

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕЦИЗИОННЫЕ И ЭКОНОМИЧНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ NATIONAL SEMICONDUCTOR

Компания **National Semiconductor** выпускает широкую номенклатуру прецизионных операционных усилителей на основе запатентованной технологии **VIP50**. В статье рассказывается об их характеристиках и отличии от операционных усилителей других фирм-производителей. Здесь также представлена информация о программном обеспечении **Amplifier WEBENCH™**, с помощью которого можно не только выбрать нужный усилитель, но и рассчитать основные классические схемы на ОУ.

Компания National Semiconductor (NSC) считает аналоговые электронные компоненты приоритетным направлением своего развития. Разработка аналоговой электроники идет по пути улучшения параметров точности и стабильности при постоянном снижении напряжения питания и потребляемой мощности. Ощутимый скачок в развитии аналоговой техники National Semiconductor произошел благодаря ее новому технологическому процессу, позволяющему удачно совмещать биполярную и КМОП технологии на одном кристалле. Этот процесс получил название VIP50 (Vertically Integrated PNP – вертикально интегрированные PNP транзисторы). Многие прецизионные операционные усилители (ОУ) имеют низкое напряжение смещения, но сильно проигрывают по другим параметрам – току смещения, потребляемой мощности, частотным характеристикам и т.д. Благодаря внедрению новой технологии VIP50 компании National Semiconductor удалось совместить целый ряд прежде несовместимых параметров ОУ. Интегральные схемы, выполненные по технологии VIP50, позволяют оптимально совместить биполярные PNP и NPN транзисторы, полевые МОП-транзисторы и тонкопленочные резисторы с лазерной подстройкой. Созданные в соответствии с VIP50, микросхемы имеют более

высокие показатели точности и стабильности параметров, меньшее энергопотребление и существенно сниженный уровень шумов.

Технология VIP50 была номинирована читателями и редакторами широко известного издания EDN Magazines ([www.edn.com](http://www.edn.com)) как лучший технологический процесс 2005 года по производству прецизионных операционных усилителей. Особенность данной технологии состоит в вертикальной структуре транзисторов, снижении потребления энергии до 90% из-за уменьшения паразитных токов благодаря технологии кремний на изоляторе, передовой структуре входного каскада с минимальными шумами и улучшении согласования параметров элементов микросхем методом лазерной подгонки резисторов.

Конечно, добиться таких высоких успехов National Semiconductor удалось в первую очередь благодаря многолетней истории фирмы и постоянному развитию технологий. Здесь можно остановиться и вспомнить некоторые основные даты в ранней истории компании:

- 1969 – выпуск первого стабилизатора напряжения **LM109**;
- 1970 – разработка и выпуск первого операционного усилителя на транзисторах с высоким коэффициентом тока (Super Beta);
- 1972 – разработка и производство легендарного ОУ с одно-



### Новые модули управления питанием

Компания National Semiconductor объявила о выпуске двух новых модулей управления питанием LP3905 и LP3906. Они оптимальны для использования в среднечастотных приложениях с четырьмя выходами, таких как процессоры цифровой обработки сигнала и микропроцессоры, а также микросхемы программируемой логики.

Модуль **LP3905** доступен в миниатюрном корпусе 4x4 мм с 14 выводами и характеризуется расширенным рабочим температурным диапазоном. Она имеет два встроенных импульсных регулятора напряжения с рабочим током 600 А и линейный регулятор с ультранизким уровнем шума с рабочим током 150 А. Двойной регулятор напряжения имеет фиксированный и регулируемый уровень выходного напряжения от 1 В до 3,3 В с КПД 90%. При работе в режиме ШИМ оба регулятора имеют частоту включения 2 МГц, допуская использование малого количества внешних компонентов.

Модуль **LP3906** доступен в корпусе 4x5 мм с 24 выводами. Она обладает двумя высокоэффективными регуляторами с рабочим током 1,5 А и линейными регуляторами с рабочим током 300 А с интерфейсом, совместимым со стандартом I<sup>2</sup>C. Регуляторы напряжения имеют динамически программируемый уровень напряжения от 0,8 В до 3,5 В с КПД 96%. Линейные регуляторы имеют динамически программируемый широковыходной уровень напряжения от 1 В до 3,5 В.

