

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

АЛЕКСАНДР ГУБА, к. т. н, руководитель исследовательского центра СЭЭТ, зав. кафедрой электроники и микропроцессорной техники, ДГТУ; **АЛЕКСАНДР СЕМИЛЯК**, доцент кафедры электроники и микропроцессорной техники, ДГТУ
РАСУЛ КИШОВ, инженер исследовательского центра СЭЭТ, ДГТУ

Одним из направлений деятельности исследовательского центра «Современные электронные элементы и технологии» (СЭЭТ) Дагестанского государственного технического университета (ДГТУ) является разработка контрольно-измерительного и специализированного оборудования, используемого в учебном процессе и научных исследованиях. В статье рассказывается о новой разработке центра — генераторе сигналов специальной формы.

Среди измерительных приборов одной из наиболее представительных является группа разнообразных генераторов — устройств, предназначенных для выработки испытательных электрических сигналов с различными амплитудными и временными параметрами. Наиболее универсальными приборами из этой группы представляются генераторы сигналов специальной формы.

Изготовлением генераторов сигналов специальной формы занимаются как отечественные производители, так и зарубежные компании, в частности Agilent Technologies, Rohde@Schwarz и другие. Некоторые генераторы содержат также источники шумовых сигналов, как правило, псевдослучайной последовательности, что позволяет проводить исследования в области цифровой фильтрации. В целом эти генераторы характеризуются очень высокими качественными показателями, однако их стоимость, достигающая в ряде случаев десятки тысяч долларов, не способствует их широкому использованию. К тому же, далеко не во всех проектах и исследованиях требуется наличие всех форм имеющихся электрических колебаний, расширенный частотный диапазон, а

многие сервисные функции генераторов явно излишни.

Основываясь на этих соображениях, в исследовательском центре «Современные электронные элементы и технологии» ДГТУ был разработан и изготовлен генератор сигналов специальной формы (см. рис. 1). В основу разработки генератора для применения его в реальных проектах, связанных в том числе с цифровой фильтрацией сигналов, были положены следующие требования:

- прибор должен генерировать электрические колебания синусоидальной, прямоугольной со скважностью равной двум и треугольной форм в диапазоне частот 10 Гц...150 кГц и амплитудой выходных сигналов не менее 1 В;
- необходимо предусмотреть плавную регулировку частоты следования и амплитуды сигналов на выходе в пределах каждого из поддиапазонов;
- необходимо обеспечить высокую стабильность параметров выходных сигналов в установившемся режиме функционирования;
- ввести в состав прибора генера-

тор шумовых сигналов случайной последовательности в диапазоне 20 Гц...15 МГц и с размахом выходного напряжения (от пика до пика) до 1 В;

- предусмотреть возможность смешивания шумового сигнала с каждым из основных электрических колебаний.

Генерацию сигналов синусоидальной, прямоугольной и треугольной форм можно осуществить различными способами. Один из них предполагает формирование прямоугольного колебания с требуемыми параметрами и последующим преобразованием его в треугольное, из которого в дальнейшем получают и синусоидальные колебания. Возможен и другой, более простой по реализации, вариант преобразований, подразумевающий генерацию в качестве исходного сигнала синусоидального колебания, из которого последовательно можно получить прямоугольное и далее треугольное колебание. Этот вариант и применяется в предлагаемом генераторе.

В общем случае под шумовым сигналом понимается переменное напряжение или мощность, частотные и амплитудные параметры которых носят случайный характер. Первичными источниками шума (задающими генераторами) могут служить вакуумные и полупроводниковые шумовые диоды, фотоэлектронные умножители, газоразрядные приборы, а также лавинно-пролетные диоды, стабилитроны, туннельные диоды и ряд других.

Выбор полупроводниковых стабилитронов для применения в разработке в качестве задающего генератора неслучаен. Исследовались шумовые характеристики различных источников, в том числе и стабилитронов. В последнем случае для экспериментов отбирались многочисленные типы



Рис. 1. Генератор сигналов специальной формы

элементов с различными механизмами электрического пробоя. Эксперименты показали целесообразность использования стабилитронов с лавинным характером пробоя типа 2С210Ж, способных генерировать шумовые сигналы в диапазоне частот 10 Гц...18 МГц со средним размахом выходного напряжения порядка 20 мВ при величинах обратных токов 120...140 мкА. К тому же, применение стабилитрона в качестве источника шума позволяет минимизировать аппаратные и энергетические затраты при реализации генератора шума.

Обобщенная структурная схема генератора сигналов специальной формы и генератора шумовых сигналов приведена на рисунке 2. Как следует из схемы, прибор состоит из последовательно включенных генераторов синусоидальных, прямоугольных и треугольных колебаний, коммутатора этих сигналов, блоков выбора поддиапазонов и сигнала, частотомера и блока индикации.

В свою очередь генератор шумовых сигналов содержит источник шума, выход которого подключен к входу управляемого усилителя, предназначенного для обеспечения требуемого размаха напряжения на выходе устройства. Для удобства использования генератора при проведении экспериментальных работ и исследований весь диапазон генерируемых шумовых сигналов был разнесен на пять поддиапазонов, выделение которых производилось блоком

фильтров. Сигналы требуемого диапазона через управляемый коммутатор подавались на вход буферного усилителя и далее, при необходимости, на второй вход смесителя, в то время как на его первый вход было подано одно из основных колебаний от соответствующего узла генератора сигналов специальной формы.

