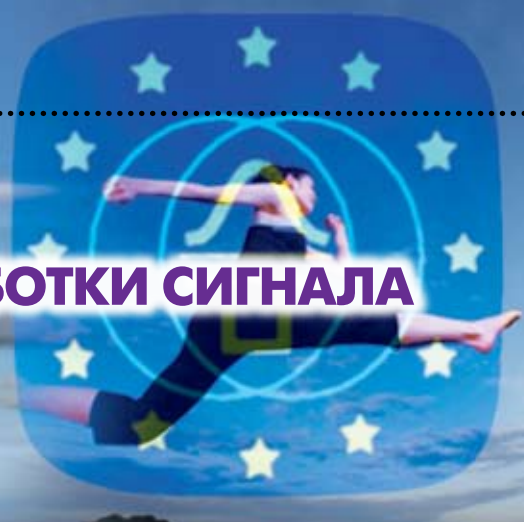


МИКРОСХЕМЫ СМЕШАННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА

РЕЗУЛЬТАТЫ 2009 ГОДА



Полупроводниковая промышленность США в конце 2009 года постепенно преодолевала кризис. Как это сказалось на рынке микросхем смешанной обработки сигнала (в первую очередь АЦП, ЦАП, аналоговых входных каскадов)? Анализ выпущенных в 2009 году микросхем этого типа показал общие для полупроводниковой промышленности тенденции к уменьшению их энергопотребления и габаритов. Многие новые микросхемы смешанной обработки сигнала представляют собой специализированные устройства, но вместе с тем существенно улучшены характеристики ряда функциональных базовых блоков. Рассмотрим, на что были направлены усилия производителей и достигнутые в 2009 году результаты в области разработки микросхем смешанной обработки сигнала.

РАСШИРЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ

В 2009 году производители микросхем для промышленного оборудования в основном направляли свои усилия на совершенствование представленных на рынке платформ с целью расширения семейств аналого-цифровых преобразователей различного ценового диапазона с набором требуемых заказчиком свойств.

Analog Devices

В октябре 2009 года Analog Devices объявила о выпуске 26 новых 16-разрядных АЦП с малым энергопотреблением (у некоторых микросхем на 87% меньше, чем у имеющихся на рынке АЦП с прочими аналогичными характеристиками). В микросхемы новых АЦП входит источник опорного напряжения, запатентованная схема выборки и хранения, которая обеспечивает высокую производительность на тактовых частотах до 200 МГц, схема стабилизации рабочего цикла тактового сигнала, компенсирующая вариации скважности и не нарушающая общие характеристики АЦП (рис.1). Ядро АЦП имеет многоступенчатую дифференциальную конвейерную архитектуру, которая обеспечивает 16-разрядное разрешение при частоте дискретизации до 125 Мвыб/с без пропуска кода во всем

В.Шурыгина

диапазоне рабочих температур. Предусмотрен ряд свойств, обеспечивающих максимальную гибкость микросхем и минимизацию стоимости системы, в которой они используются. К ним относятся программируемый тактовый сигнал, генерация цифровых тест-шаблонов, содержащих наряду с детерминированными и псевдопроизвольными последовательностями заказные тест-шаблоны, вводимые через порт последовательного интерфейса. Предназначены новые микросхемы для применения в трактах обработки сигналов радиоприемного оборудования, измерительных системах и медицинской аппаратуры с батарейным питанием.

Вместе с тем в трех новых АЦП впервые реализованы свойства, необычные для традиционных, представленных на рынке устройств.

AD9269 – первый в отрасли маломощный двухканальный 16-разрядный АЦП с конвейерной архитектурой с частотой дискретизации до 80 Мвыб/с и встроенными блоками коррекции ошибок квадратурного кодирования (Quadrature Error Correction, QEC) и корректировки смещения постоянной составляющей, которые позволяют динамически минимизировать ошибки преобразования, возникающие в сложных квадратурных приемных системах. Максимальная пот-

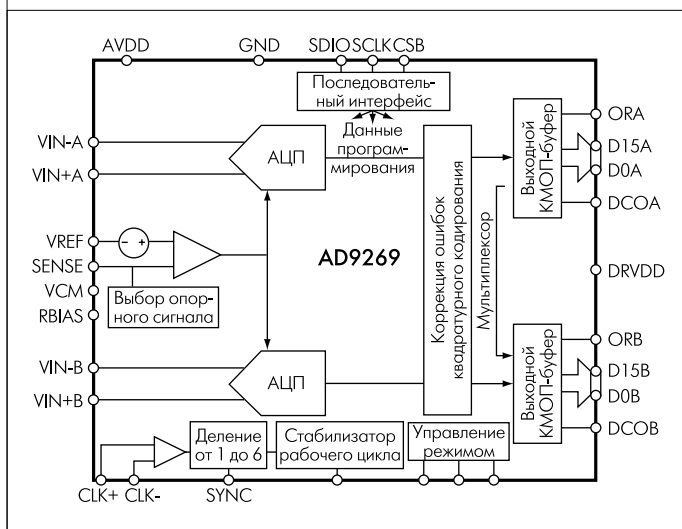


Рис. 1. Функциональная блок-схема АЦП AD9269



ребляемая мощность микросхемы составляет 93 мВт, что в шесть с половиной раз меньше, чем у микросхем АЦП с аналогичными характеристиками. Ширина полосы дифференциального входного сигнала составляет 700 МГц. Выходные данные выводятся через отдельные для каждого канала параллельные интерфейсы.

Напряжение питания аналоговой секции микросхемы составляет 1,8 В, выходное напряжение каждого канала – 1,8–3,3 В. Отношение сигнал-шум полной шкалы преобразователя при частоте входного сигнала 10 МГц равно 77 дБ, при 170 МГц – 73 дБ. Динамический диапазон без паразитных составляющих (SFDR) равен 90 дБ ниже несущей на частоте 10 МГц и 78 дБ на 170 МГц. Эффективное число разрядов равно 12,4 при частоте входного сигнала 9,7–30,5 МГц, 12,2 при 70 МГц и 11,6 при 170 МГц. Диапазон рабочих температур – -40...85°C. Монтируется микросхема в 64-выводной корпус типа LFCSP размером 9×9 мм. Освоить массовое производство микросхем этой серии компания планировала в январе 2010 года.

AD9265 – первый в отрасли одноканальный 16-разрядный АЦП, способный работать на тактовых частотах от 80 до 125 МГц и предназначенный для высокопроизводительных, дешевых, миниатюрных универсальных систем связи. Энергопотребление микросхемы составляет 370 мВт, что на 51% ниже, чем у АЦП с аналогичными характеристиками других производителей. Интерфейс АЦП сопоставим с 1,8-В КМОП-или последовательным LVDS-интерфейсом. АЦП также монтируется в бессвинцовый 48-выводной корпус типа LFCSP. Диапазон рабочих температур -40...85°C.

AD9266 – самый миниатюрный в отрасли одноканальный 16-разрядный АЦП с частотой дискретизации до 80 Мвыб/с. Ядро преобразователя, схема выборки и хранения, блок опорного напряжения, программируемый генератор тактового сигнала, схема согласования данных и программируемые наборы цифрового тестирования размещены на кристалле размером 5×5 мм. Потребляемая мощность микросхемы составляет 59 мВт при частоте дискретизации 20 Мвыб/с и 123 мВт при 80 Мвыб/с. Освоение серийного производства АЦП AD9266 планировалось на январь 2010 года.

Остальные 23 новые одноканальные микросхемы расширили портфель АЦП 2009 года компании до 44 устройств.

Linear Technology

Аналогичные усилия по расширению портфеля своих изделий усовершенствованными вариантами АЦП предприняла и компания Linear Technology, выпустившая в середине 2009 года 24 четырех- и двухканальных 14/12-разрядных АЦП со сверхнизким энергопотреблением. Новые микросхемы компании предназначены для беспроводных систем связи, портативного медицинского оборудования и систем неразрушающего тестирования. Максимальная частота

дискретизации новых АЦП составляет 125 Мвыб/с, при этом они потребляют на одну треть меньшую мощность, чем конкурирующие микросхемы.

LTC2175-14 – ведущее изделие нового семейства – представляет собой четырехканальный 14-разрядный АЦП. Его потребляемая мощность равна 558 мВт (140 мВт на канал), отношение сигнал-шум – 73,4 дБ, SFDR – 88 дБ в основной полосе частот. Монтируется АЦП в 52-выводной корпус типа QFN размером 7×8 мм.

Другие микросхемы нового семейства содержат генератор случайных чисел, семь программируемых выходных LVDS-уровней, встроенные выходные резисторы с сопротивлением 100 Ом и цифровые тест-шаблоны.

