

# Путеводитель по современным АЦП компании Analog Devices

## Часть 2

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

Во второй части статьи рассмотрены особенности и основные технические характеристики прецизионных преобразователей данных компании Analog Devices, разработанных после 2007 г.

### Прецизионные АЦП

В группе прецизионных АЦП компания выделяет несколько функциональных подгрупп микросхем с различными топологиями и структурными построениями:

- комбинации АЦП и ЦАП (9 типов);
- изолированные АЦП (10 типов);
- многоканальные АЦП (157 типов);
- одноканальные АЦП (156 типов);
- АЦП с одновременной выборкой (43 типа).

Рассмотрим каждую из них подробнее.

### Комбинации АЦП и ЦАП

В данную подгруппу входят различные интегрированные компоненты, сочетающие АЦП и ЦАП, температурные датчики, порты ввода-вывода и средства измерения тока в самых различных конфигурациях. Такие микросхемы позволяют сэкономить площадь под размещение схем по сравнению с дискретными решениями, упростить работу систем и обе-

спечить необходимое конфигурирование.

Микросхемы этой подгруппы хорошо подходят для задач контроля различных периферийных блоков систем, например, источников питания и систем контроля напряжения и тока. Продукты могут найти применение в системах домашней автоматики, промышленных системах, базовых станциях сотовых систем связи и во многих других приложениях.

Одними из последних продуктов этой подгруппы являются микросхемы AD5592R и AD5593R (спецификации Rev. A, 2014 г.). Микросхемы представляют собой оригинальную 8-канальную комбинацию из 12-разрядных АЦП, 12-разрядных ЦАП и портов общего назначения (GPIO). Применение микросхемы даёт разработчикам сложных систем свободу при проектировании систем управления и мониторинга. Структура микросхемы AD5593R приведена на рисунке 14, микросхема AD5592R отличается от

неё только интерфейсом управления – SPI вместо I<sup>2</sup>C. Любой из восьми функциональных выводов микросхемы может быть сконфигурирован по назначению как аналоговый выход, аналоговый вход или шина GPIO, что даёт возможность сократить стоимость сложных систем и расширить возможность повторного использования проектов с незначительными изменениями ПО. Исполнения микросхем в сверхминиатюрных корпусах (LFCSP – 3 × 3 × 0,75 мм, WLCSP – 2 × 2 × 0,6 мм) отлично подходят для систем с плотной компоновкой и жёсткими ограничениями габаритов. Например, в системах проводной и беспроводной связи, домовых системах и других системах управления и мониторинга, где основными требованиями являются малые размеры и свобода проектирования [1].

### Изолированные АЦП

Микросхемы этой подгруппы применяются для решения задач мониторинга тока и напряжения, реализации обратной связи с помощью оптических энкодеров, преобразования сигналов синус-косинусных вращающихся трансформаторов (СКВТ) в цифровой код и для ряда других задач гальванической развязки различных устройств.

В 2015 г. компания представила 16-разрядный изолированный сигма-дельта-модулятор второго порядка AD7402, обеспечивающий преобразование аналогового входного сигнала в высокоскоростной одноразрядный поток данных (см. рис. 15). В чип интегрирована схема цифровой гальванической изоляции на основе запатентованной технологии iCoupler. Входные сигналы амплитудой до ±320 мВ подаются на дифференциальные входы, что способствует применениям в схемах контроля уровня напряжения при помощи шунтов в высоковольтных цепях, где требуется гальваническая развязка.

