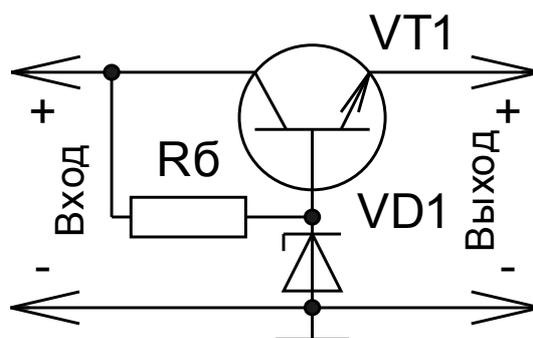


Рис. 3. Принципиальная схема транзисторного фильтра, обладающего стабилизирующими свойствами.

5. Минимально допустимое напряжение конденсатора  $C_b$  должно быть равно входному напряжению фильтра плюс амплитуде напряжения пульсации и с учётом запаса по напряжению, то есть равно допустимому напряжению коллектор-эмиттер  $VT1$ . Весьма желательно взять конденсатор с рабочим напряжением, большим рассчитанного минимально допустимого.

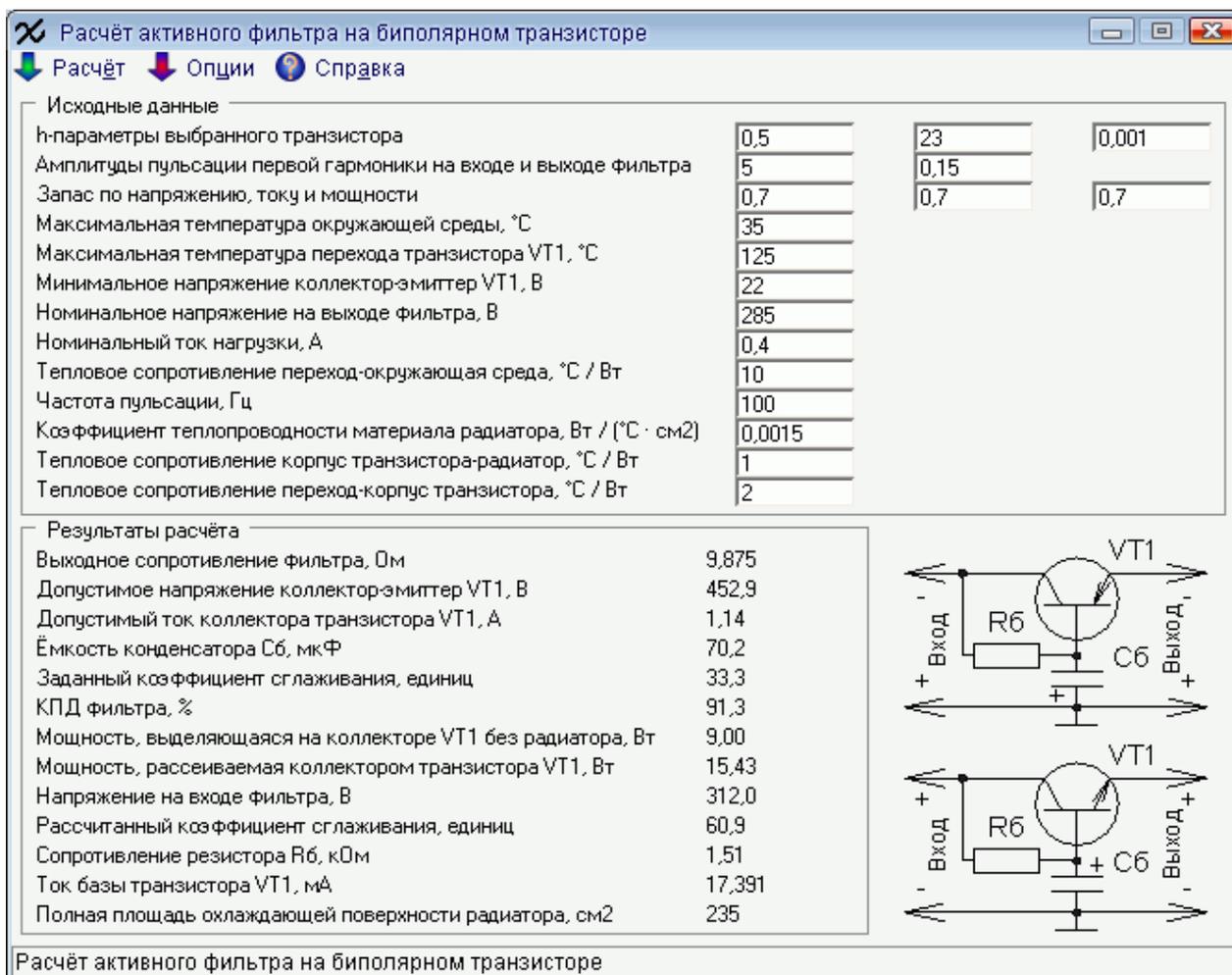
6. Относительно исходных данных, которые требуется вписать в поля ввода.