Электрическая схема генераторов синусоидальных, прямоугольных колебаний и блока выбора поддиапазона приведена на рисунке 3. Генератор синусоидальных колебаний выполнен на основе операционного усилителя DA4 типа AD8031, в цепи положительной обратной связи которого включен мост Вина-Робинсона [1]. Весь диапазон генерируемых колебаний разнесен на четыре поддиапазона, а плавная регулировка частоты производится сдвоенным потенциометром (в схеме обозначен через R15.1 и R15.2). Границы каждого диапазона определяются конденсаторами C2...C5 и C7...C10, подключаемыми к соответствующим цепям моста посредством электронного коммутатора на элементах DA1 и DA2 типа ADG513. Работой коммутатора управляет блок выбора поддиапазона, реализованный на элементах DD1 и DD2 типа CD4013.

Стабилизация амплитуды колебаний на выходе генератора обеспечивается элементами автоматической регулировки усиления в цепи обратной связи операционного усилителя. Ввиду отличия параметров цепи

автоматической регулировки усиления на верхних частотах в схеме дополнительно используется регулировочный элемент R22, который на диапазоне 150 кГц подключается коммутатором DA3.

Буферизацию выхода генератора синусоидальных колебаний и перенос этих сигналов в область положительной полярности напряжения выполняет операционный усилитель DA5.1 типа AD8032. С выхода буферного усилителя синусоидальные колебания поступают на вход формирователя прямоугольных сигналов, выполненного по типовой схеме триггера Шмидта на операционном усилителе DA5.2 типа AD8032.

Электрическая схема генератора треугольных колебаний (интегратора) приведена на рисунке 4. Интегратор непосредственно реализован на операционном усилителе DA3.1 типа AD8066, резисторе R13 и конденсаторах C11...C14. Каждый конденсатор соответствует одному из четырех поддиапазонов и включается в цепь обратной связи усилителя посредством коммутатора DA4 (ADG513), управляемого блоком выбора поддиапазонов. Поскольку постоянная времени интегрирования нормализована для нижней частоты каждого из поддиапазонов, с увеличением частоты следования сигналов прямоугольной формы, поступающих на вход интегратора, амплитуда сформированного треугольного колебания на его выходе будет уменьшаться. Нейтрализация