Потенциально достижимое отношение сигнал/шум прибора может

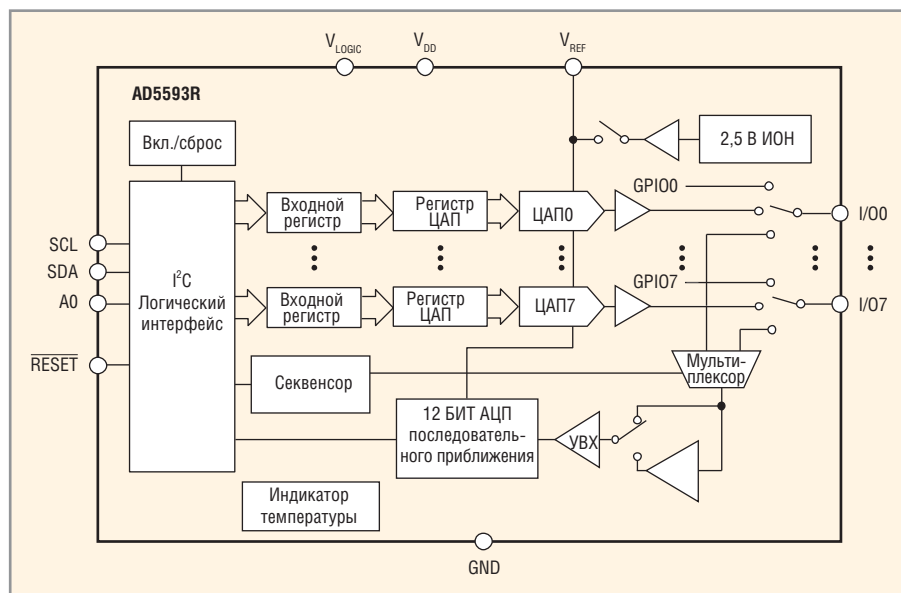


Рис. 14. Структура микросхемы AD5593R

достигать 87 дБ при скорости преобразования данных 39 тыс. выборок/с, последовательный интерфейс ввода/вывода поддерживает работу при напряжении питания 5 В или 3 В. Микросхема удовлетворяет требованиям ряда промышленных стандартов безопасности (UL1577, DIN V VDE V 0884-10). Основные области применения: управление двигателями переменного тока, инверторы для солнечных панелей и ветрогенераторов, системы сбора данных и измерения тока при помощи шунтирующих резисторов [2].

### Многоканальные АЦП

В данной подгруппе представлены мультиплексированные АЦП с числом каналов от 2 до 16, разрядностью от 8 до 32 и быстродействием от 4 тыс. до 50 млн выборок/с. В 2015 г. в каталог компании были включены микросхемы AD7172-4, AD7091R-5, AD7177-2 и AD7124-8.

Экономичный 4/8-канальный 24-разрядный сигма-дельта-АЦП AD7172-4 (см. рис. 16) предназначен для медицинских и научных многоканальных измерительных приборов, хроматографов, систем измерения температуры и давления, систем управления технологическими процессами (модули ПЛК/PCU). Максимальная скорость сканирования каналов микросхемы составляет 6210 выборок/с (период

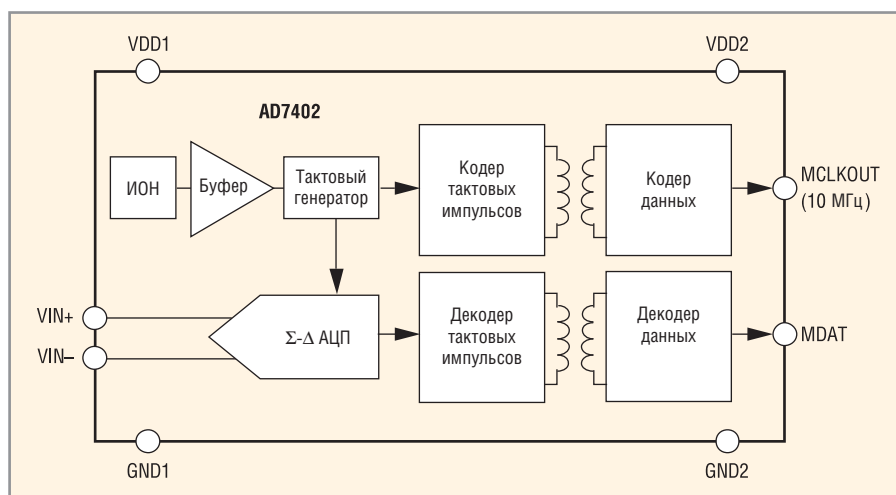


Рис. 15. Структура микросхемы AD7402

161 мкс), а частота обновления выходных данных – от 1,25 до 31 250 выборок/с. Микросхемы отличаются высоким подавлением помех (85 дБ) на частотах 50–60 Гц и возможностью конфигурирования каналов (четыре дифференциальных или восемь несимметричных).