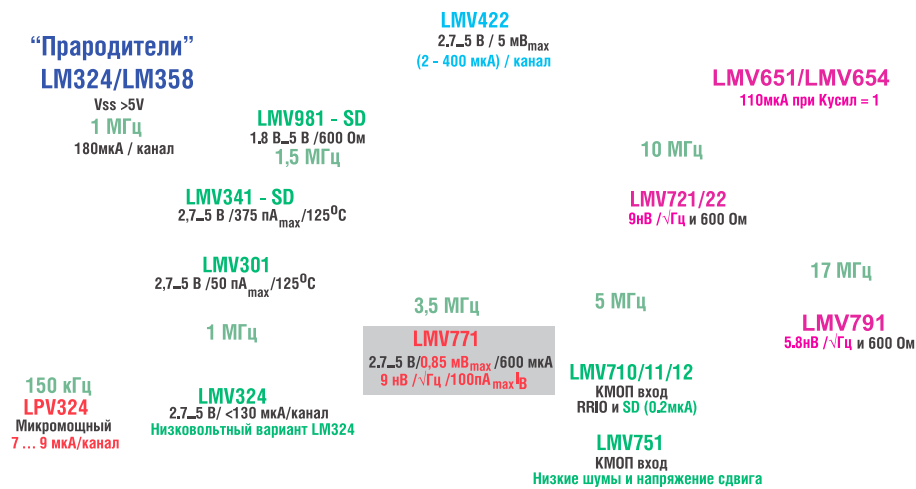
Применения: широкополосные процессоры, периферийные процессоры (видео и аудио), питание ввода-вывода, процессоры цифровой обработки сигнала, микросхемы программируемой логики.

полярным питанием **LM324**. Эта микросхема и по сей день выпускается многими производителями, несмотря на то, что есть новые усилители с гораздо лучшими параметрами;

Развитие операционных усилителей LVLP\*  
National Semiconductor



Большинство из этих усилителей работают от -40 до +125°C



\*LVLP - Low Voltage Low Power (низкое напряжение питания, низкое потребление)

Рис. 1. Развитие ОУ с низкими напряжениями питания и низким потреблением (LVLP)

Таблица 1. Параметры LMP7711, LMP7712 и прецизионных операционных усилителей от других производителей

Фирмы-производители					
Номенклатурная единица	LMP7711/ LMP7712	MCP6021	MAX4475	AD8615	AD8601
Упитания (В)	1,8...5,5	2,5...6,0	2,7...5,5	2,7...6,0	2,7...5,5
RRI (Rail-to-Rail Input)*	–	RRI	–	–	RRI
RRO (Rail-to-Rail Output)**			RRO		
Ивых. (мА)	12	30	48	50	30
Потр. max. (мА)	1,4	1,35	4,4	2,0	1,2
Исмещ.вход. (пА), типовое знач.	1	1	±1	0,2	0,2
Усмещ. (мкВ), макс. при 25°C	250	250	350	300	500
Темпер. дрейф Усмещ. (мкВ/°C)	1	±3,5	±6	2	2
Скорость нарастания (В/мкс)	10	7	3	12	6
Полоса пропускания (МГц)	15	10	10	20	8,4
Спектр. плотность шума (нВ/√Гц)	5 (при f = 1 кГц)	8,7 (при f = 10 кГц)	4,5 (при f = 1 кГц)	8 (при f = 1 кГц)	33 (при f = 1 кГц)
Спектральная плотность тока	0,01 пА/√Гц (тип.)	3 фА/√Гц (1 кГц)	0,5 фА/√Гц (1 кГц)	0,05 пА/√Гц	0,05 пА/√Гц
КОСС*** (CMRR) при 25°C (дБ), min.	85	74	90	74	74
Диапазон рабочих температур (°C)	-40...125	-40...125, (-40...85)	-40...125	-40...125	-40...125
PSRR**** (дБ)	85	74	90	67	67
Корпус(а)	SOT6/MSOP10	PDIP, SOIC, TSSOP	SOT6, uMAX6, TSSOP	SOT23-5, SOIC, TSSOP	SOT, MSOP, TSSOP