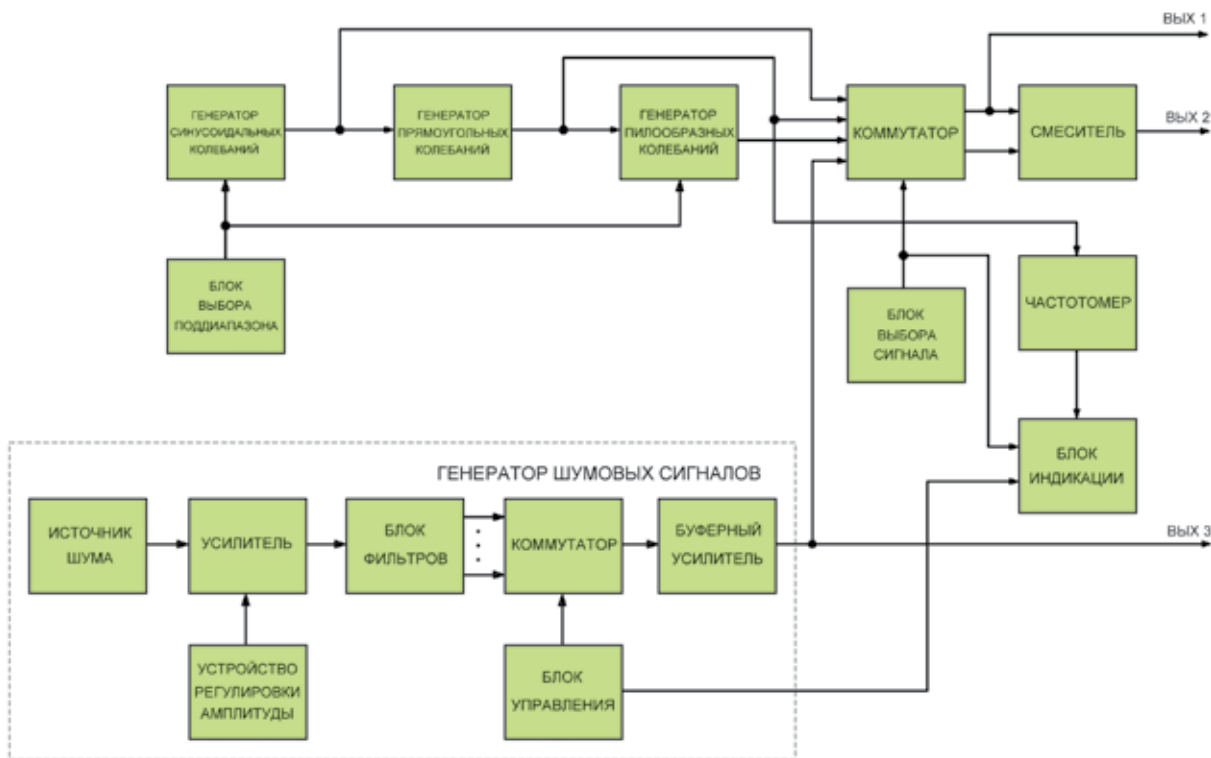


Рис. 2. Структурная схема генератора сигналов специальной формы

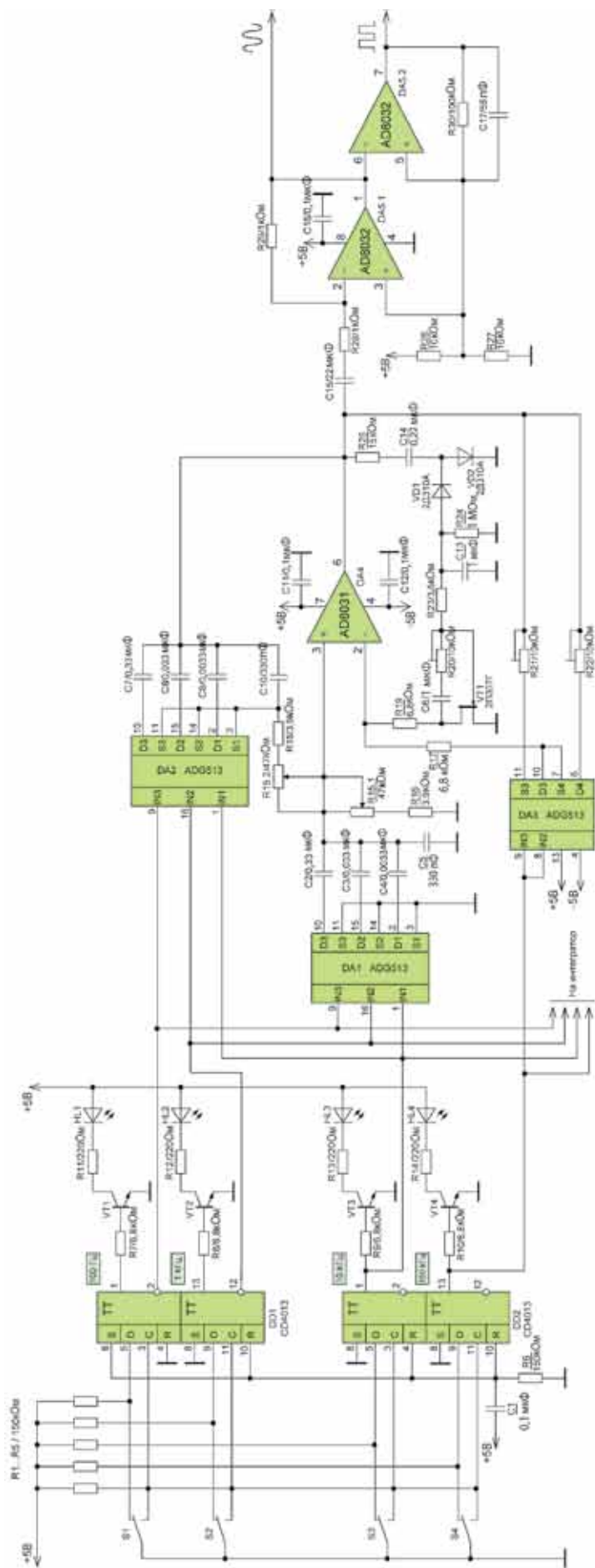


Рис. 3. Электрическая схема генераторов синусоидальных, прямоугольных колебаний и блока выбора поддиапазона

этого эффекта производится путем введения в схему системы автоматического регулирования амплитуды выходных колебаний интегратора, выполненной на элементах DA3.2, DA5, DA6, DA8 и DA9.

Основой этой части схемы является элемент DA8, представляющий собой усилитель с регулируемым по напряжению коэффициентом усиления типа AD605, на вход которого через буферный усилитель DA3.2 подается треугольное колебание с интегратора. Сигнал с выхода усилителя поступает на вход двухполупериодного выпрямителя на элементах DA6.1 и DA6.2, и после выпрямления и последующего интегрирования на элемент DA9(AD8065) напряжение, величина которого определяет коэффициент усиления усилителя DA8, подается на его входы управления. В результате уменьшение амплитуды сигнала на выходе интегратора компенсируется увеличением коэффициента усиления и наоборот.

Устранение дрейфа выходного напряжения в интеграторе производится путем подбора входного напряжения сдвига операционного усилителя DA3.1 на каждом из поддиапазонов с помощью соответствующих делителей напряжения R1...R12 и коммутатора DA1. Наряду с этим производится обнуление интегратора по завершении каждого цикла интегрирования через канал коммутатора DA7 типа ADG802. Процессом коммутации канала управляет одновибратор DD1 типа 74ALS121, вырабатывающий на каждом из поддиапазонов сигналы разных длительностей. Длительности этих сигналов обусловлены параметрами времязадающей цепи, состоящей из внутреннего резистора и одного из конденсаторов C7...C10, подключаемого к одновибратору коммутатором DA2.