Четырёхканальный 12-разрядный АЦП AD7091R-5 продолжает линейку AD7091R-2/4/8 (спецификации Rev. B, 2013 г.). Все чипы линейки построены по однотипным схемам (см. рис. 17), отличаются только числом каналов и интерфейсами управления. В других микросхемах линейки применён интерфейс, совместимый с SPI, QSPI, Microwire и интерфейсами цифровых

сигнальных процессоров. Все ИС отличаются чрезвычайно низким энергопотреблением:

- AD7091R-2/4/8 – 1,4 мВт на скорости 1 Мвыборок/с при напряжении питания 3 В;
- AD7091R-5 – 90 мкВт при тактовой частоте 400 кГц и напряжении питания 3 В.

Микросхемы линейки предназначены для применения в приложениях с батарейным питанием, в том числе в медицинских измерительных приборах, устройствах мобильной связи, системах сбора данных, оптических датчиках, КПК и других приложениях.

32-разрядный 2/4-канальный сигма-дельта-АЦП AD7177-2 с быстродей-

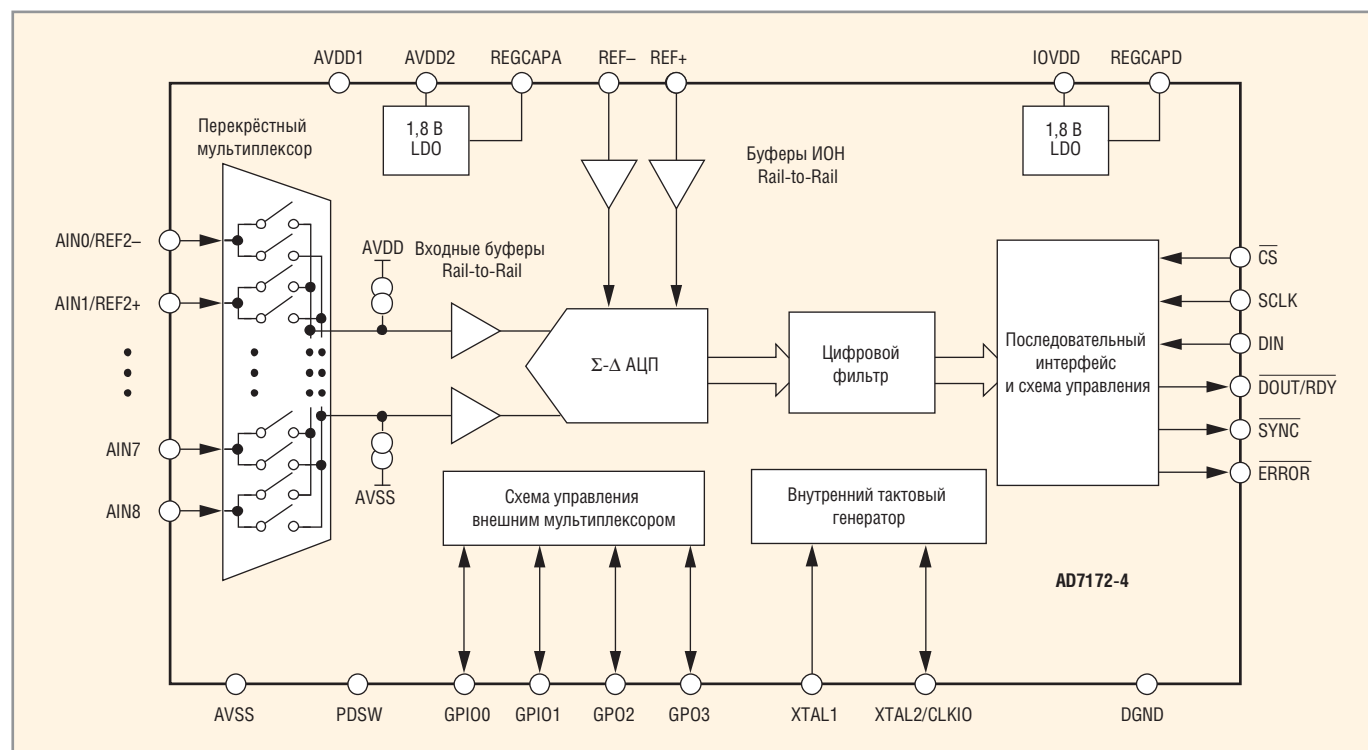


Рис. 16. Структура микросхемы AD7172-4

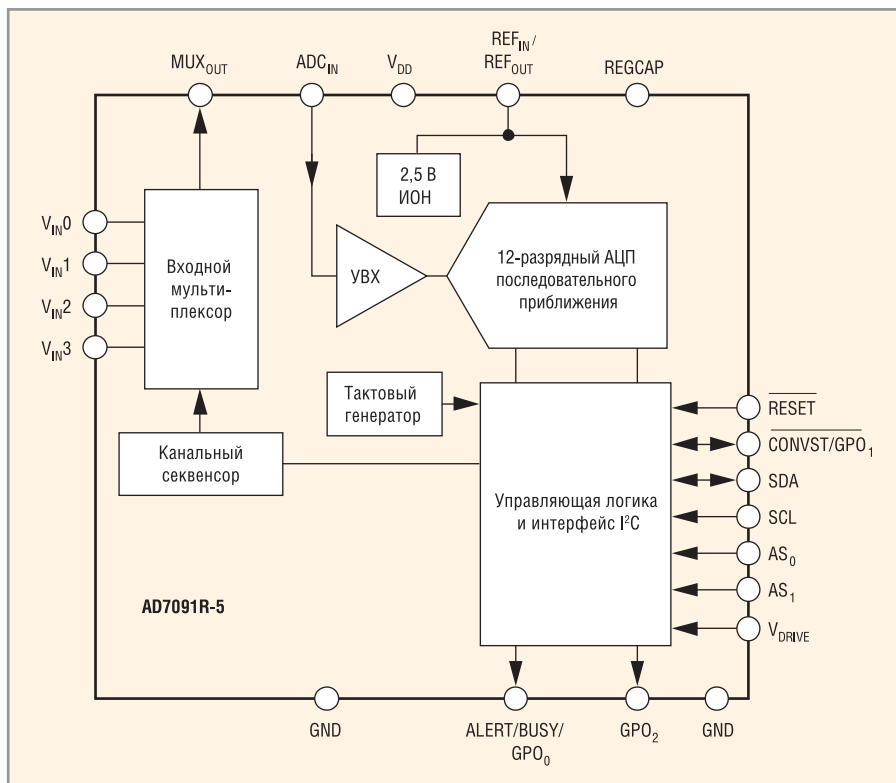


Рис. 17. Структура микросхемы AD091R-5

ствием 10 тыс. выборок/с и аналоговым буфером класса Rail-to-Rail (см. рис. 18) отличается низким уровнем шумов и малым временем установления для узкополосных сигналов. В микросхему интегрированы ключевые блоки аналогового и цифрового преобразования, которые можно конфигурировать индивидуально для каждого используемого аналогового входного канала (два дифференциальных или четыре несимметричных входа).

На чипе также присутствуют входной аналоговый интерфейс класса Rail-to-Rail, источник опорного напряжения 2,5 В с малым дрейфом (2 ppm/°C) и выходной буфер опорного напряжения [3].