Maxwell Integrated Products

Компания Maxwell Integrated Products в 2009 году выпустила новые АЦП – MAX11600–MAX11617, – предназначенные для автомобильных систем, портативного оборудования с батарейным питанием и солнечными батареями, а также управляющих систем. В семейство входят 4/8/12-канальные АЦП с напряжением питания 2,7–3,6/4,5–5,5 В и опорным напряжением 2,048/4,096 В. Микросхемы MAX11600–MAX11605 представляют собой восьмиразрядные преобразователи с частотой дискретизации 188 Квыб/с, MAX11606–MAX11617 – 10- и 12-разрядные устройства с частотой 94,4 Квыб/с. Как и конкуренты, компания Maxwell уделяет большое внимание проблеме снижения энергопотребления. Потребляемый ток АЦП нового семейства составляет 350 мкА при частоте дискретизации 188 Квыб/с и 8 мкА при 10 Квыб/с. Схема Autoshtutdown отключает АЦП между операциями выбоками, в результате чего в режиме ожидания потребляемый ток не превышает 1 мкА. Все 18 моделей АЦП можно программировать для работы с однополярным или биполярным входным сигналом. Совместимость многих моделей по выводам позволяет разработчикам менять разрешение и число каналов без изменения конструкции или программных средств системы.

МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ, НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

Linear Technology

В конце 2009 года компания Linear Technology выпустила два 16-разрядных $\Delta\Sigma$ АЦП моделей LTC2470 и LTC2472 (рис.2), монтируемых в 12-выводной бессвинцовый корпус типа DFN размером 3×3 мм или в корпус MSOP-типа размером 4×5 мм. Микросхема АЦП содержит высокоточный источник опорного напряжения 1,25 В (максимальный температурный коэффициент 10 ppm/°C, среднее значение 2 ppm/°C, точность настройки 0,1%). Кроме того, в микросхему входят генератор тактовых импульсов и запатентованная схема замера входных сигналов, позволяющая уменьшать значение входного тока до 50 нА. Программируемая частота дискретизации обоих АЦП составля-

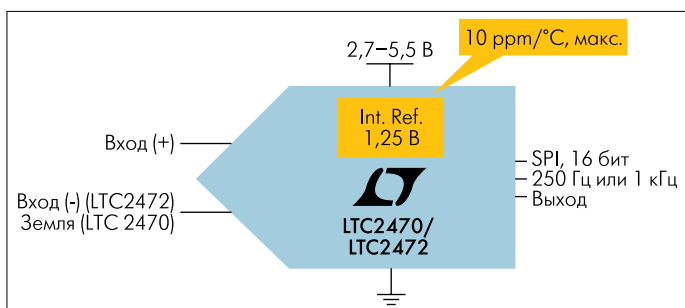


Рис.2. Сигма-дельта АЦП компании Linear Technology

ет 250 выб/с или 1 Квыб/с без пропуска кодов. АЦП модели LTC2470 предназначены для преобразования передаваемых через SPI-интерфейс входных однополярных сигналов датчиков с напряжением в диапазоне 0–1,25 В, модель LTC2472 – для преобразования дифференциального входного сигнала напряжением ±1,25 В. Напряжение питания АЦП составляет 2,7–5,5 В, максимальный потребляемый ток в рабочем режиме – 3,5 мА, в режиме ожидания – 2 мкА. После каждого преобразования микросхема вводит режим "короткого сна", при котором максимальный потребляемый ток равен 1,5 мА. Возможно отключение питания и источника опорного напряжения, в этом случае потребляемый ток равен 0,2 нА. Интегральная нелинейность характеристики преобразования при частоте дискретизации 250 выб/с составляет 2 младших значащих разряда (МЗР). Среднеквадратическое значение шума преобразования – 2,2 мкВ, отклонение усиления – 0,01%.

Микросхемы предназначены для средств управления и контроля окружающей среды, а также систем сбора данных с высокой частотой вывода данных.

В начале 2010 года Компания Linear Technology выпустила 16-разрядный АЦП последовательного приближения LTC2393-16 с частотой дискретизации 1 Мвыб/с без пропуска кода, отношением сигнал-шум 94 дБ и суммарными гармоническими искажениями 105 дБ. Интегральная нелинейность АЦП составляет ±2 МЗР. Потребляемая мощность при максимальной частоте дискретизации равна 140 мВт, в режиме ожидания потребляемая мощность не превышает 175 мкВт. Микросхема содержит источник опорного напряжения с температурной компенсацией (максимальный температурный коэффициент 20 ppm/°C в промышленном и автомобильном диапазоне температур) и точностью 0,1%, а также последовательные и параллельные интерфейсы на напряжение 1,8–5 В. Работает микросхема от одного источника питания на напряжение 5 В. Входное напряжение составляет ±4,096 В. Предназначена для применения в промышленных системах, требующих максимального размаха сигнала для ослабления фоновых шумов. Монтируется АЦП в 48-выводные корпуса типа LQFP и QFN размером 7×7 мм.

Analog Devices

О выпуске ΔΣ АЦП с малой потребляемой мощностью и низкими шумами в конце 2009 года сообщила и компания Analog Devices. 12/16-разрядные АЦП типа AD7170 и AD7171 с внутренним тактовым генератором обеспечивают вывод данных через интерфейс SPI на частоте 125 МГц. При этом потребляемый ток в рабочем режиме составляет 110 мкА, в спящем режиме – 55 мкА. Интегральная нелинейность АЦП типа AD7170 равна ±0,1 МЗР, AD7171 – 0,4 МЗР. АЦП имеют один дифференциальный вход. Напряжение питания составляет 2,7–5,25 В. Монтируются АЦП в 10-выводной корпус типа LFCSP размером 3×3 мм. Новые АЦП перспективны для систем, в которых для выполнения функции фильтрации или регулировки усиления используется внешний усилитель. Предназначены для точных переносных медицинских приборов, систем измерения давления и температуры.

Texas Instruments

В 2009 году компания существенно расширила свой портфель малогабаритных АЦП с малым энергопотреблением. В октябре она объявила о выпуске трех шестиканальных 16/14/12-разрядных АЦП последовательного приближения (Successive Approximation Register, SAR) с высоковольтным входом – ADS8556, ADS8557 и ADS8558. Каждый канал имеет схему выборки и контроля, обеспечивающую высокоскоростную обработку сигналов каналов (рис.3). Двухполярные входы с программируемым выбором диапазонов напряжения до ±12 В позволяют легко подключать разнообразные устройства и датчики.

В новых микросхемах АЦП возможен выбор параллельного или последовательного интерфейса. Ширина шины параллельного интерфейса может составлять 8–16 бит. При последовательном интерфейсе возможна активация до трех выходных каналов. При этом, по утверждению компании, АЦП модели ADS8556 – единственный в отрасли преобразователь синхронной выборки с частотой 630/450 Мвыб/с без пропуска кодов. Отношение сигнал-шум АЦП ADS8556 составляет 91,5 дБ (см. таблицу), что в три с половиной раз больше, чем у лучших 16-разрядных АЦП подобного класса.

Максимальная скорость дискретизации при использовании внешних генератора тактовых импульсов и источни-

Основные характеристики новых SAR АЦП компании Texas Instruments

Параметр	ADS8556	ADS8557	ADS8558
Разрешение, бит	16	14	12
Частота дискретизации, Квыб/с	630	670	730
Потребляемая мощность, мВт, тип.	251,7	253,2	262,2
Отношение сигнал-шум, дБ	91,5	85	73,9
SFDR, дБ	95	92	92
Дифференциальная нелинейность выходного кода, ±МЗР, макс.	2/1	1	0,5
Интегральная нелинейность, ±МЗР, макс.	4	1	0,75