Электрическая схема блока выбора сигнала и смесителя показана на рисунке 5. Смеситель колебаний реализован на операционном усилителе DA4.1 типа AD8032, на инвертирующий вход которого подается один из сигналов синусоидальной или треугольной формы. Вид подаваемого сигнала зависит от состояния управляющих сигналов, поступающих на коммутатор DA1 от блока выбора сигнала, выполненного на элементах DD1 типа 74ALS00 и DD2, DD3 типа CD4013. При необходимости на второй неинвертирующий вход смесителя через коммутатор DA2 подается сигнал с выхода генератора шума. Элементы DA3 (AD8029) и DA4.2 (AD8032) выполняют функцию буферных усилителей. Потенциометры R21 и R26 позволяют регулировать амплитуду сигналов на соответствующих выходах.

Электрическая схема блока фильтров, коммутатора и буферного усилителя представлена на рисунке 6.

► Получите больше информации: ti@mtgroup.ru

ARM® Cortex™-M4F первый контроллер в линейке

Ядро ARM® Cortex™-M4F

- до 80 МГц (100MIPS);
- FPU одинарной точности;

Память

- 256 KB Flash; 32 KB SRAM;
- Встроенный в ROM Stellaris DriverLib, BootLoader, AES tables, CRC;

Интерфейсы

- 2 x CAN 2.0 A/B;
- USB (full speed) OTG / Host / Device;
- 6 x UARTs с IrDA и поддержкой ISO7816;
- 6 x I2Cs;
- 4 x SPI (SSI);

Системная периферия

- 32-ух канальный DMA контроллер;
- Встроенный высокоточный генератор на 16МГц;
- 2 независимых Watchdog таймера;
- 6 x 32-bit и 6 x 64-bit таймера, RTC;
- Резервная область памяти и часы с батарейным питанием;
- Гибкое мультиплексирование выводов;

Управление двигателем

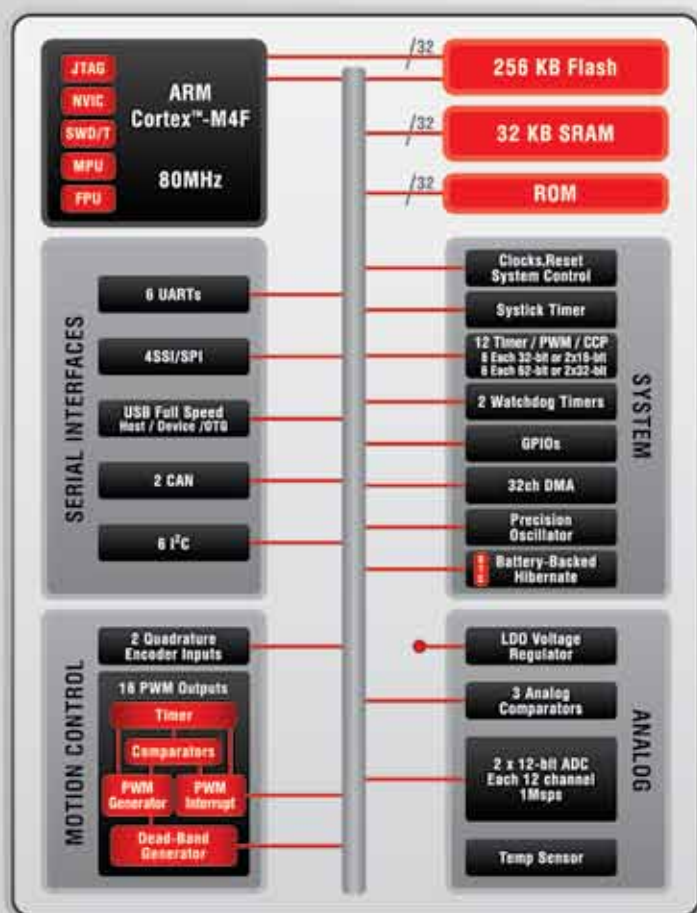
- 16-ти канальный PWM;
- 2 входа квадратурного энкодера;

Аналоговая периферия

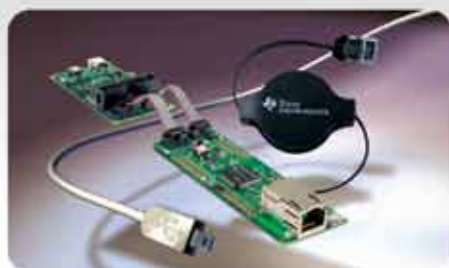
- 24-канальный 12-битный АЦП (2 независимых блока по 12 каналов);
- 3 аналоговых компаратора;
- Встроенный LDO;

Корпуса

- 64-LQFP, 100-LQFP, 144-LQFP, 108-BGA, 144-BGA.