**Одноканальные АЦП**

В данную подгруппу входят одноканальные прецизионные АЦП с числом разрядов от 8 до 24 и пропускной способностью от тысяч до

10 млн выборок/с. Микросхемы подгруппы являются одними из лучших в отрасли по параметрам линейности и динамического диапазона.

Представленные компанией в 2015 г. 16-разрядные АЦП последовательного приближения AD7915 (500 тыс. выборок/с) и AD7916 (1 млн выборок/с) серии PulSAR отличаются малым энергопотреблением (2–7 мВт) и малым уровнем искажений (THD = –118,5 дБ на частоте 1 кГц). В микросхемы, помимо АЦП, интегрированы устройство выборки-хранения и совместимый с SPI выходной интерфейс, позволяющий объединять несколько АЦП в цепочку с последовательным опросом на одной шине, используя вход SDI. Микросхемы совместимы с логикой, имеющей напряжения питания 1,8/2,5/3/5 В. Возможные области применения ИС: системы регистрации сейсмических данных, медицинские измерительные приборы, системы сбора данных, аппаратура с батарейным питанием [4].

**АЦП с одновременной выборкой**

Преобразователи данного типа содержат от двух до восьми дискретных АЦП в одном корпусе с общим количеством каналов от 2 до 12 и частотой дискретизации от тысячи до 5 млн выборок/с. АЦП с одновременной выборкой позволяет выполнять преобразование нескольких сигналов одновременно, сохраняя при этом информацию о фазе. Микросхе-