Коэффициент теплопроводности материала радиатора,  $Вт / (°C \cdot см^2)$  задаётся в пределах от  $0,0005 Вт / (°C \cdot см^2)$  для самого худшего случая до  $0,002 Вт / (°C \cdot см^2)$  для наиболее эффективного радиатора [1, с. 97].

В поле ввода «Максимальная температура перехода транзистора  $VT1$ ,  $°C$ » вносим для германиевого транзистора температуру  $85 °C$ , а для кремниевого  $125 °C$ . Эти значения можно уточнить по справочнику.

## Справка по программе «Active filter 4.0.0.0»

7. В основном окне программы расположены поля ввода числовых значений. Расчёт осуществляется после нажатия на кнопку «Расчитать!» . После заполнения всех полей ввода при нажатии на кнопку расчёта в нижней части окна появятся результаты вычислений (смотрите рис. 4). Вызвать файл справки можно, нажав на клавиатуре клавишу F1.



Исходные данные			
h-параметры выбранного транзистора	0,5	23	0,001
Амплитуды пульсации первой гармоники на входе и выходе фильтра	5	0,15	
Запас по напряжению, току и мощности	0,7	0,7	0,7
Максимальная температура окружающей среды, °C	35		
Максимальная температура перехода транзистора VT1, °C	125		
Минимальное напряжение коллектор-эмиттер VT1, В	22		
Номинальное напряжение на выходе фильтра, В	285		
Номинальный ток нагрузки, А	0,4		
Тепловое сопротивление переход-окружающая среда, °C / Вт	10		
Частота пульсации, Гц	100		
Коэффициент теплопроводности материала радиатора, Вт / (°C · см <sup>2</sup> )	0,0015		
Тепловое сопротивление корпус транзистора-радиатор, °C / Вт	1		
Тепловое сопротивление переход-корпус транзистора, °C / Вт	2		

Результаты расчёта	
Выходное сопротивление фильтра, Ом	9,875
Допустимое напряжение коллектор-эмиттер VT1, В	452,9
Допустимый ток коллектора транзистора VT1, А	1,14
Ёмкость конденсатора Сб, мкФ	70,2
Заданный коэффициент сглаживания, единиц	33,3
КПД фильтра, %	91,3
Мощность, выделяющаяся на коллекторе VT1 без радиатора, Вт	9,00
Мощность, рассеиваемая коллектором транзистора VT1, Вт	15,43
Напряжение на входе фильтра, В	312,0
Расчитанный коэффициент сглаживания, единиц	60,9
Сопротивление резистора Rб, кОм	1,51
Ток базы транзистора VT1, мА	17,391
Полная площадь охлаждающей поверхности радиатора, см <sup>2</sup>	235

Рис. 4. Скриншот основного окна программы.