\* RRI (Rail-to-Rail Input) – допускается напряжение на входе от «шины до шины питания»

\*\* RRO (Rail-to-Rail Output) – напряжение на выходе от «шины до шины питания»

\*\*\* КОСС – коэффициент ослабления синфазного сигнала (CMRR – Common-mode Rejection Ratio)

\*\*\*\* PSRR – Power Supply Rejection Ratio – ослабление пульсаций источника питания

• 1974 – выпуск первого ОУ **LM156** с полевыми транзисторами на входе по технологии BI-FETTM (биполярные и полевые транзисторы на одном кристалле). В этом же году создается первый

стабилизатор с возможностью регулировки выходного напряжения **LM117**;

• 1978 – разработка легендарного ОУ **LM10** с минимальным напряжением питания всего 1,1 В.

• 1981 – выпуск первого LDO стабилизатора **LM2930**, выпускаемого и в наши дни;

• 1985 – появление на рынке первого высококачественного ОУ **LMC660**, выполненного по технологии КМОП;

• 1991 – выпуск прецизионного источника опорного напряжения (ИОН) с низким током потребления **LM4040**, который выпускается и в наше время.

Этот список можно расширить и продолжить, но перейдем к рисунку 1, на котором показано развитие ОУ National Semiconductor с низкими напряжениями питания и потребляемой мощностью.

Под низким напряжением питания подразумевается диапазон 0,9...5,5 В. Совсем недавно, осе-

нию 2006, NSC выпустила операционный усилитель **LMV951** с минимальным напряжением питания всего 0,9 В. Полоса пропускания усилителя составляет 2,7 МГц, сигналы на входе и выходе име-

ют уровень Rail-to-Rail (от шины до шины питания). Прародителями всех этих усилителей были «дедушки» **LM324** и **LM358**. Посмотрите внимательно, где бы они находились со своими параметрами на рисунке 1. Однако до сих пор они есть на складах у многих поставщиков электронных компонентов. Гордостью компании среди усилителей, показанных на рисунке 1, являются **LMV651/LMV654** (одиночный/четверенный) и **LMV791**, произведенные на основе процесса VIP50. Усилители LMV651/LMV654 задают новый стандарт соотношения быстродействие/потребление по сравнению с ОУ от других ведущих мировых производителей аналоговых компонентов. Это наглядно показано на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что при одинаковой потребляемой мощности усилители LMV651/LMV654 имеют полосу пропускания в 10 раз шире, чем усилители, изготовленные по другим технологиям. При потребляемом токе 110 мкА полоса пропускания LMV651 составляет 12 МГц. Дальнейшее развитие прецизионных и микроощных ОУ показано на рисунке 3.

По утверждению сотрудников компании National Semiconductor, к наиболее прецизионным ОУ по сочетанию нескольких параметров относятся усилители **LMP7711/LMP7712** (одиночный/сдвоенный). Параметры для сравнения с высокоточными усилителями одного класса приведены в таблице 1.

У каждого усилителя, представленного в таблице 1, есть по крайней мере один параметр, по которому он превосходит остальные, но ОУ LMP7711/LMP7712 выигрывают по комплексу параметров. Однако это совершенно не означает, что остальные ОУ не могут быть востребованы. В любом случае, все зависит от выбора разработчика.

Популярность устройств с автономным питанием стимулирует производителей выпускать интегральные схемы с минимальным

### LMV651 – Low Voltage, Low Power Op Amp

(ОУ с низким напряжением питания и малым потреблением)

Свойства:

- Ток потребления 110 мкА
- Полоса пропускания 12 МГц
- Устойчивость при нагрузке до 500 пФ
- Низкое входное напряжение сдвига (менее 1 мВ)
- Диапазон рабочих температур -40 ... +125°C
- Ультраминиатюрный корпус SC70-5

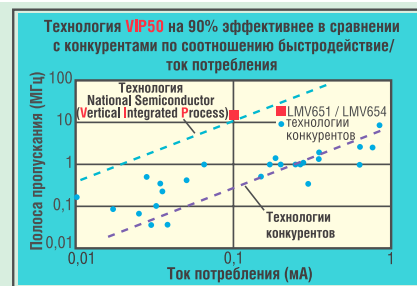


Рис. 2. Технология VIP50 задает новый стандарт соотношения быстродействия и потребления