Недорогая отладочная плата EK-LM4F232



Texas Instruments & MT-Систем

ARM Event
27-28 октября

Москва, Рэдиссон Блю Белорусская

Узнай больше: www.mt-system.ru/armevent



ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА • СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТОВ • СКЛАД

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

198099, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Калинина, д. 13 (м. Нарвская)
Тел.: +7 (812) 325-36-85
Факс: +7 (812) 786-85-79
E-mail: micro@mtgroup.ru

МОСКВА

Россия, Москва,
ул. Красноармейская, д. 11, корп.1
Тел.: +7 (495) 988-20-73
Факс: +7 (495) 988-20-74
E-mail: info@mosmtgroup.ru



MTsystem
www.mt-system.ru

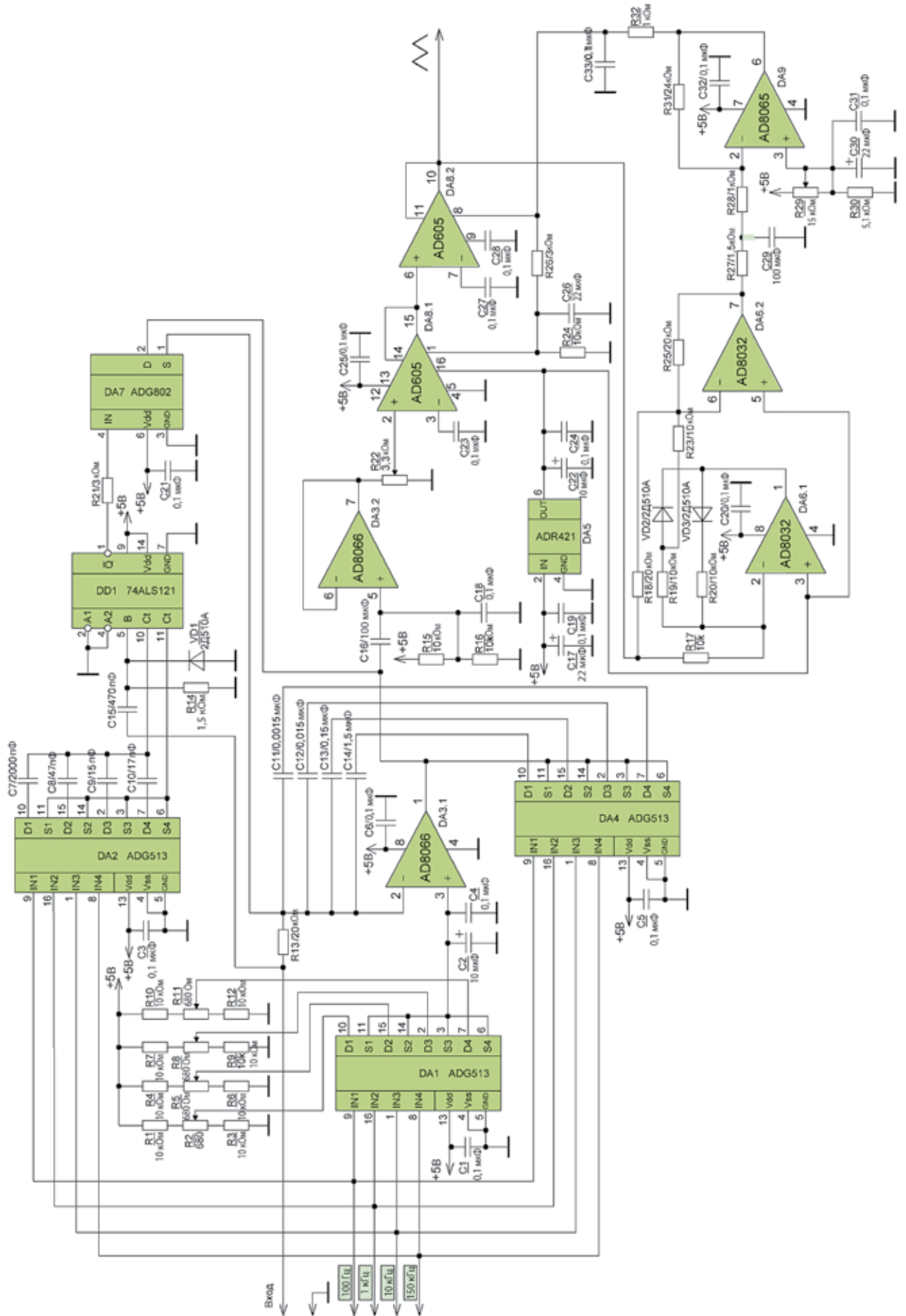


Рис. 4. Электрическая схема интегратора

через

10 лет

**производство
исчезнет.**



В том виде,
каким вы знаете
его сейчас

УЗНАЙТЕ БОЛЬШЕ



Скорость преобразования технологий растет с каждым днем. Наш сегодняшний опыт отличается от условий, в которых 20 лет назад создавалась компания Остек, так же как они отличались от условий, существовавших за 50 лет до этого. Работать в таком темпе трудно, но очень увлекательно и главное — единственно верно с точки зрения конкурентных перспектив. Именно это мы и помогаем делать нашим клиентам, обеспечивая комплексное развитие высокоэффективных производств передовой техники. Ведь успеха в будущем достигает тот, кто его создает, а не ждет, пока оно наступит.