8. После клика по кнопке «О программе...» в меню «Справка»  на экране появится новое окно. Оно будет располагаться поверх предыдущего. При нажатии на одну из кнопок меню «Примеры»  в поля ввода будут записаны типичные значения исходных данных. При нажатии на кнопку «Очистка данных»  исходные данные и результаты расчёта будут стёрты, а программа переведена в исходное состояние.

9. Программа позволяет сохранять в текстовый файл исходные данные и результаты расчётов. Для того, чтобы вызвать диалог сохране-

## Справка по программе «Active filter 4.0.0.0»

ния, необходимо после осуществления расчёта нажать на кнопку «Сохранить как...»  или на клавиатуре нажать Ctrl + S.

10. В поля ввода исходных данных записываются целые и дробные числа. Вводить значение чисел текстом (например, «сорок») не допускается – в противном случае программа выведет окно, в котором сообщит об ошибке ввода. Сообщение об ошибке не будет выведено при попытке ввести значение со знаком «+» перед цифрами. При вводе знак «плюс» подразумевается, его писать не нужно. При расчёте отрицательные числа не используются, их вводить не следует.

Операционные системы Windows с русской локализацией по умолчанию используют для отделения дробной части числа от целой разделительную запятую. Однако операционную систему можно настроить так, что разделительной будет точка. Международные (англоязычные) версии Windows по умолчанию используют разделительную точку. Если операционная система использует разделительную запятую, то и в программе «Active filter 4.0.0.0» следует пользоваться запятой, а если система использует точку – то точкой. Исходя из вышесказанного, при вводе чисел следует учитывать настройки вашей операционной системы.

Определить тип разделительного знака можно, введя дробное число в стандартную программу «Калькулятор».

11. Какие библиотеки использует «Active filter 4.0.0.0»? Программа использует 10 динамических библиотек производства корпорации Майкрософт: advapi32.dll (613 Кбайт) – расширенная библиотека API Windows 32; comctl32.dll (544 Кбайт) – common controls library; comdlg32.dll (272 Кбайт) – библиотека общих диалоговых окон; gdi32.dll (244 Кбайт) – GDI client DLL; kernel32.dll (914 Кбайт) – библиотека клиента Windows NT BASE API; ole32.dll (1,22 Мбайт) – Microsoft OLE для Windows; oleaut32.dll (556 Кбайт) – Microsoft OLE 3.50 for Windows NT<sup>(TM)</sup> and Windows 95<sup>(TM)</sup> Operating Systems; shell32.dll (7,96 Мбайт) – общая библиотека оболочки Windows; user32.dll (547 Кбайт) – библиотека клиента USER API Windows XP; version.dll (16 Кбайт) – version checking and file installation libraries.

Размер библиотек указан для системы Windows XP Home Edition.

Общий размер библиотек 12,82 Мбайт. Все эти библиотеки являются системными и присутствуют в Вашей операционной системе сразу после типовой инсталляции последней. Если какой-либо из библиотек в системе нет – значит, с операционной системой не всё в порядке.

## Литература

1. Артамонов Б. И., Бокуняев А. А. Источники электропитания радиоустройств: Учебник для техникумов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с., ил. (Страницы 68 – 99).
2. Вересов Г. П. Электропитание бытовой радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1983. – 128 с., ил. (Страницы 55 – 57).
3. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчёт. Под редакцией Додика С. Д. и Гальперина Е. И. – М.: Советское радио, 1969. – 448 с., ил. (Страницы 203 – 226).
4. Китаев В. Е., Бокуняев А. А. Проектирование источников питания устройств связи. Учебное пособие. – М., Связь, 1972. – 200 с., ил. (Страницы 70 – 76).
5. Проектирование стабилизированных источников электропитания радиоэлектронной аппаратуры / Л. А. Краус, Г. В. Гейман, М. М. Лапиров-Скобло, В. И. Тихонов. – М., Энергия, 1980. – 288 с., ил. (Страницы 60 – 61).
6. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Перевод с немецкого. – М.: Мир, 1982. – 512 с., ил. (Страницы 43 – 44).