### Дальнейшее развитие операционных усилителей LVLV National Semiconductor

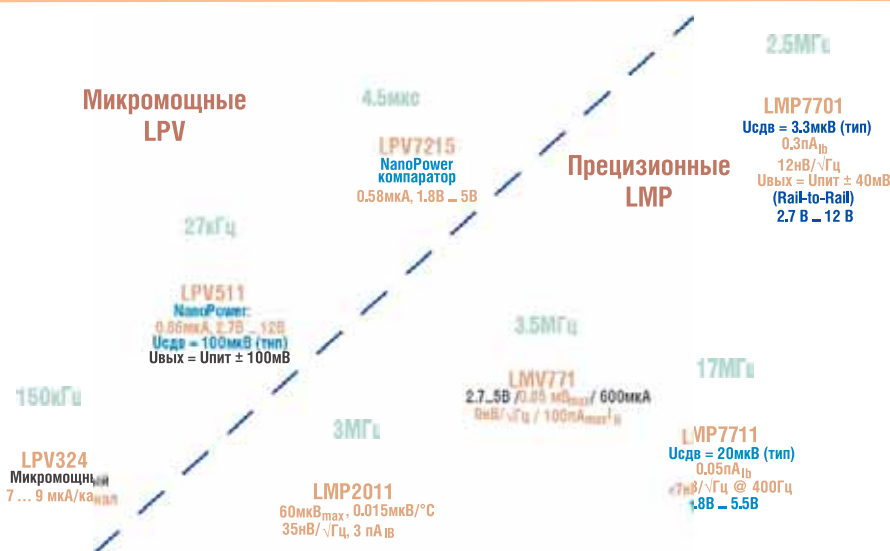


Рис. 3. Развитие микроощных и прецизионных ОУ National Semiconductor

### LPV531 – микроощный ОУ с потребляемой мощностью менее 15 мкВт

Свойства:

- Программируемая полоса пропускания:
  - 73 кГц при токе потребления 5 мкА
  - 625 кГц при токе потребления 42 мкА
  - 4,6 МГц при токе потребления 425 мкА
- КОСС (коэффициент ослабления синфазного сигнала) = 95 дБ (мин.)
- Rail-to-Rail выход
- Упит = 2,7 - 5,5В
- корпус SOT23-6

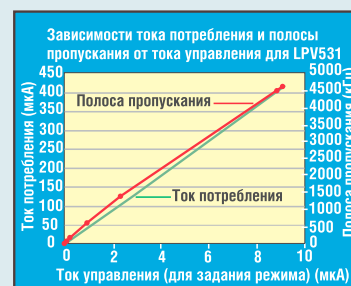


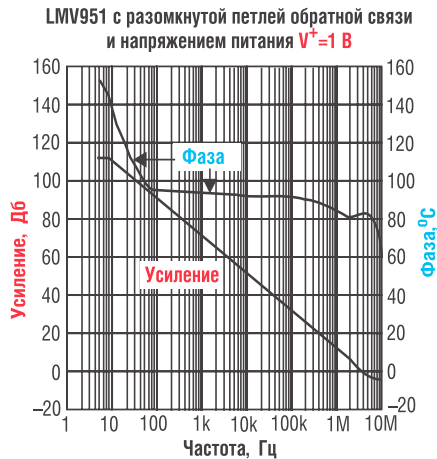
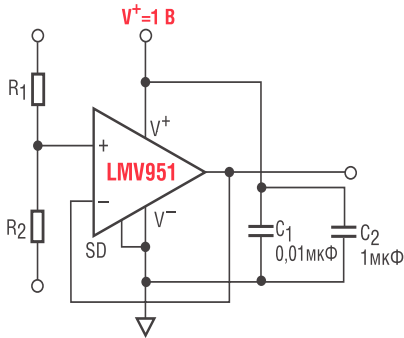
Рис. 4. Зависимость полосы пропускания LPV531 от программируемого тока потребления

потреблением и возможностью компромиссного выбора между быстродействием (полосой пропускания) и потреблением. К представителям этого класса устройств относится ОУ **LPV531**, потребляемая мощность которого составля-

ет менее 15 мкВт. Зависимость полосы пропускания от выбранного тока потребления для LPV531 показана на рисунке 4.