ostec

БУДУЩЕЕ СОЗДАЕТСЯ

www.ostec-group.ru

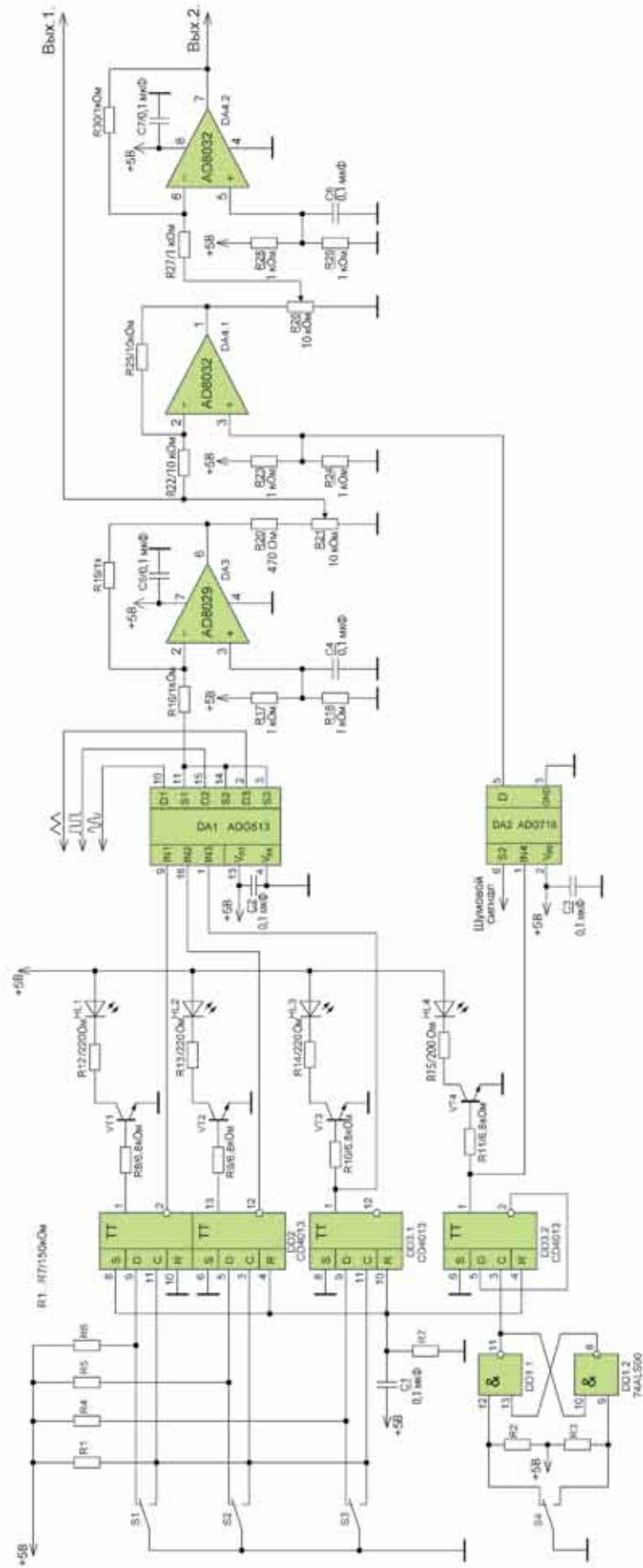


Рис. 5. Электрическая схема блока выбора сигнала и смесителя

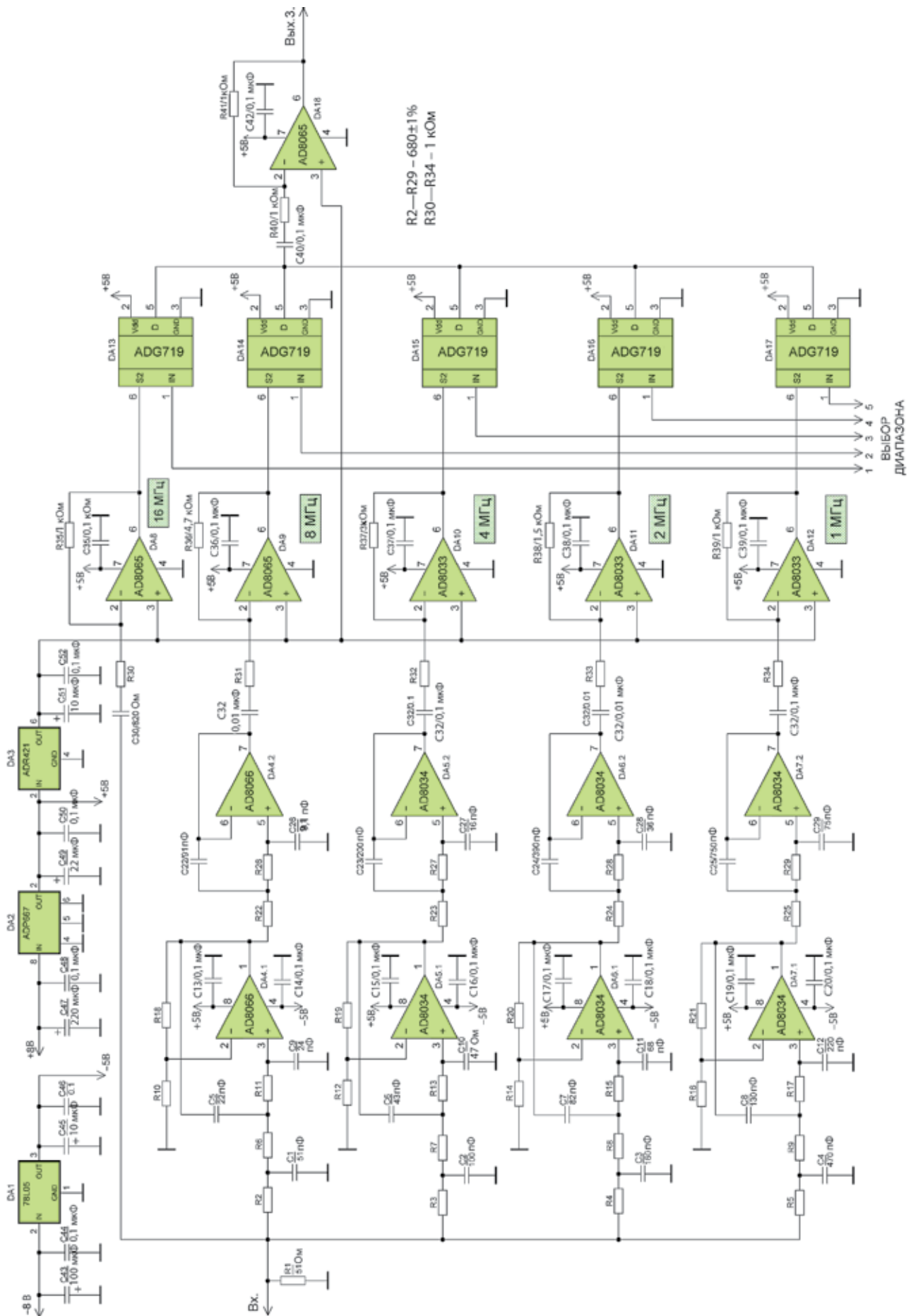


Рис. 6. Электрическая схема блока фильтров, коммутатора и буферного усилителя

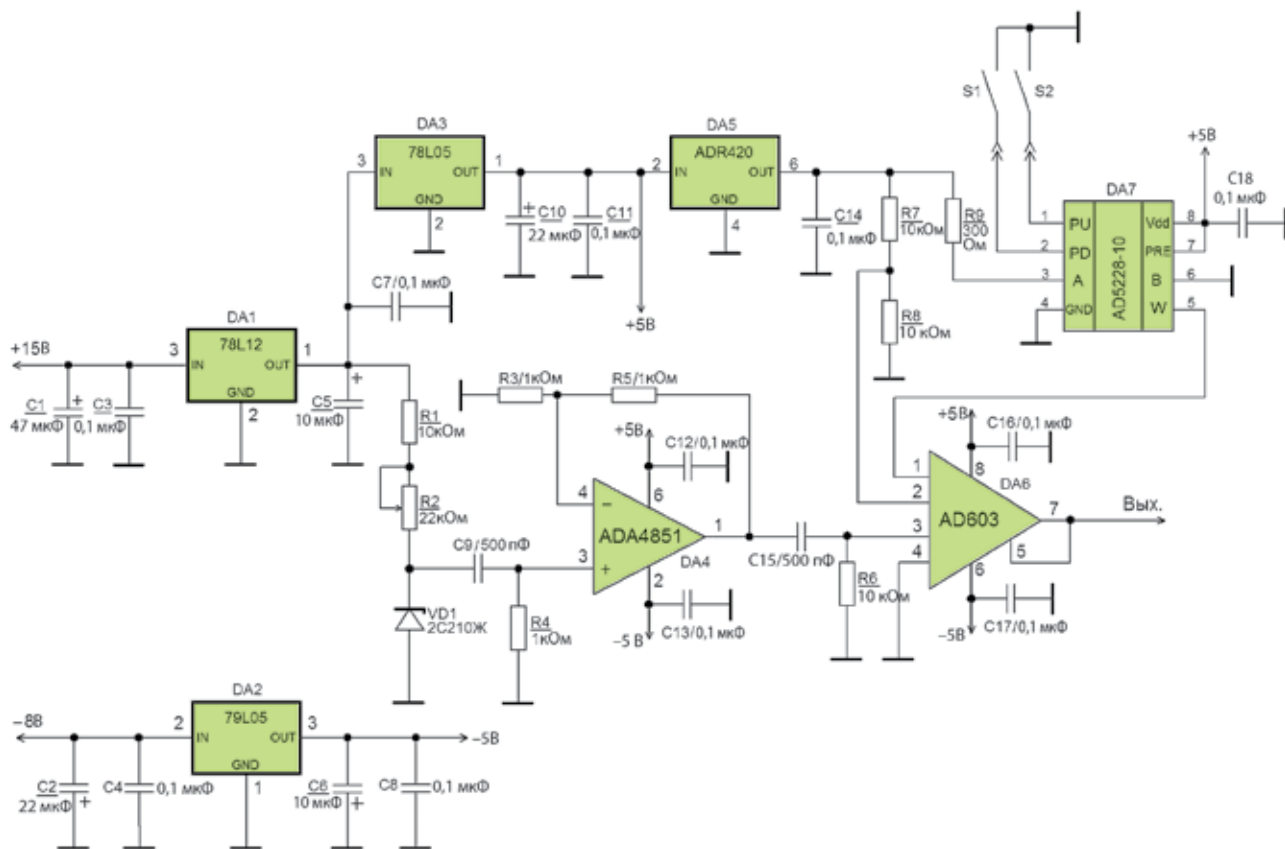


Рис. 7. Электрическая схема генератора шума

Выделение требуемого частотного поддиапазона шумового сигнала обеспечивают активные фильтры низких частот, зарекомендовавшие себя в предыдущих проектах [2]. За основу выбраны фильтры Баттерворта пятого порядка, отличающиеся плоской характеристикой в пределах полосы пропускания, а порядок, определяющий крутизну среза фильтра, достаточен для данного применения.

Весь частотный диапазон шумового сигнала разделен на пять поддиапазонов (1 МГц, 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц и 16 МГц). И если последний поддиапазон 16 МГц включает полный спектр колебаний, генерируемых источником шума, то полоса остальных определяется фильтрами на операционных усилителях DA4 — DA7 типа AD8066. Выходные сигналы с каждого фильтра подаются на входы буферных усилителей DA9—DA12, одновременно осуществляющих перенос сигналов в область положительной полярности напряжений. В свою очередь выходы буферных усилителей подключаются к аналоговым коммутаторам DA13...DA17 типа ADG719, каждый из которых может быть переведен в активное (замкнутое) состояние высоким уровнем напряжения, вырабатываемого блоком управления, и подводимым на управляющие входы коммутаторов. С объединенных выходов коммутаторов шумовые сигналы выбранного диа-

пазона поступают на вход оконечного усилителя и далее подаются на смеситель.

На рисунке 7 приведена электрическая схема генератора шума. Источником шума является стабилитрон VD1 типа 2C210Ж с номинальным напряжением стабилизации 10 В. Поскольку режим генерации шумов стабилитроном наступает при обратном напряжении смещения порядка 9 В, потребовалось ввести в схему дополнительный источник стабильного напряжения, представленного элементом DA1 типа 78L12, а с помощью резистора R1 и потенциометра R2 можно устанавливать требуемую величину обратного тока. Шумовые сигналы с выхода источника поступают на вход операционного усилителя DA4 типа AD4851, включенного по неинвертирующей схеме. Выполняя функции предварительного усилителя с коэффициентом усиления, равным 2, DA4 одновременно обеспечивает и согласование источника с низкоомным входным сопротивлением усилителя с регулируемым по напряжению коэффициентом усиления DA6 типа AD603. Изменение коэффициента усиления этого усилителя, а следовательно, и размаха шумовой составляющей его выходного напряжения, обеспечивается цифровым потенциометром DA7 типа AD5228-10, ко входу которого подведено напряжение 2,5 В

от прецизионного источника опорного напряжения DA5 типа ADR420. Таким образом, замыкание контакта S1 влечет за собой уменьшение коэффициента усиления, а замыкание контакта S2 — его увеличение.

Частотомер реализован на основе микроконтроллера типа MCF51JM128, с типовой, не имеющей особенностей, схемой включения. Текущая информация о форме генерируемого сигнала, его частоте и выбранном диапазоне шумового сигнала, отображается на двухстрочном индикаторе типа FDCC1602E.

Генератор сигналов специальной формы представляет собой завершенное изделие размерами 290×200×90 (мм). Масса генератора не превышает 2,6 кг.

Авторы выражают глубокую признательность Марии Сапожниковой, менеджеру по работе с ключевыми заказчиками представительства Analog Devices Inc. в России, стоявшей у истоков создания исследовательского центра, за поставленные для проекта комплекты компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. — М.: ДМК Пресс, 2008.
2. Губа А.В., Гасанов О. И., Кишов Р. М. Активные фильтры в приемных устройствах радиовещательного диапазона // Электронные компоненты, №10, 2010.

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ 22 марта 2012 г., Москва

«БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Ключевые вопросы конференции:

- GSM/3G/Wi-Max/LTE
- Wi-Fi
- Bluetooth
- ZigBee/802.15.4
- Фирменные протоколы ISM
- GPS/ГЛОНАСС
- Спутниковые системы
- RFID
- Компоненты для их реализации: модемы, приемопередатчики, усилители и т.д.

В пленарной части конференции будут рассмотрены вопросы построения систем, компоненты и решения компаний-лидеров рынка, а также тенденции развития отрасли и отдельных приложений.

Во второй половине конференции ведущие разработчики и производители представят свои последние решения и возможности их применения в двух технических секциях:

- «Магистральный канал передачи данных»
- «Абонентский канал передачи данных»



ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ 19 апреля 2012 г., Москва

«ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Вторая конференция разработчиков цифровых устройств.

УЧАСТНИКИ конференции:

- Главные конструкторы
- Ведущие инженеры
- Разработчики микропроцессорной техники

На конференции будут представлены современные разработки и технологии в области цифровой электроники: микроконтроллеры, микропроцессоры; DSP-процессоры, СМК, ПЛИС, а также платформы на их основе и готовые решения, средства разработки и отладки.

В секциях будут рассмотрены примеры практического применения цифровых компонентов и платформ на их основе по приложениям.

Стоимость участия в конференции – 8 000 рублей для одного представителя компании.
Для подписчиков, рекламодателей и участников конференций ИД «Электроника» действуют скидки.

За более подробной информацией обращайтесь в оргкомитет конференций:

Динара Бараева

Тел.: +7(495) 741-7701, доб. 2233

E-mail: conf@ecomp.ru

электроника
медиагруппа

НОВЫЙ ПОРТАЛ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ ЭЛЕКТРОНИКИ



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

НОВОСТИ | ОБЗОРЫ | ИНТЕРВЬЮ | СОБЫТИЯ
АРХИВ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ»

www.elcomdesign.ru

электроника
медиагруппа