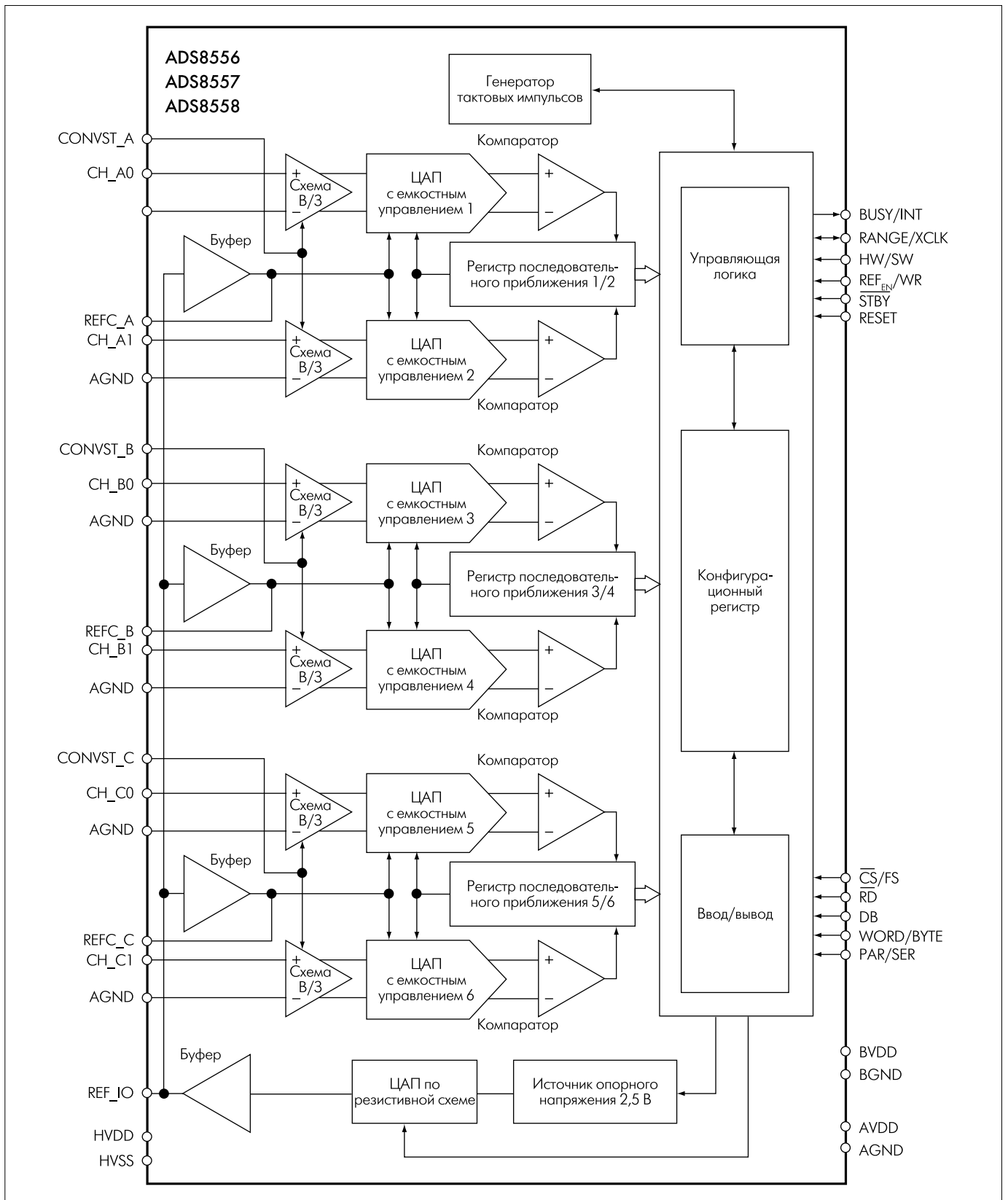


Рис.3. Блок-схема АЦП ADS8556, ADS8557, ADS8558

ка опорного напряжения составляет 800 Мвыб/с (при параллельном интерфейсе) или 500 Мвыб/с (при последовательном интерфейсе).

Для устройств контроля аккумуляторных батарей, портативного контрольно-измерительного оборудования, автома-

тизированных систем управления промышленными процессами, разумных передатчиков и медицинской аппаратуры компанией Texas Instruments созданы 16-разрядные $\Delta\Sigma$ АЦП типа ADS1115, поставляемые в безвыводных корпусах типа QFN размером 2,0×1,5×0,4 мм (на 70% меньше, чем у ближайше-

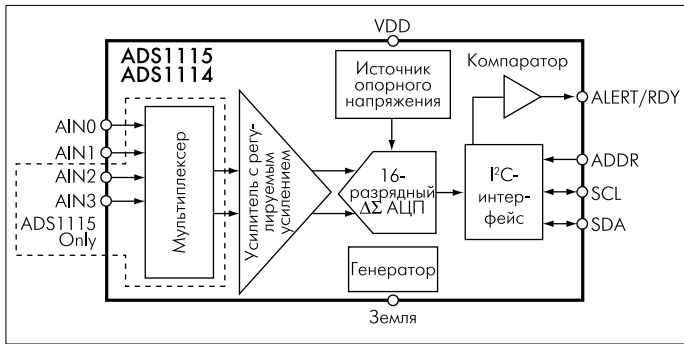


Рис.4. Блок-схема АЦП ADS1115

го конкурента). Существенно уменьшены не только габариты системы. В преобразователе ADS1115 предусмотрены опции, позволяющие сократить число внешних компонентов и упростить проектирование системы. АЦП выполняют преобразования с программируемой частотой до 860 выб/с при значениях потребляемого тока 150 мкА и напряжения 2 В. Диапазон рабочих температур АЦП составляет -40...125°C. В микросхему входят генератор тактовой частоты, источник опорного напря-

жения с малым дрейфом характеристик, а также усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, позволяющий снижать входное напряжение до ± 256 мВ и с высокой точностью измерять как сильные, так и слабые сигналы. Кроме того, микросхема содержит программируемый компаратор и четырехканальный входной мультиплексор (рис.4).

А в конце 2009 года Texas Instruments представила первый образец нового класса высокоскоростных АЦП семейства ADS414x/2x (рис.5) со сверхнизким энергопотреблением и высокими динамическими характеристиками в диапазоне частот от 0 до 550 МГц. Потребляемая мощность 12/14-разрядных АЦП семейства при частоте дискретизации 250 Мвыб/с составляет 275 мВт, при 160 Мвыб/с – 200 мВт. По утверждению разработчиков, эти значения на 30% меньше, чем у устройств конкурентов. Отношение сигнал-шум при частоте входного сигнала 100 МГц равно 72,5 дБ (на 3 дБ выше, чем у ближайших по уровню энергопотребления АЦП) и 71,3 дБ при 170 МГц. SFDR на частоте 170 МГц составляет 84 дБн. Буферизованный аналоговый вход обеспечивает постоянное зна-

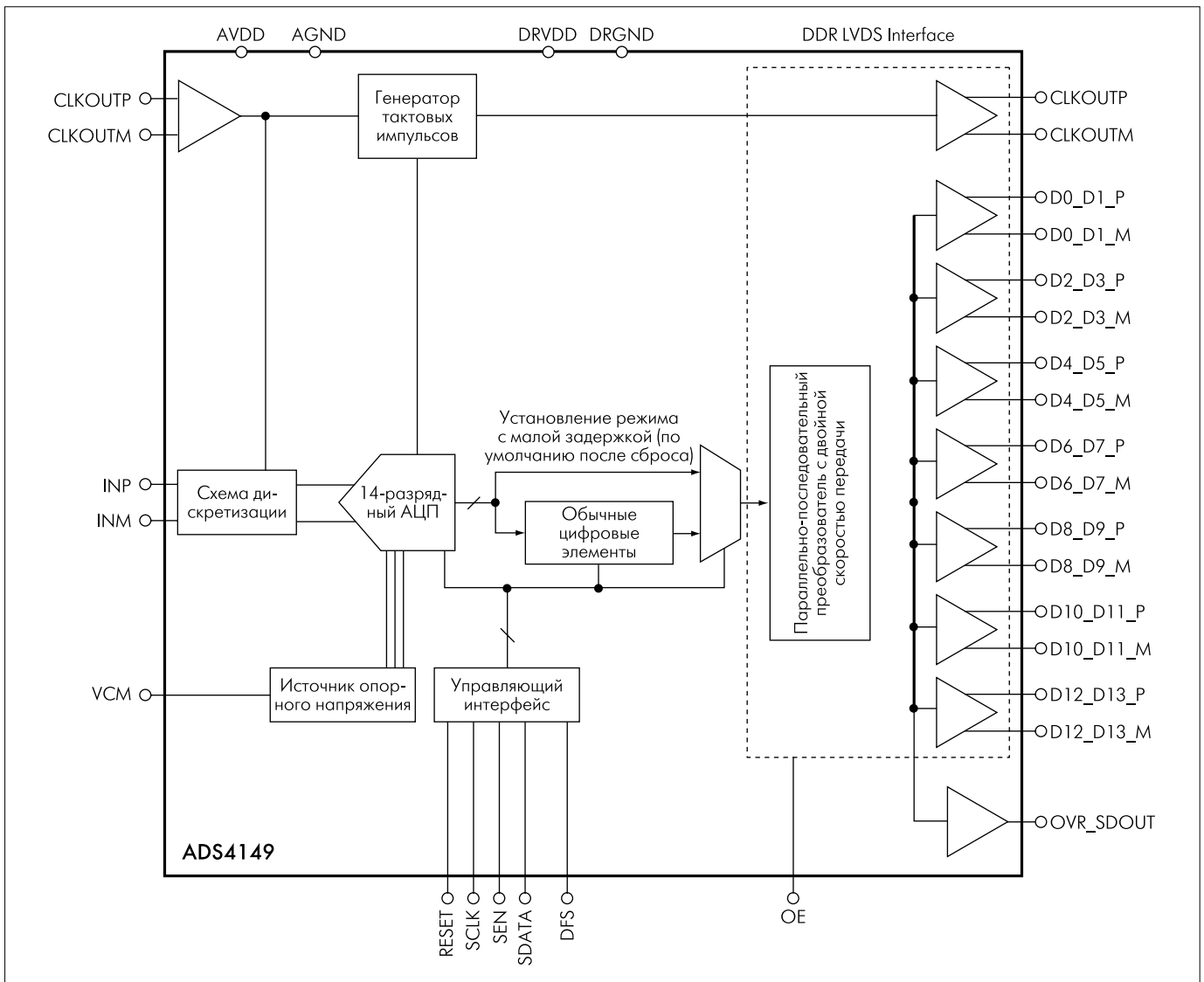


Рис.5. Блок-схема АЦП ADS4149



чение входного импеданса независимо от частоты и временных соотношений сигнала, а также исключает выброс обратного напряжения схемы выборки и запоминания. Эти особенности упрощают сопряжение АЦП с пассивными и активными аналоговыми входными каскадами, уменьшая пульсации в полосе пропускания. Кроме того, программируемый пользователем в диапазоне 1–6 дБ коэффициент усиления входного сигнала позволяет гибко выбирать между значениями соотношения сигнал-шум и свободной от паразитных составляющих динамического диапазона при обработке слабых сигналов. Выходные интерфейсы микросхемы – последовательный LVDS с удвоенной скоростью обмена (DDR) и программируемым размахом и значением напряжения, а также параллельный интерфейс, сопоставимый с 1,8-В КМОП-структурой. АЦП серии совместимы по выводам, что позволяет разработчику свободно изменять разрешение или скорость дискретизации без изменения ядра устройства.

Поставляются АЦП серии в 48-выводном корпусе типа QFN размером 7×7 мм. Диапазон рабочих температур составляет -40...85°С. АЦП серии предназначены для применения в тестовом и измерительном оборудовании, системах программно-определяемой радиосвязи (SDR) и беспроводной связи.

В портфель АЦП Texas Instruments добавила и 12-разрядный АЦП ADS54R463 с конвейерной архитектурой. Его частота дискретизации составляет 550 Мвыб/с. Ширина полосы входного аналогового сигнала АЦП достигает 200 МГц, благодаря чему преобразователь перспективен для приложений с высокими требованиями к разрешению, точности и линейности. АЦП характеризуется высокими значениями SFDR и отношения сигнал-шум на промежуточных частотах. Так, на частоте 450 МГц отношение сигнал-шум составляет 64,1 дБ полной шкалы, SFDR – 80 дБн, на частоте 900 МГц эти показатели – 62,5 дБ и 70 дБн соответственно. Это обеспечивает эффективную линейризацию характеристик усилителя мощности в системах обработки цифровых высокочастотных сигналов с предсказаниями, а также улучшение характеристик систем обработки изображения и связи военного назначения. Аналоговый вход АЦП – дифференциальный, обеспечивающий постоянный входной импеданс на промежуточных частотах и исключающий выброс обратного напряжения схемы выборки и запоминания. Микросхема работает в условиях высоких температур и радиационного излучения. Поставляется АЦП в 80-выводном корпусе типа TQFP размером 14×14 мм.

Для автоматизированной контрольно-измерительной аппаратуры, медицинских систем обработки изображения, научного оборудования Texas Instruments выпустила 24-разрядный двухканальный $\Delta\Sigma$ АЦП ADS1675 с рекордной частотой дискретизации – 4 Мвыб/с (на 60% больше, чем у ближайших аналогов). АЦП сочетает широкую полосу пропускания, высокие статические и динамические характеристики. Возможны

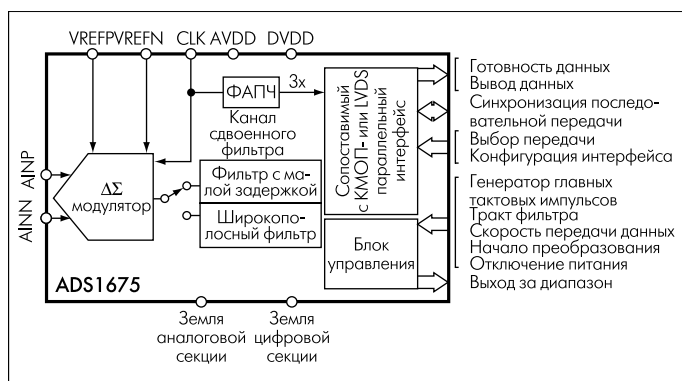


Рис.6. Блок-схема АЦП ADS1675

значения частоты дискретизации 2 Мвыб/с, при работе в низкоскоростном режиме – 1 Мвыб/с, 500, 250 или 125 Квыб/с.

Микросхема АЦП содержит модулятор с малым дрейфом, схему обнаружения выхода за диапазон и последовательный интерфейс, сопоставимый с КМОП- или LVDS-интерфейсом (рис.6). Кроме того в микросхему входит двойной программируемый цифровой фильтр, который позволяет пользователю выбирать, какой из его режимов – с малой задержкой или широкополосный – обеспечит лучшие эксплуатационные характеристики системы. Наличие фильтра с малой задержкой (задержка времени установления при 24-разрядной точности – 2,65 мкс) позволяет применять АЦП в системах, в которых возможно резкое изменение амплитуды сигнала. Широкополосный фильтр позволяет добиться более оптимальных частотных характеристик при измерении переменных сигналов (неравномерность в полосе пропускания не превышает $\pm 0,00002$ дБ, коэффициент ослабления в полосе затухания составляет 115 дБ и полоса пропускания – 1,7 МГц).

Динамический диапазон АЦП при частоте дискретизации 4 Мвыб/с равен 103 дБ, при 125 Квыб/с – 111 дБ. Суммарный уровень гармонических искажений составляет -107 дБ, максимальная интегральная нелинейность – 3 ppm, дрейф – 4 мкВ/°С и дрейф коэффициента усиления – $4 \cdot 10^{-6}$ /°С. Потребляемая мощность – 575 мВт. Схема работает в промыш-

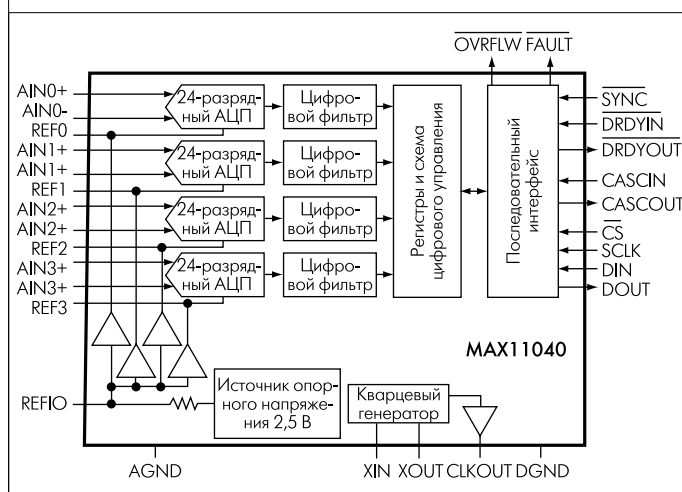


Рис.7. Функциональная блок-схема АЦП Max11040

ленном диапазоне температур (-40...85°C) и поставляется в 64-выводном корпусе TQFP.

АЦП С НЕСТАНДАРТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Еще одна тенденция в области АЦП, предназначенных для промышленных систем, – создание устройств с необычными свойствами, позволяющими облегчить конструирование систем, для которых они предназначены.

Maxim Integrated Products

Разработанные компанией четырехканальные 24-разрядные $\Delta\Sigma$ АЦП синхронной выборки MAX11040 допускают каскадирование через SPI/QSPI/Microwire-интерфейс до восьми устройств и тем самым – обслуживание 32 каналов. При этом управляющий процессор может обращаться ко всем восьми приборам с помощью одного вывода выбора микросхемы. Логика управления неизменна и не зависит от числа каналов. Благодаря программируемой в пределах от 0 до 333 мкс задержке обеспечивается компенсация фазового сдвига, вызванного резисторными делителями, трансформаторами или фильтрами на аналоговых входах. Частота синхронной дискретизации составляет 0,25–64 Квыб/с, отношение сигнал-шум – 106 дБ при частоте дискретизации 16 Квыб/с и 117 дБ при 1 Квыб/с, SFDR превышает 91 дБ. Микросхема содержит встроенный источник опорного напряжения и дифференциальные входы (на напряжение $\pm 2,2$ В). Входы имеют двух-

уровневую систему сигнализации и защиты от перегрузок (рис.7). Напряжение питания аналоговых устройств АЦП – 3–3,6 В (AV_{dd}), цифровых – от 2,7 В до AV_{dd} (DV_{dd}).

АЦП предназначены для оборудования защиты промышленных электросетей, медицинского оборудования (кардиографы, энцефалографы) и других систем, требующих точного и синхронного преобразования сигналов каналов АЦП. Поставляются АЦП в бессвинцовом 38-выводном корпусе типа TSSOP и рассчитаны на диапазон рабочих температур -40...105°C.

Большое значение компания Maxim придает проблемам снижения энергопотребления и сокращению числа внешних компонентов, используемых в портативных системах. Так, в начале 2009 года она выпустила двухканальные восьмиразрядные АЦП MAX19505/MAX19506/MAX19507* с десятиступенчатой дифференциальной конвейерной архитектурой, частотой дискретизации 65/100/130 Мвыб/с и энергопотреблением 43/57/74 мВт на канал соответственно. В микросхеме входит стабилизатор источника питания аналоговой секции со схемой управления, что позволяет использовать источник на напряжение 2,5–3,3 В и отказаться от внешнего стабилизатора напряжения. Драйверы цифрового выхода работают от независимого источника питания на напряжение 1,8–3,5 В. Кроме того, в АЦП предусмотрены дифференциальные и однополярные входы тактового сигнала,

* Романова И. АЦП и ЦАП компании Maxim. Новая продукция. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2009, №1, с.22–27.

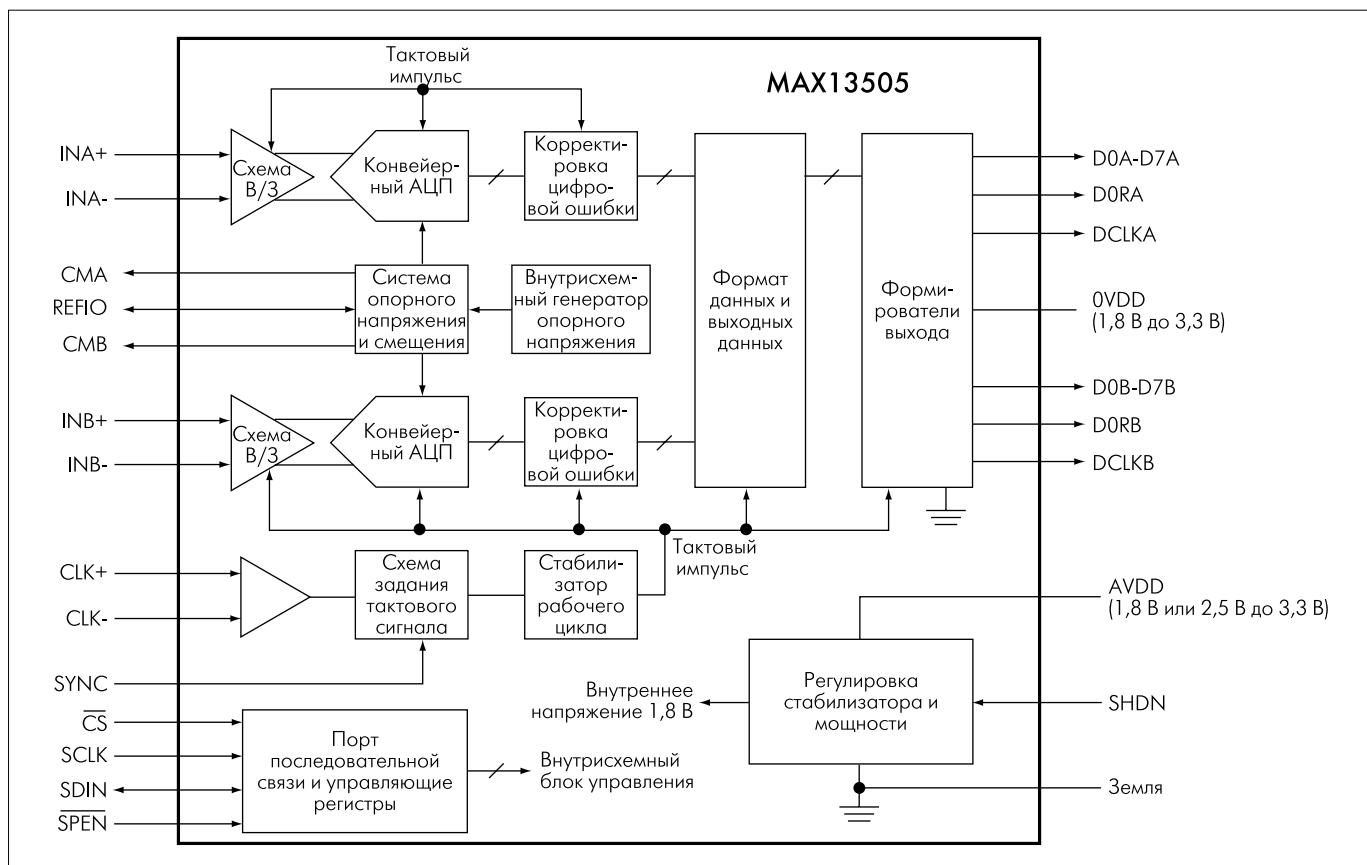


Рис.8. Блок-схема АЦП MAX 19507

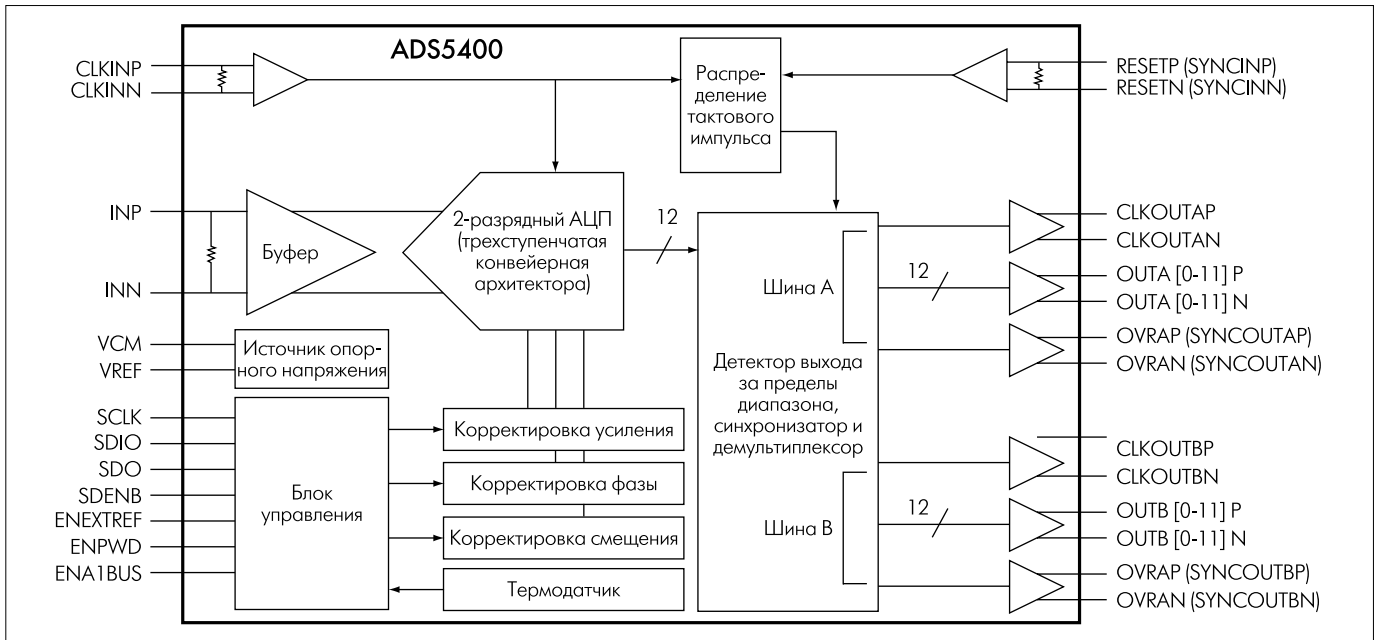


Рис.9. Блок-схема АЦП ADS5400

что исключает необходимость его преобразования. Аналоговые входы на напряжение 0,4–1,4 В обеспечивают связь как по постоянному, так и по переменному току без применения внешнего компенсирующего конденсатора, а наличие встроенного делителя тактовой частоты позволяет отказаться от внешнего делителя (рис.8). Микросхема также имеет встроенные согласующие резисторы, которые обеспечивают настройку сопротивления КМОП-выходов без применения внешних демпфирующих резисторов.

Texas Instruments

АЦП со специальными функциями и высокой производительностью выпускаются не только для промышленных приложений. Так, компания Texas Instruments представила в октябре 2009 года 12-разрядный АЦП типа ADS5400 с конвейерной архитектурой, не имеющий сегодня конкурентов. Преобразователь предназначен для широкополосных приемников и цифровых преобразователей. АЦП рассчитан на преобразование аналоговых сигналов с шириной полосы до 2 ГГц со скоростью 1 Гвыб/с. При этом он характеризуется низкими шумами и высоким динамическим диапазоном в широком интервале частот: отношение сигнал-шум АЦП составляет 59 дБ полной шкалы, SFDR – 75 дБн на частоте Найквиста и соответственно 58 дБ и 70 дБн на промежуточных частотах выше 1 ГГц. Потребляемая мощность преобразователя равна 2,15 Вт. Микросхема имеет цифровые DDR LVDS-выходы. Максимальные значения напряжения питания логической и аналоговой секций составляют 3,6 и 5 В соответственно. Аналоговый буферизованный вход преобразователя поддерживает постоянство входного импеданса независимо от временных соотношений и частоты сигнала и исключает выброс обратного напряжения схемы выборки и запоминания.

Наличие блоков регулировки коэффициента усиления и фазового сдвига входного сигнала (рис.9) позволяет двум или более АЦП работать в режиме чередования (interleaving) с целью реализации цифрового преобразователя со скоростью несколько гигавыборок в секунду (частота выборки увеличивается кратно числу применяемых АЦП).

АЦП поставляется в 100-выводном корпусе с улучшенной теплоотдачей типа HTQFP PowerPAD размером 16×16 мм (с учетом выводов), благодаря чему может работать без внешнего теплоотвода.

National Semiconductor

Компания выпустила в середине 2009 года двухканальный 16-разрядный АЦП типа ADC16DV160 с частотой дискретизации 160 Мвыб/с и потребляемой мощностью 650 мВт на канал. Микросхема имеет конвейерную архитектуру с дифференциальными входами и DDR LVDS-выходом. Кроме того, она содержит цифровой блок коррекции ошибок и схему выборки с запоминанием. Преобразователь работает от двух источников питания на напряжение 1,8 и 3 В. Полный размах входного напряжения можно устанавливать равным 2,4; 2,0; 1,5 и 1 В. Ширина полосы входного сигнала составляет 1,4 ГГц. На частоте входного сигнала 197 МГц отношение сигнал-шум равно 76,3 дБ полной шкалы, SFDR – 91,2 дБ. Предназначен АЦП в основном для базовых станций беспроводной связи, работающих с несколькими несущими стандартов GSM/EDGE, WCDMA, LTE и WiMAX. Поставляется в 68-выводном корпусе типа LLP размером 10×10 мм.

Linear Technology

Выпущенная компанией Linear Technology микросхема 14-разрядного АЦП LTC2262 с частотой дискретизации 150 Мвыб/с

отличается не только малым энергопотреблением – 149 мВт, но и возможностью уменьшения цифровой обратной связи даже в тех случаях, когда с этой проблемой не справляется устройство с хорошо разработанной топологией. Обратная связь возникает, когда энергия выходного сигнала поступает в аналоговую секцию микросхемы, вызывая избыточный шум в его спектре. Наихудшая ситуация возникает, когда на вход поступает половинное значение аналогового сигнала, и состояния всех выходных данных изменяются с логической единицы на логический ноль или наоборот. В результате возникают большие токи заземления, поступающие обратно на вход АЦП. Для решения этой проблемы специалисты компании используют запатентованный метод альтернативного изменения полярности разряда (Alternative Bit Polarity, ABP), который позволяет преобразовывать все случайные разряды до вывода данных буферов и эффективно подавлять большие токи заземления, вызванные цифровой обратной связью. Помимо использования ABP-режима предусмотрена декорреляция цифрового выхода рандомизатором выходных данных, что позволяет уменьшить вероятность повторной подачи на вход АЦП повторяющихся кодов.

Оба метода уменьшения цифровой обратной связи, по данным разработчиков, позволили улучшить SFDR АЦП на 10–15 дБ. При напряжении питания аналоговой секции устройства 1,8 В отношение сигнал-шум составляет 72,8 дБ, SFDR – 88 дБ в основной полосе частот, среднеквадратическое значение джиттера – 0,17 пс. Таким образом, значительное сокращение энергопотребления АЦП, которое в три раза меньше, чем у конкурирующих устройств, не ухудшило характеристики АЦП.

Цифровые выходы АЦП совместимы с уровнями КМОП-структур полного размаха и с двойной скоростью передачи данных и с LVDS с двойной скоростью передачи данных.

Микросхема АЦП содержит стабилизатор рабочего цикла тактового сигнала, блоки программирования временных соотношений выходных данных и выходного тока LVDS-интерфейса, что упрощает передачу данных от АЦП к приемнику. Монтируется АЦП LTC2262 в 40-выводной корпус типа QFN размером 6×6 мм. Новые АЦП позволяют улучшить рабочие характеристики систем, к которым предъявляется требование низкого энергопотребления. К тому же они обеспечат повышение эффективности и снижение периодических издержек производства оборудования базовых 3G/4G станций LTE и WiMAX стандартов.

МИКРОСХЕМЫ СМЕШАННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

Сегмент медицинского оборудования в рамках промышленного рынка микросхем смешанной обработки сигнала привлекает большое внимание производителей таких схем. Особый интерес в последнее время вызывает проблема совершенствования сканеров систем компьютерной томографии с тем, чтобы их можно было использовать в больницах.

Analog Devices

Для решения указанной проблемы компанией выпущен 24-разрядный преобразователь тока в код ADAS1128 со 128 каналами одновременной выборки данных (в четыре раза больше, чем у существующих устройств с наивысшей плотностью каналов). Частота преобразования увеличена с 6 до 20 Квыб/с. Потребляемая мощность ADAS1128 при максимальном быстродействии не превышает 4,5 мВт на канал. Увеличение числа каналов сканера приводит к улучшению его чувствительности, повышению скорости преобразования, позволяет получать более качественное изображение в реальном времени. Благодаря сокращению числа компонентов снижается стоимость оборудования и его энергопотребление.

Преобразователь предназначен для кодирования токов не более 700 нА. Входной канал преобразователя можно модифицировать путем включения внешних резисторов и формирования виртуальной земляной шины. Для измерения больших токов можно применить токовый делитель, а для измерения высоких напряжений – делитель напряжения.

Микросхема содержит встроенный датчик температуры и буферизованный источник опорного напряжения. Занимает площадь кристалла всего в 1 см².

Для аппаратуры обработки УЗ-изображения компания Analog Devices выпустила восьмиканальные ультразвуковые приемники третьего поколения AD9276 и AD7277. Микросхема AD9276 содержит восьмиканальный усилитель с регулируемым коэффициентом усиления (0–48 дБ), малозумящий усилитель, фильтры устранения эффектов наложения спектров, I/Q демодулятор с расширенным динамическим диапазоном и программируемым порядком чередования фаз, обеспечивающий обработку непрерывных и импульсных доплеровских сигналов, последовательный SPI-интерфейс. Кроме того в микросхему входит 12-разрядный АЦП с частотой дискретизации 80 Мвыб/с. Микросхема AD7277 содержит аналогичные блоки, за исключением 14-разрядного АЦП с частотой дискретизации 50 Мвыб/с. Входной шум малозумящего усилителя составляет 0,75 нВ/√Гц при коэффициенте усиления 21,3 дБ. Среднее значение выходного динамического диапазона превышает 160 дБ/√Гц. Мощность, потребляемая каналом при обработке непрерывных доплеровских сигналов, равна 90 мВт. Поставляются усилители в 100-выводном корпусе типа TQFP размером 16×16 мм.

ЦАП И КОДЕКИ

Analog Devices

В области цифроаналоговых преобразователей, выпущенных за прошедший год, следует отметить двухканальный 16-разрядный ЦАП AD9122 семейства TxDAC. ЦАП предназначен для поддержки высокой скорости передачи данных и применения в комплексных схемах модуляции беспроводных систем связи стандартов GSM, WCDMA, TD-SCDMA, CDMA200, WiMAX и LTE, работающих с несколькими несущими, а также широко-



полосных систем связи. Микросхема преобразователя содержит 32-разрядный генератор с цифровым программным управлением, позволяющий гибко устанавливать значения промежуточной частоты и тем самым оптимизировать характеристики системы. Кроме того, в микросхему входят комплексный цифровой модулятор, ФАПЧ с низкими значениями джиттера и фазового шума, интерполирующие фильтры с коэффициентом интерполяции два/четыре/шесть. Выходы ЦАП оптимизированы для плавного сопряжения с квадратурным модулятором ADL5375 и 14-выводным тактовым генератором AD9516 компании (рис.10). В результате при работе с шестью несущими микросхема обеспечивает соответствие стандарту GSM по интермодуляционным искажениям и отношению сигнал-шум.

Гибкий четырехпроводной последовательный LVDS-интерфейс с FIFO-памятью глубиной восемь слов поддерживает частоту преобразования 1,2 Гвыб/с, или 600 Мвыб/с на канал. В результате ширина полосы сигнала передатчиков с адаптивным цифровым предискажением и перспективной архитектурой может достигать 400 МГц. Уровень утечки в соседний канал ЦАП в системе, работающей на одной несущей в стандарте WCDMA, на частоте 150 МГц составляет 76 дБ. Допускается программирование выходного тока ЦАП в диапазоне 8,7–31,7 мА. Потребляемая мощность при максимальной скорости преобразования составляет 1,5 Вт, при скорости 500 Мвыб/с – 800 мВт. Поставляется ЦАП в 72-выводном корпусе типа LFCSP размером 10×10 мм.

Linear Technology

Для многоканальных управляющих устройств как с обратной связью, так и без нее, используемых в средствах связи, автоматизированных системах управления промышленными процессами, автоматическом испытательном оборудовании, программируемых контроллерах, компания выпустила серию восьмиканальных 12/16-разрядных ЦАП типа LTC2656

с полным размахом выходного напряжения 2,5 или 4,096 В (напряжение источника опорного напряжения с максимальным температурным коэффициентом 10 ppm/°C и средним значением – 2 ppm/°C составляет 1,25 или 2,048 В). Каждый ЦАП микросхемы может работать с внешним источником опорного напряжения, в результате чего полный размах выходного напряжения будет равен удвоенному напряжению внешнего опорного источника.

Интегральная нелинейность ЦАП составляет ±4 МЗР во всем диапазоне рабочих температур, что, по утверждению разработчиков, в три раза лучше, чем у конкурирующих восьмиканальных устройств. В микросхеме используется четырехпроводной последовательный интерфейс, работающий на тактовой частоте 50 МГц и сопоставимый с интерфейсом SPI/MICROWIRE.

Микросхема работает от одного источника питания на напряжение 2,7–5,5 В, ток отдельного преобразователя при активном опорном источнике – 375 мкА. Время установления половинной шкалы напряжения равно 8,5 мкс, перекрестные помехи не превышают 1 нВ·с. Поставляются ЦАП в 20-выводном корпусе типа QFN размером 4×5 мм или в 20-выводном корпусе типа TSSOP с улучшенной теплопроводностью.

В конце 2009 года Linear Technology расширила свой портфель ЦАП для промышленных систем, автоматического испытательного оборудования и автомобильных систем, выпустила серию четырехканальных 12/10/8-разрядных ЦАП с полным размахом напряжения, равном напряжению высокоточного (10 ppm/°C, максимум) источника опорного напряжения – 2,5 В (модель LTC2635-L) и 4,096 В (модель LTC2635-H). Напряжение питания модели LTC2635-L составляет 2,7–5,5 В, LTC2635-H – 4,5–5,5 В. Потребляемый ток одного преобразователя равен 125 мкА. Для ЦАП LTC2635-L, помимо сброса по выключению питания и работы при половинном разма-

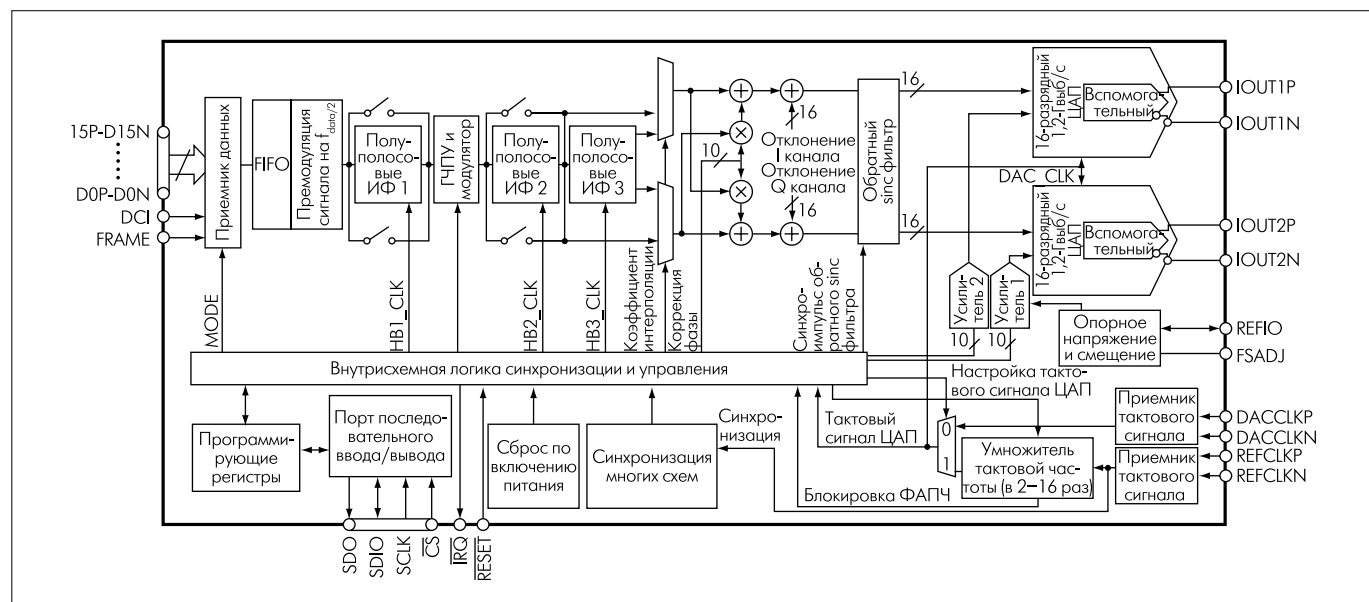


Рис. 10. Функциональная блок-схема ЦАП AD9122

хе напряжения, предусмотрена возможность поставки вариантов с высоким импедансом в режиме сброса или останова. Это позволяет использовать ЦАП в системах регулировки рабочего режима источника питания, в которых выходы ЦАП до регулировки напряжения источника питания, находящегося в рабочем состоянии, должны быть изолированы от него.

Интегральная нелинейность 12-разрядного преобразователя составляет $\pm 2,5$ МЗР, перекрестные помехи – 3 нВ·с, благодаря чему изменение напряжения одного из преобразователей микросхемы оказывает минимальное влияние на работу других преобразователей схемы. Интерфейс микросхем ЦАП – двухпроводный I²C. Работают ЦАП на тактовой частоте 100 кГц, в режиме повышенного быстродействия – на частоте 400 кГц. Диапазон рабочих температур соответствует как диапазону, установленному для бытового оборудования (0...70°C), так и для автомобильных электронных систем (-40...125°C).

Что примечательно, ЦАП поставляется в 16-выводном корпусе типа QFN размером 3×3 мм или в 10-выводном корпусе типа MSOP.

Maxim Integrated Products

В 2009 году компания представила микросхему маломощного звукового стереокодека (потребляемая мощность при воспроизведении стереозвукозаписи – 6,7 мВт) с встроенной поддержкой цифровых микрофонов. Микросхема включает полный тракт для записи голоса с дифференциальными входами для микрофона и несимметричными линейными входами. Сигналы несимметричных входов с реконфигурируемым предусилителем могут поступать на АЦП для записи или непосредственно на встроенный усилитель наушников для воспроизведения. Усилитель наушников подавляет помехи, возникающие при включении, выключении и изменении уровня громкости, и позволяет отказаться от применения больших и дорогих конденсаторов, используемых в конкурирующих решениях. Мощность выходного сигнала, подаваемого на наушники с сопротивлением 32 Ом, составляет 10 мВт. Микросхема работает на тактовой частоте в диапазоне 1–60 МГц. Рассеиваемая мощность кодека в режиме стереопроигрывателя равна 6,7 мВт при напряжении питания 1,8 В, благодаря чему увеличивается время работы батареи без перезарядки, что важно для высококачественных портативных устройств.