Необходимо обратить внимание читателя на логотип EDN Innovation на рис. 4. Это говорит

**LMV951 1 В, 2,7 МГц, Rail-to-Rail вход и выход, наличие входа управления Shutdown**



Упит = 0.9 - 3В (приводятся гарантированные параметры для однополярного питания 1 и 1.8В)  
 При Упит = 1В полоса пропускания составляет 2,7 МГц, выходной ток до 35/45 мА.  
 В режиме ожидания (Shutdown) ток потребления составляет менее 50 нА.  
 Рабочий диапазон температур от -40 до 125°C

Рис. 5. LMV951 – ОУ с минимальным напряжением питания 0,9 В

о престижной номинации «Продукт года 2005», которой удостоен ОУ LPV531 изданием EDN Magazine. Если читателя заинтересовал экономичный усилитель LPV531, то новый операционный усилитель LMV951 с напряжением питания 0,9...3 В просто обязан обратить на себя внимание. Компания National semiconductor приводит для LMV951 гарантированные параметры при однополярном напряжении питания 1 В и 1,8 В. При питании от 1 В полоса пропускания LMV951 составляет 2,7 МГц. Остается только добавить к этому наличие входа управления Shutdown и рабочий диапазон температур от -40 до 125°C. Частотные характеристики и основные параметры LMV951 приведены на рисунке 5.

Если есть возможность использовать для питания высокоточной измерительной аппаратуры напряжение в диапазоне от 2,7 В до 12 В, то следует обратить внимание на прецизионные усилители LMP7701/02/04 (одиночный/сдвоенный/четверенный). Эти ОУ характеризуются очень высоким коэффициентом ослабления синфазного сигнала (130 дБ), низким входным напряжением сдвига (максимальное значение 200...220 мкВ), малым входным током смещения ( $\pm 200$  фА), высоким коэффициентом усиления при разомкнутой цепи обратной связи (130 дБ). Приведенный ко входу шум составляет 9 нВ/Гц. Полоса единичного усиления около 2,5 МГц, автомобильный диапазон рабочих температур (-40...125°C) и, конечно, Rail-to-Rail вход и выход.

У компании National Semiconductor есть еще много заслуживающих внимания операционных усилителей, но сделать оптимальный выбор нужного прибора позволит очень удобное бесплатное программное обеспечение Amplifier WEBENCH™. Это уникальное программное обеспечение позволяет не только выбрать нужный усилитель, но и получить