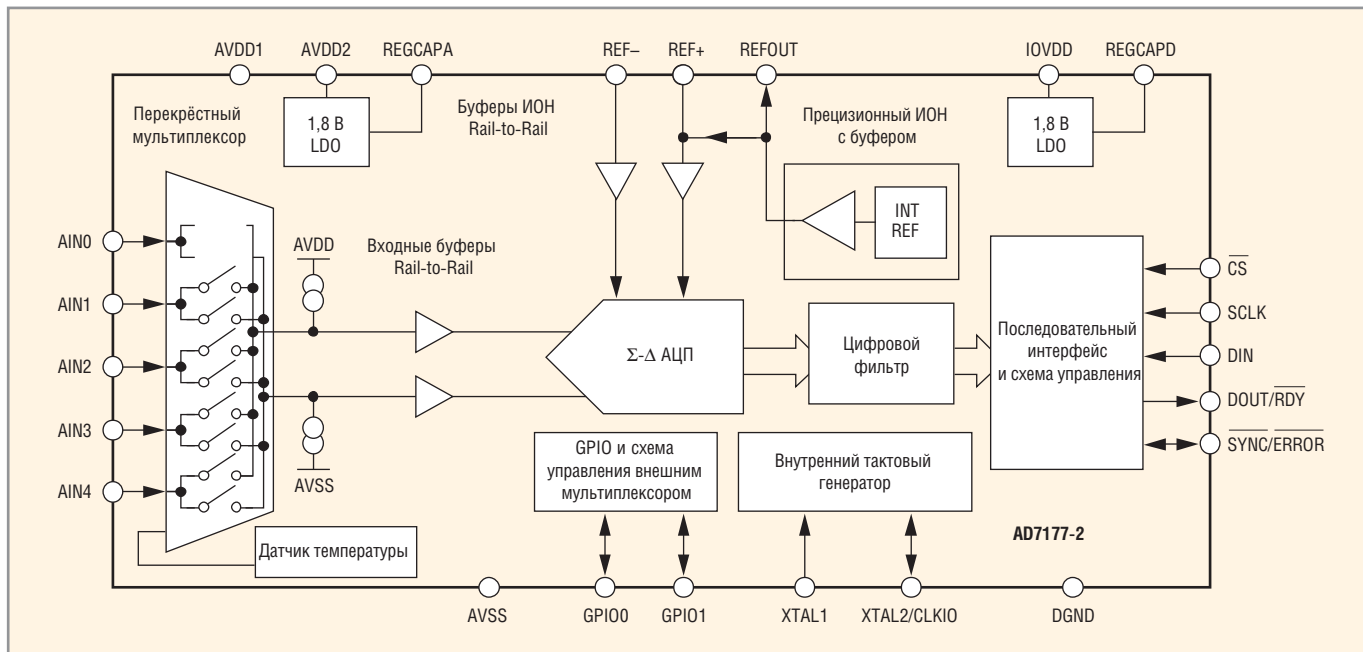


Рис. 18. Структура микросхемы AD7177-2

мы подгруппы способны работать с несимметричными, дифференциальными и псевдодифференциальными сигналами.

В 2014 г. компания включила в каталоги двухканальные 16-разрядные АЦП данной подгруппы AD7902 и AD7903 с быстродействием 1 млн выборок/с и потребляемой мощностью 12 мВт. В чип интегрированы два АЦП последовательного приближения с дифференциальными (AD7903) и псевдодифференциальными (AD7902) входами, работающими с одним напряжением питания 2,5 В. Совместимый с SPI интерфейс поддерживает объединение нескольких АЦП в цепочку с последовательным опросом на одной трёхпроводной шине при помощи входов SDI. Пример включения AD7903 совместно с операционными усилителями ADA4941-1 приведён на рисунке 19 [5].

Классификационные параметры самых современных АЦП компании, разработанных в 2014–2015 гг., приведены в таблице. Микросхемы группы интегрированных и специальных АЦП, а также преобразователи данных категорий Audio/Video и ASIC требуют отдельного рассмотрения.

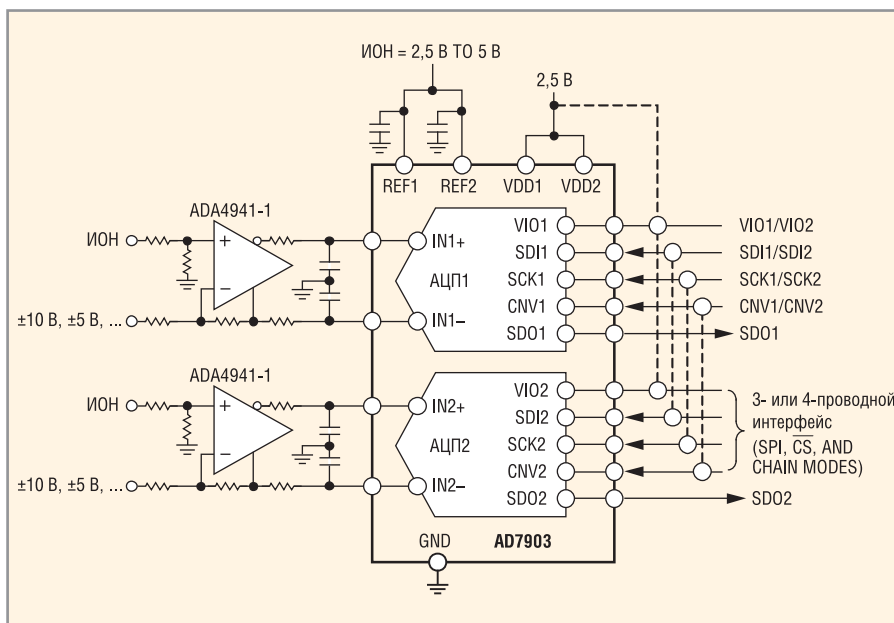


Рис. 19. Структура микросхемы AD7903

**ЛИТЕРАТУРА**

1. [www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/ad-da-converter-combinations.html](http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/ad-da-converter-combinations.html).
2. [www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/isolated-ad-converters.html](http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/isolated-ad-converters.html).
3. [www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/multi-channel-ad-converters.html](http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/multi-channel-ad-converters.html).
4. [www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/single-channel-ad-converters.html](http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/single-channel-ad-converters.html).
5. [www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/simultaneous-sampling-ad-converters.html](http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/simultaneous-sampling-ad-converters.html).



**Классификационные параметры самых современных АЦП компании ADI**

Спецификация	Тип ИС	Разрядность × число каналов	Архитектура	Быстродействие, выборок/с	Мощность, мВт	Сигнал/шум	SFDR	SINAD	DNL, LSB	INL, LSB или ppm/FSR	U <sub>пит</sub> , В	T, °C	Цена, USD
Rev. 0 2015	AD7091R-5	12 × 4	сигма-дельта	31,25 к	11	68 дБ	-81 дБ	67 дБ	± 0,3	±0,8	1,8–5,25	-40...+125	7,85
Rev. B 2015	AD7124-8	24 × 8	сигма-дельта	19,2 к	–	–	–	–	–	±1	2,7–3,6	-40...+105	5,84
Rev. 0 2015	AD7172-4	24 × 1	сигма-дельта	31,25 к	–	–	–	–	–	±2	2,7–3,6	-40...+105	7,85
Rev. 0 2015	AD7177-2	32 × 1	сигма-дельта	10 к	52	–	–	–	–	–	2,5–5	-40...+105	22,2
Rev. A 2015	AD7402	16 × 1	сигма-дельта	10 М	209	87 дБ	-84 дБ	82 дБ	не более ±0,99	±1	3–5,5	-40...+105	3,05
Rev. 0 2015	AD7915	16 × 1	SAR	1 М	7	94 дБ	-118 дБ	93,5 дБ	±0,4	±0,5	2,3–2,6	-40...+125	12,5
Rev. 0 2015	AD7916	16 × 1	SAR	500 к	3,7	94 дБ	-118 дБ	93,5 дБ	±0,4	±0,5	2,3–2,6	-40...+125	8,1
Rev. 0 2015	AD9655	16 × 2	конвейерный	125 М	300	77,9 дБFS	91 дБн	77,5 дБFS	±0,7	±4	1,7–1,9	-40...+85	143,48
Rev. 0 2015	AD9690	14 × 1	конвейерный	500/1000 М	1500	69,2 дБFS	83 дБFS	69 дБFS	±0,5	± 2,5	1,22–3,4	-40...+85	136
Rev. 0 2014	AD7981	16 × 1	SAR	600 к	70	91 дБ	-104 дБ	90,5 дБ	±0,9	±2	1,8–5	-55...+175	90
Rev. A 2014	AD7989-1	18 × 1	SAR	100 к	0,7	98 дБ	-115 дБ	97 дБ	±0,5	±1	1,8–5	T <sub>j</sub> = 150	8,56
Rev. A 2014	AD7989-5	18 × 1	SAR	500 к	3,5	98 дБ	-115 дБ	97 дБ	±0,5	±1	1,8–5	T <sub>j</sub> = 150	11,95
Rev. A 2014	AD9234	12 × 2	конвейерный	500/1000 М	2150/3000	65/64 дБFS	84/89 дБFS	66/64 дБFS	±0,3	±3,5	1,22–3,4	-40...+85	238
Rev. B 2014	AD9625	12 × 1	конвейерный	до 2,6 Г	3400–4000	56–59 дБFS	75–80 дБн	55–58 дБFS	±0,3	±1	1,26–3,3	-40...+85	624

Примечания:

SAR – АЦП последовательного приближения; дБFS – уровень по отношению к полной шкале (Full Scale); SNR – отношение сигнал/шум по спецификациям ADI; SFDR – динамический диапазон, свободный от искажений по спецификациям ADI; дБн – уровень по отношению к уровню несущей; SINAD – отношение сигнал/шум плюс искажения по спецификациям ADI; DNL – дифференциальная нелинейность по спецификациям ADI; INL – абсолютная погрешность линейности по спецификациям ADI; LSB – младший разряд; ppm/FSR – миллионных долей от диапазона полной шкалы.

Цена отпускная в партии от 1000 шт.