Микросхема содержит программируемые цифровые фильтры, обеспечивающие полноценное воспроизведение звука при дифференциальных входах микрофона или однополярном линейном стереовходе. Цифровые фильтры при записи и воспроизведении позволяют с помощью простого алгоритма снизить шум системы аудиоканала, а также применять пользовательскую схему подавления заданных аудиочастот.

Выпускается MAX9867 в 30-контактном корпусе, сопоставимом по размерам с пластиной, WLP (2,2×2,7×0,4 мм) или в 32-выводном корпусе типа TQFN размером 5×5 мм. Диапазон рабочих температур кодека составляет -40...85°C. Пред-

назначен кодек MAX9867 для сотовых телефонов, портативных мультимедиа плееров, стереонаушников стандарта Bluetooth, игровых приставок.

Для систем тестирования и настройки рабочих параметров источников питания компания Maxim выпустила двухканальные семиразрядные токовые ЦАП типа DS4432. Каждый выходной канал преобразователя обеспечивает точную регулировку источника питания постоянного тока за счет отбора или подачи тока в его цепь обратной связи. Таким образом, ток может протекать в канале ЦАП в обоих направлениях. Значение тока каждого канала задается в диапазоне 50–200 мкА при помощи внешнего резистора. Затем через I²C-интерфейс выходной ток в обоих направлениях может регулироваться в полном диапазоне со 127 установочными значениями. Для снижения непроизводительных потерь при запуске системы питание на преобразователь DS4432 подается при нейтральном состоянии выхода (ток равен нулю). Поставляется преобразователь в восьмиконтактном корпусе типа μ SOP. Диапазон рабочих температур составляет -40...85°C.

По утверждению разработчиков, новый ЦАП в сравнении с существующими токовыми устройствами подобного типа имеет меньшее значение тока и большее разрешение, позволяя расширить число источников питания постоянного тока с возможностью регулировки и настройки. Предназначен ЦАП для источников питания с контролируемым напряжением, калибровкой и измерением номиналов, применяемых в серверах, роутерах, видеоплатах и других системах.

Компания Maxim не оставила без внимания и разработку ЦАП для систем управления промышленными процессами. Ею выпущены совместимые по установочным размерам и программному обеспечению 16-разрядный (MAX5138) и 12-разрядный (MAX5139) ЦАП. Микросхема ЦАП содержит высокоточный (10 ppm/°C) источник опорного напряжения. Для экономии площади, занимаемой на плате, и упрощения работы с приложениями, использующими оптическую и трансформаторную развязку, ЦАП имеют трехпроводные SPI-/QSPI-/MICROWIRE-/DSP-совместимые интерфейсы с двойным аппаратным и программным буфером с низким активным уровнем сигнала. Цифровой интерфейс ЦАП обеспечивает синхронное обновление выхода. Одна из особенностей последовательного интерфейса – наличие выхода READY с низким активным уровнем, что упрощает организацию последовательного опроса нескольких устройств MAX5138/MAX5139 и/или других совместимых устройств. Поставляются ЦАП в 16-выводном корпусе типа TQFN размером 3×3 мм. Диапазон рабочих температур составляет -40...105°C.

MAX5138/MAX5139 предназначены для систем управления промышленными процессами и встраиваемой измерительной техники, включая коммуникационные системы, программируемые логические контроллеры, управляющие приводы и оборудование автоматизированного тестирования.



Texas Instruments

В конце 2009 года компания выпустила новое семейство из шести 12/14/16-разрядных восьмиканальных ЦАП с последовательным высокоскоростным SPI- (DAC7718, DAC8218, DAC8718) или параллельным интерфейсом (DAC7728, DAC8228, DAC8728). ЦАП нового семейства отличаются малым энергопотреблением – ~14,8 мВт/канал в рабочем режиме и менее 170 мкВт/канал в режиме ожидания. Установление коэффициента усиления, равным 4 или 6, позволяет получать на всех восьми каналах выходное двухполярное напряжение в диапазоне $\pm(2-16)$ В или однополярное напряжение в диапазоне 0–33 В. В результате исключается необходимость применения внешнего усилителя. Тем самым снижается стоимость системы и на ~24% уменьшается площадь платы по сравнению с конкурирующими устройствами, применяемыми в автоматизированном оборудовании тестирования, программируемых контроллерах, сетевых станциях и системах позиционного управления.

ЦАП обеспечивают работу с малым энергопотреблением, высокой линейностью и низкими помехами в температурном диапазоне -40...105°C. Характеристики микросхем в процессе производства регулируются, благодаря чему они отличаются малыми погрешностями программирования относительно нуля и усиления. Возможна калибровка на системном уровне, позволяющая получать погрешность во всем диапазоне, равную ± 1 МЗР для обоих типов подаваемого напряжения. Время установления сигнала составляет 10 мкс, что, по утверждению разработчиков, в три раза меньше, чем у конкурирующих устройств. При этом максимальная интегральная нелинейность равна ± 4 МЗР, а среднее значение перекрестных помех – 1 нВ-с.

Последовательный SPI-интерфейс обеспечивает передачу на тактовой частоте 50 МГц и совместим с уровнями напряжения логических устройств 1,8; 3 и 5 В, позволяя устанавливать связь с сигнальными процессорами и контроллерами.

16-разрядные ЦАП (DAC8718 и DAC8728) поставляются в 48- и 56-выводном корпусе QFN размером 7×7 и 8×8 мм соответственно или в 64-выводном корпусе TQFP размером 10×10 мм.

УСТРОЙСТВА С НЕОБЫЧНЫМИ СВОЙСТВАМИ

И в заключение стоит отметить микросхемы системы сбора данных со встроенной схемой подключения датчиков и микроконтроллеров MAX1329/MAX1330 компании Maxim Integrated Products. Микросхемы выполнены на основе АЦП последовательного приближения и сдвоенного ЦАП. АЦП работает в одном из двух задаваемых пользователем режимах. В обычном режиме разрядность АЦП составляет 12 разрядов при частоте дискретизации 312 Квыб/с, что позволяет оцифровывать кратковременные быстро затухающие сигналы. Для повышения точности используется встроенная схема сглаживания и дополнительной цифровой обработки сигнала, позволяющая увеличить разрядность преобразо-

вания с 12 до 16 разрядов, при этом частота дискретизации составляет 1 Квыб/с. АЦП принимает один внешний дифференциальный сигнал или два внешних однополярных сигнала, а также сигналы других устройств на плате.

Микросхема системы сбора данных содержит сдвоенный высокоточный 12-разрядный ЦАП (интегральная нелинейность ± 2 МЗР, дифференциальная нелинейность ± 1 МЗР) с программируемым источником опорного напряжения (1,25, 2,048 или 2,5 В) и одним (MAX1329) или двумя (MAX1330) операционными усилителями. Время установки ЦАП составляет 10 мкс. Предназначен он для управления датчиками, обеспечивая достаточно простое подключение недорогого микроконтроллера и организацию высокопроизводительной системы сбора данных с питанием от аккумуляторов.

К вспомогательным аналоговым устройствам микросхем MAX1329/MAX1330 относятся также мультиплексор 16:1, усилитель с программируемым коэффициентом усиления 1–8 В/В, который обеспечивает широкий динамический диапазон при измерении сигналов низкого уровня, и два электронных ключа с низким падением напряжения в канале (однополюсные переключатели на два, SPDT, и одно, SPST, направление). К другим особенностям микросхем относятся двойной контроль напряжения питания, схема измерения температуры (встроенный и внешний датчики температуры), программируемые пользователем входы-выходы общего назначения, которые могут использоваться для организации подсистемы прерываний, управления ключами, управления отключением.

Напряжение питания цифровой части микросхемы составляет 1,8–3,6 В, аналоговой части – 2,7–5,5 В. Кроме того, встроенный повышающий преобразователь обеспечивает напряжение 5 В и ток 25 мА для питания дополнительных внешних устройств.

Потребляемый ток микросхемы в активном режиме равен 3,75 мА, в спящем режиме – 0,5 мА. Поставляется микросхема в 40-выводном корпусе типа TQFN размером 6×6 мм. Диапазон рабочих температур составляет -40...85°C. ○