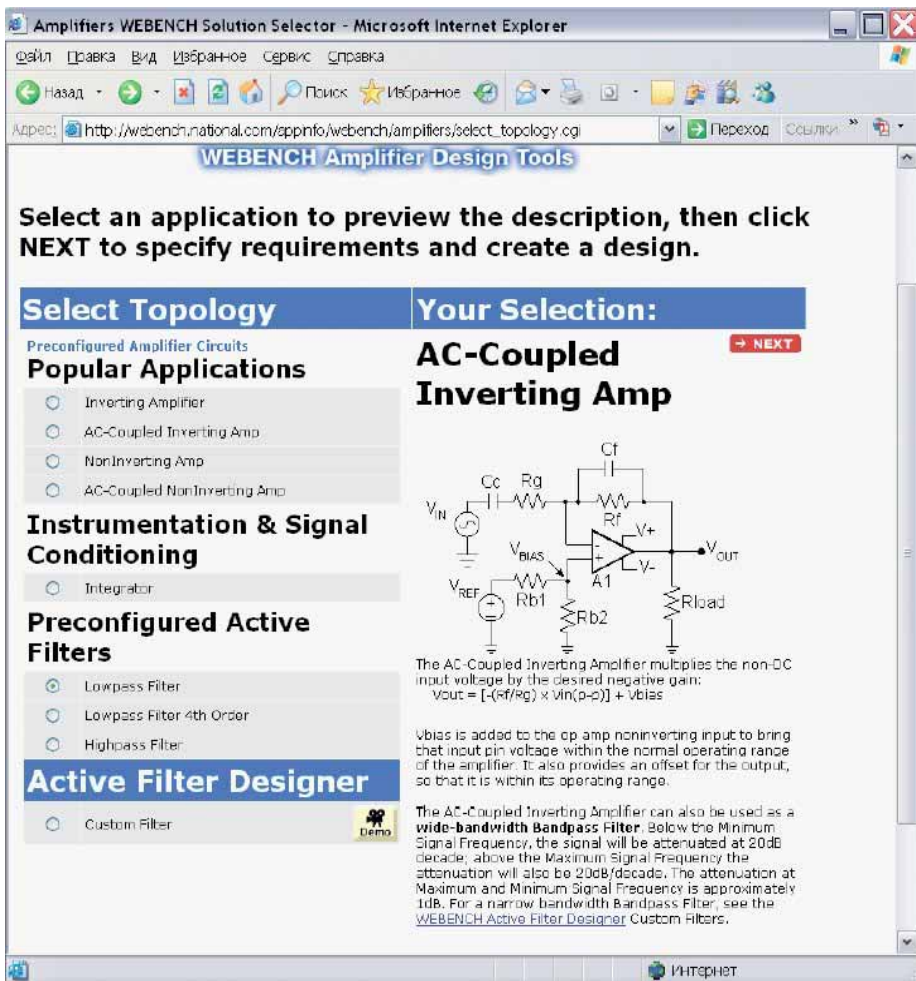


Рис. 6. Окно программы WEBENCH для выбора типа рассчитываемой схемы на ОУ

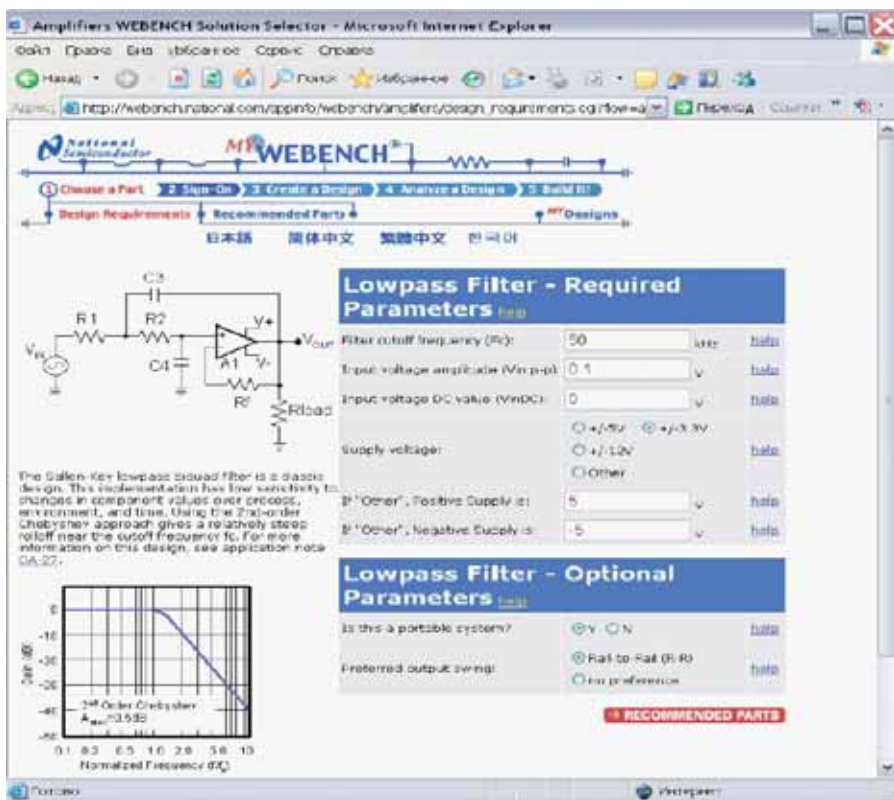


Рис. 7. Задание необходимых параметров для расчета схемы

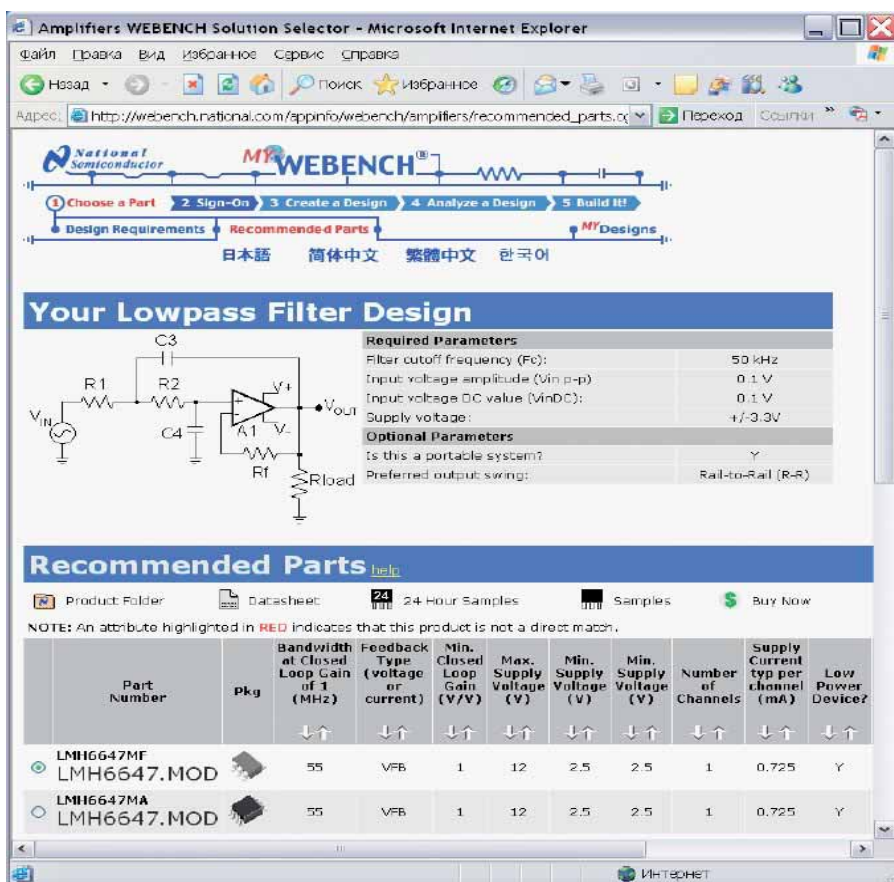


Рис. 8. Полученные рекомендуемые наименования операционных усилителей для фильтра

готовую принципиальную схему, рассчитать номиналы компонентов, получить наименования и аналоги пассивных компонентов от ведущих мировых производителей, проанализировать построенные программой частотные характеристики и графики.

Пользоваться WEBENCH очень просто. Заходим на сайт [www.national.com](http://www.national.com). Нажимаем кнопку “WEBENCH Tolls/ Amplifiers” и попадаем в раздел программы для расчета схем на операционных усилителях (см. рисунок 6).

С помощью WEBENCH можно рассчитать основные классические схемы на ОУ, а также активные фильтры, что часто вызывает серьезные затруднения у разработчиков. Например, для расчета фильтра нижних частот (Lowpass Filter) указываем нужный тип схемы (см. рисунок 6) и нажимаем далее кнопку “NEXT”. Получаем следующее окно (см. рисунок 7).

Далее задаем необходимые параметры и нажимаем кнопку “RECOMMENDED PARTS” для получения списка рекомендуемых наименований операционных усилителей (см. рисунок 8).

Далее выбирается один из предлагаемых усилителей и продолжается расчет схемы с учетом параметров выбранного конкретного ОУ. Можно проделать аналогичный расчет для другого выбранного усилителя и сравнить полученные характеристики.

В 2005 году программа online-проектирования активных фильтров на операционных усилителях National Semiconductor’s WEBENCH Active Filter Designer отмечена изданием EDN Magazine как победитель среди средств разработки online-проектирования.

По вопросам получения технической информации, заказа образцов и поставки обращайтесь в компанию КОМПЭЛ.

E-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru).